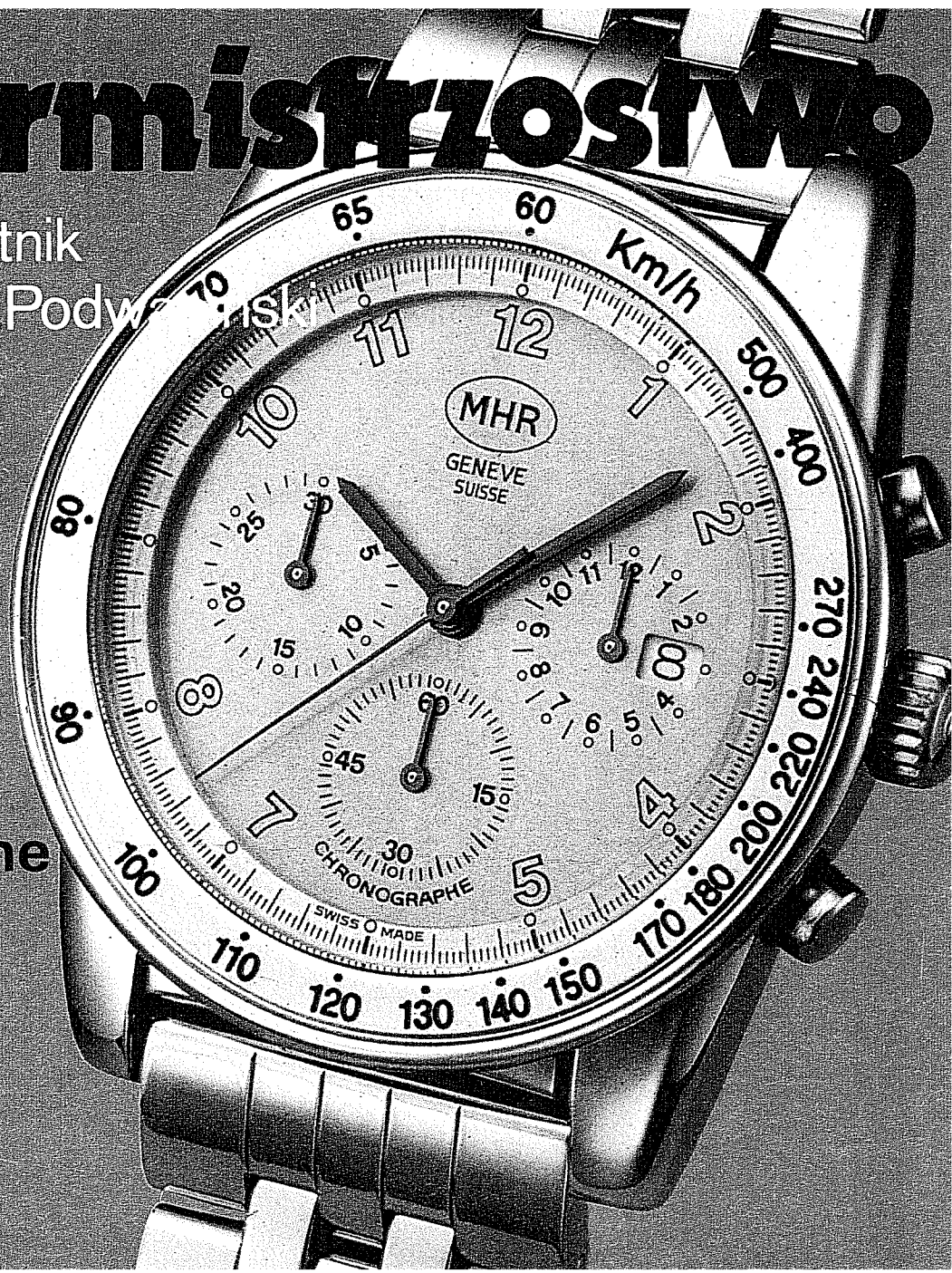


Zegarmistrzostwo

Bernard St.Bartnik

Wawrzyniec Al.Podwys

Zegary
i zegarki
elektryczne
i elektroniczne



Zegarmistrzostwo

Tom dziewiąty

Br. Bernard St. Bartnik
Br. Wawrzyniec Al. Podwapiński

Zegary
i zegarki
elektryczne
i elektroniczne

Zegarmistrzostwo

Tom dziewiąty

Wydanie drugie zmienione



Warszawa 1992
Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne

Okładkę projektował: *Jan Sarnecki*

Redaktor: *Izabela Handel*

Redaktor techniczny: *Ewa Kowalska-Żołądek*

Wydanie pierwsze pod tytułem „Elektryczne czasomierze pojedyncze. Zegarmistrzostwo” ukazało się w Biurze Wydawnictw HWiU „Libra”.

Książka pomocnicza i uzupełniająca dla uczniów i nauczycieli zasadniczych szkół zawodowych, zawód — zegarmistrz.

W książce omówiono budowę, regulację i naprawę zegarów z naciągami elektrycznym, wahadłowych i balansowych z elektrycznym i elektronicznym napędem oraz zegarów i zegarków kamertonowych, kwarcowych i atomowych. Ponadto książka zawiera podstawowe wiadomości z elektrotechniki i elektroniki, odnoszące się do konstrukcji oraz działania zegarów i zegarków elektrycznych i elektronicznych.

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne
i Pedagogiczne
Warszawa 1992

ISBN 83-02-04548-9

Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne
Warszawa 1992

Wydanie drugie zmienione. Ark. druku: 23,33/12

Papier piśm. kl. III, 70 g, 61 × 86 cm

Zakłady Graficzne im. KEN, Bydgoszcz, Jagiellońska 1

Zam. 6339/1457

Słowo wstępne

Pierwsze wydanie tomu IX „Zegarmistrzostwa” z podtytułem: „Elektryczne czasomierze pojedyncze” ukazało się nakładem Biura Wydawnictw Handlu Wewnętrznego i Usług LIBRA w roku 1974. Obecne — drugie — wydanie wymagało gruntownego przepracowania i uzupełnienia nowymi osiągnięciami z dziedziny zegarów i zegarków elektronicznych.

Wraz z Bratem Wawrzyńcem Podwapińskim pracowałem przy pisaniu „Zegarmistrzostwa” od roku 1948, a więc prawie od samego początku powstawania tego dzieła. Przy tomie IX niewiele mogłem mu pomóc, zajęty innymi pracami przydzielonymi mi w klasztorze. Jednak gdy Br. Wawrzyniec dostarczył mi odbitki korektowe do przejrzenia, zaznaczyłem sporo swoich uwag, które okazały się przydatne podczas opracowywania drugiego wydania tej książki pod zmienionym tytułem, brzmiącym obecnie „Zegary i zegarki elektryczne i elektroniczne”.

Ostatnie lata charakteryzują się szybkim postępem w technice, a w szczególności w elektronice. Urządzenia elektroniczne mają obecnie coraz szersze zastosowanie w różnych dziedzinach nauki i techniki, a takie nowe dziedziny, jak np. loty kosmiczne i badania kosmosu, bez elektroniki w ogóle nie mogłyby powstać i się rozwijać.

Badania te są ściśle powiązane z chronometrią. Dokładne mierzenie czasu odgrywa w nich bowiem rolę pierwszorzędą. Szybki rozwój elektroniki, zwłaszcza układów scalonych, umożliwił zbudowanie zegarów kwarcowych, które swą dokładnością przewyższyły dotychczas istniejące, a nawet dokładność ruchu wirowego Ziemi, będącego najpewniejszym i najbardziej dostępnym sprawdzianem w pomiarach czasu. Dlatego dotychczasowa definicja sekundy, oparta na czasie efemerydalnym wynikającym z teorii ruchu Ziemi, straciła swą wartość. Już w roku 1968, na XIII Generalnej Konferencji Miar wprowadzono nową definicję sekundy¹⁶⁾ opartą na czowym wzorcu częstotliwości, która obowiązuje także w Polsce od roku 1971.

W dążeniu do uzyskania coraz dokładniejszych urządzeń do pomiarów czasu wykorzystano drgania wewnątrzcząsteczkowe oraz wewnątrzatomowe, w wyniku czego powstała nowa grupa wzorców częstotliwości — tzw. zegary atomowe.

Nad drugim wydaniem tego tomu przyszło mi się pochylić samemu, Br. Wawrzyńcowi Podwapińskiemu od siedmiu lat nie żyje. Łączyło nas prawie 35 lat wspólnej pracy autorsko-redakcyjnej.

Do opracowania tomu IX „Zegarmistrzostwa” starałem się wykorzystać materiał zawarty w pierwszym wydaniu tej książki oraz najnowsze opracowania z dziedziny zegarów i zegarków elektrycznych i elektronicznych, znajdujące się w czasopiśmie szwajcarskich, niemieckich i aust-

riackich oraz w biuletynach technicznych wydawanych przez większe fabryki i stowarzyszenia producentów zegarków, a także w innych dostępnych mi źródłach, które są podane w spisie literatury. Wszystkim instytucjom i osobom za udostępnienie mi tych materiałów składam niniejszym serdeczne podziękowania.

Szczególne wyrazy podziękui pragnę okazać Panu Docentowi dr. hab. inż. Zdzisławowi Mrugalskiemu za stałą życzliwą pomoc i chętne udzielanie porad. Również serdecznie pragnę podziękować Pani Redaktor mgr inż. Izabeli Handel za wnikliwe poprawianie tekstu i staranne opracowanie tej książki.

*Br. Bernard M. Stanisław Bartnik
Niepokalanów, 25 marca 1990 roku*

1. Zasadnicze wiadomości z elektrotechniki i elektroniki

1.1. Pojęcia podstawowe

1.1.1. Prąd elektryczny i jego rodzaje

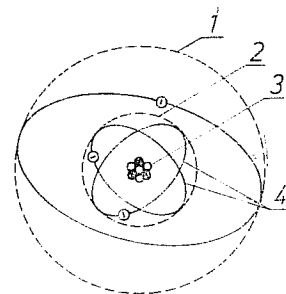
Pojęcie prądu elektrycznego jest ściśle związane z podstawowymi wiadomościami o budowie materii. Najmniejszą cząstką materii (związku chemicznego), która zachowuje jeszcze wszystkie jej cechy, jest **cząsteczka**, zwana także molekułą lub drobiną. Cząsteczki są zbudowane z **pierwiastków**. Najmniejszą cząstką pierwiastka, nie ulegającą zmianom chemicznym, jest **atom**, składający się z jądra atomowego i powłoki elektronowej.

Atomów naturalnych jest 92. Różnią się one składem **jądra**, a więc jego masą, oraz liczbą **elektronów** w powłoce, wirujących wokół jądra. Jądro atomu tworzą dodatnio naładowane **protony** oraz elektrycznie obojętne **neutrony**. Protony i elektrony przyciągają się wzajemnie. Działające tu siły nazywają się **siłami elektrycznymi**. W normalnych warunkach ładunek dodatni każdego jądra jest równoważony ładunkiem ujemnym elektronów. W atomie mu-

si być tyle elektronów, ile jest protonów w jego jądrze. Ładunek dodatni jądra atomowego wodoru (najlżejszego pierwiastka) jest równoważony przez ładunek ujemny jednego elektronu. Natomiast ładunek dodatni jądra atomowego uranu (najcięższego pierwiastka) jest równoważony przez ładunek ujemny 92 elektronów.

Na **rys. 1.1** przedstawiono schematycznie budowę atomu litu, którego jądro zawiera 3 protony i 4 neutrony, a wokół niego wirują po swoich orbitach 3 elektrony. Elektrony znajdujące się w warstwie atomu będącej bliżej jądra atomu są pod działaniem większych sił przyciągających niż elektrony znajdujące się w warstwie zewnętrznej. Dlatego elektrony zewnętrzne mogą być łatwo oderwane od atomu, np. przez potarcie dwóch metali o siebie. Taki elektron, który oddalił się z obrębu atomu, nazywa się **elektronem swobodnym**. Atom pozbawiony elektronu nazywa się **jonem dodatnim** (kationem), a atom z nadmiarem elektronów — **jonem ujemnym** (anionem). Elektrony swobodne i jony są nośnikami prądu elektrycznego.

Elektrony swobodne, chociaż tracą związek ze swoimi atomami, jednak pozostają w obrębie bryły metalu, przemieszczając się w jej przestrzeni. Są to jednak ruchy przypadkowe i bezładne. Dopiero pod działaniem zewnętrznych sił elektrycznych bezładny ruch swobodnych elektronów lub jonów w przewodniku przemienia się w uporządkowany ruch postępowy. Ten uporządkowany przepływ ładun-



Rys. 1.1. Schematyczna budowa atomu litu

1 — zewnętrzna orbita elektronu (średnica atomu), 2 — wewnętrzna orbita elektronu, 3 — jądro składające się z 3 dodatnio naładowanych protonów i 4 neutronów, 4 — orbity krążenia elektronów

ków elektrycznych przez przewodnik nazywa się **prądem elektrycznym**.

Najmniejszy i niepodzielny ładunek elektryczności ujemnej ma elektron. Jest to naturalna jednostka ładunku elektrycznego, jednak zbyt mała, aby można było ją stosować w elektrotechnice. Jednostką ładunku elektrycznego w układzie miar SI jest kulomb $C = 6,3 \cdot 10^{18}$ elektronów.

O ciele mającym nadmiar elektronów mówimy, że ma **ładunek ujemny**, natomiast ciało mające niedobór elektronów ma **ładunek dodatni**. O ciałach mających ładunek elektryczny mówimy, że są naelektryzowane, tzn., że mają pewien **potencjał elektryczny**. Prąd elektryczny płynie wtedy, gdy istnieje różnica potencjałów i gdy miejsca o różnym potencjale połączy się przewodem — wtedy obwód elektryczny jest zamknięty.

W praktyce przyjęto, że kierunek prądu elektrycznego w obwodzie zewnętrznym jest zgodny z kierunkiem przepływu ładunku dodatniego, a więc do zacisku o wyższym potencjale (+) do zacisku o niższym potencjale (-). Natomiast kierunek przepływu elektronów jest przeciwny do kierunku prądu elektrycznego.

W każdym **obwodzie elektrycznym** różni się część obwodu wewnętrzną, którą jest źródło energii elektrycznej, oraz część obwodu zewnętrzną, składającą się z jednego lub kilku odbiorników i przewodów łączących je ze źródłem prądu (rys. 1.2). Źródłem prądu może być ogniwo, akumulator, bateria, prądnica. Zada-

niem źródła prądu nie jest wytwarzanie swobodnych elektronów ani ładunków elektrycznych, lecz nadanie im energii potencjalnej.

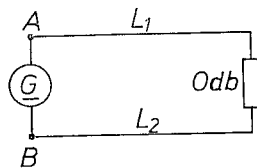
Źródłami energii elektrycznej, zwanymi źródłami napięcia lub źródłami prądu, nazywa się urządzenia, w których następuje przemiana energii o innej postaci, np. energii mechanicznej lub chemicznej, w energię elektryczną. W wyniku takiej przemiany elektrony swobodne zostają obdarzone zdolnością wykonania pracy, gromadzą się w nadmiarze przy biegunie ujemnym lub zacisku źródła o potencjale niższym, podczas gdy w innym miejscu, na biegunie lub zacisku dodatnim, jest ich niedobór. Między biegunami źródła występuje różnica potencjałów. Tę różnicę potencjałów w źródle napięcia nazywa się **siłą elektromotoryczną** (skrót SEM).

Ze względu na możliwość przewodzenia ładunków elektrycznych rozróżnia się przewodniki, nieprzewodniki (dielektryki) i półprzewodniki.

Przewodnikami są materiały dobrze przewodzące prąd (np. miedź, aluminium). Wykonuje się z nich przewody wiodące prąd.

Nieprzewodniki, np. guma, porcelana, zupełnie nie przewodzą prądu, dlatego z nich wykonuje się **izolatory** i części urządzeń elektrycznych oddzielające przewody wiodące prąd od innych części urządzenia elektrycznego.

Półprzewodniki — german, krzem, selen — przewodzą prąd tylko w zależności od



Rys. 1.2. Schemat obwodu elektrycznego

G — źródło energii, A i B — zaciski, Odb — odbiornik, L_1 i L_2 — przewody łączące odbiornik ze źródłem prądu

pewnych czynników, np. kierunku prądu, temperatury, domieszek chemicznych. Wykorzystanie tych czynników umożliwiło bardzo cenne praktyczne zastosowanie półprzewodników.

Przez przewodniki o przewodnictwie elektronowym prąd przepływa pod postacią **prądu elektronowego**, tj. ruchu elektronów swobodnych, poruszających się w kierunku przeciwnym do przyjętego oznaczenia kierunku prądu. Przez przewodniki o przewodnictwie jonowym prąd przepływa pod postacią **prądu jonowego**, tj. ruchu równoczesnego jonów dodatnich (kationów) w kierunku przyjętym jako kierunek prądu, a więc do zacisku (–), czyli **katody**, oraz ruchu jonów ujemnych (anionów) w kierunku przeciwnym do przyjętego kierunku prądu, a więc do zacisku (+), czyli **anody**.

Przewodnikami o przewodnictwie elektronowym są metale oraz półprzewodniki (german, krzem, selen).

Przewodnikami o przewodnictwie jonowym są **elektrolity**, tj. zdysocjowane¹⁾ roztwory kwasów, soli i zasad, oraz zjonizowane²⁾ gazy.

Ze względu na wartość natężenia prądu i kierunku jego przepływu rozróżnia się prąd stały, tętniący i przemienny (zmienny).

Prąd stały płynie stale w tym samym kierunku, tzn., że ruch ładunku elektrycznego ma zawsze jednakowy kierunek i jego wartość natężenia jest stała, a więc nie zmienia się w czasie. Wykresem prądu

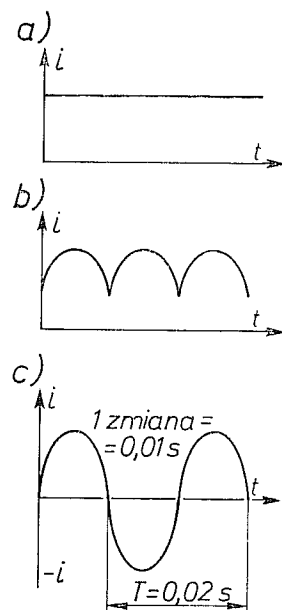
stałego jest linia prosta, równoległa do osi czasu t (rys. 1.3a).

W obwodach prądu stałego rozróżnia się dwa bieguny źródła prądu: biegun dodatni (+) i biegun ujemny (–). Przyjęto umownie, że prąd stały płynie od dodatniego bieguna źródła poprzez przewody i odbiorniki do bieguna ujemnego, mimo że przepływające elektrony, jako nośniki ujemnych ładunków elektrycznych, mają kierunek przeciwny.

Do końca XIX w. prąd stały miał dominujące znaczenie w energetyce. Obecnie jest on nadal stosowany, chociaż w znacznie mniejszym zakresie. Wadą prądu stałego są bowiem trudności przesyłania go na duże odległości.

Prądem tętniącym nazywa się taki prąd, którego kierunek przepływu jest stały, natomiast wartość natężenia podlega okresowej zmianie. Wykres prądu tętniącego może się przedstawiać tak, jak to zobrazowano na rys. 1.3b.

Prąd przemienny (zmienny), jest to taki prąd, którego wartość natężenia i kierunek przepływu zmienia się w czasie. Zmiany prądu przemiennego (sinusoidalnego) odbywają się okresowo (rys. 1.3c), tzn., że po upływie określonego czasu natężenie prądu przybiera ponownie tę samą wartość i przepływ prądu ma ten sam kierunek. Prąd przemienny w sieci energetycznej w Polsce ma 50 okresów na sekundę, tzn. w ciągu 1 s zmienia swój kierunek przepływu 100 razy (w USA — 120 razy).



Rys. 1.3. Wykresy prądu: a) stałego, b) tętniącego, c) przemiennego

Czas, po upływie którego proces zmian prądu, napięcia lub SEM powtarza się w tej samej kolejności, nazywamy **okresem prądu przemiennego** i oznaczamy literą T (rys. 1.3c). Natomiast liczbę okresów na jedną sekundę nazywamy **częstotliwością** prądu przemiennego i oznaczamy literą f . Między tymi dwiema wielkościami istnieje następująca zależność:

$$f \cdot T = 1; \quad \text{stąd} \quad T = \frac{1}{f} \quad \text{lub} \quad f = \frac{1}{T}$$

Jednostką częstotliwości f jest herc Hz. Według układu miar SI większe jednostki pochodne będą odpowiednio: 1 kiloherc (kHz) = 1000 Hz; 1 megaherc (MHz) = 1000 kHz = 1 000 000 Hz.

Prędkość przepływu prądu przemiennego w przewodach jest równa prędkości światła: $v = 300\,000$ km/s. Wobec tego w ciągu jednego okresu T prąd przebiega drogę wynoszącą $v \cdot T$. Drogę tę, którą prąd przebywa w ciągu jednego okresu, nazywamy **długością fali** i oznaczamy grecką literą λ (lambda): $\lambda = v \cdot T$.

Omawiany wyżej prąd przemienny jest **prądem jednofazowym**. Powstaje on w prądnicach jednofazowego prądu przemiennego (mających jedno uzwojenie) lub jest pobierany w odpowiedni sposób z jednego uzwojenia prądnicy trójfazowego prądu przemiennego. Prąd jednofazowy jest ogólnie stosowany do urządzeń elektrycznych gospodarstwa domowego oraz do oświetlenia.

Wytwarzanie i przesyłanie energii elektrycznej, zwłaszcza na duże odległości, od-

bywa się zwykle za pośrednictwem **trójfazowego prądu przemiennego**. Przyczyniły się do tego jego istotne zalety:

- możliwość transformowania na wysokie napięcie,
- znaczne oszczędności na przewodach,
- możliwość korzystania z odbiorników na napięcie 220 i 380 V,
- możliwość wytwarzania pola wirującego w sposób czysto elektryczny,
- możliwość skonstruowania prostego i taniego silnika asynchronicznego.

Zalety prądu przemiennego trójfazowego sprawiły, że obecnie jest on powszechnie stosowany w systemach energetycznych całego świata. Może być wykorzystywany we wszystkich urządzeniach przeznaczonych na prąd przemienny³⁾.

1.1.2. Prąd, napięcie, rezystancja

Do spowodowania przepływu prądu przez jakiegokolwiek odbiornik, np. żarówkę, jest potrzebna różnica potencjałów. Im większa będzie różnica potencjałów między biegunami źródła prądu, tym więcej prądu przepłynie w jednostce czasu przez łączący je przewód. Wielkość elektryczną, wyrażającą, jaki ładunek w jednostce czasu wypływa lub dopływa do źródła lub odbiornika, albo przepływa przez dowolny przekrój przewodu, nazywamy **natężeniem prądu** lub krótko — **prądem**. Jednostką prądu I jest amper A; odpowiada on przepływowi ładunku wartości 1 ku-

lomba: $1 \text{ C} = 6,3 \cdot 10^{18}$ elektronów na 1 sekundę.

Zależność między ładunkiem elektrycznym Q , prądem I oraz czasem t przepływu prądu podanym w sekundach wyrażają wzory

$$I = \frac{Q}{t} \quad \text{lub} \quad Q = I \cdot t$$

Napięciem nazywamy różnicę potencjałów występującą między różnymi punktami obwodu elektrycznego. Różnicę potencjałów możemy sprawdzać między różnymi punktami obwodu elektrycznego, ale zawsze między dwoma punktami, np. między zaciskami źródła prądu lub między zaciskami odbiornika. Różnicę potencjałów mierzoną na zaciskach źródła prądu w stanie nieobciążonym nazywamy siłą elektromotoryczną — SEM, którą oznaczamy literą E , w odróżnieniu od napięcia na zaciskach odbiornika oznaczanego literą U . Jednostką napięcia i siły elektromotorycznej jest wolt V. Siłę elektromotoryczną 1 wolta V ma źródło napięcia, które ładunkowi 1 kulomba C nadaje energię 1 dżula J.

W obwodzie elektrycznym napięcie źródła prądu jest wyższe od napięcia na zaciskach odbiornika. Różnicę tę nazywamy **spadkiem napięcia**. Im większa jest odległość odbiornika od źródła prądu, tym większy jest spadek napięcia. W przewodach instalacji elektrycznej w budynkach mieszkalnych dopuszczalny spadek napięcia wynosi $2 \div 5\%$ napięcia sieci. Przepływ prądu przez przewody napotyka za-

wsze pewien opór, zwany **rezystancją**. Jednostką rezystancji w układzie miar SI jest $\text{om } \Omega$. Przyczyną rezystancji jest taka właściwość materiału przewodów, że przeciwstawia się ona przepływowi prądu elektrycznego. To przeciwstawianie się przepływowi prądu w przewodzie jest zależne od rodzaju materiału, z którego jest wykonany przewód, i nazywa się **rezystywnością** (oporem właściwym). Rezystywnością dla danego materiału jest rezystancja przewodu z tego materiału o długości 1 m i przekroju 1 mm^2 w temperaturze 20°C . Jednostką rezystywności w układzie miar SI jest $\text{omometr } \Omega \cdot \text{m}$. Wartości rezystywności metali częściej stosowanych w elektrotechnice podano w **tabl. 1.1**.

Tablica 1.1

Wartości rezystywności różnych metali

Materiał przewodu	Rezystywność $\Omega \cdot \text{m}$	Materiał przewodu	Rezystywność $\Omega \cdot \text{m}$
Srebro	$1,66 \cdot 10^{-8}$	Żelazo	$14 \cdot 10^{-8}$
Miedź	$1,75 \cdot 10^{-8}$	Ołów	$20 \cdot 10^{-8}$
Złoto	$2,06 \cdot 10^{-8}$	Nikielina	$33 \cdot 10^{-8}$
Aluminium	$2,94 \cdot 10^{-8}$	Rtęć	$100 \cdot 10^{-8}$
Cynk	$5,88 \cdot 10^{-8}$		

Rezystancję R przewodu metalowego wyrażoną w $\text{omach } \Omega$ obliczamy wg wzoru

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

gdzie:

ρ — rezystywność metalu, z którego jest wykonany przewód (z tabl. 1.1),

l — długość przewodu w m,

S — pole powierzchni przekroju przewodu w m^2 .

Rezystancja zależy także od temperatury. Zwykle rezystancja przewodów metalowych wzrasta wraz z temperaturą. Wielkość, będąca odwrotnością rezystancji, nosi nazwę **przewodności** G , a jej jednostką jest siemens S .

1.1.3. Prawo Ohma

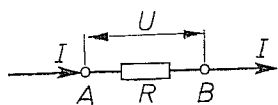
Fizyk niemiecki, G. Ohm, udowodnił, że jeżeli do odcinka AB (rys. 1.4) obwodu elektrycznego doprowadzimy różne napięcia U , to w tym odcinku obwodu popłyną prądy I o różnej wartości. Stwierdził ponadto, że wartość przepływającego prądu I (w amperach) jest wprost proporcjonalna do napięcia U (w woltach) doprowadzonego do końcówek A i B odcinka i odwrotnie proporcjonalna do rezystancji R (w omach). Twierdzenie to, od jego nazwiska, nazwano **prawem Ohma**. Można je wyrazić wzorem

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{stąd} \quad U = I \cdot R$$

Wartość rezystancji R (w omach) odcinka AB obwodu można obliczyć po zmierzeniu prądu i doprowadzonego napięcia U , posługując się przekształconym wzorem prawa Ohma

$$R = \frac{U}{I}$$

Jest to tzw. techniczna metoda wyznaczania rezystancji. Można też zmierzyć rezys-



Rys. 1.4. Odcinek AB obwodu elektrycznego (prawo Ohma)

tancję bezpośrednio za pomocą odpowiedniego miernika elektrycznego, np. omomierza.

1.2. Źródła energii elektrycznej

1.2.1. Źródła prądu stałego

1.2.1.1. Ogniwa galwaniczne

Źródłem prądu stałego są **ogniwa galwaniczne**, w których następuje przemiana energii chemicznej na elektryczną. W ogniwach galwanicznych wykorzystuje się zjawisko elektrochemiczne, zwane **elektrolizą**. Polega ono na tym, że między dwiema płytami (elektrodami) z różnych metali zanurzonymi w **elektrolicie** następuje przepływ prądu elektrycznego. Elektrolytami są roztwory, w których nastąpiła **dy-socjacja**¹⁾ elektrolityczna. Elektrolity przewodzą prąd elektryczny, gdyż jony przenoszą ładunki elektryczne, wędrując w polu elektrycznym pod wpływem różnicy potencjałów. Prąd w elektrolitach jest więc prądem jonowym. Przepływowi prądu elektrycznego przez elektrolity towarzyszy wydzielanie się substancji na elektrodach. Te właśnie zjawiska elektrochemiczne zostały wykorzystane głównie w galwanotechnice, a także w produkcji elektrochemicznych źródeł prądu stałego.

W czasie pobierania prądu z ogniwa galwanicznego między co najmniej jedną elektrodą i elektrolitem zachodzą reakcje chemiczne. Siła elektromotoryczna powstaje na styku metalu z elektrolitem, w którym ten metal jest zanurzony. Powstaje on wskutek „rozpuszczania się” dodatków jonów metalu w elektrolicie (przechodzenie jonów do elektrolitu), przy czym elektrony swobodne pozostają w metalu.

Różne metale mają różne właściwości rozpuszczania swych jonów w elektrolicie. Na przykład cynk Zn rozpuszcza znacznie większą ilość jonów niż miedź Cu (rys. 1.5). Obydwie płyty, cynkowa i miedziana, elektryzują się ujemnie względem elektrolitu, ale cynkowa bardziej niż miedziana. Zespół składający się z elektrolitu, np. roztworu kwasu siarkowego, oraz płyt: cynkowej i miedzianej jest źródłem siły elektromotorycznej E , którego elektrodą ujemną jest cynk, gdyż przy tej elektrodzie zbiera się duża ilość rozpuszczonych w elektrolicie jonów dodatnich, a elektrodą dodatnią jest miedź, gdyż przy tej elektrodzie zbiera się mniejsza ilość rozpuszczonych w elektrolicie jonów dodatnich.

Wartość różnicy potencjałów między elektrolitem i zanurzonym w nim metalem zależy od:

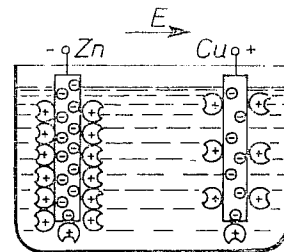
- rodzaju zanurzonego metalu,
- rodzaju roztworu,
- stężenia roztworu,
- temperatury.

Wobec tego siła elektromotoryczna w ogniwie nie zależy od rozmiarów elektrod i całego ogniwa, lecz głównie od substancji elektrod i elektrolitu. Po połączeniu zacisków ogniwa tworzy się zamknięty obwód prądu. Przemiany zachodzące w ogniwie są nieodwracalne.

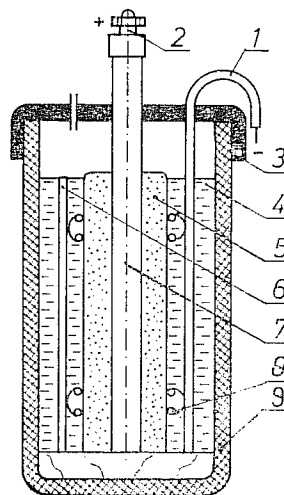
Podczas pracy ogniwa jony elektrolitu osiadają na elektrodach i zubożniają się elektrycznie, zakłócając działanie ogniwa powstającą dodatkową SEM o kierunku działania przeciwnym do kierunku działania zasadniczej SEM ogniwa. Jest to tzw. zjawisko **polaryzacji**. W celu przeciwdziałania polaryzacji stosuje się specjalne substancje, zwane **depolaryzatorami**. Są to materiały utleniające, np. dwutlenek manganu, nadtlenek ołowiu.

Na wyżej opisanej zasadzie zostało zbudowanych wiele odmian ogniw galwanicznych, różniących się szczegółami konstrukcyjnymi. Są one nazywane nazwiskami konstruktorów, np. Leclanchégo (czytaj Leklanszego), Bunsena, Kriegera, Meidingera, Daniella, Beutela i innych. Najbardziej rozpowszechnione jest ogniwo galwaniczne systemu Leclanchégo, jako źródło dostarczające prąd stały o natężeniu nie przekraczającym 1 A i napięciu siły elektromotorycznej E wynoszącym około 1,5 V.

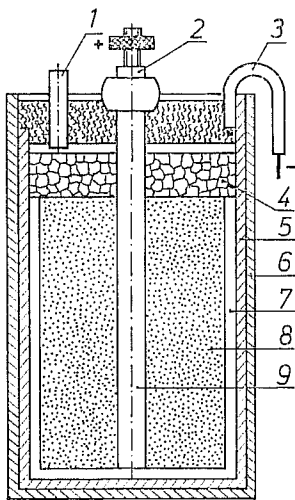
Rozróżnia się **ogniwa Leclanchégo mokre** (nalewane — rys. 1.6) i suche (kubkowe). Różnica między ogniwem mokrym a suchym polega na tym, że ogniwo mokre jest wypełnione suchymi składnikami ele-



Rys. 1.5. Powstawanie SEM między elektrodami zanurzonymi w elektrolicie



Rys. 1.6. Ogniwo Leclanchégo mokre (nalewane)
 1 — przewód wyjściowy (zacisk) elektrody ujemnej, 2 — zacisk elektrody dodatniej, 3 — pokrywa, 4 — elektrolit, 5 — depolaryzator, 6 — elektroda ujemna (cylinder cynkowy), 7 — elektroda dodatnia (pręt węglowy), 8 — koralki izolujące, 9 — naczynie szklane



Rys. 1.7. Ogniwo Leclanchégo suche (kubkowe)

1 — rurka wydechowa, 2 — zacisk elektrody dodatniej, 3 — przewód wyjściowy (zacisk) elektrody ujemnej, 4 — warstwa uszczelniająca, 5 — elektroda ujemna (kubek cynkowy), 6 — opakowanie zewnętrzne (tekturowe), 7 — elektrolit, 8 — depolaryzator, 9 — elektroda dodatnia (pręt węglowy)

ktrolitu, które przed użyciem trzeba zalać wodą, a ogniwo suche jest wypełnione gotowym elektrolitem zagęszczonym. Najczęściej stosowane ogniwo Leclanchégo suche przedstawiono na rys. 1.7. Elektroda dodatnią jest węglowy pręt 9, zaopatrzony w metalowy zacisk 2. Elektroda ujemną jest cynkowy kubek 5 z przymocowanym do niego przewodem wyjściowym 3 do zacisku. Elektroda dodatnia jest osadzona w woreczku płóciennym wypełnionym depolaryzátorem 8, którym jest dwutlenek manganu (MnO_2). Między elektrodą ujemną 5 a woreczkiem znajduje się elektrolit 7, sporządzony z salmiaku (NH_4Cl) w postaci galaretowatej masy. Całość jest umieszczona w impregnowanym opakowaniu tekturowym 6. W dolnej części woreczek jest odizolowany od kubka 5 za pomocą porcelanowych koralików lub pasków tektury. W górnej części, nad woreczkiem, znajduje się warstwa uszczelniająca 4, złożona z trocin i zalana masą, w której jest wstawiona rurka wylotowa dla wydzielających się gazów.

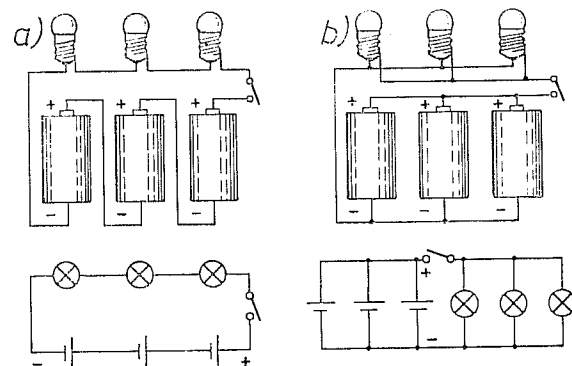
Ogniwo działa tak długo, jak długo zachodzą w nim reakcje chemiczne z cynkiem. Ilość elektryczności, jaką można pobrać z ogniwa, nazywa się **pojemnością ogniwa**, która zależy od wymiarów elektrod i rodzaju elektrolitu. Z ogniwa nie można pobrać zbyt dużego prądu. Każde ogniwo ma największy dopuszczalny prąd, zwany dopuszczalnym prądem wyładowania. Ogniwo suche ma tę wadę, że — mimo nieużywania — elektrolit wysycha i ogni-

wo traci swą pojemność elektryczną. Zalecą ogniwa suchego jest to, że można go używać w urządzeniach przenośnych.

Ogniwa suche Leclanchégo są najczęściej produkowane w kształcie walca — w różnych wielkościach i oznaczane np. R6, R14, R20. Stosuje się je głównie w latarkach, instalacjach dzwonkowych, aparatach radiowych, magnetofonach, zegarach domowych i innych urządzeniach.

Przy zakładaniu ogniwa trzeba zwracać uwagę na prawidłowe połączenie biegunów. Biegun dodatni jest oznaczany znakiem plus (+), a biegun ujemny — znakiem minus (-). Z połączenia kilku ogniw powstaje **bateria ogniw**. Łączenie poszczególnych ogniw może mieć na celu zwiększenie napięcia lub zwiększenie prądu (pojemności ogniwa). W celu zwiększenia napięcia należy ogniwa połączyć szeregowo (rys. 1.8a), natomiast w celu zwiększenia prądu należy ogniwa połączyć równolegle (rys. 1.8b). Szeregowo łączenie ogniw sumuje ich napięcia,

Rys. 1.8. Łączenie ogniw i żarówek: a) szeregowo — zwiększa napięcie, b) równoległe — zwiększa prąd



a natężenie prądu pozostaje bez zmiany. Równoległe łączenie ogniw sumuje ich natężenia prądu, a napięcie pozostaje bez zmiany. Są także produkowane baterie w jednym opakowaniu, składające się z trzech ogniw o ogólnym napięciu 4,5 V ($1,5 \text{ V} \cdot 3 = 4,5 \text{ V}$).

Do zasilania zegarów w energię elektryczną stosuje się najczęściej pojedyncze ogniwa o napięciu 1,5 V, jednak nazywa się je **bateriami**. Podobnie rzecz ma się z ogniwami miniaturowymi, zwanymi bateriami pastylkowymi, które stanowią osobną grupę ogniw. Szczegółowe omówienie baterii do zegarów i zegarków znajduje się w rozdziale 8 tej książki.

1.2.1.2. Ogniwa fotoelektryczne

Ogniwo fotoelektryczne, zwane także fotoogniwem, jest przyrządem półprzewodnikowym, na zaciskach którego powstaje napięcie pod wpływem padającego nań promieniowania elektromagnetycznego o odpowiedniej długości fali. Fotoogniwo jest więc bezpośrednim przetwornikiem energii promieniowania w energię elektryczną.

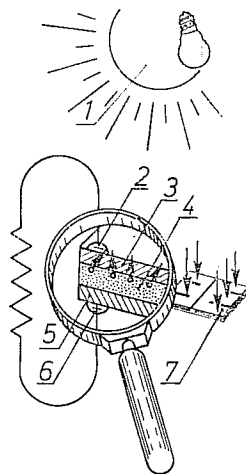
Fotoogniwo jest zbudowane ze stalowych płyt, pokrytych warstwami selenu, kadmu i przezroczystą warstwą metalu szlachetnego (platyny, złota). Warstwa graniczna między selenem a kadmem, pod działaniem promieniowania świetlnego, staje się źródłem prądu elektrycznego (zjawisko fotoelektryczne).

Na rys. 1.9 przedstawiono fotoogniwo obserwowane przez lupę. Poza lupą jest widoczny całkowity element fotoogniwa 7, który energię świetlną I zamienia na energię elektryczną. Elektroda dodatnia składa się z płyty metalowej 5, na której znajduje się cienka warstwa półprzewodnika 4 oraz elektroda ujemna 3 przepuszczająca światło. Gdy na elektrodę padnie światło naturalne lub sztuczne, powstaje napięcie między dwiema elektrodami.

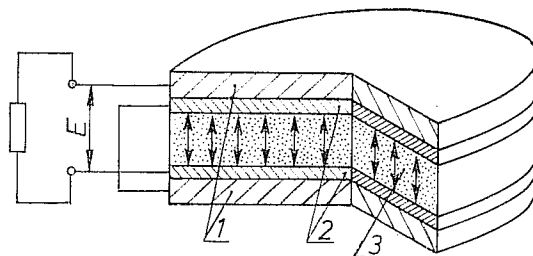
Poszczególne ogniwa można również łączyć szeregowo lub równoległe w **baterię słoneczną**. Już krótkie naświetlenie takiej baterii wystarcza do zasilania np. małego silnika elektrycznego.

Fotoogniwa mają wiele rozmaitych i bardzo pomysłowych zastosowań we współczesnej technice. Stosuje się je m. in. do zasilania zegarów i zegarków elektrycznych i elektronicznych, do pomiarów promienia świetlnego (światłomierze fotograficzne), w automatyce oraz w pojazdach kosmicznych jako baterie słoneczne.

W laboratoriach amerykańskich skonstruowano ogniwo fotoelektryczne krzemowe (rys. 1.10). Składa się ono z płytek krzemu I o wymiarach żyletki, ułożonych na po-



Rys. 1.9. Fotoogniwo obserwowane przez lupę
1 — źródło energii świetlnej, 2 — wyjście (zacisk) elektrody ujemnej, 3 — elektroda ujemna, 4 — warstwa półprzewodnika, 5 — elektroda dodatnia, 6 — wyjście (zacisk) elektrody dodatniej, 7 — całkowity element fotoogniwa



Rys. 1.10. Fotoogniwo krzemowe
1 — płytki krzemowe typu p, 2 — warstwa krzemowa typu n, 3 — luminofor

wierzchni nie większej niż zeszyt szkolny. Między dwiema płytkami krzemowymi 1, pokrytymi warstwą krzemu półprzewodnikowego 2, znajduje się warstwa luminoforu 3 z domieszką radioaktywnego izotopu Pm 147. Ogniwo krzemowe po naświetleniu promieniami słońca daje prąd elektryczny wystarczający do zasilania przenośnych odbiorników radiowych.

1.2.1.3. Akumulatory

Innym rodzajem źródła prądu stałego są **akumulatory**, które umożliwiają gromadzenie energii elektrycznej w większej ilości. Energia akumulatora może być uzupełniana przez **naładowanie**, które odbywa się na skutek trwającego pewien czas przepuszczania przez akumulator prądu stałego. Doprowadzona energia elektryczna zostaje przetworzona na energię chemiczną i w taki sposób zmagazynowana. W czasie ładowania następuje elektroliza elektrolitu i zachodzą zmiany chemiczne na wierzchnich warstwach elektrod akumulatora. Warstwy te nazywają się **masą czynną** akumulatora.

Ładowanie akumulatora jest procesem podobnym do polaryzacji, jaka zachodzi w ogniwach galwanicznych. Akumulatory są więc **ogniwami wtórnymi**, których siła elektromotoryczna powstaje w wyniku polaryzacji. Procesy zachodzące w akumulatorach są odwracalne, a więc przeciwnie niż w ogniwach galwanicznych. Ładowanie akumulatora polega na przetwa-

rzaniu energii elektrycznej w chemiczną, wyładowanie natomiast na przekształcaniu energii chemicznej w elektryczną. Z naładowanego akumulatora można otrzymać 70 ÷ 90% ilości prądu wyładowanego w zależności od sprawności danego akumulatora.

Płyty ładowanego akumulatora elektryzują się w różnym stopniu względem elektrolitu, gdyż ich masa czynna składa się z różnych związków chemicznych. Podczas wyładowywania akumulatora, czyli podczas pobierania prądu, działa on podobnie jak ogniwo galwaniczne.

Poszczególne akumulatory zestawia się tak samo jak ogniwa w baterie akumulatorów, w zależności od wymaganego napięcia. Jeżeli jedno ogniwo akumulatorowe daje napięcie około 2 V, to w celu uzyskania napięcia 24 V trzeba połączyć szeregowo 12 ogniw akumulatorowych. Napięcia baterii akumulatorów są znormalizowane i wynoszą: 6, 12, 24, 48, 60 V.

Rozpowszechniły się dwa rodzaje akumulatorów:

- akumulatory kwasowe — ołowiowe,
- akumulatory zasadowe — żelazowo-niklowe lub żelazowo-kadmowo-niklowe.

Nazwa pierwsza pochodzi od substancji zastosowanego elektrolitu, a nazwa druga — od rodzaju materiału płyt (elektrod) akumulatora.

Akumulator kwasowy składa się z dwóch płyt ołowiowych, zanurzonych w elektrolicie, którym jest wodny roztwór kwasu siarkowego o stężeniu 22 ÷ 30% i

gęstości $1,18 \div 1,24 \text{ g/cm}^3$. Elektrolit wraz z płytami umieszcza się w naczyniu szklanym lub ebonitowym.

Pojemność akumulatora i dopuszczalne wartości prądu zależą od budowy i powierzchni płyt, które najczęściej są wykonane z krat ołowiowych, wypełnionych porowatą (gąbczastą) masą czynną. Płyta dodatnia naładowanego akumulatora, mająca barwę brunatną, zawiera dwutlenek ołowiu (PbO_2), a płyta ujemna, szara, zawiera porowaty ołów (Pb).

Podczas wyładowywania akumulatora, czyli w czasie pobierania prądu, masy czynne na obu płytach przekształcają się w siarczan ołowiowy (PbSO_4) i stężenie elektrolitu maleje. Tlen uwalnia się na płycie dodatniej, a wodór na ujemnej. Podczas ładowania siarczan ołowiowy na płycie dodatniej przekształca się w tlenek ołowiowy, a na płycie ujemnej zamienia się w porowaty ołów i stężenie elektrolitu wzrasta.

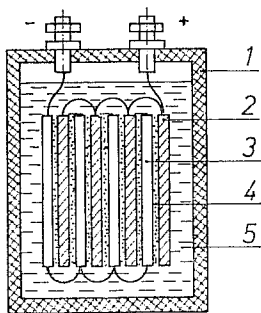
Średnie napięcie akumulatora kwasowego wynosi około 2 V. Pobieranie prądu z akumulatora należy przerwać, gdy jego napięcie spadnie do 1,8 V, gdyż dalsze czerpanie prądu i pozostawienie nienaładowanego akumulatora powoduje jego uszkodzenie. Maksymalne napięcie akumulatora po naładowaniu może wynosić 2,7 V.

Do konserwacji akumulatorów, oprócz ładowania, należy sprawdzanie areometrem gęstości elektrolitu i w razie potrzeby dolewanie wody destylowanej. Po dolaniu

wody można akumulatora używać dopiero po upływie 3 ÷ 4 godzin.

Akumulatory kwasowe mają szerokie zastosowanie w instalacjach elektrycznych samochodów i motocykli oraz do zasilania central telefonicznych. Ich zaletami są stosunkowo duże napięcie i duża sprawność oraz mała rezystancja wewnętrzna. Wadami akumulatorów kwasowych jest duża masa, wrażliwość na wstrząsy oraz wydzielające się żrące opary kwasów, szkodliwe dla zdrowia i działające korodująco na części stalowe urządzeń. Nie należy więc ich umieszczać w tych samych pomieszczeniach, co np. mechanizmy zegarowe. Ołów i związki ołowiu są trujące, dlatego po pracy przy akumulatorach należy dobrze wymyć ręce. Pomieszczenie z akumulatorami powinno mieć dobrą wentylację.

Akumulatory zasadowe są produkowane w dwóch odmianach: jako żelazowo-niklowe lub żelazowo-kadmowo-niklowe. Płyty dodatnie i ujemne obydwu odmian akumulatorów zasadowych niewiele różnią się swą budową. Każda z płyt składa się z ramki stalowej zaopatrzonej w kieszonki z dziurkowanej blachy. Masa czynna płyt znajduje się w tych kieszonkach. Masa czynna płyt dodatnich obu odmian akumulatorów zawiera mieszaninę wodorotlenku niklowego, niklu i grafitu. Masa czynna płyt ujemnych akumulatorów żelazowo-niklowych zawiera rozdrobnione żelazo, natomiast w akumulatorach żelazowo-kadmowo-niklowych — kadm i żelazo, które



Rys. 1.11. Schemat konstrukcyjny akumulatora litowo-niklo-fluorowego

1 — pojemnik z tworzywa sztucznego, 2 — płyty litowe (anoda), 3 — płyty niklofluorowe (katoda), 4 — porowaty separator z masy plastycznej, 5 — elektrolit

w stanie wyładowania przechodzą w wodorotlenki żelaza lub kadmu i żelaza. Elektrolitem jest 21% roztwór ługu potasowego (wodorotlenku potasu) o gęstości $1,2 \text{ g/cm}^3$. Napięcie ładowania dochodzi do $1,7 \text{ V}$, a napięcie wyładowania osiąga około $1,1 \text{ V}$. Podczas ładowania i wyładowywania elektrolit nie ulega zmianom chemicznym i nie zmienia się jego gęstość. Ujemny wpływ na elektrolit ma dwutlenek węgla (CO_2) znajdujący się w powietrzu, dlatego przynajmniej co 2 lata trzeba elektrolit zmienić. Elektrolit wraz z zanurzonymi w nim płytami znajduje się w naczyniu wykonanym z blachy stalowej.

Akumulatory zasadowe mają mniejszą sprawność niż akumulatory kwasowe, mniejsze napięcie i większy opór wewnętrzny. Są one jednak bardziej odporne na zwarcia, przeciążenia i wstrząsy mechaniczne, ale są droższe od kwasowych. Dlatego stosuje się je wtedy, gdy ich zalety są w pełni wykorzystane. Znoszą one bez szkody dłuższy stan nienaładowania i nie wymagają specjalnych wentylacji pomieszczeń, w których pracują.

Oprócz powszechnie stosowanych dwóch wyżej opisanych rodzajów akumulatorów są produkowane nowe, coraz lepsze akumulatory, np. kieszonkowe kadmowo-niklowe, gazoszczelne kadmowo-niklowe i inne. Prawdziwie nowoczesny akumulator powinien odznaczać się lekkością konstrukcji i małymi wymiarami, a jednocześnie powinien wytwarzać energię elektryczną o dość dużym natężeniu prądu. Tym

wymaganiom odpowiada akumulator opracowany przez amerykańskie zakłady *Gulton Industries Inc.*, mianowicie akumulator litowo-niklo-fluorowy, przeznaczony do doświadczalnego samochodu elektrycznego *Amitron*. Wydajność energetyczna tego akumulatora jest np. 7-krotnie większa w porównaniu z akumulatorem kadmowo-niklowym.

Schemat konstrukcyjny akumulatora litowo-niklo-fluorowego przedstawiono na **rys. 1.11**. W pojemniku 1 z tworzywa sztucznego są zanurzone w elektrolicie 5 płyty niklo-fluorowe 3, oddzielone od płyt litowych 2 porowatym separatorem 4, sporządzonym z tworzywa sztucznego. Elektrolitem jest roztwór węglanu propylenu i fosforofluoru potasu. Akumulator ma zwartą konstrukcję i nie wymaga specjalnych zabiegów podczas eksploatacji. Jego koszt jest 50% wyższy niż akumulatorów kwasowo-ołowiowych, głównie ze względu na wyższą cenę litu w stosunku do ołowiu oraz bardziej złożone metody produkcji elektrod.

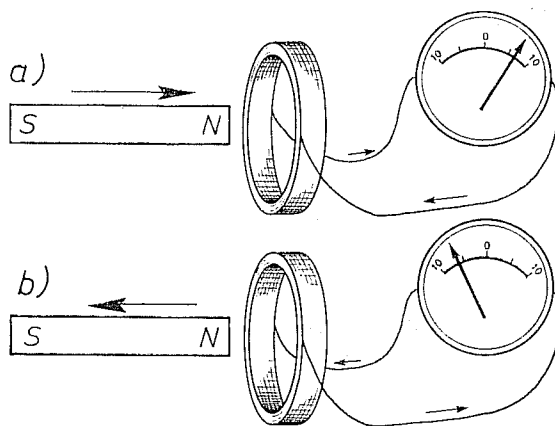
1.2.2. Źródła prądu przemiennego

Prąd przemienny możemy czerpać z ogólnie dostępnego źródła energii elektrycznej, jakim jest w każdym kraju **sieć energetyczna**. Zastosowanie prądu przemiennego o wysokim napięciu umożliwiło połączenie wszystkich sieci przesyłowych w Polsce w jeden system energetyczny.

Prąd przemienny powstaje przez wykorzystanie zjawiska **indukcji elektromagnetycznej**. Zjawiska elektryczne i magnetyczne są ze sobą związane. W celu wzbudzenia siły elektromotorycznej konieczne jest pole magnetyczne, przewód oraz ruch przewodu względem pola magnetycznego (lub odwrotnie). Stąd wzbudzenie indukowanej siły elektromotorycznej następuje wskutek:

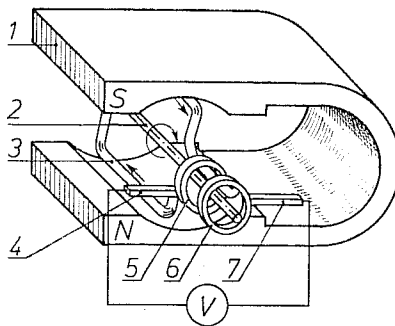
- szybkiego ruchu magnesu względem cewki (**rys. 1.12**),
 - ruchu przewodnika w odpowiednim kierunku w polu magnetycznym,
 - osłabiania lub wzmacniania pola magnetycznego przenikającego cewkę.
- Koniecznym warunkiem indukcji jest więc albo przecinanie pola magnetycznego przez przewód, albo zmiana natężenia pola magnetycznego, w którym znajduje się przewód. Siła elektromotoryczna indukcji jest tym większa, im większe są zmiany strumienia elektromagnetycznego następujące w jednostce czasu i im więcej zwojów przewodnika obejmuje strumień magnetyczny. Na tych zasadach są zbudowane **prądnice** wytwarzające prąd przemienny w elektrowniach.

Najprostszy model prądnicy jednofazowego prądu przemiennego przedstawiono na **rys. 1.13**. W równomiernym polu magnetycznym magnesu trwałego 1 obraca się z jednostajną prędkością kątową oś twornika 2 wraz ze zwojem drutu 3 w kształcie prostokątnej ramki, którego dwa końce są przyłączone do dwóch pierście-



Rys. 1.12. Powstawanie siły elektromotorycznej indukcyjnej w obwodzie zamkniętej cewki: a) wskutek szybkiego zbliżania do niej magnesu trwałego, b) wskutek oddalania od niej magnesu

ni 5 i 6 odizolowanych od siebie. Po wirujących wraz ze zwojem pierścieniach ślizgają się metalowe szczotki 4 i 7, do których jest przyłączony obwód zewnętrzny z włączonym wewnątrz np. woltomierzem.



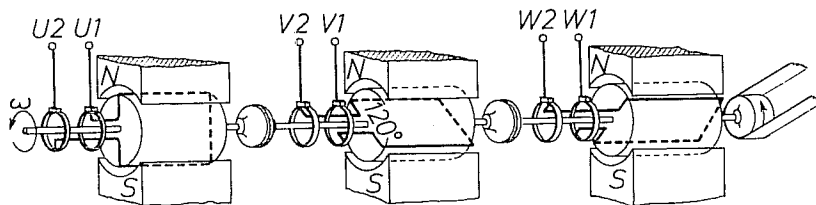
Rys. 1.13. Najprostszy model prądnicy jednofazowego prądu przemiennego

1 — magnes trwały (stojan), 2 — oś twornika, 3 — zwoj drutu w kształcie prostokątnej ramki, 4 i 7 — szczotki metalowe, 5 i 6 — pierścienie ślizgowe

Powstająca w jednostajnie wirującym zwoju siła elektromotoryczna jest sinusoidalnie zmienna. Wartości zmieniających się wielkości SEM, napięcia, prądu lub mocy w dowolnej chwili nazywa się **wartościami chwilowymi**.

Największą wartość chwilową, dodatnią lub ujemną, nazywa się **wartością szczytową**. W wirującym zwoju SEM osiąga wartość szczytową w chwili, gdy przy obrocie zwoju jego boki przecinają największą liczbę linii magnetycznych w jednostce czasu. Na **rys. 1.13** odpowiadałoby to przechodzeniu zwoju przez położenie pionowe. Podczas obrotu zwoju prądnicy powtarzają się jego położenia w polu magnetycznym i chwilowa wartość w uzwojeniu SEM. Czas trwania jednego cyklu zmian wielkości sinusoidalnie zmiennej nazywa się **okresem** (zobacz rozdział 1.1.1).

Prąd przemienny jest wytwarzany w elektrowniach jako prąd trójfazowy i użytkowany jako prąd przemienny trójfazowy



Rys. 1.14. Trzy prądnice jednofazowe sprzężone mechanicznie z przesuniętymi uzwojeniami o 120° , wytwarzające prąd trójfazowy

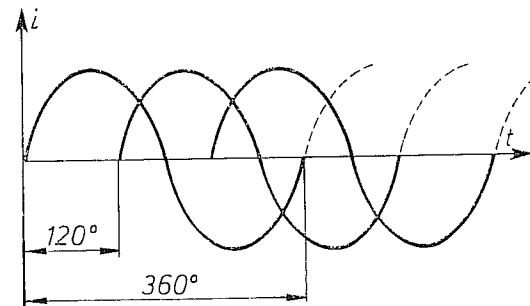
lub jednofazowy. Źródłem prądu trójfazowego mogą być trzy jednakowe prądnice prądu sinusoidalnego jednofazowego, sprzężone ze sobą mechanicznie w taki sposób, aby obracały się z jednakową prędkością i aby ich uzwojenia U , V , W były przesunięte względem siebie o 120° (**rys. 1.14**).

Zamiast stosowania trzech prądnic można umieścić trzy uzwojenia przesunięte względem siebie o 120° na wirniku jednej prąd-

Rys. 1.15. Wykres prądu sinusoidalnego trójfazowego

nicy. Ponieważ jest obojętne, czy uzwojenia obracają się w nieruchomym polu magnetycznym, czy też obraca się pole magnetyczne w stosunku do nieruchomych uzwojeń, przeto zazwyczaj umieszcza się uzwojenie trójfazowe na wewnętrznej powierzchni nieruchomej części prądnicy, wewnątrz której wiruje elektromagnes o jednej parze biegunów magnetycznych. W wykonaniu praktycznym prądnica trójfazowa składa się ze stojana i twornika. **Stojanem** jest żeliwny korpus prądnicy, wewnątrz którego są umocowane pakiety sprasowanych blach z odpowiednio wykonanymi i umieszczonymi w nich uzwojeniami trzech faz. **Twornik** jest silnym elektromagnesem, zasilanym prądem stałym z oddzielnej małej prądnicy prądu stałego osadzonej na tej samej osi. Prąd do uzwojenia twornika jest doprowadzany za pośrednictwem pierścieni i szczotek.

Podczas obrotu twornika napędzanego energią mechaniczną w każdym z uzwojeń poszczególnych trzech faz stojana indukuje się napięcie zmienne według sinusoidy. Są one przesunięte względem siebie o 120° (**rys. 1.15**). Są to właściwie trzy prze-



biegi prądu przemiennego o tym samym okresie, ale nie jednocześnie. Taki zespół trzech prądów sinusoidalnych jest prądem trójfazowym.

1.3. Elementy urządzeń przetwarzających energię elektryczną

1.3.1. Transformatory

Transformator jest urządzeniem elektrycznym służącym do przetwarzania napięcia prądu przemiennego z wyższego na niższe lub z niższego na wyższe. Ma on zastosowanie w różnego rodzaju zasilaczach. Zasadniczymi częściami transformatora jednofazowego są dwa uzwojenia nawinięte na rdzeniu tworzącym zamknięty obwód magnetyczny.

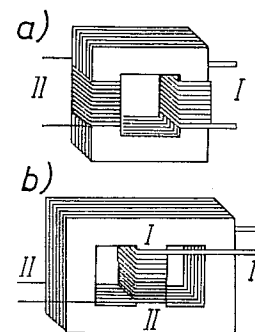
Uzwojenie transformatora przyłączone do sieci zasilającej nazywa się **uzwojeniem pierwotnym I** (rys. 1.16a), a uzwojenie, z którego pobiera się energię po odpowiednim przekształceniu, nazywa się **uzwojeniem wtórnym II**. Oto zasada działania transformatora: Pod wpływem napięcia przemiennego sieci, płynącego w uzwojeniu pierwotnym transformatora, w uzwojeniu wtórnym indukuje się napięcie wtórne. Napięcia te są proporcjonalne do liczby zwojów. Stosunek liczby zwojów uzwojenia pierwotnego do liczby zwojów u-

zwojenia wtórnego nazywa się **przełożeniem** („przekładnią”) transformatora.

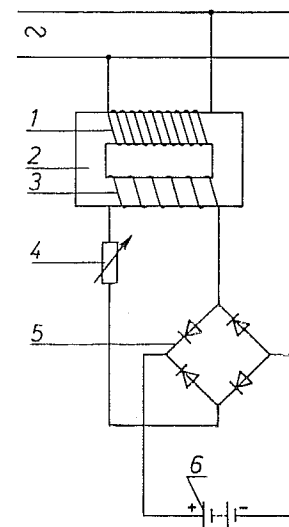
Rdzeń składa się z pakietu blach żelazowo-krzemowych grubości $0,3 \div 0,5$ mm, odizolowanych od siebie powłoką lakieru lub szkła wodnego albo cienkim papierem. Część rdzenia, na której znajduje się uzwojenie, nazywa się **słupem**. Są stosowane rdzenie dwusłupowe, trzysłupowe, czasem pięciosłupowe. Ze względu na kształt rdzenia i sposób nawinięcia zwojów rozróżnia się transformatory rdzeniowe i płaszczowe. W transformatorach rdzeniowych ma zastosowanie rdzeń dwusłupowy (rys. 1.16a), przy czym uzwojenie pierwotne I jest umieszczone na jednym słupie, a uzwojenie wtórne II — na drugim. W transformatorach płaszczowych stosuje się najczęściej rdzeń trzysłupowy (rys. 1.16b), przy czym na jednym słupie środkowym jest umieszczone uzwojenie pierwotne I i odizolowane od niego uzwojenie wtórne II.

Rozróżnia się transformatory jednofazowe przetwarzające napięcie jednofazowe oraz transformatory trójfazowe przetwarzające napięcie trójfazowe. W zależności od rodzaju izolacji i sposobu chłodzenia rozróżnia się transformatory suche — z izolacją suchą i chłodzeniem powietrznym oraz transformatory olejowe — z izolacją olejową i chłodzeniem olejowym.

Sposób zastosowania transformatora do urządzenia prostującego prąd przemienny i ładującego baterie akumulatorów przedstawiono na rys. 1.17. Prąd prze-

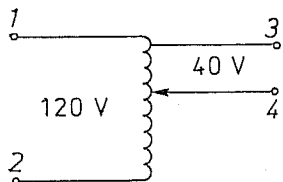


Rys. 1.16. Transformatory: a) rdzeniowy, b) płaszczowy



Rys. 1.17. Schemat zastosowania transformatora w prostowniku do ładowania akumulatora z sieci energetycznej

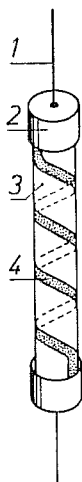
1 — uzwojenie pierwotne, 2 — rdzeń, 3 — uzwojenie wtórne, 4 — rezystor (opornik) regulowany, 5 — prostownik pełnookresowy, 6 — baterie akumulatorów



Rys. 1.18. Schemat uzwojenia autotransformatora
1 i 2 — uzwojenie pierwotne (wyższe napięcie), 3 i 4 — odczep uzwojenia wtórnego (niższe napięcie)

mienny z sieci energetycznej jest przyłączony do uzwojenia pierwotnego 1, umieszczonego na rdzeniu 2. Prąd wzбудzony w uzwojeniu wtórnym 3 jest prostowany przez prostownik 5 oraz regulowany rezystorem (opornikiem) 4 i w ten sposób ładuje baterię akumulatorów 6.

Powyższy sposób zasilania może być zastosowany do urządzeń zegarowych. Gdy chodzi o płynną zmianę napięcia, stosuje się autotransformatory (rys. 1.18). Istotną cechą autotransformatora jest wspólne uzwojenie dla strony pierwotnej i wtórnej. Na wspólnym odcinku uzwojenia, zwykle o większym przekroju, płyną prądy w przeciwnych kierunkach i znoszą się wzajemnie, wskutek czego zyskuje się na mniejszych przekrojach przewodu miedzianego i rdzenia żelaznego. Zmianę napięcia można uzyskać zarówno w transformatorach, jak i autotransformatorach stosując odczepy (skokowa regulacja napięcia) lub w specjalnej konstrukcji z rolką boczną, co zapewnia regulację prawie płynną.



Rys. 1.19. Konstrukcja rezystora
1 — końcówka drutowa, 2 — kapturek mosiężny, 3 — ceramiczny korpus izolacyjny, 4 — ścieżka rezystywna

1.3.2. Rezystory

Rezystor (opornik) jest elementem powodującym w obwodzie elektrycznym określoną rezystancję stałą lub zmienną (regulowaną). Rezystory o stałej wartości rezystancji są wykonywane w postaci walca, z końców którego są wyprowadzone końcówki 1 (rys. 1.19), przymocowane do za-

ciskanych mosiężnych kapturek 2, zapewniających właściwy kontakt z warstwą lub ścieżką rezystywną 4. Rezystywna warstwa węglowa lub metalowa jest położona na ceramicznym korpusie izolacyjnym 3. W sposób taki są wykonane rezystory o małej rezystancji. Rezystor przedstawiony na rys. 1.19 jest znacznie powiększony. Długość rezystora stosowanego w zegarach i budzikach z elektrycznym napędem regulatora wynosi 6 ÷ 10 mm.

Rezystory o większych wartościach rezystancji mają na obwodzie korpusu ceramicznego nawinięty drut w kształcie linii śrubowej na całej długości. Uzwojenie drutowe jest pokryte warstwą glazury ceramicznej. Przy pełnym obciążeniu prądowym rezystory takie nagrzewają się do wysokiej temperatury (ok. 100°C), dlatego należy je umieszczać na radiatorach⁴⁾ odprowadzających wytworzone ciepło. Rezystor przeciążony przepala się.

Przy wymianie rezystora należy zwracać uwagę na wartość liczbową jego rezystancji, która jest zaznaczona liczbą na powierzchni rezystora albo barwnym paskiem lub kropką na jego obwodzie (tabl. 1.2). Barwy pierwszego i drugiego paska określają pierwszą i drugą cyfrę, a barwa paska trzeciego — mnożnik dla wartości wyrażonej w omach (Ω). Ostatni pasek lub kropka określają swą barwą dopuszczalne odchyłki w procentach (%). Jeśli nie ma czwartego paska lub kropki, tzn. że odchyłka wynosi ± 20%.

Przykład: Na rezystorze znajdują się czte-

Tablica 1.2

Oznaczenia barwne rezystancji znamionowych i ich odchyłek

Barwa	Pierwszy pasek lub kropka	Drugi pasek lub kropka	Trzeci pasek lub kropka	Czwarty pasek lub kropka
	pierwsza cyfra	druga cyfra	mnożnik rezystancji w Ω	odchyłki dopuszczalne %
Srebrna	—	—	10^{-2}	± 10
Złota	—	—	10^{-1}	± 5
Czarna	—	0	1	—
Brązowa	1	1	10	± 1
Czerwona	2	2	10^2	± 2
Pomarańczowa	3	3	10^3	—
Żółta	4	4	10^4	—
Zielona	5	5	10^5	—
Niebieska	6	6	10^6	—
Fioletowa	7	7	10^7	—
Szara	8	8	10^8	—
Biała	9	9	10^9	—
Brak paska lub kropki	—	—	—	± 20

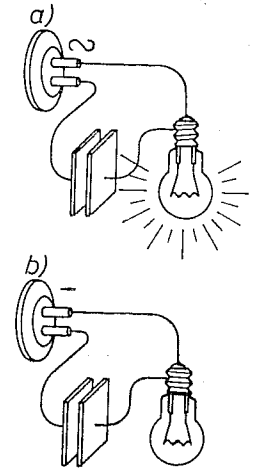
ry barwne paski: czerwony, żółty, pomarańczowy i srebrny. Należy odczytać wartość rezystancji i jej dopuszczalną odchyłkę. Odczytujemy znaczenie poszczególnych pasków z tabl. 1.2: czerwony — 2, żółty — 4, pomarańczowy — $10^3 = 1000$, srebrny $\pm 10\%$. Rezystancja rezystora wynosi $24\,000\ \Omega$ i jest wykonana z dopuszczalną odchyłką $\pm 10\%$.

1.3.3. Kondensatory

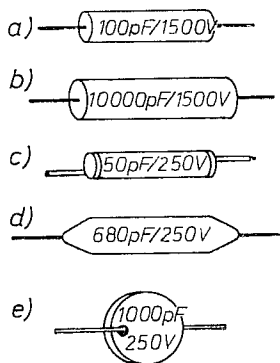
Kondensator jest to przyrząd elektryczny składający się z dwóch przewodników o dużych powierzchniach równoległych, oddzielonych cienkim materiałem izolacyjnym. Przewodniki mają postać płyt lub taśm metalowych, możliwie jednakowych co do kształtu i wielkości, stanowiących

okładziny (elektrody) kondensatora. Materiałem izolacyjnym (dielektrykiem) może być papier parafinowany, szkło, mika itp. Zadaniem kondensatora jest gromadzenie ładunków elektrycznych, równych co do wartości, lecz o przeciwnych znakach. Gromadzi on ładunki przy ładowaniu, a oddaje przy wyładowaniu. Umożliwia przepływ prądu przemiennego (**rys. 1.20a**), a zatrzymuje przepływ prądu stałego (**rys. 1.20b**), może więc być stosowany do rozdzielania składowych prądów stałych od przemiennych.

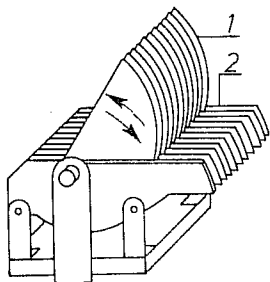
Kondensatory są używane powszechnie w urządzeniach radiotechnicznych, telewizyjnych i elektronicznych. W energetyce kondensatory są stosowane w celu poprawienia warunków pracy maszyn prądu przemiennego, jako kondensatory popra-



Rys. 1.20. Działanie kondensatora: a) przepuszcza prąd przemienny, b) zatrzymuje prąd stały

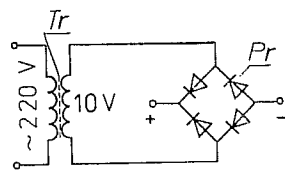


Rys. 1.21. Kondensatory małych rozmiarów o różnej pojemności elektrycznej: a), b) papierowe, c), e) ceramiczne, d) styrofleksowy



Rys. 1.22. Kondensator nastawny o zmiennej pojemności

1 — płytki ruchome, 2 — płytki stałe



Rys. 1.23. Schemat ogólny prostownika

Tr — transformator, Pr — układ prostowniczy

wiające współczynnik mocy, oraz w urządzeniach zmniejszających iskrzenie, zapobiegających zakłóceniom odbioru radiowego, powodowanym często pracą urządzeń i maszyn elektrycznych.

Charakterystyczną wielkością elektryczną dla kondensatora jest tzw. **pojemność elektryczna**, która wyraża zdolność jego przewodników do gromadzenia na sobie ładunków elektrycznych. Jednostką pojemności elektrycznej jest farad F, którego wymiar wyraża wzór

$$C = \frac{Q}{U}, \quad \text{więc} \quad 1F = \frac{1C}{1V}$$

Pojemność jednego farada ma kondensator, który po zwiększeniu jego ładunku elektrycznego o 1 C zwiększa potencjał o 1 V. Farad jest jednostką bardzo dużą, więc w praktyce stosuje się milion razy mniejszą jednostkę, zwaną mikrofaradem μF oraz jeszcze milion razy mniejszą, zwaną pikofaradem pF;

$$1F = 10^6 \mu F = 10^{12} pF$$

Pojemność kondensatora płaskiego jest wprost proporcjonalna do powierzchni okładzin i odwrotnie proporcjonalna do grubości dielektryku przedzielającego okładziny. Zależy także od właściwości dielektrycznych materiału izolującego okładziny.

W zależności od zastosowanego dielektryka rozróżnia się kondensatory papierowe, ceramiczne i styrofleksowe. Są one produkowane w kształcie małego walca i zaopatrzone w napisy (rys. 1.21).

Ze względu na konstrukcję rozróżnia się wiele odmian kondensatorów. Jedną z nich stanowią **kondensatory nastawne**. Kondensator taki (rys. 1.22) składa się z zespołu płytek ruchomych 1 oraz zespołu płytek nieruchomych 2. Obydwa zespoły są od siebie odizolowane. Przez obrót zespołu 1 i coraz większe zagłębianie się jego w zespół 2 można zmieniać pojemność kondensatora.

Na podobnej zasadzie działa kondensator dostrojczy, czyli tzw. **trymer**, który jest stosowany w zegarkach kwarcowych do dostrojenia częstotliwości rezonatora kwarcowego, a tym samym do regulowania chodu zegarka.

1.3.4. Prostowniki

Prostownik jest urządzeniem elektrycznym służącym do zamiany prądu przemiennego na prąd stały. Właściwie niezupełnie przetwarza on prąd przemienny na prąd stały, ale na prąd stały tętniący o jednokierunkowym przebiegu.

Prąd stały można uzyskać bezpośrednio z prądnic prądu stałego, ogniw galwanicznych lub akumulatorów. Najczęściej jednak do miejsca odbioru dostarcza się prąd przemienny, który przetwarza się tam na prąd stały (tętniący) za pomocą prostowników.

Każde urządzenie prostownicze składa się z transformatorów Tr (rys. 1.23), stosu prostowniczego Pr o odpowiednim ukła-

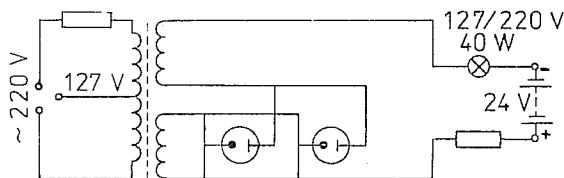
dzie oraz części dodatkowych, takich jak: bezpieczniki, wyłączniki, przełączniki, układy stykowe, zaciski, przyrządy pomiarowe. Transformator przetwarza napięcie sieci 220 V na napięcie odpowiednie do zasilania stosu prostowniczego.

W zależności od budowy i zasady działania rozróżnia się (częściej stosowane) prostowniki: rtęciowe, lampowe, półprzewodnikowe.

Prostowniki rtęciowe są stosowane jako prostowniki wielkiej mocy, głównie do zasilania radiowych urządzeń nadawczych, w elektrotrakcji, elektrochemii, metalurgii itp. Ich działanie jest oparte na zjawisku emitowania elektronów przez ujemnie naładowane ciała, ogrzane do wysokiej temperatury. W prostownikach rtęciowych do prostowania napięć zmiennych zastosowano lampy gazowane, rtęciowe, np. tyratron, ingitron. Duże prostowniki trójfazowe buduje się z sześcioma, a nawet z dwunastoma anodami głównymi, dzięki czemu otrzymuje się prąd o małym tętnieniu. Prostowniki rtęciowe odznaczają się łatwą obsługą, pewną i zupełnie cichą pracą, prostym mechanizmem i dużą sprawnością.

Prostowniki lampowe są zbudowane z lamp elektronowych próżniowych — kenetronów (rys. 1.24) lub lamp gazowanych — gazotronów. W lampach prostowniczych próżniowych prąd przepływa dzięki ruchowi elektronów, stąd tego rodzaju prostowniki nazywa się prostownikami elektronowymi. Mogą one mieć za-

stosowanie tam, gdzie mogą być prostowane prądy małej mocy, np. w odbiornikach radiowych.

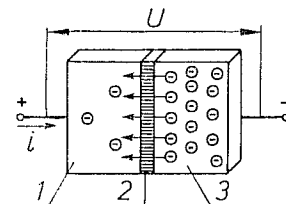


Rys. 1.24. Schemat prostownika lampowego

Prostowniki półprzewodnikowe dzieli się na prostowniki stykowe oraz prostowniki diodowe.

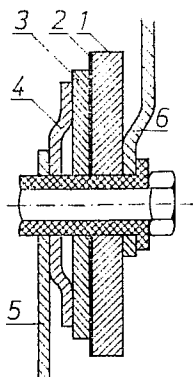
Działanie **prostowników stykowych** jest oparte na właściwościach warstwy zaporowej 2 (rys. 1.25), powstającej na granicy styku między przewodnikiem metalowym 3 o dużej ilości elektronów swobodnych i półprzewodnikiem 1 o małej ilości tych elektronów. Jeśli do skrajnych warstw tak doprowadzi się napięcie, że przewodnik 3 będzie miał napięcie ujemne, a półprzewodnik 1 dodatnie, to duża liczba elektronów swobodnych będzie przepływać do półprzewodnika i przez prostownik popłynie prąd i . Jeśli natomiast zmieni się biegunowość, to prąd nie popłynie, gdyż w półprzewodniku znajduje się mała liczba elektronów swobodnych. Ta właśnie jednokierunkowa przewodność układu: przewodnik-półprzewodnik jest wykorzystywana do prostowania prądu przemiennego.

Spośród prostowników stykowych najszersze zastosowanie mają prostowniki selenowe, germanowe i krzemowe.



Rys. 1.25. Zasada działania prostownika stykowego

1 — półprzewodnik, 2 — warstwa zaporowa, 3 — przewodnik metalowy



Rys. 1.26. Człon prostownika selenowego

1 — krążek niklowany, 2 — warstwa selenu, 3 — warstwa stopu bizmutu, cynku i kadmu, 4 — mosiężny krążek sprężysty, 5 i 6 — płytki metalowe do połączenia z obwodem

W prostowniku **selenowym** półprzewodnikiem jest selen, pierwiastek spotykany w złożach siarki. Odnacza się on zmienną rezystancją, zależną od natężenia oświetlenia. Wykorzystanie tych właściwości umożliwiło zastosowanie selenu w komórkach fotoelektrycznych. Konstrukcję jednego członu prostownika selenowego przedstawiono na **rys. 1.26**. Na stalowy lub aluminiowy niklowany krążek 1 jest nałożona cienka warstwa selenu 2. Warstwa selenu jest pokryta warstwą 3, utworzoną przez naniesienie (napylenie na selen) dobrze przewodzącego stopu bizmutu, cynku i kadmu. Warstwa zaporowa powstaje między selenem a warstwą 3, do której jest przyciśnięty sprężysty krążek mosiężny 4. Płytki metalowe 5 i 6 łączą człon z obwodem prądu. W prostownikach o członach połączonych szeregowo zamiast płytki 6 jest umieszczony krążek stalowy następnego członu.

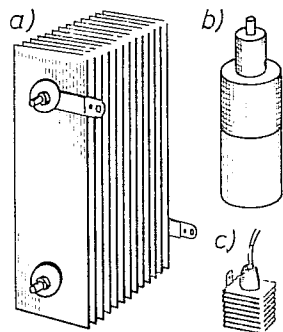
Prostowniki **germanowe** i **krzemowe**, tzw. diody krystaliczne, są obecnie coraz szerzej stosowane, wypierają prostowniki starszych typów. W energetyce do prostowania prądu przemiennego stosuje się **diody warstwowe**. Są one powszechnie stosowane jako miniaturowe diody w radiotechnice oraz jako diody do dużych zespołów prostowników trakcyjnych i energetycznych. Prostowniki germanowe i krzemowe mają znacznie lepsze wskaźniki eksploatacyjne i zajmują mniej miejsca (**rys. 1.27**) niż prostowniki stykowe. Są stosowane do zasilania sygnalizacyjnych ob-

wodów kolejowych, do ładowania akumulatorów, w radiotechnice, w energetyce i wielu innych dziedzinach.

1.4. Pomiary wielkości elektrycznych

1.4.1. Mierzenie i mierniki elektryczne






Wszelkie urządzenia elektrotechniczne, a więc i instalacje zegarów elektrycznych (sieci czasu), wymagają stałego ich doglądania i okresowej kontroli. Od tej prostej czynności zależy pewność działania tych urządzeń oraz bezpieczeństwo pracy. Podstawowym sposobem okresowej kontroli jest wykonanie najprostszych pomiarów wielkości elektrycznych za pomocą odpowiednich mierników. Istnieją w użyciu różne przyrządy pomiarowe, każde do mierzenia innych wielkości, ale są także i mierniki uniwersalne, którymi można dokonywać różnych pomiarów. Zegarmistrzowi przyrządy pomiarowe są także potrzebne podczas naprawy zegarów i zegarków elektrycznych i elektronicznych. Zakres pomiarowy mierników elektrycznych, jakich używa zegarmistrz, jest dość duży, gdyż wiele jest rodzajów zegarów, które może naprawiać: od małych zegarków naręcznych aż do dużych zegarów wieżowych. Najwygodniejsze w użyciu są



Rys. 1.27. Porównanie wielkości prostowników o tej samej mocy: a) selenowy, b) jednoanodowy rtęciowy (ignitron), c) germanowy

Tablica 1.3

Nazwy podstawowych wielkości, jednostek i przyrządów pomiarowych

Wielkość mierzona		Jednostka		Nazwa przyrządu pomiarowego	Symbol graficzny
nazwa	oznaczenie	nazwa	oznaczenie		
Prąd	I	amper	A	amperomierz	
Napięcie	U	wolt	V	woltomierz	
Rezystancja	R	om	Ω	omomierz	
Moc	P	wat	W	watomierz	
Praca	$L (W, A)$	dżul, kilowatogodzina	J, kW·h; 1 kW·h = = 360 000 J	licznik energii elektrycznej	

takie mierniki, które wskazują od razu potrzebne wartości bez dodatkowego przeliczania. Nazwy podstawowych wielkości elektrycznych, jednostek i przyrządów pomiarowych podano w **tabl. 1.3**.

Ze względu na dokładność rozróżnia się mierniki laboratoryjne, które mają najwyższą klasę dokładności, oznaczoną liczbami 0,2 i 0,5. Inne mierniki techniczne, zarówno tablicowe, jak i przenośne, zalicza się do klas dokładności oznaczonych: 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Umieszczona na mierniku np. liczba 0,5 oznacza jego klasę dokładności. Liczba klasy dokładności oznacza **uchyb przyrządu** wyrażony w procentach przy największym wychyleniu wskazówki.

Pojęcie **klasy dokładności** jest związane z dokładnością miernika (a nie z dokładnością pomiaru). Im mniejsza jest liczba klasy dokładności miernika, tym mniejszy jest **uchyb pomiaru** wykonanego tym miernikiem. Uchyb pomiaru wynika z niedokładności mierników i metody pomiarowej, natomiast nieprawidłowy sposób mierzenia jest przyczyną **błędu pomiaru**. Ze względu na sposób użycia mierniki elektryczne dzielimy na:




- tablicowe — pracujące na jednym miejscu,
- przenośne — o budowie bardziej wytrzymałej na wstrząsy, zwykle wielozakresowe.

Na tarczach mierników elektrycznych są umieszczone znormalizowane symbole, które określają przeznaczenie miernika, jego rodzaj ze względu na zasadę działa-

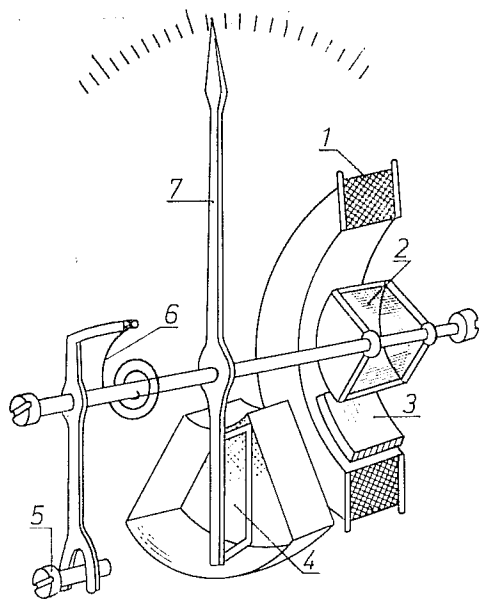
nia oraz położenie podczas pomiaru. Dzięki temu można ocenić, do jakich pomiarów miernik się nadaje, a do jakich nie można go użyć. W **tabl. 1.4** podajemy zestawienie tych symboli.

Tablica 1.4

Symbole na tarczach mierników elektrycznych

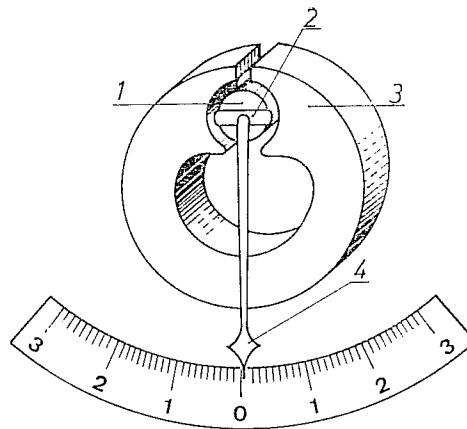
	miernik magnetoelektryczny o ruchomej cewce
	miernik magnetoelektryczny ilorazowy o ruchomych cewkach (skrzyżowanych)
	miernik magnetoelektryczny o ruchomym magnesie

	miernik magnetoelektryczny ilorazowy o ruchomym magnesie		miernik indukcyjny ilorazowy
	miernik magnetoelektryczny o ruchomej cewce i o przetworniku termoelektrycznym bezpośrednim		miernik elektrostatyczny
	miernik magnetoelektryczny o ruchomej cewce i o przetworniku termoelektrycznym pośrednim		miernik elektromagnetyczny wibracyjny (rezonansowy)
	miernik magnetoelektryczny o ruchomej cewce i prostowniku stykowym	—	miernik wyskalowany do pomiarów prądu stałego
	miernik elektromagnetyczny o rdzeniu ruchomym	~	miernik wyskalowany do pomiarów prądu przemiennego
	miernik elektromagnetyczny ilorazowy o rdzeniu ruchomym	~	miernik wyskalowany do pomiarów prądu stałego i przemiennego
	miernik cieplny wydłużeniowy	☆ ₂	znak napięcia probierczego (liczba w gwiazdździe określa napięcie probiercze w kV, bez liczby = 500 V)
	miernik elektrodynamiczny zwykły	0,5	klasa miernika
	miernik elektrodynamiczny o osłonie magnetycznej	⊥	pozycja w używaniu — pionowa
	miernik elektrodynamiczny ilorazowy o cewkach skrzyżowanych	┌	pozycja w używaniu — pozioma
	miernik elektrodynamiczny ilorazowy o osłonie magnetycznej	∠ _{30°}	pozycja w używaniu — ukośna
	miernik indukcyjny zwykły		



Rys. 1.28. Schemat mechanizmu miernika elektromagnetycznego

1 — cewka nieruchoma, 2 — płytkę żelazną ruchomą, 3 — płytkę żelazną nieruchomą, 4 — tłumik powietrzny, 5 — wkręt nastawny mimośrodowy, 6 — sprężynka zwrotna, 7 — wskazówka



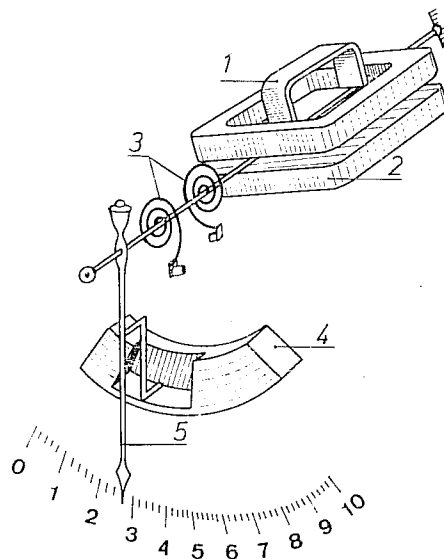
Rys. 1.29. Schemat mechanizmu miernika magnetoelektrycznego

1 — rdzeń żelazny, 2 — cewka nieruchoma, 3 — magnes trwały, 4 — tłumik, 5 — wskazówka

- elektrodynamiczne (rys. 1.30), w których ruchoma cewka 1 jest odchylana wraz z umieszczoną na niej wskazówką 5 przez prąd przepływający przez drugą cewkę nieruchomą 2 — lub odwrot-

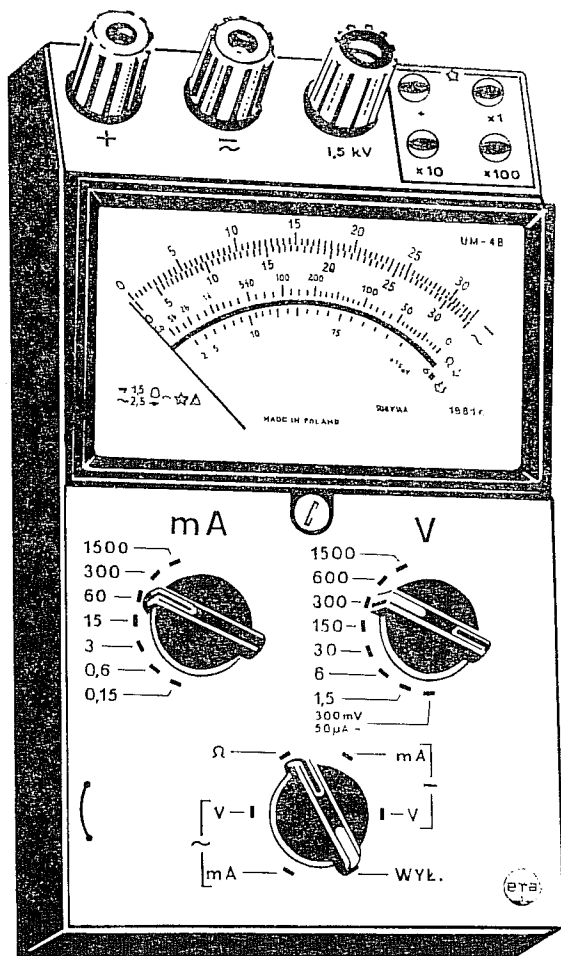
Podstawowymi miernikami używanymi przez zegarmistrza do sprawdzania zegarów elektrycznych są amperomierze, woltomierze, omomierze. Wszystkie te mierniki elektryczne można podzielić na trzy grupy:

- elektromagnetyczne (rys. 1.28), w których ruchoma płytkę 2 z miękkiego żelaza podczas przepływu prądu staje się magnesem i przechyla wskazówkę 7;
- magnetoelektryczne (rys. 1.29), w których ruchoma cewka 2, umieszczona między biegunami magnesu trwałego 3, podczas przepływu prądu jest przechylana wraz z umieszczoną na niej wskazówką 4 przez bieguny tegoż magnesu;



Rys. 1.30. Schemat mechanizmu miernika elektrodynamicznego

1 — cewka ruchoma, 2 — cewka stała, 3 — sprężynki zwrotne, 4 — tłumik powietrzny, 5 — wskazówka



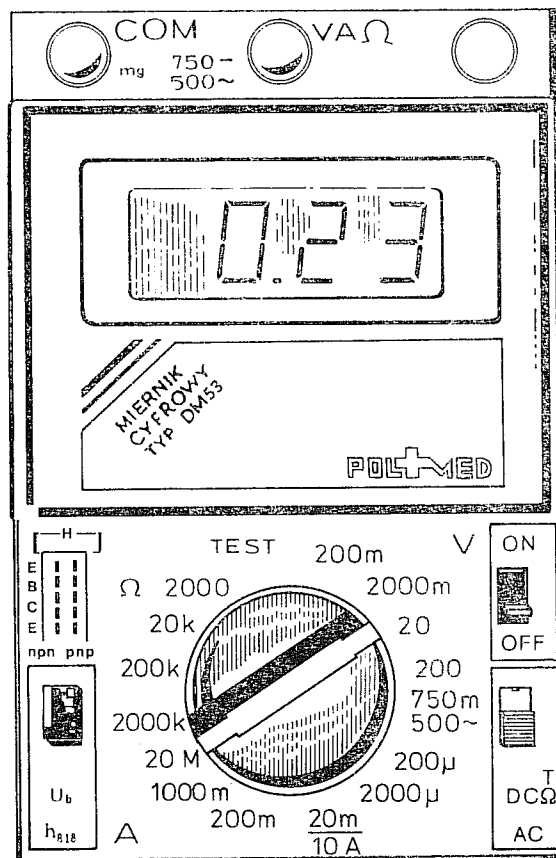
Rys. 1.31. Miernik uniwersalny typu UM46, polskiej produkcji, do pomiaru prądu, napięcia i rezystancji

nie; tłumik powietrzny 4 powoduje spokojne wychyłanie i natychmiastowe zatrzymywanie się wskazówki.

Mierniki elektryczne uniwersalne (rys. 1.31) są tak zbudowane, że jeden taki miernik służy do mierzenia dwóch lub więcej wielkości elektrycznych — zarówno prądu

Rys. 1.32. Miernik uniwersalny o wskazaniach cyfrowych, polskiej produkcji

stałego, jak i przemiennego. Miernik uniwersalny ma zmieniane zakresy pomiarowe, dzięki czemu daje możliwości pomiarów w szerokim zakresie wartości. Jest to przeważnie wielozakresowy przyrząd magnetoelektryczny prostownikowy. Są stosowane różne odmiany mierników uniwersalnych o różnych nazwach handlowych. W pracowniach zegarmistrzowskich można używać mierników uni-



wersalnych polskiej produkcji: UM-5, UM-7T oraz UM-46.

Najnowsze przyrządy pomiarowe to elektroniczne mierniki uniwersalne o wskazaniach cyfrowych. Obecnie ukazały się takie mierniki polskiej produkcji⁵⁾. Na rys. 1.32 przedstawiono uniwersalny miernik cyfrowy typu DM-53, którym można dokonać pomiaru prądu stałego i przemiennego, napięcia stałego i przemiennego, rezystancji oraz testowania diod i tranzystorów. W opracowaniu znajduje się następny typ uniwersalnego miernika cyfrowego z samoczynnym nastawianiem zakresów pomiaru.

1.4.2. Pomiary prądu i napięcia

Prąd mierzy się za pomocą przyrządu pomiarowego, zwanego **amperomierzem**. Amperomierz mierzy prąd płynący przez dany obwód lub odbiornik, dlatego w celu zmierzenia prądu należy go włączyć w obwód szeregowo w sposób podany na rys. 1.33; nie należy go łączyć bezpośrednio z biegunami źródła prądu.

Przy włączaniu amperomierza magneto-elektrycznego do obwodu prądu stałego należy zwrócić uwagę, aby zaciski amperomierza oznaczone + i - zostały przyłączone do odpowiednich biegunów obwodu prądu. Amperomierze elektromagnetyczne nie mają oznaczonej biegunowości, ponieważ kierunek odchylenia ich wskazówki nie zależy od kierunku prądu.

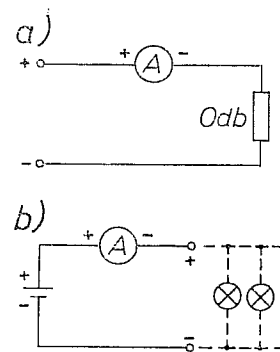
Włączenie amperomierza w obwód prądu nie powinno zmieniać w zasadniczy sposób wartości prądu płynącego w obwodzie, dlatego rezystancja amperomierza powinna być bardzo mała.

Podczas mierzenia prądu może zaistnieć taki przypadek, że w obwodzie znajduje się prąd większy od prądu zakresu amperomierza, do jakiego ten amperomierz jest dostosowany. W takim przypadku można rozszerzyć zakres pomiarowy przez zastosowanie **bocznika**, czyli dodatkowego rezystora R_b (rys. 1.34) o pewnej rezystancji.

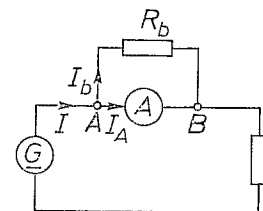
Cewki w amperomierzach są połączone z zasady równolegle (bocznikowo). Lecz w miernikach wielozakresowych w układzie z bocznikiem uniwersalnym cewki są łączone szeregowo, co daje na każdym z zakresów inny spadek napięcia, a w konsekwencji połączenie szeregowo-równoległe na poszczególnych zakresach.

Przeważnie stosujemy amperomierze z zakresem $0 \div 100 \text{ mA}$ i $0 \div 1 \text{ A}$. W większości przypadków zakres ten wystarcza, natomiast do dokładniejszego, pośredniego badania prądu jest pożądanym amperomierz o zakresie $0 \div 10 \text{ mA}$.

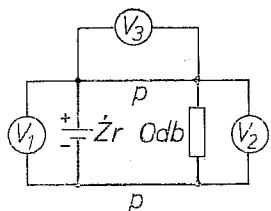
W amperomierzach wielozakresowych boczniki są umieszczone we wnętrzu amperomierza. Amperomierze mogą być zbudowane jako wielozaciskowe lub z przełącznikiem. W amperomierzach wielozaciskowych jeden zacisk służy do przyłączania do obwodu prądu bez względu na zakres pomiaru. Drugą końcówkę ob-



Rys. 1.33. Amperomierz włącza się szeregowo w obwód: a) z odbiornikiem, b) ze źródłem prądu



Rys. 1.34. Rezystor dodatkowy (bocznik) włączony równoległe do amperomierza rozszerza zakres pomiarowy amperomierza



Rys. 1.35. Woltomierz włącza się równoległe do obwodu

wodu przyłącza się do zacisku o odpowiednim zakresie pomiaru. W amperomierzach z przełącznikiem włączanie boczników i zakresu pomiarowego następuje przez obracanie pokrętki i ustawianie wskaźnika na pokrętkę naprzeciw liczby odpowiedniego zakresu pomiarowego.

Należy przestrzegać następującej zasady: przyłączając amperomierz wielozakresowy do obwodu, trzeba ustawić przełącznik na największy zakres pomiarowy. Jeśli odchylenie wskazówki jest zbyt małe, to należy zmniejszyć zakres pomiaru tak, aby ostateczny pomiar uzyskać na około 2/3 podziałki. Amperomierza nastawionego na mały zakres nie należy przyłączać do obwodu o większym prądzie, gdyż może to spowodować jego uszkodzenie na skutek przeciążenia.

Napięcie mierzy się przyrządem pomiarowym, zwanym **woltomierzem**. Woltomierz należy włączać równoległe do obwodu w sposób przedstawiony na rys. 1.35, przyłączając go do punktów obwodu, między którymi chcemy zmierzyć napięcie lub spadek napięcia. Woltomierz V_1 przyłączony do zacisków źródła prądu wykazuje napięcie między zaciskami źródła prądu podczas poboru prądu lub wielkość siły elektromotorycznej, jeśli ze źródła w czasie pomiaru nie pobiera się prądu. Woltomierz V_2 przyłączony do zacisków odbiornika wykazuje napięcie dostarczane do odbiornika. Woltomierz V_3 przyłączony między zaciskiem źródła prądu

i zaciskiem odbiornika wykaże spadek napięcia w przewodzie łączącym odbiornik ze źródłem prądu. Prąd płynący przez woltomierz jest proporcjonalny do napięcia między zaciskami woltomierza. Ponieważ rezystancja woltomierza jest wielkością stałą, więc napięcie U dołączone do zacisków woltomierza jest równe iloczynowi prądu I przez rezystancję R woltomierza

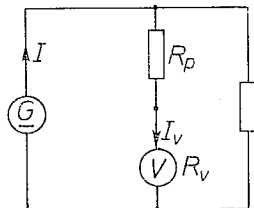
$$U = I \cdot R$$

Woltomierz włączony równoległe do odbiornika lub źródła prądu nie powinien powodować dużych zmian w prądach płynących w obwodzie, dlatego rezystancja jego musi być możliwie duża.

Zakres pomiarowy woltomierza poszerza się przez włączenie szeregowo dodatkowego rezystora R_p (rys. 1.36), zwanego w tym przypadku **posobnikiem**.

Woltomierze wielozakresowe mają rezystory dodatkowe wbudowane do wnętrza przyrządu. Są one dostosowane do odpowiedniego zakresu pomiaru w sposób podobny, jak to jest zastosowane w amperomierzach wielozakresowych.

Urządzenie pomiarowe woltomierza jest zbudowane podobnie do urządzenia pomiarowego amperomierza omówionego wyżej. Dlatego na tej zasadzie zostały zbudowane mierniki uniwersalne (zob. rys. 1.31), które służą do pomiaru prądu i napięcia — są więc jednocześnie amperomierzami i woltomierzami.



Rys. 1.36. Rezystor dodatkowy (posobnik) włączony szeregowo do woltomierza rozszerza zakres pomiarowy woltomierza

1.4.3. Pomiary rezystancji (oporu czynnego)

Znane są powszechnie trzy metody pomiaru rezystancji (oporu czynnego):

- metoda techniczna,
- metoda mostkowa,
- pomiar omomierzem.

Metoda techniczna ma zastosowanie w pomiarach rezystancji jednego do kilku tysięcy omów. Pomiar polega na zmierzeniu amperomierzem prądu stałego przepływającego przez rezystor (opornik) oraz napięcie między zaciskami tego rezystora i na obliczeniu wartości rezystancji wg prawa Ohma

$$R_x = \frac{U}{I}$$

Pomiar tą metodą nie jest dokładny, gdyż nie uwzględnia rezystancji amperomierza i woltomierza, jednak w praktyce jest wystarczający.

Metoda mostkowa daje dokładniejszy pomiar rezystancji, szczególnie w zakresie od 1 Ω do 100 kΩ. Metodę tę zastosował angielski fizyk Wheatstone (czyt. *Lytstoun*), stąd mostki tego typu do pomiarów rezystancji są nazywane mostkami Wheatstone'a.

Mostek do pomiaru rezystancji składa się zasadniczo z czterech rezystorów połączonych w czworobok (rys. 1.37). Między dwoma naprzeciwległymi punktami obwodu CD znajduje się miernik prądu, tzw. **galwanometr G**, tj. amperomierz do po-

miaru bardzo małych prądów. Do następnych punktów obwodu AB jest podłączone źródło prądu zasilające mostek przez wyłącznik W. Rezystancja rezystora R_x jest nieznana. Natomiast wartości rezystancji rezystorów R_1 , R_2 i R_3 muszą być znane i przynajmniej jeden z nich musi być nastawny.

W celu zmierzenia nieznanej rezystancji rezystora R_x należy — po włączeniu prądu wyłącznikiem W — tak pokręcać pokrętką P, aby wskazówka galwanometru G nastawiła się na zerze. Wtedy przez galwanometr prąd nie płynie i mostek znajduje się w stanie równowagi. W tym przypadku ważna jest proporcja:

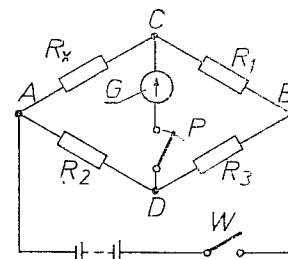
$$R_x : R_1 = R_2 : R_3$$

Stąd wartość nieznanej rezystancji będzie

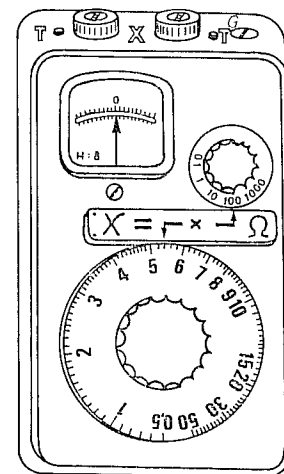
$$R_x = R_1 \frac{R_2}{R_3}$$

Zaletą wszystkich urządzeń mostkowych jest to, że napięcie źródła prądu nie ma wpływu na wynik pomiarów. Mostek jest wtedy najczulszy, gdy wszystkie cztery rezystory mają w przybliżeniu równe rezystancje.

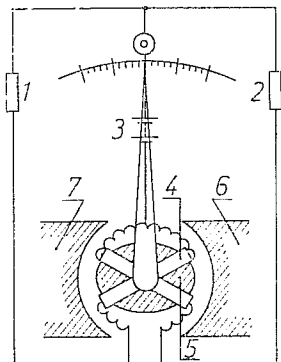
Na powyższej zasadzie są zbudowane przenośne mostki do pomiaru rezystancji. Na rys. 1.38 przedstawiono miernik do pomiarów rezystancji o zakresie od 0,05 do 50 000 omów. Są to jednak przyrządy kosztowne, dlatego nabycie opłaca się raczej wtedy, gdy bardzo często wykonuje się dokładnie pomiary rezystancji, np. w laboratoriach.



Rys. 1.37. Schemat mostka Wheatstone'a do pomiaru rezystancji



Rys. 1.38. Miernik mostkowy do pomiarów rezystancji



Rys. 1.39. Schemat omomierza

1 — rezystor stały, 2 — rezystor mierzony, 3 — bateria, 4 — cewka, 5 — rdzeń żelazny, 6 i 7 — bieguny magnesu trwałego

Pomiar omomierzem stosuje się wtedy, gdy nie zależy nam na dużej dokładności pomiaru. Omomierz może mieć zastosowanie do pomiaru rezystancji od kilku do kilkudziesięciu tysięcy omów. W zegarmistrzostwie omomierz służy do sprawdzania przewodności cewek, kondensatorów, urządzeń gasikowych oraz pomiarów rezystancji przewodów i obwodów.

Zasadę działania omomierza wyjaśnia rys. 1.39. Na cewce 4 i rdzeniu żelaznym 5 znajdują się między biegunami magnesu trwałego 6 i 7, dwa rodzaje zwojów o odwrotnym kierunku przebiegu prądu. Prąd z baterii 3 płynie przez rezystor stały 1 ze znaną rezystancją i przez rezystor 2 z rezystancją nieznaną, a więc i przez obie cewki obracane w odwrotnych kierunkach. Różnica tych sił jest wskazywana wychYLENIEM SIĘ WSKAZÓWKI, OKREŚLAJĄCEJ RZECZYWISTĄ REZYSTANCJĘ.

Podziałka omomierza ma początek nie od strony lewej, jak to jest w amperomierzu i woltomierzu, lecz od strony prawej. Przed rozpoczęciem pomiaru należy zewrzeć końcówki zaciskowe i pokręcając pokrętkiem nastawić wskazówkę omomierza na zero początkowe po stronie prawej. Źródło energii dla omomierza znajduje się wewnątrz przyrządu. Omomierz jest wygodnym miernikiem wskazówkowym, gdyż umożliwia bezpośrednie odczytanie rezystancji w omach bez żadnego obliczania.

Uwaga! Używając omomierza dowolnego

typu, należy uważać, aby badany obwód nie znajdował się pod napięciem, gdyż grozi to uszkodzeniem przyrządu.

1.4.4. Pomiary mocy i energii elektrycznej

Energia dopływająca z zewnątrz obwodu, np. w postaci energii mechanicznej lub chemicznej, wytwarza energię elektryczną w źródle. Prądowi przepływającemu w obwodzie zawsze towarzyszą przemiany energii, np. w ciepłą, mechaniczną, chemiczną, świetlną. Energia elektryczna ukryta w źródle przejawia się dopiero w odbiornikach. Prąd płynący przewodem do odbiornika pokonuje pewien opór, czyli wykonuje pewną pracę. Praca ta jest tym większa, im wyższe jest napięcie i im większy jest prąd oraz im dłuższy jest czas przepływu prądu.

Jednostką energii L (i pracy) jest dżul (J). Jeżeli napięcie U wyrazimy w woltach, prąd I w amperach i czas t w sekundach — to otrzymamy wzór do obliczania energii w dżulach

$$L = U \cdot I \cdot t$$

Innymi jednostkami stosowanymi przy obliczaniu energii elektrycznej są: watogodzina i kilowatogodzina; 1 Wh = 3600 J; 1 kWh = 3 600 000 J.

Wielkość fizyczna, wyrażająca prędkość z jaką zachodzi przemiana energii nazywa się **mocą** P . Jednostką mocy jest wat W.

Pomiaru mocy można dokonać kilkoma sposobami. Najczęściej stosuje się dwie metody:

- pomiar pośredni za pomocą amperomierza i woltomierza,
- pomiar bezpośredni za pomocą watomierza.

Pomiar pośredni mocy za pomocą amperomierza i woltomierza jest stosowany w obwodach prądu stałego i może służyć zarówno do określania mocy dostarczanej przez źródło prądu, jak i mocy zużywanej przez odbiornik. W obwodach prądu stałego moc mierzona w watach wynosi

$$P = U \cdot I$$

Pomiar bezpośredni mocy wykonuje się watomierzem. Moc prądu stałego mierzy się za pomocą watomierzy elektrodynamicznych. Moc czynną prądu sinusoidalnego mierzy się za pomocą watomierzy elektrodynamicznych, ferrodynamicznych lub indukcyjnych.

Dokładność pomiaru mocy watomierzem jest większa niż amperomierzem i woltomierzem tej samej klasy dokładności co watomierz.

Pomiaru energii prądu stałego dokonuje się licznikami magnetoelektrycznymi lub elektrodynamicznymi, natomiast do **pomiaru energii prądu przemiennego** stosuje się liczniki indukcyjne. Cechą charakterystyczną liczników jest obrotowy zespół pomiarowy. Liczba obrotów zespołu ruchomego licznika zależy od napięcia i prądu, i jest proporcjonalna do mierzonej

energii. Pomiar energii polega na zliczaniu obrotów organu ruchomego licznika. Zliczanie obrotów odbywa się za pomocą mechanizmu, zwanego liczydłem. Przez odczytanie stanów liczydła na początku i na końcu okresu pomiarowego oraz przez obliczenie różnicy możemy obliczyć energię pobraną przez obwód w okresie pomiaru. Liczniki mierzą energię pobraną w kilowatogodzinach.

1.5. Urządzenia włączające

1.5.1. Wiadomości wprowadzające

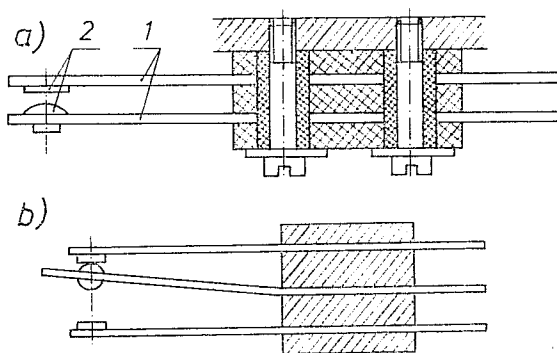
W każdym prawie urządzeniu elektrotechnicznym i elektronicznym mają zastosowanie urządzenia i elementy włączające i wyłączające prąd. Niektóre z tych urządzeń po ręcznym włączeniu prądu wyłączają go automatycznie. Większość jest jednak takich urządzeń, które umożliwiają ręczne włączanie i wyłączanie prądu dowolną ilość razy i w dowolnych odstępach czasu. Urządzenia takie nazywa się ogólnie **wyłącznikami elektrycznymi**.

1.5.2. Układy stykowe

W urządzeniach elektrotechnicznych do zamykania i otwierania obwodu elektrycznego, czyli do włączania i wyłączania prądu

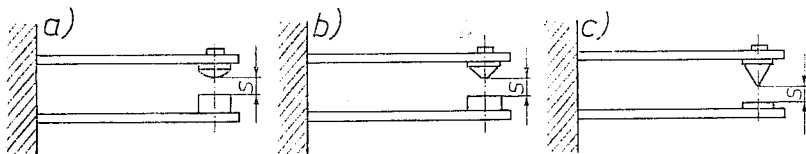
du, służą układy stykowe. Są one więc pewnego rodzaju **wyłącznikami**.

Układ stykowy składa się zwykle ze sprężynek stykowych **1** (rys. 1.40) zamocowanych w oprawie oraz styków **2**, zwanych czasem stycznymi, zamocowanych na końcach tych sprężynek. Włączanie prądu następuje przez **zwarcie styków**. Zwieranie styków, czyli zamykanie obwodu, w celu włączenia prądu odbywa się zwykle za pomocą dodatkowego zespołu połączonego z układem stykowym, stanowiących razem jeden wyłącznik. Ale mogą być także inne sposoby włączania, np. przez **przekładnik**.



Rys. 1.40. Sprężynki stykowe: a) zamocowane wkrętami, b) zalane w tworzywie sztucznym
1 — sprężynka stykowa, 2 — styk

Rys. 1.41. Kształty styków: a) soczewkowy, b) stożkowy niski, c) stożkowy wysoki



Istnieją różne sposoby zamocowania sprężynek w oprawie. Zamocowanie sprężynek z podkładkami z masy izolacyjnej wkrętami (rys. 1.40a) jest praktyczne,

gdyż w razie uszkodzenia można sprężynkę wymienić. Natomiast zaprasowanie lub zalanie sprężynek w tworzywie sztucznym (rys. 1.40b) jest znacznie łatwiejsze w produkcji seryjnej. Gdy sprężynka w takiej oprawie się uszkodzi, wymienia się cały zespół stykowy.

Sprężynki stykowe wykonuje się z brązu fosforowego B7 albo z nowego srebra Ns18. Ich sprężystość uzyskuje się przez silny zgniot podczas walcowania na zimno. Sprężynki z tak przygotowanego materiału i doregulowane przy montażu zachowują stałość nacisku, mają dużą przewodność elektryczną i niełatwo ulegają utlenianiu. (Nowe srebro jest bardziej odporne na utlenianie niż brąz).

Styki wykonuje się ze stopów srebra, złota lub platyny, aby nie ulegały korozji⁶⁾. Od metalicznej czystości powierzchni styków zależy bowiem ich niezawodność działania. Jeden ze styków jest zwykle płaski, a drugi ma kształt soczewkowy, półkolisty lub stożkowy (rys. 1.41). Styki mocuje się na końcu sprężynki przez zgrzanie, zaniutowanie lub zalutowanie. W zależności od zastosowanych materiałów na styki zaleca się następujące dopuszczalne wartości prądu: złoto — do 1,5 A, srebro lub platyna — do 2 A, wolfram — do 10 A. Natomiast dopuszczalne wartości napięcia są: złoto lub stop srebra z kadmem — do 4 V, platyna — do 12 V, srebro lub stop srebra z platyną, albo stop platyny z irydem — od 12 do 30 V, wolfram — od 30 do 60 V, a nawet wyższe.

Czynniki zakłócające prawidłowe działanie styków to iskrzenie i utlenianie się ich powierzchni oraz zanieczyszczenia styków i drgania sprężynek stykowych.

Na skutek iskrzenia następuje wymywanie cząsteczek metalu na stykach pod wpływem działania prądu (elektroerozja²⁾), a tym samym niszczenie styków. Iskrzenie występuje bardziej przy powolnym zwieraniu i rozwieraniu styków, przy czym iskrzenie rozwierania jest silniejsze i dla styków bardziej niebezpieczne. Oprócz niszczenia styków iskrzenie może powodować jeszcze inną wadę. Mianowicie — gdy odległość między stykami jest bardzo mała, wskutek iskrzenia może powstać narośl materiału na styku, co z kolei może spowodować zlepianie się styków, a nawet ich zgrzanie (zwłaszcza gdy będzie przepływał dostatecznie duży prąd).

W celu zabezpieczenia styków przed iskrzeniem stosuje się tzw. **urządzenia gasikowe**, umożliwiające upływ prądu samoindukcji inną drogą, poza stykami.

Innym sposobem zabezpieczenia przed iskrzeniem jest przyspieszenie rozwierania i zwierania styków. Gdy jest to możliwe, jak np. w impulsatorach zegarów pierwotnych, stosuje się konstrukcję przedstawioną na **rys. 1.42**. Styki są w tym przypadku zwierane i rozwierane przez krzywkę zębatą, obracającą się powoli w kierunku zaznaczonym strzałką. Zwieranie styków odbywa się powoli, ale ich rozwieranie następuje szybko — migowo, co zmniejsza niebezpieczne iskrzenie styków

Konstrukcja przedstawiona na **rys. 1.43** zapewnia szybkie zwieranie i rozwieranie styków.

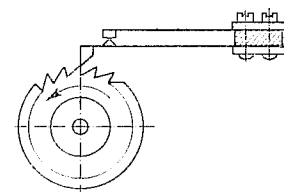
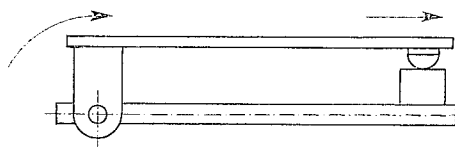
Utlenianie się powierzchni metalu na skutek wpływów chemicznych i elektrochemicznych w wyjątkowych przypadkach mogłoby doprowadzić do utworzenia powłoki izolującej między stykami. Dlatego styki wykonuje się ze stopów metali szlachetnych, które nie ulegają korozji. Wprawdzie stopy srebra pokrywają się tlenkiem, ale tlenek srebra jest dobrym przewodnikiem prądu, więc nie tworzy powłoki izolującej.

Najczęstszą przyczyną zakłócającą działanie styków jest **zanieczyszczenie** ich powierzchni, zwłaszcza w połączeniu ze smarami, wskutek czego powstaje warstwa izolująca między stykami. Gdy styki pracują w trudnych warunkach i są narażone

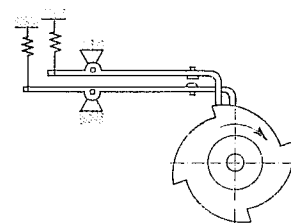


na zanieczyszczenie, stosuje się sprężynkę z podwójnymi stykami (**rys. 1.44**), co zwiększa wydatnie niezawodność działania.

Inny sposób zapewnienia niezawodności działania polega na zastosowaniu styków samooczyszczających się (**rys. 1.45**). Konstrukcja takich styków polega na tym, że



Rys. 1.42. Urządzenie rozwierające styki migowo



Rys. 1.43. Urządzenie zwierające i rozwierające styki migowo

Rys. 1.44. Sprężynka z podwójnymi stykami

Rys. 1.45. Konstrukcja styków samooczyszczających się

punkt obrotu sprężynki stykowej znajduje się poza jej płaszczyzną. Wtedy powierzchnie styków w czasie rozwierania i zwierania nieco się przesuwają względem siebie, powodując samoczyszczanie ich powierzchni.

Drgania sprężynek stykowych są bardzo szkodliwe, gdyż przedłużają czas zwierania styków, uniemożliwiają dostarczenie całkowitej ilości prądu pod pełnym napięciem potrzebnego do uruchomienia odbiornika oraz powodują iskrzenie w chwilach przerw lub nawet powstawanie łuku elektrycznego. Gdy drganie trwa długo, może spowodować kilkakrotne zadziałanie odbiornika.

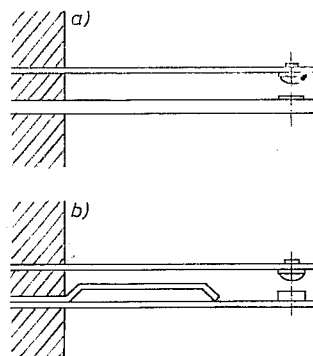
W celu zabezpieczenia przed drganiami stosuje się usztywnienie spoczynkowej sprężynki stykowej. Można to uzyskać dwoma sposobami: albo sprężynkę spoczynkową wykonać znacznie grubszą od sprężynki ruchomej (rys. 1.46a), albo usztywnić sprężynkę spoczynkową dodatkową sprężynką wzmacniającą (rys. 1.46b). Stosuje się też czasem styki ślizgowe (zamiast

sprężynkowych), których zwarcie następuje przez obrót wałka stykowego. Jednak styki ślizgowe mają większe tarcie i wymagają więcej energii do wprowadzenia ich w ruch.

1.5.3. Wyłączniki

Wyłącznik elektrotechniczny jest przyrządem mechaniczno-elektrycznym przeznaczonym do włączania i wyłączania prądu, czyli do zamykania i otwierania obwodu elektrycznego. Rozróżnia się wyłączniki stykowe i rtęciowe. Sposób zwierania styków może być różny. Z tego względu rozróżnia się wyłączniki klawiszowe, hebelkowe (dźwigniowe), obrotowe.

Ostatnio najbardziej rozpowszechniły się **wyłączniki klawiszowe** typu Isostat. Każdy z segmentów takiego wyłącznika ma dwie, cztery lub sześć sekcji trójkońcówkowych, w których końcówka środkowa jest zwierana, w zależności od położenia klawisza, z końcówką przednią lub tylną. Wyłącznik taki może być jednosegmentowy (jednoklawiszowy) lub wielosegmentowy. Wyłącznik jednosegmentowy może mieć dwie trwałe pozycje (wyłącznik) lub jedną (przycisk chwilowy). Wyłączniki wielosegmentowe mogą mieć konstrukcję zapewniającą współzależność klawiszy (wciśnięcie jednego zwalnia pozostałe) lub ich niezależność (każdy klawisz może być włączany i wyłączany niezależnie od pozostałych). Wyłączniki klawiszowe-



Rys. 1.46. Usztywnienie spoczynkowej sprężynki stykowej: a) zwiększeniem jej grubości, b) dodatkową sprężynką wzmacniającą

we Isostat można łatwo przemontowywać, uzyskując potrzebne kombinacje. Przede wszystkim wyłączniki te są stosowane w różnych miernikach, aparatach i urządzeniach elektrotechnicznych. Natomiast w instalacjach elektrycznych stosuje się wyłączniki klawiszowe zwykle, w których naciśnięcie wystającej, zwykle górnej, części klawisza włącza prąd, a naciśnięcie dolnej części, wystającej wtedy z obudowy, powoduje wyłączenie prądu.

Wyłącznik hebelkowy (dźwigniowy) ma mniejsze wymiary niż klawiszowy, ale nie można nim uzyskać tylu kombinacji co klawiszowym. Mniejsza jest również jego niezawodność działania, coraz rzadziej bywa stosowany.

Wyłącznik obrotowy, dawniej powszechnie stosowany, ma tę zaletę, że wybieranie pozycji włączenia odbywa się po kolei. Nie można więc nim połączyć jednocześnie kilku obwodów, co czasem jest potrzebne. Wyłączniki obrotowe zostały już prawie całkowicie wycofane z instalacji elektrycznych, gdyż łatwo ulegały uszkodzeniu oraz powodowały głośne trzaski przy włączaniu lub wyłączaniu prądu.

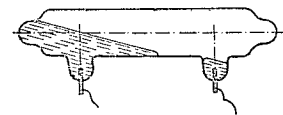
Wyłącznik rtęciowy (rys. 1.47) działa na zasadzie przepływu rtęci umieszczonej w przechyłanej ampułce. W dwóch zagłębieniach ampułki są wtopione końcówki metalowe, do których podłącza się przewody. Przechylenie ampułki do poziomu powoduje zamknięcie obwodu elektrycznego. Wyłączniki rtęciowe są stosowane w zegarach stacjonarnych.

1.5.4. Mikrowyłączniki

W przyrządach i urządzeniach elektronicznych mają zastosowanie wyłączniki służące do włączania i wyłączania napięć zasilających. Są one podobne w działaniu do wyłączników hebelkowych lub obrotowych, różnią się jednak szczegółami konstrukcyjnymi, a ponieważ mają bardzo małe wymiary, więc nazywa się je **mikrowyłącznikami**. Niektóre z nich służą do przełączania przebiegu sygnałów między obwodami układów, dlatego zostały nazwane **mikroprzełącznikami**.

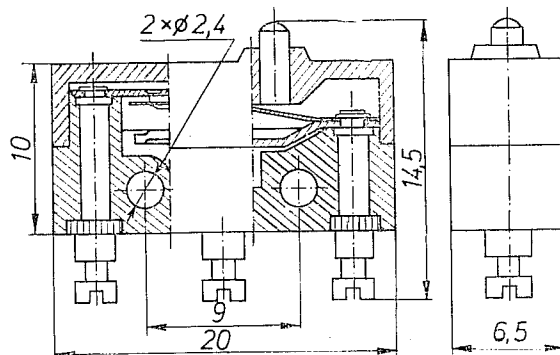
Mikroprzełączniki składają się z zespołu styków stałych oraz ruchomych zwieraczy. Konstrukcja styków mikroprzełącznika i ich rozmieszczenie oraz dobór materiałów na ich wykonanie zależą głównie od wartości przepływającego przez zwarte styki prądu oraz wartości napięcia między stykami rozwartymi.

Styki ruchome mikroprzełączników są zawieszane sprężysto na izolacyjnym popychaczu, poruszającym się w otworach prowadzących korpusu. W stanie spoczynkowym elementu napędowego jeden tor jest w stanie otwartym, a jeden — w stanie zamkniętym. Podczas przesuwu elementu napędowego następuje zmiana położenia styku ruchomego. Po uwolnieniu nacisku element napędowy wraca do położenia wyjściowego. Korpusy mikroprzełączników są wykonane z tworzywa izolacyjnego. Mają budowę zamkniętą, co zabezpiecza przed dotknięciem przewodów będą-

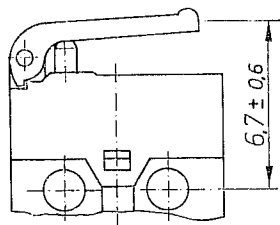


Rys. 1.47. Wyłącznik rtęciowy

Rys. 1.48. Mikroprzełącznik



cych pod napięciem. Od zewnątrz są dostępne jedynie zaciski lub końcówki do przylutowania przewodów zewnętrznych. Mikroprzełączniki mogą być montowane i napędzane w układzie szeregowym, równoległe z dodatkowymi mechanizmami napędowymi o napędzie ręcznym. Mikroprzełączniki są zwykle przeznaczone do częstego i szybkiego przełączania obwodów elektrycznych prądu stałego i przemiennego, niskiej i wysokiej częstotliwości. Na rys. 1.48 przedstawiono mikroprzełącznik służący do włączania obwodów osiągających graniczne wartości parametrów takich wielkości, jak temperatura, ciśnienie i in. Wymiary podane na rysunku świadczą o miniaturowej jego wielkości. Można go obciążyć prądem 0,2 A przy 24 V i 50 Hz. Istnieją także mikroprzełączniki z dźwignią przełączającą (rys. 1.49) o długości 8,2 mm, szerokości 2,7 mm, wysokości 10,5 mm i masie około 3 g. Mają zastosowanie do słabych prądów, maks. 0,5 A, w urządzeniach elektrycznych, przede wszystkim w obwodach sterowni-



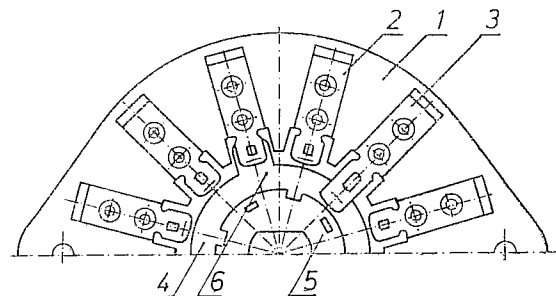
Rys. 1.49. Mikroprzełącznik z dźwignią

Rys. 1.50. Konstrukcja płytki przełącznika ze stykami

1 — płytka ze stykami, 2 — styk krótki, 3 — styk długi, 4 — zwieracz, 5 — płytka zwieracza, 6 — występ zwieracza

czych, sygnalizacyjnych oraz w układach automatyki prądu stałego i przemiennego.

Do jednoczesnego przełączania kilku obwodów elektrycznych służą mikroprzełączniki obrotowe wielopozycyjne. Przełącznik wielopozycyjowy składa się z płytki ze stykami stałymi oraz zwieracza ze stykami ruchomymi, połączonego sztywno z mechanizmem obrotowym ustalacza położenia. Konstrukcję płytki mikroprzełącznika ze stykami przedstawiono na rys. 1.50. Kształt zwieracza zależy od rodzaju obwodu, który może mieć jeden lub kilka występów albo wycięć. Występ zwiera styki krótkie mikroprzełącznika, a wycięcie je rozwiera. Szerokości występów i wycięć są tak dobrane, aby następne styki były zwierane przed rozwarciem poprzednich lub po ich rozwarciu. Konstrukcja ustalacza położenia zależy od liczby płytek mikroprzełącznika oraz od wymaganej dokładności ustawienia jego styków po przełączeniu. W mikroprzełącznikach składających się z małej liczby płytek (1 ÷ 4) mogą być ustalacze kulkowe



i sprężynowe płaskie. Gdy mikroprzełącznik składa się z większej liczby płytek, stosuje się ustalacze zapadkowe w celu zapewnienia dokładnego ustawienia styków.

Istnieją także wielopołożeniowe mikroprzełączniki drukowane, mające płytki z laminatu. Na płytkach tych styki są wykonane metodą stosowaną w obwodach drukowanych. W porównaniu z mikroprzełącznikami obrotowymi wielopołożeniowymi mikroprzełączniki drukowane odznaczają się wieloma zaletami, a mianowicie — mniejszymi wymiarami, większą trwałością oraz łatwiejszym montażem.

Mikrowyłączniki mają także zastosowanie w przemyśle zegarowym, w automatycznych urządzeniach produkcyjnych oraz w automatycznych urządzeniach zegarmistrzowskich, np. w czyszczarkach.

1.6. Urządzenia gasikowe i bezpieczniki

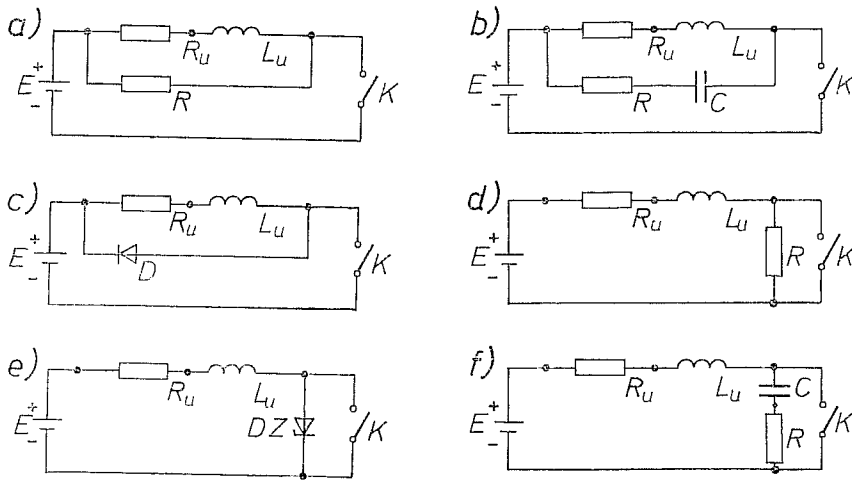
1.6.1. Urządzenia gasikowe

W elektrycznych urządzeniach zegarowych mają zastosowanie różnego rodzaju układy stykowe, od których wymaga się wysokiej wydajności i sprawności, dlatego powinny one odznaczać się beziskrową pracą styków. Przyczyną iskrzenia styków są głównie prądy samoindukcyjne

cewek, które powstają zwłaszcza podczas rozwierania styków i wytwarzają łuk elektryczny.

Samoindukcja jest zjawiskiem, które polega na tworzeniu się SEM w kierunku przeciwnym do płynącego prądu w obwodzie. W przypadku rezonansu elektrycznego może to być prąd przemienny o wysokiej częstotliwości. W obwodach sterujących mocnymi elektromagnesami, nawet przy małych napięciach roboczych, wynoszących kilka woltów, mogą powstawać w chwili przerywania obwodu siły elektromagnetyczne wartości około tysiąca woltów (choć o bardzo małym natężeniu) i wywoływać powstawanie łuku między stykami, a w pewnych przypadkach nawet przebicie izolacji międzyzwojowej w cewce elektromagnesu. Zjawisko to jest najgroźniejsze przy prądzie stałym, ale też najłatwiejsze do opanowania.

W celu zabezpieczenia styków przed iskrzeniem, albo przynajmniej słumieniem tego iskrzenia, stosuje się **urządzenia gasikowe**, zwane krótko **gasikami**, którymi są różnego rodzaju elementy, jak rezystory, kondensatory, dławiki, diody — włączone odpowiednio w obwód styków. Sposoby włączania w obwód tych elementów w częściej stosowanych urządzeniach gasikowych przedstawiono na **rys. 1.51**. Dodatkowo **rezystory** można podłączyć do obwodu styków. Wolne od indukcji są rezystory drutowe bez rdzenia żelaznego, których uzwojenie składa się z podwójnie złożonego drutu izolowanego i nawinięte-

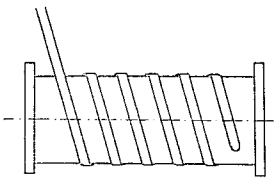


Rys. 1.51. Częściej stosowane urządzenia gasikowe: a) szeregowe włączenie w obwód rezystora R , b) szeregowe włączenie w obwód rezystora R_u i kondensatora C , c) zastosowanie diody D , d) równoległe włączenie w obwód rezystora R , e) równoległe włączenie w obwód diody Zenera DZ , f) równoległe włączenie w obwód rezystora R i kondensatora C

go w dość dużych odstępach od siebie (rys. 1.52). Znane są także rezystory sylitowe mające kształt płytek niedużych wymiarów — są one odporne na korozję.

Kondensatory o większych wymiarach również tłumią iskrzenie, gdyż umożliwiają akumulowanie nadmiernej ilości prądu. Specjalne kondensatory gasikowe przepuszczają tylko prąd przemienny, a zatrzymują prąd stały. Są zwykle stosowane w połączeniu z rezystorem.

Dławiki natomiast przepuszczają tylko prąd stały oraz przemienny o małej częstotliwości, a zatrzymują przemienny o dużej częstotliwości. Dławik jest to cewka indukcyjna z rdzeniem lub bez o stałej małej impedancji^{b)} dla prądów o zadanej częstotliwości, a dużej impedancji dla prądów o częstotliwościach większych od zadanej. Dławiki są stosowane w filtrach zasilaczy, filtrach przeciwzakłóceń, w



Rys. 1.52. Rezystor bezindukcyjny

w obwodach wysokiej częstotliwości — i dlatego mają różne nazwy, w zależności od przeznaczenia i od konstrukcji. W filtrach przeciwzakłóceń mogą być stosowane kombinacje dławików i kondensatorów łącznie, które w tych przypadkach są skuteczniejsze.

W elektrycznych urządzeniach zegarowych najpewniejszym gasikiem jest **dioda półprzewodnikowa**, którą można także łączyć z rezystorem. Najczęściej mają zastosowanie zwykle diody lub diody Zenera (patrz rys. 1.51).

1.6.2. Bezpieczniki

Często spotykaną awarią urządzeń elektrycznych w zegarach jest **zwarcie**, które może także wystąpić w urządzeniach gasikowych z diodami. Przyczyną zwarcia jest przepływ nadmiernego prądu, wielokrotnie przekraczającego jego wartość znamionową (dopuszczalną). Wskutek zmniejszenia się rezystancji w tym obwodzie następuje natychmiastowe rozgrzanie się przewodów w miejscu styku, aż do stopienia przewodów i utworzenia łuku elektrycznego. Zwarcie powstaje zwykle przez przypadkowe, nie przewidziane, połączenie dwóch przewodów np. w odbiorniku albo między odbiornikiem a ziemią, co jest niebezpieczne dla życia.

Szkody powstałe na skutek zwarcia zależą od natężenia przepływającego prądu i jego napięcia. Na skutek zwarcia może na-

stąpić zniszczenie źródła prądu (akumulatora, baterii), uszkodzenie odbiornika (zniszczenie cewek), przepalenie przewodów, połączone czasem z pożarem.

Głównym zabezpieczeniem przed zwarciem jest przestrzeganie ogólnych przepisów oraz zachowanie zasad bhp, o czym piszemy w jednym z następných rozdziałów.

Mimo poprawnie założonej instalacji może nastąpić zwarcie i uszkodzenie przewodów na skutek nadmiernego poboru prądu. Aby zabezpieczyć urządzenie elektryczne przed wspomnianymi awariami, stosuje się bezpieczniki. **Bezpiecznik elektryczny** to urządzenie zabezpieczające przed **przetężeniem**, tj. przed prądem większym od prądu o znamionowym natężeniu. Głównym elementem bezpiecznika jest czujnik przetężeniowy.

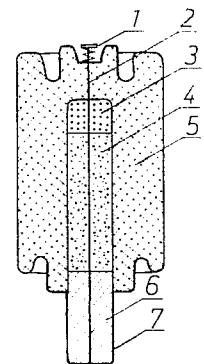
W **bezpieczniku topikowym** czujnikiem jest drut topikowy **2** (rys. 1.53), który ulega stopieniu po przekroczeniu nominalnego natężenia prądu, dla którego bezpiecznik jest przeznaczony. Drut topikowy **2** jest umieszczony w ceramicznej wkładce bezpiecznika ze względu na niebezpieczeństwo powstania ognia podczas nagłego stopienia się drutu. Na czole bezpiecznika topikowego znajduje się płytką orientacyjną **1**, przymocowana do końca drutu. Gdy wskutek zwarcia drut zostanie przepalony, wtedy płytką odpada, co daje orientację, że bezpiecznik jest uszkodzony. Wkładkę z przepalonym drutem topikowym trzeba wymienić na nową. Nie należy

jej naprawiać przez wstawianie nowego drutu. Przed założeniem nowego bezpiecznika trzeba wyszukać i usunąć przyczynę zwarcia.

Istnieją także **bezpieczniki automatyczne**, w których czujnikiem przetężeniowym jest pasek bimetalowy. Wskutek zwarcia w obwodzie lub przetężenia zbyt dużym prądem nagrany bimetal odchyła się i wyzwalaając sprężynę, rozwiera styki bezpiecznika, a tym samym wyłącza prąd w obwodzie. W czasie wyłączania prądu przycisk **1** (rys. 1.54) wysuwa się jeszcze bardziej. Po usunięciu przyczyny zwarcia lub przetężenia wystarczy nacisnąć przycisk **1**, wskutek czego następuje włączenie prądu, gdyż bezpiecznik nie został uszkodzony. Przycisk **2** służy do wyłączania prądu z obwodu.

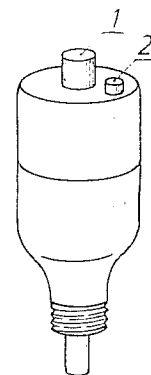
Bezpiecznik automatyczny innego typu jest wyposażony w elektromagnetyczny czujnik przetężeniowy. Gdy przez bezpiecznik popłynie prąd większy od znamionowego, zwora elektromagnesu zostaje przyciągnięta, wyzwalaając sprężynę, która powoduje rozwarcie styków bezpiecznika, a tym samym wyłączenie prądu z obwodu.

Bezpieczniki automatyczne w porównaniu z bezpiecznikami topikowymi są trwalsze i wygodniejsze w użyciu. Ponadto umożliwiają bezpieczne i bardzo łatwe wyłączenie całej instalacji domowej spod napięcia przez naciśnięcie przycisku. Ma to istotne znaczenie nie tylko podczas różnego rodzaju napraw instalacji, jak wymiany gnia-



Rys. 1.53. Przekrój wkładki bezpiecznika topikowego

1 — płytką orientacyjną, 2 — drut topikowy, 3 — azbest, 4 — piasek, 5 — porcelana, 6 — cement, 7 — kapturek stykowy

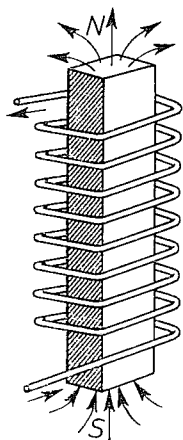


Rys. 1.54. Bezpiecznik automatyczny z wyłącznikiem

1 — przycisk włączający; 2 — przycisk wyłączający

Rys. 1.55. Kierunek pola magnetycznego w czasie przepływu prądu przez cewkę

zdek wtykowych czy przełączników, lecz także podczas wychodzenia z mieszkania na czas dłuższy, aby mieć pewność, że żadne urządzenie elektryczne nie będzie pod prądem w czasie naszej nieobecności. Oprócz wspomnianych dużych bezpieczników instalacyjnych istnieją także małe bezpieczniki do urządzeń elektronicznych, stosowane również w centralach zegarowych zaopatrzonych w kwarcowe zegary pierwotne. Bezpieczniki takie są zwykle połączone z diodą świecącą, której światło oznacza, że bezpiecznik jest dobry. Gdy dioda zgaśnie, oznacza to, że bezpiecznik został przepalony, więc trzeba go wymienić na nowy. Przy wymianie takiego bezpiecznika należy uważać, aby nowy był przeznaczony na taką samą wartość znamionową natężenia prądu, jak poprzedni.

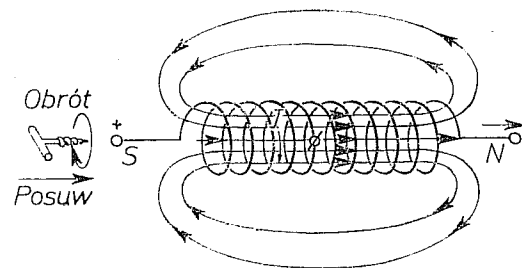


Rys. 1.56. Elektromagnes z zaznaczonym kierunkiem pola magnetycznego

1.7. Elektromagnesy i przekładniki

1.7.1. Pole magnetyczne

Wokół magnesu trwałego tworzy się **pole magnetyczne**, podobnie jak wokół ciała naelektryzowanego tworzy się pole elektryczne. Zjawiska elektryczne i magnetyczne są ściśle ze sobą związane. Polem magnetycznym nazywamy obszar przestrzeni, w którym istnieje stan magnetycz-



ny (magnetyzm), mogący przejawić się w postaci działających sił. Działanie pola magnetycznego objawia się np. przez przyciąganie różnoimiennych biegunów magnetycznych albo przez odpychanie biegunów jednoimiennych.

Pole magnetyczne powstaje również wokół przewodów, przez które przepływa prąd elektryczny. W celu uzyskania większego strumienia magnetycznego można przewód zwinąć na kształt cewki, zwanej **solenoidem** (rys. 1.55). Kierunek linii sił pola magnetycznego określamy za pomocą korkociągu (śruby prawozwójnej). Jeśli korkociąg ustawimy tak, aby ruch obrotowy korkociągu był zgodny z kierunkiem prądu I w zwojach, to posuw wywołany ruchem obrotowym wskazuje nam kierunek strumienia Φ indukcji magnetycznej. Strumień indukcji magnetycznej można zwiększyć wielokrotnie przez wstawienie do cewki rdzenia stalowego. W ten sposób powstaje **elektromagnes** (rys. 1.56). Elektromagnes jest tym silniejszy, im większe jest natężenie przepływającego prądu i im więcej zwojów ma cewka. Najsilniejsze pole magnetyczne jest wewnątrz

cewki, a stopniowo zanika w miarę oddalania się od niej.

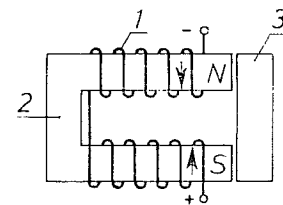
Elektromagnes składa się z jednej lub dwóch cewek *1* (rys. 1.57), rdzenia stalowego *2*, często mającego kształt podkowy, i ze stalowej zwory *3* zamykającej obwód magnetyczny. Gdy rdzeń jest wykonany ze stali o małej zawartości węgla (np. żelazo Armco) i nie jest magnesem trwałym, elektromagnes nazywa się obojętnym. Natomiast gdy rdzeń jest wykonany z materiału magnetycznie twardego i jest magnesem trwałym, elektromagnes nazywa się spolaryzowanym.

Elektromagnesy mają szerokie zastosowanie w różnych urządzeniach elektrycznych, a także w technice zegarowej. Stosuje się je zwłaszcza w tych przypadkach, gdy do napędu mechanizmu mają być wykorzystane chwilowe impulsy prądowe. Impulsy te są przez elektromagnes przetwarzane na impulsy mechaniczne w postaci chwilowo działającego momentu lub siły. W urządzeniach zegarowych stosuje się głównie elektromagnesy prądu stałego — zarówno elektromagnesy obojętne, jak i spolaryzowane, które wykazują większą sprawność przy takim samym poborze mocy.

1.7.2. Elektromagnesy obojętne

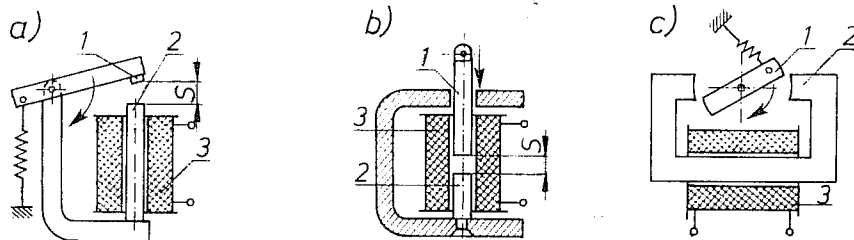
Rozróżnia się elektromagnesy obojętne ze zworą wahliwą (rys. 1.58a), ze zworą nur-nikową (rys. 1.58b) i ze zworą obrotową

(rys. 1.58c). Siła przyciągania elektromagnesu znacznie wzrasta, gdy zmniejsza się odległość *s* między zworą *1* a biegunem *2*. Elektromagnes ze zworą wahliwą (rys. 1.58a) jest dość często stosowany ze względu na prostą konstrukcję i możliwość dostosowania go do różnych urządzeń elektrotechnicznych i zegarowych. Jednak jego **działanie** nie jest w pełni zadowolające ze względu na zbyt głośne, a nawet szkodliwe uderzenia zwory. Dzieje się tak dlatego, że w miarę zmniejszania się szczeliny *s* następuje szybki wzrost siły przyciągania zwory. W pierwszej chwili zadziałania elektromagnes ma bardzo małą siłę; aby więc mógł uruchomić, np. mechanizm zegarowy, musi mieć odpowiednio większe wymiary i duży pobór mocy, gdyż w większości mechanizmów największe opory ruchu pojawiają się w chwili ruszania mechanizmu ze spoczynku. Natomiast podczas ruchu zwory siła coraz bardziej wzrasta, dlatego końcowe uderzenia są bardzo głośne. Aby stłumić te uderzenia, stosuje się różne sposoby amortyzacji, np. sprężynujące podkładki z tworzywa sztucznego.



Rys. 1.57. Elektromagnes
1 — uzwojenie cewek, 2 — rdzeń stalowy, 3 — zwora stalowa

Rys. 1.58. Elektromagnesy obojętne: a) ze zworą wahliwą, b) ze zworą nur-nikową, c) ze zworą obrotową
1 — zwora, 2 — biegun elektromagnesu, 3 — cewka



Elektromagnes ze zworą nurnikową (rys. 1.58b) ma duży skok nurnika (zwory), co czasem jest pożądane. Podczas pracy zachowuje się podobnie, jak elektromagnes ze zworą wahliwą, jednak przyrost siły nie jest w nim tak szybki. Pole magnetyczne elektromagnesu ze zworą nurnikową jest niesymetryczne, co powoduje przyciskanie nurnika do boku przewodnicy i znaczne straty siły wskutek tarcia.

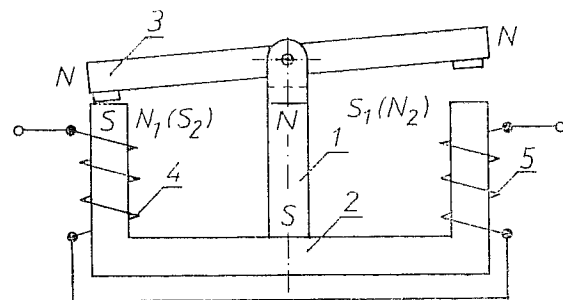
Elektromagnes ze zworą obrotową (rys. 1.58c) jest najkorzystniejszy w działaniu, gdyż prawie całkowita jego energia może być wykorzystana, np. do naciągania sprężyny napędowej zegara, gdyż nie ma w tym przypadku strat energii na uderzenia, ani głośnych stuków. Bieguny elektromagnesu i zwory można tak ukształtować, że uzyskuje się **szczelinę klinową**, dzięki czemu polepsza się charakterystykę elektromagnesu. Zaletą elektromagnesu ze zworą obrotową jest także to, że nie istnieje w nim możliwość przyklejania się zwory do biegunów, co zdarza się w elektromagnesach ze zworą wahliwą i nurnikową. Elektromagnesy ze zworą obrotową stosuje się wtedy, gdy wymaga się znacznego ruchu zwory i dużej sprawności.

Mimo bardziej skomplikowanej konstrukcji niż elektromagnesy ze zworą wahliwą i nurnikową — elektromagnesy ze zworą obrotową mają zastosowanie w urządzeniach naciagowych zegarów z regulatorem wahadłowym i napędem obciążnikowym.

1.7.3. Elektromagnesy spolaryzowane

W obwodzie magnetycznym **elektromagnesu spolaryzowanego** jest umieszczony magnes trwały. Zadziałanie zwory z jednym z końców rdzenia zależy od wypadkowego strumienia magnetycznego wynikającego z sumowania się strumienia od magnesu trwałego i strumienia wytwarzanego przez prąd płynący przez uzwojenie.

Działanie najprostszego elektromagnesu spolaryzowanego wyjaśniamy, posługując się jego schematem przedstawionym na **rys. 1.59**. W obwód magnetyczny elektromagnesu jest wbudowany magnes trwały 1 o biegunach *S*, *N*. Końce zwory 3, wykonanej z miękkiej stali, mają wtedy bieguny *N*, a końce rdzenia 2, również wykonane z miękkiej stali, mają bieguny *S*. Ponieważ



zwora 3 ma w tej sytuacji równowagę chwiejną, jeden z jej końców zostaje przyciągnięty przez koniec rdzenia i jest utrzymywany w tym położeniu przez strumień

Rys. 1.59. Elektromagnes spolaryzowany

1 — magnes trwały, 2 — rdzeń elektromagnesu, 3 — zwora, 4 — cewki elektromagnesu

magnetyczny magnesu trwałego l . Gdy popłynie prąd stały przez cewki 4 i 5, osadzone na końcach rdzenia, strumień magnetyczny wytwarzany przez cewki sumuje się ze strumieniem wytwarzanym przez magnes trwały. Cewki są połączone szeregowo, a kierunek ich uzwojenia jest taki, że na końcach rdzenia są wytwarzane różne bieguny: N_1 i S_1 lub S_2 i N_2 .

Załóżmy, że przed przepływem prądu przez cewki zwora jest przyciągnięta przez lewy koniec rdzenia, jak na rys. 1.59. Jeśli z kolei przez cewki popłynie prąd o takim kierunku, że na lewym końcu rdzenia wytworzy się biegun N , którego strumień magnetyczny będzie silniejszy niż strumień od bieguna S magnesu trwałego, a na prawym końcu rdzenia wytworzy się biegun S_1 , który będzie sumował się z biegunem S od magnesu trwałego, wówczas lewy koniec zwory, który ma znak N , zostanie odepchnięty przez lewy biegun rdzenia, a jej prawy koniec, który również ma znak N , zostanie przyciągnięty przez prawy biegun rdzenia o znaku S . Zwora obróci się i przywrze do prawego bieguna rdzenia. Gdy prąd przestanie płynąć przez cewki, zwora pozostanie w tym samym położeniu na skutek działania strumienia magnesu trwałego l .

Aby zwora mogła się obrócić i przyjąć poprzednie położenie, potrzebny jest przepływ prądu przez cewki w kierunku przeciwnym. Wtedy na końcach rdzenia powstaną bieguny S_2 i N_2 , które spowodują obrót zwory w lewo. Natomiast powtórny

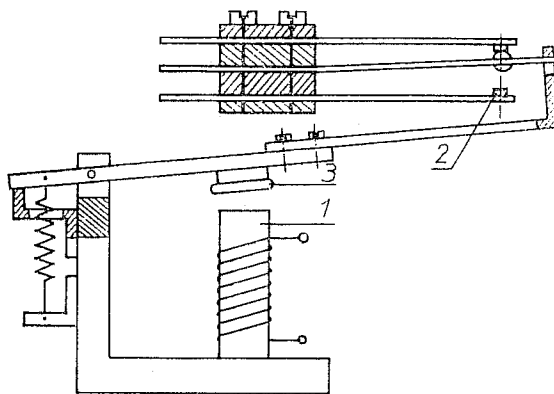
impuls prądu o tym samym kierunku nie spowoduje zadziałań elektromagnesu. Elektromagnes spolaryzowany ma bardzo korzystną charakterystykę. Siła (lub moment) na początku pracy może być większa niż podczas dalszego ruchu zwory. Dzięki temu wykorzystanie energii elektromagnesu jest dobre, a prąd wzbudzenia może być znacznie mniejszy niż elektromagnesu obojętnego zastosowanego do tego samego celu. Jednak konstrukcja elektromagnesu spolaryzowanego jest bardziej złożona i dlatego jest on droższy. Zajmuje też więcej miejsca niż obojętny i wymaga bardziej skomplikowanego urządzenia do nadawania impulsów. Mimo wszystko jest często stosowany do napędu zegarów wtórnych w sieciach czasu ze względu na niezawodność działania, jakiej od tych zegarów się wymaga.

1.7.4. Przekazniki

Urządzenie elektryczne, które wzbudzone słabym prądem jednego obwodu uruchamia drugi o znacznie większej mocy, nazywamy **przekaznikiem**. Ze względu na sposób działania rozróżniamy przekazniki stykowe i bezstykowe. W przekaznikach bezstykowych funkcję przekaznika spełnia **tranzystor**.

W technice zegarowej stosuje się przekazniki stykowe prądu stałego. Przekazniki mogą być obojętne lub spolaryzowane. Przekaznik stykowy składa się z elektro-

magnesu 1 (rys. 1.60) oraz sterowanego nim przełączalnego układu stykowego 2. Zwora przekaźnika powinna poruszać się bez zacięć, a wkładka przeciwmagnesowa 3 — być płaska, bez występów i dokładnie przylegać do zwory. Sprężyna odciągająca zworę nie powinna się ocierać o



Rys. 1.60. Przekaźnik stykowy z elektromagnesem obojętnym
1 — biegun elektromagnesu, 2 — układ stykowy, 3 — wkładka przeciwmagnesowa

jakiegokolwiek inne części przekaźnika. Styki powinny być tak wyregulowane, aby w stanie rozwartym zapewniały dostateczną przerwę, natomiast w czasie zwierania powinny zamykać obwód jeszcze przed zakończeniem ruchu zwory w celu zapewnienia dobrego docisku przy zwieraniu. Jeżeli przekaźnik jest zaopatrzony w śrubę regulującą położenie zwory w stanie spoczynku, to powinna ona być umocowana pewnie, aby odległość między rdzeniem a zworą nie ulegała zmianie. Przekaźniki spolaryzowane stosuje się w sieciach z dwukierunkowymi impulsami prądu.

1.8. Silniki elektryczne

1.8.1. Wiadomości podstawowe o maszynach elektrycznych

Rozróżniamy zasadniczo 3 rodzaje maszyn elektrycznych:

- prądnice — służące do przetwarzania energii mechanicznej w elektryczną,
- silniki — służące do przetwarzania energii elektrycznej w mechaniczną,
- przetwornice — służące do przetwarzania energii prądu przemiennego na energię elektryczną prądu stałego lub odwrotnie.

Maszyna elektryczna składa się z dwóch zasadniczych zespołów: nieruchomego **stojana** i obracającego się **wirnika**. Istnieją maszyny prądu stałego i maszyny prądu przemiennego. Maszyny prądu stałego odznaczają się odwracalnością, tzn. że napędzane mechanicznie wytwarzają energię elektryczną — wtedy są prądnicami; natomiast zasilane elektrycznie stają się silnikami, gdyż ich wirnik wykonuje ruch obrotowy, dostarczając energii mechanicznej. Maszyna zbudowana jako prądnica, a użyta jako silnik, obracać się będzie z prędkością około 15% mniejszą od znamionowej prędkości obrotowej prądnicy. Moc silnika jest mocą mechaniczną na wale silnika, wyrażoną w kilowatach (kW).

Istnieją w użyciu silniki elektryczne przeznaczone do zasilania prądem stałym oraz

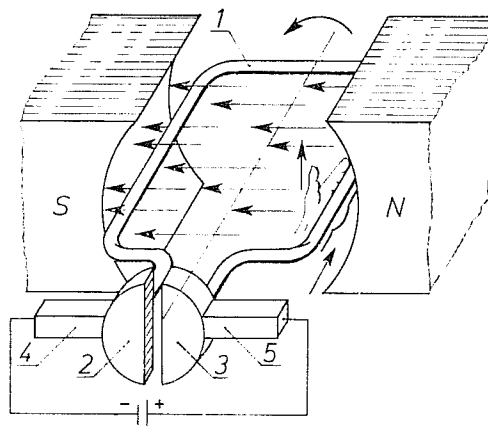
silniki elektryczne przeznaczone do zasilania prądem przemiennym. W technice zegarowej mają zastosowanie obydwa rodzaje silników.

1.8.2. Silniki prądu stałego

Zasadę działania silnika prądu stałego przedstawiono na **rys. 1.61**. W polu magnetycznym jest umieszczony przewodnik w kształcie ramki 1, którego końce są zamocowane w półpłaszczyznach 2 i 3. Prąd do ramki jest doprowadzony za pomocą dwóch szczotek 4 i 5 ślizgających się po półpłaszczyznach. Wskutek działania dynamicznego obu pól magnetycznych powstaje ruch obrotowy, powodujący moment obrotowy ramki. Kierunek jej obrotu można określić z reguły lewej dłoni.

Silnik w wykonaniu praktycznym ma wiele zwojów zamiast jednej ramki oraz wirnik wykonany ze sprasowanych blach ze stali krzemowej, w których żłobkach są umieszczone zwoje. Wirnik wraz ze zwojami nazywa się **twornikiem**. Natomiast dwa półpłaszczyzny są zastąpione **komutatorem**, tj. pierścieniem składającym się z segmentów (wycinków koła). Liczba segmentów jest równa dwukrotnej liczbie uzwojeń ramek. Magnesy obejmujące wirnik nazywają się **stojanem**. W dużych silnikach stojan składa się zwykle z elektromagnesów, ale bywają też małe silniki z magnesami trwałymi.

Ze względu na sposób wzbudzania rozróż-



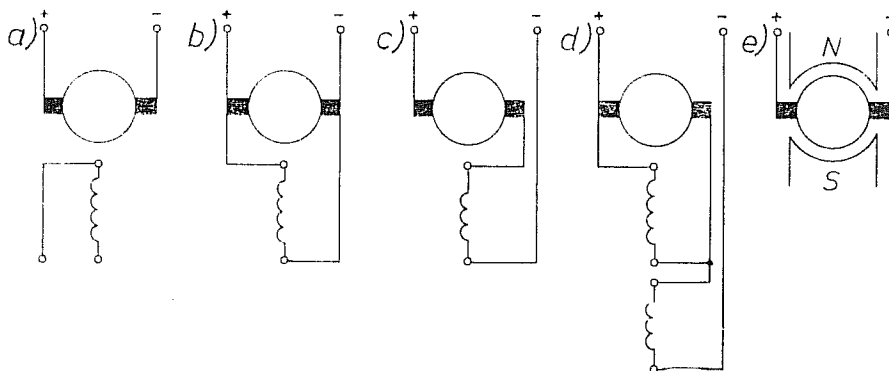
Rys. 1.61. Zasada działania silnika prądu stałego
1 — przewodnik w kształcie ramki,
2 i 3 — półpłaszczyzna, 4 i 5
szczotki doprowadzające prąd

niamy silniki prądu stałego: obcowzbudne, bocznikowe, szeregowo-bocznikowe i z magnesami trwałymi.

Silnik obcowzbudny jest wzbudzany za pomocą uzwojenia zasilanego z innego źródła prądu niż uzwojenie wirnika (**rys. 1.62a**). Silniki tego typu są rzadziej stosowane.

Silnik bocznikowy ma uzwojenie wzbudzenia połączone bocznikowo (równoleg-

Rys. 1.62. Schematy silników prądu stałego o różnych sposobach wzbudzenia: a) obcowzbudny, b) bocznikowy, c) szeregowy, d) szeregowo-bocznikowy, e) z magnesami trwałymi



le) z uzwojeniem wirnika (**rys. 1.62b**), otrzymuje więc tylko uboczną część prądu. Prędkość obrotowa wirnika maleje tylko nieznacznie wraz z obciążeniem. Praktycznie można powiedzieć, że silnik tego typu ma zawsze tę samą prędkość obrotową, mimo różnego obciążenia. Pobiera jednak tym więcej prądu, im bardziej jest obciążony. Silniki bocznikowe mają więc zastosowanie w tych przypadkach, gdy prędkość obrotowa nie powinna się zmniejszać nawet przy największym obciążeniu, np. do napędu obrabiarek. Około 80% silników prądu stałego to silniki bocznikowe.

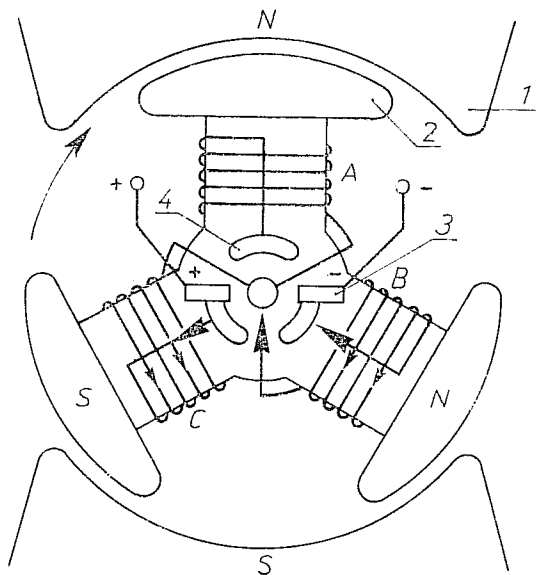
Silnik szeregowy to taki silnik, w którym uzwojenie wzbudzenia jest połączone szeregowo z uzwojeniem wirnika (**rys. 1.62c**). W silniku tego typu przez cewkę nieruchomą elektromagnesu przepływa całkowity prąd silnika. Silnik ten odznacza się dużym momentem rozruchowym.

Silnik szeregowo-bocznikowy ma dwa uzwojenia wzbudzenia: szeregowo — połączone szeregowo z uzwojeniem wirnika, oraz bocznikowe — połączone równolegle z uzwojeniem wirnika (**rys. 1.62d**). W zależności od stosunku amperozwojów (zezwojów) silnik może mieć charakterystykę silnika bocznikowego lub szeregowego. Najczęściej ma jednak charakterystykę silnika bocznikowego, a zadaniem uzwojenia szeregowego jest łagodzenie warunków pracy silnika przy znacznych zmianach obciążenia.

Silnik z magnesami trwałymi jest wzbu-

dzany nie za pomocą elektromagnesów, lecz na skutek pola magnetycznego przechodzącego od biegunów magnesu trwałego, wykonanego z twardej magnetycznie stali (**rys. 1.62e**). Silniki z magnesami trwałymi są proste w konstrukcji, gdyż nie mają uzwojenia wzbudzenia, a więc i elementów doprowadzających prąd do niego. Masę i wymiary mają mniejsze niż silniki ze wzbudzeniem elektromagnetycznym (dotyczy to silników małej mocy — do kilkuset watów). Większa jest ich sprawność, gdyż nie występują straty wzbudzenia, co ma duże znaczenie w silnikach małej mocy. Mniej się nagrzewają, więc układ wentylacyjny jest prostszy. Dużą ich zaletą jest również stałość strumienia magnetycznego. Wadą natomiast jest wysoki koszt materiałów magnetycznie twardych. Dobre właściwości magnetyczne mają stopy żelaza, niklu i aluminium z dodatkiem kobaltu, chromu lub wolframu, znane pod nazwami: alni, alnico, alnisi, magnico itp.

Na **rys. 1.63** przedstawiono schematycznie silnik Siemens'a, który często jest stosowany do naciągu zegarów. Jest to silnik komutatorowy prądu stałego z wirnikiem o trzech biegunach, umieszczonym w polu magnetycznym wytwarzanym przez magnesy trwałe, stanowiący stojan silnika. Wewnątrz korpusu z tworzywa sztucznego znajdują się odpowiednio ukształtowane nabiegunniki magnesu 1. Bieguny wirnika 2 są rozmieszczone względem siebie pod kątem 120° . Początki uzwojenia ce-



wiek, znajdujących się na biegunach, są złączone z trzema wycinkami komutatora 4, końce natomiast są połączone ze sobą. Szczotki 3, w postaci płaskich sprężyn mosiężnych, są połączone ze źródłem prądu stałego.

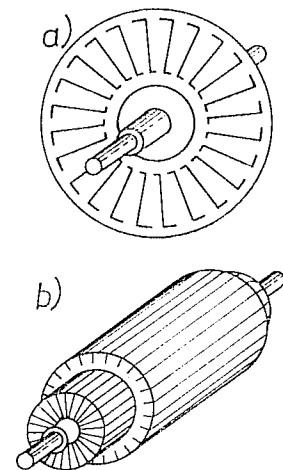
Działanie silnika polega na kolejnym przyciąganiu biegunów wirnika 2 przez nabiegunniki magnesu 1. W takim położeniu wirnika, jak na **rys. 1.63** prąd płynie tylko przez cewki B i C, gdyż szczotki 3 spoczywają na wycinkach komutatora 4, znajdujących się przy tych cewkach. Wytworzone dzięki temu położeniu bieguny wirnika N i S współdziałają z biegunem S stojana: biegun N wirnika jest przyciągany, a biegun S — odpychany przez biegun S stojana. Pod wpływem wytworzonego w ten sposób momentu następuje obrót wir-

nika w kierunku oznaczonym na rysunku strzałką. Po obrocie wirnika o kąt 60° pod szczotką ze znakiem minus podchodzi teraz wycinek komutatora odpowiadający cewce A, a szczotka ze znakiem plus nadal pozostaje na wycinku komutatora cewki C, wskutek czego prąd płynie tylko przez cewki A i C. Na bieguny magnetyczne wirnika działa z kolei biegun N stojana, powodując dalszy obrót wirnika. Biegunowość elektromagnesów wirnika zależy każdorazowo od kierunku prądu w ich uzwojeniach, tzn. pod którą szczotką znajduje się wycinek komutatora. Podczas ruchu obrotowego wirnika następuje przełączanie przez komutator kierunku prądu w uzwojeniach wirnika, dzięki czemu jest zapewniona ciągłość działania momentu obrotowego. Silnik może więc ruszać ze spoczynku w dowolnym położeniu wirnika.

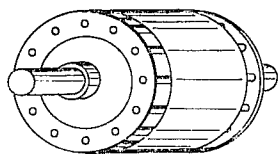
Silnik z drukowanym uzwojeniem wirnika odznacza się wieloma zaletami, cennymi zwłaszcza w mechanice precyzyjnej. Wirnik z drukowanym uzwojeniem ma postać cienkiej tarczy szklanej lub ceramicznej, na której z obu stron jest nadrukowane uzwojenie z nieizolowanego płaskiego przewodu miedzianego. Dla porównania na **rys. 1.64** przedstawiono wirnik z drukowanym uzwojeniem oraz wirnik zwykłego silnika małej mocy. Wirnik z drukowanym uzwojeniem jest bardzo lekki, a więc ma małą bezwładność. Jest odporny na wzrost temperatury. Nie ma komutatora, gdyż szczotki srebrno-grafitowe ślizgają się bezpośrednio po jego drukowa-

Rys. 1.63. Schemat silnika kumulatorowego na prąd stały z magnesami trwałymi

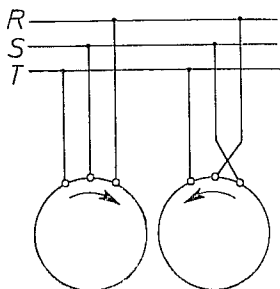
1 — nabiegunniki magnesu trwałego, 2 — bieguny wirnika, 3 — szczotki, 4 — wycinki komutatora



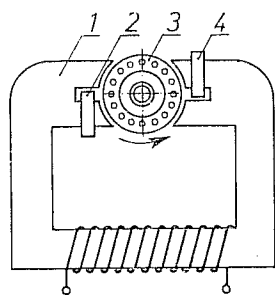
Rys. 1.64. Porównanie wirników: a) z uzwojeniem drukowanym, b) zwykłego silnika małej mocy



Rys. 1.65. Wirnik klatkowy silnika asynchronicznego



Rys. 1.66. Zmiana kierunku obrotów trójfazowego silnika asynchronicznego wskutek przełączenia przewodów



Rys. 1.67. Schemat silnika asynchronicznego jednofazowego ze zwartymi zwojami na biegunach
1 — rdzeń stojana, 2 i 4 — zwoje zwarte, 3 — wirnik klatkowy

nych zwojach. Silnik z drukowanym uzwojeniem wirnika charakteryzuje się możliwością znacznych zmian prędkości obrotowej w zależności od zmiany doprowadzonego napięcia.

1.8.3. Silniki prądu przemiennego

Istnieje wiele rodzajów i odmian silników prądu przemiennego. W rozdziale tym omawiamy tylko niektóre z nich, częściej stosowane w technice zegarowej. Rozróżniamy trzy grupy tych silników: asynchroniczne, synchroniczne i komutatorowe. Nazwa „synchroniczny” pochodzi stąd, że obroty wirnika są zsynchronizowane (jednoczesne) z obrotami wirującego pola magnetycznego. Natomiast w silniku asynchronicznym wirnik podąża za polem magnetycznym z pewnym opóźnieniem, tzn. że obroty wirnika nie są zsynchronizowane z wirującym polem magnetycznym stojana (są niejednoczesne). Ponieważ prąd w uzwojeniu wirnika silnika asynchronicznego jest wytwarzany wskutek indukcji elektromagnetycznej, więc silniki te są również nazywane indukcyjnymi.

Silniki asynchroniczne (indukcyjne) mogą być trójfazowe lub jednofazowe. Silniki trójfazowe należą do najbardziej rozpowszechnionego typu silników elektrycznych. Są to jednak silniki dużej mocy, mogą więc być stosowane do naciągu dużych zegarów wieżowych. Natomiast w zegarach domowych mają zastosowanie ra-

czej silniki jednofazowe, ze względu na ich prostszą budowę oraz na łatwiejszy sposób zasilania — ze zwykłego gniazda wtykowego sieci energetycznej. Jako silnik małej mocy może też być stosowany silnik asynchroniczny trójfazowy z wirnikiem klatkowym. Odznacza się on prostą konstrukcją i pewnością działania. Nie ma żadnych pierścieni i szczotek (bezkomutatorowy). Składa się tylko z wirnika i ze stojana. Wirnik tego silnika jest wykonany w postaci miedzianej klatki (rys. 1.65) i wypełniony odizolowanymi od siebie cienkimi krążkami ze stali krzemowej, podobnie jak stojan. Wirujące pole magnetyczne indukuje w przewodach klatki prądy wytwarzające strumień magnetyczny, który — współdziałając ze strumieniem wirującym — powoduje na wirniku moment obrotowy. Prędkość wirowania wirnika jest jednak mniejsza od prędkości wirowania pola w stojanie. Bieg silnika jest równomierny, zmniejszający się nieco pod obciążeniem. W silniku trójfazowym można zmieniać kierunek obrotów wskutek przełączenia przewodów, jak to zaznaczono na rys. 1.66.

Silnik asynchroniczny jednofazowy z kondensatorem rozruchowym jest wyposażony w wirnik oraz stojan z uzwojeniem jednofazowym. Stojan tego typu silnika jest uzwojony dwufazowo. Natomiast w większości silników małej mocy kondensator rozruchowy jest wyłączony na stałe, co zwiększa moc silnika. Silnik ten — w przeciwieństwie do silnika trójfazowego — nie

wytwarza momentu rozruchowego samorzutnie. Moment obrotowy powstaje dopiero podczas obracania się wirnika, dlatego stojan jest wyposażony zwykle w dodatkowe uzwojenie, zwane fazą pomocniczą, czynne podczas rozruchu silnika. Uzwojenie główne i pomocnicze razem wytwarzają wirujące pole magnetyczne, nadając wirnikowi ruch obrotowy.

Prąd w uzwojeniu pomocniczym jest przesunięty w fazie o pewien kąt, zwykle 90° , względem prądu w fazie głównej przez połączenie kondensatora w szereg z fazą pomocniczą — dlatego nazwa: silnik z kondensatorem rozruchowym. Po osiągnięciu pełnej prędkości obrotowej wirnik odłącza automatycznie kondensator z fazą pomocniczą za pomocą wyłącznika odśrodkowego lub elektromagnetycznego.

Przy nadmiernym przeciążeniu silnik się przegrzewa, czego oznaką jest zmniejszenie prędkości. Przegrzany silnik staje, gdyż w uzwojeniu wzrasta nadmiernie rezystancja i prędkość obrotowa maleje. Dlatego nie należy wykorzystywać znamionowej mocy w 100%. Uwaga ta dotyczy także innych silników, aby na długo można było zachować ich sprawność i pewność działania.

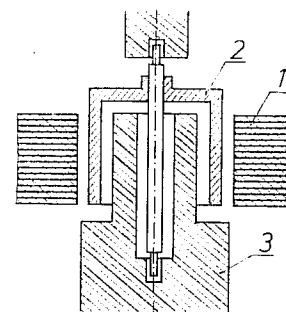
Silnik asynchroniczny jednofazowy ze zwartymi zwojami na biegunach przedstawiono schematycznie na **rys. 1.67**. Warunkiem obracania się wirnika jest istnienie wirującego pola magnetycznego między biegunami stojana. Dwa strumienie magnetyczne, rozsunięte przestrzennie i prze-

sunięte względem siebie w fazie, wytwarzają wirujące pole magnetyczne. Uzyskuje się to przez podzielenie biegunów stojana 1 na dwie części i nałożenie na jedną z nich miedzianego pierścienia, zwanego zwojem zwartym 2 i 4.

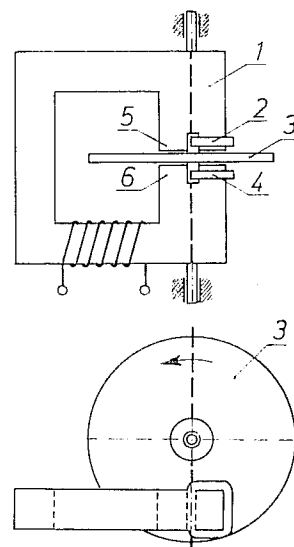
W silniku tym zastosowano wirnik klatkowy 3, zbudowany w taki sposób, jak wirnik przedstawiony na **rys. 1.65**. Wirujące pole magnetyczne wzbudza w klatce prądy, które wytwarzają strumień magnetyczny. Ten z kolei oddziałuje na wirujące pole, powodując obrót wirnika w kierunku zgodnym z kierunkiem wirowania pola. Wirnik obraca się z prędkością mniejszą od prędkości obrotowej pola magnetycznego o poślizg, który w tego rodzaju silnikach jest dość duży (ok. 10%). Szczelina między wirnikiem a nabiegunkami stojana powinna być jak najmniejsza.

Silniki tego typu są konstrukcyjnie proste i dlatego tanie. Pracują cicho i niezawodnie. Mają jednak małą sprawność. Z powodu dużych strat pobór prądu przy obciążeniu jest nieznacznie większy niż podczas biegu luzem. Zatem można je przeciążać, a nawet zatrzymać pod prądem bez obawy uszkodzenia uzwojeń stojana.

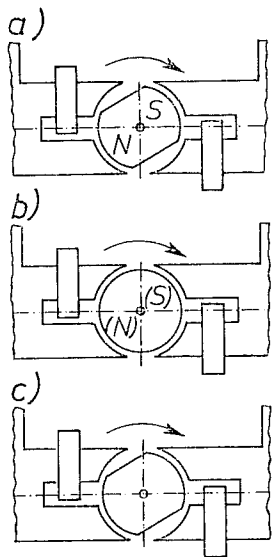
Silnik asynchroniczny jednofazowy Ferrarisa jest wyposażony w wirnik niemagnetyczny, wykonany z miedzi lub aluminium, w kształcie kubka (**rys. 1.68**) umieszczonego w stojanie, lub w kształcie płaskiej tarczy (**rys. 1.69**). Przesuwające się między biegunami stojana 5 i 6 pole magnetyczne wzbudza w tarczy 3 prądy wi-



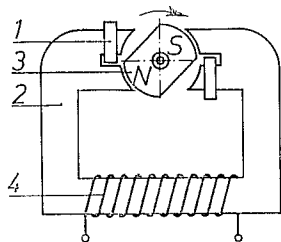
Rys. 1.68. Wirnik kubkowy silnika Ferrarisa
1 — bieguny stojana, 2 — wirnik kubkowy, 3 — fragment stojana z żołądkiem wirnika



Rys. 1.69. Silnik Ferrarisa z wirnikiem tarczowym
1 — stojan, 2 i 4 — zwoje zwarte, 3 — wirnik tarczowy, 5 i 6 — bieguny stojana



Rys. 1.70. Wirniki silników synchronicznych: a) z magnesem trwałym, b) histerezowy, c) reluktancyjny



Rys. 1.71. Schemat dwubiegunowego silnika synchronicznego z magnesem trwałym
1 — zwój zwarty, 2 — stojan, 3 — wirnik, 4 — cewka

rowe, które powodują ruch tarczy w kierunku zgodnym z kierunkiem przesuwania się pola. Silnik ma znaczny poślizg, nawet podczas biegu luzem. Zaletą silników bezkomutatorowych, do których należą także silniki Ferrarisa, jest to, że nie ma w nich iskrzeń.

Silniki synchroniczne są to silniki jednofazowe zasilane prądem przemiennym. Mogą być bez samoczynnego rozruchu lub z samoczynnym rozruchem, czyli samostartujące. Najczęściej stosuje się rozruch ze zwartą fazą pomocniczą.

Silniki synchroniczne stosowane w urządzeniach zegarowych dzieli się na silniki z magnesami trwałymi, histerezowe i reluktancyjne. Wirniki stosowane w tych silnikach przedstawiono na rys. 1.70.

Silniki synchroniczne z magnesami trwałymi mają wirnik wykonany z materiału trudno rozmagnesowującego się i trwale namagnesowany. Wirnik jest ścięty z dwóch stron, więc ma tylko jedną parę biegunów. Stojan jest wykonany z cienkich blach wyciętych w kształcie podkowy. Jeżeli przez uzwojenie stojana przepływa prąd przemienny z sieci energetycznej, to między biegunami powstaje pulsujące pole magnetyczne. Każda zmiana kierunku prądu powoduje ruch wirnika o pół obrotu. Ponieważ częstotliwość prądu wynosi 50 Hz, czyli 100 zmian biegunów na sekundę, przeto wirnik wykonuje 50 obr/s, czyli 3000 obr/min. Aby uzyskać mniejszą prędkość obrotową, stosuje się wirnik wielobiegunowy.

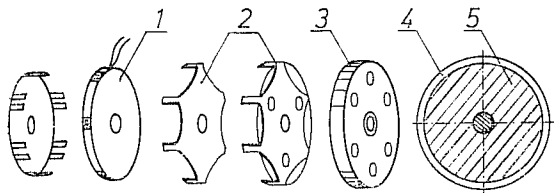
Na rys. 1.71 przedstawiono schematycznie dwubiegunowy silnik synchroniczny z magnesami trwałymi i z samoczynnym rozruchem za pomocą zwojów zwartych. W chwili rozruchu silnik działa jak asynchroniczny, a gdy prędkość obrotowa wirnika osiąga prędkość wirowania pola magnetycznego, bieguny wirnika zostają wciągnięte w synchronizm przez wirujące pole magnetyczne i dalej wirnik utrzymuje stałą prędkość obrotową.

Na rys. 1.72 przedstawiono schematycznie wielobiegunowy jednofazowy silnik synchroniczny z magnesami trwałymi, z klatką rozruchową na wirniku. W blachach wirnika 2 znajdują się żłobki wraz z klatką rozruchową. Głębsze żłobki służą do zmniejszania rozproszenia biegunów magnesów trwałych 4 podczas pracy silnika z prędkością synchroniczną. Gdyby ich nie było, wówczas pierścień blach wirnika, okalający magnesy trwale wykonane z materiału magnetycznie twardego, stanowiłby dla nich zworę magnetyczną. Wymiary głębokich żłobków są tak dobrane, aby przewodność dróg rozproszenia dla strumienia wirującego była możliwie duża.

Silniki histerezowe są to jednofazowe silniki synchroniczne (mające wirnik w kształcie gładkiego walca), w których moment obrotowy jest wytwarzany w wyniku przemagnesowywania (histerezy) zewnętrznego pierścienia wirnika przez wirujące pole magnetyczne stojana w czasie ruchu. Synchronizm ruchu utrzymuje się

dzięki przyciąganiu namagnesowanego wirnika przez pole wirujące stojana.

Szczegóły silnika histerezyowego przedstawiono na rys. 1.73. Wirnik tego silnika ma zewnętrzny pierścień 4 z materiału magnetycznie twardego, a rdzeń 5 ze stopów aluminiowych diamagnetycznych. W porównaniu z silnikami synchronicznymi z magnesem trwałym silniki histerezyowe mają łatwiejszy rozruch, a ich konstrukcja jest prostsza. Zasadnicza różnica między tymi dwoma rodzajami silników polega na



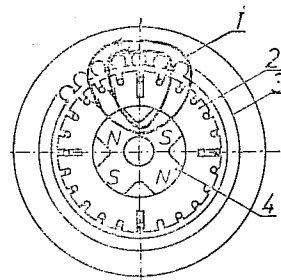
tym, że w silnikach histerezyowych namagnesowanie wirnika odbywa się dopiero podczas pracy silnika, a w silnikach z magnesem trwałym wirnik jest od początku stale namagnesowany.

Silniki reluktancyjne działają na zasadzie różnego oporu magnetycznego, powstającego na obwodzie wirnika. Wirnik 2 (rys. 1.74) jest zaopatrzony w występy lub zęby tak ukształtowane, że opór magnetyczny jest zależny od położenia wirnika. Stojan ma bieguny 1 o tej samej podziałce kątowej. Podczas synchronicznej prędkości wirowania wirnika powstaje moment obrotowy, zwany reluktancyjnym — od angielskiego słowa „reluctance” (opo-

ność magnetyczna). Bezwiadnik 3, osadzony na wałku wirnika, związany z nim za pomocą sprężyny śrubowej, zapewnia wirnikowi płynność ruchu.

Na rys. 1.75 przedstawiono schematycznie silnik reluktancyjny z samoczynnym rozruchem. Silnik ten ma stojan z biegunami, na których są zwoje zwarte 3, a wirnik klatkowy ma między prętami 1 odpowiednio ukształtowane bieguny magnetyczne 2. W chwili rozruchu silnik pracuje jako silnik indukcyjny. Po osiągnięciu predkości obrotowej bliskiej synchronicznej bieguny wirnika zostają wciągnięte w synchronizm przez bieguny magnetyczne stojana.

Silniki komutatorowe zasilane prądem jednofazowym mogą być szeregowo lub repulsyjne. Silnik repulsyjny różni się od silnika szeregowego tym, że szczotki wirnika są zwarte na krótko, wirnik nie ma więc bezpośredniego połączenia elektrycznego ze stojanem. Prąd w uzwojeniu wirnika jest wzbudzany indukcyjnie — przez uzwojenie elektromagnesów stojana, które są zasilane prądem jednofazowym. Stojan i wirnik są złożone z blach ze stali krzemowej odizolowanych od siebie. Szczotki są umieszczone na obrotowym jarzmie, co umożliwia zmianę ich położenia na obwodzie komutatora, a tym samym zmianę prędkości obrotowej i momentu obrotowego. W położeniu szczotek w płaszczyźnie prostopadłej do pola stojana siły elektromotoryczne, indukowane w uzwojeniu wirnika, znoszą się, więc w wirniku prąd nie płynie i dlatego wirnik się nie

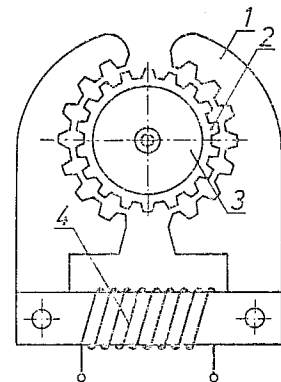


Rys. 1.72. Schemat wielobiegunowego jednofazowego silnika synchronicznego z magnesami trwałymi z klatką rozruchową na wirniku

1 — strumień magnetyczny, 2 — blacha wirnika, 3 — stojan, 4 — magnesy trwałe

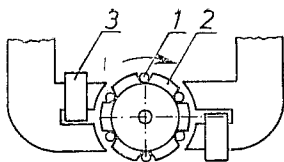
Rys. 1.73. Szczegóły silnika histerezyowego

1 — gwiazdy biegunowe, 2 — wirnik, 3 — pierścień zewnętrzny wirnika, 4 — rdzeń wirnika



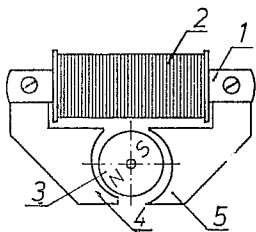
Rys. 1.74. Silnik reluktancyjny wielobiegunowy bez samoczynnego rozruchu

1 — bieguny stojana, 2 — bieguny wirnika, 3 — bezwiadnik, 4 — cewka



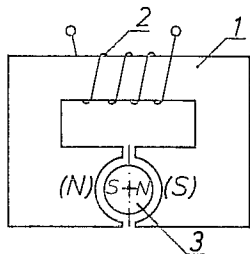
Rys. 1.75. Silnik reluktancyjny z samoczynnym rozruchem

1 — pręty klatki wirnika, 2 — bieguny wirnika, 3 — zwoje zwarte biegunów stojana



Rys. 1.76. Silnik skokowy z niesymetryczną szczeliną

1 — stojan, 2 — cewka, 3 — wirnik z jedną parą biegunów, 4 i 5 — nabiegunki stojana



Rys. 1.77. Silnik skokowy z symetryczną szczeliną

1 — stojan, 2 — cewka, 3 — wirnik

obraca. Przesunięcie szczotek z osi obojętnej w lewo lub w prawo powoduje zmianę kierunku obrotu, ponadto w uzwojeniu wirnika powstaje prąd przemienny, wytwarzając ze zmiennym polem elektromagnetycznym moment obrotowy. Silniki repulsyjne odznaczają się dużym momentem obrotowym oraz łatwością regulowania prędkości obrotowej i zmiany kierunku obrotów.

Silniki uniwersalne to silniki komutatorowe małej mocy. Mogą być zasilane zarówno prądem stałym, jak i przemiennym. Wirnik jest wykonany z blach ze stali krzemowej, co stanowi przeszkodę dla prądów wirowych. Są stosowane do napędu urządzeń gospodarstwa domowego, wentylatorów, zegarów, tokarek zegarmistrzowskich itp. Na każdym silniku znajduje się tabliczka znamionowa, na której jest podany prąd znamionowy, określony w amperach, napięcie prądu i jego rodzaj: stały lub przemienny i jego częstotliwość. Gdy silnik pracuje przy poborze takiej ilości prądu, jaka jest podana na tabliczce znamionowej, to może pracować w ruchu ciągłym pod pełnym obciążeniem. Jeśli natomiast silnik jest przez dłuższy czas bardziej przeciążony, to płynący przez jego uzwojenie prąd, znacznie większy od znamionowego, nagrzewa silnie uzwojenie. Przegrzanie uzwojenia niszczy izolację, wskutek czego silnik zostanie uszkodzony. Prąd znamionowy jest miarą obciążenia silnika, której nie należy przekraczać.

1.8.4. Silniki skokowe

W dotychczasowych rozważaniach omawialiśmy silniki na prąd stały i przemienny o ruchu obrotowym ciągłym. Istnieją także silniki o ruchu obrotowym przerywanym, wykonywanym skokami w jednakowych odstępach czasu — stąd ich nazwa: **silniki skokowe**. Omówimy więc zasadę ich działania, rodzaje i zastosowanie.

Najprostszy silnik skokowy składa się ze stojana 1 (rys. 1.76), cewki 2 i namagnesowanego wirnika 3. Nabiegunki stojana 4 i 5 są tak ukształtowane, że między nimi a walcowym wirnikiem powstają niesymetryczne szczeliny klinowe. Taki kształt szczelin sprawia, że po podłączeniu napięcia wirnik obróci się zawsze w tym samym kierunku.

Jeśli między nabiegunkami stojana 1 (rys. 1.77) a wirnikiem 3 byłyby szczeliny jednakowe (symetryczne), to po dołączeniu napięcia do cewki 2 wirnik może się obrócić w dowolnym kierunku o 180° , co nie byłoby pożądane. Gdy w uzwojeniu cewki nie płynie prąd, wirnik jest utrzymywany w takim położeniu, że jego bieguny znajdują się pośrodku nabiegunków (rys. 1.77). Tę pozycję uzyskuje wirnik wskutek oddziaływania momentu synchronizującego, wywołanego polem magnetycznym wirnika. W nabiegunkach powstają różnoimienne bieguny magnetyczne, oznaczone na rysunku symbolami w nawiasach.

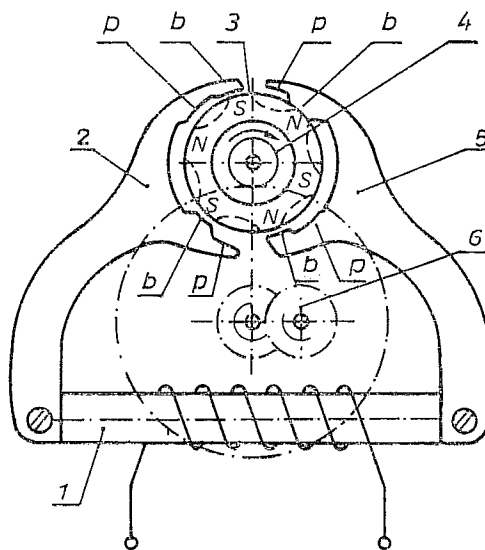
Gdy szczeliny są niesymetryczne, wtedy

wirnik ustawia się tak, że jego bieguny są zwrócone do nabiegowników stojana w tym miejscu, gdzie szczelina jest najmniejsza (rys. 1.76). Po podłączeniu napięcia i wzbudzenia elektromagnesu stojana, jednoimienne bieguny wirnika i stojana odrepchną się, co spowoduje obrót wirnika zawsze w tym samym kierunku.

Silniki skokowe stosowane w zegarach i w zegarkach kwarcowych ze wskazaniem analogowymi (wskazówkowymi) mogą być przystosowane do sterowania impulsami jednokierunkowymi lub do sterowania impulsami dwukierunkowymi, zwykle o napięciu 1,5 V. Sterowanie impulsami jednokierunkowymi jest prostsze, ale wymaga bardziej złożonej konstrukcji obwodu magnetycznego silnika. Gdy wirnik ma jedną parę biegunów, po każdym impulsie wykona jeden pełny obrót (360°). Częściej jednak stosuje się sterowanie impulsami dwukierunkowymi. Układ sterujący jest wtedy bardziej złożony, lecz silnik ma większy moment rozruchowy, a przełożenie przekładni zębatej jest o połowę mniejsze. Gdy wirnik ma jedną parę biegunów, po każdym otrzymanym impulsie wykona pół obrotu (180°), a gdy ma więcej biegunów, np. dwie, trzy lub cztery pary, wykona odpowiednio pewną część obrotu (90, 60, 45°).

Rozróżnia się silniki skokowe przeznaczone do zegarów wtórnych włączonych w sieć czasu, do zegarów kwarcowych domowych i budzików oraz do kwarcowych zegarków naręcznych.

Silniki skokowe do zegarów wtórnych mogą mieć stojan z dwoma nabiegownikami w połączeniu z dwubiegunowym wirnikiem, który po otrzymaniu przez stojan impulsu elektrycznego obraca się o 180°. Najczęściej stosuje się zegary wtórne z elektromagnesem spolaryzowanym, sterowane dwukierunkowymi impulsami o napięciu 12, 24 lub 48 V. Silnik może być też wyposażony w wirnik wielobieguno-



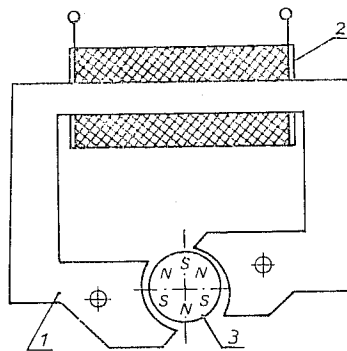
Rys. 1.78. Silnik skokowy do zegarów wtórnych z wirnikiem wielobiegunowym

b — bieguny, p — bieguny pomocnicze

1 — elektromagnes, 2 i 5 — nabiegunki stojana, 3 — wirnik wielobiegunowy, 4 — zębnik napędowy, 6 — przekładnia wskazań

wy (rys. 1.78). Wirnik 3 jest tak namagnesowany, że na jego obwodzie tworzy się sześć biegunów usytuowanych na przemian. Na wałku wirnika jest osadzony zębnik 4, napędzający koło połączone z przekładnią wskazań 6. Stojan nie jest wstępnie namagnesowany. Jego nabiegunki 2 i 5,

Rys. 1.79. Silnik skokowy do zegarów domowych z trzema parami biegunów
1 — stojan, 2 — cewka stojana, 3 — wirnik

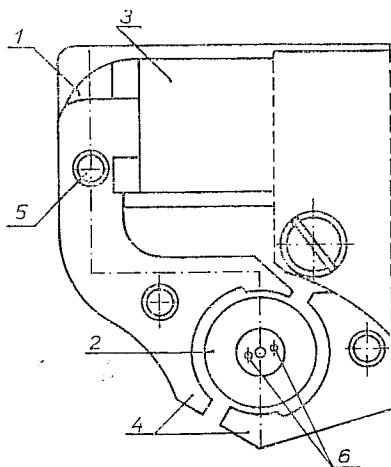


obejmujące wirnik, nie tworzą szczeliny klinowej, lecz mają szczeliny stopniowe, tworzące po dwa bieguny *b* i po dwa bieguny pomocnicze *p*. Są one tak usytuowane, że w każdej chwili dwa występy biegunowe *b* znajdują się w najmniejszej odległości od jednoimiennych biegunów wirnika.

Położenie występow biegunowych *b* pokrywa się z biegunami wirnika 3. Do każdego nabiegownika są przyciągane zawsze dwa jednoimienne bieguny wirnika. Przepływ przez uzwojenie impulsu prądowego powoduje występowanie sił magnetycznych, działających na wirnik odpychająco, gdy bieguny nabiegownika mają taką samą biegunowość, jak wirnik. Wówczas na wirnik działa moment wywołany siłami odpychania oraz siłami przyciągania, pojawiającymi się na skutek przeciwnej biegunowości następnych biegunów wirnika. Kierunek obrotu wirnika jest wyznaczony wstępnie przez bieguny pomocnicze.

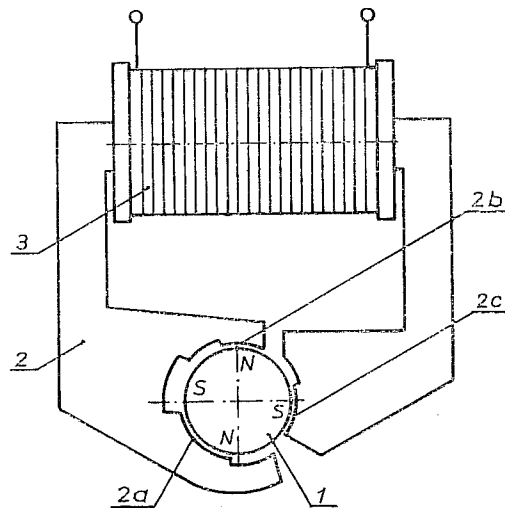
Za każdym impulsem wirnik wykona 1/6 obrotu. Jeżeli zegar jest napędzany impulsami co 1 min, to przełożenie poruszające

Rys. 1.80. Schemat silnika skokowego stosowanego w zegarach METRON
1 — korpus mechanizmu, 2 — wirnik, 3 — cewka stojana, 4 — nabiegownik stojana, 5 — kołek ustalający położenie stojana, 6 — kołki współpracujące z kołem zębatym przeladadni zliczającej



Rys. 1.81. Schemat silnika skokowego firmy MERA-POLTIK

1 — wirnik, 2 — stojan z nabiegownikami 2a, 2b i 2c, 3 — cewka stojana

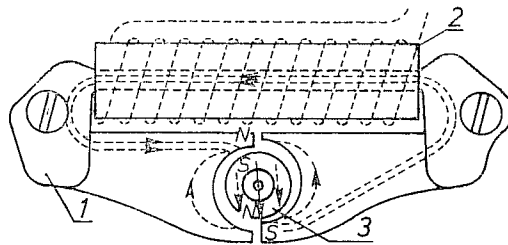


przekładnię wskazań jest tak dobrane, że wskazówka minutowa przesuwana się na tarczy zegara za każdym impulsem o 1 minutę.

Silniki skokowe do kwarcowych zegarów domowych są zwykle zaopatrzone w wirniki z jedną, dwoma lub trzema (rys. 1.79) parami biegunów. Wirniki takie za każdym impulsem wykonują obrót o 180, 90 lub 60°. Konstrukcja zegara z wirnikiem wielobiegunowym jest oszczędniejsza w porównaniu z wirnikiem, który ma tylko jedną parę biegunów, gdyż przekładnia zliczająca skoki wirnika może być zmniejszona o jeden lub dwa stopnie przełożenia, czyli o jedną lub dwie pary: koło i zębnik.

W zegarach i zegarkach kwarcowych częstotliwość drgań kwarcu wynosi zwykle 32 768 Hz i jest obniżona za pomocą piętnastostopniowego dzielnika do 1 Hz. Dlatego najczęściej wirnik wykonuje skoki z częstotliwością 1 Hz, a wtedy wskazówka sekundowa wykonuje ruch co 1 s. Są jednak i inne rozwiązania, zwłaszcza w tych zegarach, które nie mają wskazówki sekundowej.

W zegarach kwarcowych produkowanych przez Zakłady METRON w Toruniu są stosowane silniki skokowe, których nabiegunniki są tak ukształtowane, że tworzą szczeliny stopniowe (rys. 1.80). Wirnik 2 ma jedną parę biegunów. W zegarach kwarcowych domowych i samochodowych produkowanych w firmie MERA-POLTIK w Łodzi wirnik silnika skokowego ma



Rys. 1.82. Schemat silnika skokowego stosowanego w zegarkach naręcznych
1 — stojan, 2 — cewka stojana, 3 — wirnik

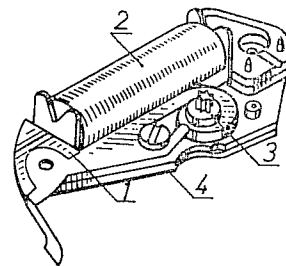
dwie pary biegunów, natomiast stojan ma nieparzystą liczbę nabiegunników (rys. 1.81).

Wiele firm produkuje silniki skokowe jako odrębne zespoły do zegarów wytwarzanych przez siebie lub przez inne firmy.

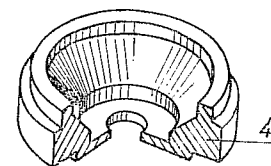
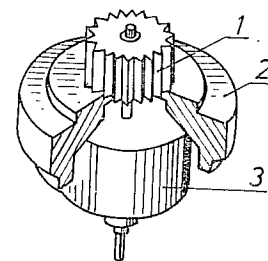
Silniki skokowe do kwarcowych zegarków naręcznych mają różną budowę. W obecnie produkowanych zegarkach silniki skokowe są konstruowane łącznie z mechanizmem, do którego są przeznaczone. W małych mechanizmach zegarków naręcznych wirnik ma zwykle jedną parę biegunów (rys. 1.82). Średnica wirnika wynosi 2 ÷ 4 mm. Po każdym impulsie wirnik wykona pół obrotu (180°). Jego pozycje spoczynkowe utrzymują nabiegunniki stojana.

W zegarkach kwarcowych produkcji radzieckiej są stosowane dwa rodzaje silników skokowych: z cewką wystawioną na zewnątrz oraz z cewkami wmontowanymi w stojan.

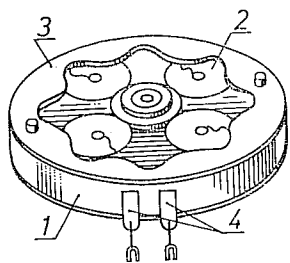
Na rys. 1.83 przedstawiono silnik skokowy z cewką wystawioną na zewnątrz. Silnik składa się ze stojana 1, cewki 2 i nabie-



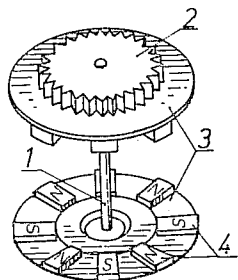
Rys. 1.83. Silnik skokowy z cewką wystawioną na zewnątrz
1 — stojan, 2 — cewka stojana, 3 — wirnik, 4 — podstawa



Rys. 1.84. Wirnik silnika skokowego z cewką wystawioną na zewnątrz
1 — zębnik, 2 — pokrywa, 3 — dwubiegunowy wirnik walcowy, 4 — tulejka



Rys. 1.85. Stojan silnika skokowego z cewkami wmontowanymi wewnątrz
1 — podstawa, 2 — cewka, 3 — pierścień ustalający położenie wirnika, 4 — końcówki do przylączenia zasilania



Rys. 1.86. Wirnik silnika skokowego z cewkami wmontowanymi wewnątrz
1 — wałek wirnika, 2 — zębnek, 3 — krążki wirnika, 4 — magnesy trwałe

Rys. 1.87. Silnik skokowy bez stojana w kształcie jarzma

1 — końcówki do przylączenia zasilania, 2 — kołek spoczynkowy, 3 — wałek wirnika, 4 — cewki, 5 — płaszcz z miękkiej stali, 6 — dwubiegunowy wirnik walcowy

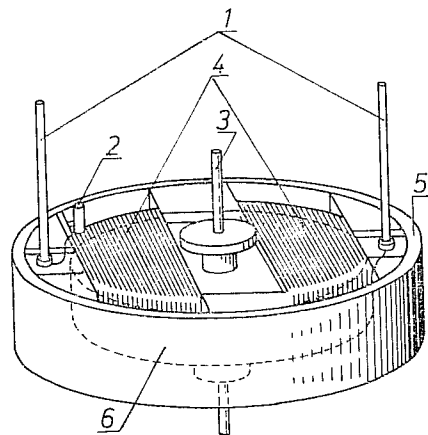
gunników obejmujących wirnik 3. Całość jest zmontowana na podstawie 4. Między wirnikiem a nabiegunnikami jest duży luz, który został zapełniony pierścieniem z materiału magnetycznie miękkiego. Otwór w pierścieniu jest tak ukształtowany, że z obwodem wirnika tworzą się szczeliny niesymetryczne, które ustalają pozycję wirnika. Na osi dwubiegunowego wirnika walcowego 3 (rys. 1.84) jest osadzony zębnek 1, który zazębia się z kołem przekładni zliczającej. Wirnik jest umieszczony w komorze zamkniętej, utworzonej z wytoczenia pokrywy 2, pierścienia ustalającego oraz tulejki 4.

Na rys. 1.85 przedstawiono stojan silnika skokowego z cewkami 2 wmontowanymi wewnątrz, przyklejonymi do podstawy 1 i połączonymi ze sobą szeregowo. Do podstawy z dwóch stron są przymocowane pierścienie 3 z miękkiej stali. Na wewnętrznych powierzchniach tych pierścieni znajduje się po osiem biegunów, ustalających położenie wirnika po każdym skoku (45°).

Wirnik (rys. 1.86) składa się z dwóch krążków 3 z miękkiej stali, osadzonych na wałku 1. Krążki te po wmontowaniu znajdują się po obu stronach stojana. Na wewnętrznej powierzchni każdego krążka jest przyklejonych osiem magnesów trwałych 4 w odległości 45° od siebie. W silniku zmontowanym magnesy znajdują się naprzeciw siebie, ustawione różnoimiennymi biegunami do siebie. Między magnesami i cewkami powinien być pewien luz. Pierście-

nie ustalające położenie wirnika odgrywają również rolę ekranów zabezpieczających przed działaniem zewnętrznych pól magnetycznych. Na końcu wałka wirnika jest osadzony zębnek 2, zazębiający się z kołem przekładni zliczającej.

Na rys. 1.87 przedstawiono silnik skokowy bez tradycyjnego stojana w kształcie jarzma. Tego typu silniki mają zastosowanie w zegarkach produkcji niemieckiej. Z obydwu stron wałka 3, ponad wirnikami 6, są umocowane dwie cewki, do których podłącza się napięcie poprzez końcówki wyprowadzenia 1. Wirnik jest otoczony płaszczem 5 z miękkiej stali, spełniającym funkcję stojana. Pozycję spoczynkową wir-



nika utrzymują kolki spoczynkowe 2. Silnik stanowi kompletne urządzenie, które wmontowuje się do mechanizmu jako jeden zespół.

1.9. Elementy i układy elektroniczne

1.9.1. Wiadomości wprowadzające

Jednym z najnowszych działów elektrotechniki jest **elektronika** — dziedzina nauki i techniki zajmująca się badaniem i wykorzystaniem zjawisk związanych z ruchem swobodnych elektronów w próżni, gazach i ciałach stałych. Elektronika obejmuje teorię działania, konstrukcję i technologię tzw. przyrządów elektronowych (lamp, tranzystorów), a w szerszym znaczeniu — także układów i urządzeń, w których te przyrządy się stosuje.

Urządzenia elektroniczne mają obecnie coraz szersze zastosowanie w różnych dziedzinach nauki i techniki, a powstanie i rozwój nowych dziedzin, jak np. loty kosmiczne i badanie kosmosu, bez elektroniki byłyby w ogóle niemożliwe.

Za wyraz nowoczesności przemysłu uważa się obecnie w świecie wskaźniki rozwoju elektroniki. Wysoko uprzemysłowione kraje, jak Japonia, USA, szczytą się przeważającym udziałem przemysłu elektronicznego w globalnej produkcji przemysłowej.

Polsce daleko jeszcze do osiągnięcia takiego poziomu rozwoju, zwłaszcza że nasz przemysł elektroniczny nie miał prawie żadnych tradycji i powstał stosunkowo niedawno — dosłownie z niczego. A jed-

nak elektronika polska rozwija się, można powiedzieć, imponująco, co zmusza także i zegarmistrzów do doksztalcania się w dziedzinie napraw zegarów i zegarków elektronicznych, których coraz więcej znajduje się w użyciu.

W elektronice mają zastosowanie różne elementy elektroniczne, niektóre również takie same, jak w elektrotechnice, np. rezystory, kondensatory (opisane w rozdz. 1.3.2 i 1.3.3), ale o znacznie mniejszych wymiarach. Natomiast typowymi elementami elektroniki są diody i tranzystory, których budowa opiera się na wykorzystaniu właściwości półprzewodników, a także układy scalone.

1.9.2. Rezystory i kondensatory

Rezystor ma zastosowanie w urządzeniach elektronicznych w obwodach prądu stałego w celu:

- zmniejszenia wartości prądu w obwodzie,
 - podziału napięcia w obwodzie,
 - uzyskania zmian napięcia poprzez zmiany prądu,
 - ochrony styków przed iskrzeniem lub zabezpieczeniem innych elementów elektronicznych,
 - symulacji obciążenia,
 - technicznych pomiarów rezystancji.
- Oczywiście rezystor zachowuje swoje właściwości również w obwodzie prądu przemiennego, zgodnie z prawem Ohma.

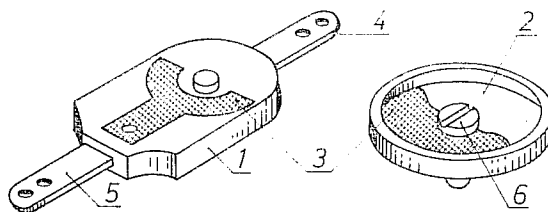
W urządzeniach elektronicznych mają także zastosowanie rezystory o regulowanej, czyli płynnie nastawianej rezystancji. Są to tzw. **potencjometry**. Rozróżnia się potencjometry obrotowe i przesuwne. Rezystory nastawne są niezastąpione do kompensacji tolerancji parametrów elementów elektronicznych i ustalania punktów pracy układu oraz progu zadziałania⁹⁾ urządzenia.

Kondensator jest również ważnym elementem elektronicznym. W odróżnieniu od rezystora stosuje się go prawie wyłącznie tam, gdzie mamy do czynienia ze zmiennym napięciem lub prądem. W obwodach prądu stałego w stanie ustalonym kondensator nie wykazuje żadnego działania. Natomiast w obwodach prądu przemiennego kondensator spełnia różne funkcje.

Kondensatory dostrojcze (stroikowe), zwane ogólnie **trymerami**, są kondensatorami o małym zakresie zmian pojemności. Na rys. 1.88 przedstawiono jedno z

Rys. 1.88. Kondensator dostrojczy (trymer)

1 — stator ceramiczny, 2 — rotor ceramiczny, 3 — okładzina metalizowana, 4 i 5 — doprowadzenia, 6 — oś do nastawiania pojemności (obracania rotora)



rozwiązań takiego kondensatora. Zmiana pojemności odbywa się pokręcaniem osi, mającej kształt wkręta, która zmienia powierzchnię czynną okładzin kondensatora. Dielektrykiem w takim kondensatorze są materiały ceramiczne. Na płytce cera-

miczne są nałożone okładziny metodą metalizacji.

W obwodach drukowanych stosuje się kondensatory dostrojcze ceramiczne w kształcie rurki, otoczonej zewnątrz okładziną metalową w postaci tulejki. Rurkę ceramiczną wraz z okładziną zewnętrzną wkręca się w gwintowany trzpień metalowy, stanowiący okładzinę wewnętrzną.

Pojemność trymera można zmieniać od kilku do kilkudziesięciu pikofaradów.

1.9.3. Diody

Dioda jest prostym przyrządem elektronicznym, który łatwo przepuszcza prąd w jednym kierunku i prawie nie przepuszcza w kierunku przeciwnym. Swym wyglądem może ona przypominać rezystor, gdyż podobnie jak on ma dwie końcówki: anodę i katodę. Na obudowie diody, w pobliżu katody, znajduje się znak w kształcie barwnego pierścienia, co chroni przed pomyleniem końcówek.

Diode uważa się za pewnego rodzaju „zawór elektryczny”, gdyż prąd może przez nią przepływać tylko wtedy, gdy anoda jest spolaryzowana dodatnio względem katody. Czasem nazywa się diodę prostownikiem, ale jest to słuszne tylko wtedy, gdy jest zastosowana do prostowania napięć lub prądów.

Rozróżnia się diody półprzewodnikowe i lampowe. **Dioda półprzewodnikowa**,

mająca obecnie większe zastosowanie, pracuje na zasadzie wykorzystania właściwości złącza p - n , powstałego z połączenia półprzewodnika typu n i typu p .

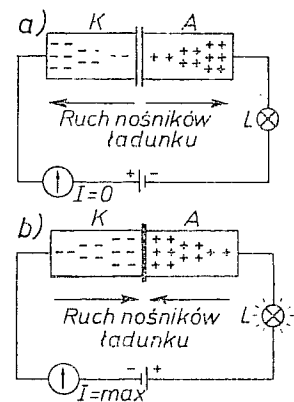
Za pomocą specjalnych urządzeń wytwarza się we wnętrzu płytki krzemowej (lub germanowej) dwie strefy stykające się na pewnej powierzchni. Jedna część takiej płytki jest tak spreparowana, że zawiera nadmiar elektronów; ta strefa nosi nazwę n (półprzewodnik typu n — od negatywny). Obszar stykający się z tą strefą wykazuje znaczny niedobór elektronów w wiązaniach atomowych i nosi nazwę strefy p (półprzewodnik typu p — od pozytywny). Między tymi dwiema strefami tworzy się bardzo cienka warstwa zaporowa, która nie może być pokonana przez elektrony bez oddziaływania zewnętrznego. Elektrony nie mogą więc przepływać ze strefy n do strefy p .

Przepływ prądu przez diodę odbywa się zawsze od anody do katody i następuje tylko wtedy, gdy napięcie na anodzie jest wyższe od napięcia na katodzie o pewną wartość, zwaną napięciem przewodzenia. Napięcie to zależy od rodzaju półprzewodnika, z którego wykonano diodę. Dla krzemu wynosi ono $0,6 \div 0,7$ V, dla germanu — $0,2 \div 0,3$ V.

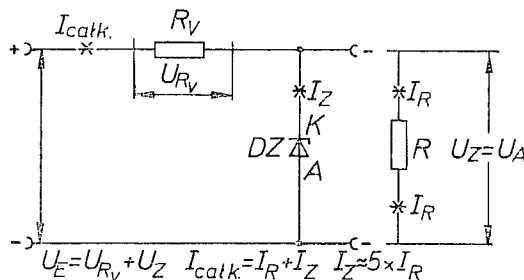
Podłączenie napięcia zewnętrznego tak, jak na rys. 1.89a, odpowiada polaryzacji zaporowej — potencjał dodatni na katodę K , a ujemny na anodę A . Wówczas elektrony odpływają od obszaru warstwy zaporowej, która się powiększa. Przepływ prądu

jest wtedy niemożliwy. Gdy natomiast polaryzacja zostanie zmieniona, tzn. potencjał dodatni na anodę, jak na rys. 1.89b, wtedy prąd może płynąć, gdyż elektrony z katody są przyciągane przez dodatnią anodę, a zewnętrzne napięcie likwiduje strefę zaporową.

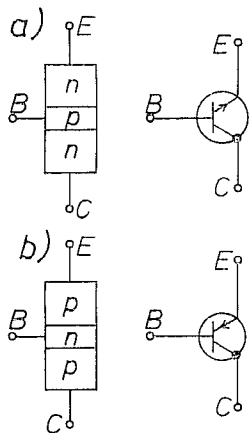
Dioda ma w elektronice bardzo różne zastosowanie, dlatego istnieją diody o różnych parametrach. Znane są **diody Zenera**, stosowane do dokładnej stabilizacji napięć. Dioda tego typu pracuje prawie zawsze w zakresie zaporowym, przy napięciu określonym jako tzw. napięcie Zenera, wynoszące np. 9 V. Niewielka zmiana napięcia diody, np. o 0,1 V, powoduje silny wzrost prądu diody, co może spowodować jej zniszczenie. Dlatego w celu stabilizacji napięcia dioda Zenera jest włączana szeregowo z rezystorem (rys. 1.90), wskutek czego jej prąd zostaje ograniczony. Stosując taki układ jak na rys. 1.90, ze źródła o dowolnie wysokim napięciu można uzyskać stabilne napięcie Zenera. Napięcie na diodzie Zenera DZ jest równe napięciu przebicia, bez względu na prąd przez nią przepływający. Ponieważ war-



Rys. 1.89. Schematyczne wyjaśnienie działania diody: a) stan zaporowy, b) stan przewodzenia



Rys. 1.90. Schemat stabilizatora napięcia z diodą Zenera włączoną w obwód szeregowo z rezystorem



Rys. 1.91. Struktury tranzystorów: a) $n-p-n$ oraz b) $p-n-p$ i ich symbole graficzne

tość tego napięcia nie ulega zmianom, może więc być użyta do stabilizacji napięcia zasilania obwodów elektronicznych.

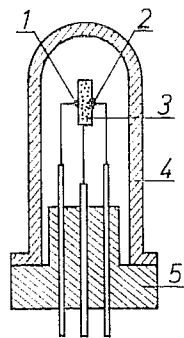
Diody świecące (oznaczane LED, od początkowych liter z języka angielskiego: Light Emitting Diode — światło emitująca dioda), są wykonywane o różnych wymiarach i kolorach. Najbardziej rozpowszechnione są diody świecące na czerwono, o napięciu przewodzenia ok. 1,4 V, stosowane dawniej we wskaźnikach cyfrowych zegarków kwarcowych. Również często są stosowane, zwłaszcza w kalkulatorach kieszonekowych, diody świecące na zielono, o napięciu przewodzenia ok. 2 V.

1.9.4. Tranzystory

Tranzystor to podstawowy — można by powiedzieć — najważniejszy element elektroniki. Jest przyrządem półprzewodnikowym z trzema elektrodami, mający zdolność wzmacniania sygnału elektrycznego. Pełni również funkcję przełącznika elektrycznego. Został wynaleziony w roku 1948 przez fizyków amerykańskich: Bardena, Brattaina i Shockleya, którzy otrzymali za to nagrodę Nobla. Nazwa: tranzystor powstała z połączenia skrótów wyrazów angielskich: transfer i rezistor (opór przesyłu). Ze względu na zasadę pracy tranzystory dzieli się na bipolarne i unipolarne. **Tranzystor bipolarny** jest utworzony z trzech obszarów $n-p-n$ lub $p-n-p$ (rys. 1.91). W tranzystorze bipolarnym są dwa

rodzaje nośników: mniejszościowe i większościowe (elektrony i dziury), stąd nazwa: bipolarny. Trzy elektrody tranzystora bipolarnego mają nazwy: **emiter** — E , **baza** — B , **kolektor** — C , przy czym emiter i kolektor mają ten sam typ przewodnictwa, a baza oddziałająca emiter i kolektor — odwrotny typ przewodnictwa.

Tranzystor bipolarny składa się z małego kryształu krzemu lub germanu i połączonych z nim trzech elektrod: emitera 1 (rys. 1.92), kolektora 2 i bazy 3; całość znajduje się w obudowie 4 połączony z podstawą 5. Krzem (lub german) użyty do budowy tranzystora został najpierw dokładnie oczyszczony chemicznie, a następnie specjalnie „zanieczyszczony” przez domieszkowanie do wnętrza jednej jego części atomów donorowych (np. arsenu), a do drugiej części atomów akceptorowych (np. indu). W ten sposób są uzyskiwane dwa różne obszary: n oraz p , podobnie jak w diodzie półprzewodnikowej. W zależności od ułożenia tych obszarów, a zatem i kierunku prądu w obwodzie sterowanym, uzyskuje się tranzystory typu $n-p-n$ oraz tranzystory typu $p-n-p$ (rys. 1.93). Istotna różnica między tranzystorami typu $p-n-p$ - a $n-p-n$ polega na odmiennej polaryzacji napięć roboczych. Emiter tranzystora typu $p-n-p$ jest dołączony do dodatniego bieguna baterii, a kolektor i baza tego tranzystora są polaryzowane napięciem ujemnym — zwykle przez rezystor. Natomiast emiter tranzystora typu $n-p-n$ jest połączony z ujemnym biegunem bате-



Rys. 1.92. Schemat budowy tranzystora
1 — emiter, 2 — kolektor, 3 — baza,
4 — obudowa, 5 — podstawa

rii, a kolektor i baza są połączone przez rezystory z biegunem dodatnim.

W praktyce ma zastosowanie bardzo wiele typów tranzystorów różniących się takimi parametrami, jak: szybkość działania, dopuszczalny prąd przewodzenia, maksymalna moc, maksymalne napięcie przebicia. Ostatnio są produkowane wyłącznie tranzystory krzemowe typu *n-p-n*, odznaczające się lepszymi parametrami użytkowymi niż germanowe.

Tranzystor ma właściwości zbliżone do lampy elektronowej, czyli triody. Jego działanie można też porównać z działaniem przekaźnika, który wzbudzony słabym prądem jednego obwodu uruchamia drugi obwód o znacznie większej mocy.

Zasadę działania tranzystora wyjaśnia model hydrauliczny przedstawiony na rys. 1.94. Z dużego zbiornika cieczy 1 są wyprowadzone dwie rurki: górna, cieńsza 2 z kurkiem zaworowym 4 i dolna, grubsza 3. Końce tych rurek są zatkane płytką 6, zawieszoną w punkcie jej obrotu 7 i dociskaną sprężyną 5. Aby nastąpił przepływ cieczy z rurki 3, należy otworzyć kurek 4. Wówczas nawet małe ciśnienie cieczy wpływającej z tej rurki będzie zdolne odciągnąć płytkę w dół i spowodować przepływ cieczy z grubszej rurki 3. Podobnie się dzieje w tranzystorze, którego elementy są umieszczone na schemacie i zaznaczone tą samą numeracją.

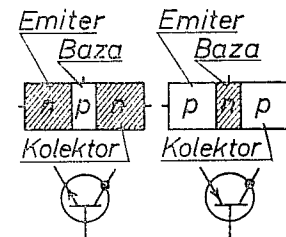
W działaniu tranzystora rozróżniamy trzy stany (obszary) jego pracy, w zależności od wartości i polaryzacji napięć na złą-

czach emitera *E* i kolektora *C*. Tranzystor znajduje się w stanie:

- zatkania (odcięcia) — gdy oba złącza są spolaryzowane w kierunku zaporowym,
- aktywnym (czynnym) — gdy złącze emitera jest spolaryzowane w kierunku przewodzenia, a złącze kolektora w kierunku zaporowym,
- nasycenia — gdy oba złącza są spolaryzowane w kierunku przewodzenia.

Jeżeli tranzystor pracuje impulsowo, np. jako klucz elektronowy (co ma miejsce w napędzie elektrycznym regulatora zegarowego), wykorzystuje się wtedy trzy obszary jego charakterystyk z tym, że punkt pracy szybko przechodzi przez obszar czynny, w czasie zmiany stanu zatkania na stan nasycenia.

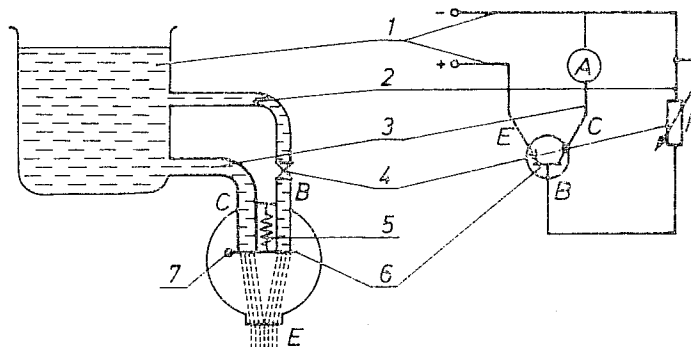
Tranzystor unipolarny jest sterowany polem elektrycznym, w którym występuje tylko jeden rodzaj prądu, a mianowicie utworzony tylko przez nośniki większościowe (tylko elektrony albo tylko dziury). Tranzystory unipolarne dzieli się na dwie grupy: tranzystory złączeniowe (FET) oraz

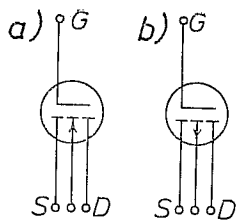


Rys. 1.93. Schematy budowy dwóch podstawowych tranzystorów i ich symbole graficzne

Rys. 1.94. Model hydrauliczny wyjaśniający działanie tranzystora

1 — źródło zasilania, 2 — obwód bazy, 3 — przewód kolektora, 4 — regulator przepływu energii przez bazę (rezystor), 5 — sprężyna dociskająca płytkę, 6 — płytką zaporową (w tranzystorze — polaryzacja), 7 — zawieszenie płytki





Rys. 1.95. Symbole graficzne tranzystorów unipolarnych MOS z izolowaną bramką: a) pracujący na zasadzie wzbogacania z kanałem typu *n*, b) pracujący na zasadzie zubożania z kanałem typu *p*

G — bramka, *S* — kontakt metaliczny źródła, *D* — kształt metaliczny drenu

tranzystory z izolowaną bramką (MOS). Tranzystor typu MOS lub MOSFET ma kilka nazw związanych ze swoją strukturą i zasadą pracy.

Na **rys. 1.95** przedstawiono symbole graficzne tranzystorów unipolarnych MOS z izolowaną bramką.

Tranzystor jest elementem czynnym, który w większości układów elektronicznych zastępuje stosowane przedtem lampy elektronowe. W porównaniu z lampą elektronową tranzystor ma następujące zalety:

- małe wymiary,
- dużą trwałość i niezawodność,
- bardzo dużą odporność na wstrząsy mechaniczne,
- małe napięcie zasilania,
- brak napięcia żarzenia.

Wadami tranzystora w porównaniu z lampami są:

- ograniczona moc i napięcie pracy,
- większa wrażliwość na zmiany temperatury,
- mała odporność na zwarcia i iskrzenia.

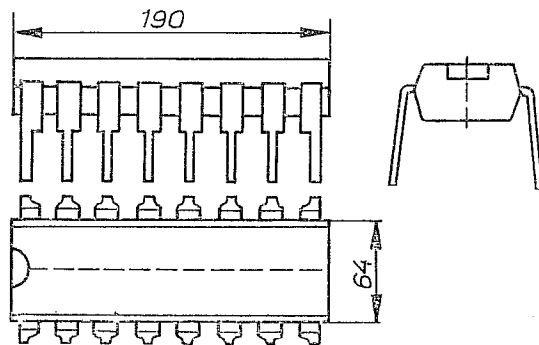
Ponieważ moc potrzebna do sterowania tranzystora jest bardzo mała, tranzystor ma znaczną przewagę nad lampą, tym bardziej, że ma on małe wymiary, niewielką masę i brak żarzenia, które powoduje w lampie wydzielanie się dużych ilości ciepła.

1.9.5. Układy scalone

Olbrzymim osiągnięciem w rozwoju elektroniki stało się wprowadzenie techniki układów scalonych.

Układem scalonym nazywa się mikrostrukturę charakteryzującą się tym, że wszystkie elementy lub pewna liczba elementów układu wraz z połączeniami są nierozłącznie związane ze sobą konstrukcyjnie, w jednym cyklu technologicznym wewnątrz lub na powierzchni wspólnego podłoża. Układu wykonanego w ten sposób nie można demontować bez uszkodzenia, nie można również zmieniać połączeń między jego elementami ani naprawiać. Układ scalony jest więc pojedynczym, niepodzielnym elementem elektronicznym — tak jak w technice klasycznej rezystor, kondensator, dioda lub tranzystor, w którym elementy układu są związane ze sobą wewnątrz wspólnego podłoża lub na jego powierzchni. Układ scalony, jako zespół przeznaczony bezpośrednio do montażu w urządzeniach elektronicznych, stanowi wraz z obudową np. niewielką kostkę o przekroju prostokątnym z szeregiem wyprowadzeń końcówek lutowniczych (**rys. 1.96**).

Podłożem układu scalonego jest najczęściej półprzewodnik krzemowy, wewnątrz



Rys. 1.96. Przykład układu scalonego

którego wskutek kolejnych dyfuzji domieszek są wytwarzane strefy o różnym rodzaju przewodnictwa. Strefom tym odpowiadają elementy obwodu elektrycznego w postaci diod, tranzystorów, rezystorów, kondensatorów. Są one wykonane jednocześnie technologią epiplanarną (metoda nakładania). Na podłożu półprzewodnikowym nanoszone są również metodami techniki próżniowej ścieżki przewodzące, warstwy rezystancyjne itp.

Układy scalone klasyfikuje się ze względu na sposoby wytwarzania lub uzyskany **stopień scalenia** (skalę integracji), określający liczbę elementów w pojedynczej strukturze układu.

Liczba elementów w układzie scalonym zwiększała się z czasem, wskutek ulepszenia technologii. Tak zwana **gęstość upakowania**, określająca liczbę elementów w 1 mm² struktury układu scalonego, dla najnowszych technologii wynosi około 1000.

Układy scalone są wytwarzane w szerokim asortymencie: od prostych (np. bramki logiczne) do bardzo rozbudowanych (np. pamięci, kalkulatory), przy czym miarą złożoności układu jest stopień scalenia. W zależności od stopnia scalenia rozróżnia się układy scalone:

- o małym stopniu scalenia — do 10 elementów,
- średnim — do 100 elementów,
- dużym — powyżej kilkuset,
- bardzo dużym — ponad 100 000 elementów.

Ze względu na cechy technologiczno-konstrukcyjne układy scalone dzieli się na półprzewodnikowe (monolityczne) i warstwowe (hybrydowe).

Półprzewodnikowe układy scalone dzieli się na bipolarne i unipolarne — w zależności od tego, jakiego rodzaju tranzystory stanowią podstawowe elementy czynne.

Układy scalone unipolarne są nazywane układami MIS (Metal-Insulator-Semireductor) lub MOS (Metal-Oxid-Semireductor). Izolatorem jest najczęściej tlenek krzemu. Najbardziej charakterystyczną cechą układów scalonych MOS jest to, że tranzystory spełniają w tych układach wszystkie funkcje elementów czynnych i biernych, są więc jedynymi elementami układów.

Układy MOS są produkowane niemal wyłącznie jako układy o dużym stopniu scalenia (wielkiej skali integracji), przede wszystkim układy pamięciowe, kalkulatorowe, zegarkowe i mikroprocesory. Układy te stanowią szczytowe osiągnięcia współczesnej mikroelektroniki i tylko dzięki nim można było wyprodukować naręczne zegarki kwarcowe (elektroniczne).

1.9.6. Obwody drukowane

Pojedyncze tranzystory, rezystory i kondensatory mają zastosowanie w zegarach domowych i budzikach z elektrycznym napędem regulatora. Poszczególne ele-

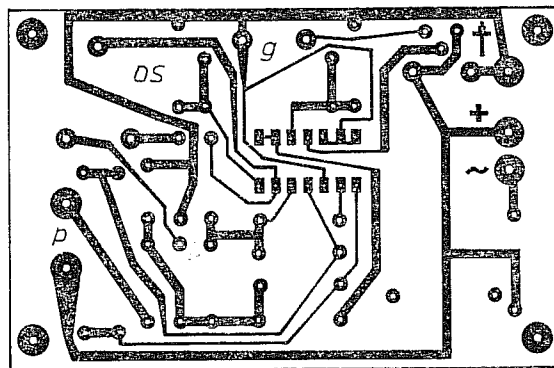
menty elektroniczne są zwykle montowane na płytkach z laminatu epoksydowo-szklanego lub innego tworzywa sztucznego, na których są nałożone miedziane ścieżki przewodzące. Płytki takie nazywa się obwodami drukowanymi, mimo że ich wykonanie niewiele ma wspólnego z techniką druku.

Są stosowane cztery metody wykonywania obwodów drukowanych:

- druk farbą zawierającą srebro i wypalanie,
- trawienie płytki pokrytej folią metalową,
- wytłaczanie,
- napylenie płynnego metalu.

Na rys. 1.97 przedstawiono obwód drukowany dzwonka elektronicznego typu słowik.

Montaż układów elektronicznych na obwodach drukowanych jest wygodny zarówno w produkcji przemysłowej, jak i w praktyce naprawczej. Do wykonywania obwodu drukowanego metodą trawienia jest potrzebny rysunek ścieżek przewodzących, wykonany na podstawie sche-



Rys. 1.97. Obwód drukowany dzwonka elektronicznego typu słowik

matu ideowego z uwzględnieniem rozmieszczenia i wymiarów elementów. Rysunek ten fotografuje się w celu wykonania kliszy. Następnie przez tę kliszę zostaje naświetlona emulsja światłoczuła, którą wcześniej pokryto płytkę z tworzywa wraz ze znajdującą się na niej warstwą miedzi. Wskutek naświetlenia emulsja ulega rozpuszczeniu w miejscach naświetlonych. Po tej czynności płytkę zanurza się w roztworze chlorku żelaza, który wytrawia miedź z powierzchni nie pokrytych emulsją. Ostatnia faza to zmycie emulsji naświetlonej z nad ścieżek miedzianych i wywiercenie otworów na nóżki elementów.

Zastosowanie obwodów drukowanych znacznie ułatwiło produkcję zegarów elektrycznych oraz ich naprawę przez wymianę uszkodzonych elementów na płycie montażowej lub — w razie potrzeby — wymianę całego bloku elektrycznego wraz z płytką.

2. Wiadomości wprowadzające

2.1. Zegary mechaniczne a elektryczne

Porównywanie zegarów mechanicznych z elektrycznymi może wypaść na korzyść mechanicznych lub elektrycznych, w za-

leżności od przyjętego kryterium. Podstawowymi kryteriami takiego porównania są przede wszystkim koszt zegara oraz dokładność jego chodu. Zegary elektryczne, a zwłaszcza kwarcowe, przewyższają swą dokładnością zegary mechaniczne, ale są od nich droższe. Jednak w tych przypadkach, gdy chodzi o wysoką dokładność chodu, chętniej zastosuje się zegar elektroniczny mimo jego wyższej ceny. Zegar mechaniczny z napędem sprężynowym, z ośmiiodniową pojemnością napędu, po naciągnięciu sprężyny wykazuje przyspieszenie, przez kilka dni chodzi prawidłowo, a przy końcu opóźnia. Nie wykazuje takich różnic zegar z napędem obciążnikowym. Trzeba jednak pamiętać o jego nakręcaniu. Natomiast zegary elektryczne mają chód równomierny i nie trzeba ich nakręcać.

Do domowego użytku praktyczne są **zegary bateryjne**. Odznaczają się dobrą dokładnością chodu, jednak co roku wymagają wymiany baterii. Są to zegary z naciąganiem elektrycznym, napędzane sprężyną śrubową, naciągana co kilka minut, lub **zegary z elektrycznym napędem balansu**. Te ostatnie składają się z niewielu części i są napędzane tak małymi momentami obrotowymi, że obciążenie czopów w łożyskach jest znikome. Mogą więc mieć delikatną budowę i nie muszą być smarowane.

Pewność działania zegarów elektrycznych nie jest wcześniejsza od pewności działania zegarów mechanicznych.

Naręczny zegarek mechaniczny nie jest tak dokładny jak elektroniczny, przy czym występują różnice chodu mechanicznego zegarka naręcznego w różnych pozycjach podczas noszenia. Jeśli zegarek ma naciąg automatyczny, to nie wymaga nakręcania i jego chód jest dokładniejszy wskutek stałego napięcia sprężyny napędowej. W wyborze zegarka naręcznego lub zegara domowego odgrywa też pewną rolę panująca moda. Współczesny człowiek przedkłada zegary elektroniczne nad mechaniczne nie tylko ze względu na modę, ale i dlatego, że są one wygodniejsze w użyciu. Stąd też zegary elektryczne i elektroniczne wypierają coraz bardziej zegary mechaniczne, zarówno noszone — kieszonkowe i naręczne, jak i nienoszone — biurkowe, domowe i uliczne.

Uzyskanie dokładnych i jednakowych wskazań zegarów mechanicznych zainstalowanych np. na dworcach kolejowych, w salach fabrycznych i innych miejscach publicznych jest w zasadzie niemożliwe. Można to jednak uzyskać przez zastosowanie **sieci czasu**, tj. zainstalowanie **zegarów wtórnych**, sterowanych impulsami elektrycznymi, wysyłanymi z jednego, dokładnie chodzącego **zegara pierwotnego** (głównego).

Stosowane dawniej w biurach, zakładach przemysłowych i instytucjach publicznych zegary mechaniczne z napędem indywidualnym zastępuje się zegarami wtórnymi, przyłączanymi do sieci czasu. Oprócz tego zegary wtórne mogą być wy-

korzystane w prosty sposób do sterowania procesami laboratoryjnymi lub przemysłowymi. Mogą też być podłączone do różnych przyrządów, które w określonym czasie włączają odpowiednią aparaturę, urządzenia sygnalizujące np. początek lub koniec pracy czy zajęć w szkołach.

Z zegarami wtórnymi konkurują elektryczne **zegary synchroniczne**, które stosowane są tam, gdzie w sieci energetycznej prądu przemiennego jest utrzymywana stała częstotliwość. W naszych elektrowniach odchylenie częstotliwości od znamionowej, wynoszącej 50 Hz, często jest przekraczane nawet do ± 1 Hz, co jest niedopuszczalne, gdyż błędy wskazań zegarów synchronicznych wynosiłyby wtedy do 30 minut na dobę. W krajach, w których stosuje się urządzenia kontrolujące częstotliwość prądu przemiennego i utrzymujące ją w bardzo wąskich granicach, np. w USA i Niemczech, zegary synchroniczne są bardzo rozpowszechnione.

W ciągu ostatnich dziesiątków lat obserwuje się ciągły wzrost produkcji zegarów i zegarków elektrycznych i elektronicznych. Jako dowód może posłużyć fakt podany przez fachową literaturę zagraniczną, że największa w Europie fabryka zegarów JUNGHANS w roku 1958 produkowała 90% zegarów mechanicznych, a 10% elektrycznych; po dziesięciu latach sytuacja stała się odwrotna — zegary bateryjne stanowiły 90% całej produkcji tej firmy. Podobne sytuacje istnieją w wielu fabrykach szwajcarskich.

Czy wobec tego zegary mechaniczne zostaną zupełnie zastąpione przez zegary elektryczne? Być może do tego nie dojdzie — zwykłe rowery są stale używane mimo istnienia motocykli i samochodów. Obydwa rodzaje zegarów i zegarków będą się raczej uzupełniały. Przykładem tego może być ostatnia nowość firmy japońskiej SEIKO, mianowicie — zegarek naręczny, który jest jakby połączeniem zegarka o naciągu automatycznym z zegarkiem elektronicznym zaopatrzonym w oscylator kwarcowy. O szczegółach technicznych i sposobie działania będzie mowa w rozdziale 7.6. Znane są też wypowiedzi niektórych producentów szwajcarskich fabryk zegarków na temat przyszłości zegarków mechanicznych i elektronicznych. Mówią oni, że zegarkiem przyszłości do codziennego użytku będzie raczej zegarek elektroniczny, ze względu na jego większą dokładność chodu, oczywiście, jeśli jego cena nie będzie przekraczać ceny zegarka mechanicznego. Natomiast pamiątkowym prezentem rodzinnym będzie zawsze zegarek mechaniczny dobrej jakości, w kopercie z metalu szlachetnego w połączeniu z bransoletką z tego samego metalu. Dlatego również obecnie, w dobie rozwoju zegarków elektronicznych, wiele firm szwajcarskich produkuje zegarki mechaniczne, kieszonkowe i naręczne, ze skomplikowanymi mechanizmami, zaopatrzonymi często w **stoper** i **wieczny kalendarz**, wskazujący dni tygodnia, dni miesiąca i fazy Księżyca.

2.2. Krótka historia zegarów elektrycznych i elektronicznych

Zjawiska elektryzowania się bursztynu przy pocieraniu go wełnianym materiałem oraz właściwości magnetyczne rud żelaza były znane już około roku 600 p.n.e. Pierwsze opisy tych zjawisk znajdują się w pismach greckiego uczonego, Talesa z Miletu. Nazwa: **elektryczność** pochodzi od greckiej nazwy bursztynu — elektron. Wyraz: **magnetyzm** pochodzi prawdopodobnie od starożytnej prowincji Magnezja, słynącej z rud magnetycznych.

Około roku 1600 W. Gilbert (1540—1603), Anglik, w swojej pracy wydanej drukiem uporządkował wszystkie ówczesne wiadomości o elektryczności i magnetyzmie. On to wprowadził nazwę: elektryczność, a przez Anglosasów został nazwany ojcem elektryczności. W doświadczeniach swoich z dziedziny elektryczności i magnetyzmu posługiwał się igłą magnetyczną osadzoną obrotowo na osi, co uważa się za początki pomiarów elektryczności.

Gruntowniejsze badania nad elektrycznością zostały przeprowadzone w połowie XVIII w. Związały one początek nauki o elektryczności z nazwiskami słynnych uczonych, jak Leibnitz, Franklin i in.

Już od początków poznania zjawisk związanych z elektrycznością starano się je wykorzystać w zegarmistrzostwie. Pierwszą próbę zastosowania elektryczności do

napędu zegara podjął J. Ferguson, zegarmistrz angielski, w roku 1775. Nie znano wtedy jeszcze dostatecznie źródeł prądu elektrycznego, więc próba się nie udała. K. Steinheil, fizyk niemiecki, w roku 1839 wynalazł bardzo praktyczny sposób wykorzystania prądu elektrycznego do przekazywania wskazań zegara na odległość. Prawie równocześnie ten sam pomysł zrealizowali dwaj Anglicy: A. Wheatstone (czyt. Łytstoun) i A. Bain. Dało to początek budowaniu **sieci czasu**, która składa się z zegara pierwotnego (głównego) oraz pewnej liczby zegarów wtórnych. Dużą zaletą sieci czasu jest fakt, że wszystkie te zegary wskazują czas jednakowy, zgodny z zegarem pierwotnym.

A. Bain, zegarmistrz z Edynburga, w roku 1841, skonstruował **elektryczny zegar wahadłowy** bez napędu mechanicznego i bez przekładni zębatej. Wahadło tego zegara otrzymywało impulsy od elektromagnesu, umieszczonego tuż pod wahadłem, i przekazywało ruch obrotowy przekładni wskazań. Zegary tego typu nie były szerzej stosowane, gdyż impulsy pochodzące od elektromagnesu były nierówne, wskutek czego chód zegarów był niedokładny.

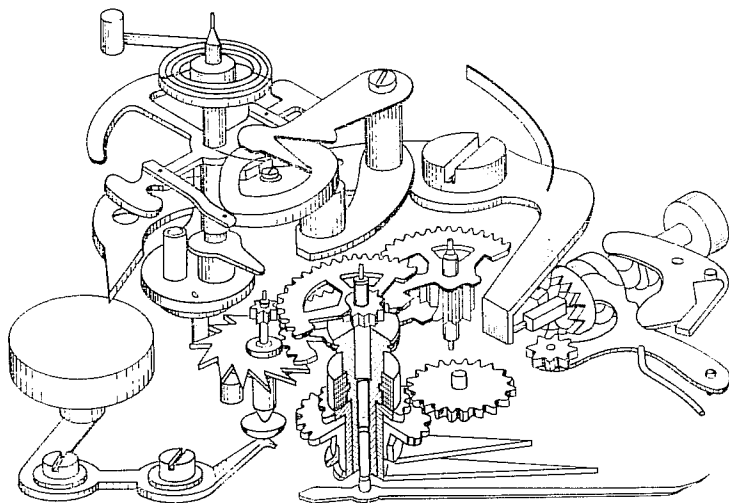
Podobny zegar z elektrycznym napędem wahadła zbudował M. Hipp, Szwajcar, w roku 1865. Wahadło tego zegara otrzymywało impulsy tylko wtedy, gdy amplituda jego wahań zmniejszyła się do pewnej granicy, dlatego zegar ten odznaczał się większą dokładnością chodu. Urządzenia

tego typu spotyka się w zegarach średniej dokładności, zwłaszcza do sterowania sieci czasu.

W roku 1901 zgłoszono patent na **zegar z elektromagnetycznym napędem wahadła**. Pomysłana konstrukcja zawierała już takie elementy, jak magnes trwały, cewkę, styki, baterię, które w 30 lat później zastosowano w zegarach francuskiej firmy ATO, a następnie według systemu ATO — w zegarach produkowanych przez niemiecką firmę JUNGHANS.

W roku 1918, H. E. Warren (czyt. Łoren), Anglik, skonstruował **zegar synchroniczny**. Zegar taki zamiast mechanizmu ma wmontowany elektryczny silnik synchroniczny, który obraca się z prędkością zależną tylko od częstotliwości prądu przemiennego, którym jest zasilany. Jeżeli elektrownia utrzymuje stałą częstotliwość,

Rys. 2.1. Schemat zegarka z elektrycznym napędem balansu



np. 50 Hz, to zegar synchroniczny wskazuje czas prawidłowo.

Bardzo dokładny zegar z elektrycznym napędem wahadła skonstruował, w roku 1921, Anglik, H. Shortt (czyt. Szort). Właściwie **zegar Shortta** składa się z dwóch zegarów połączonych przewodami i współpracujących ze sobą. Jeden z nich jest zegarem niezależnym (master — pan), a drugi zależnym (slave — sługa). Wahadło zegara niezależnego otrzymuje impuls co pół minuty, a poza tym waha się swobodnie. Zegary tego typu przez wiele lat miały zastosowanie w instytucjach naukowych i w obserwatoriach astronomicznych do dokładnych pomiarów czasu. Inne wynalazki w dziedzinie zegarów elektrycznych mają na celu nakręcanie zwykłych zegarów mechanicznych za pomocą prądu elektrycznego. Urządzenie takie, nazywane **naciąganiem elektrycznym**, zastosowano do zegarów wahadłowych z napędem obciążnikowym lub sprężynowym, jak również do zegarów balansowych z napędem sprężynowym.

Na wzór zegarów z napędem elektrycznym wahadła skonstruowano **zegarki z elektrycznym napędem balansu** ze sterowaniem stykowym. Pierwszy taki zegarek wyprodukowano w roku 1952 we francuskiej firmie LIP w Besançon, a od roku 1954 ruszyła seryjna produkcja tych zegarków. Zegarki takie nie mają przekładni napędowej ani przekładni chodu, lecz tylko zwalniającą przekładnię zliczającą i przekładnię wskazań (rys. 2.1).

Największy postęp w dokładności zegarów umożliwiło odkrycie **piezoelektryczności**¹⁰⁾, tj. właściwości kwarcu jako oscylatora oraz jako półprzewodnika. Już w roku 1924 W. A. Marrison, Anglik, wykonał schemat zegara kwarcowego, a następnie w roku 1929 zgłosił ten wynalazek do urzędu patentowego.

W roku 1948 trzech fizycy amerykańscy: Bardeen, Brattain i Shockely wynaleźli **tranzystor**, za co otrzymali nagrodę Nobla. Dzięki temu wynalazkowi, a zwłaszcza dzięki wykonaniu **układów scalonych**, powstała nowa grupa zegarków elektronicznych.

W roku 1957 wykonano pierwsze zegarki elektroniczne z **regulatorem kamertonowym** w Szwajcarii i w USA. Zegarki kamertonowe odznaczają się dużą dokładnością chodu, gdyż okres wahań kamertonu jest ponad 100 razy mniejszy niż regulatorów balansowych. Ich uchybienie chodu wynosi 0,1 s na dobę.

W roku 1962 pojawiły się pierwsze zegarki z elektrycznym napędem balansu ze **sterowaniem bezstykowym** za pomocą tranzystora. Jednak dokładność zegarków balansowych jest mniejsza niż kamertonowych. Dużo większą dokładnością chodu odznaczają się **zegary i zegarki kwarcowe**. Generatorem częstotliwości (regulatorem chodu) jest w nich **oscylator kwarcowy**. Płytką kwarcową oscylatora drga kilka tysięcy do kilku milionów razy na sekundę. W roku 1965 zastosowano w zegarach kwarcowych układy scalone. Pier-

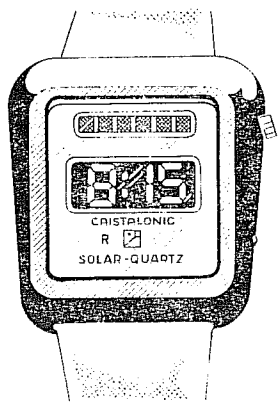
wsze zegarki kwarcowe ukazały się w Szwajcarii i w Japonii w roku 1968. Ich produkcja na większą skalę rozpoczęła się właśnie po zastosowaniu układów scalonych. Zegarek kwarcowy składa się z oscylatora kwarcowego, układu scalonego o dużym stopniu integracji, mikrosilnika skokowego wraz z urządzeniem wskaźnikowym oraz baterii zasilającej. Dokładność zegarów kwarcowych jest bardzo duża. Uchybienie chodu zegara kwarcowego, laboratoryjnego ze stabilizacją termiczną kwarcu wynosi 0,001 s na dobę, a naręcznego zegarka kwarcowego — 0,01 ÷ 0,1 s na dobę.

W roku 1969 szwajcarska firma Girard-Perregaux, pierwsza wykonała zegarek kwarcowy o częstotliwości oscylatora wynoszącej 32 768 Hz, która stała się podstawową częstotliwością dla większości zegarków naręcznych produkowanych do tychczas. Jeszcze w roku 1970 ukazały się równocześnie na rynku w Bazylei, Nowym Jorku i Tokio zegarki kwarcowe, oznaczone symbolem BETA 21, których częstotliwość oscylatora wynosiła 8192 Hz.

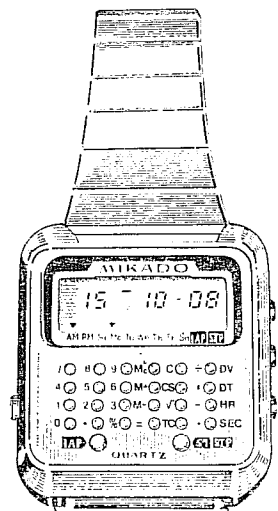
W roku 1970 pojawiły się pierwsze zegarki kwarcowe ze **wskazaniami cyfrowymi**. Nie ma w nich mikrosilnika z przekładnią ani wskazówek. Są stosowane dwa systemy wskaźników cyfrowych:

- z półprzewodnikowych diod świecących — LED,
- z ciekłych kryształów — LCD.

Cyfry wskaźnika LED, czerwone lub zielone, są trwałe i widoczne w ciemności, ale



Rys. 2.2. Zegarek kwarcowy z baterią słoneczną



Rys. 2.3. Kwarcowy zegarek naręczny ze wskazaniami cyfrowymi i z kalkulatorem

pobierają dużo energii — i dlatego świecą tylko po naciśnięciu przycisku umieszczonego w kopercie zegarka. Natomiast cyfry wskaźnika LCD „świecą” stale, gdyż pobierają mało energii, ale nie są trwałe i w ciemności są niewidoczne.

Zegarki elektroniczne wymagają wymiany baterii zasilającej. Aby tego uniknąć, niektóre firmy produkują zegarki wyposażone w **baterię słoneczną** (rys. 2.2), która pod wpływem światła ładuje akumulator (kondensator).

Zegarki kwarcowe o wskazaniach cyfrowych wskazują zwykle godziny i minuty, czasem także i sekundy, a po włączeniu kalendarza wskazują miesiąc i dzień miesiąca, czasem także i dzień tygodnia. Niektóre mogą spełniać funkcję stopera.

W ostatnich latach zegarki kwarcowe są wyposażone w urządzenia dodatkowe. Na przykład w USA ukazał się elektroniczny zegarek naręczny, który oprócz wskazywania czasu mierzy puls użytkownika.

Firma PULSAR, w USA, jako pierwsza wyprodukowała kwarcowe zegarki naręczne z kalkulatorem. Firmy japońskie: SEIKO, MIKADO i inne umieszczają klawiaturę kalkulatora na obudowie zegarka, poniżej wskaźnika cyfrowego (rys. 2.3).

Firma HEWLETT-PACKARD (USA), oprócz zegarków z kalkulatorem w obudowie zegarka, produkuje zegarki z kalkulatorem umieszczonym w bransolecie. Zegarek taki, oprócz wskazywania czasu, pełni jeszcze funkcję kalendarza, notatnika itp. Na całość urządzenia składają się — poza kal-

kulatorem — pamięć elektroniczna, kalendarz na okres 200 lat, chronometr z sygnalizacją alarmową, wskazania czasu na wskaźniku kalkulatora oraz wiele przycisków-przełączników. Również inne firmy produkują podobne zegarki kwarcowe, które spełniają różne funkcje dodatkowe. Umożliwiają np. ciągłą obserwację kosztu rozmowy telefonicznej, po zaprogramowaniu opłaty taryfowej za jednostkę czasu; obliczają liczbę dni między dwiema datami; przypominają sygnałem alarmowym o rozmowie telefonicznej w uprzednio zgłoszonym terminie. Można też zakodować w ich pamięci adresy i numery telefonów, które w każdej chwili można wywołać na wskaźniku cyfrowym.

Japońska firma SEIKO, w roku 1982, wyprodukowała pierwszy zegarek naręczny z ekranem telewizyjnym (rys. 2.4). Obraz na tym ekranie, o wymiarach 17 × 25 mm, jest widoczny także w świetle dziennym. Do zasilania telewizora są potrzebne dwie baterie o napięciu 3 V, które wystarczają na 5 godzin ciągłego działania. Do zasilania zegarka jest potrzebna jedna bateria, którą wymienia się co 2 lata.

Ta sama firma SEIKO, w roku 1987, zaprezentowała zegarek kwarcowy nie wymagający baterii do zasilania. W zegarku tym zastosowano **wahnik** (taki sam, jaki jest w zegarku mechanicznym do automatycznego naciągania sprężyny napędowej), służący do napędzania generatora prądu elektrycznego. Energia ta jest magazynowana w kondensatorze o niezwykle małej

upływności, dlatego po pełnym naładowaniu zapewnia kilkudniowe działanie leżącego bez ruchu zegarka.

Amerykańska firma SENSOR wyprodukowała zegarek o nazwie LASER 220, którego wskazania są widoczne zarówno w świetle dziennym, jak i w ciemności. Nowy wskaźnik cyfrowy, nazwany CDR (Cristal Diffusion Reflection), jest zaopatrzony w ampułkę zawierającą świecące pierwiastki tryt i fosfor. Ampułka ta jest hermetyzowana przez zatopienie za pomocą wiązki laserowej.

W wyniku ciągłego dążenia do uzyskania coraz dokładniejszego miernika czasu powstał **zegar atomowy**, zbudowany w USA w roku 1949. Teoretycznie zegar atomowy jest dokładniejszy od zegara kwarcowego milion razy. Praktycznie osiągnana dokładność jest mniejsza. Uchybienie chodu zegara atomowego wynosi 0,000001 s na dobę (1 s na 3000 lat). Zespół dziewięciu zegarów atomowych zainstalowanych w roku 1977 w PTB Braunschweig (Niemcy), służący do nadawania sygnałów radiowych dokładnego czasu, wykaże uchybienie chodu 1 s dopiero po 300 000 lat. Niemiecka firma Junghans produkuje zegary radiowe JUNGHANS-MEGA sterowane tymi sygnałami, a w roku 1989 skonstruowała naręczny zegarek radiowy, działający na tej samej zasadzie. Na kartach obsługi, dołączonych do tych zegarów, podaje się, że uchybienie 1 s zegary te wykażą dopiero po upływie 1 miliona lat.

Zastosowanie elektryczności w przyrządach

do mierzenia czasu sprawiło, że dokładność zegarów nowoczesnych, w szczególności kwarcowych i atomowych, jest blisko 100 milionów razy większa niż pierwszych zegarów mechanicznych. Tak dokładne zegary są stosowane w instytutach naukowych i obserwatoriach astronomicznych.

Od zegarka do codziennego użytku nie wymaga się tak dużej dokładności, większą rolę odgrywa jego cena. Dlatego też rozwinęła się produkcja tanich zegarków kwarcowych w Hongkongu i w Japonii, które zdobyły także rynek europejski. Do konkurencji przystąpiła Szwajcaria, która słynie również z produkcji zegarków luksusowych, a więc i drogich.

W roku 1980 odbyło się zebranie przedstawicieli producentów, zainicjowane przez jednego z dyrektorów firmy ETA, dr. Ernesta Thomkego. Dwaj inżynierowie tej firmy J. Müller i E. Mock, opracowali konstrukcję analogowego zegarka kwarcowego, który stanowi konkurencję dla tanich zegarków wschodnich. Jest to najtańszy zegarek średniej klasy. W zależności od wyposażenia kosztował, w roku 1988, 39 do 49 franków szwajcarskich. Nazwano go SWATCH (czyt. słocz — od angielskiego: Swiss Watch). Wkrótce ruszyła produkcja seryjna tych zegarków. W roku 1983 wyprodukowano ich już milion, a w roku 1986 — ponad 12 milionów. Są to zegarki nierozbieralne i nie wymagają konserwacji. Można tylko wymieniać baterie. Zegarek jest obliczony na 10 lat użyt-



Rys. 2.4. Kwarcowy zegarek naręczny z ekranem telewizyjnym

kowania, chociaż jego trwałość może być dwukrotnie większa. Produkcja jest całkowicie zautomatyzowana. Wszystkie jego elementy są wciskane, klejone lub zgrzewane, a mechanizm zamknięty na trwałe w kopercie z tworzywa sztucznego, co zapewnia wodoszczelność. Jego dokładność jest taka sama, jak innych zegarków kwarcowych średniej klasy, a więc 0,1 s na dobę.

2.3. Klasyfikacja zegarów elektrycznych i elektronicznych

Zegary elektryczne rozwinęły się z zegarów mechanicznych. Poszczególne kroki rozwoju tych zegarów można prześledzić na podstawie stosowanej zasady napędu. Wprowadzano stopniowo w konstrukcji zegara:

- naciąg elektryczny,
- napęd elektryczny,
- elektromechaniczne zliczanie wskazań.

Właśnie te zasady, przez zastosowanie odpowiednich mechanicznych i elektrycznych elementów, stały się rozpoznawczymi cechami zegarów elektrycznych.

Między zegarami mechanicznymi a elektrycznymi są pewne, zasadnicze różnice. Zegarami elektrycznymi, w odróżnieniu od zegarów mechanicznych, przyjęło się ogólnie nazywać takie zegary, których energia napędowa jest pobierana ze źródła energii elektrycznej. Zróznicowanie sy-

stemów napędowych zegarów elektrycznych umożliwia ich podział na grupy o wspólnych cechach. Najczęściej cechy te wiążą się z rozwojem technicznym mechanizmów zegarowych lub z rozwojem jednego albo większej liczby elementów konstrukcyjnych. Jednak wprowadzenie klasyfikacji opartej na historycznym rozwoju tych wynalazków nie ma praktycznego znaczenia. Klasyfikację przeprowadza się raczej według innych kryteriów, np. według rodzajów źródła energii zasilającej, a mianowicie:

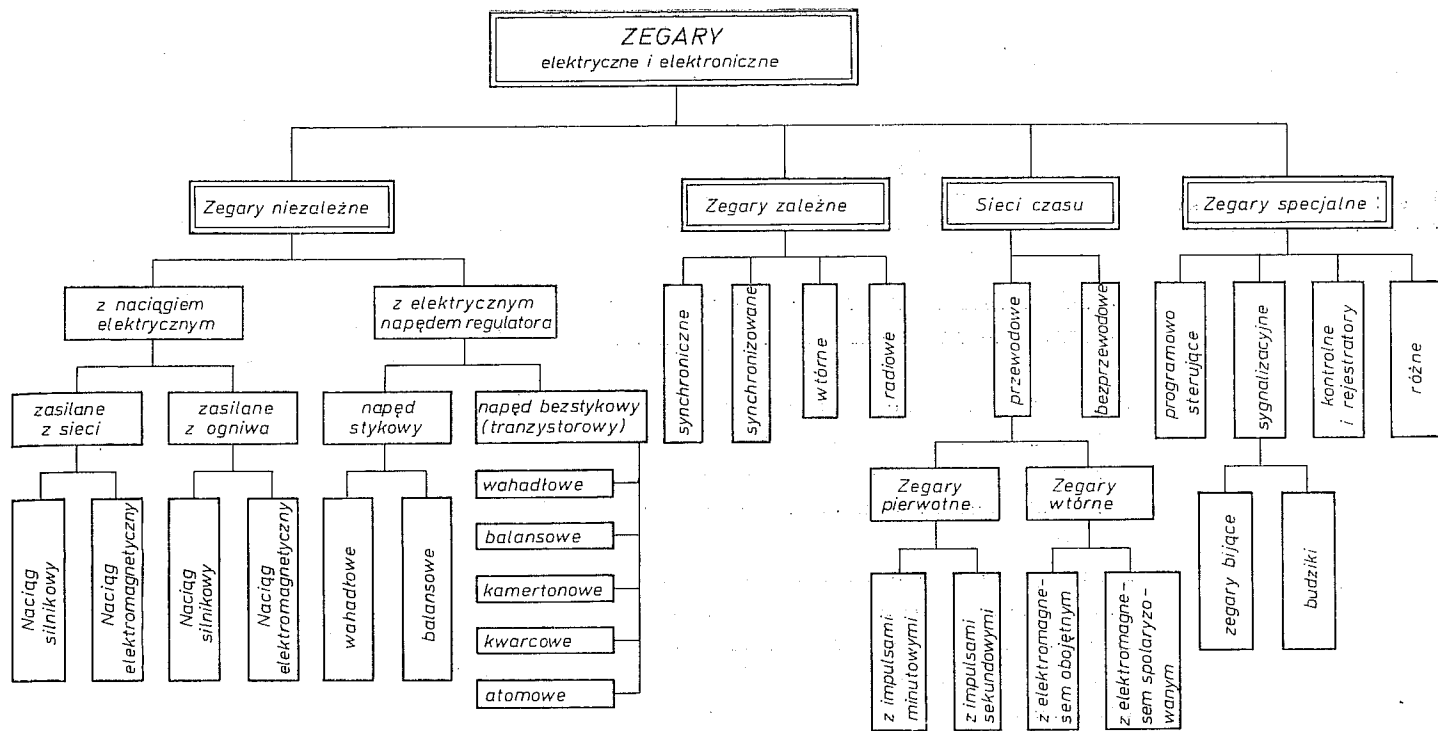
- zegary zasilane prądem stałym z baterii lub akumulatora,
- zegary zasilane prądem przemiennym z sieci energetycznej.

Ze względu na sposób przekazywania energii ze źródła prądu do napędu regulatora chodu rozróżnia się:

- zegary elektryczne — ze sterowaniem stykowym pośrednim lub bezpośrednim,
- zegary elektroniczne — ze sterowaniem bezstykowym, napędzane elektromagnetycznie impulsami sterowanymi indukcyjnie za pomocą elementów półprzewodnikowych (tranzystorów).

Zegary elektroniczne należą do grupy zegarów elektrycznych, ale wyróżniają się z tej grupy tym, że w ich skład wchodzi elementy półprzewodnikowe — tranzystory.

Klasyfikacja wszystkich rodzajów zegarów obecnie wytwarzanych jest trudna i zwykle niepełna, ze względu na ogromną



różnorodność typów i zastosowań elektro-mechanicznych urządzeń zegarowych, które nieraz nawzajem się przenikają. Klasyfikację zegarów elektrycznych i elektronicznych przedstawiono na rys. 2.5 w postaci schematu blokowego.

Ze względu na zasadę działania zegary elektryczne i elektroniczne można podzielić na:

- zegary niezależne,
- zegary zależne,
- sieci czasu,
- zegary specjalne.

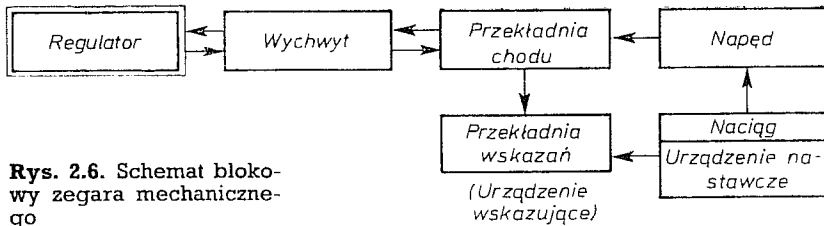
Zegary niezależne to zegary wyposażone we własny **regulator chodu**¹¹⁾. Mierzą

one czas niezależnie od innych zegarów. Regulatory chodu mogą być okresowe lub nieokresowe.

Regulatory okresowe (periodyczne) mają własny okres wahań. Należą do nich regulatory wahadłowe, balansowe, kamertonowe i kwarcowe, stosowane w różnego rodzaju zegarach.

Regulatory nieokresowe (aperiodyczne) nie mają własnego okresu wahań. Należą do nich regulatory bezwładnikowe, cierńnoodśrodkowe, wiatraczkowe i inne. Są stosowane w przyrządach zegarowych do mierzenia krótkich odstępów czasu z niewielką dokładnością.

Rys. 2.5. Klasyfikacja zegarów elektrycznych i elektronicznych ze względu na zasadę działania

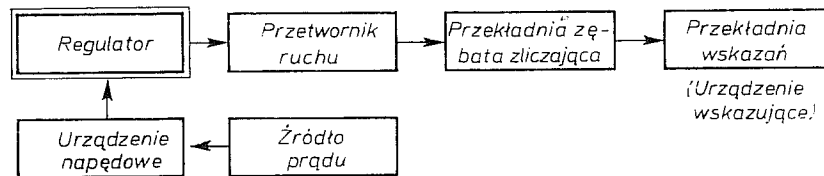


Rys. 2.6. Schemat blokowy zegara mechanicznego

W zależności od rodzaju napędu zegary elektryczne niezależne można podzielić na:

- zegary z napędem mechanicznym, wyposażone w naciąg elektryczny za pomocą silnika lub elektromagnesu;
- zegary z elektrycznym napędem regulatora.

Do grupy **zegarów z naciągiem elektrycznym** zalicza się zegary wahadłowe i balansowe z napędem mechanicznym (za pomocą obciążnika lub sprężyny) oraz z urządzeniem naciagowym mechanicznym, napędzanym okresowo za pomocą silnika lub elektromagnesu, zasilanych z baterii lub z sieci energetycznej.



Rys. 2.7. Schemat blokowy zegara z elektrycznym napędem regulatora

Zegary z elektrycznym napędem regulatora mogą mieć napęd z impulsem bezpośrednim lub z impulsem pośrednim. Zależy to od tego, czy regulator jest napędzany bezpośrednio od elektromagnesu czy też za pośrednictwem elementu aku-

mulującego energię mechaniczną. Napęd regulatora może więc być:

- z impulsem bezpośrednim, gdy siła (moment) elektromagnesu oddziałuje bezpośrednio na regulator,
- z impulsem pośrednim, gdy elektromagnes lub silnik elektryczny napina sprężynę (lub podnosi obciążnik), dzięki czemu zostaje zakumulowana, a następnie oddawana regulatorowi zawsze taka sama ilość energii; przeto impulsy udzielane regulatorowi są stałe i niezależne od zmian napięcia źródła prądu.

Zegary z napędem elektrycznym regulatora nie mają przekładni napędowej ani przekładni chodu (jak to ma miejsce w zegarach mechanicznych — rys. 2.6), mają natomiast **przekładnię zliczającą** (zwabiającą), przenoszącą bardzo małe momenty od regulatora do przekładni wskazań (rys. 2.7). W ten sposób regulator staje się elementem napędowym dla następujących zespołów mechanizmu.

Zegary zależne nie mają własnego regulatora chodu. Należą do nich zegary synchroniczne i zegary wtórne.

Sieci czasu to urządzenia służące do wskazywania jednakowego czasu w wielu miejscach pewnego obszaru. Najprostsza sieć czasu składa się z jednego **zegara pierwotnego** (głównego), którym jest zegar niezależny, oraz z kilku **zegarów wtórnych** (zależnych) połączonych przewodami z zegarem pierwotnym, od którego otrzymują sterujące impulsy elektryczne. **Zegary specjalne** oprócz mierzenia cza-

su spełniają różne funkcje dodatkowe. Są to mechanizmy programowo-sterujące, sygnalizujące, zapisujące, rejestrujące itp. O tych zegarach jest mowa w następnym, X tomie „Zegarmistrzostwa”.

2.4. Ogólne zasady naprawy zegarów elektrycznych

2.4.1. Obawy i opinie zegarmistrzów

Zegarmistrze, którzy mieli do czynienia do niedawna tylko z zegarami mechanicznymi, niechętnie zabierali się do naprawy pierwszych zegarów elektrycznych przynoszonych do ich zakładów. Ponieważ nie mieli styczności z elektrotechniką, nie mieli zaufania do zegarów elektrycznych i odnosili się do nich z pewną rezerwą, a nawet z obawą, aby ich nie uszkodzić. Jednak naprawa zegarów elektrycznych i elektronicznych nie będzie sprawiać zegarmistrzowi większych trudności, jeśli zainteresuje się bliżej ich konstrukcją.

Trudności w naprawie zegarów i zegarków elektrycznych pochodzą z braku opanowania zasad budowy urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Jest zrozumiałe, że niektórym starszym zegarmistrzom trudno zrezygnować z dotychczasowego wypracowanego zawodu, opartego na znajomości praw mechaniki, zmienić czę-

ściowo i przestawić na inny system pracy, inny sposób szukania błędów w zegarkach i inny sposób ich naprawy.

Znane ogólnie zegary bateryjne są mniej skomplikowane niż zegary mechaniczne. Są prostsze konstrukcyjnie, a tylko sposób ich działania jest trudniejszy do zrozumienia dla początkującego zegarmistrza. Na przykład zegarek naręczny ACCUTRON z regulatorem kamertonowym jest prostszy w swej konstrukcji niż zegarek z automatycznym naciąganiem lub repetier kieszonkowy, a naręczne zegarki ze stoperem są trudniejsze do naprawy niż zegarki elektroniczne.

Zegarmistrz musi się doksztalać wraz z rozwojem i postępem produkcji zegarów elektrycznych i elektronicznych. Już od dawna zmienia się stopniowo specjalność jego zawodu. Niektórzy zegarmistrze przestawiają się na naprawę zegarków tylko elektronicznych i w tym kierunku się specjalizują. Ci natomiast, którzy nie rezygnują z napraw zegarów mechanicznych, a jednocześnie chcą naprawiać zegary i zegarki elektryczne i elektroniczne, muszą się doszkolić. Mamy nadzieję, że pewną pomocą będzie także ta książka. Oczywiście, doświadczonemu zegarmistrzowi nie jest konieczne gruntowne studium z fizyki, elektrotechniki i elektroniki. Po opanowaniu pewnych fragmentów tych dziedzin dobry fachowiec będzie mógł naprawiać także zegary elektryczne i elektroniczne. Od zegarmistrza nie wymaga się, aby obliczał silniki elektryczne i prądnice

lub naprawiał zegary atomowe, ale powinien znać podstawowe prawa i zależności występujące w elektrotechnice, jednostki miar wielkości elektrycznych, znać konstrukcję ważniejszych elementów elektrycznych, takich jak: cewka elektromagnetyczna, przekaźnik, ogniwo, bateria, akumulator, dioda, tranzystor — oraz mieć nieco wiadomości o połączeniach i obliczeniach obwodów elektrycznych, o elektromagnetyzmie, indukcji itp. wiadomości, które podano w pierwszym rozdziale tej książki.

Konstruktorzy zegarów elektrycznych zdają sobie sprawę z tego, że pewnego dnia zegary te muszą się znaleźć u zegarmistrza, który nie będzie dostatecznie zorientowany w ich układzie elektrycznym. Dlatego zwykle tak budują te zegary, że cały blok elektryczny łatwo może być wymieniony na nowy albo przynajmniej niektóre jego elementy. Wymiana baterii nie sprawia trudności, a jeśli są uszkodzone niektóre elementy elektryczne, to zegarmistrz musi się zdecydować, czy je naprawiać, czy wymienić na nowe. Typowe elementy elektryczne i elektroniczne, jak diody, tranzystory, rezystory, kondensatory, cewki — są nienaprawialne. Trzeba je wymienić na nowe, chociaż niekoniecznie na identyczne, ale o takich samych parametrach lub przynajmniej zbliżonych.

Szczegółnej uwagi wymaga naprawa zegarów i zegarków kwarcowych, które przyjmują do naprawy tylko niektóre

zakłady zegarmistrzowskie, zajmujące się takimi zegarkami. O szczegółach naprawy różnych rodzajów zegarów i zegarków elektrycznych i elektronicznych będzie mowa w dalszych rozdziałach tej książki.

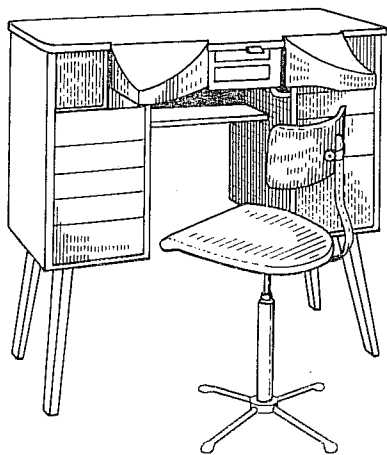
2.4.2. Stanowisko pracy

Pracownia zegarmistrzowska powinna być wygodna, jasna i dobrze urządzona, aby stwarzała zegarmistrzowi korzystne warunki do pracy. Zarówno w pracowni wieloosobowej, jak i jednoosobowej, do naprawy zegarów elektrycznych należy przygotować osobny **stół roboczy** z potrzebnymi narzędziami. Przy urządzeniu stanowiska pracy trzeba mieć na uwadze celowość wyposażenia — nie gromadzić nadmiernie niepotrzebnych narzędzi oraz zachować porządek na stole. Również zegary wtórne należy naprawiać na osobnym stole roboczym, a nie tym samym, na którym naprawia się zegary mechaniczne. Silne pole magnetyczne zegara wtórnego może namagnesować stalowe części innych zegarów oraz przyborów i narzędzi znajdujących się w pobliżu.

Do prac mechanicznych, jakie czasem trzeba wykonywać przy zegarach elektrycznych, powinien być stół solidny, obity z trzech stron listwami, w celu zabezpieczenia narzędzi i części zegarowych przed przypadkowym zsunięciem ich na podłogę.

Stanowisko pracy zegarmistrza powinno być indywidualnie dopasowane dla każdego pracownika albo mieć konstrukcję umożliwiającą regulację wysokości stołu lub krzesła.

Do naprawy zegarów stół powinien mieć wysokość normalną (80 cm), co umożliwia wygodne siedzenie oraz łatwy dostęp do przedmiotów i narzędzi znajdujących się na nim. Natomiast do naprawy zegarków, do których stale się używa lupy, stół powinien być wyższy. Bardzo wygodne są stoły z pochyłymi, czasem regulowanymi oparciami do rąk (rys. 2.8).



Jeżeli zegarmistrz naprawia zegary i zegarki, a nie ma miejsca na ustawienie dwóch stołów z odpowiednio ułożonymi na nich narzędziami, to zegarki może naprawiać przy stoliku dodatkowym, umieszczonym na zwykłym stole. Stolik taki może być wsparty na kolumnie przykręconej do zwykłego stołu, dzięki czemu można go

doregulować w pozycji pionowej i poziomej tak, aby łokcie miały swobodne oparcie o stół.

Stół powinien mieć odpowiednie szuflady na narzędzia. Szuflady mogą mieć różną głębokość — zwykle górne są płytsze, a dolne głębsze. Są wyposażone w przegrody ułatwiające rozmieszczenie narzędzi. Na samym dole niektórych stołów znajdują się szafki z drzwiczkami. Nowsze typy stołów mają długie nogi, aby ułatwić sprzątanie podłogi.

Stół roboczy należy tak ustawić, aby miejsce pracy było dobrze oświetlone światłem dziennym. Najczęściej ustawia się stół w pobliżu okna. Jeżeli stół stoi przy oknie południowym, to w dni słoneczne trzeba okno zasłonić białą zasłonką, gdyż silne światło słoneczne razi oczy.

Do oświetlenia miejsca pracy w dni pochmurne lub wieczorem potrzebna jest lampa wisząca lub stojąca, ale z możliwością zmiany jej odległości od powierzchni stołu. Lepsza jest lampa ruchoma przymocowana w lewym, tylnym rogu stołu. Klosz lampy powinien być nieprzezroczysty, aby światło nie raziło oczu.

Oprócz lampy oświetlającej bezpośrednio miejsce pracy powinna być jeszcze jedna lampa z mlecznym kloszem, przymocowana do sufitu i oświetlająca całą pracownię, gdyż posługiwanie się tylko miejscowym oświetleniem jest szkodliwe dla wzroku.

Krzesło powinno mieć oparcie, a jego wysokość powinna być dopasowana do

Rys. 2.8. Stół roboczy do naprawy zegarków z oparciem do rąk

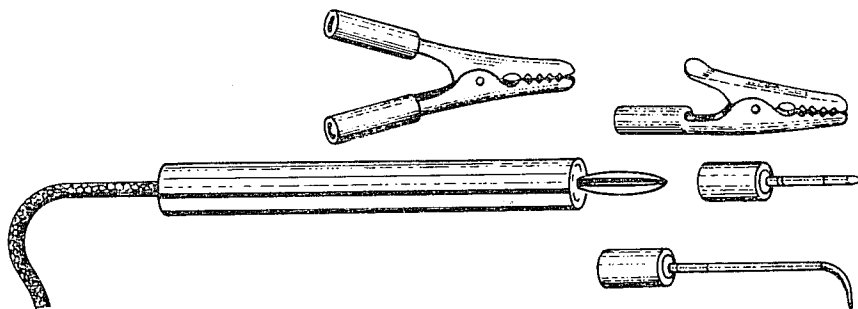
wzrostu zegarmistrza tak, aby stopy spoczywały swobodnie na podłodze. Oparcie krzesła daje możliwość pewnego odpooczynku w czasie wykonywania niektórych czynności.

Siedząc podczas pracy, nie należy pochylać się zbytnio ani garbić, aby nie uciskać klatki piersiowej. Prawidłowy sposób siedzenia i wykorzystywania oparcia krzesła oszczędza siły i przyczynia się do większej wydajności pracy.

2.4.3. Narzędzia i przybory

Oprócz podstawowego zestawu narzędzi do naprawy zegarów mechanicznych, o których mówiliśmy w tomie III „Zegarmistrzostwa”, do naprawy zegarów elektrycznych konieczne są jeszcze inne, odpowiednie narzędzia. Przede wszystkim potrzebne są **przyrządy do pomiarów** prądu (amperomierz), napięcia (woltomierz) i rezystancji (omomierz) albo jeden miernik uniwersalny w zakresie od $5 \mu\text{A}$ do $1,5 \text{ A}$ (zob. **rys. 1.31** i **1.32**). Bez dobrych

Rys. 2.9. Końcówki pomiarowe (probiercze)



mierników zegarmistrz nie powinien zabierać się do naprawy zegarów elektrycznych, gdyż nie będzie mógł wykryć usterek.

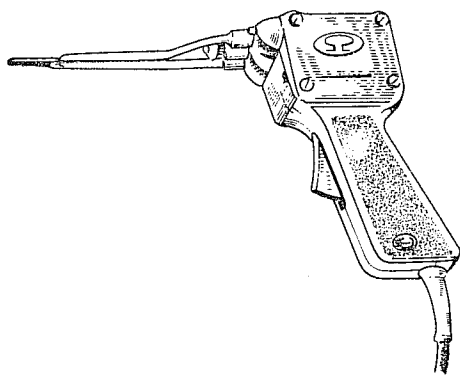
Zarówno mierniki, jak i przyrządy oraz narzędzia powinny być rozłożone przejrzysto i dostęпно. W rozmieszczeniu narzędzi należy zachować zasadę, że każde narzędzie ma w szufladzie swoje stałe miejsce. Na stole roboczym mogą się znajdować tylko te narzędzia, które aktualnie są potrzebne do pracy i również ułożone zawsze w tym samym miejscu. Rozłożenie większej liczby narzędzi stwarza nieporządek i utrudnia wyszukanie potrzebnego. Gdy zachowa się tę zasadę, po pewnym czasie nabierze się takiej wprawy, że bez zastanawiania będzie się sięgać po właściwe narzędzie.

Należy przeznaczyć odpowiednie miejsce na stole dla **sprawdzarki**, próbników i mierników kontrolnych wraz z osprzętem pomiarowym, którymi bada się zegary elektryczne i wyszukuje ich błędy i usterki. Na pulpicie pomiarowym powinny być oddzielne gniazdzka wtykowe o różnych napięciach, od $1,5$ do 24 V prądu stałego oraz od 3 do 220 V prądu przemiennego.

Oprócz wyposażenia pomiarowego są czasem potrzebne odcinki kabla jednożyłowego z końcówkami pomiarowymi (probierczymi — **rys. 2.9**), a także dwużyłowe przewody z dwubarwnymi wtyczkami pomiarowymi (bananowymi). Do tego kompletu należą zaciski krokodylkowe i

końcówki widełkowe. Potrzebne są także niektóre materiały izolacyjne, jak ceratki i płócienne taśmy klejące oraz komplet środków klejących do cewek.

Dobrze jest, jeżeli w pracowni może być osobny stół przeznaczony do pomiarów i badań zegarów, a osobny — do ich naprawy, wyposażony w przyrządy do lutowania, czyszczenia i składania. Bardzo praktyczne są **miniaturowe lutownice**, tzw. ołówkowe. Podczas większych prac lutowniczych dobre usługi oddaje **lutownica transformatorowa** (rys. 2.10), która na-



Rys. 2.10. Lutownica transformatorowa

grzewa się do lutowania już po 2 s od naciśnięcia włącznika.

Najczęściej używane **narzędzia** przy naprawie zegarów elektrycznych to:

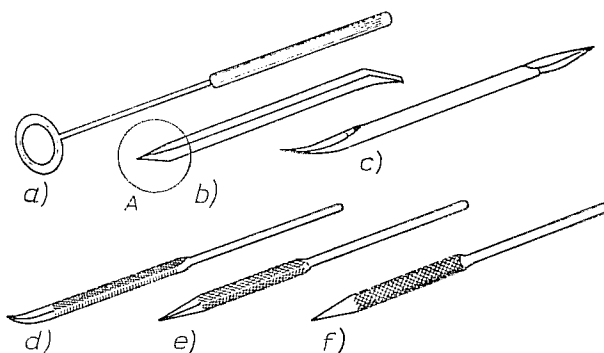
- chwytaki i wkrętaki wykonane ze stopów niemagnesujących się,
- wkrętaki, kleszcze i szczypce z izolowanymi chwytami,
- narzędzia do czyszczenia i poprawiania styków.

Zestaw narzędzi do czyszczenia i poprawiania styków przedstawiono na **rys. 2.11**. W górnym szeregu znajduje się lusterko do oglądania od spodu trudno dostępnymi elementów (a) oraz narzędzia do doginania sprężynek stykowych (b, c), w dolnym — polerowniki igłowe z zakrzywionymi i zaostrozonymi końcami do czyszczenia styków (d, e, f).

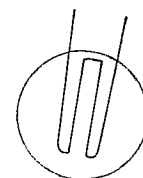
Do czyszczenia styków z brudu służy też polerownik skórzany, który można wykonać samemu z kawałka sprężyny napędowej, przyklejając do niego z dwóch stron paski z cienkiej skóry. Polerownik wkłada się między styki i kilkakrotnie przesuwająco, co powoduje usuwanie ewentualnych zabrudzeń.

Jeśli na stykach są miejsca nadtopione, to trzeba je wyrównać „pilnikiem”, który też można samemu zrobić z kawałka sprężyny napędowej, wykonując na nim rysy poprzeczne z obu stron na osełce karborundowej. Do wyrównywania styków nie używa się zwykłego pilnika ani papieru ściernego.

Rys. 2.11. Narzędzia do poprawiania styków

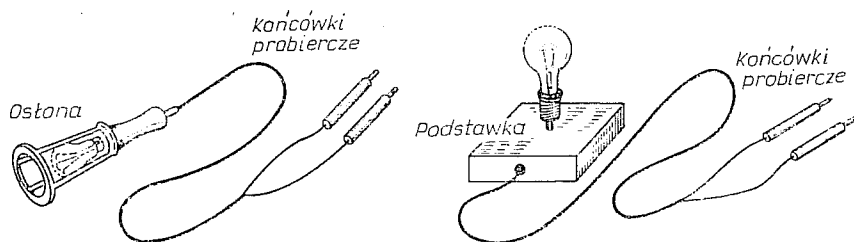


Szczegół A



Do wykrywania uszkodzeń zegarów zasilanych prądem z sieci energetycznej, a także sprawdzania napięcia w instalacji sieciowej, służą **próbniki**. Nie są one właściwymi przyrządami zegarmistrzowskimi, ale ich przydatność w różnego rodzaju najprostszych pracach elektrotechnicznych jest niewątpliwa.

Jednym z najprostszych i najłatwiejszych do wykonania próbników lampowych jest odpowiednio oprawiona żarówka o małej mocy, ok. 15 W, przystosowana do napięcia sieci energetycznej 220 V. Żarówka jest osadzona w oprawce (rys. 2.12), do



Rys. 2.12. Najprostsze próbniiki do napięć sieciowych

której są dołączone dwa przewody jednożyłowe lub przewód dwużyłowy we wspólnej izolacji zewnętrznej, rozdwojony na końcu. Koniec obydwu przewodów należy odizolować i zaopatrzyć w odpowiednie końcówki probiercze. W celu zabezpieczenia żarówki przed potłuczeniem można założyć na nią osłonę. Za pomocą próbnika wykrywa się istnienie napięcia między różnymi punktami obwodu albo w gniazdku, lub też na różnego rodzaju przełącznikach. W ten sposób można ułatwić sobie wykrycie miejsca uszkodzenia.

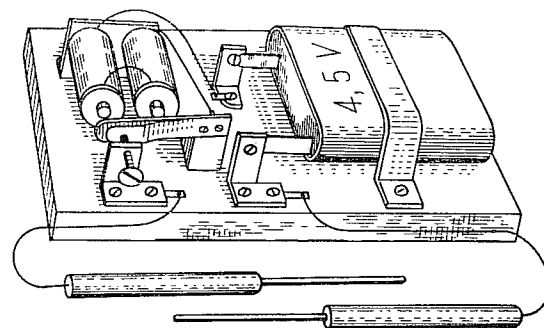
Rys. 2.13. Próbnik brzęczykowy

Oprócz próbników lampowych są stosowane próbniki brzęczykowe, składające się z dzwonka elektrycznego, dwóch końcówek probierczych i płaskiej baterii (rys. 2.13). Podczas badania obwodów brzęczyk wydaje ton o różnej wysokości, zależnie od wartości rezystancji w obwodzie. Brak tonu świadczy o uszkodzeniu obwodu. Próbnikami brzęczykowymi można badać obwody o małej rezystancji. Do mierzenia obwodów o dużych rezystancjach używa się omomierza.

Do sprawdzania obwodów i cewek w zegarach, czy nie ma w nich przerw, stosuje się zwykle omomierz, który jest wyposażony we własne źródło prądu. Badanie omomierzem wymaga ciągłej obserwacji jego wskazań.

Do naprawy zegarków kwarcowych są potrzebne jeszcze inne narzędzia i przybory, które opisujemy w rozdziale o naprawie tych zegarków.

Zestawienie omówionych wyżej narzędzi i przyrządów jest tylko orientacyjne, w miarę rozwoju zakładu i zakresu pracy można je dowolnie uzupełniać.



2.4.4. Bezpieczeństwo i higiena pracy

Zegarmistrz przy pracy powinien uważać na pewne niebezpieczeństwa grożące jego zdrowiu. Szczególnie powinien dbać o zabezpieczenie oczu zarówno przed przypadkowym skaleczeniem, jak i chwilowym oślepieniem bardzo silnym światłem.

Skaleczenie oka zdarza się czasem przy pracach mechanicznych, zwłaszcza podczas toczenia bez ochronnych okularów lub bez lupy.

Oślepienie może wystąpić wówczas, gdy ze zbyt silnie oświetlonego miejsca pracy przenosi się wzrok w głąb słabo oświetlonej pracowni. Praca wykonywana przez dłuższy czas w wadliwie oświetlonej pracowni może doprowadzić do przewlekłej choroby oczu. Dlatego trzeba dbać o dobre oświetlenie pracowni i miejsca pracy.

Innym niebezpieczeństwem dla zegarmistrza przy pracy jest **porażenie prądem elektrycznym**. Przy naprawie zegarów i zegarków elektrycznych, zasilanych prądem stałym z baterii o napięciu 1,5 do 4,5 V, nie grozi zegarmistrzowi niebezpieczeństwo porażenia. Również zegary zasilane prądem przemiennym z sieci energetycznej, np. zegary synchroniczne, nie stanowią niebezpieczeństwa porażenia, gdyż podczas naprawy wyłączają się ze spod napięcia. Ale podczas prób muszą one pracować pod napięciem, dlatego

urządzenia elektryczne zasilane z sieci energetycznej o napięciu 220 V, do których podłącza się również zegary, wymagają starannie wykonanej instalacji i uważnej obsługi. Pulpit pomiarowy z gniazdkami wtykowymi o różnych napięciach powinien być tak zabezpieczony, aby wskutek przypadkowego dotknięcia nie nastąpiło porażenie.

Używane w pracowni silniki i przyrządy elektryczne, zasilane z sieci energetycznej, powinny być uziemione. Połączenia obwodów zasilania i uziemienia tych silników i przyrządów powinny być tak wykonane, aby nie nastąpiło przypadkowe i samoczynne ich rozłączenie.

Prąd elektryczny, zależnie od natężenia, częstotliwości i czasu oddziaływania na ciało człowieka, może spowodować oparzenie, częściowy paraliż, utratę słuchu lub mowy, wstrząsy nerwowe, zaburzenia świadomości i zmysłu równowagi, a nawet śmierć.

Prąd o wartości około 0,01 A (10 mA) wywołuje w ciele ludzkim lekkie podrażnienie systemu nerwowego, a nawet skurcz mięśni. Pod działaniem prądu o wartości 0,03 A mięśnie mogą utracić zdolność działania, a prąd 0,06 A powoduje paraliż narządów oddechowych. Za śmiertelny uważa się prąd o wartości około 0,1 A.

Ujemny wpływ prądu na człowieka zależy od rezystancji ciała ludzkiego, która nie jest jednakowa u wszystkich ludzi. Na przewodność ciała ludzkiego ma wpływ stan jego nerwów, zdrowia, zmę-

czenia itp. Dlatego rezystancja może się zmieniać od 500 000 do 1000 Ω/cm^2 , a czasem nawet do 500 Ω/cm^2 . Stąd też dotknięcie przewodu o napięciu 110 V może okazać się śmiertelne, gdyż wtedy prąd przepływający przez ciało ma wartość 0,11 A (110 V : 1000 Ω = 0,11 A). Każdy przewodnik ma pewną rezystancję, a pod wpływem przepływającego prądu elektrycznego ulega nagraniu. Ilość wydzielonego ciepła może być tak duża, że przewód rozżarza się do białości, np. w żarówce, lub ulega stopieniu, np. w bezpieczniku. Podobne działanie termiczne występuje wtedy, gdy prąd o dużym natężeniu płynie przez ciało człowieka. Wywołuje to oparzenie lub nawet zwęglenie. Stopień oparzenia zależy od ilości wydzielonego ciepła, a więc przede wszystkim od wartości prądu i czasu jego przepływu. Należy więc pamiętać o zachowaniu ostrożności podczas korzystania z elektrycznych urządzeń warsztatowych oraz wszelkiego rodzaju narzędzi. Niebezpieczeństwo porażenia może zagrażać w przypadku:

- wadliwego wykonania urządzenia elektrycznego,
- nieprawidłowego obsługiwanie urządzeń będących pod napięciem,
- nieprawidłowo konserwowanych urządzeń i narzędzi pracy,
- używania do prądu narzędzi nieizolowanych.

Zaleca się dużą ostrożność podczas wykonywania prac związanych z prądem elektrycznym. Przede wszystkim nie należy:

- naprawiać urządzeń zegarowych przyłączonych do sieci energetycznej,
- pozostawiać urządzeń elektrycznych pod prądem bez ich zabezpieczenia, np. z odkrytą pokrywą,
- dotykać metalowych części urządzeń będących pod napięciem,
- stosować wtyczek o nieprawidłowym kształcie oraz przewodu przedłużającego, zakończonych po obu stronach wtyczkami o wystających trzpieniach,
- tak trzymać wtyczki, aby palce dotykały trzpieni w czasie jej włączania do gniazdka,
- stosować niewłaściwych lub naprawianych bezpieczników topikowych,
- używać przyrządów zasilanych prądem z sieci energetycznej, jeśli izolacja ich przewodów jest uszkodzona.

Należy zadbać o to, aby wszystkie osłony wyłączników, bezpieczników, wtyczek, gniazdek wtykowych itp. były zawsze w należytych porządku. Nie można zezwalać na wykonywanie przeróbek i napraw urządzeń elektrycznych przez nieuprawnioną do tego osobę. Uszkodzone części należy wymieniać na nowe. Do tych zaleceń należy się dostosować podczas sprawdzania zegarów zasilanych prądem elektrycznym z sieci energetycznej.

W przypadku porażenia prądem elektrycznym należy przede wszystkim uwolnić porażonego spod napięcia przez przerwanie obwodu prądu wyłącznikiem lub wykręcenie bezpiecznika, albo wyciągnięcie wtyczki z gniazdka wtykowego. Na-

stępnie należy wezwać lekarza i nie czekając na jego przybycie, zastosować porażonemu sztuczne oddychanie. Porażony prądem przeważnie traci przytomność i nie wykazuje widocznych oznak życia: brak jest oddechu, działalności serca itp.

Porażenie prądem nie zawsze jest śmiertelne i często porażonego udaje się uratować, jeżeli natychmiast zastosuje się odpowiednie środki pomocy, przede wszystkim zabieg sztucznego oddychania, którego nie wolno przerywać, dopóki nie przybędzie lekarz lub ratowany sam nie zacznie oddychać.

W urządzeniach elektrycznych może powstać pożar na skutek:

- zastosowania niewłaściwego bezpiecznika,
- nadmiernego nagrzania się przewodów o zbyt małym przekroju,
- zwarcia z powodu uszkodzonej izolacji przewodów,
- przeciążenia silnika,
- uszkodzenia jednej fazy silnika trójfazowego, np. przepalenie jednego z trzech bezpieczników.

W przypadku zapalenia się urządzeń elektrycznych należy natychmiast odciąć dopływ prądu, a następnie suchym kocem lub piaskiem stłumić pożar w zarodku. Nie wolno gasić pożaru urządzeń elektrycznych wodą lub gaśnicą pianową, gdyż grozi to porażeniem. Do tego celu powinna być w pracowni gaśnica proszkowa lub tzw. śniegowa, zawierająca dwutlenek węgla (CO_2).

3. Zegary z naciąganiem elektrycznym

3.1. Wiadomości wprowadzające

Powstanie zegara z naciąganiem elektrycznym to pierwsza faza w rozwoju zegara elektrycznego powstałego z zegara mechanicznego. W zegarze tym, wyposażonym w mechanizm z wychwytem mechanicznym i z regulatorem wahadłowym lub balansowym, o napędzie sprężynowym lub obciążnikowym, zastosowano urządzenie elektryczne, napinające sprężynę napędową lub podnoszące w pewnych odstępach czasu obciążnik napędowy na wymaganą wysokość. Elektryczne urządzenia naciągowe są szczególnie przydatne do zegarów wielkich, znajdujących się zwykle w trudno dostępnych miejscach, np. na wieżach kościołów, oraz do innych zegarów publicznych umieszczonych w halach fabrycznych, szkołach itp. Mają one także zastosowanie w zegarach ściennych domowych i pojazdowych.

W zegarach z napędem sprężynowym naciąg elektryczny umożliwia wykorzystanie najbardziej korzystnego odcinka charakterystyki napędu, dającego prawie równomierny moment napędowy.

Zegary z naciąganiem elektrycznym są zasilane prądem stałym z baterii lub prądem

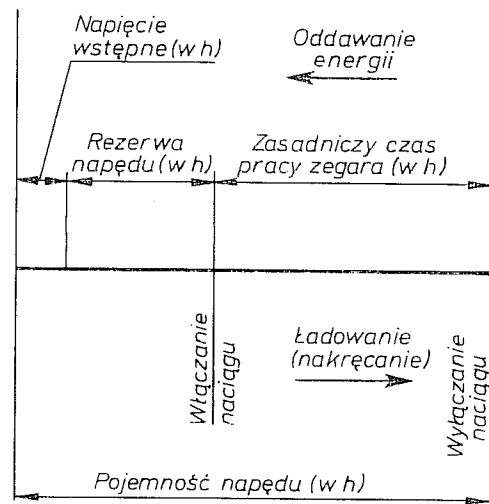
przebiennym z sieci energetycznej. Przetwornikami energii elektrycznej na mechaniczną w urządzeniach naciągowych są elektromagnesy lub silniki elektryczne. Elektromagnesy są zasilane prądem stałym, zwykle z baterii o napięciu 1,5 V, która wystarcza na 1 rok pracy zegara. Natomiast silniki mogą być zasilane prądem stałym czerpanym z baterii lub akumulatora, albo prądem przebiennym z sieci energetycznej.

Zegar z elektrycznym naciągiem — zarówno na prąd stały, jak i prąd przebienny — nie wymaga żadnej obsługi. Zegar bateryjny jest o tyle praktyczniejszy, że nie jest związany przewodami z siecią, można go więc ustawić w dowolnym miejscu, ale co pewien czas wymaga wymiany baterii.

Zegar mechaniczny z naciągiem ręcznym jest tak zbudowany, aby po jednym nakręceniu chodził jak najdłużej. W tym celu jest zaopatrzony w dużą przekładnię napędową oraz długie cięgno z obciążnikiem, albo w długą i silną sprężynę. Natomiast zegar z naciągiem elektrycznym jest częściej nakręcany — w krótkich odstępach czasu — dlatego stosuje się w nim mały obciążnik na krótkim cięgnie lub małą i słabą sprężynę napędową.

W opisach działania zegarów z naciągiem elektrycznym spotykamy się z takimi pojęciami, jak: pojemność napędu, rezerwa napędu, czas pracy (chodu) zegara itp. Aby nie było wątpliwości w dalszych rozważaniach na ten temat, chcemy już na po-

czątku dać jednoznaczne wyjaśnienia tych pojęć. W celu lepszego uzmysłowienia posłużymy się schematem przedstawionym na rys. 3.1.



Rys. 3.1. Wyjaśnienie pojęć pojemności i rezerwy napędu

Całkowity czas prawidłowego działania zegara — od chwili zupełnego nakręcenia aż do wyczerpania energii — oznaczono pewnym odcinkiem i wyznaczono na nim punkty oznaczające włączanie naciągu i jego wylączenie. Strzałki wskazują kierunki ładowania energii (nakręcanie) oraz oddawanie tej energii podczas pracy zegara. Odcinek całkowitego czasu działania zegara oznacza pojemność napędu. Początkowy mały odcinek to napięcie wstępne. Najdłuższy odcinek to zasadniczy czas działania zegara, zawarty między włączaniem i wylączeniem naciągu. Środ-

kowy odcinek, zawarty między włączeniem naciągu i napięciem wstępnym, to dodatkowy czas pracy zegara, czyli rezerwa napędu. Trzeba zaznaczyć, że odcinki te są tylko symbolami czasu trwania stanów określonych tymi pojęciami. Dlatego możemy powiedzieć:

Pojemność napędu jest to stan energetyczny akumulatora energii mierzony czasem, w jakim zegar może działać prawidłowo od chwili pełnego naładowania do zupełnego wyładowania tego akumulatora.

Rezerwa napędu jest to stan energetyczny akumulatora energii od chwili ponownego włączenia naciągu do zupełnego wyczerpania się energii, mierzony w jednostkach czasu; po upływie tego czasu mechanizm się zatrzyma.

Akumulatorem energii w zegarach mechanicznych jest napięta sprężyna napędowa lub zawieszony na ciężnie obciążnik. Różnicę pojemności i rezerwy napędu wyjaśnia przykład:

Zegar o napędzie sprężynowym po jednym nakręceniu będzie chodził 36 godzin — to jest jego pojemność napędu. Nakręcać go trzeba co 24 godziny. Rezerwa jego napędu wynosi 12 godzin ($36 - 24 = 12$). W zegarach z naciągiem elektrycznym o dużej pojemności napędu zasadniczy czas pracy zegara będzie większy niż w zegarach o małej pojemności napędu. W zegarach z napędem sprężyną śrubową, naciągana co 3 ÷ 4 min, włączanie naciągu następuje zaraz po napięciu wstępnym. Ze-

gary takie nie mają rezerwy napędu, gdyż czas ich pracy równa się pojemności napędu.

Konstrukcja urządzenia do elektrycznego podciągnięcia małego obciążnika lub naciągnięcia słabej sprężyny wydaje się być prosta, jednak wymaga niemało trudu, aby sprostać stawianym wymaganiom:

- zużycie prądu powinno być możliwie małe,
- dopuszczalny spadek napięcia baterii nie powinien wpływać na dokładność chodu zegara,
- naciąg powinien pracować możliwie cicho,
- zwarcie styków powinno być niezawodne i bez zbytejnego iskrzenia.

W technice zegarowej mają zastosowanie różne rozwiązania konstrukcyjne naciągów elektrycznych, które dzielimy na dwie zasadnicze grupy:

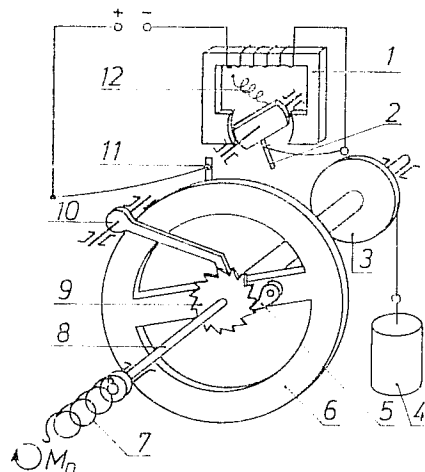
- naciągi elektromagnetyczne,
- naciągi silnikowe.

Omawiamy osobno każdy z tych naciągów.

3.2. Naciągi elektromagnetyczne

W zegarach nieprzewodzących z regulatorem wahadłowym i napędem obciążnikowym ma zastosowanie urządzenie naciągowe za pomocą elektromagnesu ze zwo-

rą obrotową, przedstawione schematycznie na rys. 3.2. Między biegunami elektromagnesu 1 jest ułożyszowana zwora obrotowa z ramieniem stykowym 2. Na krążku



Rys. 3.2. Naciąg elektromagnetyczny zegara z napędem obciążnikowym

1 — elektromagnes, 2 — ramię stykowe, 3 — krążek, 4 — obciążnik, 5 — zapadka, 6 — koło zamachowe, 7 — sprzęgło sprężyste, 8 — wałek, 9 — koło zapadkowe, 10 — przeciwzapadka, 11 — kołek stykowy, 12 — sprężynka zwrotna

3, połączonym sztywno z kołem zamachowym (bezwładnikiem) 6, jest zawieszony obciążnik 4. Moment napędowy obciążnika jest przenoszony za pośrednictwem zapadki 5 na koło zapadkowe 9, osadzone na wałku 8, który przez sprzęgło sprężyste 7 napędza przekładnię chodu w kierunku zaznaczonym strzałką.

Podczas chodu zegara koło zamachowe 6 porusza się w prawo, aż do zetknięcia się koła stykowego 11 z ramieniem stykowym 2 odizolowanym od mechanizmu, co powoduje zamknięcie obwodu elektrycznego. Następuje wzbudzenie elektromagnesu i raptowny ruch zwory w prawo, która popychając energicznie kołek 11 ramieniem 2, obraca koło 6 w lewo i podciąga

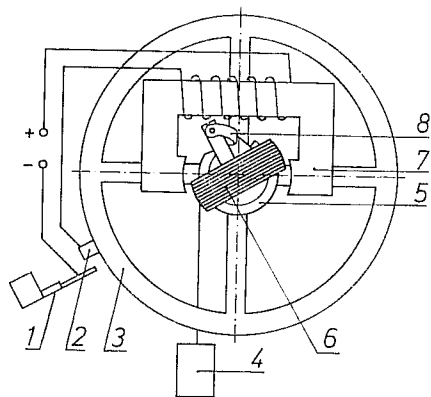
obciążnik 4. Zwora elektromagnesu wraz z ramieniem 2 ma ruch ograniczony, natomiast kołek 11 wraz z kołem zamachowym porusza się nieco dalej, wskutek czego obwód prądu zostaje przerwany, a zwora pod działaniem sprężynki 12 wraca do położenia wyjściowego. Cykl ten powtarza się co kilka minut.

W czasie obrotu koła zamachowego w lewo i podciągania obciążnika moment napędowy nie ustaje, gdyż koło zapadkowe 9 jest przytrzymywane przeciwzapadką 10, a sprężyna 7, napięta poprzednio działaniem obciążnika, napędza w tym czasie przekładnię chodu. Sprężyna 7 oraz koło 9 z przeciwzapadką 10 tworzą urządzenie napędu pomocniczego, dającego moment napędowy mechanizmowi podczas podnoszenia obciążnika.

Zaletami tego urządzenia naciągowego są: ciche, bezstukowe działanie, stały moment napędowy, mimo zmniejszającego się napięcia baterii oraz maksymalne wykorzystanie baterii. Styki zostają mocno zetknięte całą siłą elektromagnesu, co zapewnia niezawodny przepływ prądu. Większe napięcie świeżej baterii lub naładowanego akumulatora powoduje energiczniejsze przyciągnięcie zwory, wskutek czego koło zamachowe 6 otrzymuje silniejsze pchnięcie, więc obciążnik zostaje wyżej podniesiony. Wówczas zegar po jednym takim podciągnięciu dłużej pracuje. Gdy napięcie baterii spada, wtedy naciąg jest słabszy, obciążnik jest mniej podniesiony, więc zegar po jednym nacią-

gnięciu pracuje krócej, ale naciąg następuje częściej. W ten sposób odstępy pracy naciągu dostosowują się do istniejącego napięcia i bateria może być maksymalnie wykorzystana. Nie ma to jednak ujemnego wpływu na stałość momentu napędowego.

Nieco inne urządzenie naciągu elektromagnetycznego stosowane w zegarach wa-

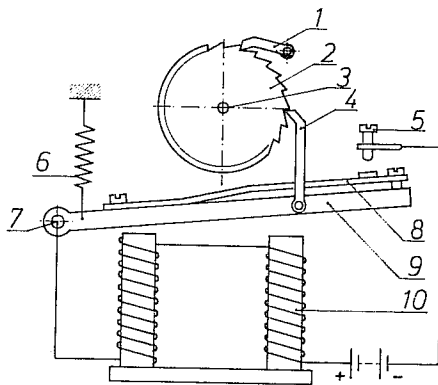


hadłowych z napędem obciążnikowym przedstawiono schematycznie na **rys. 3.3**. Różni się ono od wyżej opisanego tym, że zwora 6 jest umieszczona na wałku napędowym, na którym znajduje się koło zapadkowe 5 z zapadką 8. Przechyleniem zwory od położenia poziomego można regulować częstość podciągania obciążnika 4. Im bardziej zwora zostanie przechylona od poziomu, tym rzadziej będzie odbywać się podciąganie obciążnika.

W czasie pracy zegara koło zamachowe 3 porusza się w lewo na skutek działania obciążnika 4, a zwora przechyliła się coraz

bardziej. Gdy kołek stykowy 2, osadzony w wieńcu koła zamachowego 3, dotknie do płytki stykowej 1, następuje zamknięcie obwodu prądu i wzbudzenie elektromagnesu 7, który raptownie przyciąga zworę 6 do pozycji poziomej. Podczas tego ruchu następuje podciągnięcie obciążnika za pośrednictwem zapadki 8, działającej na koło zapadkowe 5, połączone sztywno z krążkiem, na którym jest zawieszony obciążnik. Wskutek bezwładności koło 3 przesuwają się dalej. Następuje rozwarcie styków, a zwora pozostaje w położeniu poziomym. Następnie cykl się powtarza.

W zegarach przenośnych z regulatorem balansowym o napędzie sprężynowym stosowano najpierw naciągi elektromagnetyczne ze zworą wahliwą. Konstrukcję takiego naciągu przedstawiono schematy-



Rys. 3.3. Naciąg elektromagnetyczny ze zworą nastawną w zegarze z napędem obciążnikowym

1 — płytka stykowa, 2 — kołek stykowy, 3 — koło zamachowe, 4 — obciążnik, 5 — koło zapadkowe, 6 — zwora nastawna, 7 — elektromagnes, 8 — zapadka

Rys. 3.4. Naciąg elektromagnetyczny ze zworą wahliwą w zegarze z napędem sprężynowym

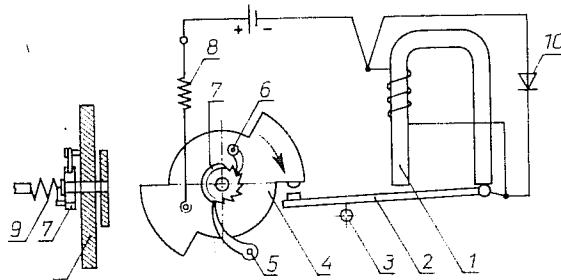
1 — przeciwapadka, 2 — koło zapadkowe, 3 — oś napędowa zegara, 4 — zapadka, 5 — wkręt stykowy, 6 — sprężyna napędowa, 7 — czop zwory, 8 — sprężynka stykowa, 9 — zwora wahliwa, 10 — elektromagnes

cznie na **rys. 3.4**. Na osi napędowej 3 jest osadzone koło zapadkowe 2, zabezpieczone przed ruchem powrotnym przeciwa-

padką 1. Na zworze 9, ułożyskowanej na czopie 7, jest umieszczona zapadka 4, za-
zębająca się z kołem zapadkowym 2. Sprężyna napędowa 6, poprzez zworę 9 i
zapadkę 4, obraca koło zapadkowe 2 i w
ten sposób przekazuje moment obrotowy
osi napędowej 3.

Gdy wkręt stykowy 5 dotknie sprężyny
stykowej 8, następuje zamknięcie obwodu
prądowego i wzbudzenie elektromagne-
su 10, który raptownie przyciąga zworę 9,
a zapadka 4 przeskakuje w kolejny wręb
koła 2. Przyciągnięcie zwory przez elek-
tromagnes powoduje naciągnięcie sprę-
żyny napędowej 6 oraz przerwanie obwo-
du prądowego. Podczas chodu zegara
zwora się podnosi, a sprężynka stykowa
zbliży się stopniowo do wkręta stykowego
5. Następnie cykl się powtarza.

Inną konstrukcję naciągu elektromagne-
tycznego ze zworą wahliwą, działającą na



Rys. 3.5. Naciąg elektro-
magnetyczny ze zworą
wahliwą i bezwładnikiem
1 — elektromagnes, 2 — zwora wa-
hliwa, 3 — zderzak, 4 — bezwład-
nik, 5 — przeciwzapadka, 6 — za-
padka, 7 — koło zapadkowe, 8 —
sprężyna napędowa, 9 — sprężyna
napędu pomocniczego, 10 — dioda

tej samej zasadzie, przedstawiono na rys.
3.5. Naciąg tego typu stosowano w zega-
rach przenośnych z regulatorem balanso-
wym, zasilanych prądem z baterii.
Sprężyna napędowa 8 obraca bezwładnik

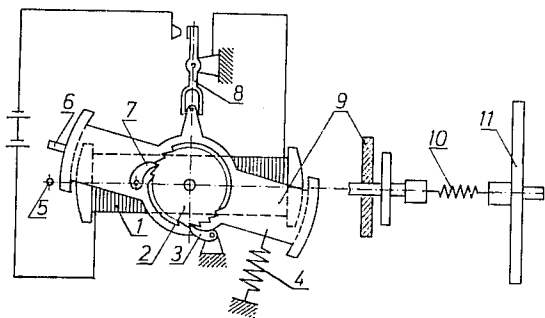
4, który poprzez zapadkę 6, koło zapadko-
we 7 i sprężynę napędu pomocniczego 9
napędza przekładnię chodu. Gdy styk
bezwładnika 4 zewrze się ze stykiem zwo-
ry 2, następuje wzbudzenie elektromagne-
nesu 1 i raptowne przyciągnięcie zwory,
która poprzez styki obraca bezwładnik w
kierunku przeciwnym niż wskazuje strzał-
ka. Zwora opiera się o rdzeń elektromagne-
nesu, a bezwładnik obraca się dalej i na-
ciąga sprężynę napędową. Następuje
przerwanie obwodu prądu, zwora 2 opa-
da i spoczywa na zderzaku 3.

Zapadka 6 umieszczona obrotowo na bez-
władniku 4 skacze po zębach koła zapad-
kowego 7, które jest przytrzymywane
przed cofaniem przeciwzapadką 5. Pod-
czas naciągania sprężyny napędowej 8
przekładnia chodu otrzymuje napęd od
sprężyny 9 napędu pomocniczego. Dioda
10 zabezpiecza styki przed iskrzeniem.

Urządzenie naciągowe ze zworą wahliwą
jest proste i pewne w działaniu, ze wzglę-
du na silne zwieranie styków zamykają-
cych obwód zasilania elektromagnesu.
Wadą tego urządzenia są głośne stuki
zwory uderzającej o rdzeń elektromagne-
su. Nie mają tej wady urządzenia naciągo-
we ze zworą obrotową.

Urządzenie naciągowe ze zworą obroto-
wą, stosowane w zegarach przenośnych z
regulatorem balansowym, napędzanym
krótką sprężyną śrubową, przedstawiono
schematycznie na rys. 3.6. Na zworze ob-
rotowej 9, spełniającej jednocześnie funk-
cję bezwładnika (koła zamachowego), jest

umieszczona obrotowo zapadka 7, ząbiająca się z kołem zapadkowym 2. W czasie chodu zegara sprężyna napędowa 4 obraca w prawo koło zapadkowe 2, które przez sprężynę napędu pomocniczego 10 napędza przekładnię chodu 11.



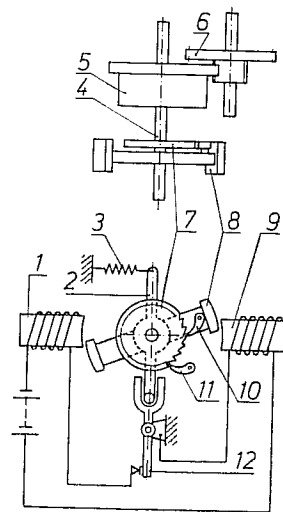
Gdy zwora 9 osiągnie skrajne wychylenie w prawo, następuje zamknięcie obwodu prądu układem stykowym 8. Elektromagnes 1 zostaje wzbudzony i zwora raptownie obraca się w lewo, aż do zetknięcia się kołka oporowego 6 ze zderzakiem 5. Przerwanie obwodu prądu przez układ stykowy odbywa się wcześniej, tak że zwora dobiega do krańcowego położenia wskutek swej bezwładności. W czasie ruchu obrotowego zwory w lewo i naciągania sprężyny napędowej 4 zapadka 7 skacze po zębach koła zapadkowego 2, a przeciwzapadka 3 uniemożliwia jego obrót w lewo. Natomiast sprężyna 10, napięta pod działaniem sprężyny napędowej 4, napędza w tym czasie przekładnię chodu, dzięki czemu moment napędowy nie zanika.

Urządzenie naciągowe tego typu, o małej pojemności napędu, stosuje się także w zegarach samochodowych, zasilane prądem stałym z akumulatora. Ponieważ naciąganie sprężyny napędowej odbywa się co 2+3 min, a więc stosunkowo często, przeto zmienność momentu napędowego jest niewielka, co zapewnia dobrą dokładność chodu zegara. W tanich zegarach z naciągiem elektromagnetycznym nie ma sprężyny udzielającej napędu pomocniczego w czasie naciągania sprężyny napędowej. Wówczas koło zapadkowe jest osadzone sztywno na osi przekładni chodu. Naciąg elektromagnetyczny ze zworą obrotową stosuje się także w zegarach napędzanych długą sprężyną spiralną umieszczoną w bębnie.

Urządzenie takiego naciągu przedstawiono schematycznie na rys. 3.7. Zegar taki ma dużą pojemność napędu. Gdy rezerwa napędu się wyczerpie, sprężynka zwrotna 3 przyciąga dźwignię przełączającą 2, następuje zwarcie styków 12 i wzbudzenie elektromagnesu 1, 9. Zwora 8, umieszczona obrotowo na wałku 4, zostaje pod wpływem elektromagnesu obrócona w prawo, wskutek czego następuje rozwarcie styków oraz naciągnięcie sprężyny napędowej, w bębnie przez zapadkę 10 i koło zapadkowe 7 osadzone sztywno na wałku sprężyny 4. Po przerwaniu obwodu prądu zwora 8 wykonuje ruch powrotny w lewo pod działaniem sprężynki zwrotnej 3. Przeciwzapadka 11 zapobiega cofaniu się koła zapadkowego 7, a zapadka 10 skacze

Rys. 3.6. Naciąg elektromagnetyczny ze zworą obrotową pełniącą funkcję bezwładnika

1 — elektromagnes, 2 — koło zapadkowe, 3 — przeciwzapadka, 4 — sprężyna napędowa, 5 — zderzak, 6 — kołek oporowy, 7 — zapadka, 8 — układ stykowy, 9 — zwora obrotowa, 10 — sprężyna napędu pomocniczego, 11 — koło przekładni chodu



Rys. 3.7. Naciąg elektromagnetyczny ze zworą obrotową w zegarze napędzonym sprężyną spiralną umieszczoną w bębnie

1, 9 — bieguny elektromagnesu, 2 — dźwignia przełączająca, 3 — sprężynka zwrotna, 4 — wałek sprężyny napędowej, 5 — bęben sprężyny, 6 — koło przekładni chodu, 7 — koło zapadkowe, 8 — zwora obrotowa, 10 — zapadka, 11 — przeciwzapadka, 12 — układ stykowy

po zębach koła zapadkowego. Następuje ponowne zwarcie styków 12.

W ten sposób cykle powtarzają się tak długo, aż moment sprężyny napędowej w bębnie 5 łącznie z działaniem sprężynki zwrotnej 3 stanie się równy momentowi zwory 8, będącej pod wpływem elektromagnesu. Wówczas zwora obraca się powoli, a mechanizm jest napędzany sprężyną naciągniętą w bębnie. Gdy zwora dojdzie do takiego położenia, że styki zostaną rozwarte, sprężynka zwrotna 3 ściąga ją do krańcowego położenia, zwiera styki i wtedy zegar pracuje pod wpływem sprężyny napędowej. W czasie przerwy prądu zegar działa tak długo, jak długo wystarczy rezerwy napędu. Po wznowieniu zasilania elektromagnes znowu naciąga sprężynę napędową.

Doświadczenia wykazały, że zegary z naciągiem elektromagnetycznym o dużej pojemności napędu są mniej dokładne. Najlepsze wyniki dokładności chodu osiągnęły zegary, których sprężyny są naciągane co 3 ÷ 5 minut. Zegary takie mają cieńsze czopy, gdyż nie mają bębnow i silnie działających na czopy sprężyn napędowych.

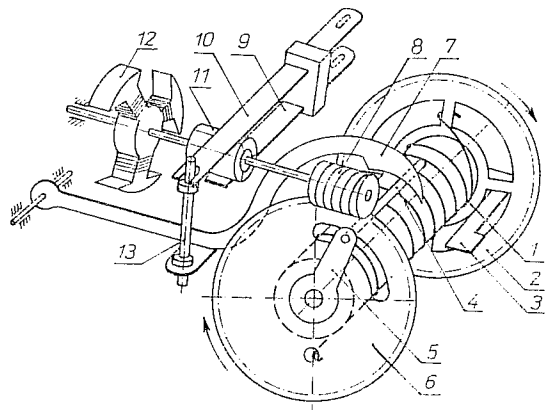
Jest jeszcze wiele innych rozwiązań urządzeń naciągów elektromagnetycznych, których działanie jest podobne do działania wyżej opisanych. Wybraliśmy tylko niektóre, jako przykłady typowe tych naciągów oraz te, które są częściej stosowane.

3.3. Naciągi silnikowe

Nakręcanie ręczne zegarów mechanicznych o napędzie sprężynowym i niektórych o napędzie obciążnikowym odbywa się przez obracanie wałka sprężyny lub wałka koła napędowego za pomocą klucza. Łatwo więc można zastosować silnik elektryczny, który poprzez przekładnię zwalniającą będzie obracał wałek i naciągał rozwiniętą sprężynę napędową lub podciągał obciążnik. Należy tylko skonstruować urządzenie włączające prąd elektryczny i wyłączające go po ukończeniu nakręcania oraz dobrać moc silnika odpowiednio do momentu potrzebnego do związania sprężyny napędowej lub podciągania obciążnika. Zegary z dużą pojemnością napędu, nakręcane np. raz na dobę, wymagają silnika o większej mocy niż zegary nakręcane np. co kilka minut.

Zegary z naciągiem silnikowym, na prąd czerpany z baterii, są budowane o bardzo małej pojemności napędu, która wystarcza na kilkanaście minut pracy zegara. Naciąg z zastosowaniem silnika na prąd przemieniczny, czerpany z sieci energetycznej, stosuje się raczej do zegarów z dużą pojemnością napędu, wynoszącą kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt godzin. Ma to tę zaletę, że w przypadkach dłuższych przerw w dopływie prądu (co zdarza się z powodu uszkodzenia sieci lub celowego wyłączenia), zegar będzie działał dłuższy czas, czerpiąc energię z rezerwy napędu.

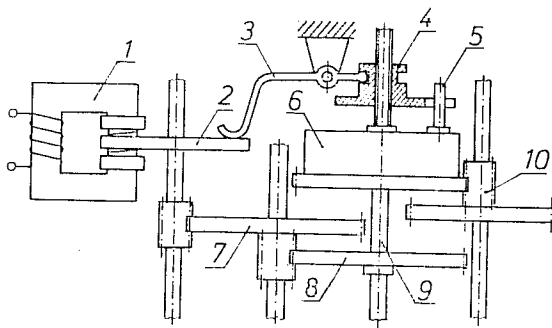
Urządzenie naciągu silnikowego z **małą pojemnością napędu** przedstawiono schematycznie na **rys. 3.8**. W urządzeniach tego typu stosuje się silnik na prąd stały, zasilany baterią R20 o napięciu 1,5 V.



Śrubowa sprężyna napędowa 1 pracuje na skręcanie. Jeden jej koniec jest zaczepiony o koło napędowe 2, a drugi koniec o koło naciągowe 6. Podczas chodu zegara koło napędowe 2 obraca się w kierunku zaznaczonym strzałką. Po wykonaniu jednego obrotu zabierak 3, zamocowany na tym kole, zaczepia o kołek 4, osadzony w ramieniu 5. Ramię to jest połączone z kołem 6 za pomocą sprzęgła ciernego i może wykonywać ruch, ograniczony łukowym wycięciem w tym kole. Gdy kołek 4 przesunie się poza koniec spoczywającej na nim dźwigni 7, dźwignia opada wraz z podtrzymywaczem 13, który utrzymywał szczotkę 10 ponad komutatorem 11. Gdy dźwignia 7 opadnie, szczotka 10 dotyka do

komutatora 11, wskutek czego następuje zamknięcie obwodu elektrycznego, gdyż szczotka 9 stale dotyka do komutatora 11 — silnik zaczyna działać.

Obracający się wirnik 12, za pośrednictwem ślimaka 8, napędza koło naciągowe 6 w kierunku zaznaczonym strzałką i naciąga sprężynę napędową 1. Obracające się koło naciągowe zabiera znajdujący się w jego łukowym wycięciu kołek 4, który po wykonaniu pełnego obrotu dokoła osi sprężyny unosi dźwignię 7. Podniesienie dźwigni powoduje odsunięcie szczotki 10 od komutatora za pośrednictwem podtrzymywacza 13 i przerwanie obwodu elektrycznego — silnik się zatrzymuje. Naciąganie sprężyny trwa ok. 3 s i powtarza się co 8 minut. Urządzenia naciągowe tego typu są stosowane w zegarach bateryjnych wielu firm, między innymi w zegarach niemieckich firm DIEHL oraz UMF-Ruhla.



Urządzenie naciągu silnikowego z **dużą pojemnością napędu** przedstawiono na **rys. 3.9**. Naciąganie sprężyny napędowej umieszczonej w bębnie odbywa się za po-

Rys. 3.8. Naciąg silnikowy z małą pojemnością napędu

1 — śrubowa sprężyna napędowa, 2 — koło napędowe, 3 — zabierak, 4 — kołek, 5 — ramię, 6 — koło naciągowe, 7 — dźwignia, 8 — ślimak, 9 i 10 — szczotki silnika, 11 — komutator, 12 — wirnik silnika, 13 — podtrzymywacz

Rys. 3.9. Naciąg silnikowy z dużą pojemnością napędu sterowany nakrętką wędrującą

1 — stojan silnika, 2 — wirnik silnika, 3 — dźwignia włączająca, 4 — nakrętka wędrująca, 5 — kołek zabierający, 6 — bęben sprężyny, 7 i 8 — koła przekładni zwalniającej, 9 — wałek sprężyny, 10 — zębnik przekładni chodu

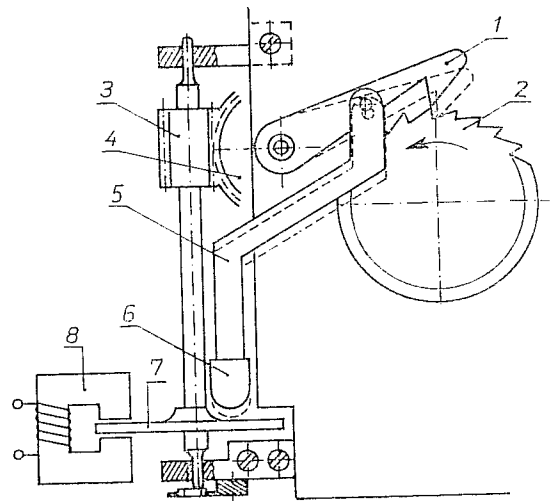
Rys. 3.10. Naciąg silnikiem Ferrarisa z hamulcem — bez nakrętki wędrującej

1 — zapadka, 2 — koło zapadkowe, 3 — ślimak, 4 — koło ślimakowe, 5 — dźwignia hamulca, 6 — nakrętka regulacyjna hamulca, 7 — wirnik silnika, 8 — stojan silnika

mocą silnika asynchronicznego typu Ferrarisa zasilanego prądem przemiennym z sieci energetycznej o napięciu 220 V Bęben 6 stale napędza zębnik przekładni chodu 10. Na nagwintowanej części wałka sprężyny 9 znajduje się nakrętka wędrująca 4, która jest połączona z bębmem 6 za pośrednictwem kołka zabierającego 5. Podczas nakręcania zegara wirnik 2 obraca się w polu magnetycznym stojana 1 i poprzez przekładnię zwalniającą 7 i 8 wprawia w ruch wałek 9, na który nawija się sprężyna napędowa. Wskutek obrotu wałka 9 nakrętka 4 wędruje w górę, dociska dźwignię 3 do wirnika 2 i zatrzymuje go. W czasie chodu zegara bęben 6 powoli obraca się, nakrętka 4, zabierana przez kołek 5, opuszcza się w dół, a dźwignia 3 uwalnia wirnik 2 — następuje nowy cykl naciągania sprężyny.

Urządzenie naciągowe z silnikiem Ferrarisa i nakrętką wędrującą ma zastosowanie m. in. w zegarach FERRAMO, niemieckiej firmy Baeurle. Silnik Ferrarisa pobiera bardzo mało prądu, dlatego zahamowanie go nic mu nie szkodzi, mimo że nadal pozostaje pod prądem. Dzięki temu nie ma potrzeby stosowania wyłączników prądu.

W urządzeniu naciągowym silnikiem Ferrarisa, zamiast nakrętki wędrującej, stosuje się czasem hamowanie systemem Helio-watta **rys. 3.10.** Stojan silnika 8 jest stale zasilany prądem, więc do zatrzymywania wirnika 7 służy dźwignia hamulcowa 5, zakończona nakrętką regulacyjną 6. Koło za-

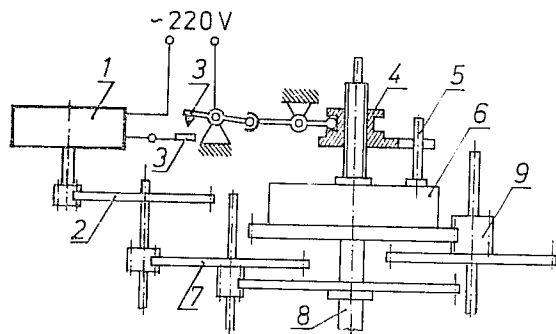


padkowe 2 jest osadzone na osi koła minutowego i obraca się w kierunku zaznaczonym strzałką. Gdy ząb koła 2 uniesie zapadkę 1, wówczas wirnik 7 obraca się i poprzez przekładnię ślimakową 3 i 4 nakręca sprężynę napędową. Natomiast gdy zapadka 1 wpadnie we wrąb koła 2, wtedy dźwignia hamulcowa 5, poprzez nakrętkę 6, dociska do wirnika i zatrzymuje jego obroty. Czas naciągu oraz docisk hamulca do wirnika i jego uwalnianie można doregulować nakrętką 6. Pojemność napędu zależy od długości sprężyny — wynosi zwykle około 40 godzin.

Urządzenie naciągowe silnikiem Ferrarisa, włączające i wyłączające naciąg za pomocą nakrętki wędrującej lub hamulca dźwigniowego, nie wymagające wyłączników stykowych, stosuje się w mechanizmach zegarowych używanych w przemy-

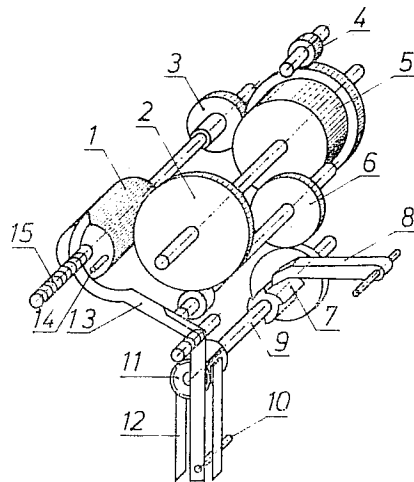
śle chemicznym i pracujących w pomieszczeniach zawierających łatwo palne gazy, w których iskrzenie styków mogłoby spowodować eksplozję. Częściej jednak mają zastosowanie naciągi silnikowe z wyłącznikami stykowymi.

Na rys. 3.11 przedstawiono schematycznie urządzenie naciągu silnikowego włączane i wyłączane układem stykowym. Ze-



gar jest napędzany sprężyną umieszczoną w bębnie, dającą dużą pojemność napędu. Silnik 1, zasilany prądem przemienicznym z sieci energetycznej o napięciu 220 V, jest włączany i wyłączany wyłącznikiem stykowym 3. Bęben sprężyny 6 stale napędza zębnik przekładni chodu 9. Na nagwintowanej części wałka sprężyny 8 znajduje się nakrętka wędrująca 4, która jest połączona z bębniem za pośrednictwem kołka zabierającego 5. Podczas chodu zegara bęben 6 obraca się powoli i za pomocą kołka 5 obraca nakrętkę 4, która przesuwa się na gwincie wałka ku dołowi. Po opuszczeniu się o kilka zwojów nakrętka zwiera styki 3 i włącza silnik 1, który

poprzez przekładnię zwalniającą 2 i 7 obraca wałek 8 i naciąga znajdującą się na nim sprężynę napędową. Prędkość obrotowa wałka 8 w czasie naciągania sprężyny jest znacznie większa od prędkości obrotowej bębna 6, napędzającego przekładnię chodu, więc nakrętka 4 przesuwa się ku górze i powoduje rozwarcie styków 3. Gdyby zaistniała przerwa w dopływie prądu, mimo zwarcia styków, przekładnia chodu będzie napędzana rezerwą napędu aż do zupełnego rozwinięcia się sprężyny w bębnie, wskutek czego nakrętka 4 przesuwa się aż do dolnego końca gwintu. Po włączeniu prądu silnik znowu będzie naciągał sprężynę, a nakrętka będzie wędrować ku górze, aż spowoduje rozwarcie styków i zatrzymanie silnika.



Rys. 3.11. Naciąg silnikowy włączany i wyłączany układem stykowym

1 — silnik, 2 i 7 — przekładnia zwalniająca, 3 — układ stykowy, 4 — nakrętka wędrująca, 5 — kołek zabierający, 6 — bęben sprężyny, 8 — wałek sprężyny, 9 — zębnik przekładni chodu

Rys. 3.12. Naciąg zegara silnikiem uniwersalnym systemu Heliowatta

1 — zębnik wędrujący, 2 — koło naciągowe, 3 — koło włączające, 4 — zębnik przekładni chodu, 5 — bęben sprężyny, 6 — koło pośrednie, 7 — koło zapadkowe, 8 — zapadka, 9 — wałek silnika, 10 — kołek izolowany, 11 — komutator, 12 — szczotka, 13 — dźwignia przełączająca, 14 — kołek przełączający, 15 — wałek nagwintowany zębniaka wędrującego

zegara silnikiem uniwersalnym systemu Heliowatta. Silnik ten jest wyposażony w czterosegmentowy komutator 11. Obroty wałka silnika 9 są przenoszone na koło naciągowe 2 za pośrednictwem czołowych kół zębatach 6. Zapadka 8 i koło zapadkowe 7 z czterema zębami zatrzymuje silnik w takim położeniu, że szczotki 12 spoczywają na metalowych wycinkach komutatora 11, a nie na wycinkach izolowanych, aby po zamknięciu obwodu elektrycznego przez szczotki silnik mógł zadziałać. Bęben sprężyny 5 stale napędza zębnik przekładni chodu 4.

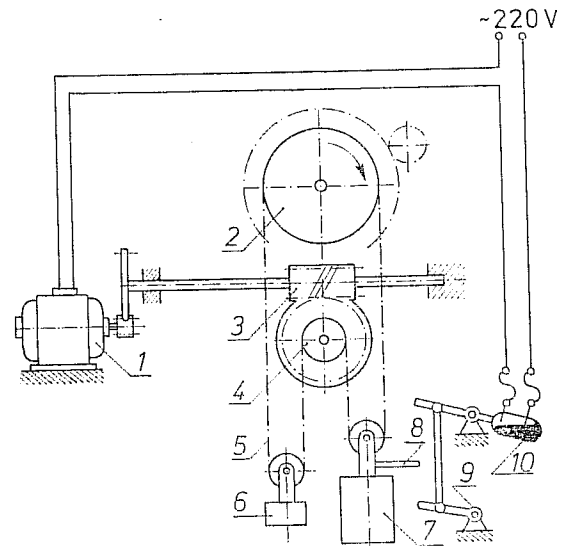
W czasie nakręcania zegara silnik poprzez przekładnię 6 i koło naciągowe 2 obraca zębnik wędrujący 1, który w tym czasie przesuwają się na wałku 15 w stronę dźwigni 13. Po pełnym naciągnięciu sprężyny napędowej zębnik wędrujący 1 przesunie się na tyle, że kołek przełączający 14 unosi dźwignię 13, która za pośrednictwem kołka izolowanego 10 odchyli szczotkę od komutatora 11, wskutek czego następuje przerwanie obwodu elektrycznego i zatrzymanie silnika. Podczas chodu zegara wieńiec zębata bębna 5 obraca ząbione z nim koło włączające 3, osadzone sztywno na wałku 15. Wskutek tego obrotu zębnik wędrujący 1 odsuwa się od dźwigni przełączającej 13, gdyż jest zabezpieczony przed obrotem przez nieruchome w tym czasie koło naciągowe 2. Gdy zębnik 1 oddali się na tyle, że kołek 14 wysunie się spod dźwigni 13, wtedy dźwignia pod działaniem sprężynki wraca do po-

łożenia wyjściowego i umożliwia połączenie się szczotki z komutatorem, wskutek czego zamyka się obwód elektryczny i silnik zaczyna działać. Cykl ten powtarza się co 3 godziny. Pojemność napędu wynosi 48 godzin.

Naciągi silnikowe są bardzo praktyczne do nakręcania wielkich zegarów mechanicznych umieszczonych na wieżach. Jedno z rozwiązań naciągu silnikowego zastosowanego do zegara wieżowego z napędem obciążnikowym przedstawiono na rys. 3.13. Obciążnik napędowy 7 jest zawieszony

Rys. 3.13. Schemat naciągu silnikowego, zastosowanego do zegara wieżowego

1 — silnik, 2 — koło łańcuchowe, 3 — przekładnia łańcuchowa, 4 — koło łańcuchowe, 5 — łańcuch, 6 — obciążnik napinający, 7 — obciążnik napędowy, 8 — występ obciążnika, 9 — dźwignia przełączająca, 10 — wyłącznik ręczny



zony na łańcuchu 5, którego końce są połączone ze sobą. W ten sposób połączony łańcuch nosi nazwę łańcucha bez końca. Łańcuch 5 jest przewieszony przez koło łańcuchowe 4, połączone sztywno z przekładnią ślimakową 3, oraz przez koło łań-

cuchowe 2, umocowane na wałku napędowym, który jest stale napędzany obciążnikiem 7. Mały obciążnik 6 służy do napinania łańcucha.

Gdy podczas chodu zegara obciążnik 7 obniży się, wtedy występ 8 przechyli dźwignię 9, co spowoduje zwarcie wyłącznika rtęciowego 10 i zamknięcie obwodu elektrycznego, w który jest włączony silnik 1. W czasie naciągania silnik, przez zwalniającą przekładnię ślimakową 3 i przez koło łańcuchowe 4, podnosi obciążnik 7, który w górnym położeniu, występnem 8, rozwiera wyłącznik rtęciowy, co powoduje zatrzymanie silnika.

Przekładnia ślimakowa jest samohamowna, więc koło 4 nie może obrócić się pod działaniem obciążnika 7, gdy silnik jest wyłączony. Zaletą tego urządzenia jest stałość momentu napędowego na kole łańcuchowym 2 również w czasie podciągania obciążnika 7, dlatego nie trzeba stosować w tym przypadku napędu pomocniczego.

3.4. Naprawa zegarów z naciągiem elektrycznym

3.4.1. Naprawa naciągu elektromagnetycznego

Zegary bateryjne z naciągiem elektromagnetycznym są najbardziej rozpowszechnione, lecz ich produkcja zmalała wraz z rozwojem zegarów innych systemów,

szczególnie zegarów z elektrycznym napędem balansu i impulsami sterowanymi przez tranzystor. Naprawa zegara z naciągiem elektromagnetycznym jest dla zegarmistrza stosunkowo łatwa i nie wymaga wielu wiadomości z elektrotechniki.

Zegar z naciągiem elektrycznym o dużej pojemności napędu składa się ze zwykłego mechanizmu chodu — ze sprężyną napędową w bębnie, przekładnią chodu, kołem wychwytowym, kotwicą i balansem — oraz z elektrycznego urządzenia naciągowego. Wstępne badanie takiego zegara sprowadza się do ustalenia czy miejsce uszkodzenia znajduje się w zespole mechanicznym, czy w urządzeniu naciągu elektrycznego.

Zespół mechaniczny naprawia się zwykłymi sposobami, podanymi w opisach naprawy zegarów mechanicznych, zamieszczonych w poprzednim, ósmym tomie „Zegarmistrzostwa”.

W zegarze o małej pojemności napędu należy sprawdzić śrubową sprężynę napędową. Zmiany zmęczeniowe w tej sprężynie powodują zmniejszenie siły wywieranej przez nią na koło napędowe, a więc i zmniejszenie amplitudy wahań balansu. Przez zwiększenie wstępnego napięcia tej sprężyny można zwiększyć amplitudę do wymaganej wartości.

W naciągach elektromagnetycznych są stosowane elektromagnesy o zworach wahliwych lub o zworach obrotowych, najczęściej z osią obrotu w środku zwory. Ponieważ siła przyciągania elektromag-

nesu zmniejsza się z kwadratem odległości, przeto odległość zwory od rdzenia elektromagnesu powinna być mała — od 0,8 do 1,2 mm.

Najczęściej występujące usterki w naciągach elektromagnetycznych to:

- oksydowanie końcówek baterii,
- zabrudzenie i wypalenie styków,
- uszkodzenie płytki izolacyjnej między zworą a rdzeniem,
- wadliwe połączenie prądowe — przez łożyska zamiast przewodem,
- niedostateczne gaszenie iskrzenia styków,
- za duża szczelina między zworą a rdzeniem elektromagnesu,
- niecentryczne ułożyskowanie zwory,
- luźne czopy zwory w łożyskach, co powoduje szmery i szkodliwe tarcie.

Badanie zespołu elektrycznego należy rozpocząć od miejsca zasilania i następnie postępować wzdłuż całego obwodu elektrycznego. Do tego celu można posłużyć się miernikiem uniwersalnym lub innym próbnikiem. Szukać trzeba usterek w źródle zasilania, w stykach i w elektromagnesach. Sprawdzanie zespołu elektrycznego zegara bateryjnego należy przeprowadzać w następującej kolejności:

- zmierzyć napięcie baterii w czasie pracy — stan wymagany 1,35 V,
- sprawdzić obwód prądu, czy nie ma przebicia izolacji lub zwarcia,
- sprawdzić działanie elektromagnesu,
- zmierzyć pobór prądu — stan wymagany: mniej niż 100 mA,

- sprawdzić amplitudę balansu,
- sprawdzić ustawienie styków: na odległość, stan ich powierzchni oraz elastyczność sprężynek stykowych,
- zbadać urządzenie gasikowe styków,
- sprawdzić wszystkie elementy układu elektrycznego.

Okres ważności baterii typu R14 lub R20 o napięciu 1,5 V wynosi zwykle 6 miesięcy. Przy małym poborze prądu bateria częściowo się regeneruje — i to przedłuża jej żywotność. Jednak po roku należy baterię wymienić, choćby jej napięcie nie spadło za nisko, gdyż może nastąpić z niej wyciek elektrolitu.

Szczególną uwagę należy zwracać na usterki elektromagnesu. Nieprzyciąganie zwory może być spowodowane zbyt dużą szczeliną między zworą a rdzeniem elektromagnesu. Usterkę tę można rozpoznać w ten sposób, że elektromagnes zegara bateryjnego, zasilanego z baterii o napięciu 1,5 V, powinien zadziałać już po podłączeniu napięcia 1 V. Jeżeli podczas takiej próby elektromagnes nie przyciągnie zwory, to należy zmniejszyć i doregulować szczelinę. Przyczyną wadliwego działania elektromagnesu może być przyklejanie się zwory. Jeżeli po założeniu świeżej baterii zwora nie oddala się od rdzenia po odłączeniu napięcia, trzeba założyć podkładkę z materiału diamagnetycznego. W ten sposób powstaje szczelina w stanie przyciągniętym. Stwierdzenie zbyt dużego poboru prądu może świadczyć o uszkodzeniu diody gasikowej lub o zwar-

ciu w układzie lub między zwojami cewki. Cewkę wykazującą zwarcie należy wymienić na nową.

W stanie pełnego napięcia, po założeniu świeżej baterii, nie powinno występować odbijanie balansu¹²⁾, które jest skutkiem zbyt dużej amplitudy. Gdyby to nastąpiło, należy zmniejszyć wstępne napięcie sprężyny napędowej.

Przyczyną uszkodzenia styków mogą być wadliwe układy gasikowe, które nie dość skutecznie zabezpieczają przed iskrzeniem. Wadliwe elementy układu elektrycznego należy wymienić na nowe. W celu sprawdzenia przydatności elementów urządzenia gasikowego należy je odlutować.

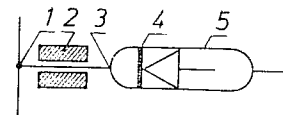
Jeżeli urządzeniem gasikowym jest dioda, to należy ją odlutować z jednej strony w celu sprawdzenia. Aby zabezpieczyć diodę przed przegrzaniem, należy uchwycić jej przewód szczypcami płaskimi, które odprowadzą nadmiar ciepła (rys. 3.14). Przegrzanie diody grozi jej zniszczeniem.

Na rys. 3.15 przedstawiono sposób włączenia diody 5, 6 jako urządzenia gasikowego dla styków 2. Dioda półprzewodnikowa ma tę właściwość, że przepuszcza prąd tylko w jednym kierunku swej polaryzacji. Natomiast w odwrotnym kierunku ma dużą oporność zaporową. Ponieważ prąd samoindukcji płynie zawsze w odwrotnym kierunku niż stały prąd użytkowy, więc dioda może być włączona równoległe do cewki elektromagnesu. W takim układzie prąd z baterii nie przepływa

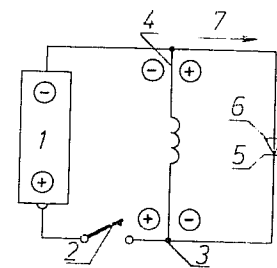
przez diodę, a prąd samoindukcyjny, który powoduje iskrzenie styków, swobodnie przez nią przepływa, omijając styki. Rezystancję diody mierzy się za pomocą omomierza w taki sposób, że jeden koniec odłącza się od obwodu, następnie końcówkę plus omomierza dołącza się do katody 6, a końcówkę minus do anody 5. Katodowa strona diody jest zawsze oznaczona. Przy tym pomiarze omomierz wskaże małą rezystancję, zwykle około 50 Ω .

Drugi pomiar polega na odwrotnym przyłączeniu omomierza do diody: końcówkę plus do anody 5, a końcówkę minus do katody 6. Wtedy omomierz wykazuje dużą rezystancję, zwykle około 5000 Ω . Jeżeli różnica między dokonanymi pomiarami jest duża, to dioda jest dobra. Jeśli różnica jest nieznaczna albo w ogóle jej nie ma, to dioda jest uszkodzona i trzeba ją wymienić.

Jeżeli urządzeniem gasikowym jest rezystor, to przed badaniem jego przydatności również należy go odlutować. Jest on również podłączony do cewki równoległe. Gdy rezystor jest uszkodzony lub połączenie lutowane jest nieprawidłowe, wtedy prąd samoindukcji, nie znajdując swobodnego obwodu, przepływa przez styki, co powoduje iskrzenie styków i ich niszczenie. Wskutek tego urządzenie źle funkcjonuje i większy jest pobór prądu. Gdy zmierzona wartość rezystancji rezystora różni się około 10% od wartości podanej przez wytwórnictwo, można go jeszcze pozostawić. Natomiast gdy wartość ta jest wię-



Rys. 3.14. Lutowanie diody półprzewodnikowej 1 — miejsce lutowane, 2 — szczypce płaskie, 3 — strona katodowa (minusowa) diody, 4 — obrączka barwna oznaczająca katodę, 5 — strona anodowa (plusowa) diody



Rys. 3.15. Zasada przyłączenia diody jako elementu gasikowego zabezpieczającego styki przed iskrzeniem 1 — bateria, 2 — styki, 3 i 4 — przewody łączące cewkę, 5 — katoda diody, 6 — anoda diody, 7 — kierunek prądu samoindukcji

ksza o 20% — należy go wymienić na nowy.

Przy ponownym wlutowywaniu elementów gasikowych należy również zabezpieczyć je szczypcami przed nadmiernym przegrzaniem oraz uważać, aby cyna należyście wpłynęła w złącze. Zdarza się czasem, że między lutowanymi przedmiotami powstaje warstwa izolacyjna, czyli tzw. „zimne zlutowanie”, które nie przewodzi prądu.

3.4.2. Naprawa naciągu silnikowego zasilanego z baterii

Badanie mechanizmu zegarowego z naciągami silnikowym zasilanym z baterii należy w zasadzie zaczynać od kontroli baterii, aby z całą pewnością można było stwierdzić, że nie ma wady w źródle energii. O sprawdzaniu baterii i jej trwałości mówiono już przy naprawie naciągów elektromagnetycznych.

Silnik naciągu należy badać w stanie wymontowanym, sprawdzając jego rozruch i pobór prądu przy pełnym napięciu 1,5 V oraz dolnym napięciu rozruchowym do 0,8 V. Należy go przy tym wielokrotnie zatrzymywać i uruchamiać, aby stwierdzić ewentualne błędy rozruchu. Jeżeli po włączeniu napięcia nie następuje rozruch silnika, to należy sprawdzić elementy doprowadzające prąd oraz szczotki. Zużyte szczotki należy wymienić.

Mierzenie progów napięcia⁹⁾ w naciągu sil-

nikowym odbywa się w taki sam sposób, jak w naciągach elektromagnetycznych. W zegarze o naciągu silnikowym, zasilanym z baterii o napięciu 1,5 V, próg napięcia powinien wynosić około 1 V. Gdy próg napięcia pracy jest niższy, oznacza to oszczędne funkcjonowanie mechanizmu. Gdy zaś próg napięcia pracy jest wyższy, wówczas zegar ma jakąś wadę. Jedną z przyczyn zawyżonego progu napięcia pracy zegara może być zabrudzony silnik, wytarte łożyska, uszkodzone uzwojenie, hamowanie silnika przez błędne działanie przekładni ślimakowej, nadmierne naprężenie sprężyny napędowej, nadmierne nasmarowanie łożysk, uszkodzone bieguny baterii, wytarcie komutatora i szczotek, nieodpowiedni czas włączania. Pomiar prądu pobieranego przez silnik wymontowany, tzn. bez obciążenia, można wykonać miernikiem uniwersalnym, np. ELECTROTEST Sprawdzenie poboru prądu przez silnik obciążony podczas naciągania daje możliwość stwierdzenia prawidłowości działania silnika.

Silniki, które podczas pracy drgają i powodują hałas, mają zużyte łożyska. Objawy te można by usunąć przez nasmarowanie, ale nie na długo, dlatego takie silniki trzeba naprawiać albo wymienić na nowe. Nie we wszystkich silnikach można smarować łożyska. Na niektórych są wyraźnie zaznaczone zastrzeżenia wytwórni, aby łożysk nie smarować.

Przyczyną wadliwego działania silników może być zabrudzenie lub zaoliwienie ko-

mutatora. W takim przypadku trzeba cały wirnik umyć w cieczy rozpuszczającej tłuszcz, a następnie wysuszyć. Ślady wypaleń na komutatorze można usunąć przeszlifowaniem na tokarce płótnem ściernym o bardzo drobnych ziarnach. Następnie trzeba komutator dokładnie oczyścić z pyłu ściernego, aby zabezpieczyć szczotki przed szybkim zużyciem.

Małe silniki elektryczne prądu stałego stosowane do naciągu zegarów praktycznie nie nadają się do naprawy. W razie uszkodzenia należy je wymienić na nowe.

Silniki stosowane do naciągu zegarów o napędzie sprężynowym powodują tylko nieznaczne zużycie prądu. Dlatego podczas kontroli naciągu elektrycznego należy przede wszystkim zwrócić uwagę na trwałe i pewne przyłutowanie przewodów oraz prawidłowość zazębiania się przekładni ślimakowej.

Bardzo wrażliwym miejscem na usterki naciągu silnikowego są układy stykowe, powodujące włączanie i wyłączanie silnika. Z tego powodu należy jeszcze przed rozebraniem zegara dokładnie prześledzić działanie tego układu sterującego. Niektóre zegary o naciągu silnikowym są wyposażone w lekko poruszające się elementy zabierające. W razie stwardnienia oleju elementy te zakleszczają się, co powoduje niepotrzebnie powtarzające się naciągi sprężyny. Należy dokładnie przestrzegać instrukcji napraw dostarczonych przez wytwórnię.

Po tych ogólnych rozważaniach podajemy

szczegółowe czynności kontrolne podczas wykrywania usterek zegarów o naciągu silnikowym. Należy:

- sprawdzić źródło napięcia; stan wymagany: 1,35 V pod obciążeniem rezystancją 5 Ω ,
- rozebrać mechanizm zegara i oczyścić wszystkie części, a szczególnie styki,
- złożyć mechanizm zegara, sprawdzić napięcie w obwodzie elektrycznym oraz rezystancję przejścia; stan wymagany: napięcie najmniej 1,35 V, rezystancja przejścia nie większa niż 0,1 Ω ,
- sprawdzić rozruch silnika, zużycie szczotek, łożysk i cichobieżność, stan zabrudzenia komutatora; stan wymagany: pewność rozruchu przy napięciu 1 V i 1,5 V we wszystkich pozycjach wirnika; cichobieżność w biegu jałowym,
- wmontować silnik, sprawdzić działanie układu sterującego (włączającego) oraz pobór prądu, który nie powinien być większy niż podany przez wytwórnię (na ogół powinien być mniejszy niż 100 mA); w stanie pełnego naciągu balans nie powinien odbijać¹²⁾.

3.4.3. Naprawa naciągu silnikowego zasilanego z sieci

Podczas prac przy zegarach zasilanych z sieci energetycznej należy przestrzegać przepisów bezpieczeństwa, które podano w rozdziale 2.4.4. Napięcie sieci energetycznej należy doprowadzić do stanowis-

ka pracy tylko na czas prowadzenia prób działania naprawianego zegara. Rozbieranie i składanie mechanizmu odbywa się na ogół po odłączeniu napięcia z sieci. Gdy podczas próby działania mechanizm jest przyłączony do sieci, wtedy nie należy dotykać go przewodzącymi narzędziami lub gołymi rękami. Narzędzia służące do napraw zegarów o naciągu silnikowym zasilanych z sieci powinny być izolowane.

Badanie należy rozpoczynać od miejsca zasilania sieciowego, a następnie postępować wzdłuż całego obwodu napięciowego. Do tego celu można posłużyć się miernikiem uniwersalnym, nastawionym na pomiar napięcia do 300 V, lub zwykłym próbnikiem z żarówką na napięcie 220 V. Kolejno należy badać:

- miejsce zasilania sieciowego,
- elementy stykowe,
- miejsce zasilania silnika przy szczotkach.

Jeżeli pomiary w podanych miejscach wykazują prawidłowe napięcie, a silnik nie pracuje, to należy go odłączyć od mechanizmu zegarowego i podłączyć bezpośrednio do sieci. Gdy i wtedy nie działa, należy sprawdzić stan zużycia jego części.

W szczelinach zabrudzonego komutatora często znajdują się opiłki metalowe, zwłaszcza stalowe, które powodują nadmierne iskrzenie, grzanie się wirnika i w efekcie — wadliwą pracę silnika. Zanieczyszczone segmenty komutatorowe należy wymyć szczotką zwilżoną w rozpuszczalniku

lub spirytusie i usunąć resztki brudów z rowków. Jeżeli komutator jest zatarty, to można go przetoczyć na tokarce, a następnie wypolerować płótnem ściernym o bardzo drobnych ziarnach. Zazwyczaj po takim zabiegu rowki komutatora się zasklepiają, dlatego trzeba te zanieczyszczenia usunąć za pomocą cienkiego narzędzia lub czyszczaka.

Szczotki powinny silnie przylegać do komutatora i dobrze pasować do jego walcowej powierzchni. W przypadku uszkodzenia lub wytarcia się szczotek należy je wymienić na nowe lub wykonać z odpowiedniego materiału, który strukturą i właściwością poślizgu jest podobny. Wymienione szczotki powinny być dobrze dopasowane do oprawek, swobodnie się przesuwają i dobrze przylegać do wycinków komutatora. Czasem trzeba szczotki dotrzeć. W tym celu wkłada się między komutator a szczotkę kawałek płótna ściernego, zwrócony ostrą powierzchnią do szczotki, i obraca się wirnikiem wraz z płótnem w kierunku jego normalnych obrotów.

Jeśli po prawidłowym dotarciu szczotek i oczyszczeniu komutatora silnik nie działa lub występuje nadmierne iskrzenie na szczotkach, grzanie się wirnika, albo okazują się jeszcze jakieś inne błędy jest to oznaką, że uległo uszkodzeniu uzwojenie wirnika, przerwa w obwodzie przez odlutowanie końcówek lub przebicie na obudowę. W takim przypadku trzeba silnik nowo nawinąć w specjalistycznym zakładzie lub wymienić na nowy

Sprawdzając łożyska ślizgowe silnika należy zauważyć, czy szczelina między stojanem a wirnikiem jest jednakowa. Gdy szczelina z jednej strony jest wyraźnie mniejsza, należy wstawić nowe tulejki łożyskowe. Trzeba przy tym zwracać uwagę na gatunek materiału, z którego są wykonane łożyska ślizgowe. Jeżeli łożyska są tylko zanieczyszczone lub trzeba zmienić w nich smar, to należy przedtem dokładnie usunąć z nich resztki smaru oraz wymyć je benzyną. Smarowanie bez uprzedniego wymycia może spowodować zatarcie. Składając części silnika, należy dokładnie dociągać wszystkie wkręty, które łatwo mogą się obluzować i stworzyć przerwę w obwodzie elektrycznym.

Małe silniki o dużej prędkości obrotowej wymagają gęstszego smaru, aby podczas pracy nie rozplýwał się zbyttnio.

Sprawdzając silnik systemu Ferrarisa, należy starannie zbadać stan łożyska oporowego, na którym spoczywa cały wirnik. Czop wirnika wspiera się na luźnej kulce rubinowej, osadzonej sprężystie w komorze smarowej. Gdyby kulka była uszkodzona, należy ją wymienić na nową. Wirnik tarczowy powinien obracać się dokładnie w płaszczyźnie i centrycznie, aby szczelina między biegunami elektromagnesu była możliwie jak najmniejsza. Do napędu urządzenia naciągowego silnikiem Ferrarisa stosuje się zwykle przekładnię ślimakową, która również powinna działać bezbłądnie.

Zespołem, w którym najczęściej występu-

ją zakłócenia w naciągu jest, oprócz silnika, układ stykowy. Oglądając styki przez lupę można łatwo zauważyć na ich powierzchni miejsca wypalone lub skorodowane. Należy je wyrównać pilnikiem do styków oraz wygładzić polerownikiem. Zbyt niskie styki należy zastąpić wyższymi tego samego rodzaju lub podobnymi. Po naprawie należy sprawdzić rezystancję przejścia zwartych styków za pomocą mostka pomiarowego. Nie powinna ona przekraczać $0,1 \Omega$. Podobnie należy sprawdzić wszystkie miejsca stykowe obwodów elektrycznych, aby zauważyć zbyt duże rezystancje przejścia i zapobiec powstawaniu wypaleń na stykach. Wszystkie inne elementy należy dokładnie oczyścić, podobnie jak czyści się części każdego mechanizmu zegarowego.

Po ukończeniu składania mechanizmu zegarowego oraz urządzenia naciągu silnikowego należy ręcznie napiąć wstępnie sprężynę napędową do żądanej wartości momentu. Jeżeli jest możliwość korzystania z instrukcji napraw danego mechanizmu opracowanej przez wytwórníę, to należy jej dokładnie przestrzegać.

4. Elektryczne zegary wahadłowe i balansowe — ze sterowaniem stykowym

4.1. Wiadomości wprowadzające

W odróżnieniu od zegarów z naciągami elektrycznym, o których była mowa w poprzednim rozdziale, zegary, w których energia elektryczna jest wykorzystywana do napędu regulatora zegara, nazywamy **zegarami z elektrycznym napędem regulatora**. Takimi właśnie zegarami zajmujemy się w tym rozdziale

Zegar z elektrycznym napędem regulatora jest zegarem niezależnym, podobnie jak i zegar mechaniczny z regulatorem i wychwytem. Jest jednak między nimi zasadnicza różnica. W zegarze mechanicznym regulator otrzymuje impuls od urządzenia napędowego poprzez przekładnię chodu i wychwyt. Natomiast w zegarze z napędem elektrycznym regulator otrzymuje impuls od urządzenia napędowego działającego niezależnie od przekładni. Różnicę tę wyjaśniliśmy w rozdziale 2.3 przy omawianiu klasyfikacji zegarów elektrycznych.

Zegar z elektrycznym napędem regulatora nie ma wychwyty, przekładni chodu ani sprężyny napędowej. Regulator jest na-

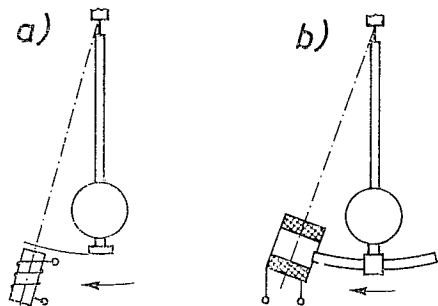
pędzany przez urządzenie napędowe, którego zasadniczym elementem jest elektromagnes zasilany prądem stałym, zwykle z baterii o napięciu 1,5 V. Wzbudzenie elektromagnesu jest sterowane regulatorem za pośrednictwem **urządzenia stykowego**. Wahnięcia regulatora są zliczane przez **przekładnię zliczającą** i za pośrednictwem przekładni wskazań uwidaczniane na tarczy za pomocą wskazówek. Są budowane zarówno zegary z elektrycznym napędem wahadła, jak i zegary oraz zegarki z elektrycznym napędem balansu. W pierwszym etapie rozwoju zegarów z napędem elektrycznym regulatora impulsy napędowe były włączane za pomocą styków. Po wynalezieniu tranzystora powstała nowa grupa zegarów, zwanych elektronicznymi. W tych zegarach regulator otrzymuje impulsy, których przebiegi są sterowane za pomocą urządzenia indukcyjnego. O zegarach elektronicznych będzie mowa w następnym rozdziale.

4.2. Urządzenia napędowe wahadła

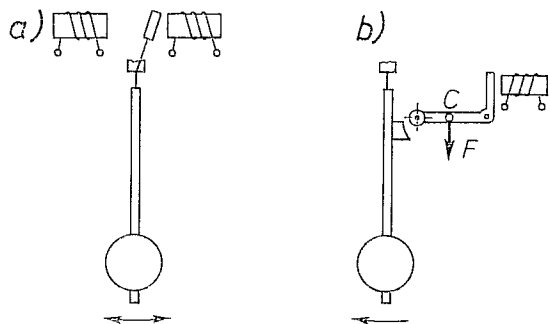
4.2.1. Uwagi ogólne

Wahadło o napędzie elektrycznym może otrzymywać impulsy bezpośrednio od elektromagnesu albo pośrednio.

Bezpośrednio impuls jest udzielany wte-



dy, gdy zwora przymocowana do wahadła jest przyciągana lub odpychana przez elektromagnes (rys. 4.1a), albo też wciągana do cewki (rys. 4.1b). Energia impulsu udzielanego wahadłu jest tu zależna m. in. od napięcia źródła prądu.



Pośrednio impuls jest udzielany wtedy, gdy elektromagnes napina sprężynę (rys. 4.2a) lub unosi dźwignię (rys. 4.2b), wskutek czego zostaje zgromadzona pewna ilość energii, a następnie oddana wahadłu w postaci impulsu. W tym przypadku energia impulsu jest stała i niezależna od napięcia źródła prądu.

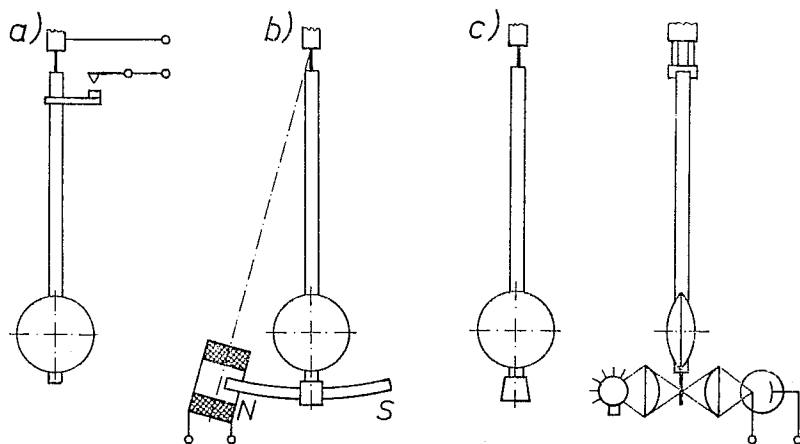
W zależności od zasady działania rozróżnia się trzy zasadnicze rodzaje urządzeń sterujących:

- stykowe, w których obwód elektryczny jest zamykany przez zwarcie styków, uruchamianych przez wahadło (rys. 4.3a);
- indukcyjne, w których elektryczny impuls sterujący powstaje w nieruchomej cewce wskutek poruszającego się względem niej magnesu trwałego przymocowanego do wahadła; impuls ten wysterowuje tranzystor, który wyzwala impuls napędowy doprowadzany do elektromagnesu napędowego (rys. 4.3b);
- fotoelektryczne, w których elektromagnes napędowy jest sterowany przez układ elektroniczny z fotodiodą, zasilianą od żarówki przez przysłonę przymocowaną do wahadła (rys. 4.3c).

Rys. 4.1. Napęd elektryczny wahadła z impulsem bezpośrednim: a) ze zworą przyciąganą, b) ze zworą wciąganą

Rys. 4.2. Napęd elektryczny wahadła z impulsem pośrednim: a) z napinaną sprężyną, b) z dźwignią ciężarną

Rys. 4.3. Urządzenie sterujące napędem wahadła: a) stykowe, b) indukcyjne, c) fotoelektryczne



Urządzenia sterujące stykowe są proste i tanie, ale bardziej zawodne niż dwa następujące. W urządzeniach stykowych stosuje się zwykle bardzo małe siły docisku styków, aby nie zakłócać ruchu wahadła. Nawet niewielkie zanieczyszczenie lub utlenienie powierzchni styków może być przyczyną usterek w działaniu napędu. Dobre wyniki napędu daje konstrukcja z ciężkim wahadłem. Szczególnie ważne jest stosowanie styków dobrej jakości oraz samooczyszczających się podczas pracy. Urządzenia sterujące indukcyjne lub fotoelektryczne są bardziej skomplikowane i droższe, ale bardziej niezawodne. W celu zwiększenia trwałości żarówki w układzie fotoelektrycznym obniża się napięcie zasilania. Urządzenie fotoelektryczne nie nadaje się do zegarów popularnych, chociaż wydaje się praktyczne, gdyż nie pochłania energii wahadła. Było ono stosowane w niektórych zegarach pierwotnych sieci czasu.

W zależności od konstrukcji urządzenia sterującego impulsy mogą być udzielane wahadłu w różnych odstępach czasu. Rozróżnia się elektryczne napędy udzielające impulsu:

- za każdym wahnięciem lub co drugie wahnięcie (raz w czasie okresu),
- po zmniejszeniu się amplitudy,
- co pewną stałą liczbę wahań.

Istnieją różne rozwiązania konstrukcyjne elektrycznych urządzeń napędowych wahadła, lecz w produkcji zegarów stosuje się tylko niektóre.

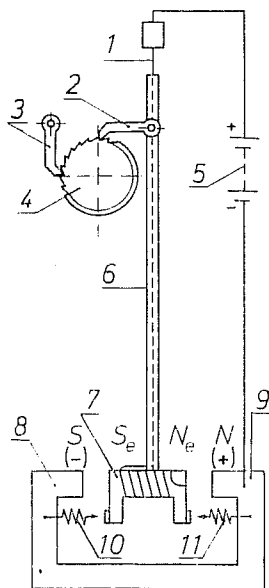
4.2.2. Urządzenia napędowe wahadła z impulsem bezpośrednim

4.2.2.1. Urządzenie napędowe wahadła udzielające impulsu co każde lub co drugie wahnięcie

Przykład urządzenia napędowego z impulsem bezpośrednim, w którym wahadło otrzymuje impuls co każde wahnięcie, przedstawiono na rys. 4.4. Jest to schemat jednego z najstarszych systemów urządzenia napędowego wahadła ze sterowaniem stykowym.

Wahadło 6 jest zawieszona na zawieszce 1, przewodzącej prąd z baterii 5 poprzez pręt wahadła do elektromagnesu 7, umieszczonego na końcu pręta w miejscu soczewki. Podczas wahanja wahadła elektromagnes porusza się między biegunami 8 i 9 magnesu trwałego. Na przecie wahadła 6 jest umieszczona zapadka 2, która obraca koło zapadkowe 4 o jeden ząb podczas ruchu wahadła w lewo. Przeciwzapadka 3 zapobiega cofaniu się koła zapadkowego, osadzonego na jednej z osi przekładni zliczającej.

Podczas ruchu wahadła w lewo elektromagnes 7 dotyka sprężynki stykowej 10, wskutek czego zamyka się obwód elektryczny i następuje wzbudzenie elektromagnesu. Kierunek prądu jest tak dobrany, że w elektromagnesie 7 powstaje biegun ujemny S z lewej strony, a biegun dodatni N z prawej. Magnes trwały jest tak ustawiony,



Rys. 4.4. Schemat urządzenia napędowego wahadła z impulsem bezpośrednim i sterowaniem stykowym udzielającego impulsu co każde wahnięcie

1 — zawieszka, 2 — zapadka, 3 — przeciwzapadka, 4 — koło zapadkowe, 5 — bateria, 6 — wahadło, 7 — elektromagnes, 8 i 9 — bieguny magnesu trwałego, 10 i 11 — sprężynki stykowe

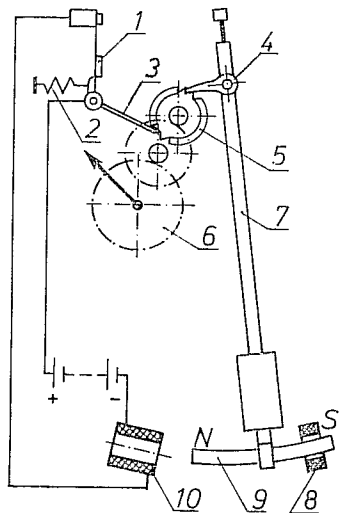
że jego biegun ujemny S jest z tej samej strony, co biegun ujemny S elektromagnesu, aby po wzbudzeniu elektromagnesu następowało odpychanie się jednoimiennych biegunów.

Po odepchnięciu wahadła 6 w prawo najpierw następuje przerwanie obwodu elektrycznego, a gdy elektromagnes 7 dotknie do sprężynki stykowej 11 z prawej strony, znów następuje zamknięcie obwodu i wzbudzenie elektromagnesu 7 , a z kolei odepchnięcie go w lewo, wskutek oddziaływania jednoimiennych biegunów dodatnich N ; czynności te powtarzają się cyklicznie.

Metoda ta nie zapewnia dokładnego działania zegara, gdyż wahadło nie może wahać się swobodnie od jednego bieguna magnesu do drugiego na skutek zmiennej napięcia baterii. Wiadomo, że z powodu ciągłego wyładowywania się baterii jej napięcie spada. Drugą wadą tych zegarów jest wrażliwość na miejsce ustawiania. Magnes sztabkowy lub cewka elektromagnesu na wahadle mają skłonność ustawiania się w kierunku północ-południe, podobnie jak igła kompasu. Jeżeli wahadło porusza się w innej płaszczyźnie, elektromagnes przekręca zawieszki wahadła, wskutek czego powstaje niedokładność działania zegara. Tego typu urządzeń napędowych już się nie stosuje.

Urządzenie napędowe wahadła z impulsem bezpośrednim, również ze sterowaniem stykowym, ale udzielające impulsu co drugie wahnięcie (raz na okres), by-

ło opracowane przez francuską firmę ATO i stosowane w zegarach tej firmy. Istnieją również zegary zachodniemieckiej firmy JUNGHANS oparte na systemie ATO. Schemat takiego urządzenia przedstawiono na rys. 4.5. Gdy wahadło 7 wykonuje



Rys. 4.5. Schemat urządzenia napędowego wahadła z impulsem bezpośrednim i sterowaniem stykowym udzielającego impulsu co drugie wahnięcie — systemu ATO

1 — styki, 2 — sprężynka, 3 — przeciwapadka, 4 — zapadka, 5 — koło zapadkowe, 6 — przekładnia zliczająca i przekładnia wskaźnika, 7 — wahadło, 8 — cewka stabilizacyjna, 9 — magnes trwały, 10 — cewka napędowa

ruch w lewo, zapadka 4 obraca o jeden ząb koło zapadkowe 5 , które odchyła przeciwapadkę 3 i zwiiera styki 1 . Prąd zamkniętego obwodu elektrycznego wzbudza cewkę napędową 10 , która, wciągając przymocowany do wahadła trwały magnes 9 , tym sposobem udziela wahadłu impulsu.

W pobliżu lewego skrajnego położenia wahadła, gdy przeciwapadka 3 pod działaniem sprężynki 2 spadnie z zęba koła zapadkowego, styki 1 rozwierają się i przerywają zasilanie cewki 10 . Wahadło

powraca swobodnie do prawego skrajnego położenia, a zapadka 4 przeskakuje w następny wręb koła zapadkowego, które przeciwzapadka 3 przytrzymuje nieruchomo. A więc impuls jest udzielany co drugie wahnięcie, w czasie ruchu wahadła w lewo.

Przekładnia wskazań 6 jest napędzana kołem zapadkowym 5 poprzez przekładnię zliczącą. W celu zabezpieczenia przed nadmiernym wzrostem amplitudy wahadła po jego drugiej stronie, symetrycznie do cewki napędowej 10, jest umieszczona cewka stabilizacyjna 8, w postaci krótkozwartego zwoju miedzianego.

W zegarach tego typu, firmy JUNGHANS, styki są wykonane ze złota i platyny, przy czym na biegunie dodatnim, na drugim ramieniu przeciwzapadki 3, jest umieszczony styk złoty. Pręt wahadła jest wykonany ze stopu niklostalowego (inwaru), który mniej reaguje na zmiany temperatury. Czopy przekładni zliczającej pracują w sześciu łożyskach kamiennych. Zegar jest zasilany prądem z baterii o dużej pojemności, specjalnie produkowanych do zegarów tej firmy. Pobór prądu wynosi: 0,6; 0,8 lub 1 mA, zależnie od częstotliwości wahnięć wahadła: 1/2; 2/5 lub 1/3 na s. Czas zwarcia styku wynosi 50 ms. Rezystancja cewki napędowej, odpowiednio do częstotliwości wahnięć wahadła, wynosi 1600 ÷ 2000 Ω. Zużycie prądu w ciągu roku: 0,3 ÷ 0,5 Ah, na skutek dużej samoindukcji w cewce stabilizacyjnej. Zatem bateria ta wystarcza na 4 ÷ 5 lat pracy zegara.

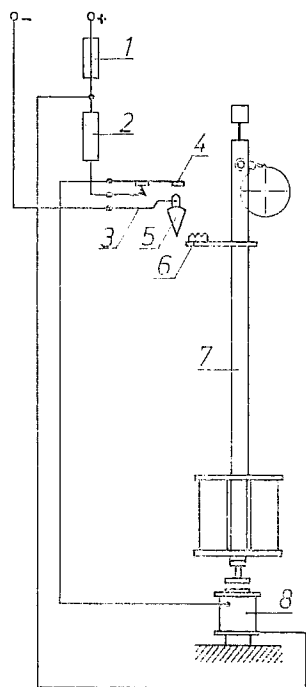
Napięcie świeżej baterii wynosi 1,5 V, a po 5 latach spada do 1,1 V.

Mimo starannego wykonania tych zegarów nie można ich zaliczyć do zegarów precyzyjnych, ze względu na zbyt duże uchybienia chodu. Przyczyną tych uchybień są zakłócenia izochronizmu wahań wahadła, powodowane pracą zapadki, zwieraniem styków i współpracą magnesu z cewką. Są one jednak praktycznymi zegarami popularnymi.

4.2.2.2. Urządzenie napędowe wahadła udzielające impulsu po zmniejszeniu się amplitudy poniżej pewnej wartości

Typowym przykładem napędu wahadła z impulsem bezpośrednim, w którym wahadło otrzymuje impuls po zmniejszeniu się amplitudy poniżej pewnej wartości, jest urządzenie napędowe systemu Hippa (rys. 4.6).

Na pręcie wahadła 7 jest umocowany kamień 6 z ząbkami na wierzchu, z którymi współpracuje wahliwa zapadka 5, ułożyskowana na sprężynce stykowej 3. Gdy amplituda wahadła jest duża, zapadka odchyłana przez ząbki kamienia ześlizguje się po nich w czasie ruchu wahadła w obydwie strony. Gdy amplituda zmniejszy się zbyt, zapadka pozostaje na ząbkach, a w czasie powrotnego ruchu wahadła kamień unosi zapadkę 5 wraz ze sprężynką 3 i zwiera styki 4. Następuje zamknięcie obwodu prądu i wahadło otrzymuje impuls od elektromagnesu 8, umieszczonego pod



Rys. 4.6. Schemat urządzenia napędowego wahadła systemu Hippa

1 — bezpiecznik, 2 — rezystor, 3 — sprężynka stykowa, 4 — styki, 5 — zapadka wahliwa, 6 — kamień z ząbkami, 7 — pręt wahadła, 8 — elektromagnes

prętem wahadła. Rezystor 2 (300 Ω) wraz ze stykiem pomocniczym spełniają funkcję urządzenia gasikowego dla styków roboczych, zabezpieczając je przed iskrzeniem.

Zaletą napędu systemu Hippa jest prosta konstrukcja i duży nacisk między stykami, dzięki czemu urządzenie jest niezawodne. Wadą jest pewna zmienność amplitudy, zależna od niestalości napięcia zasilania. Im wyższe będzie napięcie, tym impuls będzie silniejszy i przyrost amplitudy będzie większy, a wtedy będzie także większy błąd kołowy wahadła. Aby utrzymać większą dokładność zegara, trzeba by zastosować stabilizator napięcia, co jednak jest skomplikowane i zwiększa koszty.

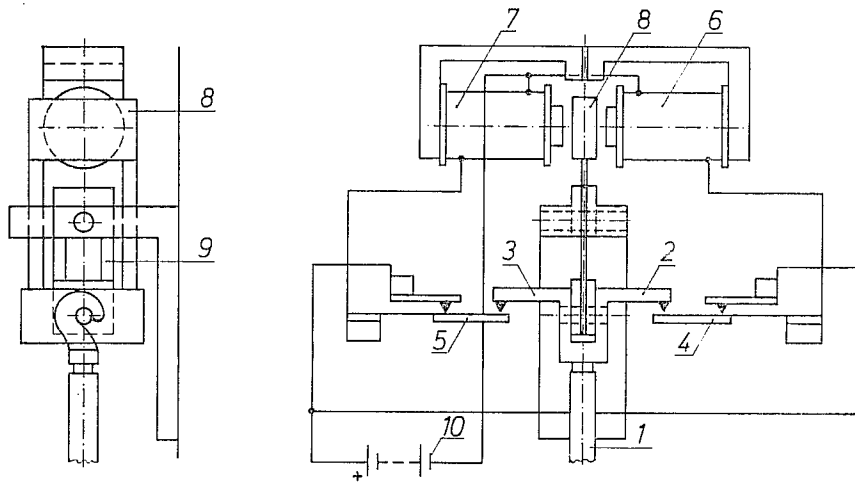
Urządzenia napędowe systemu Hippa są stosowane w zegarach średniej dokładności, zwłaszcza w zegarach pierwotnych sterujących siecią czasu.

4.2.3. Urządzenia napędowe wahadła z impulsem pośrednim

4.2.3.1. Urządzenie napędowe wahadła udzielające impulsu co każde wahnięcie lub co drugie wahnięcie

Przykład urządzenia napędowego wahadła z impulsem pośrednim, w którym wahadło otrzymuje impuls co każde wahnięcie, przedstawiono na rys. 4.7.

Wahadło 1 jest zawieszona na zawieszce sprężystej 9. Do dolnej płytki zawieszki są



przymocowane dwie długie sprężynki, połączone w górnej części ze zworą 8. Po obu stronach zwory znajdują się elektromagnesy 6 i 7, które w położeniu środkowym wahadła są włączone równolegle przez styki 4 i 5 do źródła prądu 10.

Jeśli wahadło 1 jest wychylone np. w prawo, to ramię 3 rozwiera styki 5 i odłącza elektromagnes 7. Zwora 8 zostaje przyciągnięta przez elektromagnes 6, wskutek czego sprężynki zwory napinają się przez wygięcie w prawo. Podczas ruchu wahadła w lewo sprężynki oddają wahadłu nagromadzoną w nich energię aż do chwili, gdy ramię 2 rozewrze styki 4 i zwora 8 zostanie przyciągnięta przez drugi elektromagnes 7, napinając sprężynki przez ich wygięcie w lewo. Wahadło pod wpływem swej bezwładności porusza się jeszcze dalej w lewo, dodatkowo napinając sprężynki, a po dojściu do lewego skraj-

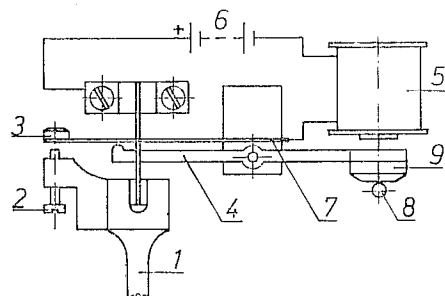
Rys. 4.7. Schemat urządzenia napędowego wahadła z impulsem pośrednim udzielającego impulsu co każde wahnięcie

1 — wahadło, 2 i 3 — ramiona wahadła, 4 i 5 — styki, 6 i 7 — elektromagnesy, 8 — zwora, 9 — zawieszka, 10 — źródło prądu

nego położenia zaczyna się poruszać w prawo. Sprężynki zwory 8 napędzają teraz wahadło w prawo. Trwa to aż do chwili, kiedy ramię 3 rozewrze styki 5, co ponownie spowoduje przyciągnięcie zwory 8 przez elektromagnes 6 — i czynności powtarzają się cyklicznie.

Wahadło otrzymuje impulsy co każde wahnięcie. Zasada działania tego urządzenia napędowego jest podobna do zasady działania swobodnych wychwyków Rieflera i Strassera, w których również wahadło otrzymuje impuls od zginanych sprężynek zawieszki. Chociaż impuls tego urządzenia napędowego nie zależy od napięcia baterii, jednak nie zapewnia ono niezawodnego działania z powodu zbyt słabych nacisków na styki. Zwiększeniem tych nacisków można by uzyskać większą pewność działania.

Przykład urządzenia napędowego wahadła z impulsem pośrednim, w którym waha-



Rys. 4.8. Schemat urządzenia napędowego wahadła z impulsem pośrednim udzielającego impulsu co drugie wahnięcie — systemu FROMENT

1 — wahadło, 2 — wkręt stykowy, 3 — ciężarek, 4 — zwora wahlowa dwuramienna, 5 — elektromagnes, 6 — bateria, 7 — sprężynka, 8 — kołki oporowe, 9 — obciążnik

dło otrzymuje impuls co drugie wahnięcie (raz na okres) przedstawia rys. 4.8. Jest to urządzenie stykowe systemu FROMENT. Do górnej części wahadła 1

jest przymocowany wspornik z wkrętem 2, który podczas ruchu wahadła w lewo dotyka ciężarka 3, umocowanego na wiotkiej sprężynce 7 i zamyka obwód elektryczny zasilany baterią 6. Elektromagnes 5 przyciąga zworę 4 wraz z obciążnikiem 9, obciążającym jej prawe ramię. Wahadło unosi ciężarek 3 wraz ze sprężynką 7, aż osiągnie skrajne lewe położenie. Podniesienie ciężarka 3 jest dla wahadła impulsem ujemnym, a więc hamującym jego ruch. Podczas powrotnego ruchu w prawo wahadło otrzymuje od ciężarka 3 silniejszy impuls dodatni aż do chwili, gdy sprężynka 7 dotknie końca lewego ramienia zwory 4. Następuje rozwarcie styków między wkrętem 2 a ciężarkiem 3, więc elektromagnes uwalnia zworę 4, która pod działaniem obciążnika 9 przechyla się w prawo, aż do oparcia o kołki 8, i unosi sprężynkę 7 wraz z ciężarkiem 3. Impuls dodatni udzielony wahadłu jest stały, gdyż określa go ramię zwory 4, które unosi ciężarek 3.

Przekładnia zliczająca wahnięcia może być napędzana za pomocą urządzenia zapadkowego lub w sposób elektryczny impulsami prądu zasilającego elektromagnes 5.

Konstrukcja opisywanego urządzenia jest prosta, ale jego działanie nie jest pewne, ze względu na zbyt słaby nacisk styków. Ciężarek udzielający impulsu musi być lekki, gdyż impulsy powtarzają się często, więc ich energia musi być mała. Z tego powodu styki często zawodzą, mimo starannego ich wykonania. Również nieko-

rzystne jest udzielanie impulsu w skrajnym położeniu wahadła, gdyż nawet nieznaczne różnice w energii impulsu mogą wpływać ujemnie na dokładność działania. Chociaż więc udzielanie impulsu w zegarach z napędem pośrednim jest niezależne od napięcia baterii, jednak zegary z tym systemem napędu, z wyżej podanych przyczyn, nie osiągnęły wysokiej klasy.

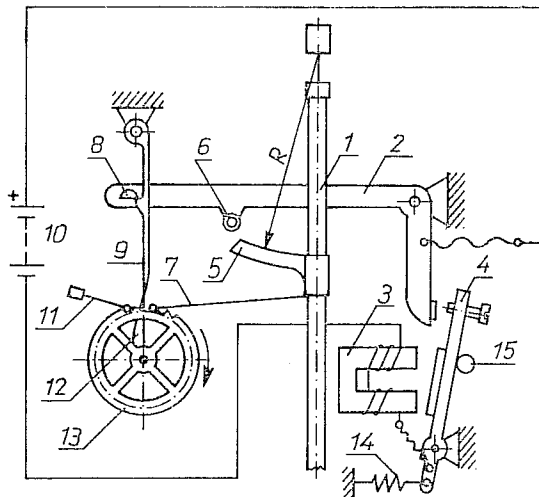
Urządzenie napędowe wahadła z impulsem pośrednim co drugie wahnięcie jest również stosowane w zegarach firmy SA-TORI. Mają one zawieszenie wahadła podobne do zawieszenia wahadeł w swobodnych wychwytach Strassera z tą różnicą, że płytka stykowa otrzymuje impulsy od zwory poruszanej elektromagnesem.

4.2.3.2. Urządzenie napędowe wahadła udzielające impulsu co pewną stałą liczbę wahanć

Przykład urządzenia napędowego z impulsem pośrednim, w którym wahadło otrzymuje impuls co pewną stałą liczbę swych wahanć (co 30 s) przedstawiono na rys. 4.9. Jest to urządzenie wynalezione przez Anglika W. H. Shortta, stosowane w zegarach wysokiej klasy dokładności, np. w zegarach astronomicznych.

Wahadło 1, podczas ruchu w lewo, obraca o jeden ząb koło zapadkowe 13 za pośrednictwem zapadki 7. Przeciwwzapadka 11 zabezpiecza koło zapadkowe przed cofaniem w czasie ruchu powrotnego zapadki

7. Do koła zapadkowego jest przymocowany ząb 12. Ponieważ jedno wahnięcie wahadła trwa jedną sekundę (wahadło sekundowe), a koło zapadkowe ma 15 zębów, więc ząb 12 wraz z kołem zapadkowym wykonuje jeden obrót w ciągu 30 s.



Rys. 4.9. Schemat urządzenia napędowego wahadła z impulsem pośrednim — systemu Shortta
1 — wahadło, 2 — dźwignia grawitacyjna, 3 — elektromagnes, 4 — zwora, 5 — krzywka impulsowa, 6 — rolka, 7 — zapadka napędowa, 8 — kamień, 9 — dźwignia zapadkowa, 10 — źródło prądu, 11 — przeciwwzapadka, 12 — ząb, 13 — koło zapadkowe, 14 — sprężyna zwrotna, 15 — zderzak

Dźwignię grawitacyjną 2 podtrzymuje dźwignia zapadkowa 9, o którą jest zaczepiony kamień 8.

Podczas ruchu wahadła w prawo (co 30 s) ząb 12 zaczepia o dźwignię 9, która zwalnia kamień 8, więc dźwignia grawitacyjna 2 opada pod wpływem własnego ciężaru. Podczas opadania dźwigni 2 umocowana na niej rolka 6 naciska na krzywkę impulsową 5, przymocowaną do pręta wahadła, wskutek czego wahadło otrzymuje impuls napędowy. Gdy styk, znajdujący się na drugim końcu dźwigni 2, dotknie styku na końcu zwory 4, następuje zamknięcie ob-

wodu elektrycznego i wzbudzenie elektromagnesu 3, który przyciągając zworę 4, unosi dźwignię grawitacyjną 2, co powoduje przerwanie udzielania impulsu. Zanim dźwignia grawitacyjna 2 osiągnie swe górne położenie, zwora 4 zostaje zatrzymana w swym ruchu przez bieguny elektromagnesu 3. Natomiast dźwignia grawitacyjna 2, wskutek bezwładności, unosi się wyżej, więc styki się rozwierają, a kamień 8 zaskakuje na ząb dźwigni zapadkowej 9. Po rozwarciu styków działanie elektromagnesu ustaje, sprężyna 14 przywraca zworę 4 do początkowego położenia, aż do oparcia się o zderzak 15. Po upływie 30 s nastąpi pełny obrót koła zapadkowego 13 i powtórzy się cykl przekazywania impulsu na wahadło przez dźwignię grawitacyjną.

Urządzenie tego napędu można tak doregulować, że impuls będzie rozłożony symetrycznie względem środkowego położenia wahadła, wskutek czego ujemny wpływ impulsu na wahadło zostanie zmniejszony do minimum. Impuls pochodzący od dźwigni grawitacyjnej jest zawsze jednakowy, niezależny od źródła prądu. Wskutek znacznych nacisków występujących na stykach urządzenie odznacza się dużą pewnością działania.

Na tej samej zasadzie Shortt skonstruował zegar o dwóch wahadłach. Są to właściwie dwa zegary wahadłowe połączone przewodami i współpracujące ze sobą. Mogą więc być instalowane w osobnych pomieszczeniach. Jeden z nich jest zegarem nie-

zależnym (master — pan), a drugi zależnym (slave — sługa).

Zegary Shortta odznaczają się wyjątkową dokładnością chodu, dorównującą dokładności zegarów kwarcowych, dzięki wyżej wymienionym cechom.

Podobną zasadę działania do zasady działania zegarów Shortta ma urządzenie napędowe wahadła zastosowane w zegarach pierwotnych ZP-3, produkcji polskiej. Szczegóły konstrukcyjne i zasady działania zegara Shortta oraz zegara pierwotnego ZP-3 są opisane w tomie X „Zegarmistrzostwa”.

4.3. Urządzenia napędowe balansu

4.3.1. Uwagi ogólne

W zegarach mechanicznych balans otrzymuje impuls od sprężyny napędowej poprzez przekładnię chodu i wychwył. W zegarach z elektrycznym napędem balansu, podobnie jak w zegarach z elektrycznym napędem wahadła (rozdz. 4.2), działanie jest jakby odwrócone. Nie ma w nich bowiem sprężyny napędowej, przekładni chodu ani wychwyłtu, a balans otrzymuje impuls od elektromagnesu i staje się elementem napędowym dla przekładni zębatej, służącej tylko do zliczania jego wahań — stąd jej nazwa: **przekładnia zli-**

czająca. Wahnięcia balansu mogą być zliczane mechanicznie lub elektrycznie.

Balans napędzany elektrycznie, zwany także **balansem napędowym**, może otrzymywać impulsy bezpośrednio od elektromagnesu lub pośrednio przez sprężynkę, którą napina elektromagnes. Impulsy pośrednie są stałe i nie zależą od zmian napięcia zasilającego prądu.

W zależności od zasady działania rozróżnia się następujące urządzenia napędowe balansu:

- elektromagnetyczne, w których impuls napędowy powstaje przez oddziaływanie nieruchomego elektromagnesu na zworę zamocowaną na osi balansu,
- magnetoelektryczne, w których impuls napędowy powstaje przez oddziaływanie pola magnetycznego cewki na pole magnetyczne magnesu trwałego, przy czym cewka może być przymocowana do balansu, a magnes do szkieletu mechanizmu lub odwrotnie.

Urządzenia sterujące napędem balansu mogą być:

- stykowe, w których obwód prądu zasilającego jest zamykany przez układ stykowy uruchamiany przez balans,
- indukcyjne (bezstykowe), w których obwód cewki napędowej jest zamykany przez tranzystor sterowany impulsami wzbudzonymi w cewce sterującej, na którą oddziałuje magnes trwały.

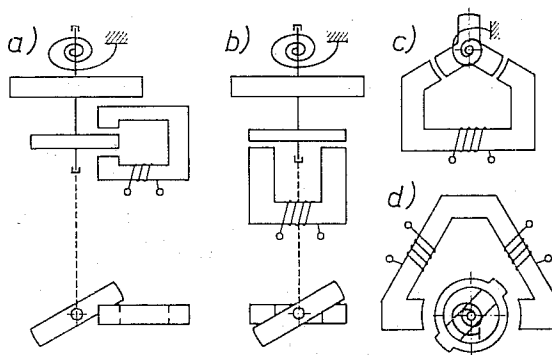
Stykowe urządzenia sterujące napędem są znacznie prostsze i tańsze w produkcji niż tranzystorowe, które wymagają dru-

giej cewki, a czasem i drugiego tranzystora. Jednak urządzenia stykowe łatwo się zanieczyszczają i ulegają utlenianiu, co powoduje wadliwe ich działanie. Z tego powodu obecnie coraz częściej stosuje się urządzenia sterujące bezstykowe (tranzystorowe).

4.3.2. Urządzenia napędowe balansu z impulsem bezpośrednim

4.3.2.1. Urządzenia napędowe elektromagnetyczne

Elektromagnetyczne napędy regulatorów balansowych przedstawiono schematycznie na **rys. 4.10**. W urządzeniach tych napędów siła wywierana na balans powstaje w wyniku oddziaływania pola magnetycz-



Rys. 4.10. Elektromagnetyczne napędy regulatorów balansowych: a) ze zworą obrotową wciągającą, b) ze zworą obrotową przyciągającą, c) ze zworą trójramienną, d) ze zworą, którą stanowi balans

nego na zworę wykonaną z materiału magnetycznie miękkiego. Zwora może być osadzona na osi balansu (**rys. 4.10a, b**) lub

Rys. 4.11. Schemat urządzenia napędu elektromagnetycznego balansu z impulsem bezpośrednim ze sterowaniem stykowym — ze zworą obrotową wciągana

1 — balans, 2 — zwora obrotowa dwuramienna — wciągana, 3 — elektromagnes, 4 — sprężynka stykowa, 5 — styk, 6 — koło zapadkowe, 7 — kolek sprężysty

zworą jest odpowiednio wykonany sam balans (rys. 4.10d).

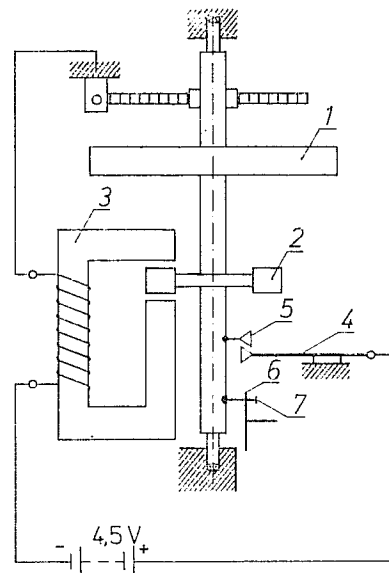
Zwora w polu magnetycznym ustawia się zgodnie z kierunkiem przebiegu linii sił tego pola. Ponieważ pole magnetyczne jest wytwarzane przez elektromagnes, więc po włączeniu napięcia zwora ustawi się wzdłuż linii pola elektromagnesu — wtedy na balans działa impuls. Czas trwania impulsu zależy od czasu trwania zwarcia styków sterujących.

O właściwym działaniu urządzenia napędu elektromagnetycznego decyduje odpowiednie ustawienie elementów stykowych. Układ sterujący napędem jest tak skonstruowany, że prąd przepływa przez uzwojenie elektromagnesu tylko w czasie przyciągania zwory. Natomiast z chwilą osiągnięcia przez zworę takiego położenia, że płynący przez uzwojenie elektromagnesu prąd powodowałby hamowanie ruchu zwory i balansu, obwód zostaje przerwany, dzięki czemu balans wykonuje ruch swobodny aż do skrajnego położenia.

Napęd elektromagnetyczny jest bardzo czuły na wpływ zewnętrznych pól magnetycznych. Jeśli pola te są zbyt silne, to może nawet nastąpić zatrzymanie się balansu. Na skutek stosunkowo dużej indukcyjności cewki elektromagnesu powstaje iskierzenie styków podczas ich zwierania i rozwierania. Dlatego iskierzenie to należy stłumić zastosowaniem urządzeń gasikowych.

Przykład prostego urządzenia napędu

elektromagnetycznego z impulsem bezpośrednim, udzielanym balansowi co drugie wahnięcie, przedstawiono schematycznie na rys. 4.11. Na osi balansu 1 jest



umocowana dwuramienna zwora 2, której końce przebiegają między biegunami elektromagnesu 3. Obwód elektryczny jest zamykany przez zwarcie sprężynki stykowej 4 ze stykiem 5 umocowanym na osi balansu i połączonym z elektromagnesem poprzez włos z pierścieniem osadzonym przy końcu tej osi.

Styki zwierają się w chwili, gdy zwora 2 zbliża się do biegunów elektromagnesu, a rozwierają natychmiast po opuszczeniu tych biegunów przez zworę. Gdyby rozwieranie styków następowało za późno, wtedy dalszy ruch zwory przy zamknię-

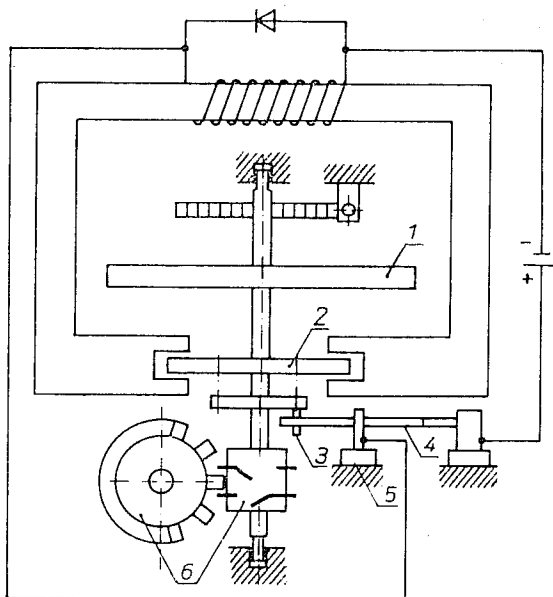
tym obwodzie prądu powodowałyby jej hamowanie.

W czasie impulsu styk 5 ugina sprężynkę stykową 4 ku górze, a w czasie ruchu powrotnego balansu następuje tylko chwilowe zwarcie styków, które nie wpływa hamująco na balans, gdyż następuje ono w chwili uginania sprężynki 4 ku dołowi w bardzo krótkim czasie. A więc balans otrzymuje impuls tylko podczas wahnięcia w jedną stronę (raz na okres).

Zliczanie wahnięć odbywa się za pomocą osadzonego w osi balansu kołka sprężystego 7, współpracującego z kołem zapadkowym 6, które poprzez przekładnię zliczającą porusza urządzenie wskazujące.

Na rys. 4.12 przedstawiono elektromagnetyczne urządzenie napędowe balansu, działające na podobnej zasadzie, jak wyżej opisane. Na osi balansu jest osadzony balans 1 oraz dwuramienna zwora 2, której obydwie ramiona współdziałają z biegunami elektromagnesu. Gdy podczas ruchu balansu 1 kołek 3 osadzony na jego osi dociśnie sprężynkę 4 do słupka 5, wówczas następuje zamknięcie obwodu prądu i wzbudzenie elektromagnesu, który — wciągając końce zwory 2 w swe bieguny — udziela balansowi impulsu.

W czasie powrotnego ruchu balansu kołek 3 odchyła sprężynkę 4 od słupka 5, co nie powoduje zwarcia — a więc balans otrzymuje tylko jeden impuls na dwa wahnięcia (raz na okres). Dioda *D* spełnia funkcję urządzenia gasikowego, zabezpieczając styki przed iskrzeniem. Przenosze-

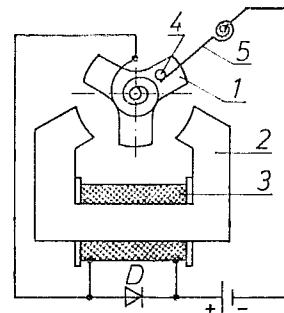


Rys. 4.12. Schemat urządzenia napędu elektromagnetycznego balansu z elektromagnesem obejmującym oba końce zwory
1 — balans, 2 — zwora dwuramienna, 3 — kołek stykowy, 4 — sprężynka stykowa, 5 — słupek, 6 — przetwornik ruchu

nie ruchu balansu do przekładni zliczającej odbywa się za pośrednictwem przetwornika ruchu 6, którego szczegóły konstrukcyjne i sposób działania są opisane w rozdziale 4.4.

Na tej zasadzie działają zegary elektryczne francuskiej firmy ODO oraz zegary firm szwajcarskich: OREL, DETEX-UNION, ASCO i inne.

W zegarach francuskiej firmy JAEGER zastosowano napęd elektromagnetyczny balansu ze zworą trójramienną 1 (rys. 4.13). W pozycji przedstawionej na rysunku balans znajduje się w położeniu równowagi stałej. Kołek 4 dotyka sprężynki 5, styki są zwarte, więc prąd płynie przez cewkę 3 i wzbudza elektromagnes 2, który przyciąga ramiona zwory i powoduje ruch balansu. Styki są



Rys. 4.13. Schemat urządzenia napędu elektromagnetycznego balansu ze zworą trójramienną
1 — zwora trójramienna, 2 — elektromagnes, 3 — cewka elektromagnesu, 4 — kołek stykowy, 5 — sprężynka stykowa

Rys. 4.14. Schemat elektromagnetycznego napędu balansu ze sterowaniem stykowym — syst. LIP

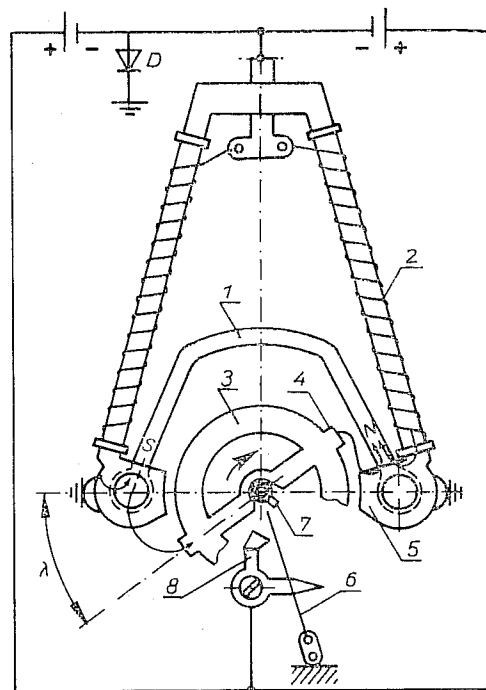
1 — magnes trwały, 2 — cewka, 3 — balans, 4 — występ balansu (zwora), 5 — biegun elektromagnesu, 6 — sprężynka stykowa, 7 — kamień impulsowy, 8 — dźwignia stykowa

zwierane w chwili przechodzenia balansu przez położenie równowagi w obu kierunkach jego ruchu, więc balans otrzymuje impuls co każde wahnięcie (dwa razy na okres).

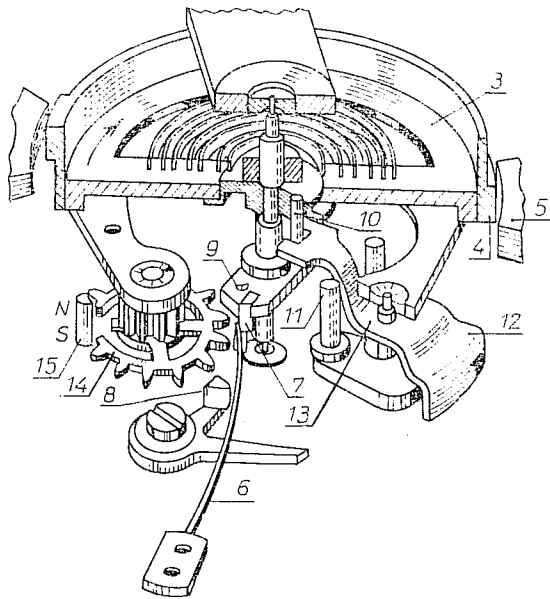
Zegary te są niezawodne w działaniu, gdyż styki oczyszczają się same podczas ruchu. Konstrukcja jest prosta i rzadko ulega uszkodzeniu. Dokładność ich jest jednak mała, wskutek powstającego błędu izochronizmu balansu, przede wszystkim przy zmianie amplitudy, spowodowanej zmiennym napięciem źródła prądu.

Elektromagnetyczny napęd balansu ze sterowaniem stykowym zastosowano także w zegarkach naręcznych. Na **rys. 4.14** przedstawiono schemat napędu elektromagnetycznego stosowanego w zegarkach naręcznych francuskiej firmy LIP, która pierwsza wyprodukowała naręczny zegarek elektryczny, zasilany dwiema bateriami, oznaczony symbolem R27. Balans 3, którego wystające ramiona 4 spełniają jednocześnie funkcję zwory obrotowej, znajduje się między biegunami 5 elektromagnesu, składającego się z dwóch cewek 2 połączonych równolegle. Elektromagnes jest polaryzowany magnesem trwałym 1, którego końce są połączone z biegunami elektromagnesu 5. W chwili zamknięcia obwodu elektrycznego układem stykowym 6 i 8 działa na balans strumień pola magnesu trwałego i elektromagnesu zasilanego z dwóch baterii połączonych równolegle.

Konstrukcję układu stykowego przedstawiono na **rys. 4.15**. W czasie ruchu balansu



w kierunku oznaczonym strzałką (w prawo) w pobliżu położenia równowagi następuje zwarcie styków. Wtedy kamień impulsowy 7, osadzony w przetworniku zamocowanym na osi balansu, dociska sprężynkę stykową 6 do końca dźwigni stykowej 8 odizolowanej od mechanizmu. Styki zostają rozwarne w chwili ustawienia się występów balansu 4 naprzeciw biegunów elektromagnesu 5. W czasie obrotu balansu w lewo kamień impulsowy 7 odchyła sprężynkę stykową 6, ale wtedy nie zetknie się ona z dźwignią stykową 8, więc obwód elektryczny pozostanie otwarty. Wobec tego balans otrzymuje impuls tylko podczas ruchu w prawo (raz



w czasie okresu). Wartość kąta impulsu λ (patrz rys. 4.14) oraz jego położenie względem położenia równowagi balansu można regulować obracaniem dźwigni stykowej δ . Amplituda nie może przekraczać 360° , dlatego ruch balansu jest ograniczony za pomocą palca 10 , współpracującego z wahliwymi widelkami 13 , które są ustalone w swych skrajnych pozycjach słupkami magnesowymi 11 . Wahnięcia balansu są zliczane za pomocą palca 9 i współpracującego z nim koła 14 , którego położenie po każdym ruchu (o jeden ząb w czasie okresu balansu) ustala magnes 15 . Na osi koła 14 znajduje się zębniak przekazujący ruch przekładni zliczającej. Oprócz pierwszych zegarków elektrycz-

nych R27 firma LIP skonstruowała ulepszony zegarek naręczny, oznaczony symbolem R148 oraz zegarek z kalendarzem o symbolu 184. Zegarki te są zasilane jedną baterią. W ramionach balansu są osadzone trzy kołki. Jeden jest kołkiem stykowym współpracującym ze sprężynką stykową, drugi jest palcem przerzutowym współpracującym z widelkami ograniczającymi ruch balansu, a trzeci zazębia się z zębniakiem przekazującym ruch przekładni zliczającej. Z tyłu mechanizmu znajduje się urządzenie do zatrzymywania balansu, uruchamiane wałkiem nastawczym.

Na podobnych zasadach działania są zbudowane zegarki innych wytwórni, np. firm amerykańskich ELGIN i TIMEX, niemieckich PORTA-ELECTRON i STOWA-ELECTRIC, szwajcarskiego koncernu EBAUCHES i innych.

4.3.2.2. Urządzenia napędowe magnetoelektryczne

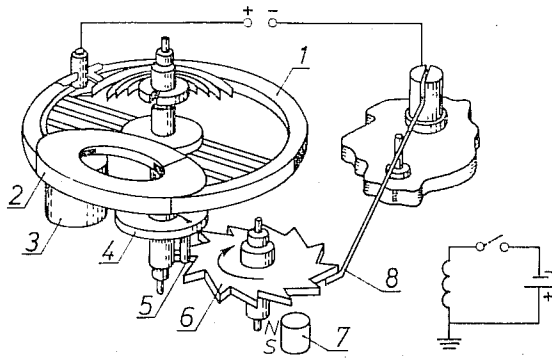
W napędowych urządzeniach magnetoelektrycznych balans otrzymuje impuls na skutek oddziaływania pola magnetycznego elektromagnesu na pole magnetyczne magnesu trwałego. Elektromagnesem jest zwykle płaska cewka bez rdzenia, która może być przymocowana do balansu i porusza się w polu nieruchomego magnesu trwałego, albo też cewka jest umocowana na korpusie mechanizmu, a magnes trwały jest przymocowany do balansu i porusza się w jej pobliżu.

Rys. 4.15. Konstrukcja układu stykowego elektro-magnetycznego napędu balansu syst. LIP

3 — balans, 4 — występ balansu (zwora), 6 — sprężynka stykowa, 7 — kamień impulsowy, 8 — dźwignia stykowa, 9 — palec zazębiania, 10 — palec przerzutowy, 11 — słupki magnesowe, 12 — przeciwcieżar widelki, 13 — widelki, 14 — koło, 15 — magnes trwały

To pierwsze rozwiązanie ma tę zaletę, że wpływ zewnętrznego pola magnetycznego jest niewielki, ale są trudności z doprowadzeniem prądu do cewki. Natomiast to drugie rozwiązanie ma ten minus, że zewnętrzne pole magnetyczne może powodować zakłócenia izochronizmu balansu, ale łatwiejsze jest doprowadzenie prądu do cewki. Stąd też pierwsze rozwiązanie stosuje się zwykle w napędach balansu ze sterowaniem stykowym, a drugie rozwiązanie — w napędach balansu ze sterowaniem indukcyjnym, ze względu na łatwiejsze doprowadzenie prądu, gdyż w tym przypadku są dwie cewki: sterująca i robocza.

Magnetoelektryczny napęd balansu ze sterowaniem stykowym stosowany w zegarkach naręcznych firmy UMF-RUHLLA oraz jego schemat elektryczny przedstawiono na **rys. 4.16**. Na balansie 1 jest za-



Rys. 4.16. Magnetoelektryczny napęd balansu ze sterowaniem stykowym — syst. UMF-RUHLLA

1 — balans, 2 — cewka, 3 — magnes trwały, 4 — przerzutnik, 5 — palec przerzutowy, 6 — koło stykowe, 7 — magnes trwały, 8 — sprężynka stykowa

mocowana cewka 2 mająca 1600 zwojów drutu miedzianego o średnicy $12 \div 15 \mu\text{m}$. Jedna końcówka cewki jest połączona z

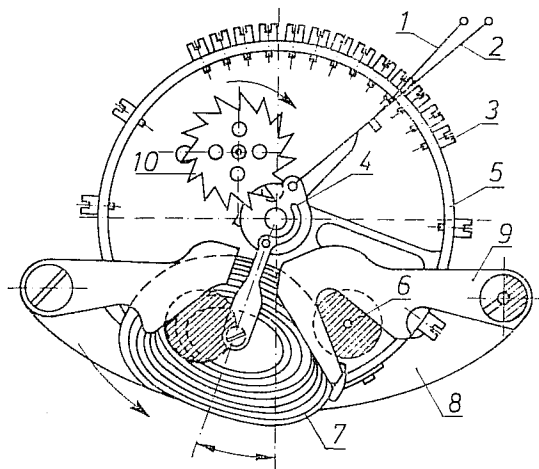
balansem, a przez włos ze szkieletem mechanizmu oraz z dodatnim biegunem baterii pastylkowej. Druga końcówka cewki jest połączona z metalowym palcem 5 osadzonym w przerzutniku 4 za pomocą tworzywa izolacyjnego (żywicy epoksydowej lub szelaku). Ujemny biegun baterii jest przyłączony do sprężynki stykowej 8. Obwód elektryczny cewki 2 jest zamykany przez palec 5 i współpracujące z nim koło stykowe 6 oraz sprężynkę stykową 8, która w chwili obracania przez balans koła 6 dotyka wierzchołka jego zęba. W położeniu spoczynku koło 6 jest ustalane przez magnes 7 tak, że sprężynka stykowa 8 nie dotyka zęba.

W czasie ruchu balansu w lewo następuje zwarcie styków. Wytworzone prądem przepływającym przez cewkę 2 pole magnetyczne współdziała z polem magnetycznym w szczelinach układu z magnesami trwałymi 3 (na rysunku jest tylko jeden) i zgodnie z regułą lewej dłoni powstaje siła działająca na cewkę, udzielająca impulsu balansowi. Podczas powrotnego ruchu balansu obwód elektryczny pozostaje otwarty, więc balans otrzymuje impuls tylko co drugie wahnięcie (raz na okres).

Przekładnia zliczająca jest napędzana od zębniaka znajdującego się na osi koła 6, które obraca się skokowo w wyniku współdziałania jego zębów z palcem 5. Koło 6 obraca się o jeden ząb na okres balansu.

Na **rys. 4.17** przedstawiono schematycznie urządzenie magnetoelektrycznego na-

pędu balansu ze sterowaniem stykowym, zastosowane przez amerykańską firmę HAMILTON w pierwszych zegarkach elektrycznych, oznaczonych symbolem 500.



Na wieńcu balansu 5, wykonanego z mosiądzu, jest zamocowana płaska, bezrdzeniowa cewka 7, mająca 2500 zwojów drutu miedzianego o średnicy $12 \div 15 \mu\text{m}$. Cewka jest zrównoważona wkretami 3. Jedna końcówka cewki jest połączona z balansem i poprzez włos ze szkieletem mechanizmu oraz z dodatnim biegunem baterii pastylkowej. Druga końcówka cewki jest połączona ze stałą płytką zakończoną stykiem 4, odizolowaną od balansu. Ujemny biegun baterii jest przyłączony do sprężynki stykowej 2.

Układ magnetyczny stanowią dwa magnesy trwałe 6, wykonane ze stopu platynowo-kobaltowego, ustawione na płycie 8, do której są przymocowane dwa filar-

ki podtrzymujące mostek 9, stanowiący zworę. Płyta, filarki i zwora są wykonane z materiału magnetycznie miękkiego. Układ stykowy składa się ze sprężynki impulsowej 1 i ze sprężynki stykowej 2 współpracującej z odgiętym końcem płytki stałej, stanowiącym styk 4. Podczas ruchu balansu w lewo, przed osiągnięciem położenia równowagi, kołek impulsowy umocowany na balansie ugina sprężynkę impulsową 1. Ponieważ między sprężynkami 1 i 2 występuje napięcie wstępne wraz ze sprężynką 1 ugina się w tym samym kierunku sprężynka stykowa 2, której koniec dotyka styku 4. Wskutek tego obwód elektryczny cewki zostaje zamknięty. Wytworzone wokół cewki pole magnetyczne współdziała z polem magnetycznym magnesów trwałych, w wyniku czego powstaje siła działająca na cewkę (oznaczona strzałką) — wtedy balans otrzymuje impuls. Podczas dalszego ruchu balansu, po przejściu położenia równowagi, sprężynka 1 zeskakuje z kołka impulsowego, na którym spoczywała, i wraz ze sprężynką stykową 2 wraca do położenia wyjściowego, wskutek czego obwód elektryczny cewki zostaje przerwany.

Podczas powrotnego ruchu balansu kołek impulsowy odchyła sprężynkę 1 w przeciwnym kierunku, więc obwód elektryczny cewki pozostaje otwarty. Zatem balans otrzymuje impuls tylko co drugie wahnięcie (raz na okres).

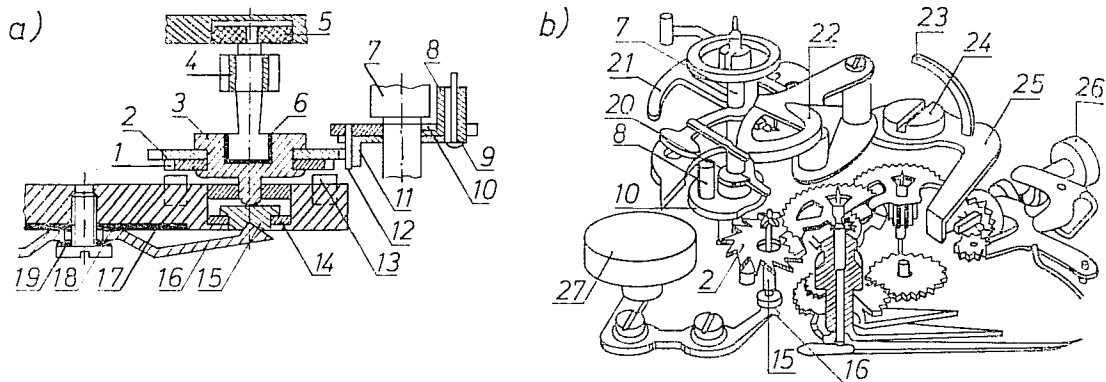
Przekładnia zliczająca zegarka jest napędzana przez koło zapadkowe 10, które ob-

Rys. 4.17. Magnetoelektryczny napęd balansu ze sterowaniem stykowym — syst. HAMILTON 500

1 — sprężynka impulsowa, 2 — sprężynka stykowa, 3 — wkrety wyrównoważeniowe, 4 — styk, 5 — balans, 6 — magnes trwały, 7 — cewka, 8 — płyta, 9 — mostek, 10 — koło zapadkowe

Rys. 4.18. Zegarek nareczny HAMILTON 505: a) przekrój zespołu stykowego, b) mechanizm

1 — koło ustalające, 2 — koło stykowe, 3 — piasta kół, 4 — zębnik, 5 — łożysko rubinowe, 6 — warstwa izolacyjna, 7 — oś balansu, 8 — tulejka ograniczająca ruch balansu, 9 — miedziany kołek stykowy, 10 — przerzutnik w kształcie krzywki, 11 — występ płytki przewodzącej, 12 — palec przerzutowy, 13 — magnes trwały, 14 — tulejka izolująca, 15 — łożysko oporowe koła stykowego, 16 — sprężynka dociskowa łożyska oporowego, 17 — podkładka izolująca, 18 — pierścień izolujący, 19 — wkręt sprężynki, 20 — palec ograniczający ruch balansu, 21 — balans, 22 — cewka impulsowa umocowana na balansie, 23 — sprężynka dźwigni zatrzymującej balans, 24 — wkręt dźwigni, 25 — dźwignia zatrzymująca balans, 26 — główka nastawcza z walkiem, 27 — bateria pastylkowa



raca się skokowo o jeden ząb na okres balansu.

Balans jest wyposażony w urządzenie do ograniczania amplitudy do wartości około 320° , w celu zabezpieczenia przed nadmiernym jej wzrostem i ewentualnym przyspieszaniem chodu zegarka (galopowaniem).

Konstrukcja urządzenia napędowego balansu HAMILTON 500 ma wprowadzić dużą sprawność energetyczną, ale jest zbyt skomplikowana. Układ stykowy jest trudny do regulacji, zwłaszcza sprężynki stykowe, które po pewnym czasie ulegają odkształceniom. Opracowano więc następne, ulepszone, wersje napędów balansu, oznaczone symbolami 500 A, 501 i 505.

W zegarku narecznym HAMILTON 505 (rys. 4.18) zamiast sprężynki stykowej zastosowano sztywny układ stykowy, składający się z koła stykowego 2 i współpracującego z nim palca przerzutowego 12. Zmieniono również konstrukcję balansu 21, który jest znacznie lżejszy, gdyż zasto-

sowano tylko część wieńca, równoważącą cewkę impulsową 22. Dzięki temu zmniejszają się elektryczne prądy wirowe. Na osi balansu 7 jest osadzony przerzutnik 10, mający kształt krzywki, do którego jest przymocowana płytka 11, odizolowana od przerzutnika 10 warstwą izolującą. W boczny otwór przerzutnika jest osadzony kamienny palec przerzutowy 12, z którym łączy się występ płytki 11. W płytce tej jest osadzony miedziany kołek 9 przechodzący przez tulejkę 8 umieszczoną w przerzutniku 10. Do kołka 9 jest podłączony jeden koniec cewki impulsowej 22. Drugi koniec cewki jest podłączony poprzez balans i włos do dodatniego bieguna baterii pastylkowej 27 oraz do płyty zegarka.

Zespół stykowy (rys. 4.18a) jest zbudowany w taki sposób, że na podtoczenie piasty 3 jest włożone koło stykowe 2, a następnie koło ustalające 1. Rozwinięte obrzeże piasty zabezpiecza koła przed zluźwaniem. Koło stykowe jest wykonane ze sto-

pu zawierającego 96,5% srebra, 2,5% kadmu i 1% palladu. Stop ten ma wysoką odporność na zużycie i jest dobrym przewodnikiem prądu. Zębnik 4 jest połączony z zespołem stykowym w wytoczeniu piasty 3 warstwą izolującą 6, a górny czop osi tego zębника pracuje w łożysku rubinowym 5; dzięki temu zębnik jest odizolowany od koła stykowego 2.

Ujemny biegun baterii 27 jest połączony z kołem stykowym 2 przez łożysko oporowe 15 i sprężynkę dociskową 16, które są odizolowane od szkieletu mechanizmu za pomocą tulejki 14, pierścienia 18 i podkładki 17 wykonanych z materiału izolacyjnego. Łożysko oporowe 15 jest wykonane z takiego samego stopu, jak koło stykowe, natomiast piasta 3 jest wykonana ze stopu o składzie 65% złota, 31% srebra, 2,5% kadmu i 1,5% palladu. Konieczny docisk łożyska oporowego 15 do czopa piasty 3 zapewnia sprężynka 16 przymocowana do płyty wkrętem 19.

Gdy balans podczas obrotu w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek znajduje się w położeniu równowagi, wtedy występ płytki 11 dotyka do zęba koła stykowego 2, wskutek czego zamyka się obwód prądu i następuje wzbudzenie cewki impulsowej 22. W czasie dalszego obrotu balansu w tym samym kierunku ząb koła stykowego ślizga się po części przewodowej występu 11 oraz palca przerzutowego 12, który rozwiera obwód prądu, a następnie pod wpływem włosa balans powraca do kierunku zgodnego z ruchem wskazówek

— i cykl się powtarza. A więc balans otrzymuje impuls tylko co drugie wahnięcie. Sztywna konstrukcja zespołu stykowego zapewnia stałą jego pracę przez długi czas użytkowania zegarka, pozwala na łatwą wymianę zużytych części, a ponadto unika się koniecznej i trudnej regulacji sprężynek stykowych przy składaniu mechanizmu, co ma miejsce w mechanizmie poprzednio opisanym.

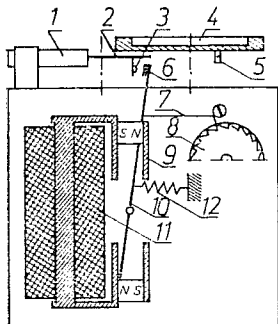
Konstrukcja ta ma także swoje wady, mianowicie — większą stratę energii balansu podczas uderzenia palca przerzutowego w ząb koła stykowego o dużej bezwładności, jego niepewne ustalanie za pomocą magnesów trwałych oraz zmienne przewodnictwo między częściami 3 i 15 wskutek poślizgu.

Do zatrzymywania balansu służy dwuramienna dźwignia 25 dociskana sprężynką 23 do krzywki przerzutnika 10. Po wyciągnięciu wałka nastawczego 26 dociska on do dźwigni 25, która przez tulejkę 8 zatrzymuje balans.

Do ograniczenia amplitudy balansu służy luźno umieszczony na osi balansu palec 20, do którego dotyka tulejka 8, w przypadku zbyt dużych wychyleń balansu.

4.3.3. Urządzenia napędowe balansu z impulsem pośrednim

Zmiana napięcia źródła energii wpływa ujemnie na dokładność chodu zegarów balansowych. Dokładność tę można w zna-



Rys. 4.19. Schemat urządzenia napędowego balansu z impulsem pośrednim w zegarze ELEKTROCHRON 410

1 — sprężynka impulsowa, 2 — dźwignia impulsowa, 3 — drugie ramie dźwigni impulsowej ze stykiem, 4 — balans, 5 — palec przerzutowy, 6 — styk na zworze, 7 — zapadka napędzająca koło zapadkowe, 8 — koło zapadkowe, 9 — bieguny polaryzowane elektromagnesu, 10 — zwora, 11 — cewka elektromagnesu, 12 — sprężyna zwrotna zwory

cznym stopniu zwiększyć, doprowadzając do balansu niezmienną w czasie ilość energii. Skonstruowano więc urządzenie napędowe balansu, w którym impulsu udziela sprężynka napinana przez zespół napędowy. Energia zakumulowana w sprężynce jest przekazywana w postaci impulsu tylko do balansu. Właściwa energia napędu jest pobierana z zespołu napędowego, którym jest elektromagnes. W sposób taki działają urządzenia napędowe balansu z impulsem pośrednim, niezależnym od stanu napięcia źródła zasilania.

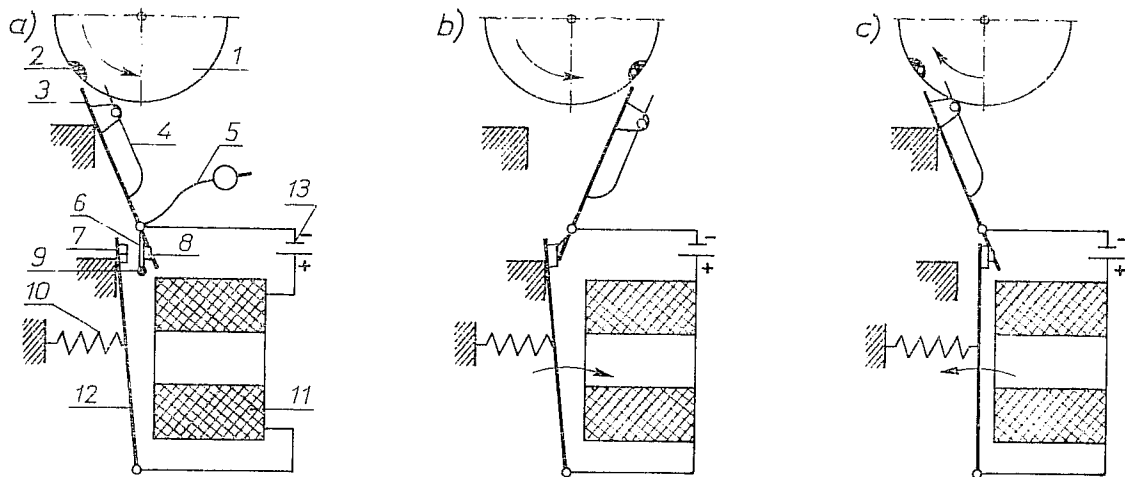
Jednym z zegarów tego typu jest ELEKTROCHRON 410 firmy RUHLA w Glashütte. Podstawowym elementem tego zegara jest płaska sprężynka impulsowa 1 (rys. 4.19) napinana przez zworę 10 przyciąganą przez bieguny spolaryzowanego elektromagnesu 9. Zastosowanie elektromagnesu spolaryzowanego zmniejsza znacznie zużycie energii mechanizmu. Cewka 11 elektromagnesu jest wykonana z drutu miedzianego o średnicy 0,18 mm. Na przedłużeniu zwory znajduje się styk 6 współpracujący ze stykiem 3, znajdującym się na drugim ramieniu dźwigni impulsowej 2 połączonej ze sprężynką impulsową 1. Dźwignia impulsowa współpracuje z palcem przerzutowym 5 osadzonym w ramieniu balansu 4. Sprężyna zwrotna 12 przywraca zworę do początkowego położenia i za pośrednictwem przymocowanej do zwory zapadki 7 obraca o jeden ząb koło zapadkowe 8, napędzające przekładnię zliczającą. Równoległe do cewki 11

jest włączona dioda w celu ochrony styków przed iskrzeniem.

Balans jest usytuowany w pozycji pionowej, dzięki czemu błąd pozycyjny spowodowany niewyrównoważeniem balansu nie wpływa na dokładność chodu zegara. Ponieważ dźwignia impulsowa wraz ze sprężynką impulsową współpracują z balansem w pozycji poziomej, więc dla ułatwienia przedstawiono schematycznie na rys. 4.20 w trzech fazach ich współpracę w widoku z góry, a na rys. 4.21 ułożenie sprężynki impulsowej w tych trzech fazach.

Gdy balans 1 wykonuje ruch w lewo (rys. 4.20a) palec przerzutowy 2 wchodzi w widelki utworzone z dźwigni impulsowej 3 i jej sprężynki 4, a uderzając w sprężynkę 4 przechyla je w prawo. Na odcinku łuku ograniczonego kątem φ_1 (rys. 4.21) balans, przechylając dźwignię 3, napręży sprężynkę impulsową 5 (faza I), która po przejściu swego punktu martwego (zerowego — faza II) przegina się w drugą stronę (faza III) i udziela impulsu balansowi przez dźwignię 4 na odcinku łuku ograniczonego kątem φ_2 .

Przechylona dźwignia 3 (rys. 4.20b) powoduje zwarcie styku 8, znajdującego się na drugim jej końcu, ze stykiem 7, znajdującym się na zworze 12. W celu zwiększenia niezawodności styków dźwignia 3 jest wyposażona w pomocniczy styk wstępny 9, wykonany z drutu srebrno-platynowego, który ułatwia przepływ prądu. Wzbudzony prądem elektromagnes 11 przycią-



Rys. 4.20. Szczegóły urządzenia stykowego w zegarze ELEKTROCHRON 410

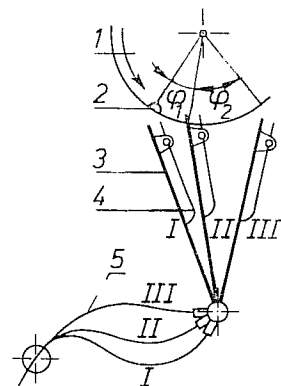
1 — balans, 2 — palec przerzutowy, 3 — dźwignia impulsowa, 4 — sprężyna dźwigni impulsowej, 5 — sprężyna impulsowa, 6 — gałka izolująca, 7 — złoty styk na zworze, 8 — złoty styk na dźwigni impulsowej, 9 — styk wstępny, 10 — sprężyna zwrotna zwory, 11 — cewka elektromagnesu, 12 — zwora, 13 — bateria

ga zworę 12, która powoduje przechylenie dźwigni do pierwotnego położenia (rys. 4.20c), a gałka izolująca 6 rozwiera styki.

Gdy działanie elektromagnesu ustaje, sprężyna zwrotna 10 przywraca zworę do początkowego położenia i obraca o jeden ząb koło zapadkowe, napędzające przekładnię zliczającą wahnięcia balansu. W tym samym czasie balans wykonuje ruch powrotny w prawo, przy czym palec przerzutowy 2 odchyła nieco sprężynkę 4 ku dźwigni 3. Urządzenie napędowe znów znajduje się w pozycji wyjściowej i cykl roboczy rozpoczyna się na nowo. W czasie pełnego okresu balans otrzymuje tylko jeden impuls napędowy (raz na dwa wahnięcia). Wskazówka sekundowa wykonuje ruch skokowy co pół sekundy. Zegar jest zasilany baterią o napięciu 1,5 V,

typu R20. Gdy napięcie spadnie do 1,1 V, mechanizm jeszcze działa prawidłowo. Dzięki oddzieleniu impulsu napędzającego balans od napędu przekładni zliczającej uzyskano dość dużą dokładność chodu. Maksymalna odchyłka dobową wynosi około 5 s. Samooczyszczające się styki 7 i 8, wykonane z twardego stopu złota, zapewniają dużą niezawodność działania mechanizmu.

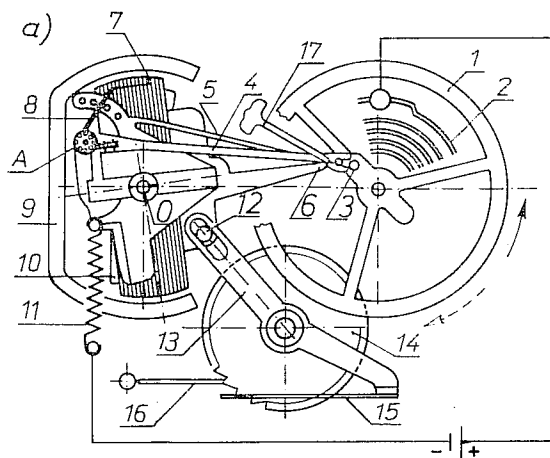
Nieco inne urządzenie napędowe balansu z impulsem pośrednim zastosowano w zegarze CHROMETRON niemieckiej firmy Staiger. W zegarze tym balans otrzymuje impuls od sprężynki śrubowej skrętnej. Większość części tego zegara i szkielet mechanizmu są wykonane z tworzywa sztucznego, a tylko zespół balansu, cewka napędowa i osie przekładni zębatej są metalowe.



Rys. 4.21. Trzy fazy działania sprężynki i dźwigni impulsowej

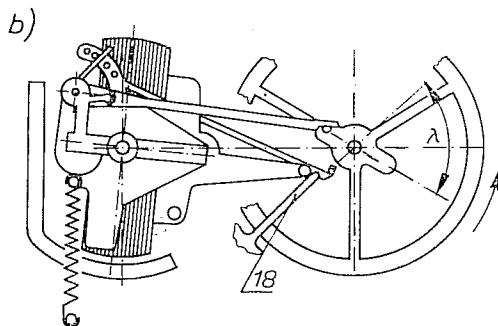
1 — balans, 2 — palec przerzutowy osadzony w ramieniu balansu, 3 — dźwignia impulsowa, 4 — sprężyna dźwigni impulsowej, 5 — sprężyna impulsowa

W jednym z ramion balansu 1 (rys. 4.22) jest zamocowany kołek stykowy 3, który współpracuje z widełkami zespołu cewki napędowej. Zespół ten ma oś obrotu w punkcie 0 i składa się z cewki 7, ramienia zakończonego kołkiem 6 i sprężyny 5, stanowiącej całość z korpusem oraz miedzianej dźwigni stykowej 4. Dźwignia ta może się obracać względem zespołu cewki na osi w punkcie A. Sprężyna 5 dociska swym napięciem wstępnym do kołka 6, do którego jest również dociskana dźwignia styko-



Rys. 4.22. Schemat urządzenia napędowego balansu z impulsem pośrednim w zegarze CHROME-TRON

1 — balans, 2 — włos, 3 — kołek stykowy, 4 — dźwignia stykowa, 5 — sprężyna, 6 — kołek ramienia, 7 — cewka, 8 — skrętna sprężynka impulsowa, 9 — zwora, 10 — magnes trwały, 11 — sprężyna zwrotna zespołu cewki, 12 — kołek dźwigni zapadkowej, 13 — dźwignia zapadkowa, 14 — koło zapadkowe, 15 — zapadka, 16 — przeciwzapadka, 17 i 18 — zderzaki sprężyste



wa 4 za pomocą skrętniej sprężynki impulsowej 8. Napięcie sprężynki impulsowej można regulować. Sprężyna 11 dociska kołek 6 do sprężystego zderzaka 17, stanowiącego całość z płytą tylną mechanizmu. Kołek 12 łączy z korpusem cewki dźwignią zapadkową 13, osadzoną obrotowo na wałku koła zapadkowego 14, będącego jednocześnie kołem sekundowym. Zapadka 15 napędza koło zapadkowe 14, a przeciwzapadka 16 zapobiega jego cofaniu.

Cewka napędowa 7 współpracuje z nieruchomym magnesem trwałym 10, znajdującym się wewnątrz cewki i przymocowanym do przedniej płyty mechanizmu. Obwód magnetyczny jest zamykany przez zworę 9. Jedna końcówka cewki jest połączona ze źródłem prądu przez sprężynę 11, a druga końcówka z dźwignią stykową 4 przez sprężynkę impulsową 8. Do drugiego bieguna źródła prądu jest przyłączony balans 1 wraz z kołkiem stykowym 3 za pośrednictwem włoska 2.

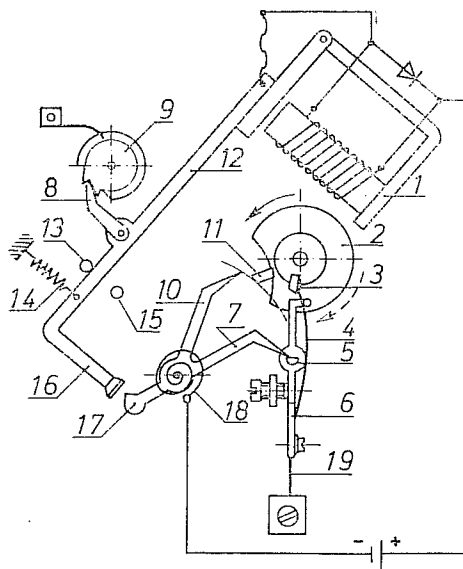
Gdy balans 1 wykonuje ruch w lewo i przechodzi przez położenie równowagi (rys. 4.22a), kołek stykowy 3 wchodzi w widełki utworzone przez końce dźwigni stykowej 4 i sprężyny 5. Dotknięcie kołka 3 do końca dźwigni 4 powoduje zamknięcie obwodu elektrycznego cewki. Wytworzone wokół cewki pole magnetyczne współdziała z polem magnetycznym magnesu trwałego 10, wskutek czego cały zespół cewki obraca się w prawo, aż do oparcia się kołka 6 o drugi zderzak sprężysty

18, który również stanowi całość z płytą tylną (rys. 4.22b). Obrót zespołu cewki powoduje ruch dźwigni zapadkowej 13 i zapadki 15, która obraca o jeden ząb koło zapadkowe 14. W tym czasie zostaje napięta sprężynka impulsowa 8, która przez dźwignię 4 popycha kołek 3, wskutek czego balans otrzymuje impuls na długości łuku zawartego między ramionami kąta λ . Po oddaleniu się dźwigni 4 od kołka 3 następuje przerwanie obwodu elektrycznego, wtedy zespół cewki, pod wpływem sprężyny 11 wraca do pozycji wyjściowej, natomiast balans wykonuje dalej swój ruch do położenia skrajnego. W czasie ruchu powrotnego (w prawo) kołek 3 odchyła sprężynę 5 ku górze, nie dotykając dźwigni stykowej 4, więc urządzenie napędowe nie zadziała. Wobec tego balans otrzymuje impuls tylko podczas jednego wahnięcia w lewo (raz na okres).

Mechanizm jest zasilany z baterii o napięciu 1,5 V, typu R14. Zegar wykazuje dość dużą dokładność — maksymalna odchyłka dobową wynosi tylko 2 s. Samooczyszczające się styki 3 i 4, pokryte twardym stopem złota, zapewniają dużą niezawodność działania mechanizmu.

W mechanizmie zegara radzieckiego, nazywanego elektrochronometrem, zastosowano urządzenie napędowe balansu ze sterowaniem stykowym, podobne do wychwyty chronometrowego (rys. 4.23). Na osi balansu jest osadzony krążek spustowy z kamieniem spustowym 3 oraz krążek impulsowy 2 z kamieniem impulsowym 11.

11, z którym współpracuje ramię impulsowe 10 trójramiennej dźwigni, połączonej ze spiralną sprężynką impulsową 18.



Rys. 4.23. Schemat urządzenia napędowego balansu z impulsem pośrednim w zegarze radzieckim, zwanym elektrochronometrem.

1 — elektromagnes, 2 — krążek impulsowy, 3 — kamień spustowy, 4 — sprężynka spustowa, 5 — kamień spoczynkowy, 6 — dźwignia zwory, 7 — ramię spoczynkowe, 8 — zapadka, 9 — koło zapadkowe, 10 — ramię impulsowe, 11 — kamień impulsowy, 12 — dźwignia zwory, 13 i 15 — styki ograniczające, 14 — sprężyna zwrotna, 16 i 17 — styki, 18 — spiralna sprężynka impulsowa, 19 — sprężyna dźwigni spustowej

Gdy balans wykonuje ruch w lewo, kamień spustowy 3 uderza w sprężynkę spustową 4, podpartą w pobliżu końca występem dźwigni spustowej 6, odchyła ją i wysuwa kamień spoczynkowy 5 spod końca ramienia spoczynkowego 7. Trójramienna dźwignia, pod działaniem napiętej spiralnej sprężynki impulsowej 18, obraca się w prawo, a ramię impulsowe 10 udziela balansowi impulsu, uderzając w kamień impulsowy 11.

Po udzieleniu impulsu ramię 17 dotyka końca 16 dźwigni 12, wskutek czego następuje zamknięcie obwodu elektrycznego i wzbudzenie elektromagnesu 1, który

przyciąga zworę wraz z połączoną z nią dźwignią 12 i napina sprężynę 14. Wskutek raptownego ruchu dźwigni 12 jej koniec 16 naciska ramię 17 i powoduje obrót trójramiennej dźwigni w lewo oraz zaskoczenie ramienia 7 za kamień spoczynkowy, który już powrócił do położenia wyjściowego pod działaniem sprężyny 19. Dźwignia 12 uderza o słupek ograniczający 15 i zatrzymuje się, natomiast trójramienna dźwignia obraca się dalej swą bezwładnością, w skutek czego następuje rozwarcie styków 16 i 17. Elektromagnes przestaje przyciągać dźwignię 12, która pod wpływem sprężyny 14 powraca do położenia wyjściowego i opiera się o drugi słupek ograniczający 13. Balans wykonuje dalej swój ruch w lewo aż do skrajnego położenia.

Podczas ruchu balansu w prawo kamień spustowy 3 odchyła swobodnie sprężynkę spustową 4 w lewo, gdyż od tej strony nie jest ona podparta, więc nie powoduje odchylenia dźwigni spustowej 6 ani działania urządzenia napędowego. Wobec tego balans otrzymuje impuls tylko podczas ruchu w lewo (raz na okres).

Zapadka 8, umieszczona na dźwigni 12, zlicza podwójne wahnięcia balansu, przesuwając za każdym swym ruchem o jeden ząb koło zapadkowe 9, które napędza przekładnię zliczającą i urządzenie wskazujące.

Zegar z tym urządzeniem napędowym balansu wykazuje lepsze wyniki chodu niż chronometr mechaniczny.

4.4. Urządzenia zliczające i przetworniki ruchu

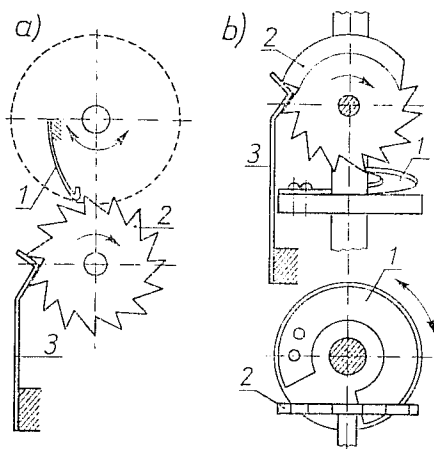
W zegarach z elektrycznym napędem balansu zliczanie jego wahań odbywa się za pośrednictwem przetwornika ruchu i przekładni zliczającej.

Przetwornik ruchu jest urządzeniem mechanicznym przetwarzającym ruch oscylacyjny balansu na ruch obrotowy skokowy. Zadaniem przetwornika ruchu jest więc przejmowanie ruchu balansu, przekształcanie go i przekazywanie przekładni zliczającej.

Przekładnia zliczająca jest przekładnią zębatą zwalniającą, o dwu lub trzech stopniach przełożenia. Zadaniem przekładni zliczającej jest zliczanie wahań balansu, aby za pośrednictwem przekładni wskaźników zostały one ujawnione na tarczy zegara przez wskazówki lub wskaźniki cyfrowe.

Dobrze skonstruowane urządzenie zliczające nie powinno zakłócać izochronizmu balansu. Dlatego ruch skokowy przekładni powinien następować w chwili przechodzenia balansu przez położenie równowagi, gdyż wtedy jego energia kinetyczna jest największa. Od urządzenia zliczającego wymaga się pewności działania i odporności na uszkodzenia, np. wskutek wstrząsów, oraz możliwie cichego działania.

W zegarach elektrycznych z urządzeniem napędowym balansu stosuje się różne ro-



dzaje przetworników ruchu. Dość częste zastosowanie w zegarach i w zegarkach naręcznych mają przetworniki działające na zasadzie mechanizmu zapadkowego, które przekazują ruch przekładni zliczającej co drugie wahnięcie balansu (raz na okres).

Przetwornik ruchu zapadkowy może być zastosowany w tym przypadku, gdy oś koła zapadkowego przetwornika jest usytuowana równolegle z osią balansu (rys. 4.24a) lub prostopadłe do tej osi (rys. 4.24b). Zapadka sprężysta 1 współpracuje z zębami koła zapadkowego 2, obracając to koło o jeden ząb podczas okresu. Przeciwwzapadka 3 zapobiega cofaniu koła zapadkowego w czasie ruchu powrotnego balansu. W zegarkach naręcznych koło zębate przetwornika jest napędzane zwykle bezpośrednio przez kołek sztywno umocowany na osi balansu. W tym

przypadku oś koła zębatego przetwornika jest zawsze równoległa do osi balansu. W zegarkach firmy LIP przekształcanie ruchu oscylacyjnego balansu w ruch obrotowy skokowy odbywa się za pomocą przetwornika przedstawionego na rys. 4.25. Na osi balansu są umieszczone dwie tarcze. W jednej z nich jest osadzony kołek stykowy współpracujący ze sprężynką stykową, a w drugiej — palec przerzutowy 4, który współpracuje z zębami koła 2. Końce zębów tego koła są ścięte z jednej strony. Podczas ruchu balansu w lewo palec przerzutowy 4 zabiera ząb koła, wywierając nacisk na wypukłą część zarysu i przesuwa koło o jeden ząb. Magnes trwały 3 ustala każdorazowo położenie jednego z zębów koła.

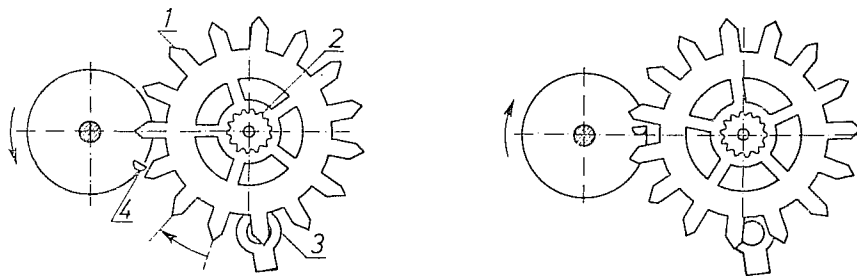
Podczas ruchu powrotnego balansu (w prawo) palec przerzutowy dotyka do ściętej części zarysu zęba, więc tylko nieznacznie przesuwa koło do tyłu. Gdy palec przerzutowy wyjdzie poza wierzchołek zęba, koło powraca do położenia spoczynkowego wskutek działania magnesu trwałego. Ruch wsteczny koła przetwornikowego można zauważyć po niewielkim ru-

Rys. 4.24. Schemat zapadkowych przetworników ruchu: a) z osią koła zapadkowego równoległą do osi balansu, b) z osią koła zapadkowego prostopadłą do osi balansu

1 — zapadka sprężysta połączona z balansem, 2 — koło zapadkowe, 3 — przeciwwzapadka

Rys. 4.25. Schemat przetwornika ruchu w zegarkach naręcznych firmy LIP

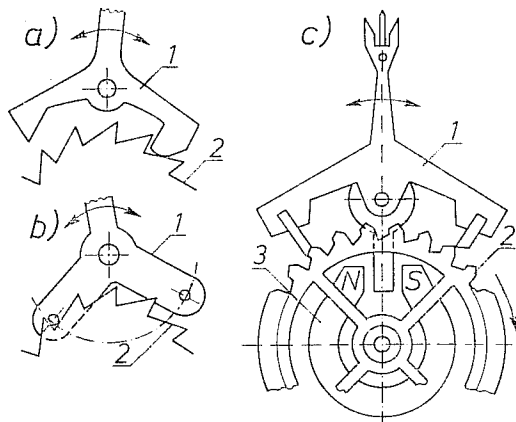
1 — koło przetwornika ruchu, 2 — zębniak, 3 — magnes trwały, 4 — palec przerzutowy



Rys. 4.26. Schemat kotwicowych przetworników ruchu: a) z paletami metalowymi, b) z kołkami paletowymi, c) z paletami mineralnymi

1 — kotwica, 2 — koło przetwornika, 3 — magnes trwały

chu wskazówki sekundowej do tyłu. Wobec tego przetwornik ruchu przekazuje ruch przekładni zliczającej co drugie wahnięcie (raz na okres).



W zegarkach naręcznych z elektrycznym napędem balansu są często stosowane przetworniki ruchu kotwicowe. Są one podobne zewnętrznie do wychwyty kotwicowych, ale kotwica napędza koło przetwornikowe o zupełnie innych zębach. Na rys. 4.26 przedstawiono trzy przykłady przetworników ruchu, w których koło 2 jest napędzane przez balans za pośrednictwem kotwicy 1. Palety lub kołki kotwicy współpracują z odpowiednio ukształtowanymi zębami koła 2. Każdy ruch kotwicy, od jednego położenia skrajnego do drugiego, powoduje obrót koła 2 o pół podziałki.

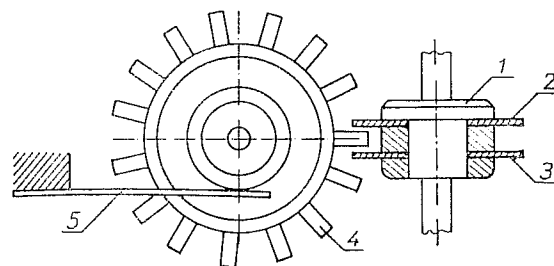
Położenia spoczynkowe koła są ustalane za pomocą sprężynki hamującej lub usta-

łącza wykonanego z magnesu trwałego 3, który przyciąga zworę osadzoną na kotwicy. Przetworniki kotwicowe przekazują ruch przekładni zliczającej co każde wahnięcie balansu (dwa razy na okres).

W zegarach domowych stołowych i ściennych oraz w budzikach z elektrycznym napędem balansu ma zastosowanie przetwornik ruchu krzywkowy (rys. 4.27). Składa się on z dwóch głównych części: krzywki 1 i koła palcowego 4. Krzywka 1 jest osadzona na dolnej części osi balansu. Składa się ona z trzech grubszych pierścieni oraz ściśniętych między nimi dwóch większych pierścieni 2 i 3, wykonanych z cienkiej blachy stalowej. Wystające części obrzeża cieńszych pierścieni, odpowiednio przecięte i odgięte ku dołowi, tworzą

Rys. 4.27. Przetwornik ruchu krzywkowy

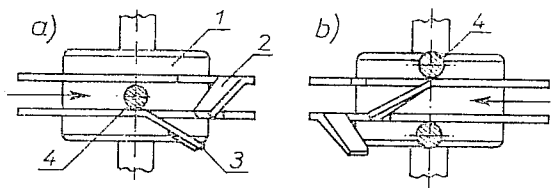
1 — krzywka, 2 i 3 — bieżnie prowadzące, 4 — koło przetwornika, 5 — sprężynka hamująca



bieżnie prowadzące 2 i 3 (rys. 4.28a). Z tymi bieżniami współpracują płaskie lub okrągłe zęby 4 koła palcowego. Koło to jest wykonane z tworzywa sztucznego. W nowszych zegarach również krzywka wraz z bieżniami prowadzącymi jest w całości wykonana z tworzywa sztucznego, a

zęby koła palcowego mają przekrój romboidalny.

Podczas ruchu balansu w prawo, gdy balans znajduje się w pobliżu położenia równowagi, wyjściowa bieżnia 3 zabiera ząb 4 (rys. 4.28a) i — przesuując się po jego



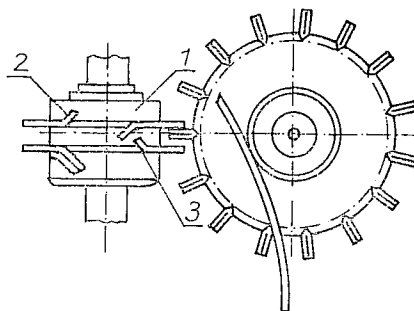
powierzchni — podnosi go aż do chwili wprowadzenia między bieżnie. Koło obróciło się o pół podziałki, a ząb pozostaje między bieżniami podczas obrotu balansu do położenia skrajnego i powrotu do położenia równowagi.

Podczas ruchu balansu w lewo (rys. 4.28b) ząb koła 4, przez odgięty koniec bieżni prowadzącej 2, został podniesiony ponad tę bieżnię, wskutek czego koło obróciło się o dalsze pół podziałki. W tym czasie następny ząb koła przesunął się naprzeciw odgiętego końca bieżni prowadzącej 3. Tak więc co dwa wahnięcia balansu (co jeden okres) koło obraca się o jeden ząb i przekazuje ruch przekładni zliczającej.

Położenie zębów koła jest ustalane przez bieżnie prowadzące, jednak przed każdym ruchem koło może się nieco cofnąć, co groziłoby uszkodzeniem zębów. Aby temu zapobiec stosuje się sprężynkę 5 (rys. 4.27), która dociskając do piasty koła

przyhamowuje je i zabezpiecza przed cofnięciem koła w chwili, gdy ząb ma zacząć współpracę z bieżnią 3 lub 2.

Przetwornik krzywkowy, dzięki wykonaniu go z tworzywa sztucznego o małym współczynniku tarcia, tylko nieznacznie wpływa na ruch balansu, zwłaszcza ciężkiego, i pracuje prawie bezszmerowo.



Rys. 4.28. Działanie przetwornika krzywkowego: a) ruch balansu w prawo, b) ruch balansu w lewo

1 — krzywka, 2 i 3 — odgięte końce bieżni prowadzących, 4 — ząb koła przetwornika

Rys. 4.29. Przetwornik ruchu krzywkowy z zębami romboidalnymi

1 — krzywka, 2 i 3 — ograniczniki ruchu balansu

W niektórych zegarach drugie końce bieżni prowadzących 2 i 3 są odgięte ku górze (rys. 4.29). Końce te spełniają funkcje ograniczników ruchu balansu przy nadmiernym wzroście jego amplitudy.

4.5. Naprawa zegarów i zegarków elektrycznych — ze sterowaniem stykowym

W rozdziale 3.4 mówiliśmy już o naprawie zegarów z naciągami elektrycznymi. Wiele podanych tam opisów dotyczy także zegarów z elektrycznym napędem reguła-

ra ze sterowaniem stykowym. zwłaszcza odnoszących się do źródła prądu (baterii) oraz do układów stykowych. Dlatego przed naprawą zegarów z napędem elektrycznym regulatora warto również przejrzeć tamte opisy, które mogą być także pewną pomocą.

Wykrywanie usterek we wszystkich zegarach elektrycznych należy zaczynać od sprawdzenia źródła prądu. Pierwszą czynnością będzie więc sprawdzenie stanu baterii zasilającej. Jest to szczególnie ważne w zegarach z impulsem bezpośrednim regulatora, gdyż dobre wyniki chodu wykazują one tylko wtedy, gdy źródło ich zasilania ma odpowiednie napięcie. Ponieważ napięcie baterii z biegiem czasu spada, więc częściej należy ją wymieniać na świeżą.

Nie dotyczy to zegarów z impulsem pośrednim, gdyż zmiana napięcia (powyżej pewnej wartości, niezbędnej do zasilania elektromagnesu) nie wpływa na ich dokładność chodu. Impuls pochodzący od napiętej sprężynki impulsowej jest stały, bez względu na stan napięcia źródła zasilania. Ale i w tych zegarach należy sprawdzić, kiedy bateria była założona, aby nie dopuścić do wycieku elektrolitu, który mógłby uszkodzić mechanizm.

Do wykrywania usterek i ich usuwania w zegarach z elektrycznym napędem regulatora są potrzebne różne narzędzia i przyrządy, o których już mówiliśmy w rozdziale 2.4.3, a także mierniki uniwersalne, sprawdzarka oraz miniaturowy oscylos-

kop, a także miernik specjalny elektrotest. opisane w rozdz. 9.

Dla początkujących zegarmistrzów będzie pomocny plan włączeń klawiszy elektrotestu, stosowany w zależności od rodzaju pomiaru. Ułatwi to zrozumienie i przyswojenie sobie prawidłowych połączeń

W zegarmistrzowskim zakładzie naprawczym ważna jest kartoteka napraw. Zaleca się prowadzenie takiej kartoteki nawet wtedy, gdy zakład prowadzi jedna osoba. Zapisywanie częstości tych samych błędów występujących w zegarach oraz ich przyczyn ułatwia później naprawę następnego tego rodzaju zegarów.

W zegarach z elektrycznym napędem wahadła należy przede wszystkim starannie sprawdzić ruchome części mechanizmu oraz zbadać, czy nie ma przerw w obwodzie elektrycznym. W tych zegarach energia napędzająca mechanizm pochodzi tylko od słabego impulsu udzielanego wahadłu, przeto szczególną uwagę należy zwrócić na styki, czopy, łożyska i zapadki. Zwykle nie ma potrzeby poprawiania czopów i łożysk, gdyż przy tak małych naciskach pochodzących jedynie od wahadła, łożyska prawie się nie wycierają. Po oczyszczeniu części mechanizmu należy posmarować łożyska rzadkim smarem, np. nr 3. Należy przy tym uważać, aby smar nie rozpląwał się do niewłaściwych miejsc, szczególnie na koło zapadkowe, zapadkę i styki, bo to wpłynęłoby ujemnie na działanie zegara.

Po naprawie części mechanicznej zegara należy sprawdzić, czy izolacja przewodów nie jest uszkodzona i czy wkręty się nie zluzowały. Szczególną uwagę trzeba zwracać na sprężynkę zawieszki wahadła, która nie powinna mieć załamania lub zagięć. Jeśli nie można jej poprawić, trzeba ją wymienić na nową.

Zarówno te zegary, które zwierają styki co każde wahnięcie, jak i te, które zwierają styki co drugie wahnięcie, działają według jednej zasady: zwieranie styków obwodu elektrycznego przez wahadło oraz udzielanie impulsu wahadłu przez elektromagnes następuje wskutek przyciągania lub odpychania wahadła. Podczas naprawy trzeba odpowiednio ustawić układy stykowe, aby nie wpływały hamująco na ruch wahadła. W zegarach z elektromagnesem spolaryzowanym przy zakładaniu baterii trzeba uważać na odpowiednie połączenie biegunów. Styki w tych zegarach są zwykłymi stykami naciskowymi, wykonanymi najczęściej z platyny lub innego metalu szlachetnego nie ulegającego korozji. Szczelina między stykami powinna być mała, aby nie tracić energii na zbędne uginanie sprężynki stykowej. Powierzchnie styków należy oczyścić, a w razie potrzeby wygładzić.

W większości tego typu zegarów styki należy tak ustawić, aby środek impulsu następował w położeniu równowagi wahadła, gdyż jego energia kinetyczna jest wtedy największa. Dzięki temu zakłócenie zochronizmu, wskutek przekazywania ru-

chu na koło zapadkowe, będzie minimalne.

W niektórych zegarach magnes trwały umieszczony na końcu wahadła ulega rozmagnesowaniu, zwłaszcza gdy nie ma domieszki kobaltu. Można taki magnes powtórnie namagnesować. Należy owinąć go drutem izolowanym, zwój przy zwoju, i do końców powstałej w ten sposób cewki podłączyć napięcie 4÷8 V na czas 20 s. Magnes odzyska swoje właściwości początkowe.

Zegary wahadłowe są czułe na dokładne ich ustawienie. Dlatego po naprawie i ustawieniu chodu należy zegar obserwować przez kilka dni, czy będzie dobrze chodził.

W zegarach i zegarkach z elektrycznym napędem balansu badanie przyczyn usterek jego mechanizmu można przeprowadzać w następującej kolejności:

- Sprawdzić napięcie baterii. Stan wymagany 1,5 V i nie mniej niż 1,45 V pod obciążeniem.
- Sprawdzić pobór prądu. Stan wymagany — podany przez wytwórnię.
- Sprawdzić za pomocą oscyloskopu prawidłowość działania zestyku oraz impuls sterujący. Stan wymagany: obraz przebiegu impulsu prostoliniowy w górnej części; czas trwania zestyku w zakresie ustalonych granic.
- Rozebrać mechanizm i oczyścić części, sprawdzić styki, wymienić elementy zużyte. Stan wymagany: styki bez śla-

dów erozji i tlenków; elementy ograniczające amplitudę umieszczone na balansie — bez smaru i z niewielkim luzem w łożyskach.

- Złożyć mechanizm, posmarować miejsca trące zgodnie z instrukcją wytwórni. Stan wymagany: styki ustawione prawidłowo; mechanizm pobiera przepisowy prąd; przebieg na zestyku odpowiada wymaganiom wytwórni.
- Założyć baterię. Sprawdzić amplitudę balansu, która powinna mieścić się w wymaganych granicach.

Przed rozbieraniem mechanizmu należy zmierzyć pobór prądu, aby zauważyć ewentualne zwarcia. Jeśli mechanizm nie pobiera prądu, jest to oznaką przerwania któregoś z połączeń. W takim przypadku po rozebraniu mechanizmu należy zmierzyć rezystancję elementów biorących udział w przewodzeniu prądu.

Mechanizmy zegarowe, w których znajdują się magnesy trwałe i elektromagnesy, powinny być chronione przed kurzem, pyłem i opiłkami. Zanieczyszczenia te mogą się osadzać na częściach magnetycznych i powodować usterki w działaniu mechanizmu.

Jeśli — za pomocą sprawdzarki — stwierdzi się, że zegarek wykazuje różnice chodu w różnych pozycjach, trzeba sprawdzić, czy na magnesach nie znajdują się opiłki, które mogą powodować te usterki. Mechanizmów zegarkowych nie należy odmagnesowywać razem z magnesami. W czasie rozbierania mechanizmu z mag-

nesami trwałymi należy najpierw wyjąć te magnesy i podczas naprawy przechowywać je oddzielnie, zabezpieczone przed stykaniem się z elementami stalowymi. Magnesy można wmontować dopiero wtedy, gdy wszystkie części zostały już przykręcone i nie grozi im przesunięcie spowodowane siłami magnetycznymi. Magnesy trwałe powinny być zupełnie czyste. Wióry lub opiłki znajdujące się na magnesie mogą spowodować nie tylko wadliwy chód zegara, ale także uszkodzenie cewki.

W zegarach i zegarkach z elektrycznym napędem balansu ze sterowaniem stykowym sprawą istotną jest niezawodne funkcjonowanie układów stykowych. Styki są bardzo delikatne i mają bardzo słaby docisk. Urządzenia gasikowe powinny w tych zegarach działać bez zarzutu, aby nie nastąpiło uszkodzenie styków. Dlatego najważniejszą czynnością przy naprawie tych zegarów jest sprawdzenie i ewentualna naprawa układów stykowych.

Pobór prądu można zmierzyć jednym z posiadanych mierników. Jeżeli do badania mechanizmu używa się elektrotestu (zob. rozdz. 9.1.), to należy połączyć mechanizm z miernikiem wkładką mierniczną, a następnie wcisnąć jeden z klawiszy 11—14 oraz 15—18 i klawisze 1 i 2. Wynik pomiaru odczytać na skali amperów i porównać z wymaganiami wytwórni.

Wkładki pomiarowe do zegarków naręcznych powinny być imitacją baterii pastylkowych, odpowiadających wielkością stosowanym w danym zegarku.

Zabrudzone styki należy oczyszczać z dużą ostrożnością. W żadnym przypadku nie należy ich przecierać papierem lub płótnem ściernym ani też oskrobywać. Styki czyścimy i poprawiamy specjalnymi narzędziami do poprawiania styków (zob. rys. 2.11).

Prawidłowe ustawienie styków i sprawdzenie poprawnego ich działania jest również ważne, gdyż od tego zależy dokładne działanie mechanizmu i zużycie prądu, mimo że w czasie pracy zegara prąd przepływa przez styki zaledwie w ciągu ułamka sekundy.

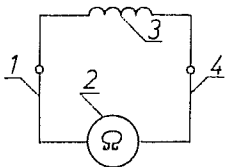
Sprężynka stykowa w większości zegarów powinna być ustawiona w kierunku środka osi balansu, więc takie ustawienie nie sprawia trudności. Zdarzają się jednak inne rozwiązania konstrukcyjne, w których sprężynki stykowe są ustawione inaczej. Usytuowanie sprężynek stykowych zależy od danego rozwiązania konstrukcyjnego, a zegarmistrz powinien ją właściwie ustawić. Do tej czynności może posłużyć się sprawdzarką w następujący sposób:

W miejsce baterii należy włożyć wkładkę mierniczą, połączyć z miernikiem, np. elektrotestem, i dobrać odpowiednie napięcie wciskając jeden z klawiszy 11—14. Osobnym przewodem połączyć miernik ze sprawdzarką — jeden koniec wkłada się do gniazdka z prawej strony miernika, a drugi do sprawdzarki w gniazdko dla mikrofonu. Nacisnąć jednocześnie klawisze 1 i 4, a gałkę 19 przekręcać w prawo tak daleko, aż ustali się na taśmie czysty

diagram sprawdzarki. Z kolei główny włącznik sprawdzarki należy pokręcić o $1/4$ obrotu. Sprawdzarka kreśli wtedy odstępy czasu zwierania styków chodzącego zegarka, a nierównomierności tego działania daje się łatwo zauważyć na wykresie. Tym sposobem można — za pomocą sprawdzarki — zorientować się o stanie i działaniu styków oraz właściwym ustawieniu sprężynek stykowych, pod warunkiem, że sprawdzarka jest dostatecznie czuła i dokładnie wykazuje wynik pomiaru na wykresie. Jeśli układ stykowy pracuje prawidłowo, to linia wykresu jest równa, a gdy w działaniu styków są błędy, linia wykresu jest falista lub przerywana.

Najpewniejsze wyniki sprawdzania pracy styków w zegarach z elektrycznym napędem balansu ze sterowaniem stykowym uzyskuje się za pomocą oscyloskopu. W tym przypadku należy połączyć miernik z zegarkiem podobnie jak poprzednio, a następnie miernik połączyć z oscyloskopem przez gniazdko Y oraz wcisnąć jednocześnie na mierniku klawisze 1 i 4, a gałkę 19 obracać w prawo tak długo, aż uzyska się jasny obraz na oscyloskopie. Wtedy na ekranie oscyloskopu można zauważyć kolejne fazy wykreślanych przebiegów zachodzących w stykach, a mianowicie — ich przerwy, iskrzenia itp.

Obserwowanie bardzo krótkotrwałych impulsów stykowych jest możliwe tylko za pomocą oscyloskopu. Żaden przyrząd pomiarowy o mechanicznym działaniu nie jest w stanie tego dokonać ze względu na



Rys. 4.30. Sposób podłączenia omomierza do cewki
1 i 4 — końcówki omomierza, 2 — omomierz, 3 — cewka

dużą bezwładność swoich elementów ruchomych.

Jeśli w badanym zegarku z elektrycznym napędem balansu pomiar wykaże zbyt duży pobór prądu, to należy sprawdzić także cewkę umieszczoną na balansie. Sprawdzenie polega na zmierzeniu jej rezystancji i porównaniu wyniku z parametrami podanymi przez wytwórnictwo. Sposób podłączenia omomierza przedstawiono na rys. 4.30. Jeżeli różnica między tymi parametrami stanowi więcej niż $\pm 10\%$, to cewkę należy wymienić razem z balansomem.

5. Elektroniczne zegary wahadłowe i balansowe

5.1. Wiadomości wprowadzające

Do zegarów elektronicznych zaliczamy zegary, w których mają zastosowanie elementy półprzewodnikowe, a więc **diody** i **tranzystory**. Zegary elektroniczne wahadłowe i balansowe są tak samo zegarami niezależnymi z elektrycznym napędem regulatora, jak zegary elektryczne omawiane w rozdziale 4. Nie ma w nich również wychwyty, przekładni chodu ani sprężyny napędowej. Różnica między ni-

mi polega na tym, że w zegarach elektrycznych urządzenia sterujące napędem są uruchamiane **układami stykowymi**, a w zegarach elektronicznych — **układami bezstykowymi**, najczęściej **indukcyjnymi**.

Zegary z układami stykowymi często zawodzą w działaniu, gdyż styki łatwo ulegają zabrudzeniu lub uszkodzeniu. W pokonaniu wad występujących w układach stykowych przyszyła z pomocą elektronika. Z chwilą wynalezienia tranzystora okazało się możliwe wykonanie bezstykowego urządzenia sterującego napędem, a tym samym zwiększenie niezawodności działania zegarów z elektrycznym napędem regulatora. Zastąpienie zawodnego układu stykowego układem indukcyjnym dało też inne możliwości rozwiązania konstrukcyjnego napędu. Wprawdzie układ indukcyjny jest bardziej skomplikowany i bardziej wrażliwy na zmiany temperatury, lecz swą niezawodnością działania znacznie przewyższa układ stykowy, dlatego obecnie jest ogólnie stosowany.

O budowie układu indukcyjnego decydują właściwości półprzewodnikowego elementu konstrukcyjnego, jakim jest tranzystor. Przechodzi on w stan przewodzenia, jeśli istnieje różnica potencjałów między jego emiterym a kolektorem. Aby urządzenie napędowe regulatora działało poprawnie, powinien on sam sterować prądem przepływającym przez kolektor i emiter. Wszystkie dotychczas budowane tranzystorowe urządzenia napędowe dzia-

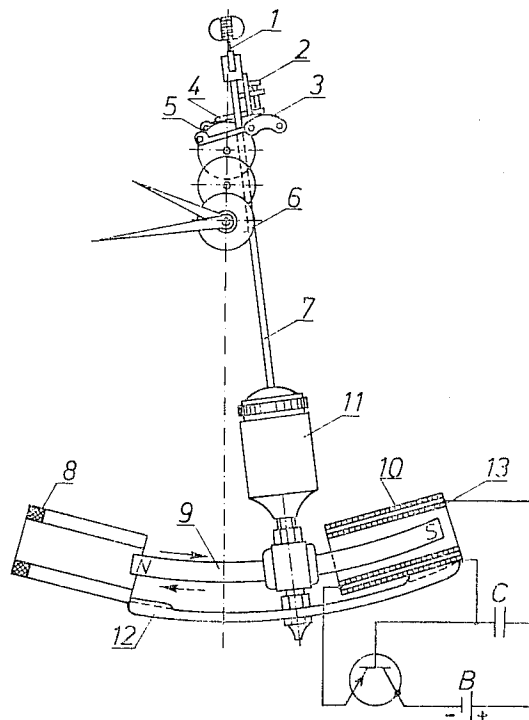
lają jako układy przekaźnikowe, tzn., że prąd sterujący jest tak dobrany, aby tranzystor pracował w obszarze nasycenia. Impulsy sterujące powstają dzięki ruchowi względnemu cewki względem magnesu trwałego i są przekazywane na bazę tranzystora. W bezstykowych urządzeniach napędowych regulatora stosuje się zwykle cewki nieruchome i ruchomy magnes trwały, zamocowany na wahającym się regulatorze.

Schemat elektryczny tranzystorowego układu sterującego przedstawiono na rys. 5.1. W skład tego urządzenia wchodzi tranzystor T , cewka sterująca L_s , cewka napędowa L_n oraz kondensator C . Jeśli tranzystor T jest typu $p-n-p$, jak na schemacie, to cewka sterująca L_s jest włączona w obwód baza-emiter tranzystora, a cewka napędowa L_n w obwód emiter-kolektor, w który jest także włączona bateria B . Kondensator C jest włączony w obwód baza-kolektor.

W zegarach elektronicznych regulator jest napędzany siłami pola elektromagnetycznego cewki napędowej, oddziałującymi na pole magnetyczne magnesu trwałego. Obwód cewki napędowej jest zamykany przez tranzystor sterowany impulsami wzbudzonymi w cewce sterującej, na którą oddziałuje magnes trwały wahającego się regulatora. Budowane są elektroniczne urządzenia napędowe zarówno w zegarach wahadłowych, jak i w zegarach balansowych. Omawiamy osobno każde z tych urządzeń.

5.2. Elektroniczne urządzenia napędowe wahadła

Typowym przykładem napędu wahadła impulsami sterowanymi indukcyjnie (bezstykowo) jest urządzenie napędowe systemu ATO, stosowane w zegarach firmy JUNGHANS (rys. 5.2). W górnej części pręta wahadła 7, zawieszono na zawieszce 1, jest umieszczona zapadka 4, która podczas ruchu wahadła w lewo obraca o jeden ząb koło zapadkowe 5, napędzające przekładnię zliczającą i przekładnię

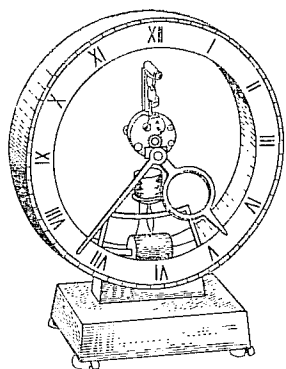


Rys. 5.1. Schemat elektryczny tranzystorowego układu napędowego ze sterowaniem indukcyjnym

T — tranzystor, B — bateria, C — kondensator, L_s — cewka sterująca, L_n — cewka napędowa

Rys. 5.2. Urządzenie napędowe wahadła syst. ATO ze sterowaniem indukcyjnym

1 — zawieszka, 2 — skręt regulacyjny, 3 — przeciwzapadka, 4 — zapadka, 5 — koło zapadkowe, 6 — przekładnia wskazań, 7 — pręt wahadła, 8 — cewka stabilizująca, 9 — magnes trwały, 10 — cewka sterująca, 11 — soczewka wahadła, 12 — zwora dodatkowa, 13 — cewka napędowa



Rys. 5.3. Wygląd zewnętrzny zegara „Kundo-elektric” o elektronicznym napędzie wahadła

wskazań 6. Położenie zapadki można regulować wkrętem 2. Przeciwwapadka 3 zabezpiecza koło zapadkowe przed cofaniem i ustala jego położenie. Cewka składa się z dwóch części: zewnętrznej — sterującej 10 i wewnętrznej — napędowej 13, włączonych w układ tranzystorowy w sposób przedstawiony na schemacie.

Gdy wahadło jest nieruchome, tranzystor znajduje się w stanie zaporowym i prąd w obwodzie cewki napędowej nie płynie. W czasie ruchu wahadła w prawo (strzałka ciągną) magnes trwały 9 zagłębia się w zespół cewek i indukuje w cewce sterującej 10 impuls elektryczny, który polaryzuje ujemnie bazę i powoduje przewodzenie tranzystora. Następuje przepływ prądu z baterii B w obwodzie cewki napędowej 13 i wytworzenie pola elektromagnetycznego, które wciąga magnes 9, wskutek czego wahadło otrzymuje impuls. Przepływ prądu przez cewkę napędową 13 trwa tak długo, jak długo wahadło wykonuje ruch w prawo, a zostaje przerwany z chwilą dojścia wahadła do skrajnego prawego położenia.

Podczas powrotnego ruchu wahadła w lewo (strzałka przerywana) wzbudzony w cewce sterującej 10 impuls elektryczny ma znak przeciwny niż podczas ruchu wahadła w prawo, więc polaryzuje bazę dodatnio i jeszcze bardziej blokuje tranzystor. Wobec tego wahadło otrzymuje impuls tylko co drugie wahnięcie (raz w czasie okresu).

Kondensator C służy do tłumienia prądów

wysokiej częstotliwości, jakie mogą powstać w układzie wskutek sprzężenia indukcyjnego cewek napędowej i sterującej. Po przeciwnej stronie wahadła jest umieszczona druga cewka 8, jako pierścień zwarty, służąca do stabilizacji amplitudy wahań, gdy po założeniu świeżej baterii wahadło uzyska za dużą amplitudę. Magnes trwały 9 zagłębiający się w cewkę 8 wytwarza wtedy moment hamujący, zależny od prędkości poruszającego się wahadła.

Chód zegara reguluje się pokręcaniem soczewki 11, znajdującej się na nagwintowanej części inwarowego pręta wahadła 7. Na końcu tego pręta jest umieszczona dodatkowa zwora 12, której zadaniem jest zmniejszanie rozpraszania się linii pola magnetycznego.

Elektroniczne zegary wahadłowe systemu ATO są produkowane przez firmę JUNG-HANS w dwóch odmianach, różniących się częstotliwością wahań wahadła. Okres wahań jednych wynosi 0,5 s, a drugich — 1 s. Źródłem zasilania jest bateria o napięciu 1,45 V i pojemności 10 Ah, z możliwością wykorzystania jej do pracy zegara przy spadku napięcia do 1,1 V. Pobór prądu wynosi 0,3 lub 0,4 mA. Rezystancja cewki napędowej wynosi 2200 Ω , a cewki sterującej — 2600 Ω . Typ tranzystora: OC 340. Okres gwarancyjny baterii produkowanej przez tę firmę wynosi około 5 lat. Roczne zużycie energii — 0,74 Ah w temperaturze 20°C. Gdy napięcie baterii spadnie o 0,1 V, odchyłka dobową zegara wynosi ± 2 s.

Zegary wahadłowe z elektrycznym napędem typu ATO są mało dokładne, gdyż zapadka, cewka stabilizacyjna oraz impuls bezpośredni udzielany przez cewkę napędową wprowadzają znaczne zakłócenia izochronizmu. Dlatego napęd elektroniczny tego typu ma zastosowanie tylko w zegarach popularnych.

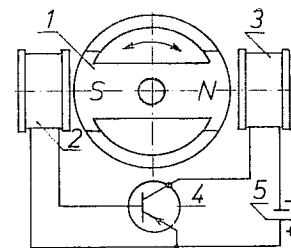
Zegary domowe z elektronicznym napędem wahadła produkują także inne fabryki. Niemiecka firma SCHATZ wytwarza takie zegary pod nazwą „Lectronic”, a firma KUNDO — pod nazwą „Kundo-electric” (rys. 5.3).

5.3. Elektroniczne urządzenia napędowe balansu

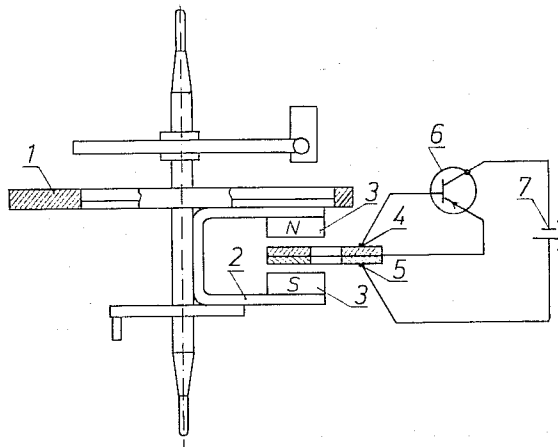
Magnetoelektryczny napęd balansu ze sterowaniem indukcyjnym (bezstykowym) za pomocą tranzystora zastosowano najpierw w zegarach, a potem w zegarkach naręcznych. Początkowe rozwiązania tych urządzeń napędowych nie były jeszcze doskonałe. Jedno z takich urządzeń przedstawiono na rys. 5.4. Magnes trwały 1 spełniał funkcję ramienia balansu umieszczonego między cewkami: sterującą 2 i napędową 3, sterowanymi tranzystorem 4, zasilanym baterią 5.

Na rys. 5.5 przedstawiono schemat elektronicznego urządzenia napędowego ba-

lansu, opracowanego przez francuską firmę ATO. Wiele zegarów stołowych i ściennych, produkowanych we Francji i w RFN, jest wyposażonych w tego rodzaju urządzenie napędowe balansu. Pod wieńcem balansu 1 jest zamocowana obejma 2, do której są przytwierdzone dwa magnesy trwałe 3, zwrócone do siebie różniennymi biegunami. Między magnesami znajdują się dwie cewki: sterująca 4 i napędowa 5, umieszczone na płytce przymocowanej do płyty zegara. Cewka sterująca 4 jest włączona w obwód baza-emiter tranzystora 6, a cewka napędowa 5 w obwód emiter-kolektor, w który jest także włączona bateria 7.



Rys. 5.4. Schemat elektronicznego urządzenia napędowego balansu
1 — balans z magnesem trwałym, 2 — obejmę magnetyczną, 3 — magnesy trwałe, 4 — cewka sterująca, 5 — cewka napędowa, 6 — tranzystor, 7 — bateria



Rys. 5.5. Schemat elektronicznego urządzenia napędowego balansu syst. ATO

1 — balans, 2 — obejmę magnetyczną, 3 — magnesy trwałe, 4 — cewka sterująca, 5 — cewka napędowa, 6 — tranzystor, 7 — bateria

łem napięcia, tranzystor w spoczynku ma na bazie potencjał dodatni. Wskutek wytworzonego impulsu potencjał na bazie zmienia się na ujemny, co powoduje przewodzenie tranzystora i przepływ prądu z baterii 7 przez emiter-kolektor oraz zasilanie cewki napędowej 5. Powstające wokół cewki pole elektromagnetyczne przecina po kolei obie połowy uzwojenia, w których kierunki poszczególnych części zwojów są przeciwne. Pole elektromagnetyczne wywołane w cewce napędowej oddziałuje na pole magnetyczne magnesów 3, wskutek czego balans otrzymuje impuls energetyczny.

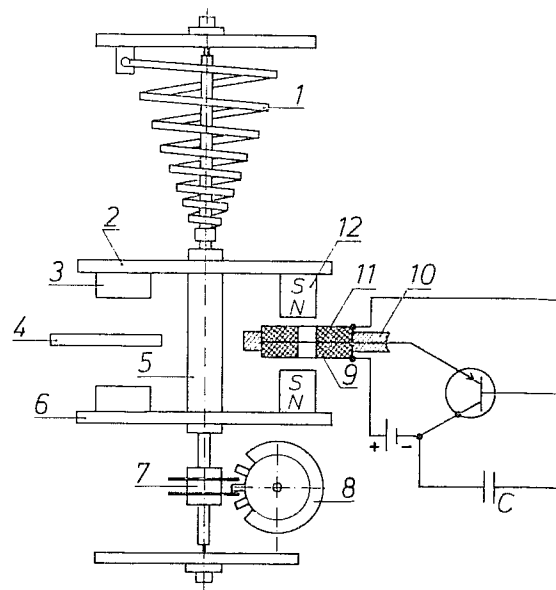
Podczas ruchu powrotnego balansu, gdy magnes mija pierwszą połowę cewki indukującej się w niej impuls dodatni, więc tranzystor nadal pozostaje w stanie zaporowym. Gdy natomiast magnes przechodzi nad drugą połową cewki, indukuje w niej impuls ujemny, co powoduje ponowne otwarcie tranzystora i wywołanie impulsu energetycznego na balans. Dzieje się tak za każdym ruchem balansu w obydwie strony, więc balans otrzymuje impuls napędowy za każdym wahnięciem (dwa razy na okres).

Na tej samej zasadzie działa urządzenie napędowe balansu, stosowane w zegarach francuskich firm: Mouvement de Paris, Odo, Vedette i innych. Różnią się one nieco szczegółami konstrukcyjnymi. Oś balansu w zegarach z elektronicznym napędem jest zwykle usytuowana w pozycji pionowej.

Na rys. 5.6 przedstawiono schematycznie elektroniczne urządzenie napędowe balansu firmy Mouvement de Paris. Spiralny włos 1 jest zakończony w klocku znajdującym się znacznie wyżej niż miejsce jego osadzenia na osi balansu, w celu

Rys. 5.6. Elektroniczne urządzenie napędowe balansu w zegarach firmy Mouvement de Paris

1 — włos, 2 i 6 — tarcze wieńcowe balansu, 3 — przeciwcieżary magnesów, 4 — stabilizator amplitudy balansu, 5 — tulejka osi balansu, 7 — krzywka przetwornika ruchu, 8 — koło palcowe przetwornika ruchu, 9 — cewka napędowa, 10 — płytki izolacyjna, 11 — cewka sterująca, 12 — magnesy trwałe



odciążenia dolnego łożyska, a tym samym zmniejszeniu oporów ruchu balansu. Na tulejce 5, wciśniętej na oś balansu, są osadzone dwie tarcze wieńcowe 2 i 6, na których są zamocowane magnesy trwałe 12 oraz ich przeciwcieżary 3. W położeniu spoczynkowym balansu między magnesami 12 znajdują się dwie nieruchome cewki: napędowa 9 i sterująca 11, zamocowane wraz z innymi elementami układu elek-

trycznego na wspólnej płytce izolacyjnej 10.

W czasie ruchu balansu pole magnetyczne, wytworzone między magnesami, wzbudza w uzwojeniu cewki sterującej 11 impuls napięciowy, który zmienia polaryzację bazy tranzystora, powodując przepływ prądu przez tranzystor i przez uzwojenie cewki napędowej 9. Prąd ten wytwarza wokół cewki pole elektromagnetyczne o takim samym kierunku, jak pole magnetyczne wytworzone między magnesami 12. Pola te, oddziałując na siebie, udzielają balansowi impulsu napędowego, koniecznego do utrzymania jego wahań. Balans otrzymuje impuls co każde wahnięcie.

W obszarze ruchów magnesów jest umieszczona płytka miedziana, która pełni funkcję **stabilizatora amplitudy balansu**. Nazywana jest także **indukcyjnym tłumikiem drgań**, gdyż jej zadaniem jest tłumienie (hamowanie) zbyt dużych wychyleń balansu.

Działanie stabilizatora polega na wykorzystaniu zjawiska powstawania prądów wirowych w miedzianej płytce przy zmiennym polu magnetycznym, które wytwarzają magnesy, znajdujące się na balansie. Prądy wirowe, według reguły Lenza, wzrastają proporcjonalnie do kwadratu prędkości poruszających się magnesów. Gdy więc po założeniu świeżej baterii amplituda balansu wzrasta, rośnie też prędkość magnesów na balansie, a to powoduje wystąpienie w stabilizatorze większych prądów wirowych, które przyhamują

ruch balansu. W miarę wyczerpywania się baterii zmniejszy się amplituda balansu, a więc zmniejszą się także prądy wirowe i przyhamowanie balansu. Dzięki stabilizatorowi balans, mimo zmiennego napięcia źródła zasilania, ma w przybliżeniu jednakowy kąt wychylenia.

Amplitudę balansu można regulować wsunięciem lub wysunięciem stabilizatora spod zasięgu magnesów. W tym celu otwory w płytce 4 są podłużne. Jeżeli w zegarze nie ma stabilizatora, to amplitudę można regulować odpowiednim zagłębieniem cewki w zasięg pola magnesów trwałych. Kondensator C służy do tłumienia prądów o wysokiej częstotliwości.

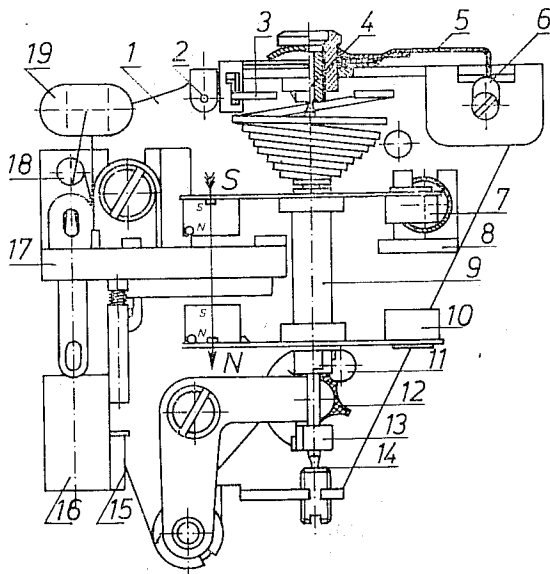
Ruch oscylacyjny balansu jest zamieniany na ruch obrotowy jednokierunkowy za pośrednictwem mechanicznego przetwornika ruchu, który składa się z krzywki 7 z dwiema bieżniami prowadzącymi, osadzonej na osi balansu, oraz z koła palcowego 8 z płaskimi zębami. Przetwornik ruchu przekazuje ruch balansu za pośrednictwem przekładni zliczającej do przekładni wskazań. Szczegóły konstrukcyjne tego przetwornika i jego działanie są opisane w rozdziale 4.4.

Zegar jest zasilany z baterii typu R20 o napięciu 1,5 V. Średni pobór prądu wynosi 0,2 mA. Jedna świeża bateria wystarczy zwykle na 1,5 roku pracy zegara.

Zupełnie podobna jest konstrukcja elektronicznego napędu balansu w mechanizmach bateryjnych UMB2, produkowanych przez Zakłady Maszyn Biurowych PRE-

Rys. 5.7. Zespół regulatora i blok elektryczny zegara bateryjnego UMB2

— płytka regulatora, 2 — klocek włosa, 3 — włos, 4 — łożysko górne osi balansu, 5 — przesuwka regulacyjna, 6 — wkrętka przesuwki, 7 — górna tarcza wieńcowa balansu z magnesem trwałym i jego przeciwważnikiem 8 — stabilizator amplitudy balansu, 9 — oś balansu, 10 — dolna tarcza wieńcowa balansu z magnesem trwałym i jego przeciwważnikiem, 11 — górna bieżnia prowadząca (popychacz) przetwornika ruchu, 12 — koło palcowe przetwornika ruchu, 13 — dolna bieżnia prowadząca przetwornika ruchu, 14 — łożysko dolne osi balansu, 15 — tranzystor, 16 — kondensator, 17 — płytka izolacyjna z cewkami, 18 — rezystor, 19 — kondensator



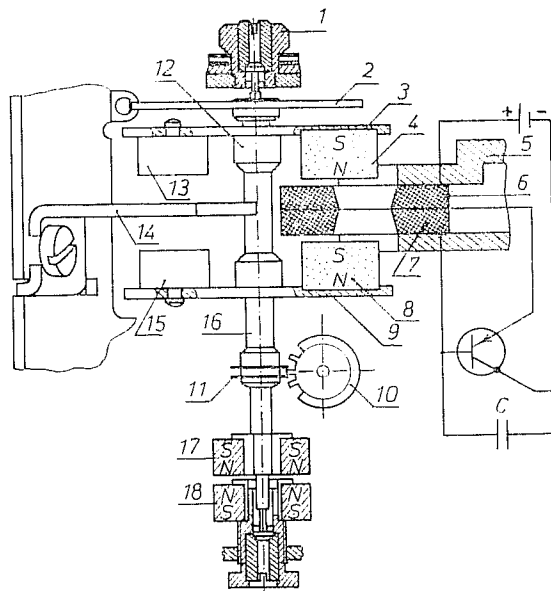
strony, są przymocowane magnesy trwałe 4 i 8 oraz ich przeciwważniki 13 i 15. Włos 2 ma kształt płaskiej spirali. Koniec włosa jest zamocowany w płaszczyźnie spirali. Balans jest łożyskowany na kamieniach. W celu zmniejszenia nacisku czopa na dolny kamień nakrywkowy zastosowano dwa magnesy trwałe 17 i 18, zwrócone do siebie jednoimiennymi biegunami. Dolny magnes 18 jest umocowany na płycie mechanicznej, a górny 17 — na osi balansu. Cewka napędowa 6 jest włączona w obwód emiter-kolektor tranzystora, a cewka sterująca 7 w obwód emiter-baza. Obie cewki złożone razem są wstawione do połowy swej średnicy w przestrzeń między magnesami trwałymi.

DOM-METRON w Toruniu (rys. 5.7). Jest to uniwersalny mechanizm bateryjny, zasilany z baterii typu R14 o napięciu 1,5 V, który może być stosowany do zegarów różnych typów powszechnego użytku, a także do budzików. Szczegóły konstrukcyjne tego mechanizmu podano w tomie X „Zegarmistrzostwa”, w rozdziale 9.2.

Podobne urządzenie napędowe balansu, o nieco innej konstrukcji, ma mechanizm produkowany przez firmę JUNGHANS według licencji francuskiej firmy ATO, pod nazwą Junghans-ATO-MAT (rys. 5.8). Balans składa się z dwóch tarcz wieńcowych 3 i 9, umocowanych na tulejce 12 wciśniętej na oś balansu 16. Na tarczach wieńcowych balansu, od wewnętrznej ich

Rys. 5.8. Elektroniczne urządzenie napędowe balansu w zegarach Jung-hans-ATO-MAT

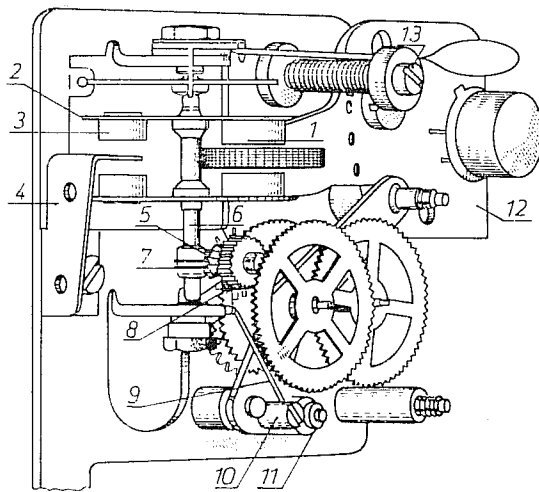
1 — wkładka przesuwki, 2 — włos, 3 i 9 — tarcze wieńcowe balansu, 4 i 8 — magnesy trwałe, 5 — płytka z tworzywa sztucznego, 6 — cewka napędowa, 7 — cewka sterująca, 10 — koło palcowe przetwornika ruchu, 11 — krzywka przetwornika ruchu, 12 — tulejka osi balansu, 13 i 15 — przeciwważniki magnesów, 14 — stabilizator amplitudy balansu, 16 — oś balansu, 17 i 18 — magnesy odciążające łożysko dolne



Działanie jest takie samo, jak innych tego typu urządzeń napędowych balansu. Wskutek ruchu balansu indukują się impuls napięciowy w cewce sterującej 7, który powoduje przewodzenie tranzystora i przepływ prądu z baterii do cewki napędowej 6. Wytworzone wokół cewki pole elektromagnetyczne współdziała z polem magnetycznym magnesów, wskutek czego balans otrzymuje impulsy napędowe za każdym wahnięciem. Przetwornik ruchu, składający się z koła palcowego 10 i krzywki 11, przekształca wahania balansu na ruch obrotowy jednokierunkowy i przenosi go do przekładni zliczającej i przekaźnika wskazań. Kondensator *C* zapobiega powstawaniu prądów wysokiej częstotliwości. Stabilizator 14, w postaci płytki aluminiowej, służy do ograniczania nadmiernej amplitudy balansu. Oddziaływanie stabilizatora na amplitudę balansu można regulować zmianą jego odległości od osi balansu.

Cały układ elektryczny wraz z cewkami jest umieszczony na płytce 5 wykonanej z tworzywa sztucznego. Poszczególne elementy układu są na niej wykonane metodą obwodów drukowanych. Zegar jest zasilany z baterii o napięciu 1,5 V. Pobór prądu pod obciążeniem wynosi 160 μA ; w spoczynku przepływa przez tranzystor 3 ÷ 20 μA . Rezystancja cewek wynosi około 550 Ω .

Nowszy model mechanizmu Junghans-ATO-MAT 707 przedstawiono na rys. 5.9. Mechanizm ten, w porównaniu z innymi



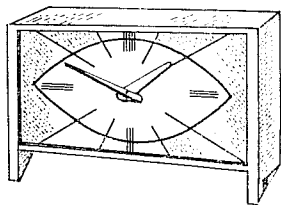
Rys. 5.9. Mechanizm Junghans-ATO-MAT 707

1 — magnes trwały, 2 — tarcza wieńcowa balansu, 3 — przeciwcieżar magnesu, 4 — stabilizator amplitudy balansu, 5 — koło zapadkowe, 6 — oś balansu, 7 — krzywka przetwornika ruchu, 8 — koło palcowe przetwornika ruchu, 9 — sprężynka hamująca, 10 — mimośród, 11 — tulejka sprężynki hamującej, 12 — blok elektryczny, 13 — wkręt przesuwki regulacyjnej

mechanizmami tego typu, wyróżnia się przejrzystą budową oraz mniejszą liczbą części składowych, co znacznie ułatwia naprawę.

Na osi 6 balansu są osadzone dwie tarcze wieńcowe 2, na których są umieszczone dwa magnesy trwałe 1 i dwa ich przeciwcieżary 3. Magnesy są wykonane z materiału o dużej przenikalności magnetycznej. Spiralny włos jest zamocowany w płaszczynie zwojów. Dzięki małej masie balansu zrezygnowano z magnesów odciażających dolne łożysko. Balans ma ułożyskowanie sprężyste, zabezpieczające czopy przed złamaniem.

Ruch balansu jest przetwarzany i przenoszony do przekładni zliczającej za pośrednictwem przetwornika ruchu 7 i 8. Koło palcowe 8 i koło zapadkowe 5 są wykonane z tworzywa sztucznego jako całość. Sprężynka hamująca 9 zapobiega cofaniu



Rys. 5.10. Zegar produkcyjny radzieckiej SWIET

się koła palcowego 8. Docisk sprężynki do koła reguluje się za pomocą tulejki 11 i mimośrod 10. Chód zegara reguluje się wkrętem 13 współpracującym z przesuwką. Wszystkie elementy elektroniczne: cewka sterująca, cewka napędowa, tranzystor i kondensator znajdują się na jednej płytce 12, na której połączenia (ścieżki) są wykonane metodą obwodów drukowanych. Całość jest łatwo dostępna i wygodna do wymontowania.

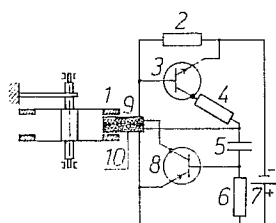
Znane są też zegary z elektronicznym napędem balansu produkcji różnych innych firm europejskich, oparte na tej samej zasadzie działania. Różnią się one nieco pewnymi szczegółami konstrukcyjnymi, a zwłaszcza odmienną budową przetwornika ruchu. Z opisanym już krzywkowym przetwornikiem ruchu, składającym się z krzywki z dwiema bieźniami prowadzącymi i z koła palcowego, można wymienić zegary następujących firm: HETTICH — RFN, zegar kal. 41; SINDACO — Szwajcaria; ITALORA — Włochy — i inne.

Nieco inną konstrukcję urządzenia napędowego balansu ma zegar produkcyjny radzieckiej SWIET (rys. 5.10). Schemat elektryczny tego zegara przedstawiono na rys. 5.11. Na tarczach wieńcowych balansu są umieszczone dwa magnesy trwałe 1, górny i dolny, wykonane ze stopu ferrytobarowego w kształcie wycinków pierścieni. Między wahającymi się magnesami znajdują się cewki: napędowa 9 i sterująca 10. Cewki mają po 2000 zwojów z drutu miedzianego o średnicy 0,04 mm. Rezyst-

tancja cewki wynosi około 650 Ω . Podczas wahań balansu pole magnetyczne magnesów trwałych indukuje w zwojach cewki sterującej impuls napięciowy, który uruchamia cały układ elektroniczny.

Tranzystory 3 i 8, pracujące w układach o wspólnym emiterze, są włączone szeregowo z cewkami 9 i 10. Stałe połączenie tranzystora 8 z tranzystorem 3 następuje przez cewkę 9 (jako rezystor). Sprężenie zwrotne między kolektorem tranzystora 3 a bazą tranzystora 8 następuje przez kondensator 5. Rezystory 2 i 6 są rezystorami bazowymi tranzystorów. Przez taki układ przy nieruchomym balansie prąd nie przepływa.

Podczas ruchu balansu impuls wytworzony w cewce sterującej płynie w obwodzie w następującej kolejności: końcówka cewki 10, kondensator 5, baza tranzystora 8 i druga końcówka cewki 10. Powoduje to przewodzenie tranzystora 8 i przepływ prądu z baterii 7 do cewki napędowej 9 po obwodzie: plusowy biegun baterii 7, emiter-kolektor tranzystora 8, przez cewkę 9, bazę-emiter tranzystora 3 i minus baterii. Jednocześnie przez tranzystor 3 płynie prąd ładujący kondensator 5, który wzmacnia prąd bazy tranzystora 8. Następuje zwiększenie prądu w obydwu cewkach, a tranzystory przechodzą w stan zatkania. Przejście ze stanu aktywnego do stanu nasycenia tranzystorów jest bardzo krótkie, co zapewnia szybkie narastanie impulsu napędowego. Czas trwania impulsu nie zależy od prędkości ruchu balansu, lecz



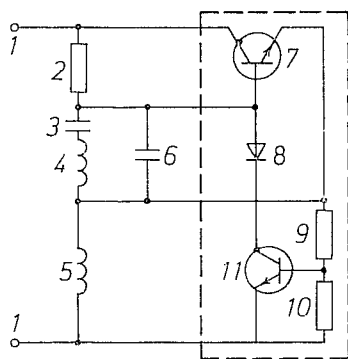
Rys. 5.11. Schemat elektryczny zegara SWIET

1 — magnesy trwałe, 2 — rezystor, 3 — tranzystor *n-p-n*, 4 — rezystor, 5 — kondensator, 6 — rezystor, 7 — bateria, 8 — tranzystor *p-n-p*, 9 — cewka napędowa, 10 — cewka sterująca

od parametrów elektrycznego zespołu — głównie od tzw. stałej czasowej ładowania kondensatora 5. Układ ten w stosunku do układu z jednym tranzystorem jest bardziej ekonomiczny, gdyż pracuje nawet przy znacznym spadku napięcia baterii oraz automatycznie reguluje amplitudę balansu. Można w tym układzie wymieniać uszkodzone jego elementy.

Dwa tranzystory w urządzeniu napędowym balansu stosowały także niektóre firmy niemieckie (obydwa tranzystory typu *n-p-n*). Zegary z dwoma tranzystorami są samostartujące, tzn. że po założeniu baterii zegar sam zaczyna działać.

Schemat elektryczny urządzenia napędowego balansu stosowanego w zegarach firmy BADUF przedstawiono na **rys. 5.12**.

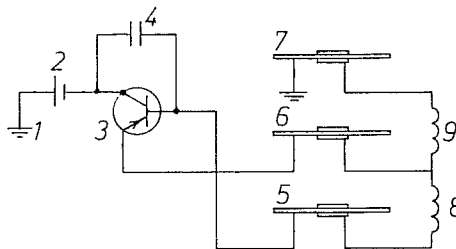


Podobny jest schemat elektryczny zegara z układem scalonym TAA 780 firmy HANHART. W zegarach tej firmy jest także inne koło przetwornika ruchu. Zamiast koła palcowego z zębami ustawionymi promieniowo jest koło tarczowe z zębami w

kształcie kołków ustawionych przy obwodzie tarczy równoległe do osi. Firma ta produkowała również zegary kal. 3201 z jednym tranzystorem.

Zupełnie inna niż wyżej opisane konstrukcje napędów elektronicznych balansu jest konstrukcja mechanizmu SECTRONIC do zegarów domowych, produkowanego przez angielską firmę SMITHS. W mechanizmie tym jest również zastosowany balans z elektronicznym napędem, ale obydwie cewki: sterująca i napędowa są umocowane na balansie, a współdziałający z nimi magnes trwały jest przymocowany do szkieletu mechanizmu. Cały szkielet oraz większość części mechanizmu, oprócz balansu, są wykonane z tworzyw sztucznych.

Schemat elektryczny tego mechanizmu przedstawiono na **rys. 5.13**. Na osi balansu są osadzone trzy włosy 5, 6 i 7, które wraz z balensem tworzą układ drgający oraz służą jednocześnie do przewodzenia prądu. Tylko jeden z nich współdziała z przesuwką regulacyjną, służącą do zmiany okresu wahań balansu. Cewki znajdujące się na balansie wytwarzają przez współdziałanie



Rys. 5.12. Schemat elektronicznego zegara BADUF

1 — końcówki do podłączania baterii, 2 — rezystor wstępny, 3 — kondensator wstępny do startowania, 4 — cewka sterująca, 5 — cewka napędowa, 6 — kondensator tłumiący, 7 — tranzystor wyjściowy-napędowy, 8 — dioda, 9 i 10 — rezystory, 11 — tranzystor wejściowy-sterujący

Rys. 5.13. Schemat elektryczny zegara SECTRONIC firmy SMITHS

1 — płyta metalowa szkieletu, 2 — bateria, 3 — tranzystor, 4 — kondensator, 5 — włos dolny, 6 — włos środkowy, 7 — włos górny, 8 — cewka sterująca, 9 — cewka napędowa

z magnesami trwałymi odpowiednie impulsy. Do przetwarzania wahań balansu na ruch obrotowy jednokierunkowy zastosowano przetwornik kotwicowy. Przekładnię zliczającą stanowią dwie przekładnie ślimakowe, które przenoszą ruch na przekładnię wskazań.

Ukazało się też wiele **zegarków naręcznych z elektronicznym urządzeniem napędowym balansu**. Działanie tego urządzenia jest nieco inne niż w zegarach. Są stosowane także innego rodzaju przetworniki ruchu. Ze względu na małe wymiary trzeba było niektóre szczegóły konstrukcyjne inaczej zaprojektować. Brano także pod uwagę względy ekonomiczne, gdyż wykonanie małych elementów jest zwykle trudniejsze. Jednak — dzięki miniaturyzacji układów elektronicznych ze

sterowaniem bezstykowym — można było wyprodukować niezbyt drogi zegarek naręczny.

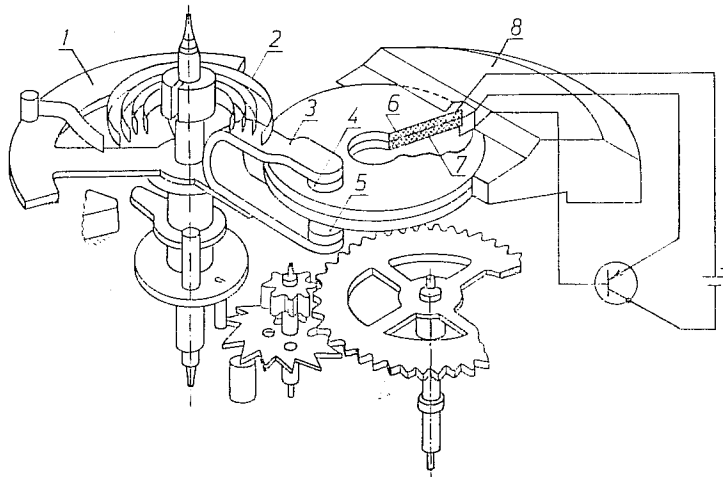
Zegarki z elektronicznym sterowaniem napędu balansu, w porównaniu do zegarków ze sterowaniem stykowym (rozdz. 4.3), odznaczają się wyraźnymi zaletami. Urządzenie napędowe bezstykowe zapewnia niezawodne działanie obwodów elektrycznych, gdyż ich części składowe, jak: cewka, tranzystor i rezystory praktycznie nie ulegają zużyciu w czasie pracy, więc mogą funkcjonować poprawnie przez czas teoretycznie nieograniczony. Balans pracuje zupełnie swobodnie i jest wolny od mechanicznych obciążeń, z wyjątkiem małej straty energii na uruchamianie przetwornika ruchu.

Zegarki z elektronicznym sterowaniem napędu mają też pewne wady. Pobierają o 15 ÷ 20% więcej prądu niż zegarki ze sterowaniem stykowym, co skraca czas eksploatacji baterii. Spadek napięcia baterii w ciągu roku z 1,5 do 1,0 V powoduje zmianę amplitudy balansu i powiększa błędy izochronizmu. Tranzystory są czułe na zmiany temperatury. Wymienione wady nie umniejszają jednak użyteczności tych zegarków, ze względu na ich niezawodne działanie.

Na rys. 5.14 przedstawiono schematycznie urządzenie elektronicznego napędu balansu ze sterowaniem bezstykowym zastosowane w zegarkach produkcji radzieckiej. Układ elektryczny jest podobny do układów stosowanych w zegarach, są jed-

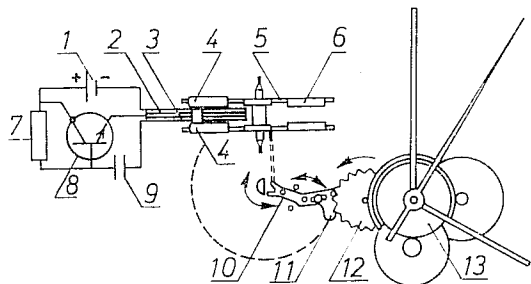
Rys. 5.14. Bezstykowe urządzenie napędowe balansu w zegarku naręcznym produkcji radzieckiej

1 — balans, 2 — włos, 3 — obejma, 4 i 5 — magnesy trwałe, 6 — cewka napędowa, 7 — cewka sterująca, 8 — płytki z tworzywa sztucznego przymocowana do mechanizmu



nak w nim nieco inne przebiegi napięć i prądów oraz impulsu napędowego, co wynika z kierunku nawinięcia cewki sterującej.

Na rys. 5.15 przedstawiono schemat elektronicznego urządzenia napędowego ba-



lansu w zegarku naręcznym Junghans-ATO-CHRON 600. Balans tego zegarka składa się z dwóch tarcz wieńcowych 5, na których są umieszczone po dwa magnesy 4, wykonane z nieindukcyjnego ferrytu barowego, oraz po dwa mosiężne przeciwcieżary 6. Układ jest wyposażony w tranzystor krzemowy typu *n-p-n*. Urządzenie napędowe ma samoczynny rozruch. Kondensator polaryzujący jest ładowany przez rezystancję wstępną. Z chwilą osiągnięcia stanu naładowania tranzystor zaczyna przewodzić. Prąd napędowy płynie aż do chwili rozładowania kondensatora. Jeśli kondensator nie jest naładowany, to tranzystor znajduje się w stanie zaporowym. Proces ten powtarza się w sposób ciągły.

Rozruch mechanizmu rozpoczyna się samoczynnie natychmiast po załączeniu ba-

terii 1, od której prąd płynie przez rezystor 7, kondensator elektrolityczny 9, cewkę sterującą 3, na bazę tranzystora 8. Pod wpływem impulsu sterującego następuje przepływ prądu z baterii do cewki napędowej 2, której pole elektromagnetyczne oddziałuje na pole magnesu trwałego i udziela impulsu napędowego balansowi za każdym wahnięciem (dwa razy na okres).

Do zamiany wahań balansu na ruch obrotowy jednokierunkowy przekładni zliczającej zastosowano przetwornik kotwicy, składający się z kotwicy 10 z paletami 11 i koła 12 ustalanych magnetycznie. Przekładnia zliczająca przekazuje ruch przekładni wskazań 13.

Średnica mechanizmu wynosi 30,8 mm, a jego całkowita wysokość 5,4 mm. Częstotliwość wahań balansu wynosi 3 Hz, tj. 21 600 wahań na godzinę. Zegarek jest zasilany z baterii firmy Mallory, typu WH3, o napięciu 1,35 V, pojemności 150 mAh. Średni pobór prądu wynosi około 12 μ A. Czopy osi mechanizmu są ułożyskowane na 17 kamieniach.

W zegarkach ATO-CHRON 600 amplituda jest regulowana za pomocą indukcyjnego tłumika drgań. Natomiast w zegarkach ATO-CHRON 600.10 i 600.12, w których są zastosowane dwa tranzystory, nie ma tłumika do stabilizacji amplitudy.

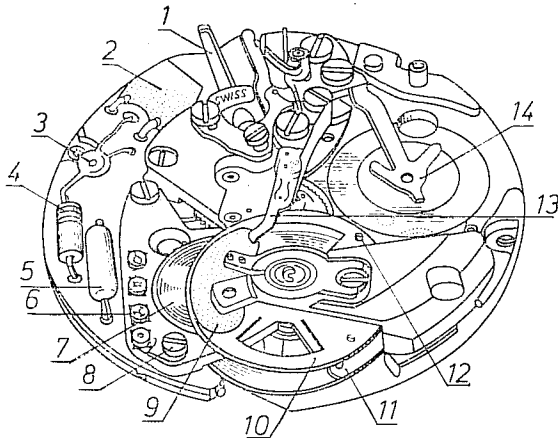
Na podobnej zasadzie jest zbudowany zegarek naręczny z kalendarzem DYNOTRON ESA 9150 (rys. 5.16), opracowany przez koncern Ebaches AG w Szwajcarii.

Rys. 5.15. Schemat elektronicznego urządzenia napędowego balansu w zegarku Junghans-ATO-CHRON

1 — bateria, 2 — cewka napędowa, 3 — cewka sterująca, 4 — magnesy trwałe, 5 — tarcze wieńcowe balansu, 6 — przeciwcieżary magnesów, 7 — rezystor, 8 — tranzystor *n-p-n*, 9 — kondensator elektrolityczny, 10 — kotwica przetwornika ruchu, 11 — palety, 12 — koło przetwornika ruchu, 13 — przekładnia wskazań

Rys. 5.16. Mechanizm zegarka DYNOTRON ESA 9150 z elektronicznym napędem balansu

1 — wałek urządzenia nastawczego i hamującego, 2 — kondensator, 3 — tranzystor, 4 — rezystor, 5 — kondensator, 6 — trzy końcówki dwóch cewek, 7 — dwie cewki: sterująca i napędowa, 8 — wkręt mocujący płytkę z cewkami, 9 — magnesy trwałe na tarczach wieńcowych balansu, 10 — tarcza wieńcowa balansu, 11 — przeciwcieżary magnesów, 12 — kolek do zatrzymywania balansu, 13 — ramię zatrzymujące balans, 14 — sprężynka dociskająca baterię



Układ elektryczny składa się z jednego tranzystora 3, dwóch cewek 7, dwóch kondensatorów 2 i 5 i jednego rezystora 4. Elementy elektroniczne są rozmieszczone na dwóch płytkach. Na jednej z nich znajdują się cewki, a na drugiej — pozostałe elementy. Obie płytki są połączone stykowo za pomocą wkręta. W zegarku zastosowano kotwicowy przetwornik ruchu.

Taką samą konstrukcją jak DYNOTRON ESA 9150 ma zegarek ZODIAC-SPECTRONIC wyprodukowany przez firmę Zodiac SA w Szwajcarii.

5.4. Urządzenia zliczające i przetworniki ruchu

W większości zegarów elektronicznych mają zastosowanie mechaniczne urządzenia zliczające i przetworniki ruchu, które

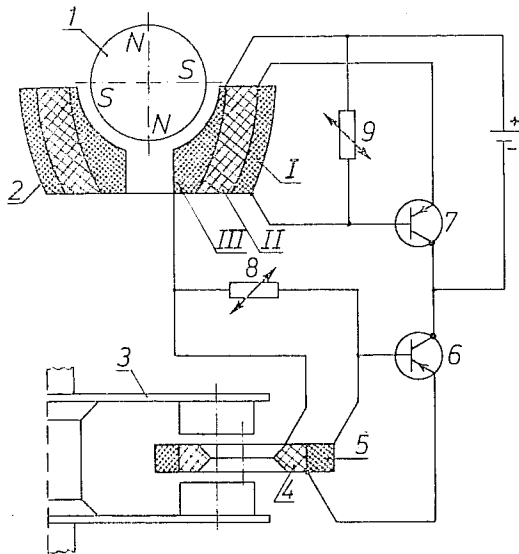
zostały opisane w rozdz. 4.4 — nie ma więc potrzeby powtarzania. Natomiast omówimy pokrótce **elektromechaniczne urządzenia zliczające**, które spotyka się w niektórych zegarach elektronicznych.

Rozróżniamy dwie grupy elektromechanicznych urządzeń zliczających wahnięcia balansu:

- urządzenia, w których regulator balansowy steruje elektromagnesem lub silnikiem skokowym napędzającym przekładnię zliczającą ruchem przerywanym;
- urządzenia, w których balans synchronizuje obroty silnika napędzającego przekładnię ruchem ciągłym.

Do pierwszej grupy tych urządzeń możemy zaliczyć urządzenia napędowe ze sterowaniem stykowym i z impulsem pośrednim, w których do zliczania wahań balansu jest zwykle wykorzystany elektromagnes napinający sprężynkę impulsową, udzielającą napędu balansowi (zob. **rys. 4.22 i 4.23**). Natomiast w urządzeniach napędowych ze sterowaniem indukcyjnym elektromagnes napędzający skokowo przekładnię zliczającą może być włączony w obwód zasilania cewki napędowej balansu.

Do drugiej grupy elektromechanicznych urządzeń zliczających należy urządzenie zastosowane w mechanizmie DILECTRON niemieckiej firmy Diehl (**rys. 5.17**). Balans 3 synchronizuje obroty wirnika 1 silnika prądu stałego z komutacją tranzystorową. Wirnik jest magnesem trwałym o dwóch



parach biegunów. Uzwojenie 2 stojana silnika składa się z trzech części: I — uzwojenie sterujące, II — uzwojenie napędowe zasilane przez tranzystor 7, sterowany impulsami wytwarzanymi w uzwojeniu sterującym I, oraz uzwojenie III — będące dodatkowym uzwojeniem synchronizującym, przez które przepływa prąd impulsów napędowych balansu.

Balans wykonuje 48 000 wahnięć na godzinę, co odpowiada 800 impulsom napędowym na minutę. Impulsy te synchronizują obroty silnika. Prędkość obrotowa wirnika odpowiada połowie liczby wahnięć balansu, gdyż wirnik ma dwie pary biegunów; wynosi więc 400 obr/min.

Układ jest zasilany z baterii o napięciu 1,5 V. Cały mechanizm w bezruchu pobiera $5 \mu\text{A}$, sam silnik w ruchu $160 \mu\text{A}$, a sam

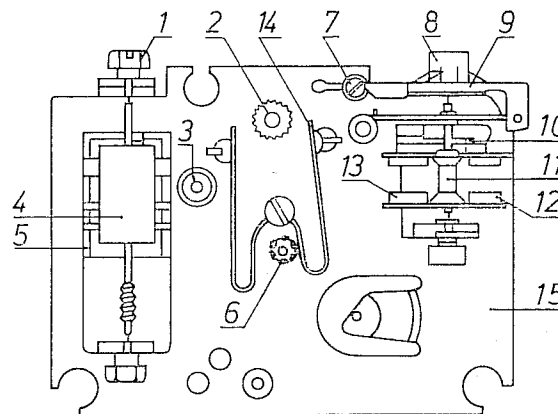
balans $200 \mu\text{A}$. Średni pobór prądu wynosi $300 \div 400 \mu\text{A}$. Roczne zużycie prądu wynosi około 3 Ah.

W skład mechanizmu DILECTRON wchodzi trzy zespoły:

- zespół mechaniczny zmontowany na płycie głównej,
- zespół elektryczny umieszczony na płycie izolacyjnej z obwodami drukowanymi,
- przekładnia zliczająca i przekładnia wskazań.

Balans 11 (rys. 5.18) jest ułożyskowany na kamieniach i zaopatrzony w przesuwkę 9, którą można przesuwac wkrętem 7, w celu regulacji zegara. Po lewej stronie płyty głównej 15 jest ułożyskowany, również na kamieniach, wirnik 4, który za pomocą przekładni ślimakowej przenosi ruch obrotowy na przekładnię zliczającą i przekładnię wskazań.

Zespół elektryczny składa się z dwóch tranzystorów typu *p-n-p*, dwóch warysto-



Rys. 5.17. Elektromechaniczne urządzenie zliczające wahnięcia balansu w mechanizmie DILECTRON
1 — wirnik silnika, 2 — uzwojenie silnika (I — uzwojenie sterujące, II — uzwojenie napędowe, III — uzwojenie synchronizujące), 3 — balans, 4 — cewka napędowa, 5 — cewka sterująca, 6 — tranzystor układu napędowego balansu, 7 — tranzystor układu komutacyjnego silnika, 8 — warystor do regulacji amplitudy balansu, 9 — warystor do stabilności prędkości obrotowej wirnika

Rys. 5.18. Widok mechanizmu DILECTRON od tyłu
1 — górne łożysko śrubowe wirnika, 2 — wałek nastawczy pełniący funkcję rozrusznika, 3 — filarek mechanizmu, 4 — wirnik, 5 — magnes przesuwany do regulacji prędkości obrotowej wirnika, 6 — tulejka gniazdka wtykowego, 7 — wkręt przesuwki regulacyjnej, 8 — wkręt łożyska balansu, 9 — przesuwka, 10 — dźwignia rozrusznika, 11 — oś balansu, 12 — przeciwciężar magnesu, 13 — magnes trwały, 14 — sprężynka rozrusznika, 15 — płyta główna

rów¹³⁾ i pięciu cewek. Do obwodów drukowanych są przylutowane przewody ze sprężynkami stykowymi, co zapewnia niezawodne doprowadzanie prądu z baterii. Mechanizm sam nie startuje, więc do jego rozruchu zastosowano rozrusznik. Jego funkcję pełni wałek nastawczy 2 i połączona z nim dźwignia 10, która po wyciągnięciu wałka dotyka balansu, przy czym następuje zatrzymanie balansu i silnika. W tej pozycji zębnik osadzony na końcu wałka nastawczego zazębia się z kołem minutowym, więc można nastawiać wskazówki zegara przez pokręcenie wałkiem. Wciśnięcie wałka powoduje odchylenie dźwigni rozrusznika od balansu i nadanie ruchu balansowi i silnikowi.

Zaletą mechanizmu DILECTRON jest cicha praca oraz to, że urządzenie zliczające nie wywiera żadnego wpływu na okres ważeń balansu. Wadą jest potrzeba nadania mu rozruchu na początku uruchamiania, np. po założeniu świeżej baterii.

5.5. Naprawa elektronicznych zegarów wahadłowych i balansowych

Podstawową zasadą podczas naprawiania mechanizmu zegara elektronicznego, jak zresztą każdego mechanizmu zegarowego, jest wyszukanie jego uszkodzenia lub niesprawności, co z kolei ułatwia prawid-

łowy wybór sposobu naprawy i zakwalifikowanie elementów do wymiany.

Do sprawdzania zegarów z bezstykowym sterowaniem napędu regulatora jest potrzebny oscyloskop lub oscyloskopowy przyrząd kontrolny oraz mikroamperomierz. Jeśli podczas pomiarów rezystancji poszczególnych obwodów nie ujawniło się uszkodzenie w którymś z elementów, to należy przypuszczać, że został uszkodzony blok elektryczny. Uszkodzony blok elektryczny należy wymienić na nowy. Naprawę bloku elektrycznego mogą wykonywać tylko wyspecjalizowane zakłady naprawcze, wyposażone w odpowiednie mierniki i narzędzia. Gdy zegarmistrz podejmuje się naprawy bloku elektrycznego i wymienia jego elementy, powinien stosować oryginalne części zamienne. Tylko w przypadku braku oryginalnych może stosować inne elementy elektroniczne tego samego rodzaju i o takich samych parametrach. Tranzystory należy dobierać o możliwie największym wzmocnieniu prądowym i możliwie najmniejszym prądzie zerowym kolektora. Parametry te należy sprawdzać przyrządem do kontroli tranzystorów. Tablice techniczne parametrów tranzystorów podają tylko wartości dopuszczalne, a nie konkretne parametry danego elementu. Podczas napraw bloku elektrycznego należy posługiwać się schematem połączeń lub schematem przebiegów prądowych. Z zespołami cewek należy się obchodzić niezwykle ostrożnie, gdyż druty uzwoje-

nia są bardzo cienkie — 0,015 ÷ 0,20 mm, a więc bardzo delikatne i słabe. Cewek nie należy brać chwytkami z ostrymi krawędziami, aby nie uszkodzić izolacji. Do poprawiania połączeń lutowanych lub ścieżek obwodów drukowanych należy stosować lutownice niskonapięciowe. Jako topnika można używać tylko kalafonii rozpuszczonej w spirytusie lub innym alkoholu.

Jeżeli zespół elektryczny mechanizmu jest sprawny, a zegar nie działa, to może być uszkodzony któryś z zespołów mechanicznych, np. regulator, przetwornik ruchu lub przekładnia zliczająca. Naprawa tych zespołów przebiega podobnie jak innych zegarów mechanicznych. Trzeba zwrócić uwagę na luzy między magnesami i cewką oraz prawidłowość umocowania magnesów na tarczach wieńcowych balansu. Często przyczyną zatrzymania się zegara są zabrudzone zęby koła palcowego i bieżnie prowadzące krzywki przetwornika ruchu. Czasem się zdarza też uszkodzenie tych zębów. W takim przypadku naprawa polega na wymianie elementów przetwornika ruchu na nowe.

Przyczyny zatrzymywania się zegara lub zegarka oraz nieprawidłowego ich działania można ustalić według następującego schematu:

- Sprawdzić źródło prądu (baterię).
- Włączyć napięcie znamionowe i sprawdzić pobór prądu oraz przebieg impulsu.
- Rozebrać mechanizm, oczyścić, a uszko-

dzzone lub wadliwe części wymienić na nowe.

- Złożyć mechanizm.
- Włączyć napięcie zasilające mechanizmu, podłączyć oscyloskop i mikroamperomierz. Stan wymagany: przebieg impulsu powinien odpowiadać podanemu przez wytwórnę; pobór prądu powinien zawierać się w zakresie podanych wartości granicznych.
- Wyregulować zegar w ciągu 3-dniowej kontroli.

O sprawdzaniu baterii do zegarów i ich wymianie jest mowa w rozdziale 4.5. Omówiono w nim także naprawę zegarów z elektrycznym napędem wahadła. Opisy te mogą być przydatne również podczas naprawy urządzeń napędowych wahadła ze sterowaniem bezstykowym. Poszukując usterek w źle działającym zegarku elektronicznym, sprawdza się przede wszystkim napięcie baterii. W przypadku baterii tlenkowo-srebrowej i braunsztynowo-cynkowej napięcie pod obciążeniem powinno wynosić co najmniej 1,35 V, natomiast bateria tlenkowo-rtęciowa powinna mieć napięcie nie mniejsze niż 1,2 V. Wartość poboru prądu powinna być utrzymana w granicach podanych przez wytwórnę. Jeśli zegarek po założeniu świeżej baterii nie działa, to przyczyną tego jest zwykle usterka w zespole mechanicznym. Należy też sprawdzić, czy wskazówki nie zaczepiają o siebie, lub nie ocierają się o tarczę lub o szkło. Najczęściej zdarza się zabrudzenie mechanizmu lub wyschnięcie sma-

ru w łożyskach. Przed przystąpieniem do rozbierania mechanizmu trzeba odjąć zespół elektryczny.

Mechanizm zabrudzony należy gruntownie oczyścić. Blok elektryczny czyści się suchym, miękkim pędzelkiem, w razie konieczności — nieco zwilżonym alkoholem etylowym. Części metalowe można czyścić cieczami stosowanymi do zwykłego czyszczenia zegarków. Części z tworzyw sztucznych nie należy moczyć w benzynie, ale można je wytrzeć szmatką zwilżoną w benzynie. Trzeba dobrze oczyścić minusowy styk baterii, który jest zwykle skorodowany, i sprawdzić docisk baterii w uchwycie. Magnesy balansu powinny być wolne od opilek i innych zabrudzeń. Luz balansu w łożyskach jest konieczny, ale nie powinien być za duży, aby magnesy swobodnie przechodziły obok cewki.

Po złożeniu i nasmarowaniu mechanizmu należy sprawdzić amplitudę balansu i w razie potrzeby ją doregulować. W zegarach wyposażonych w stabilizator można to zrobić odpowiednim jego ustawieniem, w innych — przesunięciem cewki.

Dokładność chodu trzeba zbadać na sprawdzarce. Zegarów i zegarków, które nie wydają stuków, np. mechanizmu DILECTRON, nie można sprawdzić za pomocą mikrofonu. Aby uzyskać odpowiedni wykres, należy wykorzystać impulsy napędowe balansu. Jeden przewód łączy się ze złączem tranzystora sterującego, a drugi — z zaciskiem plusowym, mocującym baterię. Sprawdzarkę trzeba nastawić na od-

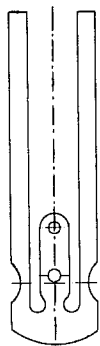
powiedni zakres drgań. Wykres będzie się nieco różnił od zwykłego wykresu zegarka mechanicznego. Zależnie od nastawienia sprawdzarki otrzymuje się podwójną lub poczwórną linię wykresu.

6. Zegary i zegarki kamertonowe

6.1. Kamerton i jego właściwości

Kamertonem nazywa się przyrząd wydający dźwięk wzorcowy, powstający przy 440 drganiach na sekundę. Takim przyrządem może być piszczałka metalowa lub widełki stroikowe, używane do strojenia instrumentów. Ponieważ kamerton wykonany w kształcie widełek odznacza się zdolnością drgania ze stałą częstotliwością, znalazł więc zastosowanie w technice zegarowej jako regulator chodu zegarów i zegarków.

Regulator kamertonowy (rys. 6.1) ma zwykle kształt widełek o dwóch ramionach symetrycznie ukształtowanych i nastrojonych na tę samą częstotliwość drgań. Jeśli ramiona kamertonu wprawi się w ruch przez uderzenie lub w inny sposób, to będą drgać symetrycznie, jednocześnie



Rys. 6.1. Kamerton stosowany w zegarkach

zbliżając się lub oddalając od siebie. Częstotliwość drgań kamertonu zależy od długości i kształtu ramion oraz od właściwości materiału, z którego jest wykonany.

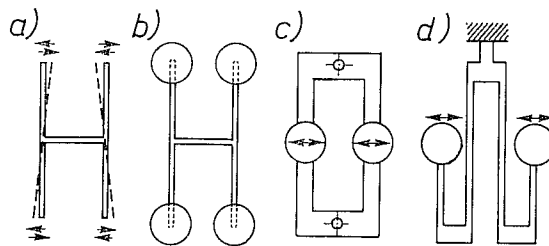
Wyniki badań wykazały, że dokładność zegara można zwiększyć przez zwiększenie częstotliwości drgań regulatora chodu. Częstotliwość regulatora balansowego może wynosić najwyżej 5 Hz. Natomiast częstotliwość regulatora kamertonowego stosowanego w zegarkach wynosi zwykle 360 Hz. Stąd dokładność chodu zegarka wyposażonego w regulator kamertonowy jest znacznie większa niż dokładność zegarka z regulatorem balansowym. Zaletą kamertonu w porównaniu z balansem jest także i to, że jest mniej wrażliwy na zmiany pozycji. Zegarki naręczne z regulatorem kamertonowym wykazują dużą dokładność i niewielkie błędy pozycyjne.

Amplituda drgań kamertonu jest bardzo mała — wynosi od kilku dziesiątych do kilku setnych milimetra. W układzie drgającym kamertonu jest taki punkt, który ze względu na wzajemne oddziaływania w nim momentów i sił pozostaje w spoczynku. Punkt ten jest wybierany jako miejsce zamocowania. Kamerton nie mający takiego punktu nieruchomego nie nadaje się jako regulator, gdyż energia doprowadzona do miejsca zamocowania przechodziłaby do płyty zegarka i pobudzała ją do drgań.

Zegarek wyposażony w regulator kamertonowy ma jeszcze kilka specyficznych

cech. Mianowicie — zamiast charakterystycznego tykania wydaje ciągły dźwięk przypominający brzęczenie komara. Wskazówka sekundowa przesuwa się prawie płynnie, nie ma więc widocznych skoków. Główna osadzona na wałku służy tylko do nastawiania wskazówek, gdyż zegarka nie trzeba nakręcać. W niektórych zegarkach nie ma w ogóle główki.

Oprócz kamertonów widełkowych są także kamertony o innych kształtach, tzw. ka-

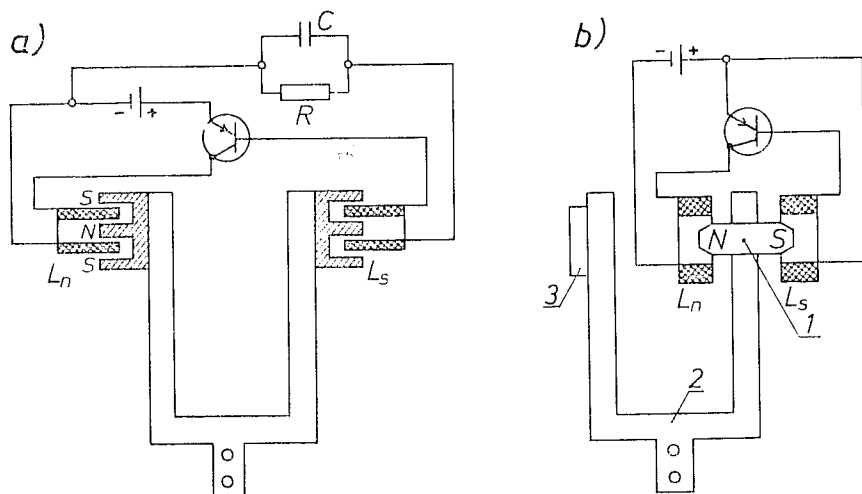


Rys. 6.2. Kamertony podwójne: a) kamerton w kształcie litery H, b) z obciążonymi końcami, c) z zamkniętym układem ramion, d) z zagiętymi ramionami i obciążonymi końcami

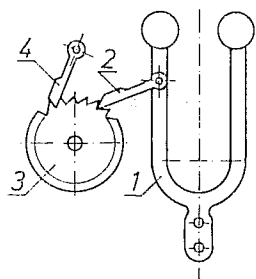
mertony podwójne (**rys. 6.2**), które jednak, ze względu na większe wymiary, nie znalazły zastosowania w zegarkach.

6.2. Urządzenia napędowe i zliczanie drgań kamertonu

Kamerton zastosowany w zegarze lub w zegarku jako regulator chodu musi być połączony z urządzeniem, które wzbudzi go do drgań oraz podtrzyma te drgania. Urządzeniem tym jest napęd elektromagnetyczny lub magnetoelektryczny, sterowany przez tranzystor.



Rys. 6.3. Schematy regulatorów kamertonowych: a) systemu BULOVA, b) systemu ATO
1 — magnes trwały, 2 — kamerton, 3 — przeciwcieżar



Rys. 6.4. Schemat zapadkowego przetwornika ruchu do mechanicznego zliczania drgań regulatora kamertonowego
1 — kamerton, 2 — zapadka, 3 — koło zapadkowe, 4 — przeciwcieżar

Schemat działania regulatora kamertonowego ze sterowaniem za pomocą tranzystora i z **magnetoelektrycznym napędem** kamertonu przedstawiono na **rys. 6.3a**. Na końcach ramion kamertonu są przymocowane magnesy trwałe z osłonami, które współdziałają z nieruchomymi cewkami: sterującą L_s i napędową L_n . Gdy kamerton drga, ruch prawego magnesu wzbudza w cewce sterującej prąd, który płynąc w obwodzie bazy tranzystora, pracującego w układzie ze wspólnym emiterem, powoduje przepływ prądu w obwodzie kolektora. Z kolei prąd ten powoduje wytworzenie w cewce napędowej L_n pola magnetycznego, które oddziałując na magnes trwały na lewym ramieniu kamertonu wywołuje impulsy mechaniczne podtrzymujące drgania kamertonu.

Inny układ regulatora kamertonowego z magnetoelektrycznym napędem kamer-

tonu przedstawiono na **rys. 6.3b**. Ten typ napędu ma zastosowanie w niektórych zegarach i zegarkach systemu ATO oraz japońskiej firmy JECO. Różni się od poprzedniego tym, że magnes trwały 1 jest umieszczony tylko na jednym ramieniu kamertonu 2. Magnes ten współdziała jednocześnie z cewką sterującą L_s i cewką napędową L_n . Dla wyrównoważenia masy magnesu 1 na drugim ramieniu kamertonu 2 jest umocowany metalowy ciężarek 3.

Przetwarzanie ruchu drgającego kamertonu w ruch obrotowy przekładni może odbywać się pośrednio przez przetworzenie w elektryczne impulsy robocze na zasadzie magnetycznej, lub bezpośrednio za pomocą elementów mechanicznych, np. za pomocą urządzenia zapadkowego lub magnetycznego.

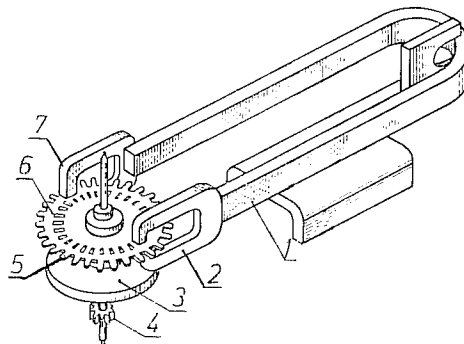
Elektryczne zliczanie drgań regulatora kamertonowego odbywa się w ten sposób, że drgania elektryczne wytworzone w generatorze o częstotliwości równej częstotliwości drgań kamertonu przechodzą przez dzielnik, gdzie ich częstotliwość jest odpowiednio obniżona i doprowadzona do wzmacniacza mocy, z którego jest zasilany miniaturowy silnik synchroniczny, poruszający zwalniającą przekładnię zębatą i urządzenie wskazujące.

Mechaniczne zliczanie drgań regulatora kamertonowego za pomocą **zapadkowego przetwornika ruchu** przedstawiono schematycznie na **rys. 6.4**. Zapadka 2, umocowana na jednym z ramion kamertonu

nu 1, współpracuje z kołem zapadkowym 3, które jest przytrzymywane przez przeciwwapadkę 4. Koło zapadkowe napędza poprzez kilkustopniową przekładnię zębatą urządzenie wskazujące. Sposób ten jest stosowany zarówno w zegarach stołowych, jak i w zegarkach naręcznych, w których częstotliwość drgań nie przekracza 360 Hz. Zaletą zapadkowego urządzenia zliczającego jest prosta konstrukcja i możliwość uzyskania małych wymiarów jego części składowych. Wadą natomiast jest konieczność stosowania bardzo małej podziałki koła zapadkowego i niemożliwość stosowania większej częstotliwości drgań kamertonu.

Magnetyczny przetwornik ruchu systemu Clifforda (zob. rys. 6.13) jest stosowany w zegarach i zegarkach kamertonowych japońskiej firmy JECO. Nieco inną konstrukcję ma magnetyczny przetwornik ruchu stosowany w kamertonowych zegarach radzieckich MOŁNIA. Na końcach kamertonu 1 (rys. 6.5) są umocowane dwa ciężarki mające kształt klamer. Jeden z nich — 2 — jest magnesem trwałym, a drugi 7 jest wykonany z materiału niemagnetycznego, stanowiący przeciwcieżar magnesu. Gdy kamerton znajduje się w spoczynku bezwładnik 3 wraz z kołem 5 i zębnikiem 4 są utrzymywane przez magnes 2 w osi jego symetrii. Koło 5 ma 30 zębów zewnętrznych i tyleż samo podłużnych otworów 6, umieszczonych pod zębami na mniejszej średnicy. Między tymi otworami powstają jakby zęby wewnętrz-

ne tego koła. Przy takiej konstrukcji na kole 5 powstaje swobodna ścieżka magnetyczna, wytworzona drganiami kamertonu i współdziałająca z polem magnetycznym magnesu 2, umieszczonego na ramieniu kamertonu 1. Gdy ramię kamertonu odchyli się od położenia obojętnego w lewo, magnes przyciąga zewnętrzny ząb koła.



Rys. 6.5. Magnetyczny przetwornik ruchu

1 — kamerton widełkowy, 2 — magnes trwały, 3 — bezwładnik, 4 — zębniak napędzający przekładnię zliczającą, 5 — koło przetwornika ruchu, 6 — otwory w kole przetwornika ruchu, 7 — przeciwcieżar

Gdy ramię kamertonu odchyli się w prawo, magnes znajduje się w prostokątnym otworze koła, przyciągając ku sobie wewnętrzny ząb, utworzony między dwoma otworami. Przy tym amplituda drgań kamertonu powinna być mniejsza niż 0,3 mm. W celu uruchomienia mechanizmu trzeba ręcznie za pomocą dźwigni nadać ruch kołu przetwornika. Nieustanny ruch koła osiąga się na skutek kolejnego przyciągania zębów zewnętrznych i wewnętrznych koła przetwornika ruchu przez magnes. Równomierne obracanie się koła uzyskuje się dzięki umieszczeniu na jego osi bezwładnikowi 3, który jest jakby stabilizatorem ruchu koła przetwornika.

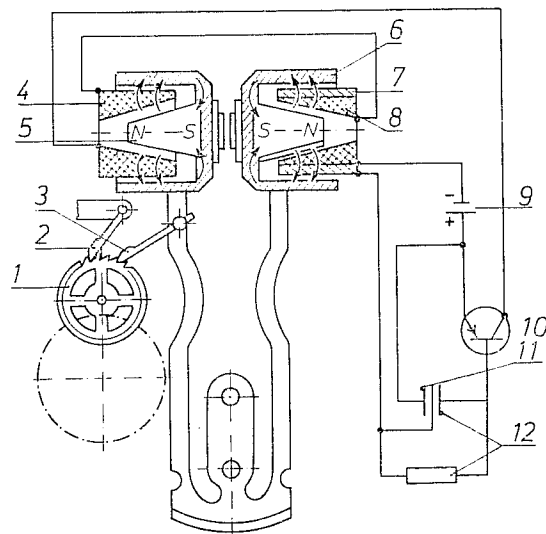
Magnetyczne przetworniki ruchu pracują

znacznie ciszej niż zapadkowe — prawie bez żadnych szmerów. Są stosowane zarówno w zegarkach, jak i w zegarach domowych.

6.3. Zastosowanie kamertonu w zegarkach

Zdolność drgania kamertonu ze stałą częstotliwością znana była już od dawna. Jednak zastosowanie kamertonu jako regulatora chodu w zegarach i w zegarkach nastąpiło dopiero w latach sześćdziesiątych bieżącego wieku. Firmą, która rozpoczęła produkcję zegarków naręcznych z regulatorem kamertonowym, jest amerykańska firma Bulova Watch Co, mająca także fabrykę zegarków w Szwajcarii, w Biel. Zegarek z regulatorem kamertonowym wyprodukowany w Szwajcarii w roku 1960 przez tę firmę nazwano ACCUTRON. Rozwiązanie konstrukcyjne regulatora kamertonowego w zegarku ACCUTRON przedstawiono schematycznie na rys. 6.6. Do płyty mechanizmu jest przymocowany dwoma wkrętami kamerton widełkowy długości około 25 mm, o częstotliwości drgań 360 Hz. Na końcach ramion kamertonu są zamocowane stożkowe magnesy trwałe 5 z cylindrycznymi osłonami 6, zamkniętymi polem magnetycznym. Współdziałające z magnesami 5 cewki napędowe 4 i 8 oraz cewka sterująca 7 również są przytwierdzone do płyty mechanizmu.

Tranzystor 10 typu *p-n-p*, pracujący w układzie ze wspólnym emiterem, spełnia funkcję przekaźnika energii. Bateria 9, o napięciu 1,3 V, jest włączona w obwód emitera, a w obwód bazy, w szereg z cewką sterującą 7, jest włączony miniaturowy kondensator 12 z bocznikiem rezystorem 12. Układ taki zapewnia samoczynne wzbudzenie drgań kamertonu i jednocześnie stabilizuje jego amplitudę. Zadaniem drugiego kondensatora 11 jest zapobieganie powstawaniu w układzie szkodliwych drgań, które mogą powstać w wyniku sprzężenia indukcyjnego cewki sterującej 7 z cewką napędową 8.



Rys. 6.6. Schemat regulatora kamertonowego systemu BULOVA z mechanicznym zliczaniem drgań
1 — koło zapadkowe, 2 — przeciwzapadka, 3 — zapadka popychająca, 4 i 8 — cewki napędowe, 5 — magnes trwały, 6 — cylindryczna osłona pola magnetycznego, 7 — cewka sterująca, 9 — bateria, 10 — tranzystor, 11 — kondensator przeciwwrezonansowy, 12 — rezystor i kondensator dostrajający

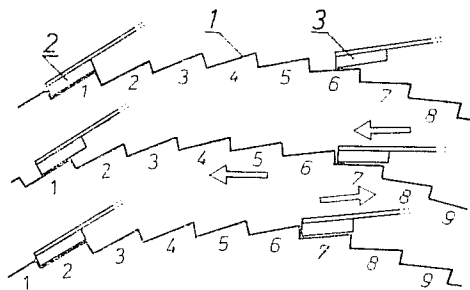
W czasie drgań kamertonu magnesy 5 poruszają się względem cewek 4, 7 i 8, w których powstaje siła elektromotoryczna proporcjonalna do chwilowej prędkości

poruszających się magnesów. Siła elektromotoryczna wzbudzona w cewce sterującej 7 zmienia polaryzację bazy tranzystora i powoduje przewodzenie prądu z baterii 9 do cewek napędowych 4 i 8. Pole magnetyczne tych cewek, oddziałując na magnesy trwałe 5, powoduje powstawanie sił podtrzymujących drgania kamertonu.

Cewka napędowa 4 ma 8000 zwojów o rezystancji około 9,8 k Ω . Cewka napędowa 8 ma 6000 zwojów, o rezystancji około 6,9 k Ω , i jest nawinięta na wspólnym korpusie z cewką sterującą 7, mającą 2000 zwojów, o rezystancji około 2,8 k Ω . Przeciętna średnica każdej cewki wynosi 4,6 mm, a długość — 3,8 mm. Średnica drutu nawojowego — 0,015 mm (100 g tego drutu ma długość 700 km).

Zliczanie drgań kamertonu odbywa się za pomocą urządzenia zapadkowego. Ruch drgającego kamertonu jest przenoszony z jednego ramienia kamertonu na koło zapadkowe. Urządzenie to, składające się z koła zapadkowego 1, zapadki popychającej 3 i przeciwwzapadki 2, jest najtrudniejszym do wykonania zespołem całego zegarka. Koło zapadkowe 1, o średnicy 2,4 mm, ma 300 zębów, a więc podziałka wynosi tylko 0,025 mm. Zastosowanie tak małej podziałki jest konieczne, w celu zapewnienia prawidłowego działania, ze względu na bardzo małą amplitudę drgań kamertonu. Wysokość zęba wynosi 0,015 mm. Na końcach zapadek są przymocowane rubinowe nakładki grubości około 0,09 mm.

Zasadę działania urządzenia zapadkowego wyjaśnia rys. 6.7. Koło zapadkowe 1 jest poruszane przez zapadkę popychającą

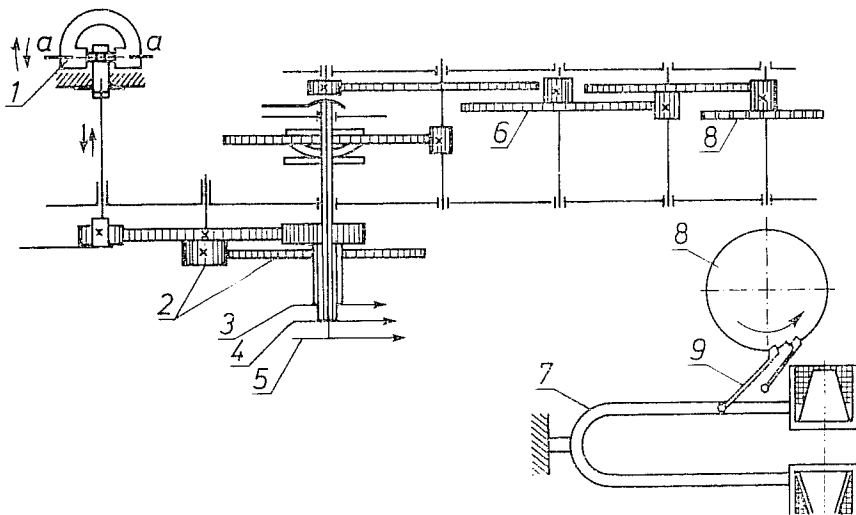


cią 3. Przeciwwzapadka 2 ustala położenie koła zapadkowego i zabezpiecza je przed cofaniem, co obrazuje rysunek górny. Rysunek środkowy przedstawia chwilę, w której zapadka popychająca 3, wskutek ruchu ramienia kamertonu w prawo, cofnęła się nieco i wpadła na ząb 7, a następnie, wskutek ruchu ramienia kamertonu w lewo, uderza w przedni bok zęba 6 i porusza koło 1 w kierunku zaznaczonym strzałką. Przeciwwzapadka 2 pozostaje jeszcze na połowie powierzchni zęba. Ostatnia faza ruchu koła i zapadek jest przedstawiona na rysunku dolnym. Zapadka popychająca 3 porusza się do tyłu jak to zaznaczono strzałką, przesuwaną się po powierzchni zęba 7 do połowy zarysu, a przeciwwzapadka 2 wpada na ząb 2 i zatrzymuje w tym położeniu koło zapadkowe, opierając się o przedni bok zęba 1.

Urządzenie zapadkowe przetwarzające ruch kamertonu na obrót koła zapadkowego jest tak skonstruowane, że wahania am-

Rys. 6.7. Zasada działania urządzenia zapadkowego przetwarzającego ruch kamertonu w zegarku ACCUTRON

1 — koło zapadkowe, 2 — przeciwwzapadka, 3 — zapadka popychająca



Rys. 6.8. Ogólny schemat kinematyczny zegarka z regulatorem kamertonowym

1 — pokrętka do nastawiania wskazówek, 2 — przekładnia wskazań, 3 — wskazówka godzinowa, 4 — wskazówka minutowa, 5 — wskazówka sekundowa, 6 — przekładnia zliczająca, 7 — regulator kamertonowy, 8 — koło zapadkowe przetwornika ruchu, 9 — zapadka popychająca

plitudy nie wywierają ujemnego wpływu na działanie zwalniającej przekładni zliczającej. Potrzebna jest stosunkowo duża redukcja ruchu obrotowego, aby uzyskać odpowiednie obroty wskazówek. Na rys. 6.8 przedstawiono ogólny schemat kinematyczny tej przekładni. Liczby zębów kół i zębników tej przekładni, licząc od koła zapadkowego, są następujące: $z_1 = 300$, $z_2 = 6$, $z_3 = 48$, $z_4 = 7$, $z_5 = 54$, $z_6 = 6$, $z_7 = 45$, $z_8 = 7$. Pokrętka 1, stosowana w zegarze, służy do nastawiania wskazówek. Po przechyleniu wyłączają się z zazębienia. W zegarkach jest podobna pokrętka na wieczku koperty lub główka osadzona na wałku nastawczym.

W całym zegarze lub zegarku znajduje się tylko 12 części ruchomych. Zapotrzebowanie energii jest bardzo małe — pobór prądu wynosi $10 \mu\text{A}$. Zegarek pra-

cjuje sprawnie w temperaturze od -7 do $+50^\circ\text{C}$.

W dziesięć lat po ukazaniu się pierwszego zegarka kamertonowego ACCUTRON, ta sama firma — Bulova — wyprodukowała zegarek damski MINI-ACCUTRON 218 o podobnej konstrukcji, ale o mniejszych wymiarach. Były pewne trudności konstrukcyjne, gdyż chodziło o zastosowanie baterii takiej samej wielkości i pojemności, ze względu na zachowanie tego samego czasu funkcjonowania zegarka bez wymiany baterii. Udało się zastosować taką samą baterię, mimo że zegarek ma średnicę tylko 19 mm, wysokość 5,2 mm i masę tylko 7,7 g. Średnica koła zapadkowego wynosi 1,7 mm, liczba jego zębów — 240, podziałka — 0,023 mm, wysokość zęba — 0,01 mm.

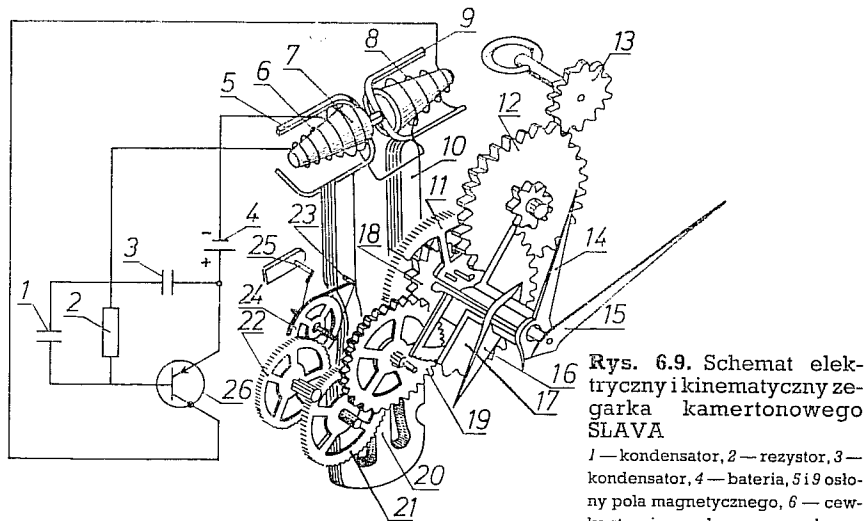
Koło zapadkowe wykonuje 2 obr/s, gdyż drgania kamertonu wynoszą 480 Hz. Dzięki większej częstotliwości drgań kamertonu dokładność zegarka, mimo jego mniejszych wymiarów, jest taka sama. Warto wspomnieć, że zapadka wraz z ramieniem kamertonu wykonuje 41 472 000 ruchów w ciągu doby.

Zegarki kamertonowe genewskiej firmy UNIVERSAL, pod nazwą UNISONIC, nie różnią się od zegarków ACCUTRON. Natomiast konstrukcja zegarków kamertonowych, nazwanych MOSABA, produkcji szwajcarskiego koncernu Ebauches SA, kal. ESA 9162, jest bardziej skomplikowana, a ich dokładność chodu nie ulega zmianom w różnych pozycjach. Nazwa MOSA-

BA pochodzi od skrótu wyrazów francuskich: „Montre sans balancier” (zegarek bez balansu). Częstotliwość drgań kamertonu tego zegarka wynosi 300 Hz. Koło zapadkowe przetwornika ruchu ma 300 zębów, a jego średnica wynosi 2,4 mm. Wałek nastawczy jest swobodny, gdy główka jest wciśnięta. Po wyciągnięciu go do pierwszej pozycji można nastawiać datę kalendarza, a po wyciągnięciu do drugiej pozycji nastawia się wskazówki.

Na rys. 6.9 przedstawiono schemat elektryczny i kinematyczny zegarka kamertonowego SLAVA, produkcji Drugiej Fabryki Moskiewskiej. Konstrukcja tego zegarka nie odbiega w głównych zasadach od konstrukcji zegarków wyżej opisanych. Osłona 5, zamykająca pole magnetyczne, jest wykonana ze stopu alnico. Cewka sterująca 6 ma 2000 zwojów, o rezystancji 2850 Ω , a połączona z nią cewka napędowa ma 6000 zwojów, o rezystancji 6950 Ω . Druga cewka napędowa 8 ma 8000 zwojów. Przetwornikiem ruchu jest również urządzenie zapadkowe.

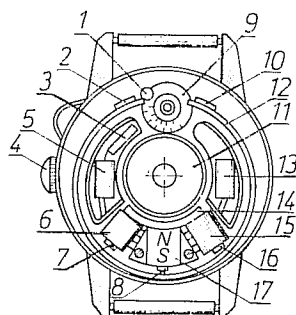
W japońskich zegarkach kamertonowych JECO zastosowano dwa odmienne elementy: kamerton kolisty systemu Hetze i magnetyczny przetwornik ruchu systemu Clifforda. Mechanizm zegarka JECO przedstawiono na rys. 6.10. Na obydwu końcach kamertonu kolistego 12 są umocowane magnesy trwałe 2 i 10. Częstotliwość drgań kamertonu wynosi 300 Hz. Cewka napędowa 15 i cewka sterująca 6 są nawinięte na żelazne rdzenie 7 i 16. Rdze-



Rys. 6.9. Schemat elektryczny i kinematyczny zegarka kamertonowego SLAVA

1 — kondensator, 2 — rezystor, 3 — kondensator, 4 — bateria, 5 i 9 osłony pola magnetycznego, 6 — cewka sterująca połączona z cewką napędową, 7 — magnes trwały, 8 — cewka napędowa, 10 — ramię kamertonu, 11 — koło minutowe, 12 — koło zmianowe i nastawcze, 13 — zębniak nastawczy, 14 — wskazówka minutowa, 15 — wskazówka sekundowa, 16 — wskazówka godzinowa, 17 — koło godzinowe, 18 — koło sekundowe, 19, 21, 22 — koła zwałniającej przekładni zliczającej, 20 — uchwyt kamertonu, 23 — zapadka popychająca, 24 — koło zapadkowe, 25 — przeciwwapadka, 26 — tranzystor

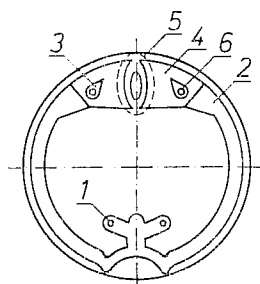
nie te są magnesowane przez magnes trwały 17 za pośrednictwem pierścieniowej części 14, do której są przymocowane. Część 14 jest przykręcona do ujemnego bieguna magnesu trwałego 17. W środku mechanizmu jest umieszczona bateria 11.



Rys. 6.10. Mechanizm zegarka kamertonowego JECO

1 — regulator dokładności, 2 — magnes trwały, 3 — rezystor, 4 — główka nastawcza, 5 — tranzystor, 6 — cewka sterująca, 7 — rdzeń cewki, 8 — zamocowanie kamertonu, 9 — koło przetwornika ruchu, 10 — magnes trwały na kamertonie, 11 — bateria, 12 — kamerton kolisty, 13 — kondensator, 14 — część pierścieniowa mocująca magnesy, 15 — cewka napędowa, 16 — rdzeń cewki, 17 — magnes trwały

Do urządzenia elektronicznego sterującego i napędowego należy jeszcze tranzystor 6, kondensator 13 i rezystor 3.



Rys. 6.11. Regulator kamertonowy kolisty systemu Hetze

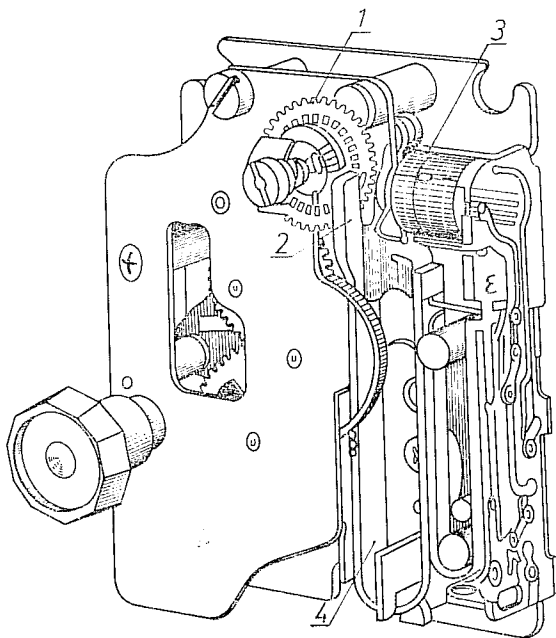
1 — wkręty mocujące, 2 — półkoliste ramiona kamertonu, 3 i 6 — ciężarki regulacyjne, 4 — magnes trwały, 5 — cewki: sterująca i napędowa

Regulator kamertonowy kolisty systemu Hetze przedstawiono na **rys. 6.11**. Kamerton jest przymocowany do płyty zegarka za pomocą wkrętów 1. Cewki: sterująca i napędowa 5 są przymocowane do osobnego mostka. Magnesy trwałe 4 są tak ukształtowane, że obejmują cewkę napędową z obydwu stron. Częstotliwość drgań kamertonu można doregulować ciężarkami 3 i 6, osadzonymi ciernie na swoich czopach.

Oprócz zegarków naręcznych firma JECO produkuje na podobnej zasadzie zegary kamertonowe JECO-ACROTYNE. Mechanizm takiego zegara w widoku perspektywnym przedstawia **rys. 6.12**. Kształt ka-

Rys. 6.12. Mechanizm zegara kamertonowego JECO-ACROTYNE

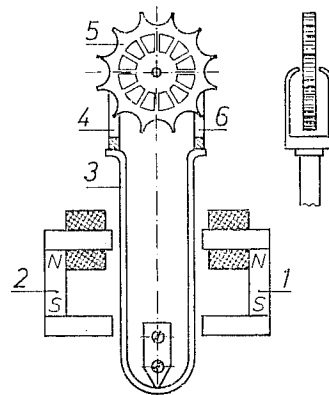
1 — koło magnetycznego przetwornika ruchu, 2 — magnesy na końcach ramion kamertonu, 3 — cewka napędowa, 4 — ramię kamertonu widelkowego



Rys. 6.13. Regulator kamertonowy widelkowy z magnetycznym przetwornikiem ruchu syst. Clifforda

1 i 2 — magnesy trwałe kamertonu, 3 — ramię kamertonu, 4 i 6 — magnesy trwałe przetwornika ruchu, 5 — koło przetwornika ruchu

mertonu stosowanego w tym zegarze oraz przetwornik magnetyczny syst. Clifforda przedstawiono na **rys. 6.13**. Magnesy trwałe 1 i 2 zamykają strumień magnetyczny poprzez ramiona prostego kamertonu widełkowego 3 i podtrzymują jego drgania. Cewki: sterująca i napędowa są osadzone na ramach magnesów. Przetwornik magnetyczny Clifforda składa się z koła 5, wykonanego z materiału magnetycznego, i z dwóch magnesów 4 i 6 przymocowanych do końców ramion kamertonu 3. Koło jest umieszczone między biegunami tych magnesów mających kształt klamer. Gdy kamerton drga, magnesy, przesuwając się nad falistą ścieżką utworzoną przez zęby koła, powodują jego obroty. Ponieważ magnesy nie stykają się z kołem, urządzenie działa bezszmerowo. Straty energii są znacznie mniejsze niż w przetwornikach zapadkowych. Wadą tego przetwornika jest to, że zwiększenie oporu przekładni zliczającej może spowodować wyjście koła z synchronizacji drgań kamertonu.



Zegar jest zasilany z baterii o napięciu 1,5 V. Pobór prądu wynosi 260 μA . Zegar działa sprawnie w temperaturze od -20 do $+50^\circ\text{C}$.

6.4. Naprawa zegarków kamertonowych

Do sprawdzania prawidłowości działania i wykrywania usterek w zegarach i zegarkach kamertonowych są potrzebne różne specjalne przyrządy, które są w posiadaniu tylko niektórych zakładów zegarmistrzowskich. Najmniejszy zestaw takich urządzeń i przyborów obejmuje:

- mikroskop do sprawdzania i nastawiania zapadkowego przetwornika ruchu,
- miernik do badania napięcia baterii i obwodu elektrycznego,
- podstawkę pod mechanizm z dodatkowym uchwytem mikroskopu,
- klucz do ustawiania zapadek przetwornika ruchu,
- klucz do otwierania kopert wodoszczelnych.

Wszystkie przybory do naprawy zegarków kamertonowych można sprowadzić z firm produkujących te zegarki, np. z firmy Bulova. Można też z tych firm otrzymać szczegółowe instrukcje naprawy zegarków kamertonowych przez nie produkowanych.

Do badania zegarka kamertonowego prostą metodą można posłużyć się oscylosko-

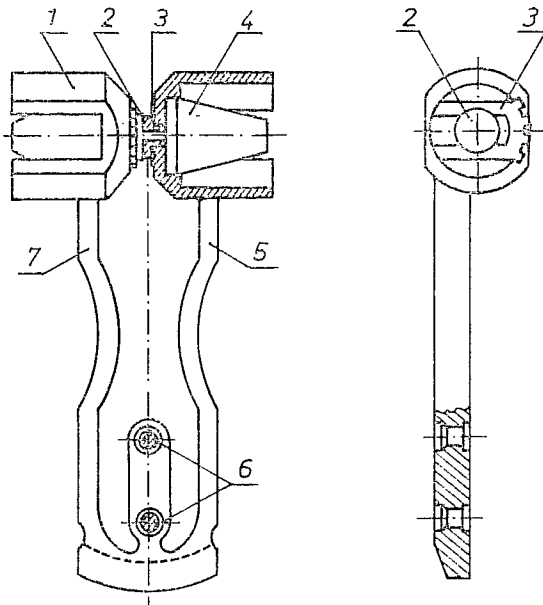
pem, ale wtedy jest potrzebny drugi mechanizm zegarowy o takiej samej częstotliwości. Tym sposobem jest możliwe sprawdzenie częstotliwości metodą porównawczą. Napięcie sterujące mierzy się na końcówkach cewki sterującej. Napięcie porównywane należy doprowadzić odpowiednio do układu odchylenia poziomego i pionowego wykresu na oscyloskopie. Powstająca linia wykresu powinna być elipsą lub dawać obraz odpowiadający stosunkowi częstotliwości 1:1.

Do badania działania przetwornika ruchu jest potrzebny mikroskop. Błędy w działaniu przetwornika można zauważyć i je usunąć tylko w wyniku obserwacji przez mikroskop. Jeśli zauważy się uszkodzone części, to należy je wymienić na nowe. Elementy układu elektronicznego można zastąpić innymi, gdy oryginalne są nieosiągalne. Podczas kontroli zegarów i zegarków kamertonowych obowiązują takie same zasady, jakie podano przy opisie napraw zegarów z elektrycznym napędem balansu sterowanym bezstykowo. Porównywanie częstotliwości jest tylko czynnością kontrolną, ułatwiającą wyznaczenie usterek, które później trzeba usunąć.

W zegarach i zegarkach ACCUTRON okres drgań kamertonu można regulować mechanicznie przez obrót zatyczki 3 (rys. 6.14). Cylindryczne osłony 1 pola magnetycznego są ścięte z dwóch przeciwległych stron równoległe do osi w celu zmniejszenia ogólnej grubości mechanizmu zegarka. W otwory wykonane w ściankach

Rys. 6.14. Szczegóły urządzenia do regulacji częstotliwości kamertonu w zegarku ACCUTRON

1 — cylindryczne osłony pola magnetycznego, 2 — czop osłony, 3 — zatyczka regulacyjna, 4 — magnes trwały, 5 — ramię kamertonu, 6 — wkręty mocujące, 7 — otwór do umocowania zapadki popychającej koło przetwornika ruchu

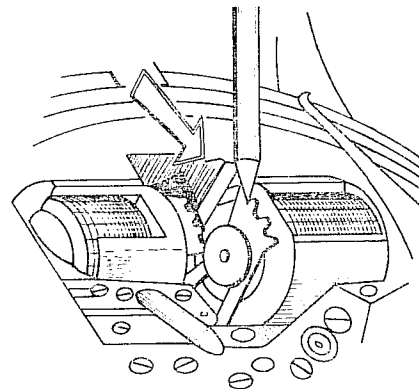


Rys. 6.15. Obracanie zatyczki regulacyjnej czyszczakiem w celu doregulowania chodu zegarka ACCUTRON

bocznych osłon 1 od strony wewnętrznej są włoczone czopy 2 z rowkami, na które są wciśnięte sprężynujące zatyczki 3 z podziałką w kształcie ząbków z jednej strony. Przez obracanie tych zatyczek można zmieniać częstotliwość drgań kamertonu. Zakres regulacji okresu wynosi ± 30 s/d. Sposób obracania zatyczki czyszczakiem przedstawiono na rys. 6.15. Obrócenie zatyczki o jeden ząbek podziałki, w kierunku na zewnątrz mechanizmu, powoduje opóźnienie chodu zegarka o 2 s/d, a w kierunku środka mechanizmu — przyspieszenie o taką samą wartość.

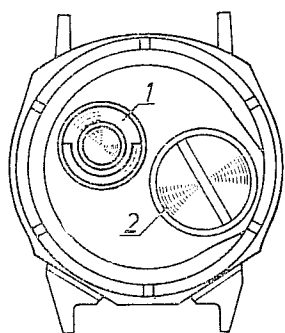
Dokładności chodu zegarka kamertonowego nie można sprawdzać na zwykłej sprawdzarce, gdyż nie wydaje on wyraź-

nych stuków, lecz tylko brzęczenie. Nowsze sprawdzarki mają wbudowane odpowiednie dzielniki częstotliwości. Po ich włączeniu i nastawieniu sprawdzarki, na 18 000 drgań na godzinę, otrzymuje się li-



nię wykresu podobną do wykresu zegarków balansowych z wychwytem.

Zegarek ACCUTRON kal. 214 nie ma główki ani wałka nastawczego. Do nastawiania wskazówek służy odchylana pokrętka 1 (rys. 6.16), znajdująca się na wieczku koperty. Aby nastawić wskazówki, należy pokrętkę 1 odchylić paznokciem w tym czasie, gdy wskazówka sekundowa znajduje się nad dwunastką. Wtedy wskazówka się zatrzymuje. Następnie nastawić wskazówki na aktualną godzinę i przychylić z powrotem pokrętkę w tym czasie, gdy wskazówka sekundowa zegara kontrolnego, według którego nastawia się wskazówki, znajduje się nad dwunastką.



Rys. 6.16. Zegarek ACCUTRON od strony wieczka koperty
1 — pokrętka, 2 — pokrywka

Obok pokrętki 1 na wieczku znajduje się pokrywka 2, którą należy odkręcić w celu wymiany baterii. Najlepiej jest odkręcać małą monetą dopasowaną do szerokości nacięcia, a nie wkrętakiem, aby uniknąć zarysowania wieczka. W celu uruchomienia zegarka po włożeniu baterii wystarczy lekkie stuknięcie paznokciem w obudowę, a wówczas kamerton zacznie drgać. Zaleca się stosowanie oryginalnych baterii, co zapewnia dokładne działanie zegarka.

Silny wstrząs zegarkiem, np. wskutek upadku, nie spowoduje złamania czopów, ale może nastąpić przesunięcie zapadek na zębach koła zapadkowego. W takim przypadku należy pod mikroskopem przywrócić im prawidłowe położenie.

Przekładnie zębate zegarków kamertonowych przenoszą tylko nieznaczne momenty napędowe, stąd słabe siły działające na łożyska i czopy nie powodują ich zużycia, a smar w nich prawie nie zużywa się. Nie ma więc potrzeby częstego ich rozbierania, czyszczenia i smarowania.

Podczas rozbierania i naprawy zegarka kamertonowego należy wziąć pod uwagę następujące sugestie:

- zdejmując wskazówki, a zwłaszcza wskazówkę sekundową, nie cofać ich, gdyż może to spowodować uszkodzenie zapadkowego przetwornika ruchu;
- zapadki i ich mineralne końcówki oraz koło zapadkowe są bardzo delikatne, dlatego trzeba obchodzić się z nimi jak najostrożniej;

- podczas czyszczenia koła zapadkowego należy trzymać je chwytkami za zębnik;
 - wyjmując zespół elektroniczny uważać, aby nie uszkodzić izolacji cewek;
 - nie odmagnesowywać zegarka, ani też nie wprowadzać go w silne pole magnetyczne, gdyż każdy uboczny wpływ magnetyczny może być powodem nieregularności;
 - jeśli trzeba koniecznie wyjąć kamerton, to należy go trzymać z dala od stalowych narzędzi i innych części zegarowych, gdyż jego magnesy są silne i przyciągają stalowe przedmioty;
 - zębów koła zapadkowego i zapadek nie należy smarować;
 - ramion kamertonu nie doginać ani nie odginać, a jeśli kamerton jest uszkodzony, należy wymienić go na nowy;
 - do wymiany wskazówek wałek nastawczy (jeśli jest) wyciągnąć do pozycji nastawczej;
 - osłabione magnesy kamertonu odesłać do fabryki w celu namagnesowania.
- Nie zaleca się czyszczenia delikatnych części zegarka w czyszczarce, aby nie uległy uszkodzeniu. Najlepiej jest zanurzyć je w naczyniu z czystą benzyną, a następnie położyć na bibule do wyschnięcia. Po złożeniu mechanizmu i założeniu wskazówek nie należy ich nigdy cofać, gdyż grozi to uszkodzeniem delikatnych części przetwornika ruchu.

7. Zegary i zegarki kwarcowe

7.1. Wiadomości wprowadzające

W latach trzydziestych bieżącego stulecia powstał nowy typ zegara, który swą dokładnością pobił wszystkie inne dotąd istniejące, a nawet dokładność ruchu wirowego Ziemi, będącego najpewniejszym i najbardziej dostępnym sprawdzianem w pomiarach czasu. Jest to **zegar kwarcowy**.

Historia zegara kwarcowego rozpoczyna się od odkrycia zjawiska piezoelektryczności w roku 1880 przez braci Piotra i Jakuba Curie. Starszy brat, Piotr Curie, otrzymał później, razem ze swą żoną, Marią Skłodowską-Curie, nagrodę Nobla za wykrycie promieniotwórczych pierwiastków polonu i radu.

Zjawisko piezoelektryczne polega na tym, że na skutek rozciągania lub ściskania kryształu kwarcu powstają na przeciwległych jego ściankach ładunki elektryczne o przeciwnych znakach. Podczas swoich eksperymentów P. Curie stwierdził, że przy elektryzowaniu kryształu występuje zjawisko odwrotne, mianowicie — kryształ kurczy się lub rozszerza w określonym kierunku, zależnie od rodzaju ładunku. Płytką kryształu kwarcu, umieszczona w

zmiennym polu elektrycznym, podlega drganiom mechanicznym o wysokiej stabilności, może więc być wzorcem częstotliwości. Przy pewnej ustalonej częstotliwości amplituda drgań jest dość duża, gdyż w kryształach występuje rezonans. Częstotliwość drgań, powodująca w kryształach rezonans, zależy od wielkości i kształtu kryształu.

Pierwszym, który wykorzystał to zjawisko do zbudowania zegara, był Anglik, W. A. Marrison. W roku 1924 opracował projekt zegara kwarcowego, a w roku 1929 zgłosił ten projekt w urzędzie patentowym. Początkowo budowane zegary kwarcowe składały się z kilku dużych szaf, w których mieściły się układy lamp elektronowych, sterujących działaniem zegara. Pierwszy zegar kwarcowy zbudowany w firmie LONGINES w roku 1953 ważył 35 kg.

Zastosowanie **tranzystorów**, wynalezionych w roku 1948, umożliwiło zbudowanie zegarów kwarcowych o mniejszych wymiarach. Ta sama firma LONGINES w kilka lat później wyprodukowała zegar kwarcowy na tranzystorach, zasilany prądem o napięciu 12 V, który ważył 12 kg. W dalszym ciągu były to zegary używane tylko do precyzyjnego pomiaru czasu w laboratoriach i instytutach naukowych. Zegar taki, z oscylatorem kwarcowym umieszczonym w termostacie, utrzymującym stałą temperaturę, odznaczał się bardzo wysoką dokładnością wskazań. Uchybienia jego chodu zawierały się w granicach od 0,001 do 0,0001 s/dobę.

Potrzebny był olbrzymi wkład pracy, czasu i środków finansowych, aby zegar kwarcowy o wymiarach średniej szafy, zmniejszył się do małego zegara domowego, mającego tylko tysięczną część tej wielkości. Następnym etapem było zmniejszenie zegara domowego do wielkości zegarka naręcznego, który jest kilkadziesiąt razy mniejszy od zegara domowego. Wymagało to całkiem nowego rodzaju technologii, która z tradycyjną elektroniką lampową nie miała nic wspólnego. I tu przyszła z pomocą mikroelektronika.

Wspaniały i szybko postępujący rozwój elektroniki, zwłaszcza techniki **układów scalonych**, umożliwił zastosowanie rezonatorów kwarcowych w mechanizmach zegarowych powszechnego użytku. Obok chronometrów okrętowych i innych zegarów do specjalnych celów pojawiły się w różnych odmianach kwarcowe zegary domowe i kwarcowe zegarki noszone.

Pierwsze **naręczne zegarki kwarcowe** ukazały się w Szwajcarii i Japonii w roku 1968. Japońska firma SEIKO wyprodukowała w roku 1969 swój pierwszy naręczny zegarek kwarcowy (**rys. 7.1**). Zegarki miały **wskazania analogowe**. W roku 1970 pojawiły się pierwsze zegarki kwarcowe o **wskazaniach cyfrowych** za pomocą diod świecących typu LED lub ciekłych kryształów typu LCD (**rys. 7.2**). Jednak już w roku 1969, na Międzynarodowym Kongresie Chronometrycznym w Paryżu, John Borgey przedstawił pierwszy raz zegarek, na którym po naciśnięciu przycis-

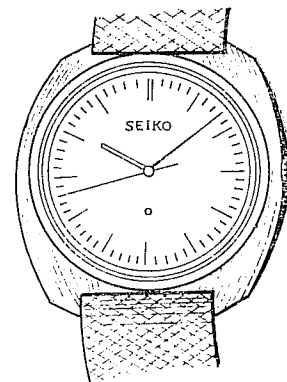
ku można było odczytać czas wskazywany przez diody świecące.

Technika układów scalonych i miniaturyzacja drobnych mechanizmów uczyniły zegarek kwarcowy w ciągu kilku lat przedmiotem użytkowym, którego cena stała się taka sama, jak zegarka mechanicznego. Ponadto spowodowało to nie tylko technologiczne zmiany w produkcji, ale także wpłynęło na sposób zatrudniania pracowników w fabrykach zegarków.

Wytwórcy zegarków mechanicznych przestawili się na produkcję zegarków kwarcowych, poszukując, z większym lub mniejszym powodzeniem, ciągłego rozwoju produkcji. Powstało też wiele nowych firm, które przekształciły się z zakładów produkujących urządzenia elektroniczne w fabryki zegarków. W rezultacie powstało wiele różnych modeli zegarków kwarcowych, opartych na modułach wykonywanych w różnych częściach świata, a szczególnie na Dalekim Wschodzie (Japonia, Hongkong), w USA, Szwajcarii, Anglii i innych krajach europejskich.

W roku 1980 w Szwajcarii wyprodukowano 300 milionów zegarków, z tego około 90 milionów kwarcowych o wskazaniach typu LED lub LCD. Początkowo zarówno sprzedawcy, jak i użytkownicy odnosili się z pewną nieufnością do tych nowych zegarków. Nikt nie był w stanie ocenić ich rzeczywistej wartości. Jednak ich wysoka dokładność chodu przekonała wkrótce wszystkich o ich użyteczności.

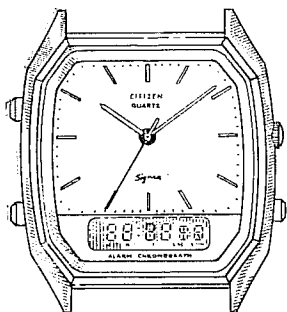
W 1989 roku, po dwudziestu latach od wy-



Rys. 7.1. Pierwszy zegarek kwarcowy japońskiej firmy SEIKO



Rys. 7.2. Zegarek kwarcowy z cyfrowym urządzeniem wskazującym typu LCD



Rys. 7.3. Zegarek kwarcowy ze wskazaniami analogowo-cyfrowymi (ANA-DIGI)

konania pierwszego zegarka kwarcowego, japońska firma SEIKO wyprodukowała 103 miliony kwarcowych zegarków naręcznych i 35 milionów innych zegarów kwarcowych. A więc produkcja dzienna tej firmy w tym roku wyniosła 500 000 zegarów i zegarków kwarcowych.

Pierwsze zegarki kwarcowe miały — jak wspomniano — wskazania analogowe, tzn. z tarczą i wskazówkami. Następnie wprowadzono wskazania cyfrowe. Praktyka wykazała, że ten pierwszy sposób jest wygodniejszy, gdyż jednym rzutem oka na tarczę można stwierdzić upływający czas oraz ocenić, ile jeszcze go nam pozostało, bez wykonywania w myśli odejmowania czy dodawania. Stąd też wiele firm produkuje zegarki kwarcowe o **wskazaniach analogowo-cyfrowych** (rys. 7.3), tzn. że na tarczy zegarka znajdują się wskazówki i oznaczenia godzinowe, a poniżej w prostokątnym okienku cyfry wskazujące godziny, minuty i sekundy. Zegarki te oznacza się w katalogach literami A-D lub ANA-DIGI, od słów angielskich: analog-digital (wskazówkowo-cyfrowe).

W Polsce seryjną produkcję zegarów kwarcowych rozpoczęto w roku 1979 w Zakładach Mechanizmów Precyzyjnych MERA-POLTIK w Łodzi. Produkuje się zegary samochodowe, zasilane napięciem 12 V, oraz zegary domowe i budziki, zasilane z baterii o napięciu 1,5 V. Przez jakiś czas Zakłady Elektroniczne UNITRA-WAREL w Warszawie montowały z importowanych elementów naręczne zegarki

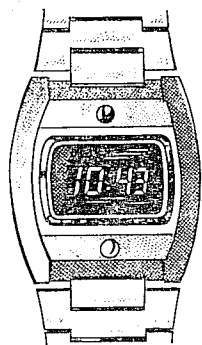
kwarcowe ze wskazaniami cyfrowymi typu LED (rys. 7.4). W Polsce nie może rozwinąć się produkcja zegarków kwarcowych, gdyż nasz przemysł zegarowy nie jest w stanie wytrzymać konkurencji wysoko rozwiniętych zakładów zagranicznych, produkujących masowo te zegarki.

7.2. Oscylatory kwarcowe

Każdy mechanizm zegarowy jest wyposażony w **generator częstotliwości**¹⁴⁾, który nazywa się **regulatorem chodu**. Generatorem częstotliwości w zegarach i zegarkach kwarcowych jest **oscylator kwarcowy**, który składa się z **rezonatora** oraz z układu pobudzającego. Pobudzanie opiera się na zjawisku piezoelektrycznym. Rezonatorem w zegarach kwarcowych jest płytka wycięta z kryształu kwarcu.

Na rezonatory stosuje się specjalny gatunek kwarcu, tzw. **kryształ górski**. Kwarc jest dwutlenkiem krzemu (SiO_2), czyli połączeniem jednego atomu krzemu z dwoma atomami tlenu. Powstał on w dawnych epokach geologicznych, gdy na Ziemi panowały jeszcze wysokie temperatury. Kwarc w stanie naturalnym wydobywa się w Brazylii i na Madagaskarze.

Można także sztucznie wytworzyć kryształy kwarcu. Mały kawałek kryształu naturalnego umieszcza się w roztworze kwasu krzemowego, wlanego do stalowej grubościennej rury, zamkniętej z obydwu

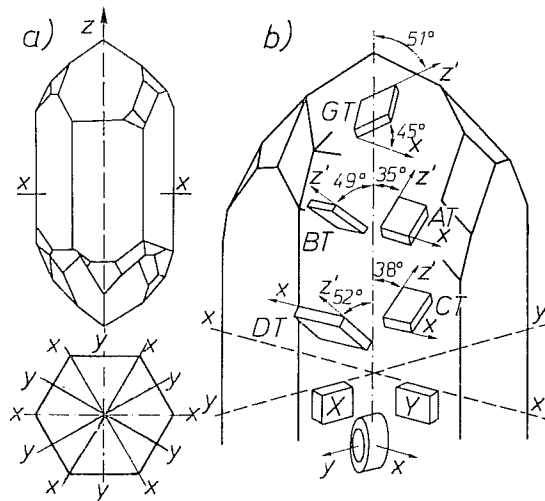


Rys. 7.4. Zegarek kwarcowy z cyfrowym urządzeniem wskazującym typu LED

stron nakrywkami. Kawalek ten, służący jako zarodek, powinien być swobodnie zawieszony na drucie w górnej części rury, do której dolewa się do czterech piątych wody z kilku procentami węgla sodowego. Po zakryciu rury i silnym zakręceniu wytwarza się w niej ciśnienie około 100 MPa i podgrzewa do temperatury 400°C. W górnej części tej rury temperatura jest o 20°C niższa. Ulepszone aparaty i metody w nich stosowane umożliwiają po 30 dniach powstanie kryształu syntetycznego, ważącego około 1 kg. Kryształ syntetyczny jest czysty, nie ma wtrąceń zanieczyszczających, więc można z niego wykonać większą liczbę płytek. Jednak rezonatory wykonane z kryształu naturalnego mają lepsze właściwości.

Kryształ kwarcu w przekroju poprzecznym jest sześciobokiem foremnym (rys. 7.5a). Ma on następujące osie główne, wzajemnie prostopadłe: oś optyczną z przechodzącą wzdłuż kryształu, trzy osie elektryczne x przechodzące przez wierzchołki sześcioboku foremnego oraz trzy osie mechaniczne y prostopadłe do boków sześcioboku. Nazwy tych osi określają najlepsze właściwości fizyczne kwarcu w poszczególnych kierunkach. W zależności od rodzaju wycięcia płytki i jej wymiarów (rys. 7.5b) można uzyskać różną częstotliwość drgań własnych.

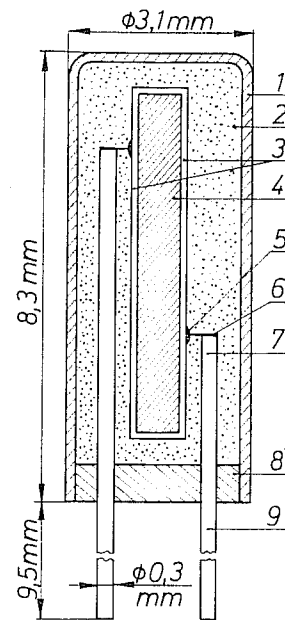
Wycięta z kwarcu płytka o odpowiednich kształtach i umieszczona w zmiennym polu elektrycznym podlega, na skutek zjawiska piezoelektrycznego, drganiom mechani-



Rys. 7.5. Kryształ kwarcu: a) kształt kryształu w dwóch rzutach, b) zestawienie typowych cięć

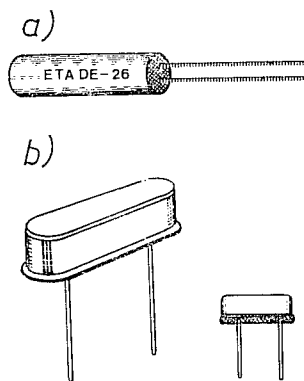
cznym o dużej stabilności. Częstotliwość drgań płytki zależy od jej wymiarów i kierunku kąta położenia, pod jakim ją wycięto z kryształu, w stosunku do jego osi krystalograficznej. Płytki kwarcu drga kilka tysięcy do kilku milionów razy na sekundę. Częstotliwość drgań jest tym większa, im mniejsze są wymiary płytki.

Na rys. 7.6 przedstawiono konstrukcję rezonatora kwarcowego w układzie pionowym. Płytki kwarcowa 4 po obrobieniu mechanicznym jest wytrawiona chemicznie, a następnie pokryta obustronnie metodą naporowania warstwą metalu: miedzi lub srebra 3. Do tych warstw są przylutowane elastyczne elektrody 6 o średnicy 0,1 mm, utrzymujące płytkę w węzłach drgań 5. Węzłami drgań są te miejsca płytki, które podczas jej drgań pozostają w spoczynku. Za pośrednictwem elektrod 7 i



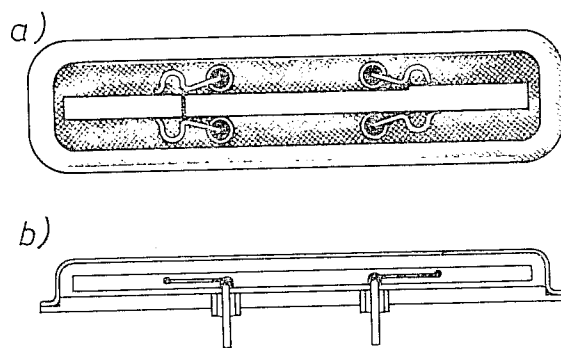
Rys. 7.6. Konstrukcja rezonatora kwarcowego w układzie pionowym

1 — obudowa hermetyczna, 2 — atmosfera ochronna, 3 — powierzchnie metalizowane, 4 — płytka kwarcowa (rezonator), 5 — węzeł drgań — miejsce przymocowania elektrody, 6 — elektrody elastyczne, 7 — elektrody miedziane, 8 — zamknięcie obudowy szklano-ceramiczne, 9 — przewody doprowadzające



Rys. 7.7. Wygląd zewnętrzny rezonatorów kwarcowych do zegarków: a) w układzie pionowym, b) w układzie poziomym

przewodów 9 jest doprowadzona do płytki energia elektryczna. Całość znajduje się w atmosferze ochronnej 2, np. azotu pod niskim ciśnieniem, w hermetycznej obudowie 1 z metalu, z zamknięciem 8 ze szkła, ceramiki lub kombinacji tych materiałów. Atmosfera ochronna przeciwdziała procesom starzenia się kwarcu i zmniejsza opory drgań, które przy normalnym ciśnieniu uniemożliwiłyby wzbudzenie rezonatora. Wygląd zewnętrzny takiego rezonatora jest pokazany na **rys. 7.7a**. Mają także zastosowanie oscylatory kwarcowe w układzie poziomym (**rys. 7.7b**). Płytką kwarcową jest zawieszona swobodnie w izolowanej obudowie za pomocą czterech cienkich drutów srebrnych, przylutowanych to metalizowanej górnej jej powierzchni (**rys. 7.8a**). Dwa z tych drutów



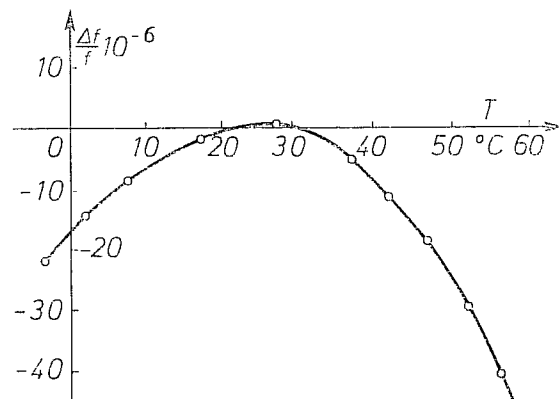
Rys. 7.8. Rezonator kwarcowy w układzie poziomym: a) zawieszenie płytki, b) płytką w hermetycznej obudowie

służą jako elektrody, za pomocą których płytką jest sprzęgnięta elektrycznie z układem pobudzającym. Płytką jest hermetycznie zamknięta w obudowie (**rys. 7.8b**), co zabezpiecza ją przed wpływem zmian ciśnienia barometrycznego.

Rys. 7.9. Wykres zmian częstotliwości rezonatora kwarcowego w zależności od temperatury

W zegarkach naręcznych stosuje się najczęściej rezonatory kwarcowe o częstotliwości drgań 32768 Hz, tj. 2^{15} Hz. Jest to najmniejsza, z przyczyn technologicznych i ekonomicznych, częstotliwość rezonatora kwarcowego, która umożliwia osiągnięcie stabilności rzędu $1 \cdot 10^{-6}$, co daje uchybienie $\pm 0,1$ s/dobę w zakresie temperatury otoczenia. Rezonatory o większych częstotliwościach, np. 4,194 304 MHz (2^{22} Hz), 2,097 152 MHz (2^{21} Hz) i inne stosuje się głównie w zegarach domowych i samochodowych, od których jest wymagana większa dokładność w szerokim zakresie temperatury.

Ze zmianą temperatury otoczenia zmienia się częstotliwość drgań rezonatora kwarcowego. Przebieg tych zmian ma charakter przedstawiony na **rys. 7.9**. Punkt ekstremalny krzywej nazywa się punktem zwrotnym. Rezonatory do zegarów domowych dobiera się tak, aby ich punkt zwrotny znajdował się w pobliżu 20°C , gdyż w takiej temperaturze najczęściej one pra-



cują. Dla zegarków naręcznych punkt ten przyjmuje się w pobliżu 28°C, gdyż jest to temperatura zbliżona do temperatury pracy zegarka, która jest zawsze niższa od temperatury ciała ludzkiego, wskutek wymiany ciepła z otoczeniem. Z wykresu wynika, że zarówno przechłodzenie zegarka, jak i jego przegrzanie spowoduje znaczne zmniejszenie częstotliwości rezonatora, a w rezultacie — opóźnianie się zegarka. Stąd też oscylatory kwarcowe zegarów, od których wymaga się dużej dokładności, są umieszczone w termostacie utrzymującym stałą temperaturę. Do zwykłych zegarów domowych i do zegarków noszonych termostatu się nie stosuje, gdyż jest on za duży i zużywa wiele energii.

Częstotliwość drgań rezonatora kwarcowego w pierwszych miesiącach pracy po jego wykonaniu ulega znacznym zmianom, ale po pewnym czasie stabilizuje się. Zjawisko to nazywa się starzeniem rezonatora kwarcowego. Aby zmniejszyć negatywny wpływ tego zjawiska, zakłady produkujące rezonatory poddają je sztuczemu starzeniu. Wykonane płytki kwarcowe umieszcza się w pojemnikach napełnionych azotem, zalutowanych hermetycznie lub zaprasowanych na zimno, a następnie przetrzymuje się je w podwyższonej temperaturze. Z tej też przyczyny w obwodzie rezonatora montuje się kondensator dostrojczy, zwany trymerem, którym można poprawić chód zegarka, zmieniający się na skutek dalszych procesów starzenia się rezonatora.

Wadą rezonatorów kwarcowych jest brak odporności na uderzenia i na silne wstrząsy. Upadek zegarka z wysokości 1,5 m na twarde podłoże może spowodować trwałe uszkodzenie, polegające na oderwaniu się elektrod od płytki kwarcowej, lub przestrojeniu rezonatora o kilka herców. Rezonatory o małych wymiarach i małej masie są bardziej odporne na wstrząsy. Częstotliwość rezonatora zależy także od amplitudy jego drgań, a więc i od doprowadzonej mocy. Poziom wysterowania rezonatorów o częstotliwości 32 768 Hz, stosowanych w zegarkach, nie powinien przekraczać 1 μ W.

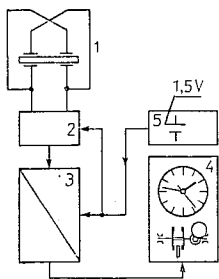
Ważne jest również zachowanie stałego napięcia w zasilaniu. Spadek napięcia baterii o ok. 0,5 V w zegarku o wskazaniach cyfrowych typu LED powoduje zmniejszenie częstotliwości rezonatora o ok. 1 Hz. W zegarkach o wskazaniach typu LCD stabilizacja napięcia zasilania zapewnia większą dokładność.

7.3. Budowa zegarów i zegarków kwarcowych

Każdy zegar kwarcowy składa się z trzech zasadniczych zespołów:

- generatora częstotliwości,
- licznika czasu wraz z układem sterowania,
- wskaźnika czasu.

Generator częstotliwości składa się z re-



Rys. 7.10. Schemat bloku zegara kwarcowego ASTRO-CHRON

1 — rezonator, 2 — urządzenie pobudzające (oscylator), 3 — licznik czasu (dzielnik częstotliwości), 4 — wskaźnik czasu i przetwornik elektromechaniczny, 5 — bateria zasilająca

zonatora kwarcowego 1 (rys. 7.10) oraz urządzenia 2 pobudzającego go do drgań i utrzymującego te drgania, czyli oscylatora. Częstotliwość mechanicznych drgań własnych rezonatora jest zgodna z częstotliwością drgań elektrycznych generatora. W zegarach kwarcowych są stosowane oscylatory kwarcowe o częstotliwości drgań od 10 kHz do 10 MHz.

Licznik czasu 3 zlicza wytworzone w generatorze drgania elektryczne metodą dzielenia częstotliwości przez szeregowo połączone stopnie dzielnika, które zmniejszają wysoką częstotliwość drgań generatora do częstotliwości wyjściowej, najczęściej do 1 Hz.

Wskaźnik czasu 4 otrzymuje bipolarne impulsy wyjściowe, odpowiednio wzmacnione i uformowane, podawane przez elektromechaniczny przetwornik ruchu i wykazuje je na tarczy w postaci wpływającego czasu. Źródłem zasilania jest zwykle bateria 5 o napięciu 1,5 V lub akumulator.

Pierwsze zegary kwarcowe zbudowane na układach scalonych cyfrowych, powstały w technologii TTL (Transistor-Transistor-Logic), czyli w technice tranzystorowej. Były to układy o małej skali integracji, zawierające niewielką liczbę elementów funkcjonalnych. Aby więc zbudować zegar, trzeba było użyć kilku lub kilkunastu układów scalonych.

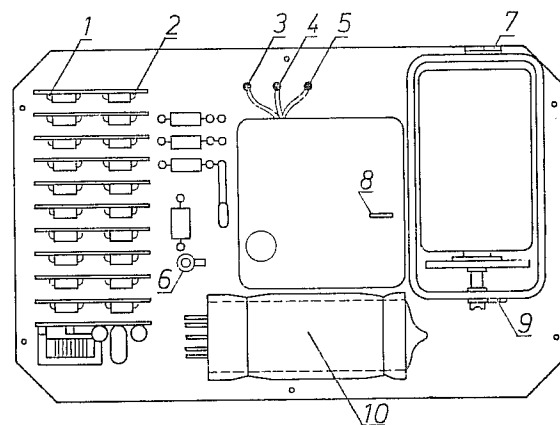
Na rys. 7.11 przedstawiono widok wnętrza kwarcowego zegara ASTRO-CHRON 610, zbudowanego w firmie Junghans techniką

tranzystorową. W celu zmniejszenia częstotliwości oscylatora z 12 800 Hz do 12,5 Hz trzeba było zastosować dziesięć połączonych szeregowo dzielników częstotliwości.

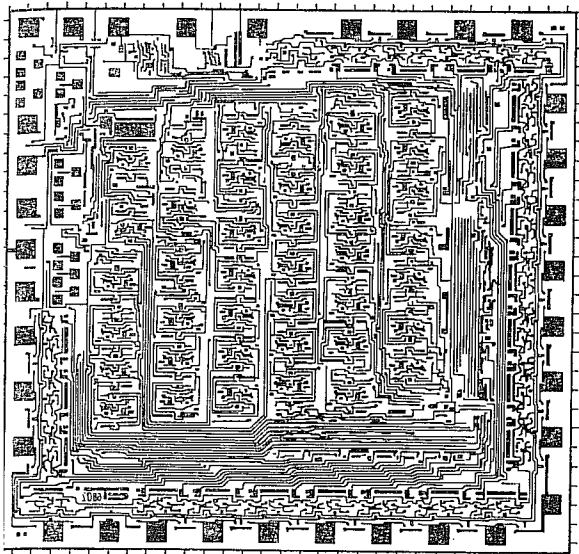
Zegary budowane tą technologią były duże i, ze względu na dużą ilość połączeń, zawodne w działaniu, dlatego ich produkcja szerzej się nie rozwinęła. Właściwy rozwój zegarów kwarcowych rozpoczął się dopiero z chwilą wprowadzenia układów scalonych wielkiej skali integracji (LSI — Large-Scale-Integration), a wśród nich zwłaszcza układów typu MOS (Metal-Oxide-Semiconductor).

Rys. 7.11. Widok wnętrza kwarcowego zegara ASTRO-CHRON 610

1 i 2 — dziesięć dzielników częstotliwości, 3 — przewód wewnętrzny — żółty, 4 — przewód ujemny — czarny, 5 — przewód dodatni — czerwony, 6 — kondensator dostryjczy — trymer, 7 — ujemne połączenie baterii, 8 — regulator rezonatora, 9 — dodatnie połączenie baterii, 10 — rezonator kwarcowy



Układy takie zawierają od kilku do kilkudziesięciu tysięcy tranzystorów na 1 cm² powierzchni. Podstawowym elementem układu scalonego zegarowego jest tranzystor polowy typu MOS (zob. rozdz. 1.9.5). Istnieją tranzystory polowe MOS z kana-



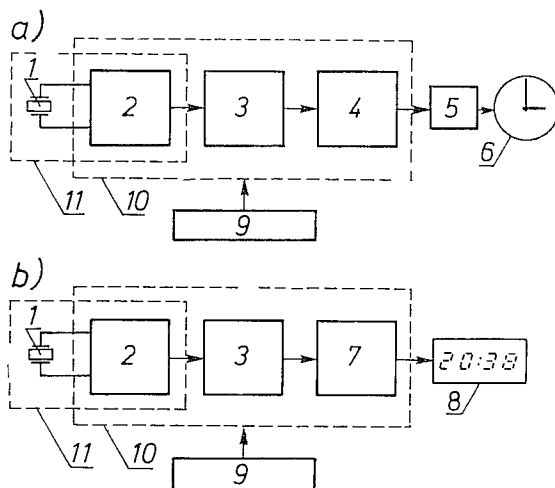
łem typu *p* oraz tranzystory polowe MOS z kanałem typu *n*. Wykonując oba typy tranzystorów na jednym podłożu uzyskuje się strukturę CMOS (Complementary-Metal-Oxide-Semiconductor), odznaczającą się wyjątkowo małym poborem mocy. Na **rys. 7.12** przedstawiono widok struktury CMOS.

W obecnie produkowanych zegarach i zegarkach kwarcowych są używane z reguły cyfrowe układy scalone w technologii CMOS. Ich zastosowanie umożliwiło osiągnięcie wysokich parametrów eksploatacyjnych i dużej niezawodności przy małych wymiarach zegara. Technologia CMOS umożliwiła konstrukcję zegarka nąrcznego zasilanego z jednej baterii w ciągu co najmniej jednego roku prawidłowej

pracy. Moc pobierana przez strukturę CMOS wynosi tylko około $10 \mu\text{W}$.

Oscylatory dokładnych (laboratoryjnych) zegarków kwarcowych umieszcza się zwykle w termostacie, utrzymującym temperaturę w ściśle określonych granicach, od $\pm 0,1^\circ\text{C}$ do $\pm 0,001^\circ\text{C}$, w zależności od rodzaju cięcia płytki kwarcowej i klasy generatora. Dodatkowym źródłem niestabilności temperatury oscylatora może być energia cieplna, wydzielająca się w nim podczas drgań. Aby uniknąć tego wpływu, stosuje się układy generatora z automatyczną stabilizacją amplitudy drgań oscylatora.

Na **rys. 7.13** przedstawiono uproszczony schemat blokowy współczesnych zega-



Rys. 7.13. Uproszczone schematy blokowe współczesnych zegarów i zegarków kwarcowych: a) z elektromechanicznym analogowym urządzeniem wskazującym, b) z optoelektronicznym cyfrowym urządzeniem wskazującym

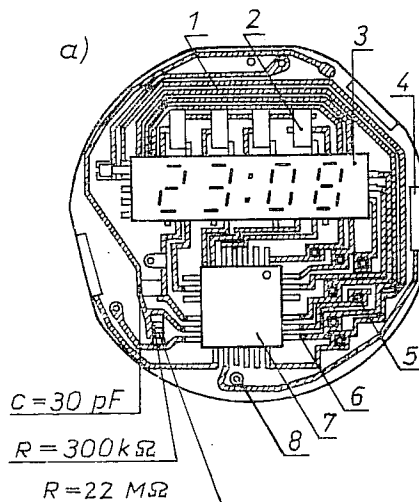
1 — rezonator kwarcowy, 2 — urządzenie pobudzające (oscylator), 3 — dzielnik częstotliwości, 4 — wzmacniacz i układ sterujący formowania impulsów, 5 — układ zliczający (przetwornik), 6 — wskaźnik analogowy, 7 — licznik (deko-der), 8 — wskaźnik cyfrowy, 9 — bateria zasilająca, 10 — układ scalony, 11 — generator kwarcowy

rów i zegarków kwarcowych. Wytworzone w generatorze 11, składającym się z oscylatora 2 i rezonatora kwarcowego 1,

drzenia, zwykle o częstotliwości 32 768 Hz, przechodzą przez dzielnik częstotliwości 3, będący zespołem przerzutników, w którym częstotliwość drgań jest obniżona aż do wartości 1 Hz. Tak przygotowane impulsy sekundowe, po wzmacnieniu we wzmacniaczu 4 i odpowiednio uformowane, sterują elektromechaniczny przetwornik ruchu 5, a po przetworzeniu na ruch skokowy silnika napędzają wskazówki zegara 6, lub na drodze elektronicznej za pomocą licznika (dekodera) 7 sterują wskaźnikiem cyfrowym 8. Zegar jest zasilany baterią 9.

Rys. 7.14. Budowa zegarka kwarcowego ze wskaźnikiem cyfrowym systemu LED: a) widok od strony wskaźnika (od przodu), b) widok od strony baterii (od tyłu)

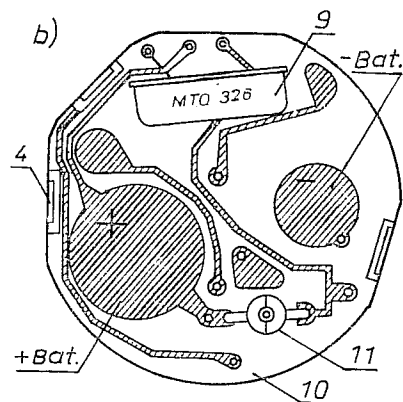
1 — ścieżki połączeń drukowanych, 2 — tranzystor sterujący cyfrą, 3 — monolityczny wskaźnik LED, 4 — styk do nastawiania wskaźnika, 5 — rezystory szeregowo segmentów cyfrowych, 6 — połączenia lutowane, 7 — układ scalony zegarka, 8 — otwory metalizowane, 9 — oscylator kwarcowy, 10 — płytkę ceramiczną, 11 — trymer



Wyodrębnione na schemacie blokowym osobne elementy — urządzenie 2 pobudzające drgania rezonatora, dzielnik częstotliwości 3 i wzmacniacz 4 z układem sterującym formowania impulsów — znajdują się w jednym układzie scalonym 10 typu

CMOS, zaznaczonym na schemacie linią kreskową.

W zegarkach kwarcowych o wskazaniach cyfrowych są stosowane wyłącznie elementy elektroniczne. Dlatego wnętrze takiego zegarka przypomina raczej zminiaturyzowaną aparaturę radiową niż mechanizm zegarka (rys. 7.14). Główną rolę odgrywa w nim rezonator kwarcowy 9, o częstotliwości drgań 32 768 Hz, oraz układ scalony 7 o dużej skali integracji, który zawiera około 8000 elementarnych tranzystorów na płytce krzemowej o powierzchni kilku milimetrów kwadratowych.



Układ scalony, znajdujący się w hermetycznej, płaskiej obudowie, jest umieszczony na ceramicznej płytce 10 i przyłutowany do połączeń drukowanych 1. Dzielnik częstotliwości, znajdujący się w tym układzie, zmienia wysoką częstotliwość drgań

oscylatora kwarcowego do częstotliwości 1 Hz. Drgania te są zliczane za pomocą licznika sterującego wskaźnik cyfrowy 3, pokazujący godziny i minuty. Do sterowania cyfr służą miniaturowe tranzystory 2, a segmenty są zasilane poprzez grubowarstwowe rezystory R , naniesione bezpośrednio na ceramiczną płytkę 10. W zegarkach tego typu elementy zewnętrzne ograniczono do oscylatora kwarcowego 9 i trymera 11. Sterowanie wskaźnikiem odbywa się bezpośrednio z układu scalonego 7 przez naciskanie styku 4 przyciskiem znajdującym się w obrzeżu koperty zegarka.

Jest to zegarek kwarcowy ze **wskaźnikiem cyfrowym typu LED**, który dla odczytania czasu wymaga włączenia wyświetlacza. Znaczny pobór prądu przez wskaźnik wymaga stosowania zewnętrznych bipolarnych wzmacniaczy sterujących oraz dwóch baterii o napięciu 1,5 V połączonych z kopertą zegarka. Pobór prądu przez układ scalony nie przekracza 10 μA , natomiast w chwili wyświetlania wzrasta do około 50 mA.

Zegarki naręczne ze wskazaniem cyfrowym typu LED mają kilka poważnych wad: wymagają zasilania z dwóch stosunkowo ciężkich baterii i częstej ich wymiany; każdorazowo włączania wskaźnika, gdyż nie mają ciągłości wskazań; słaba jest czytelność ich wskazań przy silnym oświetleniu na skutek małego kontrastu. Z tych też względów zaniechano produkcji tych zegarków, tym bardziej, że wynale-

ziono praktyczne **wskaźniki cyfrowe typu LCD**, z ciekłych kryształów.

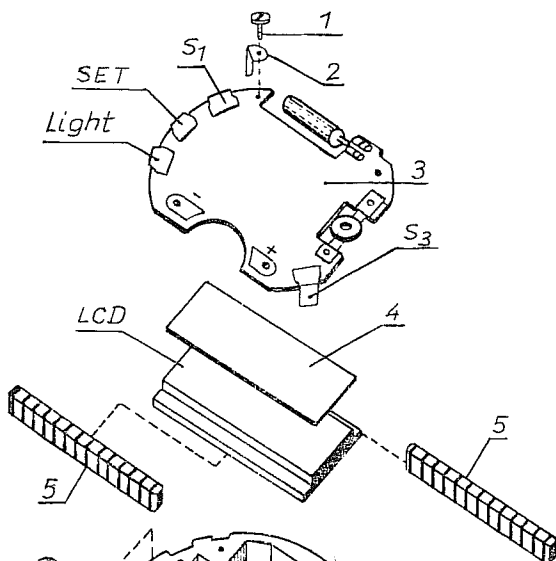
W pierwszych zegarkach ze wskaźnikami LCD stosowano wskaźniki z rozpraszaniem dynamicznym. Zegarki te pobierały znaczny prąd, przekraczający 50 μA . Z tego względu zaniechano wkrótce produkcji tych zegarków.

W następnych rozwiązaniach zastosowano wskaźniki LCD z efektem polowym. Były to najczęściej zegarki bez kalendarza — wskazywały jedynie godziny i minuty, a pulsujący dwukropek spełniał funkcję sekundnika. Jednak do ich zasilania potrzebne były dwie baterie tlenkowo-rtęciowe połączone szeregowo. Pobór prądu wynosił przeciętnie około 10 μA . Przykładem takiego zegarka jest zegarek ELEKTRONIKA produkcji radzieckiej.

Dopiero po udoskonaleniu wskaźników LCD, które w celu uzyskania dobrego kontrastu wymagają stosowania napięcia około 3 V, znacznie uproszczono konstrukcję zegarka. Napięcie to uzyskuje się w układzie podwajacza napięcia, a wtedy do zasilania wystarcza już tylko jedna bateria. Cyfry wskaźnika LCD są widoczne tylko przy świetle. Aby więc umożliwić odczytanie czasu w ciemności zegarki są wyposażone w małą żarówkę (diodę) zasilaną z tej samej lub oddzielnej baterii. Pobór prądu przez żarówkę wynosi około 10 mA. Dlatego zaleca się włączać ją jak najrzadziej, gdyż każde włączenie podświetlenia skraca żywotność baterii prawie o jeden dzień.

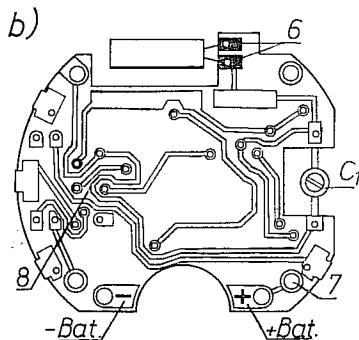
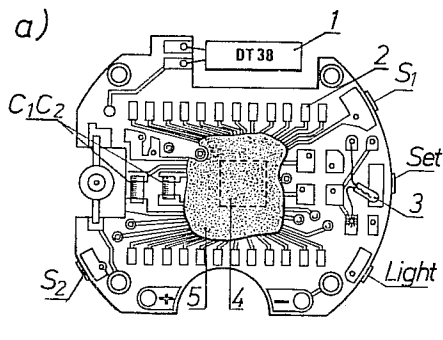
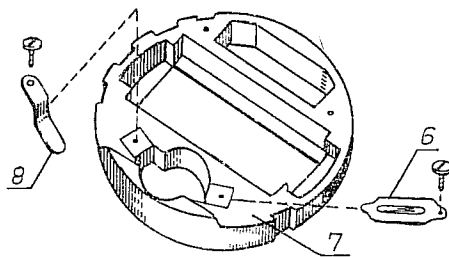
Rys. 7.15. Elementy zegarka kwarcowego ze wskaźnikiem cyfrowym systemu LCD

1 — wkręt mocujący blok elektroniczny do korpusu, 2 — styk z kopertą zegarka, 3 — blok elektroniczny, 4 — folia odbłaskowa, 5 — łącznik z gumy przewodzącej, 6 — blaszka mocująca baterię od strony plusowej, 7 — korpus, 8 — blaszka mocująca baterię od strony minusowej



Rys. 7.16. Budowa bloku elektronicznego na płytce: a) widok od strony wskaźnika LCD, b) widok od strony baterii (od tyłu)

1 — oscylator kwarcowy, 2 — pola stykowe wskaźnika LCD, 3 — żarówka do podświetlenia, 4 — układ scalony zegarka, 5 — zalewa hermetyzująca, 6 — połączenia lutowane, 7 — otwory metalizowane, 8 — połączenia drukowane



Budowę zegarka kwarcowego z wyświetlaczem typu LCD przedstawiono na rys. 7.15. Głównym zespołem takiego zegarka jest blok elektroniczny, zamontowany na płytce 3. Wyświetlacz LCD jest przyłączony do układu elektronicznego za pośrednictwem łączników z gumy przewodzącej 5 i włożony do odpowiednio uformowanego korpusu 7 wykonanego z tworzywa sztucznego. Całość jest skręcona czterema wkrętami 1.

Na rys. 7.16 przedstawiono budowę bloku elektronicznego zamontowanego na płytce. Na środku płytki jest umieszczony układ scalony 4, zalany masą hermetyzującą 5. Rezonator kwarcowy 1 jest połączony z płytką przez zalutowanie 6. S_1, S_2, S_3 oznaczają przyciski do ustawiania czasu, a przycisk Light — do podświetlenia wskaźnika. Pobór prądu przez zegarek wynosi około $5 \mu A$, więc przy umiarkowanym korzystaniu z podświetlenia bateria wystarczy na ponad rok użytkowania.

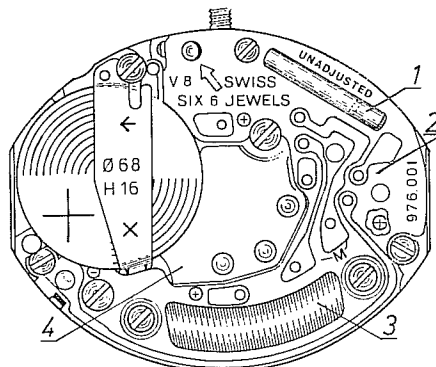
Bardziej skomplikowane są zegarki kwarcowe z wyświetlaczem LCD wyposażone w stoper i budzik. Dodatkowym elementem jest w nich miniaturowy tranzystor bipolarny, połączony z cewką umieszczoną w kubku ferrytowym, oraz przetwornik elektroakustyczny do wydawania dźwięków. Dołączony równolegle do baterii kondensator elektrolityczny eliminuje zakłócenia powstające podczas alarmu. W takich zegarkach powierzchnia wyświetlacza ma bardziej złożoną budowę, ze względu na dużą liczbę segmentów do po-

szczególnych cyfr oraz różnych symboli. Pobór prądu podczas sygnalizacji dochodzi do kilkunastu miliamperów, co znacznie skraca czas użyteczności baterii.

Jeszcze bardziej skomplikowane są zegarki z kalkulatorem oraz wyposażone w pamięć elektroniczną. Miniaturowy kalkulator zegarkowy zawiera w swym wnętrzu układ scalony hybrydowy, składający się z sześciu oddzielnych płytek (odpowiednik 38 000 tranzystorów). Bardzo skomplikowane połączenia między poszczególnymi płytkami wykonano za pomocą dwóch podłoży ceramicznych, między którymi znajdują się płytki. W każdym podłożu wykonano połączenia (ścieżki) w kilku płaszczyznach. Zegarek taki może spełniać różne funkcje, np. obliczać liczbę dni między dwiema datami, przypominać sygnałem o rozmowie telefonicznej w uprzednio zgłoszonym terminie.

Nie rozwinięto produkcji pierwszych zegarów kwarcowych o **wskazaniach analogowych** z silnikiem balansowym (zob. rys. 7.10). Dopiero zastosowanie silnika skokowego umożliwiło rozwój naręcznych zegarków kwarcowych o wskazaniach analogowych. Mechanizm takiego zegarka (rys. 7.17) składa się z następujących zespołów:

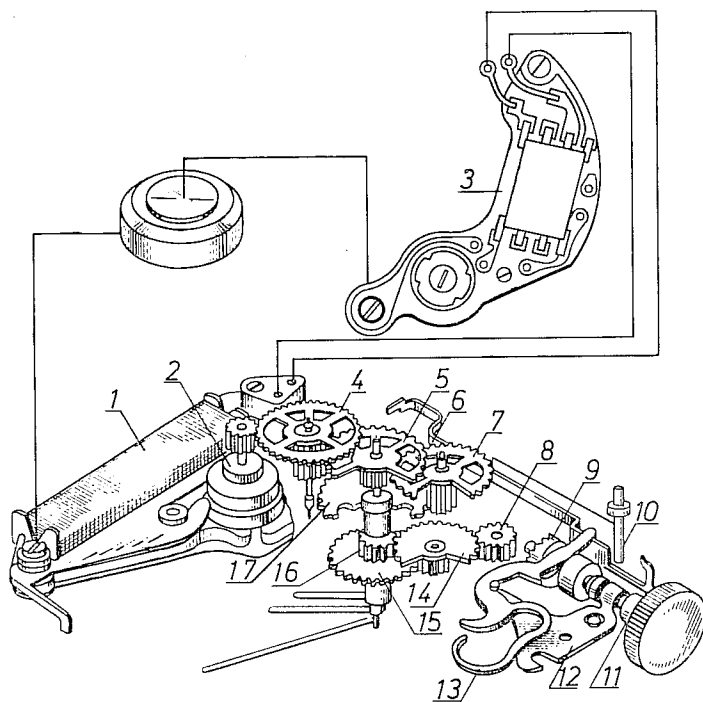
- generatora częstotliwości z oscylatorem kwarcowym 1,
- bloku elektronicznego 2,
- silnika skokowego z cewką 3,
- przekładni zliczającej 4,
- baterii zasilającej.



Rys. 7.17. Budowa zegarka kwarcowego ze wskazaniami analogowymi

1 — oscylator kwarcowy, 2 — blok elektroniczny, 3 — cewka silnika skokowego, 4 — mostek przekładni zliczającej

Elementy zegarka kwarcowego ze wskazaniami analogowymi przedstawiono na **rys. 7.18**. Zespół generatora częstotliwości z rezonatorem kwarcowym jest przeznaczony do przekształcania stałego napięcia baterii w impulsy sterowania silnikiem skokowym o stałej częstotliwości 1 Hz. Częstotliwość drgań rezonatora kwarcowego, wynosząca 32 768 Hz, jest zmniejszana przez dzielniki częstotliwości układu scalonego, znajdującego się w środku bloku elektronicznego 3. Silnik skokowy składa się z cewki 1 umocowanej w stojanie oraz wirnika 2, na którego wałku jest osadzony zębniak napędzający koło przekładni zliczającej 4. Silnik skokowy służy do przetwarzania energii elektrycznej w postaci impulsów na przerywany ruch obrotowy, czyli skokowy wirnika. Zespół mechaniczny przekładni zliczającej przenosi ruch wirnika na wskazówkę: godzinową, minutową i sekundową. Urządzenie nastawcze, składające się z koła nastawczego 8, sprzęgnika 9, wałka nastawczego



Rys. 7.18. Elementy zegarka kwarcowego ze wskazaniami analogowymi

1 — cewka silnika, 2 — wirnik silnika, 3 — blok elektroniczny, 4 — koło przekładni zliczającej, 5 — koło sekundowe z czopem do wskazówki sekundowej, 6 — dźwignia zatrzymująca, 7 — koło pośrednie, 8 — koło nastawcze, 9 — sprężynnik, 10 — kołek zerowania, 11 — wałek nastawczy z główką, 12 — nastawnik, 13 — sprężynka wodzika, 14 — koło zmianowe z zębniakiem, 15 — koło godzinowe z tulejką do wskazówki godzinowej, 16 — ćwiertnik, 17 — koło minutowe z tulejką do wskazówki minutowej

z główką 11, nastawnika 12 i wodzika z jego sprężynką 13, służy do nastawiania wskazówek. Dźwignia 6 służy do zatrzymywania przekładni na czas nastawiania wskazówek, a kołek 10 — do zerowania dzielnika bloku elektronicznego 3.

W zegarkach z kalendarzem przekładnia zliczająca służy jednocześnie do przenoszenia ruchu na urządzenie kalendarzowe, a urządzenie nastawcze jest tak skonstruowane, że można nim przestawiać wskazania kalendarza. Zwykle po wyciągnięciu główki do pierwszej pozycji i jej pokręcaniu przestawia się kalendarz, a dopiero po wyciągnięciu główki do dru-

giej pozycji nastawia się wskazówki zegarka.

Bardziej skomplikowane są zegarki o wskazaniach analogowych i jednocześnie cyfrowych (ANA-DIGI). Są one zaopatrzone w blok elektroniczny, sterujący wskazaniami cyfrowymi i wskazówkowymi oraz przekładnią zliczającą do napędzania wskazówek. Do nastawiania wskazówek służy główka wałka nastawczego, a do nastawiania cyfr — przyciski, znajdujące się na obrzeżu koperty. Ale bywają i takie zegarki, np. CASIO, w których wskazówki nastawia się naciskaniem przycisku, znajdującego się w miejscu główki. Takie zegarki zwykle nie mają wskazówki sekundowej, natomiast wskazówka minutowa przesuwana się na tarczy skokami co 20 s, a więc trzy razy w czasie jednej minuty.

7.4. Urządzenia zliczające

7.4.1. Dzielniki częstotliwości

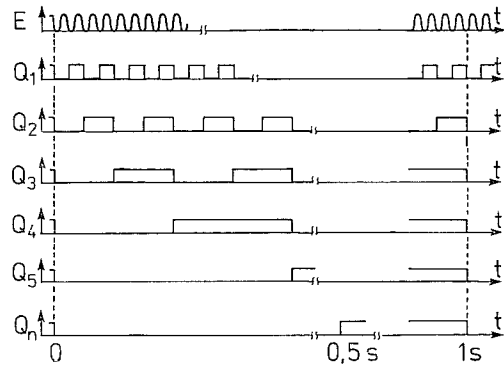
Przetwarzanie częstotliwości rezonatora kwarcowego na informacje czasowe wymaga zmniejszenia dużej częstotliwości do kilku herców. Dopiero po zmniejszeniu tej częstotliwości, zwykle do 1 Hz, można ją przetwarzać na elektromechaniczne lub elektroniczne wskazania czasu.

Do zmniejszania częstotliwości stosuje się wielostopniowy dzielnik częstotliwości

znajdujący się w układzie scalonym. W niektórych przypadkach układ może być uzupełniony rezystorami, których ze względów technologicznych nie można umieścić w układzie scalonym. Przy zastosowaniu układu scalonego typu CMOS zwykle nie ma potrzeby uzupełniania go dodatkowymi rezystorami.

Układ formowania impulsów obcina amplitudę drgań oscylatora do ustalonej wartości i tworzy z drgań sinusoidalnych falę prostokątną. Prawidłowe działanie tego układu zależy od wartości amplitudy impulsów. Wartość ta pozostaje stała nawet wówczas, gdy amplituda drgań oscylatora zmienia się w pewnych granicach. Układ formowania impulsów znajduje się bezpośrednio przed stopniami dzielnika częstotliwości i zasila je impulsami o jednakowej amplitudzie.

Stopnie dzielnika częstotliwości stanowią przełączniki o dwóch stanach: stanie przewodzenia i stanie zaporowym. Każdy wchodzący impuls zmienia stan układu na przeciwny. W ten sposób na wyjściu każdego stopnia pojawia się tylko co drugi impuls. Dzielnik pracuje binarnie, tzn. że impulsy wyjściowe mają dwukrotnie mniejszą częstotliwość niż wejściowe. Po dołączeniu drugiego stopnia pojawia się na wyjściu tylko co czwarty impuls, a po dołączeniu trzeciego — co ósmy. Każdy stopień dzielnika dzieli więc częstotliwość poprzedniego stopnia przez liczbę 2. Na rys. 7.19 jest przedstawiony graficznie przebieg dzielenia częstotliwości wejści-



$$f_0 = \frac{f_0}{2^0} = 32\,768 \text{ Hz}$$

$$f_1 = \frac{f_0}{2^1} = 16\,384 \text{ Hz}$$

$$f_2 = \frac{f_0}{2^2} = 8\,192 \text{ Hz}$$

$$f_3 = \frac{f_0}{2^3} = 4\,096 \text{ Hz}$$

$$f_4 = \frac{f_0}{2^4} = 2\,048 \text{ Hz}$$

$$f_5 = \frac{f_0}{2^5} = 1\,024 \text{ Hz}$$

$$f_{15} = \frac{f_0}{2^{15}} = 1 \text{ Hz}$$

$$f_n = \frac{f_0}{2^n}$$

ciowej $f_0 = 32\,768 \text{ Hz}$ przez 15-stopniowy dzielnik częstotliwości. Po przejściu przez pierwszy stopień częstotliwość wyniesie $f_1 = 32\,768 : 2 = 16\,384 \text{ Hz}$. Po przejściu drugiego stopnia częstotliwość znowu zostanie podzielona na połowę i wyniesie $f_2 = 16\,384 : 2 = 8\,192 \text{ Hz}$ itd. Na ostatnim stopniu częstotliwość wyniesie $f_{15} = 32\,768 : 2^{15} = 1 \text{ Hz}$. Ogólnie możemy to wyrazić w ten sposób, że gdy dzielnik ma n stopni, to w celu uzyskania na wyjściu 1 Hz częstotliwość jest dzielona przez 2^n .

Układ dzielnika zmniejsza więc częstotliwość w stosunku potęgowym liczby 2. Wartość wykładnika potęgi odpowiada liczbie stopni dzielnika. Obrazuje to zestawienie tych liczb w tabl. 7.1. Ponieważ liczbie 2 podniesionej do potęgi zerowej odpowiada wartość 1, częstotliwość znamionowa projektowanego rezonatora kwarcowego jest zawsze binarna, np. 16 384 Hz (2^{14} Hz) lub 32 768 Hz (2^{15} Hz) albo 4 194 304 Hz (2^{22} Hz). Tę ostatnią częstotli-

Rys. 7.19. Kolejne zmiany częstotliwości w 15-stopniowym dzielniku pracującym binarnie

Tablica 7.1
Wartości potęg liczby 2

n	2^n
0	1
1	2
2	4
3	8
4	16
5	32
6	64
7	128
8	256
9	512
10	1 024
11	2 048
12	4 096
13	8 192
14	16 384
15	32 768
16	65 536
17	131 072
18	262 144
19	524 288
20	1 048 576
21	2 097 152
22	4 194 304
23	8 388 608
24	16 777 216
25	33 554 432
26	67 108 864
27	134 217 728
28	268 435 456
29	536 870 912

wość mają rezonatory zegarów kwarcowych produkcji Zakładów MERA-POLTIK w Łodzi.

Należy podkreślić, że stopnie dzielnika częstotliwości działają prawidłowo, gdy doprowadzone do nich impulsy mają jednakowe napięcie. Stąd też konieczny jest wspomniany wyżej układ formowania impulsów.

Układy dzielników częstotliwości, przeznaczonych do zegarów i zegarków o wskazaniach analogowych, są dodatkowo wyposażone we wzmacniacz wyjściowy lub generator wzbudzający, które służą do wzmacniania impulsów wyjściowych i dostarczają energii potrzebnej do sterowania przetwornikiem elektromechanicznym. Bez tego wzmocnienia impulsy wyjściowe byłyby za słabe do uruchamiania przetwornika.

7.4.2. Przetworniki elektromechaniczne i elektroniczne

W zegarach i zegarkach kwarcowych ze wskaźnikami analogowymi są stosowane **przetworniki elektromechaniczne**, które przetwarzają energię impulsów elektrycznych układu scalonego na ruch obrotowo-skokowy przekładni zliczającej. Dzieje się to w taki sposób, że impulsy wychodzące z ostatniego stopnia dzielnika po wzmocnieniu są przekazywane do przetwornika, którego element przetwarzający wykonuje jeden ruch kątowy

(skok), po każdym impulsie, a więc najczęściej 1 skok na sekundę.

W pierwszych zegarach kwarcowych o wskazaniach analogowych stosowano przetworniki zapadkowe, kotwicowe, także silniki balansowe (zob. **rys. 7.10**) i silniki synchroniczne, a w obecnie produkowanych — silniki skokowe.

Ze względu na wykonywane ruchy przetworniki elektromechaniczne można podzielić na wykonujące ruchy:

- kątowe — zapadkowe, kotwicowe,
- obrotowo-skokowe — silniki.

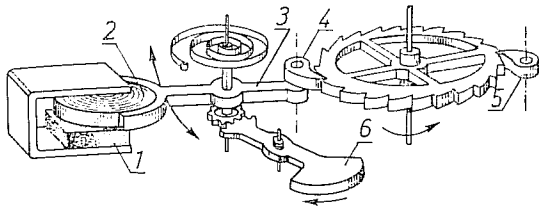
Natomiast ze względu na sposób zasilania rozróżnia się przetworniki:

- zasilane impulsami jednokierunkowymi,
- zasilanie impulsami dwukierunkowymi.

Ponieważ zadaniem przetwornika elektromechanicznego jest zamiana otrzymywanych impulsów elektrycznych na odpowiednie ruchy obrotowe, przeto musi on wykazywać:

- wysoką pewność działania przy napięciu w granicach $1,0 \div 1,6$ V,
- mały pobór prądu,
- stosunkowo duży moment obrotowy,
- niewrażliwość na zmiany temperatury,
- niewrażliwość na zewnętrzne pola magnetyczne.

Tym wszystkim wymaganiom najbardziej odpowiada **silnik skokowy**. Ostatnio silniki skokowe, dzięki swej niezawodności, prostej budowie i małemu zużyciu energii, są stosowane najczęściej. Szczegóły



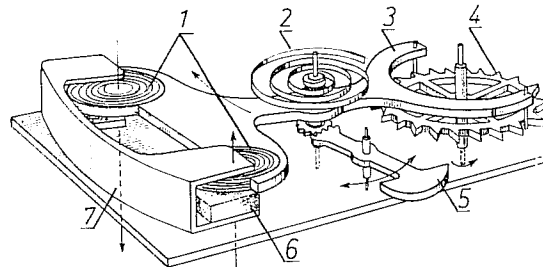
konstrukcyjne różnych silników skokowych i sposoby ich działania omówiliśmy już w rozdziale 1.8.4. Tam też są podane wiadomości o silnikach skokowych stosowanych w zegarach i zegarkach kwarcowych, więc nie będziemy ich tutaj powtarzać. Natomiast w wielu zegarach spotyka się jeszcze przetworniki zapadkowe i kotwicowe, dlatego omówimy tutaj niektóre z nich.

Na **rys. 7.20** przedstawiono schematycznie **przetwornik zapadkowy** z ruchomą cewką napędową, wykonującą ruch kątowy. Cewka 2, zamocowana w ramionach dźwigni 3, jest umieszczona nad magnesem trwałym 1, przymocowanym do nieruchomej obejmy. Gdy impuls prądowy popłynie przez cewkę 2, wytwarza pole magnetyczne, które współdziałając z polem magnesu trwałego 1, wprawia w ruch kątowy dźwignię 3, a zapadka 4, ułożyskowana na końcu tej dźwigni, obraca koło przetwornika w kierunku zaznaczonym strzałką. Gdy działanie impulsu prądowego ustanie, spiralna sprężynka zwrotna przywraca dźwignię 3 do położenia wyjściowego, a przeciwzapadka 5 zabezpiecza koło przetwornika przed cofaniem. Na osi koła przetwornika jest osadzony zęb-

nik (nie uwidoczniiony na rysunku), który poprzez przekładnię zliczącą i przekładnię wskazań nadaje ruch wskazówkom. W celu zlikwidowania przyspieszeń wywołujących dodatkowe momenty zastosowano element kompensacyjny 6, zazębiający się swym segmentem zębatym z zębnikiem osadzonym na wałku dźwigni 3.

Zaletą przetworników zapadkowych z ruchomą cewką napędową jest mała wrażliwość na zewnętrzne pola magnetyczne. Stroną ujemną jest konieczność dwóch doprowadzeń prądu do ruchomej cewki oraz wrażliwość na zakłócenia mechaniczne, np. wstrząsy; dlatego nie nadają się do zegarków noszonych.

Podobne jest działanie **przetwornika kotwicowego** z dwiema cewkami ruchomymi przedstawionego na **rys. 7.21**. Obwód



Rys. 7.20. Przetwornik zapadkowy z ruchomą cewką napędową

1 — magnes trwały, 2 — cewka napędowa, 3 — dźwignia przetwornika, 4 — zapadka, 5 — przeciwzapadka, 6 — element kompensacyjny

Rys. 7.21. Przetwornik kotwicowy z dwiema cewkami ruchomymi

1 — cewka zwrotna, 2 — sprężynka zwrotna, 3 — kotwica przetwornika, 4 — koło przetwornika, 5 — element kompensacyjny, 6 — magnes trwały, 7 — jarzmo magnesów

magnetyczny ma dwie szczeliny powietrzne o przeciwnie względem siebie skierowanych polach magnetycznych. Kotwica 3, wykonująca ruch kątowy, ma dwa położenia stabilne. W każdym z położenia stabilnych jedna z cewek 1 jest usytuowana centralnie w swej szczelinie powietrznej. Przepływ impulsów o kolejno przeciwniej

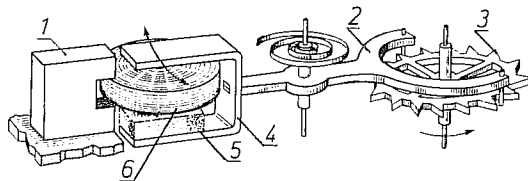
biegunowości przez cewki wywołuje ruch kątowy kotwicy 3, która poprzez kołki paletowe wprawia w ruch koło przetwornika 4. W tym przypadku nie występuje zużycie energii na napinanie sprężynki zwrotnej. Przetwornik ten ma takie same zalety i wady, jak przetwornik zapadkowy z jedną ruchomą cewką.

Działanie przetworników z ruchomymi cewkami jest odwracalne, tzn. że można zbudować przetwornik z cewką stałą, a wtedy magnes musi być ruchomy.

Na rys. 7.22 przedstawiono przetwornik kotwicowy z jedną nieruchomą cewką 6

Rys. 7.22. Przetwornik kotwicowy z cewką nieruchomą

1 — uchwyt cewki, 2 — kotwica przetwornika, 3 — koło przetwornika, 4 — jarzmo magnesu, 5 — magnes trwały, 6 — cewka napędowa

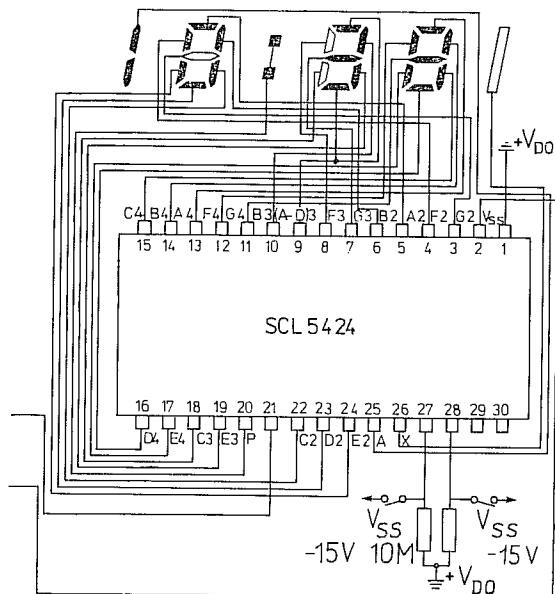


zamocowaną w uchwycie 1. Magnes trwały 5 jest umocowany w jarzmie 4 przytwierdzonym do końca kotwicy 2. Ruch kotwicy, spowodowany współdziałaniem pól magnetycznych, jest przenoszony przez kołki paletowe na koło przetwornika 3 i obraca je o jeden ząb za każdym impulsem. Sprężynka spiralna przywraca kotwicę do położenia wyjściowego. Ponieważ biegunowość magnesu trwałego 5 przy każdym skoku pozostaje niezmienna, dla uzyskania ruchu kąтового kotwicy są wymagane impulsy prądowe o jednakowej biegunowości. Jednoimienne pola magnetyczne wypychają kotwicę z położenia spoczynkowego i wytwarzają mo-

ment obrotowy. Przetworniki z ruchomym magnesem nie wymagają doprowadzania prądu do ruchomego zespołu napędowego, więc są prostsze w swej budowie. Są jednak bardziej wrażliwe na działanie zewnętrznych pól magnetycznych.

Przetworniki elektroniczne mają za zadanie z sekundowych impulsów otrzymywanych z ostatniego stopnia dzielnika częstotliwości uformować cyfrową informację o czasie. Informacja ta na wyjściach przetwornika musi być tak zestawiona, aby wszystkie cyfry wskaźnika czasu były ułożone z siedmiu (czasem z dziewięciu) segmentów. Przetwornik elektroniczny tego typu nazywa się **dekoderem**. Układ dekodera stanowią stopnie elektronicznego dzielnika połączone z układem logicznym do zamiany impulsów czasowych w zestawy cyfrowe (rys. 7.23). Są one wykonane jako układy scalone typu CMOS.

W zasadzie układ dekodera składa się z pewnej liczby różnych liczników, które sumując kolejne impulsy zliczają odpowiednio godziny, minuty i sekundy. Przy tym licznik dziesięciosiekundowy tak zlicza impulsy sekundowe, że po każdym dziesiątym impulsie sekundowym licznik ten zostanie przestawiony dalej o jeden impuls. Przez szósty dziesięciosiekundowy impuls licznik zostanie przestawiony na zero, a licznik minut zostanie przestawiony dalej o jeden impuls. Licznik dziesięciminutowy i minutowy pracują tak samo, jak odpowiednie liczniki sekundowe. Po każdym szóstym impulsie dzie-



sięciominutowym licznik godzinowy zostanie przestawiony o jedną godzinę dalej. Impulsy godzinowe są zliczane do 12 lub do 24 godzin, a po ostatnim impulsie licznik godzin zostanie przestawiony na zero. Ustawianie liczb odpowiadających informacjom impulsowym jest przez układ tak uformowane, że na przynależnych wyjściach układu znajdują się informacje impulsowe, tworząc cyfry złożone z siedmiu segmentów.

7.4.3. Przekładnie zębate zliczające

W zegarach i zegarkach kwarcowych ze wskaźnikami analogowymi znajduje się **przekładnia zębata zliczająca**, będąca

przekładnią zwalniającą (w przeciwieństwie do przekładni chodu w zegarach mechanicznych, która jest przekładnią przyspieszającą). Zadaniem przekładni zliczającej w zegarach i zegarkach kwarcowych jest zliczanie skoków wirnika silnikowego lub innego przetwornika, aby za pośrednictwem przekładni wskazań zostały one ujawnione na tarczy przez wskaźówki.

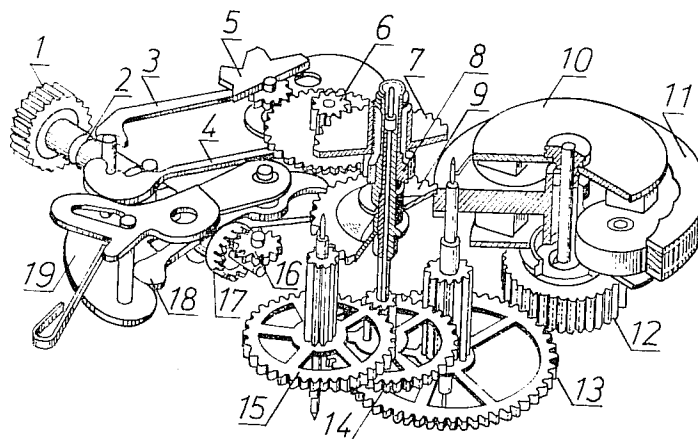
Na **rys. 7.24** przedstawiono schematycznie przekładnię zliczającą i przekładnię wskazań oraz elementy urządzenia do nastawiania wskazówek w zegarku kwarcowym produkcji radzieckiej.

Zębniak 12 silnika skokowego zazębia się z kołem 13 przekładni zliczającej, zwanym kołem redukcyjnym, którego zębniak na-

Rys. 7.23. Przetwornik elektroniczny (układ sterowniczy) cyfrowego wskaźnika czasu typu LCD

Rys. 7.24. Schemat kinematyczny przekładni zliczającej i urządzenia nastawczego w zegarku kwarcowym produkcji radzieckiej

1 — główka nastawcza, 2 — wałek nastawczy, 3 i 4 — sprężynki nastawnika, 5 — koło gwiazdowe z zębniakiem, 6 — koło zmianowe z zębniakiem, 7 — koło godzinowe, 8 — ćwiertnik, 9 — koło minutowe, 10 — wirnik silnika, 11 — stator silnika, 12 — zębniak silnika skokowego, 13 — koło redukcyjne przekładni zliczającej z zębniakiem, 14 — koło sekundowe z zębniakiem, 15 — koło pośrednie z zębniakiem, 16 — koło nastawcze, 17 — sprężynnik, 18 — wodzik, 19 — nastawnik



prowadzi koło sekundowe 14. Od zębniaka koła sekundowego poprzez koło pośrednie 15 z zębniakiem jest przenoszony ruch na

centralne koło minutowe 9. Przekładnia wskazań składa się z ćwiertnika 8, koła zmianowego 6 z zębniakiem i koła godzinnowego 7.

Walek nastawczy 2 z główką 1 może przyjmować trzy ustalone położenia. W celu nastawienia wskazówek należy wyciągnąć główkę do trzeciego położenia, przy czym sprzęgnik 17 zazębi się z kołem nastawczym 16, a dźwignia połączona z wałkiem nastawczym (nie uwidoczniła na rysunku) zatrzymuje ruch przekładni zliczającej. Przez pokręcanie główki w tym położeniu ruch otrzymuje przekładnia wskazań. W drugim położeniu główki nastawia się kalendarz.

Przekładnia zliczająca w zegarkach kwarcowych innych firm może różnić się w niektórych szczegółach. Na **rys. 7.25** przedstawiono w układzie rozwiniętym przekładnię zliczającą i przekładnię wskazań w

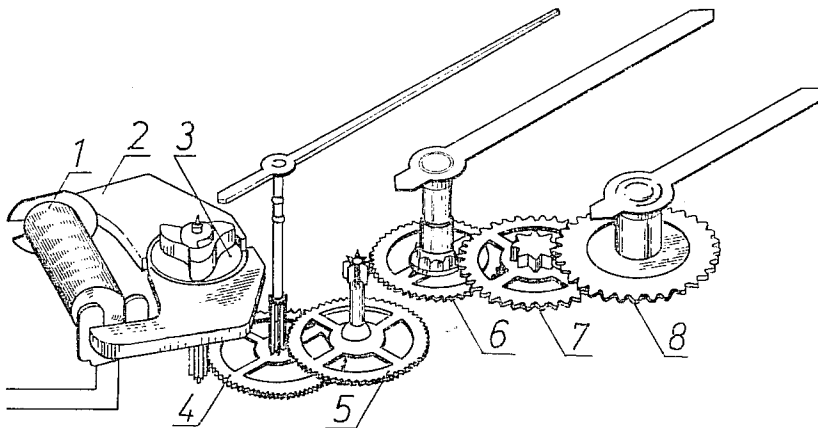
zegarku kwarcowym japońskiej firmy SEIKO. W tym przypadku zębniak wirnika 3 zazębia się z kołem sekundowym 4, a nie z kołem redukcyjnym, jak w poprzednim przykładzie.

Przełożenie pierwszego stopnia przekładni zliczającej ustala się w zależności od liczby skoków wirnika podczas jednego jego obrotu. Wiadomo, że koło sekundowe 4, wraz z osadzoną na jego czopie wskazówką, musi wykonywać jeden obrót na minutę, a koło minutowe 6 ze wskazówką minutową — jeden obrót na godzinę. Te wymagania stanowią podstawę do ustalenia przełożenia przekładni zliczającej. Ponieważ w tym przypadku wirnik ma trzy pary biegunów magnetycznych, więc po każdym impulsie sekundowym wykonana skok o 60° , czyli jeden pełny obrót w ciągu sześciu sekund. Natomiast oś sekundowa musi obracać się z prędkością jeden obrót na minutę. Wobec tego przełożenie między wirnikiem a osią sekundową będzie się wyrażać liczbą 10. Zębniak ma 6 zębów, więc koło sekundowe musi mieć 60 zębów ($6 \cdot 10 = 60$). W takim przypadku wystarcza jednostopniowa przekładnia między wirnikiem silnika a kołem sekundowym.

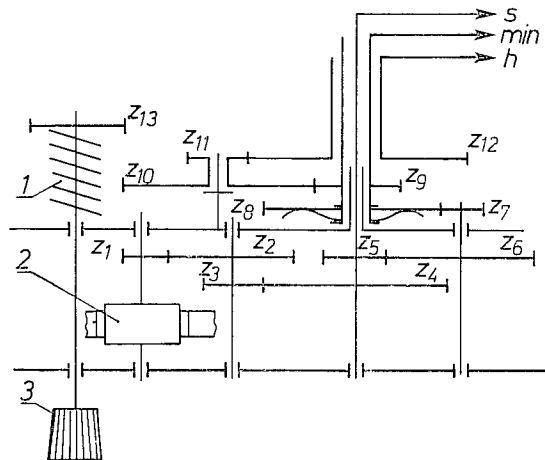
Natomiast w tych konstrukcjach, w których wirnik ma dwie lub tylko jedną parę biegunów, między wirnikiem a osią sekundową musi być zastosowana przekładnia dwustopniowa. Przykładem takiej konstrukcji jest przekładnia zliczająca w zegarkach kwarcowych produkcji łódzkiej fir-

Rys. 7.25. Schemat przekładni zliczającej i przekładni wskazań w zegarku kwarcowym SEIKO

1 — cewka silnika skokowego, 2 — stojan, 3 — wirnik silnika, 4 — koło sekundowe z zębniakiem, 5 — koło pośrednie z zębniakiem, 6 — koło minutowe z ćwiertnikiem, 7 — koło zmianowe z zębniakiem, 8 — koło godzinowe



my MERA-POLTIK (rys. 7.26). Wirnik 2 silnika skokowego ma dwie pary biegunów, więc wykonuje jeden obrót w ciągu czterech sekund. Między wirnikiem a osią se-



kundową jest zastosowana przekładnia dwustopniowa, w której zębnik wirnika $z_1 = 9$ zębów, koło redukcyjne $z_2 = 45$ zębów, zębnik redukcyjny $z_3 = 16$ zębów, koło sekundowe $z_4 = 48$ zębów. Przełożenie między wirnikiem a osią sekundową będzie

$$i = \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} = \frac{45 \cdot 48}{9 \cdot 16} = 15$$

Przełożenie między osią sekundową a osią minutową powinno wynosić 60, więc i tutaj musi być przekładnia dwustopniowa, w której zębnik sekundowy $z_5 = 8$ zębów, koło pośrednie $z_6 = 64$ zęby, zębnik pośred-

ni $z_7 = 8$ zębów i koło minutowe $z_8 = 60$ zębów

$$i = \frac{z_6 \cdot z_8}{z_5 \cdot z_7} = \frac{64 \cdot 60}{8 \cdot 8} = 60$$

Przełożenie przekładni wskazań, podobnie jak w innych zegarach, wynosi 12.

Warunki pracy przekładni zębatej zliczającej w zegarkach kwarcowych różnią się znacznie od warunków pracy przekładni chodu w zegarkach mechanicznych. Wartość momentu obrotowego przekazywanego przez silnik skokowy jest bardzo mała, a straty na tarcie w łożyskach i inne opory są również znikome. Ponadto przekładnia jest obciążona tylko podczas przekazywania impulsu, stąd obciążenie tej przekładni jest blisko 10-krotnie mniejsze niż w zegarkach mechanicznych. Z tych też względów stosuje się w tej przekładni zęby o zarysie ewolwentowym, tym bardziej, że zazębienie ewolwentowe jest mniej czułe na błędy w odległościach osi oraz odznacza się większą sprawnością. Elementy przekładni zliczającej najczęściej są ułożyskowane w dwóch płytach. W niektórych zegarkach jest stosowany osobny mostek do osi minutowej. Natomiast w zegarach i w budzikach kwarcowych, produkowanych w firmie MERA-POLTIK w Łodzi, płyta przednia jest wykonana z tworzywa sztucznego z grupy poliwęglanów, o kształcie dość skomplikowanym. Płyta tylna, na której mocuje się silnik, jest wykonana z mosiądzu. W niektórych zegarach również koła zębate są wykonane z

Rys. 7.26. Schemat przekładni zegara kwarcowego produkcji łódzkiej MERA-POLTIK

1 — sprężynka śrubowa, 2 — wirnik silnika, 3 — pokrętka do nastawiania wskazówek

Rys. 7.27. Schemat połączenia przekładni zliczającej z przekładnią wskazań
 1 — wirnik silnika z zębniakiem,
 2 — koło redukcyjne z zębniakiem,
 3 — koło sekundowe z zębniakiem,
 4 — koło pośrednie z zębniakiem,
 5 — koło centralne (minutowe),
 6 — ćwiertnik, 7 - koło godzinowe,
 8 — tulejka koła godzinowego,
 9 — tulejka ćwiertnika, 10 — czop sekundowy, 11 — koło zmianowe z zębniakiem

tworzywa sztucznego, zwykle z grupy poliacetoli, np. w zegarach łódzkiej firmy MERA-POLTIK. Pozostałe elementy są wykonane z mosiądzu.

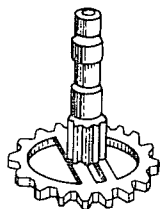
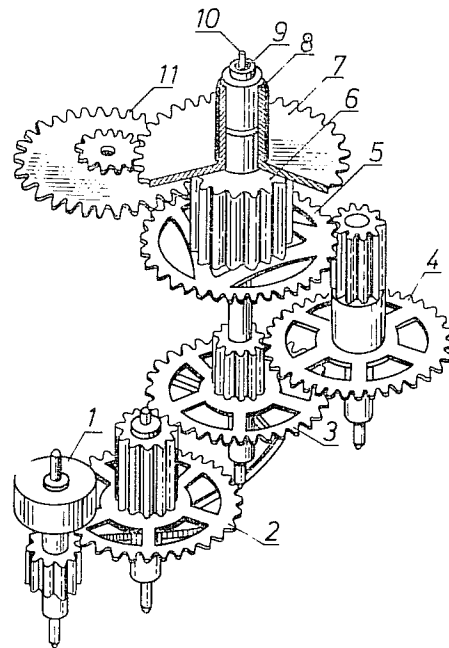
7.5. Urządzenia wskazujące

7.5.1. Wskaźniki analogowe (mechaniczne)

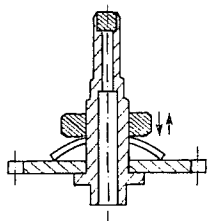
Mechaniczne urządzenia wskazujące stosowane w zegarach i zegarkach kwarcowych są takie same, jak w zegarach i zegarkach mechanicznych. Tarcze i wskazówki tworzą **urządzenia wskazujące analogowe**. Czas odmierzany przez generator kwarcowy, zamieniony na impulsy sekundowe i przetworzony na ruch obrotowy przekładni zliczającej i przekładni wskazań, jest wskazywany za pomocą wskazówek przesuwających się nad tarczą zaopatrzoną w podziałkę i cyfry lub znaki godzinowe.

Zasadnicze elementy przekładni wskazań oraz sposoby mocowania tarcz i wskazówek również nie odbiegają od konstrukcji stosowanych w zegarach i zegarkach mechanicznych. Są jednak pewne różnice w połączeniach przekładni zliczającej z przekładnią wskazań oraz w konstrukcji sprzęgła cierne-ego i osadzeniu ćwiertnika.

Na **rys. 7.27** przedstawiono jedno z rozwiązań konstrukcyjnych sprzęgła cierne-



Rys. 7.28. Połączenie cierne ćwiertnika z kołem centralnym



Rys. 7.29. Połączenie cierne za pomocą wyoblonej sprężynki

go i połączenia przekładni zliczającej z przekładnią wskazań. Zębniak silnika 1 napędza koło redukcyjne 2, a jego zębniak napędza koło sekundowe 3, z którego ruch jest przenoszony poprzez koło pośrednie 4 i jego zębniak na koło centralne 5. Koło to jest odpowiednikiem koła minutowego, gdyż obraca się raz na godzinę. Jest ono nazywane kołem centralnym, gdyż jest ułożyskowane w środku mechanizmu razem z osią i czopem sekundowym. Między trzema ramionami tego koła znajduje się wciśnięty czop, utworzony z podtoczenia ćwiertnika 6. Ramiona koła obejmujące czop ćwiertnika lekko sprężynują i zaciskają czop, tworząc sprzęgło cierne.

Mały kołnierz, utworzony przez podtoczenie czopa, utrzymuje koło tuż przy ćwiertniku. Podobne sprzęgło cierne znajduje się w niektórych zegarkach mechanicznych bez koła minutowego.

Z ćwiertnikiem 6 zazębia się koło zmianowe 11, którego zębniak napędza koło godzinowe 7. Na tulejce 8 koła godzinowego osadza się wskazówkę godzinową, na tulejce 9 ćwiertnika — wskazówkę minutową, a na czopie sekundowym 10 — wskazówkę sekundową.

Nieco inne rozwiązanie sprzęgła cierne przedstawiono na rys. 7.28. Podtoczony dolny czop ćwiertnika jest wciśnięty między dwa równoległe ramiona koła centralnego. Między tymi ramionami są małe zagłębienia promieniowe, które utrzymują ćwiertnik w środku koła. Są także jeszcze inne rozwiązania, np. z płaską sprężynką wyobloną, utrzymującą cierne koło minutowe (rys. 7.29), lub z ćwiertnikiem ściśniętym z dwóch stron (rys. 7.30) i wciśniętym na czop osi minutowej, jak to jest w większości zegarków mechanicznych.

7.5.2. Wskaźniki cyfrowe (optoelektroniczne)

Zegarki kwarcowe z elektronicznym wskaźnikiem czasu są nazywane zegarkami w pełni elektronicznymi. Nie mają one żadnych mechanicznych elementów składowych do wskazywania czasu.

Zegarek kwarcowy ze wskaźnikiem cyfro-

wym jest wyposażony w elektroniczny przetwornik, który z sekundowych impulsów otrzymywanych z ostatniego stopnia dzielnika częstotliwości przesyła do wskaźnika informację czasową tak zestawioną, że na wskaźniku ustawiają się cyfry (ułożone zwykle z siedmiu segmentów - - zob. rys. 7.23.). Budowę cyfr siedmiosegmentowych przedstawia rys. 7.31.

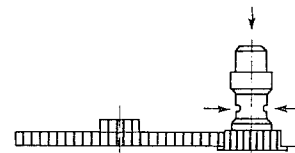
W zegarkach kwarcowych mają zastosowanie dwa rodzaje cyfrowych wskaźników optoelektronicznych:

- z półprzewodnikowych diod świecących — LED (Light Emitting diodes Display),
- z ciekłych kryształów — LCD (Liquid Crystals Display).

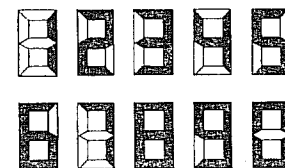
Wskaźniki LED wykonane z półprzewodnikowych diod luminescencyjnych są trwałe, a cyfry ich widoczne w ciemności. Prąd przepływający przez diodę w kierunku przewodzenia wywołuje emisję światła w kolorze zależnym od użytych domieszek.

Diody wykonane z arsenku galowego (GaAs) z domieszką fosforu emitują światło barwy czerwonej, a diody z fosforu galowego świecą zielono. Zasadę budowy punktowej diody luminescencyjnej przedstawia rys. 7.32.

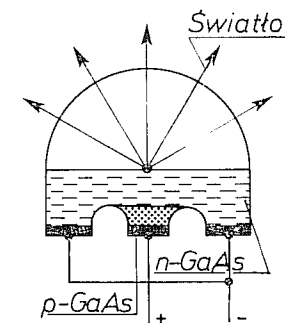
Ponieważ diody półprzewodnikowe są zasilane w kierunku przewodzenia, prężo napięcie ich wzbudzenia jest małe, od 1,6 do 6 V. Jednakże duży jest pobór prądu przepływającego, który może wynosić do 10 mA. Od wartości przepływającego prą-



Rys. 7.30. Połączenie cierne przez ściśnięcie ścianek tulejki ćwiertnika



Rys. 7.31. Wszystkie siedmiosegmentowe cyfry wskaźnika

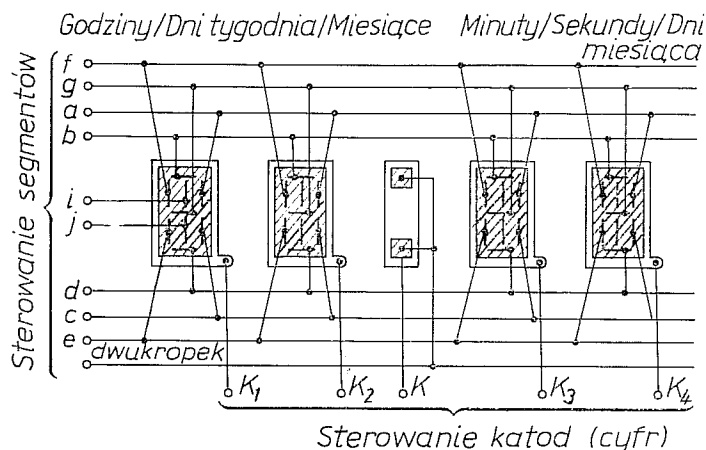


Rys. 7.32. Zasada budowy diody luminescencyjnej

du zależy intensywność świecenia. Prąd w kierunku wstecznym przy napięciu 3 V nie przekracza $100 \mu\text{A}$. Poszczególne cyfry składają się co najmniej z 10 punktów. Ich pobór prądu jest duży i w przypadku 4 cyfr może osiągnąć blisko 100 mA.

W celu zmniejszenia poboru prądu w zegarkach naręcznych stosuje się sterowanie wskaźnika z **rozdziałem czasowym**, czyli tzw. multipleksowanie. Polega ono na tym, że cyfry wskaźnika są włączane niejednocześnie, lecz kolejno jedna za drugą. Ponieważ to przełączanie (multipleksowanie) odbywa się bardzo szybko, z częstotliwością $0,2 \div 1 \text{ kHz}$, oko ludzkie nie dostrzega tych zmian, lecz widzi wszystkie cyfry jednocześnie. Dzięki temu pobór prądu może być ograniczony do 10 mA. Sposób połączenia struktur wskaźnika siedmiosegmentowego LED

Rys. 7.33. Sposób łączenia do multipleksowania struktur LED w zegarku naręcznym



w zegarku naręcznym przedstawiono na **rys. 7.33**. W naręcznych zegarkach elektronicznych stosuje się monolityczne siedmiosegmentowe struktury LED, montowane bezpośrednio na płytce podłożowej, oraz wskaźniki zbudowane z tych struktur, a czasem z diod paskowych. Połączenie wskaźnika z płytką podłożową zegarka może być wykonane za pomocą sklejenia lub przylutowania.

Wskaźniki zbudowane z diod półprzewodnikowych są niezawodne oraz wytrzymałe na wstrząsy mechaniczne i wpływy atmosferyczne. Jednak ze względu na duży pobór prądu nie nadają się do ciągłego wskazywania czasu. Dlatego zastosowane w zegarkach nie świecą stale, ale wyświetlają wskazania czasu tylko po naciśnięciu przycisku znajdującego się z boku koperty zegarka.

Wskaźniki LCD są zbudowane z ciekłych kryształów. Ciekłe kryształy są to substancje organiczne, które w zakresie temperatur od -20°C do $+70^\circ\text{C}$ zachowują się jak ciecz nasycone kryształami. Wykazują one jednocześnie właściwości ciał stałych i cieczy: zachowują przewodność elektryczną i przezroczystość oraz płynność.

Strukturę ciekłych kryształów można porównać do cieczy, w której są beładnie umieszczone dipole elektryczne¹⁵⁾. Siły międzycząsteczkowe ciekłych kryształów są małe, więc do uporządkowania cząstek potrzebne są niewielkie siły elektry-

czne. Po włączeniu napięcia kryształy zawarte w fazie ciekłej podlegają uporządkowaniu. Ciecz przedtem przezroczysta staje się wtedy mętna i odbija światło.

Zasadę budowy wskaźnika LCD przedstawiono na rys. 7.34. Między dwiema płytkami szklanymi 1, oddalonymi od siebie o około 10 μm , znajduje się warstwa ciekłych kryształów 5. Na wewnętrznej ścianie górnej płytki jest wykonana struktura cyfr w postaci siedmiu segmentów. Dolna płytka na wewnętrznej stronie jest zwierciadłem. Struktura cyfrowa spełnia zadanie elektrody przezroczystej 3, a drugą elektrodę lustrzaną 2 stanowi zwierciadło. Po doprowadzeniu napięcia do tych elektrod znajdująca się między nimi warstwa ciekłych kryształów 5 mętnieje i odbija wpadające światło 4, przy czym odbicie to jest dodatkowo wzmocnione zwierciadłem. Przez wzbudzenie odpowiednich segmentów można uzyskać na wskaźniku wszystkie cyfry od 0 do 9. Po odłączeniu napięcia światło przenika przez przezroczystą warstwę ciekłych kryształów i cyfry wskaźnika stają się niewidoczne.

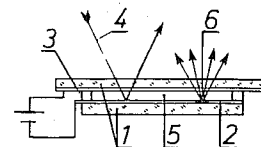
Ciekłe kryształy stosowane we wskaźnikach LCD z rozproszeniem dynamicznym charakteryzują się regularnym poprzecznym lub podłużnym ustawieniem cząsteczek. Światło padające na wskaźnik w całości przechodzi przez warstwę ciekłych kryształów i po odbiciu od elektrody lustrzanej powraca niestłumione. Napięcie zmienne powoduje nieregularne przemieszczanie się cząsteczek, co spr-

wia, że między elektrodami padające światło ulega silnemu rozproszeniu. Wadą tego typu wskaźników jest dość duży pobór mocy, słaba kontrastowość i mała żywotność.

Wskaźniki LCD z efektem polowym charakteryzują się małym poborem mocy, około 100 razy mniejszym niż wskaźników z rozproszeniem dynamicznym. Napięcie zasilania wynosi 3 V, więc wskaźnik może być zasilany bezpośrednio z układu scalonego CMOS.

Do budowy wskaźników tego typu stosuje się ciekłe kryształy, mające właściwości porządkowania swoich cząsteczek w spiralne stosy. Doprowadzenie napięcia powoduje równoległe ustawienie cząsteczek między przezroczystymi elektrodami. Światło padające na wskaźnik, po przejściu przez warstwę ciekłych kryształów, ulega wygaszeniu i rozproszeniu w dolnym polaryzatorze. Wskutek tego rozproszenia uzyskuje się kontrast prawie dwa razy większy niż we wskaźnikach z rozproszeniem dynamicznym. Cyfry są znacznie ciemniejsze od tła. Ponieważ powstanie ich polega nie na zjawisku odbijania się światła, lecz na jego polaryzacji, więc czytelność ich zależy od kąta padania światła.

Wspomniane zalety: mały pobór mocy, niskie napięcie zasilania, większy kontrast i bezpośrednie zasilanie z układu scalonego CMOS spowodowały szerokie rozpowszechnienie się wskaźników LCD z efektem polowym. Mają one jednak także i pe-



Rys. 7.34. Zasada budowy wskaźnika LCD

1 — płytki szklane, 2 — elektroda lustrzana, 3 — elektroda przezroczysta, 4 — padające światło, 5 — warstwa ciekłych kryształów, 6 — obszar odbijający z rozproszeniem



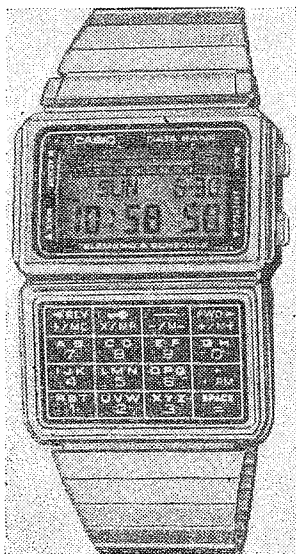
Rys. 7.35. Zegarek typu JP-100 z pulsometrem i stoperem

wne wady: brak odporności na uderzenia i silne wstrząsy; rozchylanie się płytek i przenikanie ciekłych kryształów na pola kontaktowe (co powoduje zwiększenie poboru prądu i zmniejszenie kontrastu); wrażliwość na podwyższone temperatury; starzenie się ciekłych kryształów. Pomimo wymienionych wad znajdują one szerokie zastosowanie w zegarkach.

7.6. Niektóre nowsze rozwiązania zegarków kwarcowych

Powstanie zegarka kwarcowego wiąże się z datą lądowania pierwszego człowieka na Księżycu. Obydwa te epokowe wydarzenia mogły zaistnieć tylko dzięki rozwojowi elektroniki. Niektóre fabryki zegarków w Szwajcarii i Japonii, np. SEIKO, podsumowując swe osiągnięcia w dwudziestolecie wyprodukowania swego pierwszego zegarka kwarcowego, nawiązują do tamtych wydarzeń.

Od tamtych dni powstało wiele nowych fabryk wytwarzających zegarki kwarcowe. Produkcja zegarków kwarcowych na Dalekim Wschodzie, rozpoczęta wkrótce po ich wynalezieniu, wciąż wzrasta. W Hongkongu od 10 do 14 września 1989 roku odbywały się targi pod hasłem: „Hong-Kong International Watch et Clock Fair 89”, na których różne firmy wystawiły swoje produkty. Ogłoszenie o tych tar-



Rys. 7.36. Zegarek typu DBC-600 z pamięcią komputerową, kalkulatorem i stoperem

gach oraz ilustrowane oferty zostały zamieszczone w szwajcarskim czasopiśmie JSH z kwietnia 1989 roku. Są tam ogłoszenia ponad 20 firm niedawno powstałych o następujących nazwach: ACCORD, APEXON, CALINDA, MODERNO, OTEEN, PARMEX, POCALLA, SILCON, TUNLEES i innych. Oferują one zegarki kwarcowe, przeważnie o wskazaniach analogowych lub ANA-DIGI, w różnych kopertach, także złotych, z bransoletami metalowymi lub paskami. Konkurencją dla tamtych zegarków jest kwarcowy zegarek szwajcarski SWATCH firmy ETA, o którym wspomnieliśmy już w rozdziale 2.2. Są to jednak zegarki popularne do codziennego użytku.

Japońska firma CASIO oprócz zegarków zwykłych produkuje zegarki kwarcowe o wskazaniach cyfrowych służące do specjalnych celów. Wodoszczelny zegarek sportowy typu JP-100 (rys. 7.35) jest wyposażony w pulsomierz, stoper mierzący czas do 20 godzin oraz timer, czyli licznik czasu do tyłu (countdown) również do 20 godzin z końcowym alarmem. Tym stoperem można wykonać do dziewięciu pomiarów zakodowanych w pamięci zegarka. W celu zmierzenia pulsu należy położyć goły palec na miejscu z napisem PULSE. Poniżej można odczytać wynik i porównać go z pulsem normalnym.

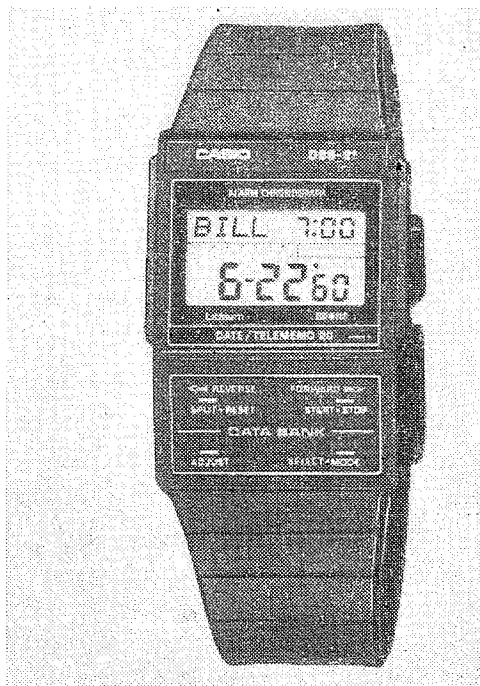
Zegarek typu DBC-600 (rys. 7.36) jest wyposażony w pamięć komputerową, kalkulator i stoper z końcowym alarmem. Można w nim zaprogramować do 50 numerów telefonicznych albo ważne terminy do za-

pamiętania, do 14 dni przedtem. Terminy są wywoływane dźwiękiem i ujawniane na małym wskaźniku. Klawiatura kalkulatora jest na tyle duża, że można palcem na niej wywoływać cyfry lub litery na wskaźniku bez stosowania długopisu, jak to jest konieczne na klawiaturach innych małych zegarków.

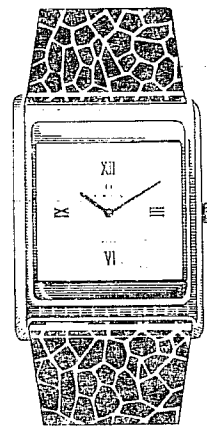
Zegarek typu OBS-2 (rys. 7.37) ma pamięć komputerową do 20 wyrazów oraz stoper. Kodowanie odbywa się przyciskami znajdującymi się z boku koperty.

Firma CITIZEN wyprodukowała zegarek kwarcowy o wskazaniach analogowych z kalendarzem, wyposażony w barometr i wysokościomierz. Alpinista wspinający się na szczyt góry może na tym zegarku odczytać nie tylko czas i datę, ale także istniejące tam ciśnienie barometryczne oraz wysokość, na jakiej się znajduje. Zegarek może wskazać wysokość od -300 do +5000 m w odstępach co 10 m, a ciśnienie barometryczne — co godzinę. Ponieważ zegarek wskazuje także małe wzniesienia, może być pożyteczny nie tylko dla wspinaczy, ale i dla lotników szybowcowych, tym bardziej, że nie jest wrażliwy na wpływy atmosferyczne, np. deszcz, zimno.

Najcieńszy zegarek kwarcowy o wskazaniach analogowych wyprodukowała firma CONCORD w Hanau (rys. 7.38). Jego całkowita grubość wynosi tylko 3 mm. Jest to klasyczny wodoszczelny zegarek w prostokątnej kopercie ze szkłem szafirowym.

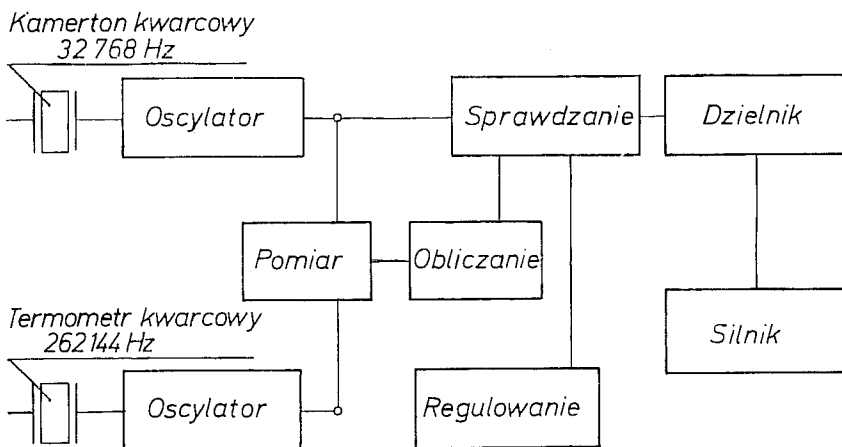


Rys. 7.37. Zegarek typu DBS-2 z pamięcią komputerową i stoperem



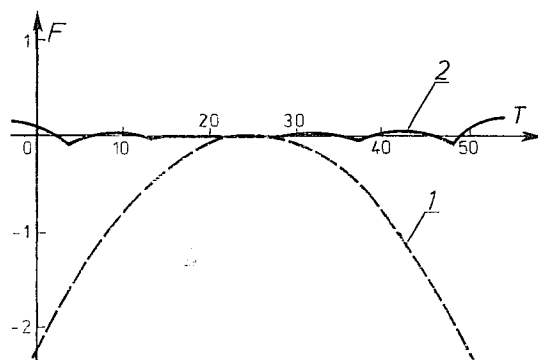
Rys. 7.38. Najcieńszy kwarcowy zegarek świata

Generatory kwarcowe stosowane w zegarkach są dość czułe na wpływy temperatury (zob. rozdz. 7.2). W celu zmniejszenia tego wpływu fabryka OMEGA opracowała analogowy **zegarek kwarcowy z kompensacją termiczną**, która zapewnia niedokładność działania zegarka mniejszą niż ± 10 s na rok. Zasada działania tej kompensacji, zastosowana w zegarkach OMEGA kal. 1441 i 1445, polega na współdziałaniu dwóch rezonatorów kwarcowych: konwencjonalnego rezonatora kamertonowego o częstotliwości drgań 32 768 Hz i rezonatora o częstotliwości 262 144 Hz, który jest bardzo wrażliwy na zmiany temperatury i pełni funkcję termometru.



Rys. 7.39. Schemat blokowy zegarka kwarcowego z kompensacją temperaturową

Schemat blokowy zegarka kwarcowego z kompensacją termiczną przedstawiono na **rys. 7.39**. Układ scalony tego zegarka jest wyposażony w mikrokomputer, który pobudza termometr kwarcowy do drgań tylko co 8 minut, aby oszczędzić energię. Częstotliwości obydwu rezonatorów kwarcowych są porównywane i odpowiednio do odchyień — spowodowanych przez temperaturę — układ oblicza, na podsta-



Rys. 7.40. Wykresy błędów wskazań zegarków kwarcowych w zależności od temperatury

1 — rezonator kwarcowy o częstotliwości 32 768 Hz (bez kompensacji temperaturowej), 2 — zegarek kwarcowy z kompensacją temperaturową

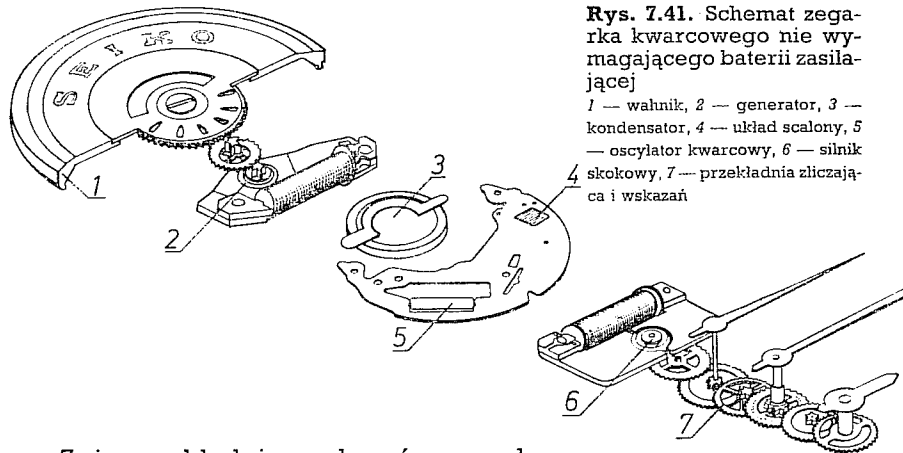
wie nominalnej częstotliwości, współczynnik korekcji określającej regulację czasu. Współczynnik ten jest zakodowany w stałej pamięci układu scalonego i pozostaje w niej nawet w przypadku przerwy w zasilaniu, np. podczas wymiany baterii.

Na **rys. 7.40** przedstawiono wykres pracy zegarków kwarcowych w zależności od temperatury. Krzywa paraboliczna 1 obrazuje błąd temperaturowy kwarcu o częstotliwości 32 768 Hz, a odcinki paraboliczne 2, tworzące linię prawie prostą, przedstawiają pracę zegarka kwarcowego z kompensacją termiczną. Krzywa 1 ma prosty odcinek tylko w pobliżu 25°C, co oznacza, że tylko w pobliżu tej temperatury zegarek będzie zachowywał swą dokładność. Natomiast krzywa 2 obejmuje prawie prosty odcinek od 5 do 45°C, co oznacza, że zegarek z kompensacją termiczną w granicach tych temperatur będzie utrzymywał swoją stałą dokładność.

Zegarki kwarcowe, mimo niezaprzeczalnych zalet, a zwłaszcza dużej dokładności chodu, mają pewną niedogodność, mianowicie — wymagają co pewien czas wymiany baterii elektrycznej. Aby uniknąć tej niedogodności, japońska firma SEIKO, po wieloletnich eksperymentach, wyprodukowała naręczny **zegarek kwarcowy o wskazaniach analogowych nie wymagający baterii zasilającej**. Zegarek ten, oznaczony literami AGS, od początkowych liter wyrazów angielskich: Automatic Generating System, czerpie energię z ruchów ręki, na której jest noszony.

Zasada działania zegarka AGS jest taka sama, jak mechanicznego zegarka naręcznego z naciąganiem automatycznym. Wahający się wahnik 1 (rys. 7.41) napędza generator 2 prądu elektrycznego. Zastosowano dwustopniową przekładnię przyspieszającą, a więc przeciwnie niż w zegarku mechanicznym. Zegarek potrzebuje ruchu ręki użytkownika w celu automatycznej zamiany energii mechanicznej na energię elektryczną. Energia ta jest magazynowana w kondensatorze 3 o niezwykle małej upływności. Rezerwa napędu zegarka AGS jest dwukrotnie większa niż mechanicznego zegarka naręcznego z naciąganiem automatycznym.

Głównym elementem zegarka AGS jest specjalnie przez firmę SEIKO opracowany do niego generator prądu 2, który jest najmniejszym generatorem w świecie (ok. 2×2 mm). Składa się z trzech zasadniczych części: statora, cewki i obrotowego rdzenia magnesowego (rotora). Ponieważ wahnik 1 wskutek grawitacji przyjmuje zawsze jedną pozycję, więc każdy ruch ręki powoduje obrót wahnika. Każdy zaś obrót wahnika jest przenoszony na generator 2, którego rotor obraca się z prędkością 100 000 obr/min. Każdy jego ruch wytwarza prąd elektryczny, który gromadzi się w kondensatorze 3. Z niego zegarek czerpie energię, gdy generator jest w spoczynku. Układ scalony 4 i oscylator 5 spełniają swe funkcje jak w każdym zegarku kwarcowym. Silnik skokowy 6, zasilany z kondensatora 3, poprzez przekładnię zliczającą



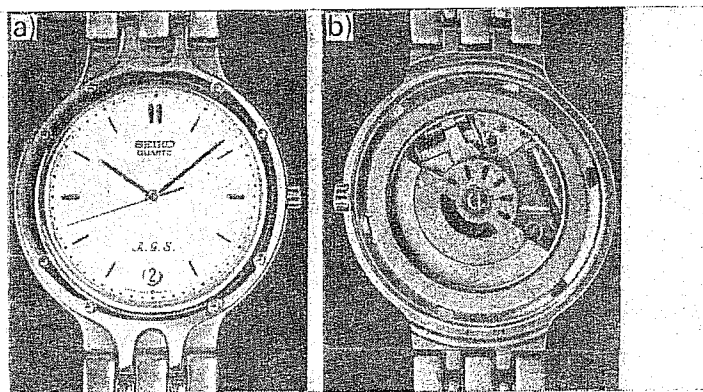
Rys. 7.41. Schemat zegarka kwarcowego nie wymagającego baterii zasilającej

1 — wahnik, 2 — generator, 3 — kondensator, 4 — układ scalony, 5 — oscylator kwarcowy, 6 — silnik skokowy, 7 — przekładnia zliczająca i wskazania

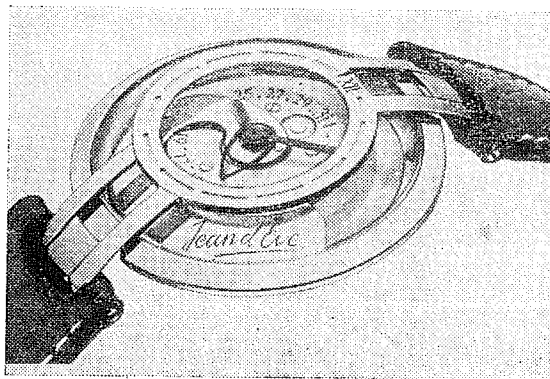
cą 7 i przekładnię wskazań, napędza wskazówki zegarka. **Rys. 7.42a** przedstawia widok zegarka AGS od strony tarczy, a **rys. 7.42b** — widok od tyłu.

Nieco inną konstrukcją o tej samej zasadzie działania ma zegarek nazwany SA-MARA szwajcarskiej firmy Jean d'Eve, wystawiony jako nowość na targach w Bazylei w 1988 roku. Konstrukcja ta, opracowywana ponad trzy lata, wymagająca nad-

Rys. 7.42. Zegarek kwarcowy SEIKO nie wymagający baterii zasilającej
a) widok od strony tarczy,
b) widok od tyłu

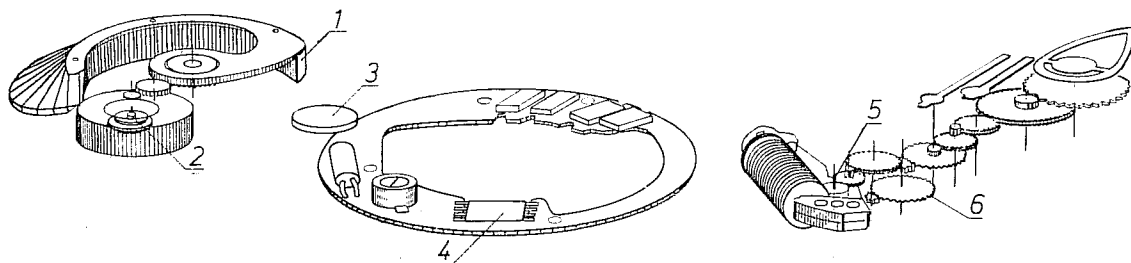


Rys. 7.43. Zegarek kwarcowy SAMARA firmy Jean d'Eve nie wymagający baterii zasilającej



zwyczaj skomplikowanej technologii, została zastrzeżona ponad 20 patentami w międzynarodowych urzędach patentowych. Zegarek jest tak skonstruowany, że wahnik napędzający generator jest widoczny od strony tarczy (rys. 7.43). Osobne zespoły przedstawiono schematycznie na rys. 7.44. Wskutek obrotu wahnika 1 za pośrednictwem przekładni jest napinana sprężyna, która napędza generator 2. Rozprężanie się sprężyny powoduje obrót rotora z prędkością 15 000 obrotów na minutę. Podczas jednego obrotu wahnika sprężyna 12 razy napręży się lub rozpręży. Po noszeniu zegarka na ręce przez jeden dzień uzyska on rezerwę napędu na 3 dni.

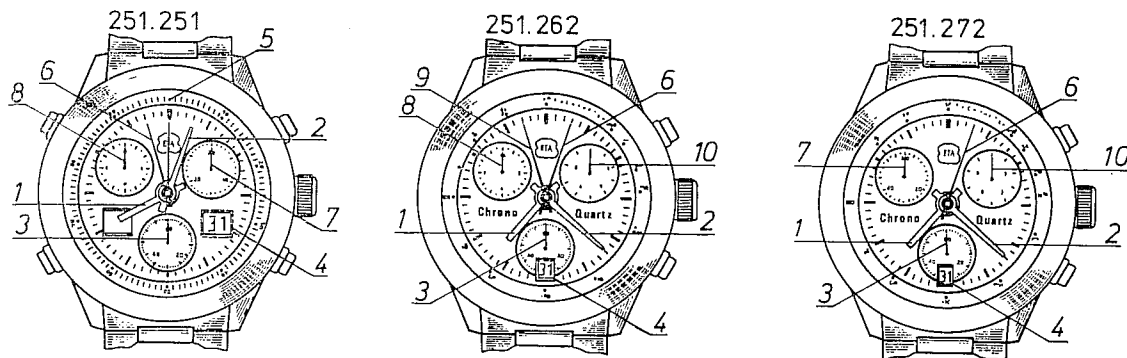
Rys. 7.44. Schemat zegarka kwarcowego SAMARA
1 — wahnik, 2 — generator, 3 — kondensator, 4 — blok elektroniczny, 5 — silnik skokowy, 6 — przekładnia zliczająca



Maksymalne naładowanie kondensatora wymaga noszenia zegarka przez 3 dni, a wtedy uzyska on rezerwę napędu na 10 dni. Gdy po 10 dniach chcemy używać zegarka, wystarczy naciskać kopertę zegarka przez 10 s, aby uzyskać rezerwę na 24 godziny. W kopercie jest zamontowane urządzenie, które przez naciskanie powoduje wytworzenie wstępnej energii. Prąd elektryczny zgromadzony w kondensatorze 3 zasila silnik skokowy 4, który poprzez przekładnię zliczającą 5 i przekładnię wskazań napędza wskazówki zegarka.

Ostatnio pojawia się coraz więcej **kwarcowych zegarków specjalnych o wskazaniach analogowych**. Są to przeważnie zegarki ze stoperem, tzw. chronografy, często z kalendarzem, wskazujące także fazy Księżyca, a niektóre nawet z „wiecznym” kalendarzem.

Szwajcarska firma ETA produkuje trzy odmiany kwarcowych zegarków ze stoperem (rys. 7.45). Zegarek kal. 251251 wskazuje dziesięć różnych funkcji, z których cztery to ciągle wskazywanie czasu, a sześć — to mierzenie krótkich odstępów czasu.



Rys. 7.45. Zegarki kwarcowe ze stoperem („chronografy”) o wskazaniach analogowych firmy ETA

1 — wskazówka godzinowa, 2 — wskazówka minutowa, 3 — wskazówka sekundowa, 4 — wskaźnik daty, 5 — wskazówka licznika z dokładnością do 0,01 s, 6 — wskazówka licznika do 60 s, 7 — wskazówka licznika do 30 min, 8 — wskazówka licznika do 12 godz, 9 — wskazówka licznika do 60 min, 10 — wskazówka licznika z dokładnością do 0,1 s

Funkcje wskazywania czasu to:

- wskazania godzin 1 z możliwością korekty na czas strefowy bez wpływu na dokładność wskazań minuty i sekundy,
- wskazania minut 2,
- skacząca mała wskazówka sekundowa 3 w miejscu szóstej godziny z możliwością zatrzymania podczas nastawiania dokładnego czasu,
- wskazania daty 4 (wskaźnik LCD, w okienku na miejscu czwartej godziny); jest to niezupełnie wieczny kalendarz, gdyż wymaga nastawiania daty co 4 lata w roku przestępnym na 29 lutego.

Funkcje mierzenia krótkich odstępów czasu to:

- mierzenie sekund z dokładnością 0,01 s — duża wskazówka sekundowa 5,
- zliczanie mierzonych sekund do 60 — wskazówka 6,
- zliczanie mierzonych minut do 30 — wskazówka 7,
- zliczanie mierzonych godzin do 12 — wskazówka 8,
- sposoby mierzenia (obserwacja w okie-

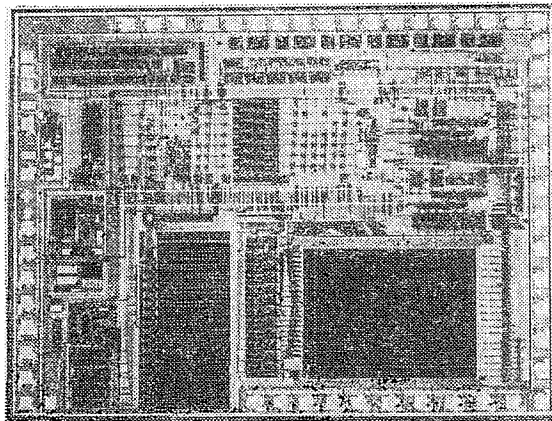
- nku daty na godz. czwartej); włączanie przyciskami: start—stop; AD — czas łączony; SL — przerwa; LP — czas ciągły,
- porządkowanie mierzonych odstępów czasu stoperem (wskazania cyfrowe w okienku na godz. czwartej): czas zwykły, łączony, przerwa i czas końcowy albo czas ciągły i całkowity.

Do zegarka jest dołączona instrukcja pouczająca, jak należy posługiwać się stoperem. Trzeba wykonać kilka ćwiczeń, aby nabrać wprawy, zwłaszcza w mierzeniu kilku czasów łączonych. Wszystkie zmierzone odstępy czasu (maksimum 11) można wywołać w okienku przyciskiem przy godz. dziesiątej.

Wszystkie cztery wskazówki stopera mogą być według życzenia nastawione na dokładny czas startu. Ich położenie zerowe następuje nie raptownie, jak w zwykłych stoperach mechanicznych, ale łagodnie, za pomocą osobnych silników z różną prędkością, dopasowaną do każdej wskazówki.

Mechanizm zegarka, o średnicy 30 mm i

Rys. 7.46. Układ scalony do zegarków ze stoperem (chronografów) firmy ETA (w dużym powiększeniu)



grubości 5 mm, składa się z 226 części i pięciu silników skokowych. Jeden silnik obsługuje funkcje wskazywania czasu, cztery pozostałe — funkcje stopera. Zastosowano pięć osobnych silników do tych czynności, aby uniknąć delikatnych i skomplikowanych sprężnień oraz przekładni napędzających.

Układ scalony opisywanego zegarka jest bardzo skomplikowany, obejmujący nie mniej niż 35 000 funkcyjnych tranzystorów umieszczonych na powierzchni $5,3 \times 4,1$ mm (**rys. 7.46**). Układy takie produkują szwajcarskie Zakłady Elektroniczne w Neuchâtel. Bateria o napięciu 1,55 V zapewnia poprawne działanie zegarka ponad 2 lata — zakładając, że stoper będzie używany około 1 h dziennie. Wyczerpanie baterii objawia się czterosekundowymi skokami małej wskazówki sekundowej.

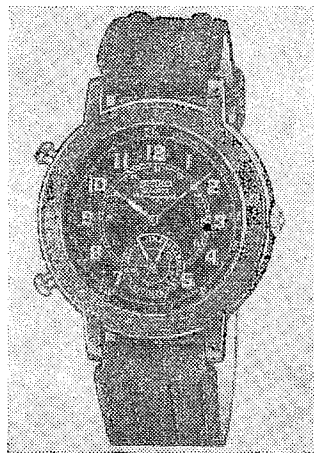
Do grupy zegarków ze stoperem kal. 251 należą także dwa zegarki kal. 262 i 272

(zob. **rys. 7.45**). Są one również zaopatrzone w urządzenie kalendarzowe wskazujące dni miesiąca w okienku na godz. szóstej. Wskazania stopera z dokładnością 0,1 s odczytuje się z położenia małej wskazówki 10. Mają one tylko dwa przyciski obok główki nastawczej, służące do włączania i zatrzymywania stopera.

Mechanizm kal. 262 ma centralną wskazówkę 9 liczącą do 60 minut i małą wskazówkę 8 liczącą do 12 godzin. Natomiast mechanizm kal. 272 ma tylko jedną wskazówkę 7, liczącą do 30 minut, ale ma o jeden silnik mniej, dzięki czemu jego grubość jest mniejsza o jedno „piętro” i wynosi tylko 4,6 mm.

Obydwa mechanizmy są również wyposażone w tzw. mechanizm strefowy, dzięki czemu można szybko nastawić czas innej strefy i datę, nie zmieniając minut i sekund.

Chronografy kwarcowe produkuje wiele firm szwajcarskich i japońskich. Na **rys. 7.47** przedstawiono jeden z chronografów firmy SEIKO. Odznacza się przejrzystością wskazań mierzonego czasu. Ma tylko dwie wskazówki: godzinową i minutową, które spełniają również funkcje wskazówek stoperowych, w zależności od nastawienia przyciskami. Po nastawieniu stopera wskazówka minutowa wskazuje czas z dokładnością 0,01 s, a godzinowa — zliczone minuty. Po zatrzymaniu stopera i skasowaniu jego wskazań wskazówki nastawiają się automatycznie na aktualny czas i nadal go wskazują. Zegarek może też mierzyć czas



Rys. 7.47. Chronograf kwarcowy firmy SEIKO



do tyłu na nastawiony odstęp, po upływie którego następuje sygnał. Koperta ze szkłem szafirowym zapewnia wodoszczelność do głębokości 30 m.

Nowoczesne zegarki mają koperty wykonane z tytanu, bransolety zaś częściowo z tytanu i częściowo ze złota lub tylko pozłacane, dzięki czemu są znacznie lżejsze niż złote, a wyglądają bardziej estetycznie. Na **rys. 7.48** przedstawiono chronograf kwarcowy firmy GUCCI z mechanizmem ETA, w kopercie wodoszczelnej do 30 m, wykonanej z tytanu z bransoletą również z tytanu, połączoną elementami pozłocconymi.

Podobny chronograf kwarcowy firmy LONGINES przedstawiono na **rys. 7.49**. Jest to chronograf wielofunkcyjny, podobnie jak opisany wyżej firmy ETA. Można nim wykonywać pomiary czasu z dokładnością 0,01 s. Zegarek jest wyposażony w pamięć, w której można zakodować do 99 wyników. Koperta z tytanu ze szkłem szafi-

rowym, zapewniająca wodoszczelność do głębokości 100 m, jest połączona z bransoletą również z tytanu z elementami złocconymi.

Szwajcarska firma CERTINA wyprodukowała zegarek kwarcowy z wiecznym kalendarzem o wskazaniach analogowych (**rys. 7.50**). Charakterystyczne dla tego zegarka jest jego osiem wskazówek do wskazywania godzin, minut, sekund, 24 godzin, lat, miesięcy, dni miesiąca i dni tygodnia. Kalendarz obliczony na 200 lat obejmuje stulecia przed i po roku 2000. Przepływ dni i dat następuje cyklicznie co 28 lat. Przez odpowiednie naciśnięcie znajdującego się z boku koperty przycisku wskazówki zegarka wykażą, jaki będzie dzień tygodnia zgadzający się z pewną datą w latach z przeszłości lub przyszłości. Po 20 s wskazania automatycznie wracają do aktualnego czasu i właściwej daty.

7.7. Naprawa zegarków kwarcowych

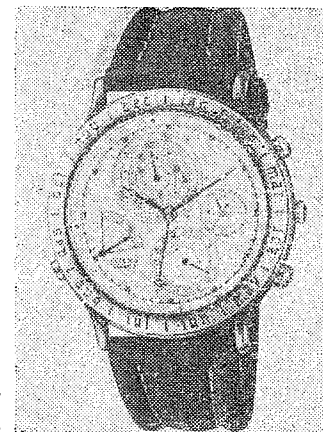
7.7.1. Stanowisko pracy i narzędzia

Ogólne zasady naprawy zegarów elektrycznych oraz wymagania dotyczące organizacji stanowiska pracy do napraw, a także uwagi dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy zostały omówione w rozdzia-

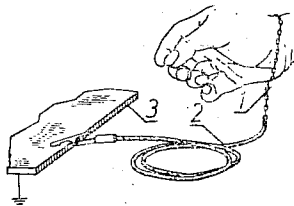
Rys. 7.48. Chronograf kwarcowy firmy GUCCI



Rys. 7.49. Chronograf kwarcowy firmy LONGINES

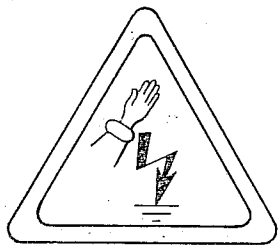


Rys. 7.50. Zegarek kwarcowy o wskazaniach analogowych z wiecznym kalendarzem

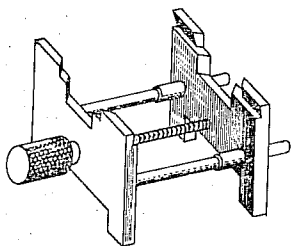


Rys. 7.51. Sposób uziemienia ręki podczas naprawy bloku elektronicznego zegarka kwarcowego

1 — bransoleta metalowa, 2 — przewód uziemiający, 3 — płyta z gumy przewodzącej



Rys. 7.52. Znak ostrzegawczy o konieczności założenia na rękę bransolety astatycznej



Rys. 7.53. Podstawka w kształcie imadła do mocowania mechanizmów (modułów)

Rys. 7.54. Nożyk wymienny w oprawce

le 2.4. Technologia napraw zegarków kwarcowych stawia jeszcze wiele dodatkowych wymagań bezpieczeństwa, zwłaszcza dotyczących delikatnego układu elektronicznego.

Nawet podczas rozbierania zegarka, składania go i regulacji istnieje możliwość działania ładunków elektrostatycznych na układ scalony, co może spowodować jego uszkodzenie. Ładunki elektrostatyczne gromadzą się na skórze człowieka, odzieży oraz powierzchni stołu roboczego i narzędziach. Dlatego zaleca się ułożenie na stole roboczym płyty z materiału przewodzącego (najlepiej z gumy przewodzącej) i połączenie jej z uziemieniem, a na rękę — założenie bransolety uziemiającej podłączonej do tej płyty (rys. 7.51).

W instrukcjach napraw niektóre firmy umieszczają znak ostrzegawczy (rys. 7.52), oznaczający konieczność założenia bransolety astatycznej przed przystąpieniem do naprawy zegarka kwarcowego. Również wszystkie przyrządy kontrolno-pomiarowe, stosowane do kontroli i regulacji zegarków kwarcowych, powinny być uziemione. Połączenia obwodów zasilania i uziemienia tych przyrządów powinny być tak wykonane, aby nie nastąpiło przypadkowe i samoczynne ich rozłączenie.

Przyrządy kontrolno-pomiarowe są potrzebne zarówno do badania zegarka przed naprawą, jak i do sprawdzania oraz regulacji po naprawie. Duże usługi oddaje **miernik uniwersalny** (multimetr) ana-

logowy lub cyfrowy (zob. rys. 1.33). Służy on do pomiarów prądu, napięcia i rezystancji. Również potrzebny jest **oscyloskop**, który wskazuje kształt sygnału elektrycznego w funkcji czasu, oraz **chronokompator**, zwany **sprawdzarką chodu**, umożliwiający doregulowanie zegarka po naprawie. Przyrządy pomiarowe omawiamy osobno w rozdziale 9.

Oprócz zwykłych narzędzi zegarmistrzowskich do zegarków kwarcowych potrzebne są jeszcze **narzędzia specjalne**. Podstawka w kształcie imadła (rys. 7.53) służy do mocowania modułów, na których trzeba wykonać jakieś poprawki. Nożyki wymienne w oprawce (rys. 7.54) służą do zeskrobywania lutu na płytkach obwodów drukowanych.

Do lutowania cienkich drutów i ścieżek połączeń drukowanych używa się lutownicy z automatyczną stabilizacją temperatury grotu (rys. 7.55). Regulację i stabilizację temperatury uzyskuje się dzięki magnetycznym właściwościom stopu żelazonikiel (Fe-Ni), z którego jest wykonana końcówka wymiennego grotu.

Do wyjmowania i wkładania baterii zasilającej należy używać chwyttek z tworzywa sztucznego lub metalowych z końcówkami izolowanymi. Natomiast do rozbierania i składania silnika skokowego w zegarkach o wskazaniach analogowych należy używać chwyttek mosiężnych, gdyż stalowe ulegają namagnesowaniu od wirnika,



wskutek czego może nastąpić przemagnesowanie się wirnika.

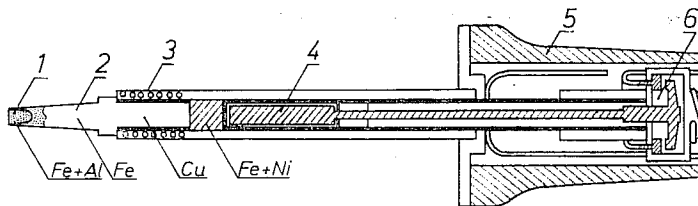
Do pokręcania trymera w celu regulacji zegarka trzeba używać wkrętaka z ostrzem z materiału niemagnetycznego. Potrzebny jest też wkrętak krzyżowy, gdyż w wielu zegarkach wkręty i łeb trymera mają nacięcia krzyżowe.

Skompletowanie wszystkich potrzebnych narzędzi jest dla zegarmistrza niezwykle trudne. Niektóre można kupić w sklepach ze sprzętem medycznym, ale czasem trzeba je odpowiednio poprawić, a inne trzeba sprowadzić z zagranicy lub samemu sobie wykonać.

7.7.2. Ustalanie uszkodzeń zegarków i zegarów kwarcowych

7.7.2.1. Zegarki o wskazaniach cyfrowych

Pierwszą czynnością przed przystąpieniem do naprawy jest obejrzenie zegarka i ogólne zapoznanie się z funkcjami przycisków oraz napisami na tarczy. Należy zauważyć, czy cyfry na wskaźniku są wyraźne i czy nie ma na nim pęknięć lub zarysowań. Brak cyfr może świadczyć o uszkodzeniu wskaźnika lub niesprawności układu scalonego, albo tylko o wyczerpaniu baterii. Cyfry widoczne tylko pod kątem wskazują na uszkodzenie powielacza napięcia lub zabrudzenie zegarka. Brak niektórych segmentów cyfr świadczy również o zabrudzeniu, uszkodzeniu



przewodów czy układu scalonego albo o słabym dokręceniu wkrętów.

Następnie należy sprawdzić działanie przycisków. Rozmieszczenie i liczba przycisków w zegarku mogą być różne, w zależności od firmy zegarka i liczby jego funkcji.

Na **rys. 7.56** przedstawiono zegarek SEIKO kal. A159A z czterema wystającymi przyciskami, rozmieszczonymi symetrycznie po obu stronach obwodu koperty.

Omówimy częściej spotykany w naprawie zegarek z czterema przyciskami, z których jeden, znajdujący się w środku po prawej stronie koperty, oznaczony numerem 2, nie wystaje poza kopertę (**rys. 7.57**). Na jego czołowej powierzchni znajduje się małe zagłębienie, aby ułatwić jego naciśnięcie cienkim pręcikiem, np. długopisem. Przycisk 1 służy do odczytu daty i sekund oraz do nastawiania poszczególnych wskazań, wywoływanych przyciskiem 2. Przycisk środkowy 2 służy do wywoływania poszczególnych wskazań, których wartości nastawia się przyciskiem górnym 1. Przycisk 3 służy do podświetlenia, a przycisk 4 po lewej stronie służy do włączania i wyłączania stopera.

Rys. 7.55. Lutownica z automatyczną stabilizacją temperatury grotu

1 — pobielony koniec grotu, 2 — grot, 3 — grzejnik, 4 — magnes, 5 — rękojeść, 6 — zestyk sterujący



Rys. 7.56. Rozmieszczenie czterech przycisków w zegarku SEIKO kal. A 159A



Rys. 7.57. Rozmieszczenie przycisków w zegarku popularnym

1 — odczytywanie daty i nastawianie wskazań, 2 — wywołanie poszczególnych wskazań, 3 — podświetlanie, 4 — włączanie i wyłączanie stopera

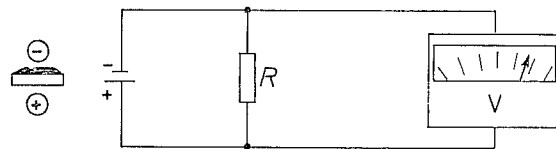
Po naciśnięciu przycisku 3 powinna się zaświecić żarówka podświetlająca. Jeśli przy tym gasną cyfry wskaźnika, świadczy to o zużyciu baterii. Naciskanie przycisku 4 powoduje kolejno: zerowanie stopera, start, zatrzymanie i znowu zerowanie. Po naciśnięciu przycisku 1 odczytujemy datę, a po dwukrotnym naciśnięciu tego przycisku ukazują się sekundy. Odpowiednim naciskaniem na przycisku 2 i przycisku 1 nastawiamy aktualny czas i datę. Już podczas tych wstępnych badań możemy ustalić rodzaj uszkodzenia lub wady. Może to być zużyta bateria, rozstrojony obwód oscylatora, uszkodzony wskaźnik cyfrowy, słaby zestyk przycisku, uszkodzenie w układzie scalonym.

Dalsze szczegółowe badania wykonujemy po otwarciu zegarka. Dla ułatwienia najpierw rozpinamy bransoletę albo ją zupełnie odejmujemy, a następnie czyścimy zewnątrz kopertę szczotką z różnych zanieczyszczeń, aby nie dostały się do wnętrza zegarka. Podważamy wieczko otwierakiem lub odkręcamy je, gdy jest przykręcane. Podczas tej czynności zegarek powinien spoczywać na kawałku irchy lub miękkiej tkaniny, aby nie porysować szkła. Można też zegarek trzymać w ręce, a drugą otwierać kopertę. Przy otwieraniu koperty z tworzywa sztucznego trzeba uważać, aby nie zerwać zatrzasku. Po odkręceniu wkrętów mocujących wyjmujemy baterię, czyścimy sprężynki stykowe, a następnie dokręcamy je z powrotem. Następną czynnością zasadniczą przy na-

prawie zegarka kwarcowego i związaną z tym wymianą baterii jest wykonanie dwóch pomiarów:

- napięcia baterii,
- wartości prądu pobieranego przez zegarek.

Napięcie baterii mierzymy woltomierzem o zakresie pomiarowym do 3 V i rezystancji wewnętrznej powyżej 1 MΩ/1 V. Napięcie baterii tlenkowo-srebrowej, jakie jest najczęściej stosowane, powinno wynosić nie mniej niż 1,5 V, baterii tlenkowo-rtęciowej nie mniej niż 1,35 V, a baterii litowej — 3 V. Pomiaru baterii dokonuje się pod obciążeniem rezystancją $R = 2 \text{ k}\Omega$ (rys. 7.58). Napięcie baterii tlenkowo-srebrowej pod obciążeniem nie powinno spaść poniżej 1,4 V, a tlenkowo-rtęciowej odpowiednio do 1,25 V.



Jeśli zegarek jest zasilany z baterii o za niskim napięciu, to następuje zwiększenie poboru prądu, a w związku z tym zwiększenie szybkości reakcji chemicznej, co powoduje wzrost ciśnienia wewnątrz baterii, które może spowodować wypchnięcie uszczelki i wyciek elektrolitu. Wyciek ten jest bardzo szkodliwy dla zegarka, gdyż może zniszczyć blok elektroniczny lub inne elementy modułu. W celu zabezpieczenia zegarka kwarcowego przed niebezpiecznym wyciekiem elektrolitu z

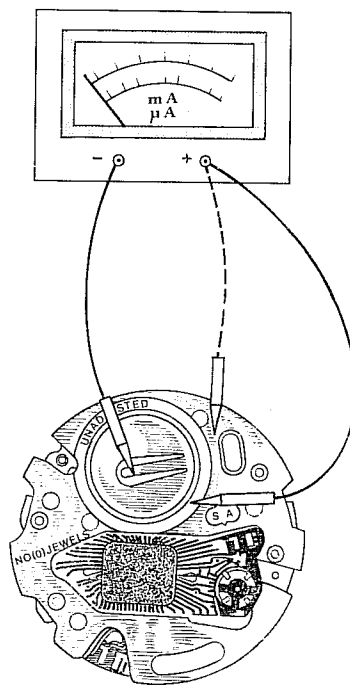
Rys. 7.58. Sposób mierzenia napięcia baterii
 R — rezystor, V — woltomierz

baterii współczesne układy scalone są wyposażone w urządzenie porównujące napięcie zasilania z baterii z wewnętrznie wytworzonym napięciem odniesienia. Dla baterii tlenkowo-srebrowej o napięciu 1,55 V i baterii litowej o napięciu 3 V przyjęto napięcie odniesienia o wartości 1,4 V. Gdy napięcie zasilania zegarka z baterii będzie wyższe od napięcia odniesienia, zegarek działa prawidłowo. Gdy zaś napięcie zasilania spadnie poniżej napięcia odniesienia, cyfry wskaźnika zaczną pulsować. W zegarkach o wskazaniach analogowych po spadku napięcia wskazówka sekundowa zacznie się przesuwać co 2 lub co 4 sekundy. Jest to sygnał ostrzegający użytkownika, że w okresie nie dłuższym niż 2 tygodnie powinien wymienić baterię, aby nie dopuścić do zupełnego wyładowania baterii i wycieku elektrolitu.

Pomiar wartości prądu pobieranego przez zegarek sprawdzamy miernikiem, który umożliwia pomiar takich wielkości. Znane są mierniki tego rodzaju produkowane przez różne firmy zagraniczne, np. Bergeon, Greiner, Portescap.

Na **rys. 7.59** przedstawiono sposób podłączenia przewodów miernika do zegarka, w celu zmierzenia prądu. Najpierw trzeba wyjąć baterię, następnie przewód wprowadzony z gniazdka miernika oznaczonego minusem przyłączyć do ujemnego styku baterii, a przewód wyprowadzony z gniazdka miernika oznaczonego plusem — przyłączyć do dodatniego styku baterii.

Na skali miernika wskazówka ujawni wartość pobieranego prądu. Jeśli zegarek jest wyposażony w budzik, to trzeba odczekać na wynik około 30 s, gdyż może być włączony przetwornik sygnału dźwiękowego, a wtedy pomiar nie byłby prawidłowy. Przewód oznaczony linią przerywaną oznacza podłączenie w celu zmierzenia wartości prądu pobieranego przez żarówkę podświetlającą. Rezystancja wewnętrzna



Rys. 7.59. Mierzenie prądu pobieranego przez zegarek kwarcowy ESA 934 (linia przerywana — przez żarówkę podświetlającą)

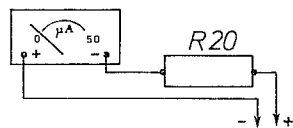
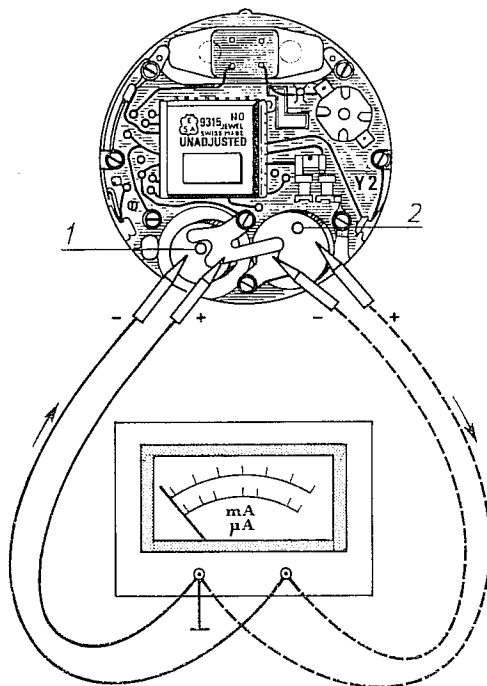
miernika wynosi 10 Ω. Zegarki japońskiej firmy CITIZEN pobierają prąd około 4 μA.

Wartość prądu pobieranego przez zegarki kwarcowe różnych firm może wynosić

2 ÷ 8 μA . Zegarek produkcji koncernu szwajcarskiego EBAUCHES ESA 934, przedstawiony przykładowo na **rys. 7.59**, pobiera maksymalny prąd 8,5 μA , a żarówka podświetlająca — 25 mA.

Na **rys. 7.60** przedstawiono sposób mierzenia prądu pobieranego przez zegarek

Rys. 7.60. Mierzenie prądu pobieranego przez zegarek kwarcowy SA 9315
1 — bateria zasilająca moduł, 2 — bateria zasilająca żarówkę podświetlającą



Rys. 7.61. Połączenie baterii z mikroamperomierzem do pomiaru prądu pobieranego przez zegarek kwarcowy (ze względu na możliwość przypadkowego zwarcia końcówek przewodów mikroamperomierz musi być wyposażony w ogranicznik prądu, zabezpieczający go przed zniszczeniem)

kwarcowy SA 9315. Bateria 1 służy do zasilania modułu zegarka, w którym zmierzona wartość pobieranego prądu wynosi 6,5 μA .

Dруга bateria 2 zasila żarówkę podświetlającą, która pobiera prąd wartości 20 mA. Bateria 2 zasila także wskaźnik cyfrowy,

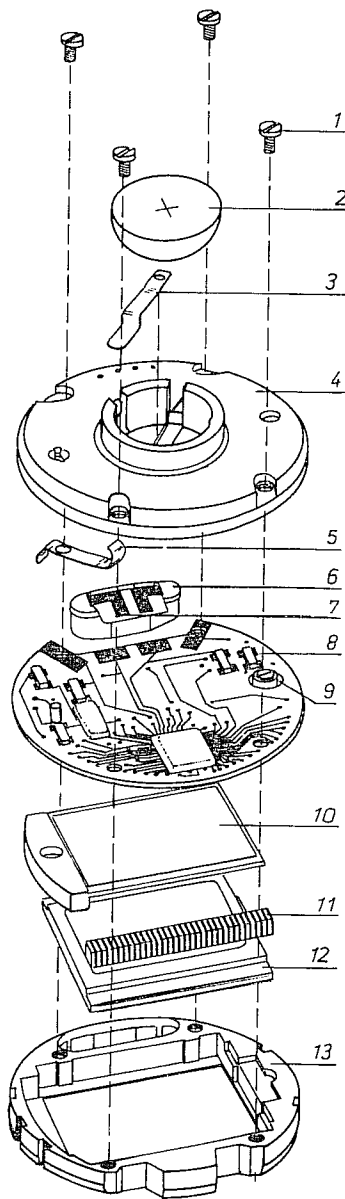
który, bez włączania podświetlania, pobiera prąd wartości 2,0 μA . W braku specjalnego miernika prąd można zmierzyć zwykłym mikroamperomierzem o zakresie pomiarowym 50 ÷ 60 μA , po dołączeniu do niego baterii typu R20 w sposób przedstawiony na **rys. 7.61**. Drugi — prostszy — sposób mierzenia prądu pobieranego przez zegarek polega na zastosowaniu omomierza. Zegarek kwarcowy ma rezystancję około 300 k Ω . Przy tej rezystancji wskazówka omomierza przesunie się na skali o pewną wartość. Po zmierzeniu rezystancji kilku poprawnie działających zegarków można zauważyć położenie wskazówki na skali i uważać je za wzorcowe. Jeśli więc zmierzona rezystancja jakiegoś zegarka okaże się mniejsza, np. 50 lub 100 k Ω , to będzie to świadczyć, że zegarek jest uszkodzony. Po wyjęciu baterii należy plus omomierza połączyć z plusem zegarka, a minus omomierza — z minusem zegarka. Połączenie odwrotne wykaże małą rezystancję i może zniszczyć zegarek.

Jeżeli wartość pobieranego prądu jest właściwa i zegarek wskazuje czas, ale wymaga drobnej korekty odchyłki dobowej, to po wymianie baterii należy ustawić aktualny czas i pozostawić zegarek do obserwacji na jedną dobę. Właściwy pobór prądu świadczy o tym, że układ elektroniczny pracuje prawidłowo — można więc włożyć do zegarka świeżą baterię bez obawy jej uszkodzenia, ale inne układy zegarka mogą być wadliwe.

Jeżeli pobór prądu jest za duży, to układ elektroniczny pracuje błędnie. Przyczyną takiego stanu jest najczęściej wyciek z baterii lub przedostanie się wilgoci przez nieszczelną kopertę, albo uszkodzenie układu scalonego lub wskaźnika cyfrowego. Może być jeszcze wiele innych przyczyn, ale zdarzają się one rzadko. Łatwiej będzie je wykryć po rozebraniu zegarka i powtórnym zbadaniu poboru prądu — osobno samego modułu bez wskaźnika cyfrowego. Jeżeli mamy w naprawie zegarek, który przed uszkodzeniem pobierał prąd, np. $5 \mu\text{A}$, to pobór prądu samego modułu powinien wynosić ok. $3 \mu\text{A}$, gdyż wskaźnik pobiera nie więcej niż $2 \mu\text{A}$. Wobec tego, gdy zmierzony pobór prądu samego modułu nie przekracza $3 \mu\text{A}$, wnioskujemy, że uszkodzony jest wskaźnik, który trzeba wymienić. Jeśli zaś pobór prądu modułu bez wskaźnika nadal jest większy niż $3 \mu\text{A}$, to uszkodzony jest moduł.

W przypadku uszkodzonego modułu zegarmistrz, którego zakład jest wyposażony w takie elementy zamienne, wymienia moduł na nowy. Jeśli jednak zegarmistrz nie ma tej możliwości, to może usiłować uszkodzony moduł naprawić, co w niektórych przypadkach jeszcze się kalkuluje.

W celu wymontowania modułu trzeba najczęściej odkręcić cztery wkręty 1 (rys. 7.62), znajdujące się na jego obwodzie, lub odpiąć zatrzaski metalowe lub z tworzywa sztucznego. Niektóre moduły są nierozbieralne i ich naprawa jest utrud-



Rys. 7.62. Rozebrany moduł zegarka kwarcowego firmy MONDAINE 300 Digi-Trio

1 — wkręt (4 sztuki), 2 — bateria, 3 — sprężynka stykowa baterii bieguna minusowego, 4 — korpus z tworzywa sztucznego — część górna, 5 — sprężynka stykowa baterii bieguna plusowego, 6 — rezonator kwarcowy, 7 — końcówki rezonatora, 8 — blok elektroniczny, 9 — trymer, 10 — folia odblaskowa, 11 — łączniki stykowe z gumy przewodzącej (2 sztuki), 12 — wskaźnik cyfrowy, 13 — korpus z tworzywa sztucznego — część dolna

niona, gdyż w pierw należy zniszczyć nitowane lub zgrzewane połączenie, a po naprawie skleić je lub zgrzać, co nie zawsze się udaje. Bardzo delikatnie trzeba wymować elastyczne łączniki z gumy przewodzącej 11 oraz wskaźnik cyfrowy 12. Z całym blokiem elektronicznym 8 należy obchodzić się szczególnie ostrożnie, aby nie uszkodzić gołych ścieżek przewodzących.

Naprawa modułu polega na dokładnym wymyciu go w odpowiednich cieczach i przelutowaniu elementów. Różne są recepty takiego postępowania, podawane przez niektóre firmy. Przebieg takiej naprawy może być następujący:

- wymyć moduł i inne elementy zegarka w cieczy o nazwie handlowej Batersol lub w wodzie utlenionej; uwaga: nie należy myć wskaźnika, cewki budzika i trymera,
- wypłukać w wodzie destylowanej,
- wymyć w cieczy Unisol lub spirytusie etylowym,
- wysuszyć dmuchawką,
- przelutować wszystkie elementy bloku elektronicznego.

Po tych zabiegach należy sprawdzić pobór prądu. W większości przypadków stwierdza się spadek poboru prądu do wartości nominalnej. Jeśli jednak nadal pobór prądu pozostaje za duży, to uszkodzony jest układ scalony, którego w warsztacie zegarmistrzowskim naprawić się nie da. Należy więc wymienić cały moduł na nowy.

Zbyt duża wartość prądu pobieranego przez moduł jest główną przyczyną powodującą brak zasilania, gdyż świeża bateria, która powinna wystarczyć przynajmniej na rok użytkowania, zostanie w krótkim czasie wyczerpana. Inne przyczyny braku zasilania to:

- użycie starej lub wadliwej baterii,
- wadliwe zamocowanie baterii wskutek niedokręcenia wkrętów mocujących sprężynki stykowe dociskające baterię,
- zwarcie w obwodzie zasilania żarówki podświetlającej,
- skorodowane styki wskutek wilgoci dostającej się do wnętrza zegarka przez nieszczelną kopertę,
- wyczerpana bateria wskutek częstego używania podświetlenia i alarmu.

Inne uszkodzenia zegarka kwarcowego ze wskazaniem cyfrowym mogą być przyczyną wadliwego wskazywania czasu lub zupełnego braku wskazań. Przyczynami wadliwych wskazań mogą być:

- błędne ustawienie czasu,
- samoczynne przestawianie czasu wskutek silnego wstrząsu, przegrzanie zegarka, np. w silnym świetle słonecznym lub przy grzejniku elektrycznym, albo wyładowań elektrostatycznych, np. przy wkładaniu i zdejmowaniu odzieży z włókien sztucznych,
- za niskie napięcie baterii, zwłaszcza w chwili włączania żarówki podświetlającej,
- uszkodzenie rezonatora kwarcowego,
- mechaniczne uszkodzenie wskaźnika,

- brak zestyku na łącznikach z gumy przewodzącej,

- uszkodzenia innych połączeń.

Natomiast przyczynami braku wskazań mogą być:

- niewzbudzenie oscylatora kwarcowego,
- brak zasilania, uszkodzenie przetwornicy lub podwajacza napięcia,
- uszkodzenie rezonatora, przerwa lub zwarcie w jego obwodzie,
- brak kondensatora w podwajaczu napięcia, zwarcie lub przerwa w obwodzie kondensatora,
- uszkodzenie struktury bloku elektronicznego lub pęknięcie jego płytki,
- zanieczyszczenie lub zawilgocenie zegarka, zwłaszcza w pobliżu rezonatora kwarcowego,
- brak folii polaryzującej na wskaźniku LCD.

Zdarzają się również przypadki, że tylko niektóre segmenty cyfr wskaźnika zanikają, co utrudnia odczytanie wskazań. Jeżeli moduł został już sprawdzony i działa sprawnie, to można przypuszczać, że przyczyna tego błędu znajduje się we wskaźniku. Sprawdzenie wskaźnika polega na doprowadzaniu napięcia kolejno do poszczególnych wyprowadzeń, np. z baterii typu R20. Jeśli niektóre z segmentów nie ujawniają się podczas sprawdzania, to należy przemyć wyprowadzenia cieczą Unisol lub spirytusem etylowym. Jeśli przemycie nie pomaga, to trzeba wskaźnik wymienić na nowy. Przyczyną uszkodzenia wskaźnika może być zbyt gwałtowne wyjmowanie łą-

czników stykowych z gumy przewodzącej, wskutek czego zrywają się napyłone srebrem wyprowadzenia wskaźnika.

Gdy bateria jest dobra i zasilanie odbywa się prawidłowo, a naciskanie na przyciski nie powoduje właściwej reakcji, przyczynami tego stanu mogą być:

- brak połączenia bieguna dodatniego baterii z kopertą zegarka,
- brak zestyku sprężynki stykowej z połączeniem drukowanym w module,
- zakleszczanie się przycisku w otworze koperty wskutek zabrudzenia lub korozji,
- uszkodzenie struktury bloku elektronicznego,
- przesuwanie się modułu w kopercie,
- stałe zwarcie jednego z przycisków.

Czasem, mimo prawidłowego działania przycisków, nie świeci się żarówka podświetlająca, a w zegarkach z budzikiem brak jest alarmu. Przyczynami tego stanu mogą być:

- brak połączenia z przetwornikiem akustycznym,
- uszkodzenie mechaniczne lub zwarcie przetwornika,
- przerwa w obwodzie cewki przetwornika alarmu,
- uszkodzenie tranzystora sterującego,
- uszkodzenie struktury bloku elektronicznego lub doprowadzeń do jego płytki,
- uszkodzenie żarówki,
- zimny lut przyłączenia żarówki.

Tablica 7.2

Wykrywanie wad i uszkodzeń oraz metody ich usuwania w zegarkach kwarcowych LCD

W zależności od zauważonych wad i usterek podczas wyżej opisanych badań i sprawdzeń należy wykonać następujące czynności:

- wymienić rezonator, jeśli jest wadliwy,
- zestroić obwód oscylatora przez wymianę rezonatora lub dołączenie do niego kondensatora lub trymera,
- sprawdzić połączenie, usunąć zwarcie i przerwy w obwodach drukowanych,
- przemyć blok elektroniczny, styki i wyprowadzenia wskaźnika oraz usunąć ślady korozji,
- wymienić wskaźnik, układ scalony, żarówkę,
- sprawdzić połączenia elementów dyskretnych, usunąć zimny lut lub wadliwe połączenie klejowe.

W naprawie spotykamy różne odmiany zegarów kwarcowych ze wskazaniami cyfrowymi, produkowane przez różne firmy.

Chociaż nie możemy do wszystkich stosować tej samej metody, to jednak pewną pomocą będzie schemat ogólny ustalania wad i uszkodzeń oraz sposobów ich usuwania. Podajemy taki schemat za szwajcarską firmą MONDAINE w **tabl. 7.2**.

Należy zauważyć, że nie ma w tym schemacie zalecenia naprawy poszczególnych elementów ani bloku elektronicznego, gdyż można je łatwo nabyć, przesyłając zamówienie do firmy. W zamówieniu trzeba tylko podać nazwę części i numer serii zaznaczony na górnym korpusie z tworzywa sztucznego.

Wady i uszkodzenia	Możliwe źródła wad i uszkodzeń oraz kolejność ich usuwania
Nie ukazują się w ogóle żadne wskazania	A, K, B, C, E, G, D
Ukazują się błędne wskazania (występuje to po zmianie baterii podczas nastawiania zegarka)	K, C, F
Nie funkcjonuje przycisk włączający wskazania	C, G
Matowe, słabo kontrastowe wskazania	B, D
Niedokładne działanie zegarka	H
Brak oświetlenia	B, G, I

Objaśnienia źródeł wad i uszkodzeń	
A	= Sprawdzić, czy bateria 2 (rys. 7.62) jest prawidłowo umieszczona (biegun dodatni do góry); czy sprężynki stykowe 3 i 5 wywierają dostateczny nacisk.
B	= Sprawdzić, czy bateria 2 ma jeszcze odpowiednie napięcie: minimum 1,5 V; jeśli mniej, to baterię wymienić, sprężynki stykowe 3 i 5 — oczyścić.
C	= Sprawdzić, czy wszystkie cztery wkręty 1 są odpowiednio dokręcone.
D	= Wskaźnik cyfrowy 12 wymienić.
E	= Sprawdzić, czy końcówki rezonatora 7 są czyste, gdy trzeba — oczyścić; czy końcówki te są dobrze zalutowane, jeśli nie, to rezonator 6 wymienić.
F	= Sprawdzić, czy łączniki stykowe 11 nie przesunęły się ze swego miejsca, jeśli tak, to przesunąć je na właściwe miejsce.
G	= Sprawdzić, czy styki i końcówki stykowe przycisków są czyste, w przeciwnym razie — oczyścić.
H	= Rezonator kwarcowy 6 wymienić, jeśli regulacja trymerem jest niemożliwa.
I	= Sprawdzić, czy żarówka jest uszkodzona, jeśli tak, to cały blok elektroniczny 8 wymienić.
K	= Sprawdzić działanie przycisków.

7.7.2.2. Zegarki o wskazaniach analogowych

Zegarmistrz otrzymuje do naprawy zegarki kwarcowe o wskazaniach analogowych zwykle z następującymi objawami:

- zegarek nie działa — wskazówki się nie posuwają,
- czasem się zatrzymuje,
- spieszy się lub spóźnia.

Ustalanie przyczyny uszkodzenia takiego zegarka należy rozpoczynać od zewnętrznego obejrzenia i zwrócenia uwagi na osadzenie wskazówek oraz na ich nastawianie. Po wyciągnięciu główki nastawczej można sprawdzić działanie urządzenia nastawczego, a podczas jej pokręcania zauważyć, czy wskazówki nie ocierają się o siebie lub o tarczę zegarka. Dalsze sprawdzanie wykonujemy po wyjęciu mechanizmu z koperty. Zegarków kwarcowych w całości nie należy odmagnesowywać, lecz dopiero po wyjęciu bloku elektronicznego i silnika skokowego.

Naprawa zegarka polega na wyszukaniu uszkodzonych elementów i ich wymianie na nowe — jeśli zegarmistrz takie posiada. W działaniu zegarka zdarzają się najczęściej następujące usterki:

- wyładowanie baterii zasilającej,
- przerwa w pracy bloku elektronicznego,
- przerwa w pracy silnika skokowego,
- zanieczyszczenie lub uszkodzenie elementów przekładni zliczającej,
- zakleszczenie lub uszkodzenie urządzenia nastawczego,

- zanieczyszczenie lub uszkodzenie urządzenia kalendarzowego.

Wyszukiwanie i ustalanie przyczyn zatrzymywania się zegarka należy przeprowadzać według pewnej ustalonej kolejności. Najpierw trzeba sprawdzić, czy nie ma widocznych uszkodzeń mechanicznych bloku elektronicznego i silnika skokowego lub zabrudzenia zębów zębnika i biegunów wirnika, a następnie sprawdzić osobno zespół elektroniczny zegarka i osobno zespół mechaniczny.

Przystępując do sprawdzania bloku elektronicznego, należy wykonać podstawowe pomiary:

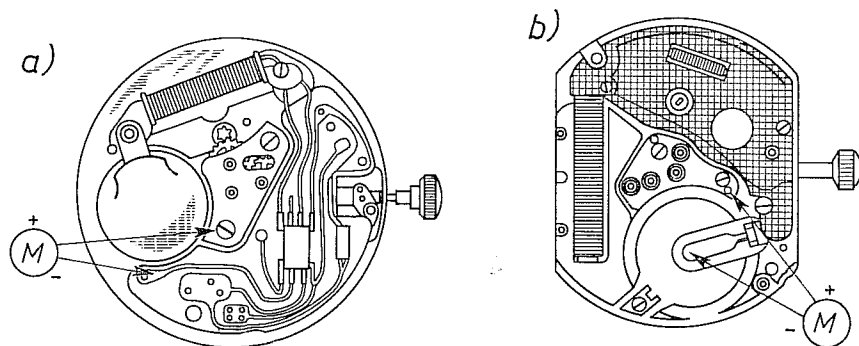
- napięcia baterii zasilającej,
- poboru prądu przez zegarek,
- poboru prądu przez układ elektroniczny.

Pomiar napięcia baterii oraz sposoby pomiaru poboru prądu zostały już omówione w poprzednim rozdziale. W zależności od rodzaju baterii zastosowanej w zegarku napięcie zasilania powinno wynosić 1,35 lub 1,55 V. Ponieważ napięcie mierzymy pod obciążeniem rezystancją nie mniejszą niż 100 k Ω /V, więc zmierzone napięcie baterii będzie odpowiednio mniejsze, np. 1,2 lub 1,3 V. Wyjmując baterię z zegarka trzeba sprawdzić, czy nie ma śladów wycieku w gnieździe, na stykach lub na samej baterii. Zauważone zabrudzenia należy starannie usunąć, styki oczyścić, a baterię ze śladami wycieku zastąpić nową. Również należy wymienić baterię z za niskim napięciem. Prawidłowa

wymiana baterii polega na dobraniu odpowiedniego rodzaju baterii, zmierzeniu wartości prądu pobieranego przez zegarek oraz włożeniu jej do oczyszczonego gniazda i przykręceniu.

Pomiar wartości prądu pobieranego przez zegarek należy wykonać przed włożeniem baterii. Wartość pobieranego prądu może być różna, w zależności od wielkości, konstrukcji i dokładności wykonania zegarka. W większości zegarków zawiera się ona w granicach $2 \div 6 \mu\text{A}$, a w niektórych zegarkach radzieckich dochodzi nawet do $14 \mu\text{A}$ (np. SLAVA 3050). Jeśli do pomiaru stosujemy miernik uniwersalny, to należy najpierw nastawić klawisze na $100 \mu\text{A}$ i $1,55 \text{ V}$, a następnie dołączyć odpowiednio przewód wyprowadzony z przyrządu oznaczony minusem do ujemnego przewodu (rys. 7.63a) lub styku baterii (rys. 7.63b), przewód zaś oznaczony plusem do masy zegarka, czyli zwykle do jakiegoś wkrętu lub płyty (w niektórych zegarkach może być odwrotnie). Należy uważać na prawidłowe połączenie biegu-

Rys. 7.63. Sposób podłączenia przewodów miernika *M* do zegarka w celu pomiaru poboru prądu: a) do ujemnego przewodu, b) do ujemnego styku baterii

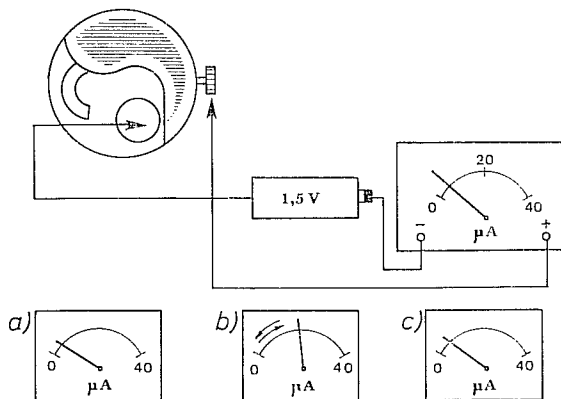


nów zasilania, aby uniknąć uszkodzenia zegarka.

Pobór prądu przez zegarek sprawdza się przy wciśniętej główce nastawczej. Zmierzona wartość prądu nie powinna przekraczać nominalnej wartości ustalonej dla danego zegarka. Wartości te można znaleźć w instrukcjach naprawy, jakie wydają firmy produkujące zegarki. Dla ułatwienia podajemy w tabl. 7.3 wartości pobierane-

Tablica 7.3
Wartości maksymalne prądu pobieranego przez zegarki kwarcowe o wskazaniach analogowych

Firma	Kaliber	Układ elektryczny z silnikiem μA	Sam blok elektryczny bez silnika μA
SLAVA	3050	14	4
CZAJKA	3056	12	2
	3056A	4	1,8
ZARIA	1956	3,5	1,5
ŁUCZ	2356	2,0	0,8
POLJOT	2456	2,0	1,0
Ebauches	SA	950	2
	FHF	935	4
	ESA	9220	5
	ETA	555	1,8
	ETA	556	1,9
	ETA	956	1,5
OMEGA	1220	4	—
	1330	4	—
RONDA	871	3	—
	1173	5	—
	1373	12	—
UNIVERSAL	1—74	7	—
ZENITH	0950	3,3	1,5
CITIZEN	8600	8,5	5
JUNGHANS	632	2	—



go prądu przez niektóre zegarki, częściej u nas spotykane.

Po podłączeniu zegarka do miernika, w sposób przedstawiony schematycznie na **rys. 7.64**, jego wskazówka wychyla się na podzielniki w prawo. Wychylenie początkowe (**rys. 7.64a**) wyznacza pobór prądu przez sam blok elektroniczny. Wychylenie maksymalne (**rys. 7.64b**) wykazuje pobór prądu przez zegarek, gdy układ wysłał impuls do silnika skokowego. Po ukończeniu impulsu wskazówka wraca do położenia poprzedniego (**rys. 7.64c**). Gdy zegarek ma wskazówkę sekundową, impuls następuje co sekundę. Gdy zegarek nie ma wskazówki sekundowej, wskazówka miernika może się wychylać co 10, 20, 30 lub 60 sekund, gdyż w takich odstępach układ może wysyłać impulsy do przetworznika ruchu. Stąd też czas pomiaru powinien trwać co najmniej minutę.

Jeśli pomiar wartości pobieranego prądu będzie przebiegał w sposób wyżej opisany i początkowe wychylenie wskazówki

miernika nie będzie wskazywać więcej niż $2 \mu\text{A}$ (w niektórych zegarkach $4 \div 5 \mu\text{A}$ zob. **tabl. 7.3**), będzie to świadczyć o tym, że układ elektroniczny wraz z silnikiem działają poprawnie — można więc założyć świeżą baterię, bez obawy jej szybkiego wyczerpania. Przyczyna niesprawności zegarka może być w zespole mechanicznym.

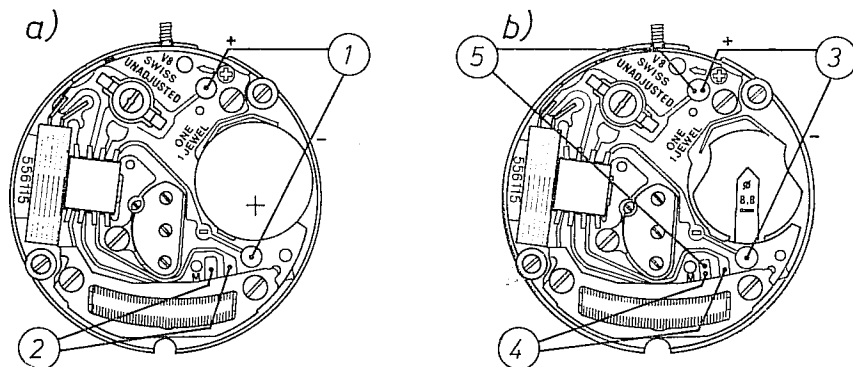
Jeżeli wartość zmierzonego prądu znacznie przewyższa wartość nominalną, to trzeba zmierzyć wartość prądu pobieranego przez sam blok elektroniczny. W niektórych zegarkach po wyciągnięciu główki nastawczej następuje zatrzymanie działania silnika — jest to tzw. pozycja zerowania. Gdy i w tej pozycji jest za duży pobór prądu, można przypuszczać, że blok elektroniczny jest uszkodzony. Aby się upewnić, należy odłączyć silnik skokowy i zmierzyć wartość prądu pobieranego przez sam blok elektroniczny. A jeśli i wtedy pobór prądu jest za duży, to blok elektroniczny jest uszkodzony i należy wymienić go na nowy. Gdyby przyczyną niesprawności bloku elektronicznego było zawilgocenie lub wyciek z baterii, wówczas przemyć go w cieczach: Batersol, woda utleniona, Unisol i przelutowanie elementów przywróciłoby jego sprawność. Jeśli natomiast wartość prądu pobieranego przez sam blok elektroniczny znajduje się w granicach dopuszczalnych, a w połączeniu z silnikiem znacznie wzrasta, to widocznie silnik jest uszkodzony, więc należy sprawdzić go osobno.

Rys. 7.64. Schemat układu do pomiaru prądu pobieranego przez zegarek: a) wskazania początkowe, b) wskazania maksymalne, c) powrót wskazówki do położenia początkowego

Sprawdzanie silnika skokowego polega na zmierzeniu rezystancji jego cewki oraz rezystancji izolacji tej cewki. Jeśli pomiaru dokonuje się za pomocą miernika uniwersalnego, to przełącznik zakresu pomiarów należy nastawić na położenie $\times 10 \text{ k}\Omega$, zerwać końcówki przewodów i wskazówkę miernika na podzielnki kiloomów nastawić na 0. Wyprowadzenia silnika należy odłączyć od bloku elektronicznego, a końcówki miernika — podłączyć do wyprowadzeń cewki, jak to wskazuje pozycja 4 na rys. 7.65b. Dopuszczalna wartość rezystancji cewki zawiera się w granicach $3 \div 6 \text{ k}\Omega$. Jeżeli zmierzona wartość nie mieści się w tych granicach, to cewkę należy wymienić na nową. Pozostawienie cewki ze zbyt małą rezystancją będzie powodować szybkie wyczerpywanie się baterii. Cewka z większą rezystancją nie wytworzy odpowiedniego strumienia magnetycznego dla silnika i zegarek może się zatrzymać. Do pomiaru rezystancji izolacji cewki należy miernik przygotować tak samo, jak

Rys. 7.65. Pomiar prądu w zegarku kwarcowym ETA 556: a) z baterią, b) bez baterii

1 — pomiar napięcia baterii — 1,55 V, 2 — sprawdzanie obecności impulsu wyjściowego z układu scalonego — 1 impuls na sekundę, 3 — pomiar poboru prądu: z główką wciśniętą — $1,9 \mu\text{A}$, po wyciągnięciu główki — $0,50 \mu\text{A}$, 4 — pomiar rezystancji cewki — max. $4,1 \text{ k}\Omega$, 5 — pomiar izolacji cewki



do mierzenia rezystancji cewki, ale jedną końcówkę miernika trzeba pozostawić na wyprowadzeniu cewki, a drugą — przyłączyć do płyty zegarka, jak to wskazuje pozycja 5 na rys. 7.65b. Wskazówka miernika powinna pozostać nieruchomo w skrajnym lewym położeniu, co oznacza nieskończenie dużą rezystancję i dobry stan izolacji cewki. Można to sprawdzenie powtórzyć, przyłączając końcówkę miernika do drugiego wyprowadzenia cewki — wynik powinien być taki sam. Gdyby natomiast podczas tych sprawdzeń wskazówka wychyliła się w prawo na podzielnki miernika, świadczyłoby to o uszkodzeniu izolacji cewki i zwarciu jej ze stojanem lub płytą zegarka. W takim przypadku należy cewkę wymienić na nową. Może się zdarzyć, że po wymianie cewki i dokładnym oczyszczeniu silnik nie działa w zegarku. Przyczyną może być niedostateczny moment obrotowy silnika, więc należy cały silnik wymienić na nowy.

Ważne jest także **sprawdzenie obecności impulsów** wyjściowych z bloku elektronicznego, sterujących silnikiem skokowym. Miernik uniwersalny należy nastawić na zakres 3 V, a na podzielnki omów — $10 \text{ k}\Omega/\text{V}$. Jedną końcówkę przewodu miernika należy podłączyć do płyty zegarka, a drugą na zmianę raz do jednego wyjścia z bloku elektronicznego, drugi raz — do drugiego (pozycja 2 na rys. 7.65.a) Po podłączeniu wskazówka miernika powinna się wychylić do wartości nominalnego napięcia baterii, a więc 1,35 lub 1,55 V i

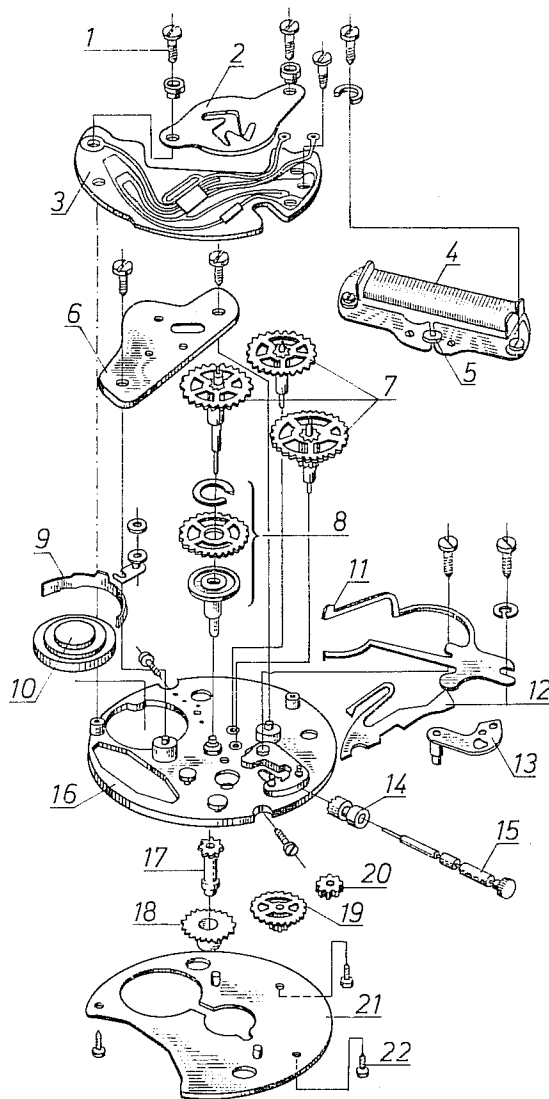
wykonywać wahania w granicach około 1 mm o częstotliwości impulsów, a więc co sekundę. Brak wychyleń wskazówki świadczy o uszkodzeniu układu scalonego, który trzeba wymienić na nowy wraz z całym blokiem elektronicznym.

Zespół mechaniczny zegarka kwarcowego sprawdzamy i naprawiamy podobnie, jak i inne zegarki mechaniczne. Przyczynami niesprawności zespołu mechanicznego są najczęściej zanieczyszczenia, które powodują zatrzymanie ruchu przekładni zliczającej, mimo sprawnie działającego bloku elektronicznego.

Pierwszą przyczyną zatrzymania pracy zegarka może być zabrudzony wirnik silnika lub jego zębniak, który przenosi ruch na koło przekładni zliczającej. Przypominamy to, co zostało powiedziane w rozdziale 7.4.3 (zob. rys. 7.24), że w zegarkach kwarcowych o wskazaniach analogowych przekładnia zliczająca przenosi bardzo małe momenty obrotowe od silnika skokowego do przekładni wskazań w celu napędzania wskazówek. Dzięki nieznacznym tylko naciskom na czopy i łożyska nie ulegają one zatarciu i nie zużywają się prawie zupełnie. Ale niewielkie nawet zabrudzenie zębniaków lub zbyt gęsty olej w łożyskach mogą spowodować spóźnianie się zegarka lub zupełne jego zatrzymanie. Dlatego podczas naprawy takich zegarków bardzo ważne jest dokładne oczyszczenie ich zespołu mechanicznego.

Już podczas rozbierania mechanizmu należy zwracać uwagę, czy nie ma śladów

wycieku z baterii lub brudu w zębniakach przekładni zliczającej 7 (rys. 7.66). Wszelkie zanieczyszczenia i resztki rdzy na czę-



Rys. 7.66. Części i zespoły mechanizmu zegarka kwarcowego CZAJKA 3056A

1 — wkręt (osiem sztuk), 2 — płytką dociskająca baterię, 3 — blok elektroniczny z układem scalonym, 4 — silnik skokowy z cewką, 5 — wirnik silnika, 6 — mostek przekładni zliczającej, 7 — przekładnia zliczająca, 8 — koło centralne z tulejką, 9 — sprężynka stykowa baterii, 10 — bateria, 11 — dźwignia zatrzymująca przekładnię, 12 — wodzik ze sprężynką, 13 — nastawnik, 14 — sprzęgnik, 15 — wałek nastawczy, 16 — płyta główna, 17 — ćwiertnik, 18 — koło godzinowe, 19 — koło zmianowe z zębniakiem, 20 — koło nastawcze, 21 — płytką nakrywkowa, 22 — wkręt płytki nakrywkowej (trzy sztuki)

ściach należy usunąć czyszczakiem, a następnie wszystkie części — z wyjątkiem bloku elektronicznego 3, silnika skokowego z cewką 4 i jego wirnika 5 — wypłukać w cieczach stosowanych w czyszczarkach lub w benzynie. Blok elektroniczny i styki cewki należy przemyć cieczą Unisol i osuszyć. Bardzo dokładnie trzeba oczyścić wirnik silnika z wszelkich opitek stalowych, które są silnie utrzymywane na magnesach. Najlepiej jest to uczynić za pomocą pasty klejącej Rodico podobnej do plasteliny, przytrzymując wirnik niemagnesującymi się chwytakami.

Składanie mechanizmu następuje w kolejności odwrotnej do rozbierania. Jako przykład może służyć **rys. 7.66** w tzw. schemacie „eksplozyjnym”, co ułatwia składanie. Wszystkie łożyska należy nasmarować olejem nr 1, używając bardzo małej jego ilości, i tylko te łożyska, które mają zagłębienia smarowe. Za gęsty olej i za obfite nasmarowanie bardziej szkodzi zegarkowi niż pozostawienie łożysk bez smaru. Dotyczy to zwłaszcza łożysk wirnika i współpracującego z nim koła przekładni zliczającej.

W przekładni wskazań i w urządzeniu nastawczym mogą wystąpić takie same uszkodzenia, jak w zegarkach mechanicznych. Jeżeli mechanizm działa, a wskazówki stoją w miejscu lub zegarek się opóźnia, to trzeba sprawdzić tarcie sprzęgła cierne i jeśli jest za słabe, to wzmocnić je w taki sam sposób, jak czyni się to w zegarkach mechanicznych.

7.7.2.3. Zegarki o wskazaniach analogowo-cyfrowych

Zegarek o wskazaniach analogowo-cyfrowych stanowi połączenie tych dwóch rodzajów w jeden mechanizm. Dobrze obrazuje to **rys. 7.67**, na którym schemat „eksplozyjny” a jest zespołem cyfrowym, a układ b — zespołem analogowym. Odsyłacze do poszczególnych części od 1 do 30 oznaczają jednocześnie kolejność rozbierania mechanizmu. Po otworzeniu koperty najpierw wyjmujemy styk budzika 1 w kształcie skomplikowanej sprężynki, która czasem może wyprysnąć. Sprawdzanie i wyszukiwanie przyczyn niesprawnego funkcjonowania zespołu cyfrowego powinno przebiegać tak samo, jak w zegarkach cyfrowych, a zespołu analogowego — tak, jak w zegarkach analogowych.

Na **rys. 7.67b** niektóre części, zwłaszcza koła przekładni zliczającej 16, 17 i 18, są umieszczone na linii odsyłaczowej w prostokącie w celu zaznaczenia, aby je szczególnie dokładnie sprawdzić i oczyścić, np. przy ćwiertniku 21 sprawdzić sprzęgło cierne.

Po oczyszczeniu wszystkich części należy mechanizm składać w kolejności odwrotnej do rozbierania, a więc od numeru 30 do 1. Do smarowania części zespołu analogowego zaznaczono różnymi strzałkami cztery rodzaje oleju. W braku tych smarów można użyć do łożysk przekładni zliczającej oleju zegarkowego nr 1, a do

urządzenia nastawczego oleju nr 3, pamiętając zawsze o tym, że w tych zegarkach pozostawienie suchego łożyska jest mniej szkodliwe dla działania zegarka niż za obfite nasmarowanie, zwłaszcza zbyt gęstym olejem.

7.7.2.4. Zegary domowe

Mechanizmy kwarcowych zegarów domowych sprawdza się i naprawia podobnie, jak mechanizmy zegarków, ale ich naprawa jest nieco łatwiejsza, ze względu na większe wymiary części i możliwość wymiany uszkodzonych elementów bloku elektronicznego. Jako przykład do omówienia naprawy przyjmujemy zegary produkowane w łódzkiej fabryce MERA-POLTIK. Są one zaopatrzone w mechanizmy oznaczone symbolem M460 i zasilane baterią typu R14 o napięciu 1,5 V. Wartość prądu pobieranego przez ten mechanizm wynosi 300 μ A. Taki sam mechanizm zastosowany w budziku podczas włączonego alarmu pobiera 20 mA. Natomiast mechanizm zegara samochodowego 541 pobiera prąd o wartości 5 mA z akumulatora o napięciu nominalnym 12 V.

Podczas ustalania przyczyny uszkodzenia zegara trzeba szczególną uwagę zwrócić na lutowane połączenia ze ścieżkami obwodów drukowanych (**rys. 7.68**). Przyczyną niesprawności bloku elektronicznego może być uszkodzenie któregoś z elementów, pęknięcie ścieżki obwodu drukowanego lub błędne zalutowanie, tzw. zimny

lut. Trudność ustalenia przyczyny polega na tym, że takie same objawy występują przy pękniętej ścieżce, jak przy oderwaniu się nóżki układu scalonego od struktury. Jeśli nie można dostrzec miejsca wyraźnego uszkodzenia, to trzeba wykonać następujące pomiary i sprawdzenia:

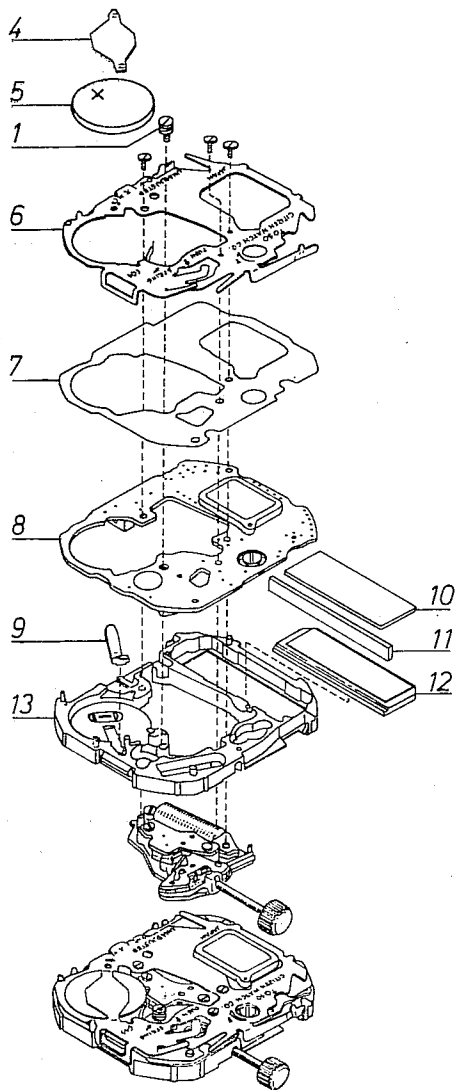
- zmierzyć napięcie baterii zasilającej,
- zmierzyć napięcie na płytce bloku elektronicznego,
- zmierzyć wartość prądu pobieranego przez zegar,
- sprawdzić silnik skokowy,
- sprawdzić przekładnię zliczającą i przekładnię wskazań,
- sprawdzić częstotliwość rezonatora.

Do zmierzenia napięcia baterii należy ją wyjąć z mechanizmu i w obwód woltomierza włączyć równolegle rezystor 220 Ω . Zmierzone napięcie nie powinno być niższe niż 1,4 V. Zakładając baterię do zegara, należy uważać na oznaczone znaki biegunowości.

Do sprawdzenia napięcia na płytce bloku elektronicznego należy przyłożyć napięcie do obu styków zgodnie z ich oznaczeniem. Biegun ujemny woltomierza należy podłączyć do punktu *A* (zob. **rys. 7.67**), a biegun dodatni — do punktu *B*. Jeśli zmierzone napięcie będzie mniejsze od przyłożonego, to obwód jest uszkodzony. Należy sprawdzić miejsca lutowania, przewody, styki baterii — i ewentualne braki usunąć.

Wartość pobieranego prądu można zmierzyć miernikiem uniwersalnym w sposób

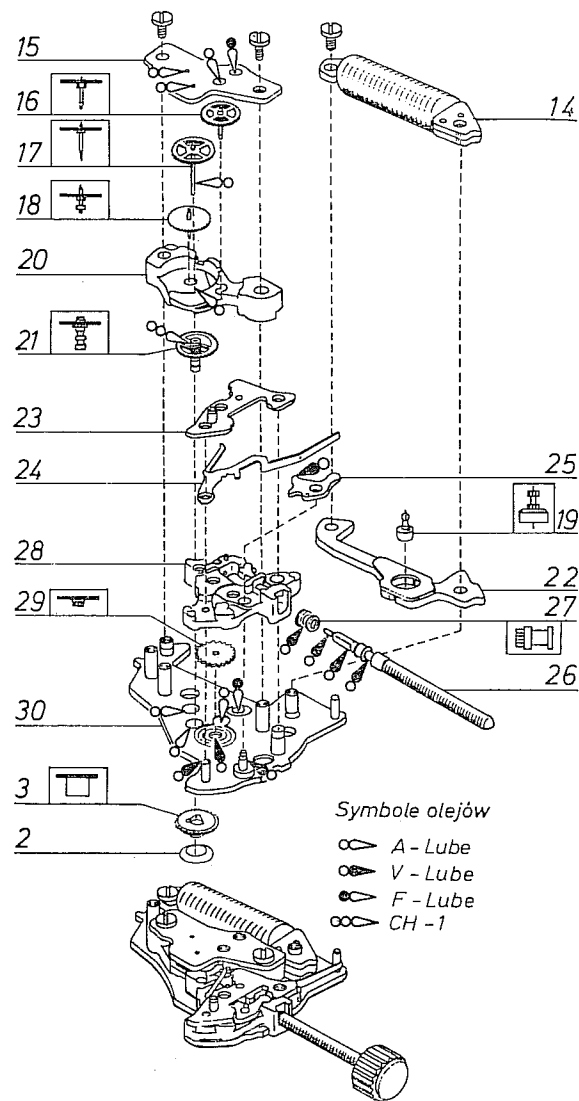
a)



Rys. 7.67. Części i zespoły mechanizmu zegarka kwarcowego CITIZEN 010: a) zespół cyfrowy, b) zespół analogowy

1 — sprężynka stykowa budzika, 2 — podkładka sprężysta, 3 — koło godzinowe, 4 — sprężynka stykowa baterii (biegun dodatni), 5 — bateria, 6 — płyta nośna, 7 — płytka izolacyjna, 8 — blok elektroniczny, 9 — sprężynka stykowa baterii (biegun ujemny), 10 — izolator, 11 — łącznik stykowy z gumy przewodzącej (2 sztuki), 12 — wskaźnik cyfrowy, 13 — płyta główna, 14 — cewka silnika, 15 — mostek przekładni zliczającej, 16 — koło redukcyjne, 17 — koło sekundowe, 18 — koło pośrednie, 19 — wirnik silnika, 20 — płyta łożyskowa przekładni zliczającej, 21 — ćwiertnik, 22 — stator silnika, 23 — płytka dystansowa, 24 — wodzik ze sprężynką, 25 — nastawnik, 26 — wałek nastawczy bez główki, 27 — sprzęgnik, 28 — płyta łożyskowa urządzenia nastawczego, 29 — koło zmianowe zębniakiem, 30 — płyta montażowa

b)



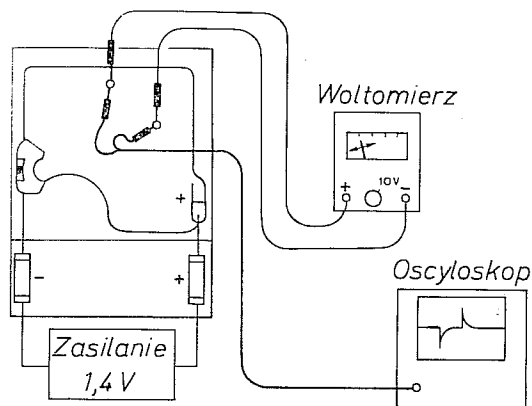
Symbole olejów

○ A-Lube
 ○ V-Lube
 ○ F-Lube
 ○ CH-1

podany przy mierzeniu poboru prądu w zegarkach. Średni pobór prądu nie może być większy niż 300 μA . Gdy podczas sprawdzania bloku elektronicznego okaże się, że któryś z elementów jest uszkodzony, nie trzeba wymieniać całego bloku, ale tylko ten element. W celu zlokalizowania uszkodzenia trzeba wykonać pomiary i sprawdzić ciągłość ścieżek obwodu drukowanego oraz przewodność połączeń lutowanych.

Sprawdzania obecności impulsów na wyjściu można dokonać za pomocą oscyloskopu i woltomierza podłączonego w punktach *CD* (miejsca wlotowania cewki — zob. **rys. 7.68**). Sposób podłączenia przedstawiono na **rys. 7.69**.

Jeżeli, mimo obecności impulsów, silnik skokowy nie działa, to należy sprawdzić rezystancję cewki po odłączeniu baterii zasilającej, podłączając omomierz w punktach *CD* (zob. **rys. 7.68**). Wartość nominalna rezystancji cewki wynosi 380 Ω . Jeśli



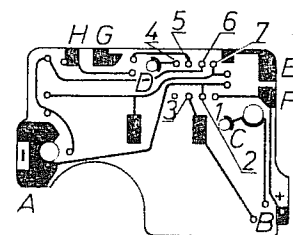
cewka jest dobra, a silnik nie działa, to należy wyjąć zespół płyty tylnej z wirnikiem i sprawdzić szczelinę między wirnikiem a nabiegownikami oraz dokładnie oczyścić wirnik z opiłków utrzymywanych przez magnesy. Gdy nie ma widocznych uszkodzeń, jak np. skrzywienie czopa lub niewłaściwe szczeliny nabiegowników, których nie można poprawić, silnik wraz z zespołem płyty tylnej należy wymienić na nowy.

Po sprawdzeniu przekładni zliczającej i przekładni wskazań oraz usunięciu ewentualnych uszkodzeń należy ich elementy dokładnie oczyścić, a po złożeniu łożyska nasmarować olejem zegarowym nr 2. Czopów przekładni wskazań nie należy smarować. Po uruchomieniu należy sprawdzić dokładność chodu zegara i ewentualne uchybienia doregulować za pomocą zmiany pojemności trymera.

7.7.3. Naprawa i wymiana uszkodzonych elementów i zespołów

7.7.3.1. Naprawa bloku elektronicznego

W zespole bloku elektronicznego mogą ulec uszkodzeniu rezonator kwarcowy, układ scalony, kondensator ceramiczny lub trymer. Jeśli sprawdzanie wykazało, że uszkodzony jest układ scalony, to należy cały blok elektroniczny wymienić, gdyż układu scalonego nie naprawia się, a jego wymiana jest bardzo trudna i praco-



Rys. 7.68. Płytki z obwodami drukowanymi mechanizmu zegara kwarcowego MERA POLTIK 460 z zaznaczonymi punktami pomiarowymi

Rys. 7.69. Sposób sprawdzania bloku elektronicznego za pomocą oscyloskopu i woltomierza

chłonna. Natomiast każdy inny z wymienionych elementów można wymienić.

Kondensator ceramiczny i trymer mogą mieć wady wewnętrzne, których usunąć się nie da, albo są tylko błędnie wlutowane. W pierwszym przypadku trzeba je wymienić na nowe, dobierając odpowiednie ich parametry. W drugim przypadku wystarczy tylko dobre ich zalutowanie.

Mogą się również zdarzyć przerwy w obwodzie drukowanym wskutek pęknięcia ścieżki. W takim przypadku również można poprawić obwód przez zalutowanie.

Zarówno wlutowywanie nowych elementów do bloku elektronicznego, jak i poprawianie przerwanych obwodów drukowanych należy wykonywać niezwykle ostrożnie, gdyż przegrzanie prowadzi zwykle do uszkodzenia wlutowywanego elementu lub zniszczenia całej struktury układu scalonego.

Przed przystąpieniem do lutowania należy najpierw przemyśleć przebieg całej pracy oraz przygotować potrzebne narzędzia i materiały. Podstawowym urządzeniem w tym przypadku jest lutownica z odpowiednio dobranym grotem, o mocy 15 W, przy czym czas lutowania jednego wyprowadzenia nie powinien trwać dłużej niż 2 s. Do małych modułów zegarkowych jest także potrzebny mikroskop techniczny, a do większych wystarczy lupa zegarmistrzowska. Do czyszczenia lutowanych miejsc jest potrzebny nożyk lub skalpel oraz spirytus i pędzelek. Usuając uszkodzony kondensator lub rezystor, należy

delikatnie podważyć nożykiem jego wyprowadzenie, a jeśli są trudności z wyjęciem, to trzeba podgrzać cynę lutownicą. Gdy na tej samej płytce są do usunięcia dwa lub trzy elementy, trzeba to robić szybko i sprawnie, aby nie przegrzać układu, ani nie zerwać ścieżki z podłoża. Końcówkę wyprowadzenia podważa się wtedy, gdy lut jest już zupełnie płynny, aby nie uszkodzić metalizacji otworu. Jeśli wiadomo, że usuwany element jest uszkodzony i nie będzie już wykorzystywany, to można obciąć jego wyprowadzenia szczypcami, a następnie podgrzać je lutownicą i usunąć.

Zanim przystąpi się do wmontowania nowego elementu, należy oczyścić otwory i ich okolice oraz końcówki dobranego elementu, które trzeba dopasować do pól kontaktowych na płytce. Do zalutowania trzeba użyć oczyszczonego grotu lutownicy oraz nie za dużo lutu, aby nie spowodować zwarć innych wyprowadzeń i ścieżek obwodu drukowanego.

Po ukończeniu lutowania trzeba sprawdzić przez lupę, czy połączenie jest dobre, a następnie przemyć miejsca lutowane spirytusem i osuszyć strumieniem powietrza z dmuchawki. Przed wmontowaniem bloku elektronicznego w mechanizm trzeba zmierzyć wartość pobieranego przez niego prądu, aby się upewnić, czy układ scalony jest sprawny.

Przerwy ścieżek w obwodzie drukowanym lepiej jest łączyć kawałkiem bardzo cienkiego drutu srebrnego. Połączenie

samym lutowiem nie zapewnia trwałości. Wszystkie te prace łatwiej jest wykonywać, gdy płytka bloku elektronicznego jest duża, jak np. w zegarkach. Natomiast w zegarkach płyta ta jest mała, a ścieżki obwodu drukowanego bardzo gęsto umieszczone, więc lutowanie nie zawsze się udaje. Dlatego prace te zegarmistrz wykonuje tylko wtedy, gdy nie ma możliwości wymiany całego bloku na nowy.

7.7.3.2. Wymiana rezonatora kwarcowego

Uszkodzenie rezonatora kwarcowego może nastąpić wskutek upadku zegarka, gdyż wtedy zwykle odrywa się elektroda przylutowana do metalizowanej płytki kwarcowej. W takim przypadku rezonator trzeba wymienić na nowy.

Inne rodzaje uszkodzeń rezonatora to przekroczenie temperatury pracy, przegrzanie przy lutowaniu lub nieprawidłowe dostrojenie obwodu rezonatora. W takich przypadkach można dostroić pracę rezonatora trymerem, zwłaszcza gdy zegarek wykazuje odchyłkę nie większą niż ± 30 sekund na dobę. Dostrojenie polega na regulacji i pomiarze odchyłki na chronokomparatorze.

Gdy zegarek nie ma trymera, można w jego miejsce podłączyć kondensator o pojemności 35 pF na giętkich wyprowadzeniach. Jeśli nastąpi przestrojenie oscylatora i zegarek zacznie opóźniać, to należy

wymontować trymer i dostroić pracę rezonatora. Nie zawsze takie poprawki przynoszą skutek, mimo zastosowania kondensatora z drugiej strony rezonatora, dlatego praktyczniej jest wymienić rezonator na nowy o odpowiedniej częstotliwości znamionowej. Dobrany nowy rezonator należy wlutować do bloku elektronicznego w sposób podany wyżej (rozdz. 7.7.3.1).

7.7.3.3. Naprawa wskaźnika cyfrowego

Zdarzają się następujące uszkodzenia wskaźników:

- zanik wszystkich cyfr,
- zanik niektórych cyfr lub wzajemne podświetlanie segmentów,
- nieregularne ciemne plamy,
- pęknięcia i zarysowania.

Przyczyną zaniku wszystkich cyfr jest brak zasilania, który może być spowodowany wyczerpaniem się baterii zasilającej lub przerwaniem dopływu prądu. Jeśli mimo podłączenia świeżej baterii cyfry nie ukazują się, to przerwany jest dopływ prądu. Pęknięcie ścieżek obwodu drukowanego w okolicy rezonatora kwarcowego oraz powstawanie zwarców lub upływności między nimi powstaje często na skutek zbyt silnego dokręcenia wkrętów mocujących sprężynki stykowe baterii. Naprawa polega na wyszukaniu przerwanej ścieżki i zalutowaniu jej w sposób wyżej opisany oraz na uważnym dokręcaniu wspomnianych wkrętów.

Wzajemne podświetlanie segmentów lub brak niektórych z nich może być wynikiem uszkodzenia wskaźnika, np. zwarcia wskutek zesterzenia się ciekłego kryształu lub wydostania się go poprzez uszczelnienia na łączniki z gumy przewodzącej. Podobnie objawiają się zabrudzenia lub zawilgocenia. Dlatego najpierw trzeba dokładnie przemyć pola kontaktowe wskaźnika cieczą Unisol lub spirytusem etylowym, aby usunąć zabrudzenia i naloty po zawilgoceniu. Przemywać trzeba bardzo ostrożnie miękkim pędzelkiem lub wacikiem zamoczonym w cieczy, aby nie uszkodzić wyprowadzeń. Po wymyciu mokre powierzchnie należy wysuszyć strumieniem powietrza z dmuchawki. Jeśli przez wymycie i dokręcenie wkrętów nie poprawi się widoczności cyfr wskaźnika, to wskaźnik należy wymienić na nowy. Ciemne plamy powstają na skutek rozhermetyzowania się wskaźnika. Między szklane płytki dostało się powietrze. Następuje to zwykle wskutek upadku zegarka na twarde podłoże, przy czym powstają nieraz pęknięcia. Tak uszkodzony wskaźnik jest całkowicie zniszczony i nie nadaje się do naprawy — trzeba go wymienić na nowy.

Rys. 7.70. Przyciski do nastawiania wskaźników zegarków kwarcowych

7.7.3.4. Wymiana szkła

Zegarki o wskazaniach cyfrowych mają zwykle szkła wykonane z pleksiglasu, które łatwo się zarysowują i wypadają. Wymiana szkła polega na dobraniu odpowie-

dniej wielkości nowego szkła i przyklejeniu go klejem. Do tego celu najlepsze są kleje jednoskładnikowe lub folia przylepna. Klej rozpuszczalnikowy może zniszczyć ozdobny nadruk na szkle. Można używać innych klejów, ale trzeba je przedtem wypróbować. Nie należy nakładać zbyt dużo kleju i odczekać chwilę na odparowanie, a następnie wcisnąć szkło w oprawkę koperty. Po przyschnięciu kleju należy sprawdzić, czy szkło jest dobrze przyklejone.

7.7.3.5. Wymiana przycisków

Przyciski służące do nastawiania wskaźników zegarków kwarcowych dość często wypadają i gubią się. Nie są one jednakowe we wszystkich zegarkach. Na **rys. 7.70** przedstawiono cztery różne przyciski. Przycisk



do podświetlania ma zwykle wyższą główkę. W pewnej odległości od główki znajduje się wytoczenie, w które jest wciśnięty pierścień z tworzywa sztucznego w celu uszczelnienia przycisku w otworze koperty. Przycisk wkłada się do otworu koperty od wewnętrznej strony, wtedy główka zabezpiecza przed jego wypadnięciem. Jeśli zegarmistrz ma tokarkę, to łatwo może taki przycisk wytoczyć. Można też dobrać podobny przycisk z innego zegarka przeznaczony na złom.

7.7.3.6. Naprawa zespołu mechanicznego w zegarkach kwarcowych o wskazaniach analogowych

W przekładni zliczającej zdarzają się następujące uszkodzenia:

- zniekształcony lub skrzywiony czop osi przekładni,
- uszkodzony ząb koła przekładni,
- skrzywiona oś sekundowa,
- zniekształcone nabiegunniki silnika dotykające wirnika,
- pęknięty lub wyszczerbiony wirnik.

Sposoby naprawy podobnych uszkodzeń są szczegółowo opisane w tomie VIII „Zegarmistrzostwa”. Można wyprostować czop, skrzywioną oś lub ząb koła, ale gdy osiągalne są takie części zamienne do zegarka, lepiej jest cały zespół wymienić na nowy.

Podobnie jest z uszkodzonym nabiegunnikiem lub wirnikiem, gdy te części są do wymiany. Ważnym zadaniem dla zegarmistrza jest wyszukanie tych uszkodzeń, które powodują niesprawne działanie zegarka, i usunięcie ich w dostępny sposób.

W przekładni wskazań mogą wystąpić następujące uszkodzenia:

- obluzowane koło godzinowe na tulejce,
- obluzowane koło zmianowe na zębniku,
- obluzowany zębник na wałku nastawczym.

Naprawienie tych uszkodzeń jest bardzo proste. Trzeba usztywnić elementy przez zanitowanie przy użyciu nabijaka i młotka.

Usuwanie usterek w przekładni wskazań i w urządzeniu nastawczym i kalendarzowym wykonuje się w taki sam sposób, jak w zegarkach mechanicznych.

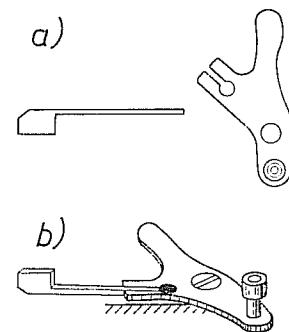
Nastawianie wskazówek powinno być płynne, bez zacięć. Tarcie ćwiertnika powinno zapewnić płynne nastawianie wskazówek. Podczas nastawiania wskazówek niedopuszczalne jest obracanie się przekładni zliczającej. Dlatego po wyciągnięciu wałka nastawczego dźwigni zatrzymująca powinna unieruchomić przekładnię przez dotknięcie do koła sekundowego albo zębnika, lub innego koła tej przekładni.

Koniec sprężynujący dźwigni zatrzymującej w niektórych zegarach jest osadzony w wycięciu tej dźwigni współpracującej ze sprzęgnikiem. Jeśli zauważy się obluzowanie jej w tym wycięciu, to należy ją przykleić od dołu klejem epoksydowym (rys. 7.71). W czasie ustawiania wskazówek sprężynujący koniec dźwigni powinien przylegać do zębów koła tylko na tyle, aby powstrzymać moment napędowy pochodzący od silnika.

7.7.4. Sprawdzanie po naprawie i ustawianie wskazań

7.7.4.1. Regulacja chodu

Każdy zegar i zegarek kwarcowy należy po naprawie sprawdzić. Sprawdzanie takie polega na zmierzeniu poboru prądu



Rys. 7.71. Sposób przyklejenia sprężynki do dźwigni zatrzymującej przekładnię na czas nastawiania wskazówek: a) przed przyklejeniem, b) po przyklejeniu

oraz odchyłki dobowej chodu. Po poważniejszej naprawie zaleca się wypróbowanie działania zegara przez 1 dobę przy napięciu 1,7 V, a następnie przez 3 doby przy napięciu 1,2 V. Pobór prądu sprawdza się w sposób podany przy naprawie. Przed wypróbowaniem działania zegara lub zegarka należy najpierw doregulować jego chód chwilowy na sprawdzarce (chronokomparatorze). Zegarów i zegarków kwarcowych nie można regulować na sprawdzarce służącej do sprawdzania zegarków mechanicznych, działającej na zasadzie odbierania stuków pochodzących od wychwyty. Zegarki kwarcowe o wskazaniach cyfrowych nie wydają żadnych stuków, dlatego sprawdzarka do tych zegarków działa na zasadzie odbierania impulsów wyjściowych z układu scalonego. Sprawdzarki takie produkuje wiele firm zagranicznych, np. Bergeon, Greiner, Vibrograf-Portescap. O sprawdzarkach tych piszemy w rozdz. 9.

Do sprawdzenia chodu zegarka trzeba sprawdzarkę przygotować zgodnie z opisem technicznym i instrukcją obsługi. Dla sprawdzarek różnych firm mogą być inne instrukcje, w zależności od konstrukcji oraz oznaczeń pokręteł i przycisków na pulpicie.

W większości produkowanych zegarków kwarcowych — zarówno o wskazaniach cyfrowych, jak i analogowych — do regulacji chodu jest stosowany trymer, czyli kondensator dostrojczy, działający na zasadzie zmiennej pojemności około $5 \div 35$ pF

(zob. rys. 1.76). Ponieważ częstotliwość rezonatora zależy od dołączonej do niego pojemności, więc gdy pojemność kondensatora maleje, częstotliwość drgań w układzie elektronicznym wzrasta, co powoduje przyspieszenie zegarka, natomiast gdy pojemność kondensatora wzrasta, częstotliwość maleje i zegarek się opóźnia. Pokręcaniem trymera można więc regulować chód zegarka. Do pokręcania trymera należy używać wkrętaka z trzonkiem izolowanym.

W celu regulacji zegarek wyposażony w trymer, z otwartą kopertą, należy ustawić na czujniku indukcyjnym tarczą do dołu. Wyprowadzenie uziemiające kabla pomiarowego trzeba połączyć za pośrednictwem zacisku z kopertą zegarka, a drugie wyprowadzenie — przyłączyć do jednego z wyprowadzeń bloku elektronicznego; w zegarkach analogowych — do miejsca podłączenia silnika skokowego.

Regulując zegarek na sprawdzarce radiotelegraficznej typu P157M lub P157A, należy obracaniem częściowym trymera, za pomocą wkrętaka izolowanego, ustalić okres pojawienia się jednokierunkowych impulsów wyjściowych z bloku elektronicznego w zakresie $2\,000\,000 \pm 11$ μ s, co odpowiada wartości chodu chwilowego zegarka $\pm 0,5$ s/d. Jeżeli tym sposobem nie udaje się osiągnąć wymaganej dokładności chodu, lub zegarek nie reaguje na tę regulację, to należy wymienić blok elektroniczny, a następnie zmierzyć wartość prądu pobieranego przez zegarek i przez blok

elektroniczny osobno — i powtórzyć regulację. Nie można jednak wymagać od zegarka średniej klasy wyższej dokładności niż 0,1 s/d. Jeżeli więc na wskaźniku cyfrowym sprawdzarki ukażą się cyfry zbliżone do tej wartości, to należy regulację uważać za skończoną.

Zegarki bez trymera można doregulować podłączeniem kondensatora o pojemności do 30 pF, ale tylko wtedy, gdy zegarek przyspiesza. Jeśli zegarek opóźnia, można poprawić jego chód tylko przez wymianę rezonatora kwarcowego.

W zegarkach kwarcowych o wskazaniach analogowych szwajcarska firma ETA zastosowała regulację za pomocą tzw. **kodu binarnego**. Metoda ta, zwana także „regulacją cyfrową”, polega na tym, że obwód układu scalonego MEM gubi 2 razy co każde 20 s od 0 do 31 impulsów, co powoduje opóźnianie zegarka o 0,264 s/d za każdym tym impulsem. Korekcja odbywa się w 31 stopniach po 0,264 s/d między 0,00 a 8,18 s/d. Aby uregulować zegarek tą metodą rezonator kwarcowy musi mieć częstotliwość nieco wyższą niż 32 768 Hz.

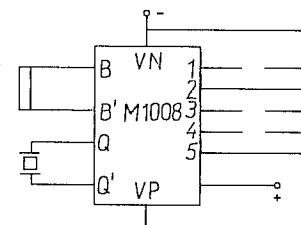
Na **rys. 7.72** przedstawiono schematycznie przykład sposobu regulacji zegarka przyspieszającego ok. 3,5 s/d. Z układu scalonego wychodzi pięć wyprowadzeń podłączonych do ujemnego bieguna zasilania. Gdy wszystkie wyprowadzenia są połączone, czynnik korekcji równa się zero, więc chód zegarka odpowiada częstotliwości rezonatora. Przerwanie pierwsze-

go z tych wyprowadzeń powoduje zmianę ujemną czynnika o wartość 0,264 s/d. Przerwanie drugiego — 2 razy 0,264 s/d, trzeciego — 4 razy, czwartego — 8, a piątego 16 razy 0,264 s/d. Zatem w celu uzyskania korekty chodu ok. 3,5 s/d trzeba przerwać wyprowadzenia: 1, 3 i 4, co uczyni:

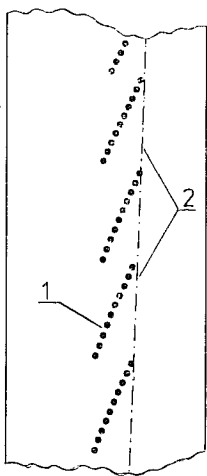
$$(1 + 4 + 8) \cdot 0,264 = 3,43 \text{ s/d.}$$

Jest to więc kod binarny dla -0,26, -0,53, -1,06, -2,11, -4,22 s/d. Z tego układu można oczywiście uzyskać z przerywania dwóch lub więcej wyprowadzeń jedną z 31 możliwości korekcji będących do dyspozycji. Aby ułatwić przerywanie wyprowadzeń, w mostku zegarka znajduje się podłużne okienko nad szeregiem ścieżek obwodów drukowanych. W czasie produkcji, gdy moduł jest jeszcze na taśmie, regulacja odbywa się automatycznie.

Regulacja takiego zegarka w zakładzie zegarmistrzowskim jest możliwa, jeśli układ jest wyposażony w odpowiednią sprawdzarkę. Nasuwa się pewien problem, mianowicie, gdyby błędnie zostało przzerwane jakieś wyprowadzenie, które trzeba by z powrotem połączyć. W tym przypadku lutować się nie da, ale można by poprawić połączenie klejem przewodzącym. Klej przewodzący można wykonać samemu z proszku srebrnego o bardzo drobnych ziarnach, średnicy około 0,01 mm. Do dwóch części objętościowych proszku dodać jedną część kleju do szkielek oraz rozpuszczalnika według potrzeby. Wszystko razem dobrze wymieszać.



Rys. 7.72. Schemat zegarka kwarcowego o wskazaniach analogowych z dyskretną („cyfrową”) regulacją częstotliwości drgań rezonatora



Rys. 7.73. Odcinek taśmy sprawdzarki z wykresem chodu zegarka

1 — wykres częstotliwości rezonatora $+3,25$ s/d, 2 — wykres chodu zegarka $+0,09$ s/d

Chód zegarka z regulacją za pomocą kodu binarnego można sprawdzić na zwykłej sprawdzarce, dającej wykres na taśmie (**rys. 7.73**). Nachylony wykres punktów 1 odpowiada częstotliwości rezonatora kwarcowego, natomiast linia 2 łącząca ostatnie punkty impulsów oznacza chód wyregulowanego zegarka. Na tym wykresie odchyłka rezonatora wynosi $+3,25$ s/d, a odchyłka chodu zegarka — $+0,09$ s/d. Sprawdzenie powinno trwać powyżej 1 minuty, aby uzyskać prawidłową ocenę chodu.

Regulacji metodą cyfrową nie można stosować w zegarkach kwarcowych o wskazaniach cyfrowych zaopatrzonych w stoper, gdyż wskazania stopera nie byłyby dokładne we wszystkich chwilach zatrzymania, a pomiar odstępów czasu musi być zawsze jednakowy.

W zegarkach japońskich SEIKO i radzieckich ŁUCZ 2356 zastosowano regulację za pomocą **przełącznika elektronicznego**, którego zmiana pozycji o jedną działkę powoduje zmniejszenie lub zwiększenie odchyłka chodu o $0,26$ s/d. Na **rys. 7.74a** przedstawiono schematycznie trymer znajdujący się na bloku elektronicznym, a na **rys. 7.74b** — przełącznik elektroniczny. Ten sposób regulacji umożliwia doregulowanie chodu zegarka bez sprawdzarki. Trzeba tylko zaobserwować, ile sekund zegarek pospieszył lub opóźnił, np. w ciągu 10 dni, aby z tej liczby uzyskać odchyłkę w sekundach na jedną dobę i o taką wartość przesunąć przełącznik.

Produkowane przez wiele firm zegarki kwarcowe niższej klasy są wyregulowane podczas produkcji i nie mają żadnych urządzeń do regulacji ich chodu.

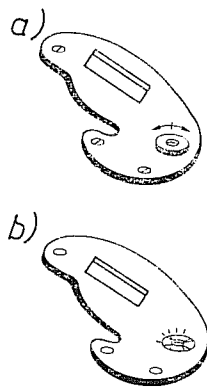
Po ukończeniu regulacji naprawianego zegarka należy zamknąć kopertę i nastawić wskazania na czas aktualny.

7.7.4.2. Nastawianie wskazań

W **zegarkach analogowych** wskazówki nastawia się główką po wyciągnięciu jej do drugiej lub trzeciej pozycji. Pociągnięcie za główkę powoduje przesunięcie się wałka nastawczego i połączenie sprzęgniaka z kołem nastawczym, a pokręcanie główką w tej pozycji umożliwia obrót wskazówek w przód lub w tył. Gdy główka jest wciśnięta aż do samej koperty, wtedy pokręcanie jej w obydwie strony nie powoduje żadnych zmian. Jeśli zegarek jest wyposażony w urządzenie kalendarzowe, to nastawianie daty następuje po wyciągnięciu główki do pierwszej pozycji. Wtedy obrót w jedną stronę przesuwają dni miesiąca, a obrót w drugą stronę — dni tygodnia lub nic nie zmienia (jeśli nie ma wskaźnika dni tygodnia).

Nastawianie wskazań cyfrowych następuje przez odpowiednie naciskanie przycisków znajdujących się z boku, czasem z wierzchu koperty. Bywają zwykle 2, 3 lub 4 przyciski.

Sposoby nastawiania są bardzo różne, gdyż zależą od liczby przycisków i kolejności ich naciskania. Dlatego do każdego



Rys. 7.74. Schemat bloku elektronicznego: a) z trymerem, b) z przełącznikiem elektronicznym

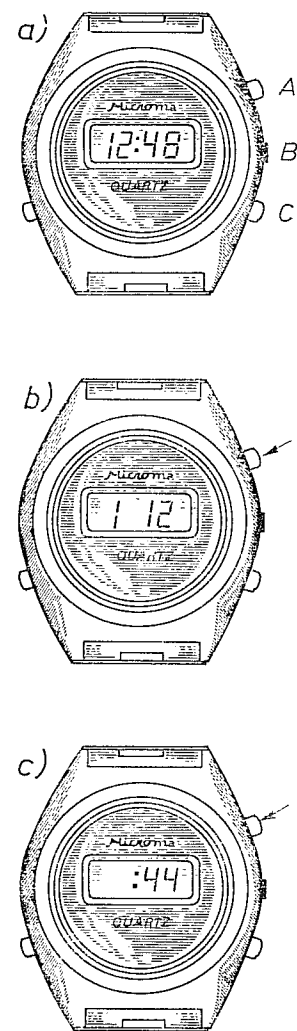
zegarka są dostarczane przez firmę produkującą instrukcje nastawiania wskazań. Zwykle naciśnięcie dwóch lub wszystkich przycisków razem powoduje skasowanie wskazań do zera. W niektórych zegarkach firmy SEIKO skasowanie wskazań następuje przez wyciągnięcie przycisku znajdującego się w miejscu główki, a cztery inne przyciski znajdują się na wierzchu koperty.

Naciskaniem określonych w instrukcji przycisków nastawia się kolejno godzinę, minutę, dzień tygodnia i dzień miesiąca. Po nastawieniu wszystkich wskazań z chwilą włączenia zegarek liczy sekundy od zera. Jeżeli zegarek jest wyposażony w budzik, to czas budzenia nastawia się odpowiednimi przyciskami po nastawieniu wskazań czasu.

Zegarek ze stoperem umożliwia włączenie w każdej chwili stopera przez naciśnięcie przycisku, a po zakończeniu pomiaru czasu i skasowaniu wskazań na wskaźniku ukazują się cyfry aktualnego czasu. Niżej podajemy kilka konkretnych przykładów wybierania do odczytania i sposobów nastawiania wskazań zegarków różnych firm. Na tarczach tych zegarków znajdują się różne napisy i skróty wyrazów angielskich, których znaczenie podajemy w **tabl. 7.4**. Napis *Set* obok przycisku oznacza, że tym przyciskiem wykonuje się nastawianie. Napis *Select* lub *Mode* oznacza, że jego naciśnięcie zmienia funkcje zegarka. Przy nastawianiu operuje się zwykle tymi dwoma przyciskami.

Na **rys. 7.75** przedstawiono sposób wybierania do odczytania wskazań popularnego zegarka kwarcowego. Na wskaźniku są stale widoczne wskazania godzin i minut z pulsującym między nimi dwukropkiem (**rys. 7.75a**). Jednorazowe naciśnięcie przycisku *A* powoduje ukazanie się daty bez pulsującego dwukropka (**rys. 7.75b**), przy czym pierwsze cyfry oznaczają zwykle miesiąc, a drugie dzień miesiąca; w tym przypadku styczeń, dzień 12. Po kilku sekundach automatycznie następuje powrót do wskazań czasu. W niektórych zegarkach powrót nastąpi dopiero po następnym naciśnięciu przycisku *A*. Po dwukrotnym naciśnięciu przycisku *A* lub dłuższym nieco jego przytrzymaniu po prawej stronie wskaźnika ukazażą się cyfry z dwukropkiem zmieniające się co sekundę, które oznaczają bieżące sekundy liczone przez zegarek (**rys. 7.75c**). Po około 2 s po uwolnieniu przycisku *A* lub ponownym jego naciśnięciu następuje powrót do wskazań czasu.

W niektórych zegarkach tego typu po jednorazowym naciśnięciu przycisku i przytrzymaniu go ukazuje się na przemian co 1,5 s dzień miesiąca i dzień tygodnia. Po uwolnieniu przycisku następuje powrót do wskazywania czasu. Natomiast dwukrotne naciśnięcie przycisku powoduje ukazanie się bieżących sekund, które znikają po następnym naciśnięciu przycisku, przy czym następuje powrót do wskazań czasu. Są to zwykłe sposoby wybierania do odczytania wskazań.



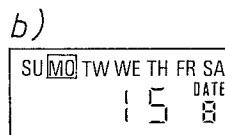
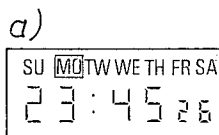
Rys. 7.75. Sposób wybierania do odczytania wskazań popularnego zegarka kwarcowego: a) wskazania czasu, b) wskazania daty: miesiąc i dzień, c) wskazania bieżących sekund

Objaśnienia skrótów i napisów na tarczach zegarków kwarcowych

Skrót	Znaczenie	Skrót	Znaczenie
AM	przed południem	LED	wskaźnik luminescencyjny
PM	po południu	LCD	wskaźnik ciekłokrystaliczny
MO, 1	poniedziałek	ON	włączony
TU, 2	wtorek	OFF	wyłączony
WE, 3	środa	Sec, S	sekunda
TH, 4	czwartek	Min, M	minuta
FR, 5	piątek	HR, H	godzina
SA, 6	sobota	Calendar	kalendarz
SU, 7	niedziela	Clock	zegar
Alarm	alarm, budzenie	Watch	zegarek
Buzzer	brzęczyk	Read	odczyt
Stop	stop	Up	w górę
Start	start	Down	w dół
Reset	kasowanie	Closed	zamknięty
Clear	czysty, skasowany	Open	otwarty
Time, timing	czas, pomiar czasu	Lap	niezależny stoper
Set, setting	nastawianie	Quartz	zegarek kwarcowy
Select	zmiana funkcji	Chronograf	zegarek ze stoperem
Mode	funkcja zegarka	No jewels	bez kamieni
Solar	słoneczny	Unadjusted	nie regulowany
Advance	nastawianie alarmu	Battery	bateria
Water resistant	wodoszczelny	Lithium	bateria litowa
Adjust	regulować	Silver	bateria tlenkowo-srebrowa
Light	światło	Mercury	bateria tlenkowo-rtęciowa
Timer	odliczanie czasu	Melody	melodia

W tych zegarkach, które stale wskazują dni tygodnia i sekundy (**rys. 7.76a**), naciśnięcie przycisku powoduje ukazanie się dnia miesiąca i miesiąc (**rys. 7.76b**). Po wrót do normalnego wskazywania czasu następuje po kilku sekundach, albo po następnym naciśnięciu przycisku.

Rys. 7.76. Odczytywanie wskazań zegarka kwarcowego wyższej klasy: a) wskazania czasu: godzina, minuta, sekunda; w ramce dzień tygodnia, b) wskazania daty: dzień miesiąca i miesiąc

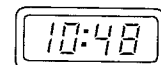
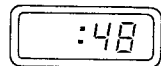
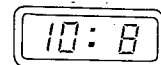
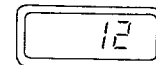
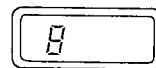
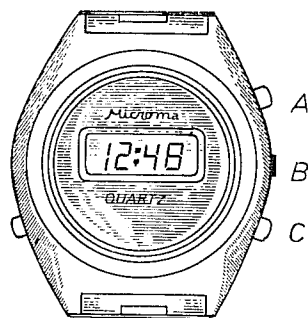


W zegarkach z trzema przyciskami (**rys. 7.77**) przycisk *A* służy do wybierania odczytu dokładnego czasu (sekundy) oraz daty. Natomiast podczas nastawiania wskazań pełni on funkcję przełącznika sterującego nastawianiem cyfr miesiący, dni, godzin i minut. Nastawianie wskazań rozpoczyna się od naciśnięcia przycisku *B*, który nie wystaje z koperty, ale ma na czołowej powierzchni małe zagłębienie. Po naciśnięciu go cienkim precikiem lub długopisem znikają wszystkie cyfry, a ukazują się

z lewej strony wskaźnika cyfra oznaczająca miesiąc. Naciskanie z kolei przycisku *A* lub przytrzymanie go dłużej powoduje kolejną zmianę miesiący od 1 do 12. Należy uwolnić przycisk *A* w takiej chwili, aby na wskaźniku pozostała właściwa cyfra dla danego miesiąca, np. 8 (rys. 7.77). Następne naciśnięcie przycisku *B* spowoduje ukazanie się na wskaźniku po prawej stronie cyfr dni. Aby nastawić właściwy dzień, trzeba nacisnąć i przytrzymać przycisk *A*, co spowoduje kolejne zmiany dni od 1 do 31. Uwolnić trzeba przycisk w takiej chwili, aby na wskaźniku pozostała właściwa liczba, jedno- lub dwucyfrowa dla danego dnia, np. 12.

Kolejne naciśnięcie przycisku *B* spowoduje po lewej stronie wskaźnika ukazanie się cyfr oznaczających godzinę, a po prawej stronie litera *A* lub *P*. Naciśnięcie przycisku *A* i przytrzymanie go spowoduje przesuwanie się kolejnych godzin od 1 do 12 z literą *A*, a następnie znowu do 1 do 12 z literą *P*. Litera *A* oznacza godziny przedpołudniowe (ante meridiem), a litera *P* — popołudniowe (post meridiem — zob. tabl. 7.4). Przycisk należy uwolnić w takiej chwili, aby na wskaźniku pozostała właściwa godzina, np. 10 A.

Po następnym naciśnięciu przycisku *B* ukaza się po prawej stronie cyfry minut, które nastawia się przez naciśnięcie przycisku *A*, np. 48. Po kolejnym naciśnięciu przycisku *B* ukaza się na wskaźniku nastawione cyfry godzin i minut z dwukropkiem, który nie pulsuje. Naciśnięcie przy-



cisku *A* powoduje start sekundnika i pulsowanie dwukropka.

Przycisk *C* służy do podświetlania wskaźników, aby umożliwić ich odczytywanie w ciemności.

Radziecki zegarek kwarcowy ELEKTRONIKA 30353 o wskazaniach cyfrowych LCD, z trzema przyciskami *A*, *B* i *C* (rys. 7.78), ma trzy układy wskaźników:

- 1 — godzina, pulsująca kropka z częstotliwością 1 Hz, minuta, dzień miesiąca, postępujący dzień tygodnia,
- 2 — godzina, pulsująca kropka, minuty, sekundy, dzień tygodnia;
- 3 — dzień miesiąca, miesiąc, dzień tygodnia, dwie ostatnie cyfry roku.

Zmiana z jednego układu na drugi następuje po naciśnięciu przycisku *A*.

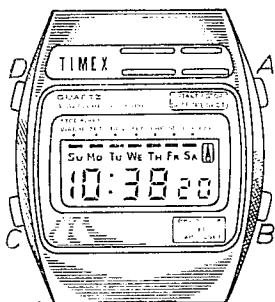
Nastawianie czasu i wskaźników kalendarza odbywa się przez naciskanie przycisków *A* i *B*. Przycisk *C* służy do podświetlania wskaźników w ciemności.

Nastawianie dokładnego czasu powinno się odbywać wtedy, gdy na wskaźniku znajduje się stan układu 1. Razem z sygnałem dokładnego czasu nadawanym przez

Rys. 7.77. Nastawianie kolejnych wskazań zegarka z trzema przyciskami *A*, *B*, i *C*



Rys. 7.78. Zegarek ELEKTRONIKA 30353 z trzema przyciskami: *A* — do korekcji wskazań czasu i kalendarza, *B* — do wybierania poszczególnych wskazań, *C* — do podświetlania



Rys. 7.79. Zegarek elektroniczny TIMEX z czterema przyciskami

radio należy nacisnąć i puścić przycisk *A*. Następuje przy tym automatyczne nastawienie czasu wyjściowego (zerowanie).

Nastawianie wskazań czasu wykonuje się w sposób następujący:

- nacisnąć przycisk *B* — następuje przejście do nastawiania minut;
- nastawianie minut — nacisnąć dwa razy przycisk *B*, a przyciskiem *A* ustalić właściwe wskazania;
- nastawianie godzin — nacisnąć trzy razy przycisk *B*, a potem przyciskiem *A* ustalić właściwe wskazania;
- nastawianie dnia tygodnia — nacisnąć cztery razy przycisk *B*, a przyciskiem *A* ustalić właściwy dzień tygodnia;
- nastawianie godziny w położenie wyjściowe nacisnąć pięć razy przycisk *B*, przy tym następuje start zegarka z położenia wyjściowego.

Nastawianie wskazań, gdy na wskaźniku znajduje się stan układu 2, następuje w tej samej kolejności: godziny, minuty, sekundy, dzień tygodnia.

Nastawianie kalendarza następuje z pozycji układu 3 wskaźnika w następującej kolejności: rok, miesiąc, dzień miesiąca, dzień tygodnia.

W celu wyboru systemu 12-godzinnego lub 24-godzinnego należy trzy razy nacisnąć przycisk *B* w pozycji układu 1 lub 2 wskaźnika i przy trzecim naciśnięciu przytrzymać go w ciągu 4 s. Przy tym następuje kolejne ukazywanie się na przemian obydwu systemów. Uwolnieniem przycisku w

odpowiedniej chwili uzyskuje się życzony system wskazań.

Nastawianie wskazań zegarków wielofunkcyjnych, wyposażonych w stoper, alarm, czas strefowy, timer, melodie, wymaga dodatkowego przycisku zmiany funkcji, zwanego *Select* lub *Mode*. W celu nastawienia czasu trzeba zwykle najpierw nacisnąć i przytrzymać przycisk *Select*, w niektórych zegarkach — dwa przyciski jednocześnie. Oznaką rozpoczęcia nastawiania będzie pulsowanie (migotanie) cyfry lub symbolu. Naciskaniem przycisków nastawia się kolejno godziny, minuty, sekundy, miesiąc, dzień miesiąca, dzień tygodnia oraz rok. Zegarek kwarcowy firmy TIMEX o wskazaniach cyfrowych ma cztery przyciski (rys. 7.79), które spełniają następujące funkcje:

- przycisk *A* — nastawianie cyfr wskaźnika oraz start i stop stopera,
- przycisk *B* — przestawianie na czas innej strefy oraz kasowanie stopera,
- przycisk *C* — włączanie i wyłączanie stopera oraz podświetlanie,
- przycisk *D* — przygotowanie do nastawiania czasu i sygnału.

Nastawianie wskazań czasu i kalendarza odbywa się w następujący sposób:

- nacisnąć razem wszystkie przyciski *A*, *B*, *C*, *D* — następuje skasowanie wskazań na zero,
- nacisnąć przycisk *C* i jednocześnie *D* — przygotowanie do nastawiania godziny,
- nacisnąć przycisk *A* i trzymać — następuje kolejna zmiana cyfr godzinowych;

- przy zatrzymywaniu uważać na godziny przedpołudniowe *A* i popołudniowe *P*,
- nacisnąć przycisk *D* — przygotowanie do nastawiania minut,
 - nacisnąć przycisk *A* i trzymać — następuje kolejna zmiana cyfr minutowych; zatrzymać na życzonej minucie,
 - nacisnąć przycisk *D* — przygotowanie do nastawienia miesięcy,
 - nacisnąć przycisk *A* i trzymać — następuje kolejna zmiana cyfr miesięcy; zatrzymać na życzonym miesiącu,
 - nacisnąć przycisk *D* — przygotowanie do nastawienia dnia miesiąca,
 - nacisnąć przycisk *A* i trzymać — następuje kolejna zmiana cyfr dni miesiąca; zatrzymać na życzonym dniu miesiąca,
 - nacisnąć przycisk *D* — przygotowanie do nastawienia dnia tygodnia,
 - nacisnąć przycisk *A* i trzymać — następuje kolejna zmiana symboli dni tygodnia; zatrzymać na życzonym dniu tygodnia,
 - nacisnąć przycisk *D* — następuje nastawienie sekund na zero; na wskaźniku ukaże się cała data,
 - nacisnąć przycisk *A* w momencie pełnej uprzednio nastawionej minuty.

Po czterech sekundach na wskaźniku ukaże się nastawiona aktualna godzina, minuta i sekunda.

Nastawianie czasu włączenia sygnału, np. do budzenia, odbywa się w następujący sposób:

- nacisnąć przycisk *D* dwa razy — przygotowanie do nastawienia godziny,

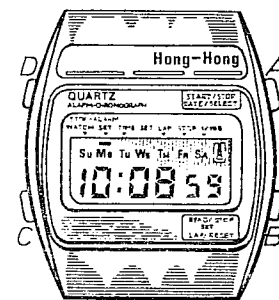
- nacisnąć przycisk *A* i trzymać ok. 2 s — następuje kolejna zmiana cyfr godzinowych — przy zatrzymywaniu uważać na godziny przedpołudniowe *A* i popołudniowe *P*,
- nacisnąć przycisk *D* — przygotowanie do nastawienia minut,
- nacisnąć przycisk *A* i trzymać — następuje kolejna zmiana cyfr minutowych; zatrzymać na życzonej minucie,
- nacisnąć przycisk *D* — ustala się nastawiony czas sygnału,
- nacisnąć przycisk *A* — włączenie sygnału; nad cyframi sekund ukaże się symboliczny znak.

Używanie stopera przebiega następująco:

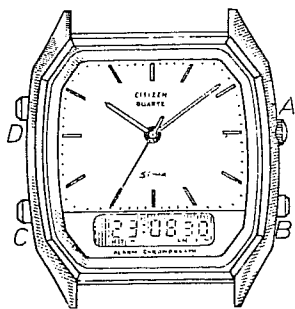
- nacisnąć przycisk *C* dwa razy — przygotowanie do włączenia stopera,
- nacisnąć przycisk *A* — następuje krótki sygnał i start stopera mierzącego czas z dokładnością 0,1 s,
- nacisnąć przycisk *A* — następuje sygnał i stop stopera; można włączać i wyłączać kilka razy,
- nacisnąć przycisk *B* — następuje skasowanie wskazań stopera na zero,
- nacisnąć przycisk *C* — następuje wyłączenie stopera.

Podobne zegarki kwarcowe o wskazaniach cyfrowych z czterema przyciskami o różnych nazwach firmowych, są produkowane w Hongkongu. Przyciski takiego zegarka (**rys. 7.80**) spełniają następujące funkcje:

- przycisk *A* — przygotowanie do nastawiania cyfr wskaźnika i start stopera,



Rys. 7.80. Zegarek elektroniczny z czterema przyciskami produkcji Hongkongu



Rys. 7.81. Zegarek elektroniczny CITIZEN o wskazaniach analogowo-cyfrowych z główką A i trzema przyciskami B, C, i D do nastawiania wskazań

- przycisk B — kolejna zmiana cyfr oraz nastawianie i stop stopera,
 - przycisk C — włączanie stopera, pulsowanie cyfr i powrót do pozycji wyjściowej,
 - przycisk D — podświetlanie wskazań.
- Nastawianie wskazań czasu i kalendarza odbywa się w następujący sposób:
- nacisnąć przycisk C i trzymać ok. 2 s — przygotowanie do ustawiania godziny budzenia (pulsowanie cyfr godzinowych),
 - nacisnąć przycisk C krótko — pulsowanie cyfr minutowych,
 - nacisnąć przycisk C — pulsowanie cyfr sekundowych,
 - nacisnąć przycisk A — pulsowanie cyfr minutowych czasu,
 - nacisnąć przycisk A — pulsowanie cyfr godzinowych,
 - nacisnąć przycisk A — pulsowanie cyfr miesięcy,
 - nacisnąć przycisk A — pulsowanie cyfr dni miesiąca,
 - nacisnąć przycisk A — pulsowanie cyfr dni tygodnia,
 - nacisnąć przycisk A — pulsowanie znowu cyfr sekundowych,
 - nacisnąć przycisk C — powrót do pozycji wyjściowej.

Naciśnięcie przycisku B podczas pulsacji sekund od 1 do 29 powoduje cofanie do zera, a od 31 do 59 powrót do zera, ale o 1 min do przodu.

Naciśnięcie przycisku B podczas pulsacji innych cyfr powoduje przesunięcie o jedną do przodu.

Naciśnięcie przycisku A i trzymanie oraz naciśnięcie przycisku C powoduje zmianę systemu z 12-godzinnego na 24-godzinny.

Naciśnięcie przycisków A i B powoduje grę melodii, jednej — z siedmiu.

Naciśnięcie przycisku D powoduje podświetlanie wskaźnika.

Używanie stopera przebiega następująco:

- nacisnąć przycisk C — włączenie stopera,
- nacisnąć przycisk A — start stopera,
- nacisnąć przycisk B — stop stopera,
- nacisnąć przycisk C — powrót do aktualnego czasu.

Na rys. 7.81 przedstawiono zegarek kwarcowy firmy CITIZEN o wskazaniach analogowo-cyfrowych z główką nastawczą A oraz trzema przyciskami B, C i D. Nastawianie wskazówek odbywa się po wyciągnięciu główki A. Wtedy wskazówka sekundowa się zatrzymuje, a minutową i godzinową można nastawiać przez obracanie główki w obydwie strony.

Główkę wyciąga się wtedy, gdy wskazówka sekundowa znajduje się nad dwunastką, aby można było dokładniej nastawić wskazania zegarka.

Do wybierania wskazań na wskaźniku służy przycisk C. Jeżeli na wskaźniku znajdują się wskazania aktualnego czasu, to pierwsze naciśnięcie przycisku C powoduje przełączenie wskazań na nastawiony czas budzika. Powtórne naciśnięcie przycisku C przełącza na funkcję stopera. Po trzecim naciśnięciu przycisku C pojawiają się

wskazania kalendarza. Następne naciśnięcie przycisku *C* przywraca wskazania aktualnego czasu.

Nastawiania wskazań czasu dokonuje się za pomocą przycisków *D* i *B* w sposób następujący:

- nacisnąć przycisk *D* i trzymać ok. 2 s. — przygotowanie do nastawiania sekundy (pulsowanie cyfr sekundowych),
- nacisnąć przycisk *B* — następuje nastawienie sekund na zero,
- nacisnąć przycisk *D* — przygotowanie do nastawiania minut,
- nacisnąć przycisk *B* — następuje kolejna zmiana cyfr minutowych, zatrzymać na aktualnej minucie,
- nacisnąć przycisk *D* — przygotowanie do nastawiania godzin,
- nacisnąć przycisk *B* — następuje kolejna zmiana cyfr godzinowych; zatrzymać na aktualnej godzinie,
- nacisnąć przycisk *C* w chwili aktualnej sekundy — zegarek zacznie liczyć czas.

Nastawianie kalendarza odbywa się podobnie — za pomocą przycisków *D* i *B*, a powrót do aktualnych wskazań następuje po naciśnięciu przycisku *C* albo automatycznie po upływie około 1 minuty.

Nastawianie czasu budzenia wykonuje się przyciskami *C*, *D* i *B*, w sposób podobny do nastawiania czasu. Włączenie budzika następuje przez wybranie na wskaźniku czasu budzenia przyciskiem *C* i naciśnięcie przycisku *B*. Po tej operacji z lewej strony wskaźnika ukaże się znak włączenia budzika. Jeśli naciśnięcie się jeszcze raz

przycisk *B*, to znak ten zniknie, co oznacza, że budzik jest nastawiony na czas budzenia, ale nie będzie sygnalizował, gdyż jest wyłączony.

Po tej samej stronie wskaźnika, poniżej znaku budzika, znajduje się symbol dzwonka, który oznacza, że zegarek o każdej pełnej godzinie wydaje dwa krótkie dźwięki. Włączanie i wyłączanie tych dźwięków wraz z symbolem dzwonka następuje przez jednoczesne naciśnięcie przycisków *B* i *D*. Dokonać włączenia lub wyłączenia można tylko wtedy, gdy symbol ten znajduje się na wskaźniku, mianowicie — podczas wskazywania czasu lub daty.

Szwajcarska firma ETA opracowała zegarek kwarcowy kal. 958 o wskazaniach analogowo-cyfrowych, w którym nie ma przycisków do nastawiania wskazań, lecz tylko jedna główka nastawcza, za pomocą której nastawia się wszystkie funkcje zegarka. Oprócz normalnych wskazań aktualnego czasu zegarek jest wyposażony w timer, stoper, alarm oraz wskazuje czas innych stref.

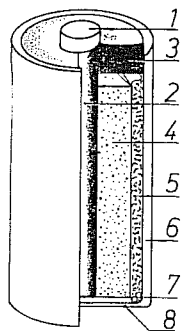
Główka zegarka ma 3 pozycje nastawcze o następujących zadaniach:

- pozycja 1 — kontrola alarmu, stopera, timera, systemu 12- i 24- godzinnego,
- pozycja 2 — wybieranie funkcji,
- pozycja 3 — korekcja wskazań na wskaźniku.

W celu wybrania danej funkcji trzeba po wyciągnięciu główki obrócić ją o pewien kąt — najpierw w lewo, potem w prawo. Na wskaźniku ukazują się pulsujące cyfry

lub litery. Podobnie wykonuje się korekcję po wyciągnięciu główki do trzeciej pozycji. Dla ułatwienia opanowania sposobu nastawiania wszystkich wskazań do zegarka jest dołączona instrukcja opisowa z odpowiednimi szkicami.

Nastawianie czasu zegarów domowych z trzema lub czterema przyciskami odbywa się podobnie, jak w zegarkach. Nie wydaje się konieczne podawanie jeszcze innych sposobów nastawiania, jakie można spotkać we współczesnych zegarach i zegarkach. Zamieszczone w tym rozdziale przykłady mogą posłużyć jako wzory do postępowania przy nastawianiu zegarów i zegarków najczęściej spotykanych w zakładach zegarmistrzowskich w naprawie, natomiast w innych przypadkach należy korzystać z instrukcji fabrycznych.



Rys. 8.1. Bateria popularna braunsztynowo-cynkowa

1 — kapturek, 2 — węglowa elektroda dodatnia, 3 — masa zalewowa, 4 — depolaryzator, 5 — elektrolit, 6 — cynkowa elektroda ujemna w kształcie kubka, 7 — zabezpieczenie krawędzi, 8 — dno kubka

8. Baterie do zegarów i zegarków

8.1. Ogniwa i baterie do zegarów

Źródłem energii zegarów domowych i budzików elektrycznych i elektronicznych są przeważnie **ogniwa suche** typu Leclanche'go, których budowę omówiono szcze-

gółowo w rozdziale 1.2.1.1. Napięcie jednego takiego ogniwa wynosi 1,5 V. W niektórych zegarach, zwłaszcza z naciągami elektrycznym, mają zastosowanie **baterie** złożone z trzech pojedynczych ogniw, połączonych szeregowo w celu zwiększenia napięcia do 4,5 V. Pojedyncze ogniwa stosowane w zegarach przyjęło się nazywać również bateriami -- stąd nazwa: **zegary bateryjne**.

Baterie do zegarów są produkowane najczęściej w kształcie walca w różnych wielkościach i oznaczane symbolami, np. R6, R14, R20. Wymiary baterii różnych typów przedstawiono w **tabl. 8.1**. Rozróżniamy trzy zasadnicze rodzaje baterii:

- popularne, kwasowe braunsztynowo-cynkowe,
- zasadowe braunsztynowo-cynkowe,
- zasadowe tlenkowo-rtęciowe.

Bateria braunsztynowo-cynkowa kwasowa jest typowym ogniwem suchym Leclanche'go. Składa się z węglowej elektrody dodatniej **2** (**rys. 8.1**), depolaryzatora **4**, elektrolitu **5** i kubka cynkowego **6** stanowiącego elektrodę ujemną. Napięcie w baterii powstaje przez wędrówkę dodatnich jonów cynkowych do elektrody węglowej. Na kubku cynkowym pojawia się nadmiar ładunku ujemnego. Podczas wyładowania powstaje wodór, który -- wchodząc w reakcję z depolaryzatorem -- tworzy wodę. Z tego powodu bateria w czasie wyładowania wilgotnieje.

Oprócz baterii popularnych są także produkowane baterie braunsztynowo-cyn-

Tablica 8.1

Wymiary baterii do zegarów

Rodzaj baterii (symbol)	Wymiary			Wysokość z końcówkami mm	Napięcie znamionowe V
	średnica	wysokość	szerokość		
	mm				
R03	10,5	—	—	44,5	1,5
R1	12	—	—	30	1,5
R6	14,5	—	—	50,5	1,5
R10	21,5	—	—	37	1,5
2R10	21,5	—	—	74	3,0
3R12	—	62	22	67	4,5
R14	26	—	—	50	1,5
R20	34	—	—	61,5	1,5
6F22	—	26,5	17,5	48,5	9

kowe szczelne, zamknięte w płaszczu stalowym. Zapobiega to wyciekaniu elektrolitu i wysychaniu baterii oraz samowyladowaniu, dzięki czemu można je dłużej przechowywać.

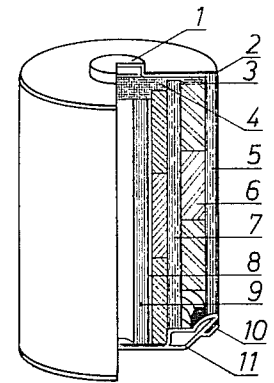
Inna odmiana baterii braunsztynowo-cynkowych różni się od baterii popularnych tylko sposobem umieszczenia elektrolitu. Mianowicie — w baterii znajduje się papier chłonny nasycony elektrolitem, dzięki czemu bateria taka ma większą pojemność niż bateria popularna o tych samych wymiarach.

Świeża bateria braunsztynowo-cynkowa ma napięcie nieco wyższe niż 1,5 V. W miarę starzenia się baterii jej napięcie spada. Gdy napięcie bez obciążenia zmniejszy się o 15%, czyli do około 1,27 V, bateria jest bliska stanu wyczerpania. Pod obciążeniem napięcie jej będzie jeszcze niższe, a gdy wyniesie mniej niż 0,9 V — nie nadaje się już do użytku. Jeśli więc napięcie baterii bez obciążenia jest niższe

od 1,5 V, to nie powinno się jej zakładać do zegara, gdyż nie ma pewności, że zegar będzie działał w czasie gwarancji udzielonej po naprawie.

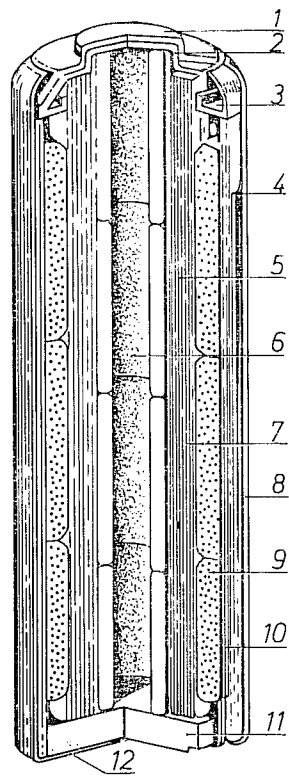
Bateria braunsztynowo-cynkowa zasadowa różni się od baterii kwasowej zastosowanym w niej elektrolitem. W baterii zasadowej elektrolitem jest wodorotlenek potasu KOH o działaniu alkalicznym, a w baterii kwasowej elektrolitem jest chlorek amonu (salmiak) o działaniu kwasowym. Baterie zasadowe mają większą pojemność i można je dłużej przechowywać niż kwasowe.

Na **rys. 8.2** przedstawiono budowę baterii zasadowej firmy Mallory. Bateria jest całkowicie zamknięta w płaszczu stalowym 1. Biegunem dodatnim jest górny kapturek stalowy, połączony ze spiralą stalową. Spirala ta jest otoczona depolaryzatorem 6 z dwutlenku manganu. Między depolaryzatorem a cylindryczną elektrodą cynkową 8 jest umieszczony elektrolit 7, zassany



Rys. 8.2. Bateria zasadowa firmy Mallory

1 — płaszcz stalowy i biegun dodatni, 2 — zewnętrzny płaszcz stalowy, 3 — przekładka izolacyjna, 4 — korrek izolacyjny, 5 — przekładka absorpcyjna, 6 — depolaryzator, 7 — elektrolit w materiale absorpcyjnym, 8 — cylindryczna elektroda cynkowa, 9 — separator elektrolitu, 10 — uszczelka, 11 — podwójne dno stalowe — biegun ujemny



Rys. 8.3. Bateria tlenko-rzęciowa

1 — zewnętrzna pokrywa stalowa, 2 — wewnętrzna pokrywa stalowa, 3 — pierścień izolujący i uszczelniający, 4 — uszczelka absorpcyjna, 5 — elektrolit w materiale absorpcyjnym, 6 — cztery cylindryczne elektrody cynkowe, 7 — separator, 8 — zewnętrzny płaszcz stalowy, 9 — trzy walce tlenkowo-rzęciowe — depolaryzator, 10 — wewnętrzny płaszcz stalowy, 11 — przekładka izolacyjna, 12 — otwór wylotowy

przez gąbczasty pierścień. Ujemna elektroda cynkowa 8 jest połączona z podwójnym dnem stalowym 11, a więc ma ono taki sam potencjał jak elektroda cynkowa. Dno baterii 11 i jej biegun dodatni są od siebie odizolowane uszczelką 10, spełniającą funkcję izolatora. Zewnętrzny i wewnętrzny płaszcz stalowy są odizolowane za pomocą uszczelki cylindrycznej. Aby uniknąć zwarcia, zewnętrzny płaszcz stalowy jest pokryty izolującą warstwą z tworzywa sztucznego. Napięcie znamionowe tej baterii wynosi 1,5 V.

Bateria tlenkowo-rzęciowa jest szczelnie zamknięta w stalowej obudowie. Elektrode ujemną stanowią cztery cylindry cynkowe 6 (rys. 8.3), umieszczone w środku baterii. Są one połączone z pokrywą 1, która dzięki temu połączeniu uzyskuje również biegunowość ujemną. Cylindry cynkowe 6 są otoczone elektrolitem, umieszczonym w materiale absorpcyjnym 5. Wokół elektrolitu znajduje się separator 7, konieczny dla procesu elektrochemicznego, otoczony wkłó depolaryzatorem 9. Elektrode dodatnią baterii stanowi rtęć wydzielająca się z depolaryzatora. Elektrolit składa się ze stężonego roztworu wodorotlenku potasu i tlenku cynkowego. Depolaryzator jest zmieszany z grafitem w celu zmniejszenia rezystancji wewnętrznej baterii.

Po włączeniu baterii do zewnętrznego obwodu prądowego jony cynkowe przechodzą do elektrolitu i wypierają z niego dodatnie jony wodorowe, które przechodzą

do tlenku rtęciowego i wypierają z niego jony rtęciowe, przejmujące i neutralizujące elektrony. Jony wodorowe wchodzą w reakcję z tlenem i tworzą wodę.

Bateria tlenkowo-rzęciowa daje bez obciążenia napięcie wartości 1,35 V. Pod normalnym obciążeniem napięcie baterii spada do około 1,25 V. W przeciwieństwie do baterii braunsztynowej, której napięcie w miarę zużywania obniża się w sposób ciągły, bateria tlenkowo-rzęciowa utrzymuje napięcie na stałym poziomie przez cały czas pracy, po czym napięcie gwałtownie spada. Baterie rtęciowe mogą być przez długi okres magazynowane i są bardzo wydajne, gdyż dostarczają blisko 90% zawartej energii chemicznej. Mają one 4 ÷ 7 razy większą pojemność niż innego typu baterie suche o takiej samej objętości.

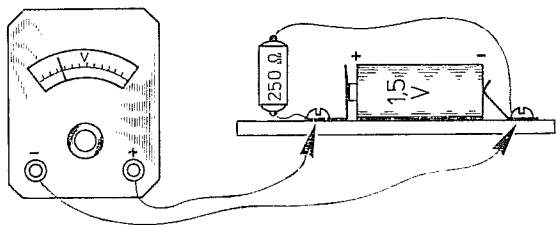
Najczęściej mamy do czynienia z popularnymi bateriami braunsztynowymi, z których często zdarzają się wycieki. W celu zabezpieczenia zegara przed szkodliwym wyciekaniem elektrolitu można baterię umieścić w torebce nylonowej lub igielitowej. Niektóre firmy produkujące baterie zaopatrują je w podobne osłony lub wytwarzają je na mieszaninie cynkowo-chlorowej (np. baterie PERTRIX), co zabezpiecza przed wyciekaniem.

Znane są w Polsce baterie różnych firm zagranicznych, np. VARTA, oraz krajowych: ELEKTRON, CENTRA, VOLTA, które łatwo jest nabyć. Nie należy więc długo przetrzymywać baterii w magazynach,

gdyż tracą one pojemność wskutek samowyladowania. Nawet krótki okres przechowywania w pomieszczeniach zimnych i wilgotnych, a także w zbyt gorących powyżej 25°C , jest szkodliwy.

Przed założeniem baterii do zegara powinno się sprawdzić jej napięcie. Miernik należy nastawić zawsze na większą wartość napięcia. Jeżeli bateria ma napięcie np. $4,5\text{ V}$, to woltomierz trzeba nastawić na zakres 6 V .

Przy pomiarach napięcia należy prawidłowo podłączyć bieguny (rys. 8.4), w prze-



ciwnym razie wskazówka miernika wychyli się w niewłaściwą stronę, co jest dla niego szkodliwe. Niedokładne połączenie badanej baterii z miernikiem lub zabrudzone styki mogą spowodować wadliwe wskazania miernika. Pomiaru tego dokonuje się przy zamkniętym obwodzie, obciążonym rezystancją, np. $250\ \Omega$. Jeśli wskazówka miernika wychyli się na podzielnik do napięcia nominalnego, np. $1,5\text{ V}$ i pozostaje w tym położeniu, to świadczy to o tym, że bateria jest dobra i można ją założyć do zegara. Gdy natomiast wskazówka wychyli się na podzielnik i zaraz się

cofa, świadczy to o wyczerpaniu baterii, więc trzeba ją wymienić na nową.

W zegarach z naciągiem elektrycznym zaleca się mierzenie napięcia baterii w mechanizmie podczas pracy zegara. Jeśli bateria będzie miała za małe napięcie, to przyciąganie zwory do rdzenia cewki będzie za słabe. Gdy jednak bateria ma wymagane napięcie, a zwora jest słabo przyciągana, wówczas urządzenie naciągowe jest wadliwe i trzeba je poprawić.

O konieczności wymiany baterii sygnalizuje nieprawidłowe działanie naciągu zegara. Jeżeli bateria za wcześnie się wyczerpuje, to przyczyną może być za długi czas styku podczas naciągania lub zbyt duży pobór prądu przez elektromagnes. Przyczyną za dużego poboru prądu może być zwarcie w cewce. Zatrzymanie się zegara z naciągiem elektrycznym przy zwartych stykach jest tylko wtedy możliwe, gdy bateria jest już tak wyczerpana, że brak jej energii do podciągnięcia obciążnika napędowego lub naciągnięcia sprężyny — wtedy obwód elektryczny jest stale zamknięty i bateria gwałtownie się wyczerpuje. Aby się upewnić, czy bateria zawiera odpowiednio duży ładunek energii, należałoby ją podczas pomiaru rozładować, ale po tym zabiegu stanie się bezwartościowa. Nie ma, niestety, prostej metody określającej z całą pewnością ilość energii akumulowanej w baterii. Laboratoryjnie można by to przeprowadzić, ale dla zegarmistrza taki sposób badania nie ma praktycznego znaczenia.

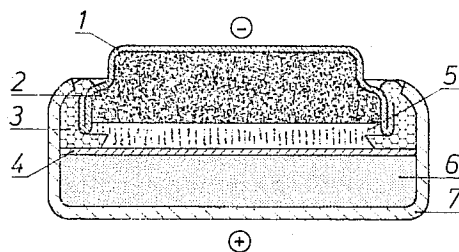
Rys. 8.4. Mierzenie napięcia baterii za pomocą urządzenia do pomiarów pod obciążeniem

Okres żywotności baterii jest określony na 6 do 7 miesięcy. Jednak w dobrze działającym zegarze, o prawidłowym poborze prądu, może służyć przez cały rok. Dłużej jednak nie powinno się trzymać baterii w zegarze, aby nie nastąpił z niej wyciek elektrolitu i nie uszkodził zegara.

Przy zakładaniu baterii do zegara trzeba zwracać uwagę na prawidłowe połączenie biegunów: biegun dodatni jest oznaczony znakiem plus, a biegun ujemny — znakiem minus.

8.2. Baterie pastylkowe do zegarków

W zegarkach elektronicznych mają zastosowanie miniaturowe ogniwa, zwane **bateriami pastylkowymi**. Budowę takiej baterii przedstawiono na rys. 8.5. Pokry-



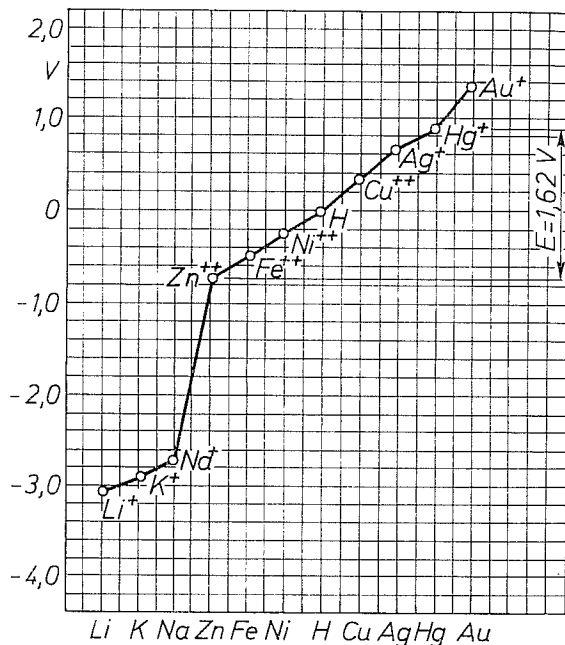
Rys. 8.5. Budowa baterii pastylkowej

1 — pokrywka anodowa, 2 — elektroda anodowa, 3 — uszczelka, 4 — przekładka (separator), 5 — elektrolit, 6 — elektroda katodowa, 7 — kubek katodowy

wka 1 i kubek 7 są wykonane z chromowanej blachy stalowej. W kubku 7 znajduje się elektroda katodowa 6, a w pokrywce 1 — elektroda anodowa 2. Pod elektrodą anodową znajduje się elektrolit 5 oddzie-

lony od elektrody katodowej przekładką 4, zwaną separatorem. Między brzegami kubka 7 i pokrywki 1 jest zaciśnięta uszczelka 3.

W zależności od materiału, z jakiego jest utworzona katoda, rozróżniamy **baterie rtęciowe** (tlenkowo-rtęciowe), **srebrne** (tlenkowo-srebrne) oraz **manganowe** (manganowo-alkaliczne). Anodą w tych bateriach jest cynk tworzący potencjał ujemny, a katoda ma potencjał dodatni. Jest tu przeciwnie niż w **bateriach cynkowo-węglowych**, w których cynk jest katodą ujemną, a węgiel anodą dodatnią. Wynika to z szeregu napięciowego Volty, przedstawionego na rys. 8.6, z którego



Rys. 8.6. Szereg napięciowy Volty dla różnych metali

można określić przybliżone napięcie ogniwa złożonego z dwóch metali oraz jego biegunowość. Wodór H ma umowny potencjał zerowy. Umieszczone na wykresie metale mają w stosunku do wodoru potencjał dodatni lub ujemny. Potencjał ujemny mają metale umieszczone poniżej linii zerowej, a potencjał dodatni — metale znajdujące się powyżej tej linii.

Dla cynku Zn i dla rtęci Hg przedstawionych na wykresie różnica potencjałów wynosi $-0,76$ i $+0,86$ V. Z bezwzględnej różnicy potencjałów napięcie $E = 1,62$ V. Praktycznie jest ono zwykle niższe, ze względu na straty w elektrolicie, i wynosi $1,35$ V. Biegunowość ogniwa wyznacza się z szeregu napięciowego:

cynk Zn tworzy biegun ujemny,
rtęć Hg tworzy biegun dodatni.

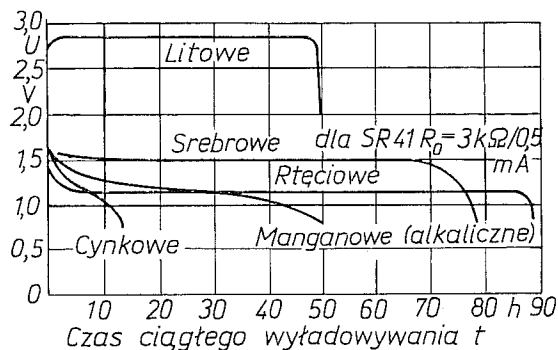
Biegun dodatni ogniwa pierwotnego znajduje się zawsze na metalu bardziej szlachetnym. Biegunem ujemnym jest metal, który względem wodoru ma potencjał ujemny.

Nieco inny układ, opierający się na tej samej zasadzie, ma **bateria litowa**, w której lit jest zastosowany dla anody zamiast cynku, a katodą mogą być inne materiały.

Podstawowymi parametrami charakterystycznymi baterii zegarkowych są: napięcie, pojemność i prąd wyładowania. Ważnymi cechami dla zastosowania w zegarku są także wymiary baterii oraz jej szczelność.

Napięcie baterii jest jej podstawowym parametrem, zależnym od materiałów u-

żytych na wykonanie anody i katody. Napięcie znamionowe baterii rtęciowych wynosi $1,35$ V, baterii manganowych — $1,50$ V, baterii srebrowych — $1,55$ V, baterii litowych — $3,0$ lub $1,5$ V. Napięcie baterii przy stałym obciążeniu i prądzie znamionowym jest przez dość długi czas stałe, a następnie nagle spada. Widać to na wykresie przedstawionym na **rys. 8.7**, ob-



Rys. 8.7. Charakterystyki wyładowania różnych baterii prądem znamionowym

razującym charakterystyki wyładowania różnych rodzajów baterii. Najlepszą charakterystykę, prawie płaską, mają baterie litowe, srebrowe i rtęciowe, a bardzo niekorzystną — baterie cynkowe, których obecnie już się nie stosuje w zegarkach. Napięcie, od którego rozpoczyna się nagły jego spadek, nazywa się napięciem odcięcia. Wynosi ono $1,2$ V dla baterii srebrowych, a $0,9$ V dla baterii rtęciowych.

Pojemność baterii oznacza ilość energii elektrycznej, jaką można pobrać z baterii w stałej temperaturze 20°C i w warunkach ciągłego lub impulsowego wyładowania

prądem nie przekraczającym prądu dopuszczalnego. Baterię uważa się za wyładowaną, gdy jej napięcie osiągnie wartość krytyczną, czyli napięcie odciążenia.

Pojemność baterii pastylkowych określa się w miliamperogodzinach. Praktycznie wartość ta zawiera się w granicach kilkudziesięciu do kilkuset miliamperogodzin (mAh). Przekroczenie prądu znamionowego skraca żywotność baterii i zmniejsza jej pojemność.

Określenie pojemności baterii alkalicznych jest trudniejsze z powodu znacznego spadku napięcia podczas wyładowywania. Czas pracy baterii można określić, z pewnym przybliżeniem, dzieląc jej pojemność znamionową przez prąd wyładowania. Rzeczywista pojemność baterii zależy także od czasu i warunków jej przechowywania, podczas którego następuje proces samowyładowania. Proces ten można nieco ograniczyć, przechowując baterie w szczelnym pojemniku z tworzywa sztucznego w temperaturze około 5°C i wilgotności względnej powietrza do 65%. Nie zaleca się przechowywania baterii dłużej niż pół roku. Najbardziej odporne na proces samowyładowania są baterie rtęciowe i litowe.

Prąd wyładowania, wyrażany w mA, nie powinien przekraczać jednej dziesiątej wartości pojemności znamionowej baterii. Tylko na chwilę np. w celu zmierzenia pojemności baterii, można ją obciążyć prądem liczbowo równym jej pojemności.

Do zasilania zegarków ze wskaźnikami LCD lub analogowymi należy stosować baterie oznaczane w języku angielskim — *low drain* (wym. lou drejn) przystosowane do małego prądu wyładowania, nie przekraczającego kilkunastu μA , co zapewnia im długą żywotność. Zbyt częste używanie podświetlania wskaźnika LCD, pobierającego prąd około 10 mA, powoduje szybkie wyładowanie baterii. Dlatego do zegarków z podświetlaniem oraz z urządzeniem alarmowym lub grającym melodie należy stosować baterie *high drain* (wym. haj drejn), tj. o dużym prądzie wyładowania.

Baterie rtęciowe są nazywane także tlenkowo-rtęciowymi, gdyż ich katodę stanowi tlenek rtęci HgO . Anodą jest cynk Zn , a elektrolitem wodorotlenek sodu NaOH . Umieszczenie katody z tlenku rtęci i cynkowej anody w alkalicznym elektrolicie tworzy, zgodnie z szeregiem napięciowym Volty, ogniwo o napięciu 1,35 V. Proces chemiczny elektrolitu z elektrodami powoduje przekształcanie się cynku Zn w tlenek cynku ZnO , a tlenku rtęci HgO w rtęć Hg i wodę H_2O , wydzielając energię około 800 mAh z każdego grama cynkowej anody. Napięcie znamionowe baterii wynika z materiałów użytych na katodę i anodę, natomiast pojemność elektryczna, a więc i ilość energii, jaką można uzyskać z baterii, zależy od jej rozmiarów. Baterie rtęciowe były stosowane w zegarkach o wskaźnikach LED i analogowych. Do zegarków ze wskaźnikami LCD nie są prak-

Tablica 8.2

Baterie srebrowe

Odmiana baterii	Symbol chemiczny	Napięcie V	Katoda dodatnia strona baterii	Anoda ujemna strona baterii	Elektrolit	Rezystancja wewnętrzna	Zastosowanie
Monowalencyjny tlenek srebra	Ag ₂ O	1,55	tlenek srebra	cynk Zn	wodorotlenek sodu NaOH	wysoka <i>low drain</i>	Zegarki elektroniczne ze wskaźnikiem analogowym lub LCD bez podświetlania lub urządzenia alarmowego
					wodorotlenek potasu KOH	niska <i>high drain</i>	Zegarki elektroniczne ze wskaźnikiem analogowym lub LCD z podświetlaniem lub — z urządzeniem alarmowym
Biwalencyjny tlenek srebra	AgO	1,55	tlenek srebra	cynk Zn	wodorotlenek sodu NaOH	wysoka <i>low drain</i>	Zegarki elektroniczne ze wskaźnikiem analogowym lub LCD bez podświetlania lub urządzenia alarmowego
					wodorotlenek potasu KOH	niska <i>high drain</i>	Zegarki elektroniczne ze wskaźnikiem analogowym lub LCD z podświetlaniem lub — z urządzeniem alarmowym

tyczne, gdyż dla uzyskania dobrego kontrastu cyfr wskaźnika trzeba łączyć dwie baterie szeregowo. W obecnie produkowanych zegarkach baterii rtęciowych już się nie stosuje.

Baterie srebrowe są także nazywane tlenkowo-srebrowymi, gdyż ich katodę stanowi tlenek srebra Ag₂O lub AgO. Anodą jest cynk Zn, a elektrolitem wodorotlenek sodu NaOH lub wodorotlenek potasu KOH. Napięcie znamionowe baterii wynika z szeregu napięciowego Volty i wynosi 1,55 V. Pojemność elektryczna baterii zależy od ilości cynku użytego na budowę anody, a więc od rozmiarów baterii. Składniki budowy czterech odmian baterii sre-

browych oraz ich przeznaczenie przedstawiono w **tabl. 8.2**.

Rezystancja wewnętrzna baterii jest czynnikiem określającym, czy bateria może być użyta do zegarka z małym poborem prądu — *low drain*, np. zegarek analogowy lub ze wskaźnikiem LCD bez podświetlania i alarmu, czy też do zegarka wymagającego większego poboru prądu — *high drain*, np. zegarek z podświetlaniem i urządzeniem alarmowym.

Żywotność baterii srebrowych wynosi 3–5 lat. Przechowywane w magazynie tracą rocznie około 10% energii, dlatego nie zaleca się przechowywać ich dłużej niż jeden rok.

Baterie manganowo-alkaliczne zostały wprowadzone w celu zastąpienia baterii **cynkowo-węglowych** z kwasowym elektrolitem, którym jest chlorek amonu (salmiak). Baterie cynkowo-węglowe mają bardzo niekorzystną charakterystykę rozładowania (zob. **rys. 8.7**) oraz stosunkowo małą pojemność. Ulegają łatwo samowyladowaniu, a jeśli są nieuszczelne, ich wycieki powodują uszkodzenia zegarka.

Zamiast baterii cynkowo-węglowych stosuje się obecnie **baterie alkaliczne** cynkowo-manganowe o mniej agresywnym elektrolicie, jakim jest wodorotlenek potasu KOH. Baterie alkaliczne, których napięcie znamionowe wynosi 1,50 V, podczas normalnego wyładowania uzyskują prawie płaską charakterystykę (zob. **rys. 8.7**). Odznaczają się stosunkowo dużą pojemnością oraz długim okresem magazynowania. Przy obciążeniu małym prądem wykazują stałość napięcia, można więc je stosować w zegarkach o wskazaniach cyfrowych LCD bez podświetlania.

Baterie litowe charakteryzują się swą wysoką wartością napięcia znamionowego: 3 V. W zegarkach zasilanych baterią litową nie ma więc potrzeby stosowania podwajacza napięcia dla wskaźnika LCD, a dzięki dużej pojemności elektrycznej wymiana baterii odbywa się znacznie rzadziej. Czas magazynowania tych baterii można również przedłużyć, gdyż ich żywotność wynosi 5, a nawet do 12 lat. Charakterystyka rozładowania jest bardzo dobra, co widać z wykresu na **rys. 8.7**.

Wybór właściwej baterii do naprawianego zegarka nie stanowi dla zegarmistrza problemu, jeśli ma do dyspozycji pewną, nie za dużą, liczbę odpowiednio posortowanych baterii. Firmy produkujące baterie dostarczają coraz to nowe ich asortymenty, przeznaczone dla różnych typów zegarków. Pewną pomocą podczas dobierania baterii są tablice wydawane przez producentów. Dla ułatwienia podajemy zestawienie baterii różnych firm z zastosowaniem do różnych zegarków — w **tabl. 8.3**.

Każdy zegarek, a raczej każdy kaliber mechanizmu wymaga odpowiedniej dla siebie baterii. Spośród ponad 20 różnych typów baterii trzeba wybrać dla tego mechanizmu taką, jaka dla niego jest odpowiednia. Należy przy tym brać pod uwagę wymiary baterii: średnicę i wysokość oraz napięcie i rezystancję wewnętrzną (impedancję), od której zależy, czy to będzie bateria o małym prądzie wyładowania — *low drain*, czy o dużym — *high drain*. Jeśli w zegarku jest oryginalna wyczerpana bateria, to łatwo można dobrać taką samą świeżą, produkcji tej samej firmy. Gdy nie ma w ogóle starej baterii, albo okaże się, że była niewłaściwa, wtedy trzeba dobrać odpowiednią według pomiarów z zegarka.

W celu ułatwienia dobrania baterii załączamy zestawienie oznaczeń baterii różnych firm w **tabl. 8.4**. W ostatniej kolumnie są podane oznaczenia zaprojektowane przez Międzynarodowe Stowarzyszenie

Tablica 8.3

Zestawienie baterii różnych firm dla różnych rodzajów zegarków

Zastosowanie	Renata nr	Varta nr	UCAR nr	R-O-V nr	Mallory nr	Timex nr	Bulova nr	Typ	Dane techniczne			
									Napięcie	Pojemność	Średnica	Wysokość
									V	mAh	mm	
Zegarki elektryczne i elektroniczne o wskazaniach analogowych (mały pobór prądu) <i>low drain</i>	3	509	343	RW 56	WH 4 WH12NM	B	12 UEDC 218	HgO	1,35	120	11,6	3,6
	4	508	354	RW 54					10R11	HgO	1,35	150
	5	507	325	RW 57	WH 1	C	6 UDC	HgO	1,35	50	7,9	3,6
	8	506	323	RW 58	WH 6			HgO	1,35	95	7,9	5,4
	13	501	313	RW 52	WH 3			HgO	1,35	220	11,6	5,4
	—	—	201	—	—			CZn	1,5	65	11,3	3,25
	—	—	387	RW 51	W 2	—	—	HgO	1,35	80	11,6	3,50
	503	388	—	—	10R10	—	214	HgO	1,35	80	11,6	3,50
	—	—	—	—	—	—	221	HgO	1,35	65	8,85	3,30
	Zegarki elektroniczne o wskazaniach analogowych lub cyfrowych LCD bez podświetlania (mały pobór prądu) <i>low drain</i>	1	528	301	RW 34	WS 11	D	226 12 OTC	—	—	120	11,6
9		521	303	RW 32	WS 14	A					—	—
10		527	384	RW 37	WS 10 10L15		—	—	—	—		
11		534	390	RW 39	—	—					—	—
12		529	—	RW 36	WS 12		—	—	—	—		
16		526	309	RW 38	10L13	—					—	—
19		—	—	—	—		—	—	—	—		
23		533	—	—	—	—					—	—
24		—	—	—	—		—	—	—	—		
—		—	—	—	—	—					—	—
—		—	394	—	—		—	—	—	—		
—		—	—	—	—	—					—	—
Zegarki elektroniczne o wskazaniach cyfrowych LED lub LCD z podświetlaniem (duży pobór prądu) <i>high drain</i>	2	547	392	RW 47	10L125		H	228	—	—		
	6	548	386	RW 44	10L124	—					—	—
	7	541	357	RW 22	10L14		—	—	—	—		
	14	549	—	RW 42	10L120	—					—	—
	15	546	393	RW 48	10L123		F	—	—	—		
	17	534	389	RW 49	—	—					—	—
	18	—	—	—	—		—	—	—	—		
	—	—	—	355	RW 25	10L129					—	—

Elektryków, według którego są oznaczane baterie produkowane przez CLAiO w Poznaniu.

W kolejnych punktach, zebranych jako myśl przewodnią, podajemy przebieg po-

stępowania podczas wymiany baterii w zegarku.

1. Oczyszczyć zegarek z zewnątrz szczotką i miękką szmatką, szczególnie od strony wiecza.

Porównanie oznaczeń baterii i ich parametrów

	Średnica, mm	Wysokość, mm	Poj. elektr. mAh	SEIKO	MAXELL	TOSHIBA	UCAR	RAY-O-VAC	RENATA	VARTA	TIMEX	BULOVA	SSH (OMEGA)	CITIZEN	ORIENT	J.I.S.	I.E.C.
Mały pobór prądu low drain	5,8	1,29	4,5	SR512SW	SR512SW		335										
	5,8	2,1	14,0	TR521SW	SR521SW	SR521SW	379	RW327	379	V379				280-59	C80-039		
	5,8	2,7	20,0	TR527SW	SR527SW	SR527SW	319	RW328	319			615		280-60			
	6,8	1,6	13,5	TR616SW	SR616SW	SR616SW	321	RW321	321	V321	DA	611					
	6,8	2,1	19,0	TR621SW	SR621SW	SR621SW	364	RW320	364	V364	T	602	9911	280-34	080-029		SR60
	6,8	2,6	26,0	SR626SW	SR626SW	SR626SW	377	RW329	377	V377	BA	606		280-39			
	7,9	0,9	3,5	TR709SW													
	7,9	1,2	7,5	TR712SW													
	7,9	2,1	25,0	TR721SW	SR721SW	SR721SW	362	RW310	362	V362	S	601	9916	280-29	080-022		SR58
	7,9	2,6	32,0	SR726SW	SR726SW	SR726SW	397	RW311	397	V397	N	607		280-28	080-020		SR59
	7,9	3,6	50,0	TR41SW	SR41SW	SR41SW	384	RW37	384	V384		247		280-18	080-001	CS3	SR41
	9,5	1,2	9,0	TR125SW			327										
	9,5	1,6	28,0	TR916SW	SR916SW	SR916SW	373	RW317	373	V373		617		280-45			
	9,5	2,1	40,0	TR920SW	SR920SW	SR920SW	371	RW315	371	V371		605	9929	280-31	080-030		
	9,5	2,7	51,0	TR927SW	SR927SW	SR927SW	395	RW313	395	V395		610		280-48	080-033		SR57
	9,5	3,6	70,0	SR936SW	SR936SW	SR926SW	394	RW33	394	V394				280-17	080-025		SR45
	11,6	2,0	52,0	TR1120SW	SR1120SW	SR1120SW	381	RW30	381	V381		317	9922	280-27	080-014		SR55
11,6	3,0	80,0	SR1130SW	SR1130SW	SR1130SW	390	RW39	390	V390	D	603	9924	280-24	080-015		SR54	
11,6	4,2	110,0	SR43SW	SR43SW	SR43SW	301	RW34	301	V301	A	226		280-01	080-002	CS12	SR43	
11,6	5,4	165,0	SR44SW	SR44SW	SR44SW	303	RW32	303	V303				280-08		CS13	SR44	
Duży pobór prądu high drain	6,8	2,6	26,0	SR626W	SR626W		376	RW329	43		X						
	7,9	2,1	25,0	TR721W	SR721W	SR721W	361	RW410	361		V			280-53	080-032		SR58
	7,9	2,6	31,0	TR726W	SR726W	SR726W	396	RW411	396	V396	K	612		280-52			SR59
	7,9	3,6	45,0	SR41W	SR41W	SR41W	392	RW47	392	V292	Z	247B	9909	280-13	080-005	C3	SR41
	9,5	2,1	38,0	SR920W	SR920W		370	RW415	370		W			280-51			
	9,5	2,7	52,0	TR927W	SR927W	SR927W	399	RW413	399	V399	L	613		280-44	080-44		SR57
	11,6	2,0	50,0	TR1120W	SR1120W	SR1120W	391	RW40	391	V391	M	609	9921	280-30	080-028	C8	SR55
	11,6	3,0	80,0	SR1130W	SR1130W	SR1130W	389	RW49	389	V389	H		9926	280-15	080-011	C10	SR54
	11,6	4,2	120,0	SR43W	SR43W	SR43W	386	RW44	386	V386	J	260	9902	280-41	080-004		SR43
	11,6	5,4	180,0	SR44W	SR44W	SR44W	357	RW42	357	V357		228	9914		080-003	C13	SR44
	Baterie litowe	12,5	2,0	30,0	CR1220	CR1220				CR1220							
20,0		1,6	72,0	CR2016	CR2016	CR2016	CR2016	BR2016	CR2016	CR2016				280204	080-034		
20,0		2,5	140,0	CR2025	CR2025	CR2025	CR2025	CR2025	CR2025	CR2025							
20,0		3,2	180,0	CR2032	CR2032	CR2032	CR2032	CR2032	CR2032	CR2032							
22,0		2,5	160,0	BR2325				BR2325									

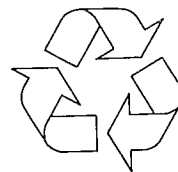
2. Otworzyć wieczko odpowiednim narzędziem.
3. Jeśli możliwe, to już w tym stanie sprawdzić miernikiem, czy bateria ma mieć napięcie 1,5 czy 3 V. Tym sposobem można ustalić, czy przyczyną usterki zegarka nie była bateria.
4. Zauważyć przed wyjęciem, czy biegun dodatni baterii znajduje się u góry czy na dole, według zaznaczonego znaku na mechanizmie.
5. Wykręcić wkręt utrzymujący sprężynkę stykową — jeśli taka jest — i wyjąć baterię.
6. Oczyszczyć gniazdo baterii i sprężynki stykowe.
7. W celu upewnienia się, czy bateria była odpowiednia dla tego mechanizmu, sprawdzić w tablicy numer i przeznaczenie baterii.
Ważne: Dla zegarka analogowego lub wskaźnika LCD bez podświetlania i urządzenia alarmowego zastosować baterię *low drain*. Dla zegarka ze wskaźnikiem LCD z podświetlaniem i urządzeniem alarmowym zastosować baterię *high drain*.
8. Obejrzeć dokładnie nową baterię, czy nie ma na niej śladów wycieku, zdeformowania lub wzdęcia.
9. Wytrzeć baterię lnianą szmatką, unikając bezpośredniego dotykania jej palcami, i za pomocą chwytka z tworzywa sztucznego włożyć baterię do gniazda zgodnie ze znakiem bieguna (zob. p. 4).

10. Przykręcić z powrotem sprężynkę stykową, jeśli była odkręcana.
11. Sprawdzić pierścień uszczelniający kopertę i zamknąć wieczko.
12. Nastawić czas i datę oraz oczyścić zegarek z zewnątrz za pomocą kawałka irchy.

Jeszcze kilka uwag na temat baterii, o których zegarmistrz powinien wiedzieć:

- Wyczerpaną baterię natychmiast wyjąć z zegarka, aby nie nastąpił z niej wyciek elektrolitu, który może zniszczyć mechanizm.
- W zegarkach z dwiema bateriami wymieniać zawsze obydwie, nawet wtedy, gdy jedna z nich okazuje się jeszcze dobra.
- Nowej baterii nie zaleca się sprawdzać, gdyż to zawsze jest związane z wyładowaniem. Zasadniczo sprawdza się baterie już używane.
- Nie należy dotykać baterii gołymi palcami, gdyż nawet resztki potu wywołują na niej korozję, a pozostałości tłustych plam pogarszają zestyk ze sprężynkami.
- Do baterii należy używać tylko chwytka z tworzywa sztucznego lub izolowanych, aby nie spowodować zwarcia.
- Wykorzystanych baterii nie należy wyrzucać gdziekolwiek, zwłaszcza do ognia, gdyż grozi to eksplozją.

Niektóre firmy produkujące baterie opatrują je znakiem trzech strzałek (**rys. 8.8**), które oznaczają, aby po wykorzystaniu tak oznakowane baterie zwrócić do wytwór-



Rys. 8.8. Oznaczenie baterii do zwrotu po wyładowaniu

cy. Akcja ta ma na celu zabezpieczenie przed zatruciem się rtęcią z baterii, zwłaszcza gdy takimi bateriami mogą się bawić dzieci. Rtęć wydobywająca się z zużytych baterii jest silną trucizną, która może się dostać do wody, ziemi i powietrza, a następnie poprzez rośliny i zwierzęta może zatruć człowieka. Dlatego akcja ta przez władze niektórych krajów, jak Niemcy, jest skutecznie popierana.

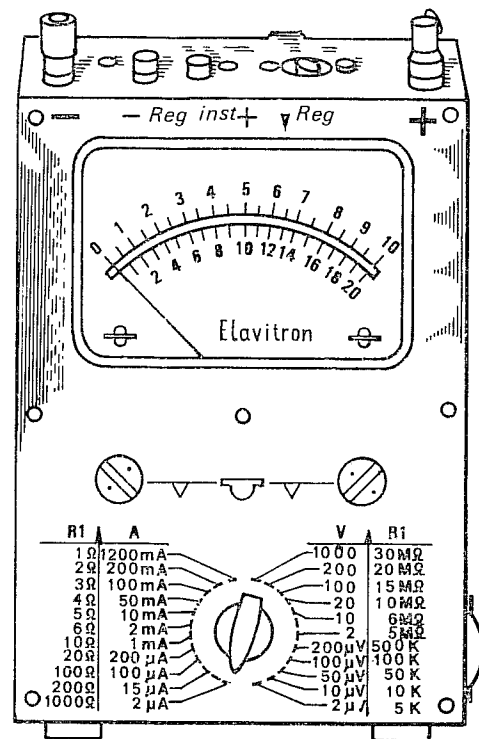
9. Przyrządy do sprawdzania i regulacji zegarów i zegarków elektrycznych i elektronicznych

9.1. Mierniki uniwersalne

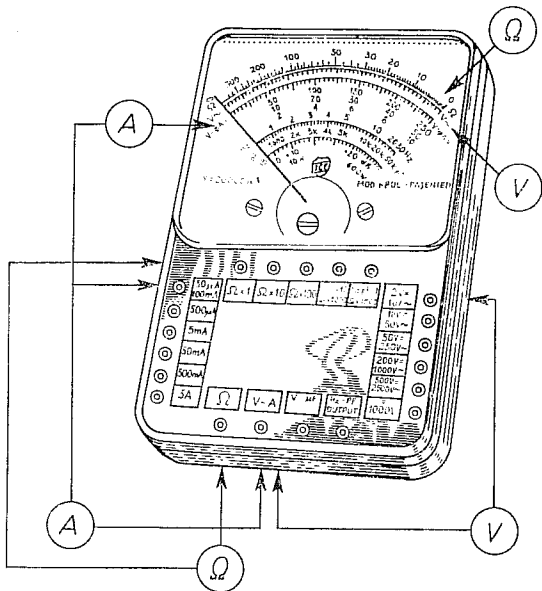
O przyrządach pomiarowych i różnych miernikach elektrycznych wspomnieliśmy już krótko w rozdziale 1.4.1 przy omawianiu pomiarów wielkości elektrycznych. Jest jednak potrzeba szerszego omówienia mierników uniwersalnych, gdyż różne ich odmiany są często używane w pracowniach zegarmistrzowskich przy naprawach zegarów i zegarków elektrycznych i elektronicznych.

Rys. 9.1. Miernik uniwersalny ELAVITRON o zakresie pomiarowym $0,1 \mu\text{A}$ do 1 A oraz $0,1 \text{ mV}$ do 1000 V

Mierniki uniwersalne, zwane też multimetrami lub urządzeniami kontrolnymi, są przyrządami o wielu funkcjach pomiarowych, mianowicie mogą służyć do pomiaru prądu, napięcia i rezystancji, zarówno prądu stałego, jak i przemiennego. Wszelkich połączeń w nich dokonuje się za pomocą pokręteł i klawiszy. Są wyposażone w układ pomiarowy magnetoelektryczny ze stykowym prostownikiem pomiarowym lub termoogniwem oraz szeregiem boczników i rezystorów dodatkowych, łączonych odpowiednim przełącznikiem. Znane są pod różnymi nazwami

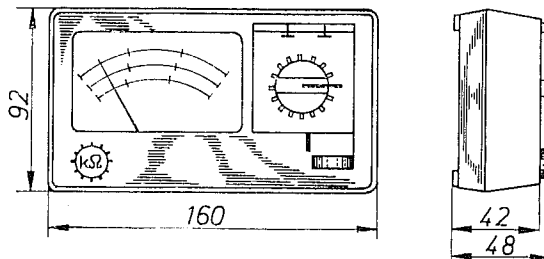


firmowymi, np. miernik uniwersalny **ELAVITRON** (rys. 9.1), ICE 680C, LAVO 3, UM-7T, AVOMETR, MULTAVI, MULTIZET i wielu innych. Są stosowane głównie w warsztatach naprawczych i laboratoriach oraz pracowniach zegarmistrzowskich jako przyrządy pomocnicze.



Na rys. 9.2 przedstawiono miernik uniwersalny **ICE 680C** produkcji włoskiej. Można nim mierzyć prąd, napięcie, rezystancję i pojemność elektryczną. Zaznaczone na rysunku symbole w kółkach i strzałki oznaczają możliwości korzystania z gniazdek wtykowych i odczytu wyniku pomiaru na odpowiedniej podzielni.

Miernik uniwersalny LAVO 3 (rys. 9.3), produkcji polskiej firmy Lumel, o wymiarach 48 × 92 × 160 mm i masie 430 g, jest

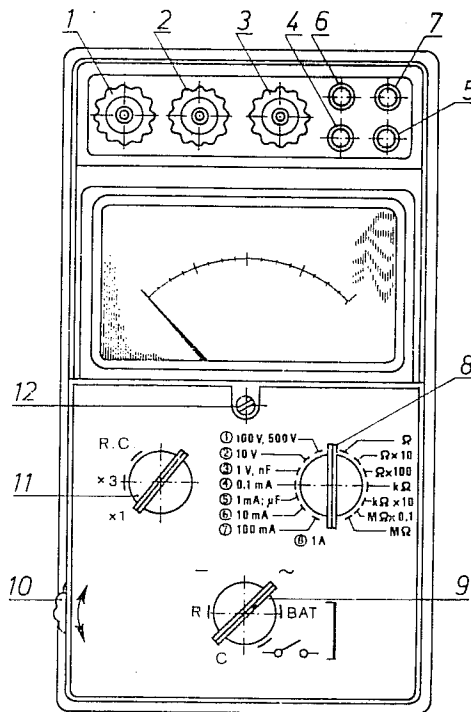


Rys. 9.2. Miernik uniwersalny ICE 680C produkcji włoskiej

poręcznym przyrządem stosowanym najczęściej w elektrotechnice ogólnej. Zakresy pomiarowe napięć od 150 mV do 600 V, prądów — od 50 μ A do 1500 mA, rezystancji — od 0,01 do 500 k Ω .

Miernikiem uniwersalnym UM-7T (rys. 9.4), produkowanym przez polską

Rys. 9.3. Miernik uniwersalny LAVO-3 produkcji polskiej



Rys. 9.4. Miernik uniwersalny UM-7T produkcji polskiej

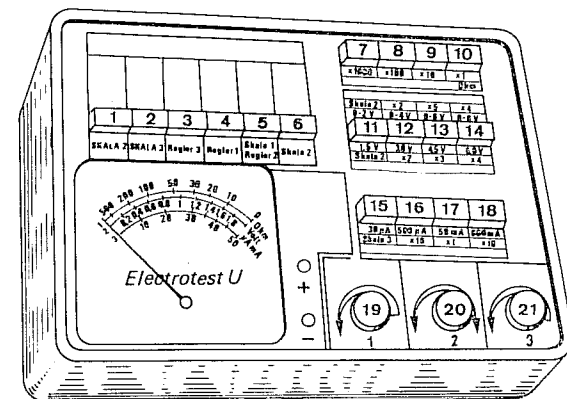
1, 2 i 3 — zaciski, 4, 5, 6 i 7 — gniazda wtykowe, 8 — przełącznik zakresów, 9 — przełącznik główny, 10 — pokrętko potencjometru do zerowania wskazówki przed pomiarem rezystancji, 11 — przełącznik mnożnika rezystancji i pojemności, 12 — pokrętka do zerowania wskazówki

firmę Era, można dokonywać pomiarów prądu stałego i przemiennego, napięcia, rezystancji i pojemności elektrycznej w granicach wartości występujących w warsztatach zegarmistrzowskich. Na górnej ścianie 1 znajdują się cztery gniazda wtykowe do zmiany zakresów pomiarowych rezystancji. Układ pomiarowy jest zabezpieczony przed przeciążeniem diodami Zenera. Na spodniej stronie obudowy miernika znajduje się instrukcja obsługi oraz jego dane techniczne. Oprócz tego do każdego miernika wytwórnia dołącza szczegółowe instrukcje sposobu pomiarów. Miernik ten może być przydatny w warsztacie zegarmistrzowskim, zwłaszcza przy naprawie zegarów bateryjnych, których jest jeszcze wiele w użyciu.

Precyzyjny miernik uniwersalny ELECTROTEST U (rys. 9.5), produkcji szwajcarskiej firmy Reno, o wymiarach $100 \times 170 \times 240$ mm, jest przeznaczony specjalnie dla zegarmistrzów. W razie potrzeby można do niego podłączyć oscyloskop lub sprawdzarkę. Miernik jest zasilany prądem z czterech baterii typu R14, umieszczonych w jego podstawie. Za pomocą tego miernika można wykonać wszystkie pomiary i sprawdzić działanie zegarów i zegarków bateryjnych. Poszczególne obwody łączy się przez naciśnięcie odpowiednich klawiszy. Potrzebne są tylko dwa przewody do połączenia sprawdzanego zegarka z miernikiem.

W celu zmierzenia napięcia wewnętrznego miernika należy wcisnąć klawisz 1 oraz

jeden z klawiszy 11 ÷ 14, w zależności od wartości napięcia. Wynik odczytuje się na podziałce woltów w zakresie 0 ÷ 6 V. Wciśnięcie klawisza 3 umożliwia ustalenie progu napięcia. Przez wciśnięcie klawisza 6 i jednego z klawiszy 11 ÷ 14 uruchamia się woltomierz, którego rezystancja wewnętrzna wynosi $20\,000 \Omega/V$. Można wtedy mierzyć wartości napięć zewnętrznych, np. baterii zegarkowych.



W celu zmierzenia poboru prądu wciska się klawisz 2 i jeden z klawiszy 15 ÷ 18. Wynik odczytuje się na podziałce amperów w zakresie od $50 \mu A$ od 500 mA.

W celu zmierzenia rezystancji należy wcisnąć klawisz 5 i jeden z klawiszy 7 ÷ 10. Uzyskane wyniki trzeba pomnożyć przez 1, 10, 100 lub 1000, w zależności od wciśniętego klawisza. Tym sposobem mierzy się rezystancję cewek i innych elementów.

Do sprawdzania poboru prądu przez zegarek, mierzenia napięcia baterii lub re-

Rys. 9.5. Precyzyjny miernik uniwersalny ELECTROTEST U produkcji szwajcarskiej firmy Reno, do mierzenia i sprawdzania wszystkich rodzajów zegarów i zegarków elektrycznych i elektronicznych

zystancji cewki służy tylko jedna para gniazdek wtykowych z oznaczeniem biegunów dodatniego i ujemnego, dzięki czemu unika się pomyłek i uszkodzeń.

Trzy pokręta gałkowe, znajdujące się na dole miernika, mają następujące zadania:

- pokrętko 19 — do regulacji napięcia impulsu sprawdzanego za pomocą sprawdzarki lub oscyloskopu,
- pokrętko 20 — do zerowego ustawienia omomierza,
- pokrętko 21 — do regulacji napięcia.

Oscyloskop lub sprawdzarkę włącza się do gniazdka wtykowego, znajdującego się z boku po prawej stronie miernika. Aby sprawdzić częstotliwość wahań balansu na podłączonej sprawdzarce lub działanie styków na oscyloskopie, trzeba wcisnąć jednocześnie klawisz 1 i klawisz 4.

Uwaga. W stanie spoczynku powinny być wyłączone wszystkie klawisze, a szczególnie klawisze zakresu rezystancji 7–10, aby zapobiec wyczerpywaniu się baterii zasilających. (Z tego samego względu we wszystkich miernikach nie należy pozostawić włączonych zakresów rezystancji). Pokrętko 21 do regulacji napięcia obrócić w prawo aż do oporu.

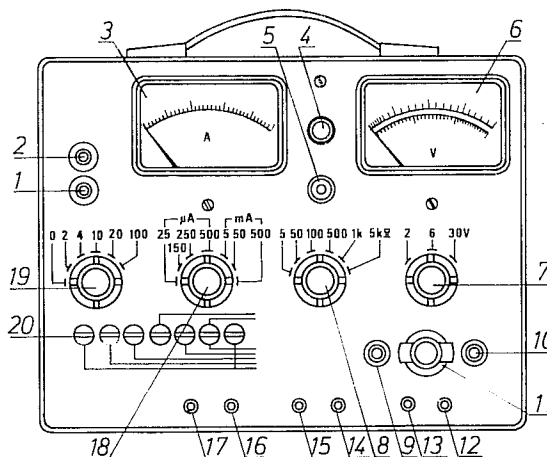
W celu ułatwienia stosowania kombinacji pomiarowych miernika ELECTROTEST U podajemy w **tabl. 9.1** zestawienie sposobów łączenia pokręteł i wciskanych klawiszy:

- klawisze 1 oraz 11 ÷ 14 — przy sprawdzaniu i używaniu wewnętrznego źródła prądu,

- klawisze 6 oraz 11 ÷ 14 — przy mierzeniu zewnętrznego źródła prądu — do 8 V,
- punkt czarny w kwadracie oznacza: klawisz wcisnąć, pokrętko obrócić,
- kółko w kwadracie oznacza: dobrać jeden z klawiszy i wcisnąć,
- pokrętko 19 — do sprawdzarki i oscyloskopu, pokrętko 20 — do zerowania omomierza, pokrętko 21 — do regulacji napięcia.

Uwagi dotyczące niektórych numerów badań według **tabl. 9.1**: 2 — podczas chodu zegara, 3 — wyłączyć silnik z zegara, 4 — źródło zasilania tylko z miernika, 6 — przed badaniem rezystancji zewrzeć końcówki pomiarowe i ustawić wskazówkę na zero za pomocą pokrętki 20, 7 — odlutować jeden koniec, 14 — zamiast sprawdzarki — oscyloskop.

Inny typ **miernika uniwersalnego** także firmy **Reno** przedstawiono na **rys. 9.6**.



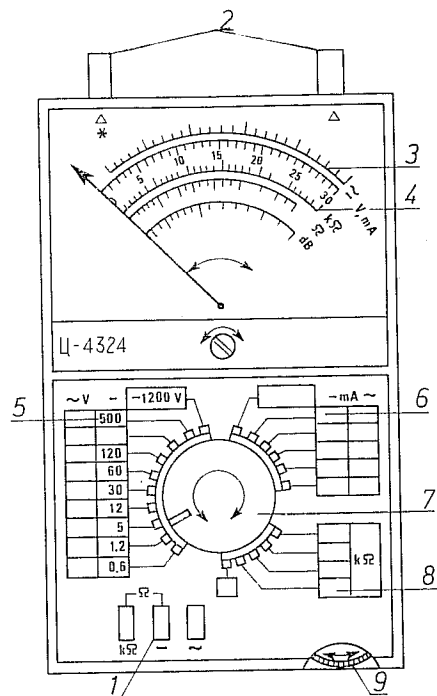
Rys. 9.6. Inny typ miernika uniwersalnego firmy Reno

1 — gniazdko do podłączenia sprawdzarki, 2 — gniazdko do podłączenia oscyloskopu, 3 — podziałka amperomierza, 4 — przycisk wstrzymujący wskazówki, 5 — przycisk włączający zasilanie, 6 — podziałka woltomierza i omomierza, 7 — przełącznik napięciowy, 8 — przełącznik omomierza, 9 — przycisk napięcia wyjściowego, 10 — światło kontrolne, 11 — regulator napięcia wyjściowego, 12, 13 — gniazdko napięcia wyjściowego, 14, 15 — gniazdko do pomiarów napięcia i podłączenia głośnika, 16, 17 — gniazdko do pomiarów prądu, 18 — przełącznik prądu, 19 — przełącznik sygnałów sprawdzarki, 20 — siedem przycisków do różnego rodzaju pomiarów

Nr badania	Rodzaj badania	Nr instrukcji „Reno”	Nr klawisza lub pokręta																			Sprawdzarka			
									Ω			V				A									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		20	21	
	Bateria (ogniwo)																								
1	napięcie bez obciążenia	1						•						○	○	○	○								
2	napięcie pod obciążeniem							•						○	○	○	○								
	Naciągi silnikowe	3																							
3	bez obciążenia	a	•	•										○	○	○	○				○	○			
4	pod obciążeniem	b	•	•										○	○	○	○				○	○			
5	próg napięcia	c	•		•									○	○	○	○								
	Naciągi elektromagnetyczne	2																							
6	rezystancja cewki	a					•		○	○	○	○											•		
7	rezystancja (dioda, gasik)	b					•		○	○	○	○											•		
8	próg napięcia	c	•		•									○	○	○	○							•	
9	styki	d	•											○	○	○	○							•	
10	ciągłość obwodu						•					•											•		
	Balans ze sterowaniem stykowym	4																							
11	rezystancja cewki	a					•		○	○	○	○											•		
12	pobór prądu	b	•	•										○	○	○	○				○	○			
13	przewodność styków	c	•			•								○	○	○	○						•		•
14	styki w czasie pracy	d	•			•								○	○	○	○							•	•
	Balans ze sterowaniem bezstykowym	5																							
15	rezystancja cewki	a					•		○	○	○	○											•		
16	pobór prądu bez obciążenia	b	•	•										○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
17	pobór prądu pod obciążeniem	c	•	•										○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
18	niewrażliwość na zmianę napięcia	d	•		•	•								○	○	○	○						•	•	•

Jest on zaopatrzony w dwie osobne wskaźówki i podziałki dla prądu oraz dla napięcia i rezystancji. Siedem przycisków 20 oraz sześć gniazdek wtykowych służy do różnego rodzaju pomiarów.

Na rys. 9.7 przedstawiono **miernik uniwersalny typu C-4324** produkcji radzieckiej



ckiej. Jest on przeznaczony do pomiarów prądu i napięcia stałego i przemiennego oraz rezystancji przy przepływie prądu stałego. Można z tego miernika korzystać przy naprawie zegarków kwarcowych o wskazaniach analogowych do kontroli sprawności działania mechanizmu, np.

zmierzyć napięcie baterii zasilającej, sprawdzić blok elektroniczny i silnik skokowy, znaleźć przerwy i zwarcia w obwodach elektrycznych zegarka. Zbadanie bloku elektronicznego polega na sprawdzeniu obecności impulsów wyjściowych, a silnika skokowego przez zmierzenie rezystancji cewki i rezystancji jej izolacji. Za pomocą przełącznika 1 ustala się cztery rodzaje pomiarów:

- rezystancji — do 200 Ω ,
- rezystancji — do 500 k Ω ,
- prądu i napięcia stałego,
- prądu i napięcia przemiennego.

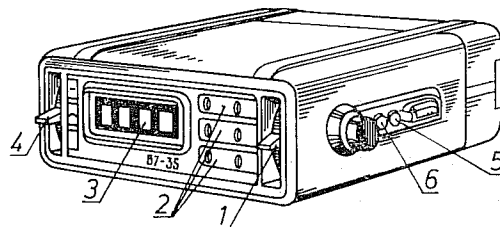
Przełącznik 7 obejmuje trzy sektory zakresów pomiarów:

- napięcia,
- prądu,
- rezystancji.

Do miernika jest dołączony szczegółowy jego opis i sposób wykorzystania do różnego rodzaju pomiarów.

Coraz częściej wchodzi w użycie mierniki uniwersalne o wskazaniach cyfrowych, które produkuje wiele firm zagranicznych, a także polskich (zob. rys. 1.33).

Miernik uniwersalny o wskazaniach cyfrowych, typu W7-35, produkcji radzieckiej (rys. 9.8) jest przeznaczony do



Rys. 9.7. Miernik uniwersalny C-4324 produkcji radzieckiej

1 — przełącznik rodzaju pomiarów, 2 — gniazdka wejściowe, 3 — podziałka wartości napięcia i prądu, 4 — podziałka wartości rezystancji, 5 — zakresy pomiaru napięcia, 6 — zakresy pomiaru prądu, 7 — przełącznik zakresów pomiarów, 8 — zakresy pomiaru rezystancji, 9 — pokrętka do zerowania wskaźówki

Rys. 9.8. Miernik uniwersalny o wskazaniach cyfrowych — W7-35 produkcji radzieckiej

1, 4 — przełączniki rodzaju pomiaru, 2 — diody świecące, 3 — wskaźnik cyfrowy, 5, 6 — gniazdka wejściowe

pomiarów prądu i napięcia stałego i przemiennego oraz rezystancji przy przepływie prądu stałego, ze wskazaniem wyników pomiarów w postaci cyfrowej i z automatycznym wybieraniem zakresu pomiaru. Miernik ten może być wykorzystywany podczas naprawy zegarków kwarcowych o wskazaniach analogowych do pomiaru napięcia baterii zasilającej przy małym obciążeniu, rezystancji cewki oraz rezystancji izolacji przewodów.

Na ścianie przedniej miernika jest umieszczony wskaźnik cyfrowy 3, sześć diod 2 sygnalizujących świetlnie rodzaj mierzonej wielkości oraz dwa przełączniki 1 i 4 do zmiany rodzaju pomiaru. Przełącznik 4, znajdujący się po lewej stronie, może zajmować trzy położenia oznaczone symbolami prądu:

- pomiar sygnałów prądu stałego,
- pomiar sygnałów prądu przemiennego,
- pomiar napięć wysokiej częstotliwości.

Przełącznik 1, znajdujący się po prawej stronie, może również zajmować trzy położenia:

- pomiar napięcia w miliwoltach mV lub woltach V,
- pomiar prądu w mikroamperach μA lub miliamperach mA,
- pomiar rezystancji w kiloomach k Ω lub megaomach M Ω .

Na prawej bocznej ścianie miernika znajdują się dwa wejściowe gniazda pomiarowe 5 i 6. Rezystancja wewnętrzna miernika przy pomiarze napięcia prądu stałego

wynosi około 10 M Ω . Inne szczegóły techniczne miernika oraz sposoby jego eksploatacji są podane w instrukcji załączonej przez producenta.

9.2. Oscyloskopy

Dzięki swej uniwersalności oscyloskopy stały się najbardziej rozpowszechnionymi i najbardziej interesującymi elektronicznymi przyrządami pomiarowymi. Spotyka się je nie tylko we wszystkich gałęziach elektroniki, ale także w wielu innych dziedzinach. Oscyloskop ma także zastosowanie w warsztatach naprawczych zegarów i zegarków elektrycznych i elektronicznych. Pełne wykorzystanie możliwości pomiarowych oscyloskopu wymaga jednak znajomości podstaw jego działania.

Oscyloskop elektroniczny jest przyrządem służącym do wizualnej obserwacji, rejestracji i pomiaru przebiegów zmiennych w czasie, np. drgań, impulsów. Podstawową częścią oscyloskopu jest **lampa oscyloskopowa**, na ekranie której powstaje świetlny obraz badanych wielkości fizycznych.

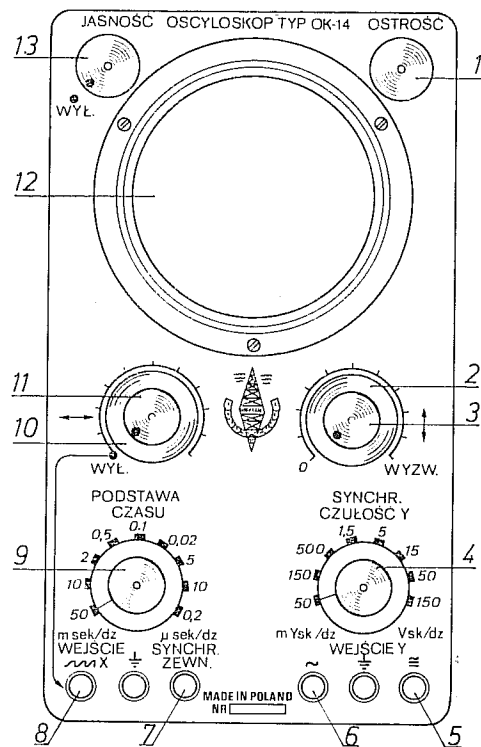
W praktyce są stosowane różne rodzaje oscyloskopów, w zależności od jakości i liczby danych potrzebnych do uzyskania. Oscyloskop elektroniczny jest wyposażony w urządzenie do wzmacniania kontrolowanych przebiegów oraz generator do wytwarzania odpowiednio ukształtowa-

nych napięć odchylających strumień elektronowy, czyli tzw. **generator podstawy czasu** (częstotliwości).

Oscyloskop obserwacyjny umożliwia w zasadzie jedynie obserwację jakościową wartości wielkości elektrycznych. Obraz oscyloskopowy powstaje z dwóch składników. Jest to z jednej strony napięcie mierzone, które w każdej jednostce czasu może mieć inną wartość, a z drugiej strony napięcie odchylające w kierunku poziomym, czyli napięcie podstawy czasu. Z tego obrazu, ukazującego się na ekranie w postaci linii świetlnych określonego kształtu i długości, można odczytać, a nawet zmierzyć poszczególne wielkości elektryczne.

Na **rys. 9.9** przedstawiono przykładowo płytę przednią oscyloskopu katodowego OK-14, produkcji Wrocławskiej Spółdzielni Radiotechnika. Aparatem tym można obserwować i mierzyć przebieg elektrycznych częstotliwości w zakresie $0 \div 6$ MHz. Przed ekranem lampy oscyloskopowej znajduje się podziałka pionowa, o odstępach między działkami wynoszącymi 10 mm, oraz podziałka pionowa, o odstępach — 7 mm. Oscyloskop jest zasilany prądem z sieci energetycznej 220 V; 50 Hz.

O przydatności oscyloskopu w zakładzie zegarmistrzowskim decyduje rodzaj naprawianych zegarów i zegarków. Gdyby nawet zegarmistrz mógł sobie pozwolić na kupno tego pożytecznego aparatu, to jednak nie będzie miał okazji jego zastosowa-



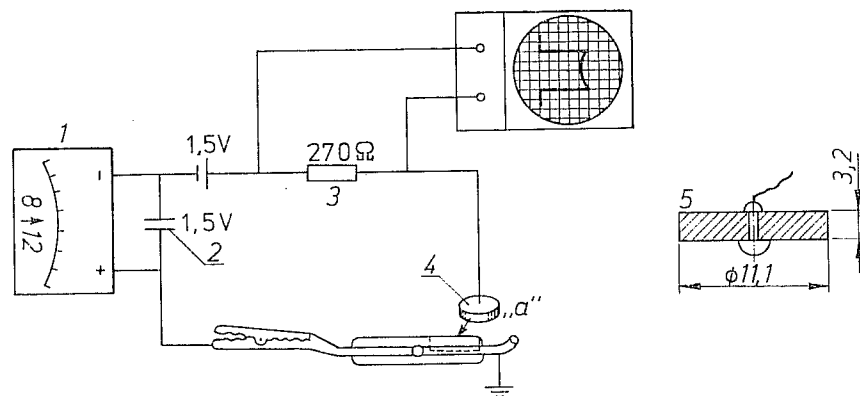
Rys. 9.9. Płyta przednia oscyloskopu OK-14 produkcji polskiej

1 — regulator ostrości, 2 — regulator generatora podstawy czasu, 3 — regulator położenia obrazu w pozycji pionowej, 4 — skokowy regulator czułości wzmacniacza, 5 — wejście wzmacniacza dla prądu stałego i przemiennego, 6 — wejście wzmacniacza tylko dla prądu przemiennego, 7 — wejście synchronizacji zewnętrznej, 8 — wejście wzmacniacza oraz wyjście napięcia generatora podstawy czasu, 9 — skokowy regulator położenia obrazu w pozycji poziomej, 10 — płynna regulacja czasu i wyłącznik generatora podstawy czasu, 11 — płynna regulacja czasu i wyłącznik generatora podstawy czasu, 12 — lampa oscyloskopowa, 13 — regulator jasności obrazu i wyłącznik sieciowy aparatu

nia, jeśli naprawia takie zegary, również elektryczne, do których oscyloskop nie jest potrzebny. Są bowiem w niektórych zegarach elektrycznych takie systemy mikrostryków, które można zupełnie dobrze sprawdzić i skontrolować za pomocą miernika i sprawdzarki. Istnieją jednakże układy elektroniczne, zwłaszcza w zegarkach, które należycie i dokładnie można sprawdzić tylko za pomocą oscyloskopu. Szczególnie odnosi się to do zegarków kwarcowych oraz do elektronicznych zegarków z elektrycznym napędem balan-

Rys. 9.10. Schemat połączenia badanego zegarka z oscyloskopem i miernikiem

1 — miernik (miliamperomierz), 2 — kondensator elektrolytyczny do 250 μF , 3 — rezystor $100 \div 270 \Omega$, 4 — wkładka pomiarowa, 5 — wymiary wkładki



su, które są tak skonstruowane, że podczas ich naprawy nie należy zmieniać czasu trwania styków (np. zegarek LACO-ELECTRIC). W zegarach tych czas trwania styku jest na stałe uregulowany przez wytwórcę.

Zastosowanie oscyloskopu jest konieczne do następujących badań i sprawdzeń:

- czasu przerwy w stykach,
- drgania styków,
- działania dławików,
- czasu trwania impulsów,
- działania tranzystorów.

Oscyloskopy produkuje wiele firm zagranicznych, np. Tektronic, Hewlett-Packard, Knott, Urban oraz firm polskich, np. Unitra-Unima, Radiotechnika (zob. rys. 9.9).

W celu zmierzenia czasu trwania impulsów i ich sprawdzenia należy zegarek przyłączyć do oscyloskopu za pomocą łącznika. Sposób tego podłączenia przedstawiono schematycznie na rys. 9.10. W

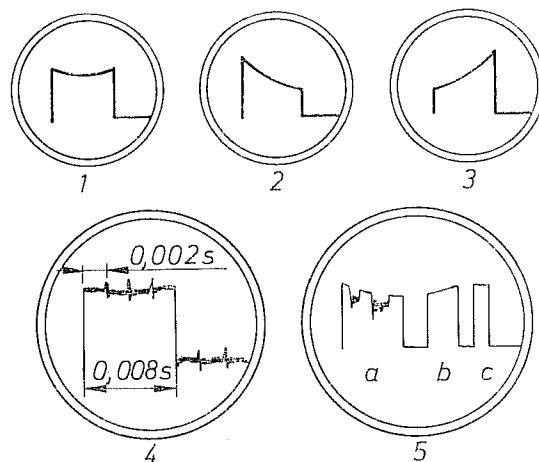
układzie tym stosuje się zewnętrzne źródło zasilania zegarka i rezystor 3, np. 270 Ω , redukujący napięcie, a w miejscu baterii zasilającej umieszcza się wkładkę pomiarową 4. Jeżeli po przyłączeniu w ten sposób zegarka do oscyloskopu ukaże się na ekranie impuls odwrócony, to należy przełożyć końcówki łączeniowe. Z kształtu obrazu świetlnego na ekranie oscyloskopu można zorientować się, czy styki pracują prawidłowo. Na rys. 9.11 przedstawiono kilka najbardziej charakterystycznych obrazów świetlnych, informujących o działaniu styków.

W zegarach z elektrycznym napędem balansu czas trwania impulsu powinien wynosić $0,007 \div 0,009$ s. Dłużej trwające impulsy wyczerpują nieużytecznie baterię, natomiast krócej trwające — zmniejszają amplitudę balansu.

Podczas rozwartych styków na ekranie

Rys. 9.11. Przykłady oscylogramów

1 — prawidłowa praca styków, 2 — styk za wczesny, 3 — styk opóźniony, 4 — oscylogram przerywany iskrzeniami styków, 5 — wady styków: a — impuls za częsty, b — impuls przerywany, c — dodatkowe zwarcia styków



oscylloskopu ukazuje się ruchoma plamka świetlna, wykreślająca linię poziomą. Gdy styki zaczną pracować, plamka odchyła się prosto w górę i w dół, kreśląc obraz przedstawiony na **rys. 9.11**.

Cały układ wejściowy oscylloskopu jest wrażliwy na przeciążenie napięciowe. Z tego względu nie należy przekraczać maksymalnych wartości napięć podawanych przez wytwórcę przyrządu. O wartościach granicznych decyduje wytrzymałość napięciowa trymera i wzmacniacza wejściowego. Inne szczegółowe instrukcje obsługi i eksploatacji są dołączone do każdego aparatu.

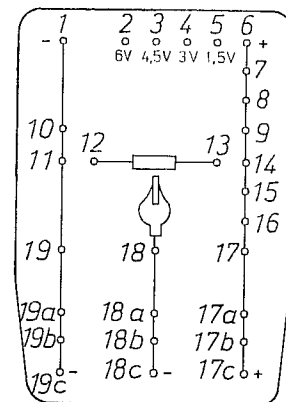
Pulpit pomiarowy, o którym już wspomnieliśmy w rozdziale 2.4.3, ułatwia prawidłowe podłączenie sprawdzanych zegarów i zegarków do miernika uniwersalnego (woltomierza, amperomierza, omomierza) oraz oscylloskopu i sprawdzarki (zob. **rys. 9.10**). Korzystając z pulpitu pomiarowego, mamy pewność, że połączenia są wykonane prawidłowo, bez obawy pomylenia przewodów.

Przykład pulpitu pomiarowego przedstawiono na **rys. 9.12**. Umieszczone na pulpicie gniazdka 1 i 6 służą do podłączenia zewnętrznego źródła prądu stałego, zgodnie z zaznaczonymi biegunami: plus i minus. Pulpit jest zasilany z czterech baterii typu R14, umieszczonych pod spodem. Przez łączenie krótkim przewodem, zakończonym wtyczkami, gniazdka 1 z jednym z gniazdek 2, 3, 4, 5 można uzyskać potrzebne napięcie: 6; 4,5; 3; 1,5 V.

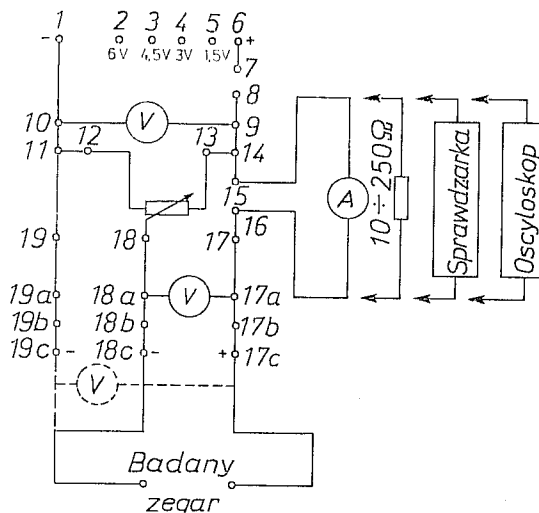
Połączenia innych gniazdek wykorzystuje się następująco:

- 7 i 8 — sprawdzanie poboru prądu lub stanu napięcia,
- 9 i 10 — pomiar napięcia, np. baterii,
- 11 i 12 oraz 13 i 14 — badanie prądu napięcia,
- 15 i 16 — podłączenie miernika uniwersalnego, sprawdzarki i miliamperomierza (**rys. 9.13**),
- 17a i 18a lub 17b i 18b — włączanie woltomierza przy badaniu prądu napięcia.

Do ustalenia prądu napięcia, np. przy sprawdzaniu elektromagnetycznego napięcia, potrzebne jest napięcie zmieniające się od zera wzwyż. Można je uzyskać na pulpicie za pomocą potencjometru 18. Użycie potencjometru może być potrzebne także w innych przypadkach.



Rys. 9.12. Pulpit pomiarowy z gniazdkami wtykowymi



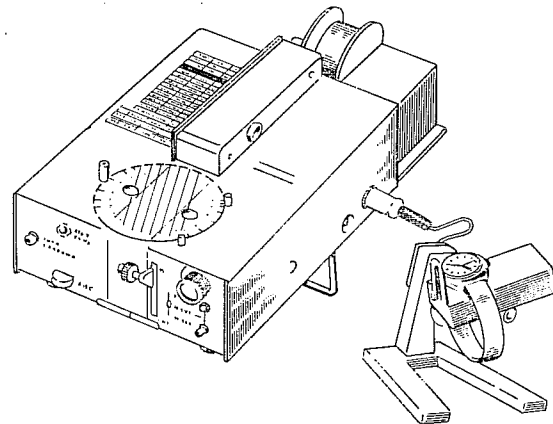
Rys. 9.13. Układ połączeń przyrządów pomiarowych do pulpitu

9.3. Sprawdzarki chodu (chronokomparatory)

Ostatnią czynnością przy naprawianym zegarze lub zegarku jest sprawdzenie jego dokładności chodu i wyregulowanie. Zadanie to zegarmistrz ma znacznie ułatwione, gdy posiada odpowiedni do tych czynności aparat elektroniczny, zwany **sprawkarką chodu** lub **chronokomparatorem**. Konstrukcję i działanie sprawdzarek używanych do sprawdzania chodu zegarów i zegarków mechanicznych omówiliśmy w tomie III i VIII „Zegarmistrzostwa”. Tego rodzaju sprawdzarki mogą być także stosowane do sprawdzania zegarków z elektrycznym napędem balansu. Sprawdzarka taka działa na zasadzie odbierania stuków pochodzących głównie od współdziałania kotwicy z kołem wychwytywym, a w zegarkach elektrycznych może odbierać stuki pochodzące od przetwornika ruchu.

W zakładach zegarmistrzowskich są używane sprawdzarki produkcji krajowej i zagranicznej.

W Polsce firma TOMEL w Tomaszowie Mazowieckim wytwarzała **sprawkarki TIKTEST** (rys. 9.14), ale ich produkcja została wstrzymana. Z zagranicznych znane są sprawdzarki radzieckie PPCz-7 i PPCz-7M; szwajcarskie VIBROGRAF i WICOMETRE; niemieckie ELMA-STAR, o wymiarach 205 × 270 × 90 mm i masie 2 kg, oraz bardziej uproszczona MINITEST.

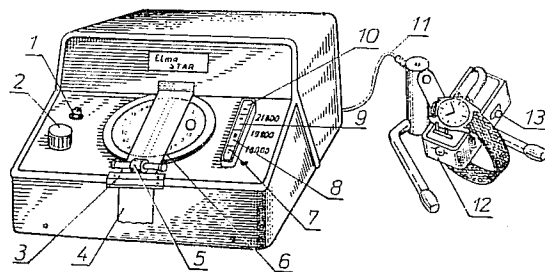


Rys. 9.14. Sprawdzarka TIKTEST produkcji polskiej

Sprawkarkę ELMA-STAR (rys. 9.15) należy przed włączeniem do sieci sprawdzić, czy jest nastawiona na wymagane napięcie. Może być nastawiona na 110, 127, 160, 220 i 240 V, o częstotliwości 50 ÷ 60 Hz. Polska sieć energetyczna ma napięcie 220 V, więc na takie napięcie trzeba nastawić sprawdzarkę przed włączeniem jej do sieci.

Rys. 9.15. Sprawdzarka ELMA-STAR produkcji niemieckiej

1 — żarówka kontrolna, 2 — wyłącznik potencjometru głosu, 3 — listewka do urywania taśmy, 4 — taśma papierowa z wykresem, 5 — urządzenie prowadzące taśmę, 6 — tarcza nastawna do odczytywania odchyłki z wykresu, 7 — wyłącznik urządzenia zapisującego i włącznik sygnalizacji akustycznej, 8, 9, 10 — klawisze różnych zakresów wahań regulatora, 11 — przewód łączący mikrofon ze sprawdzarką, 12 — mikrofon, 13 — przełącznik



Obok klawiszy jest podana liczba, która oznacza częstotliwość wahań balansu na godzinę. Gdy wciśnie się klawisz 9, wtedy można sprawdzać zegarki, których balans

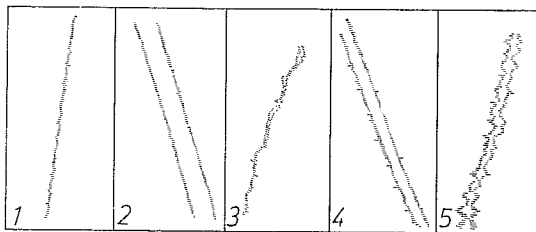
wykonuje 19 800 wahnięć na godzinę, a po wciśnięciu klawisza 10 — zegarki, których balans wykonuje 21 600 wahnięć na godzinę. Gdy ani jeden z klawiszy nie jest wciśnięty, wtedy można sprawdzać zegarki, których balans wykonuje 18 000 wahnięć na godzinę, a także 3600 lub 36 000. Można także sprawdzać częstotliwości inne niż podane, ale nie występują one w zegarkach mechanicznych albo bardzo rzadko.

Do sprawdzenia zegarka kamertonowego trzeba wcisnąć klawisze 8 i 9 lub 10 oraz przesunąć przełącznik 13 mikrofonu na punkt czerwony. Punkt zielony tego przełącznika służy do odbierania sygnałów akustycznych podczas sprawdzania zegarków mechanicznych.

Na tylnej ścianie sprawdzarki znajdują się trzy gniazda, które służą do włączania mikrofonu, dodatkowych aparatów oraz słuchawki, której głośność reguluje się potencjometrem 2.

Sprawdzany zegarek umieszcza się na mikrofonie 12 połączonym przewodem 11 ze sprawdzarką, która automatycznie startuje, a odebrane stuki zegarka przekształca na impulsy elektryczne i wykazuje je w postaci wykresu na taśmie papierowej 4. Wykres chodu zegarka na taśmie jest ułożony z krótkich kresek w jednej lub w dwóch liniach. Jeśli amplitudy balansu są jednakowe po obu stronach równowagi, to kreski ułożą się w jednej linii, a gdy amplitudy są różne, wtedy z kresek powstaną dwie linie, tym bardziej oddalone

od siebie, im większa jest różnica wartości amplitud. Gdy włos jest płaski, wtedy trudniej jest uzyskać jedną linię kresek, mimo równych amplitud, gdyż jego rozwijanie nie jest koncentryczne, a gdy jest breggetowski, wtedy łatwiej uzyskuje się jedną linię, zwłaszcza gdy klocek włosa jest ruchomy. Wyrazistość i grubość kresek zapisu na taśmie można regulować potencjometrem, znajdującym się pod pokrywą. Zdjęcie zegarka z mikrofonu wyłącza działanie sprawdzarki.



Rys. 9.16. Wykresy chodu zegarków badanych na sprawdzarce

Na **rys. 9.16** przedstawiono wykresy chodu pięciu zegarków badanych na sprawdzarce. Poniżej podano analizę każdego wykresu.

1. Zegarek ma symetryczny i bezbłędny chód, amplitudy balansu są równe. Niewielkie odchylenie linii wykresu w prawo oznacza spieszenie około 5 s/d.
2. Chód zegarka jest niesymetryczny, amplitudy balansu są niejednakowe — dwie linie wykresu są w znacznej odległości od siebie. Odchylenie linii w lewo wskazuje, że zegarek spóźnia około 15 s/d.
3. Wykres nierówny, ogólnie przeważa

spieszenie. Czopy kotwicy i balansu mają za duże luzy.

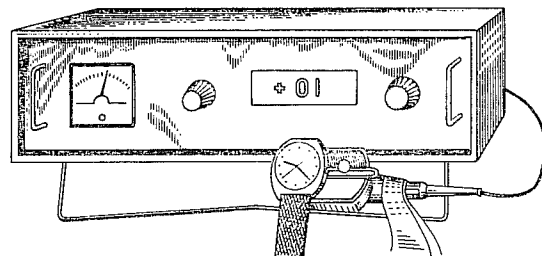
- Opóźnianie około 20 s/d. Nieznaczne uszkodzenie jednego z piętnastu zębów koła wychwytowego, na co wskazuje wysunięta co piętnasta kreska z jednej strony. Gdyby uszkodzenie było większe, objawy byłyby podobne na obu liniach.
- Nierównomierne przenoszenie energii napędowej lub wadliwe koło wychwytowe, gdyż przegięcia linii powtarzają się co piętnasta kreska. Zegarek spieszszy około 10 s/d.

Najpierw bada się chód zegarka umocowanego na mikrofonie sprawdzarki w położeniu poziomym, a potem w innych pozycjach. W tym celu mikrofon jest przymocowany do podstawy przegubowo, aby można było obracać go razem z zegarkiem w różne położenia. Tylko bardzo dobre zegarki mechaniczne nie wykazują różnic chodu w różnych pozycjach.

Zegarów i zegarków kwarcowych nie można regulować na sprawdzarce służącej do sprawdzania zegarków mechanicznych, działającej na zasadzie odbierania stuków pochodzących od wychwyty. Zegarki kwarcowe o wskazaniach cyfrowych nie wydają żadnych stuków, dlatego sprawdzarka do tych zegarków działa na zasadzie odbierania impulsów wyjściowych z układu scalonego. Sprawdzarki takie produkuje wiele firm zagranicznych.

Jedną z pierwszych sprawdzarek do ze-

garków kwarcowych wyprodukowała szwajcarska firma GOLAY (rys. 9.17). Sprawdzarka ta umożliwia pomiar przyrostów dobowych odchyłek z dokładnością do 0,01 s/d. Wyniki ukazują się na ekranie w postaci cyfr świetlnych ze znakiem plus lub minus. Zakres częstotliwości sprawdzanych zegarków kamertonowych i kwarcowych wynosi od 480 do 1 Hz. Poprzez czujnik indukcyjny sprawdzarka odbiera impulsy wytwarzane przez zegarek. Wymiary sprawdzarki są następujące: 383 × 350 × 98 mm.

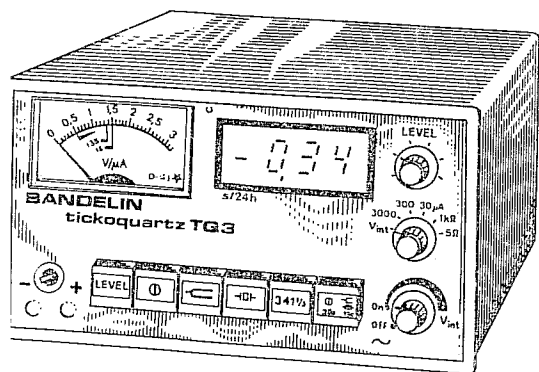


Rozwój techniki układów scalonych, diod świecących i ciekłych kryształów umożliwił zbudowanie nowej generacji przyrządów pomiarowych i kontrolnych do zegarków, a w szczególności — do zegarków kwarcowych. Wyprodukowano sprawdzarki służące do regulacji różnych rodzajów zegarków oraz przyrządy pomiarowe do wielostronnego zastosowania w pracy naprawczej zegarmistrzów, a także do prac kontrolno-montażowych w produkcji zegarków elektronicznych. W samej Szwajcarii około 20 różnych firm oferuje

Rys. 9.17. Sprawdzarka GOLAY produkcji szwajcarskiej do zegarków kamertonowych i kwarcowych

sprawdzarki do zegarków kwarcowych, kamertonowych i mechanicznych.

Na rys. 9.18 przedstawiono sprawdzarkę TICOQUARTZ TQ 3, ze wskazaniami cyfrowymi wyników sprawdzania, o bardzo zwartej budowie, wyprodukowanej w firmie Bandelin. Można nią sprawdzać dokładność chodu zegarków kwarcowych: analogowych i cyfrowych, kamertonowych, elektrycznych i mechanicznych.



impulsy elektryczne lub stuki mechaniczne są automatycznie wychwytywane i obliczane przez układ elektroniczny, a przysto dobowe odchyłki z dokładnością do 0,01 s — ukazywane w postaci cyfr na ekranie.

Podczas sprawdzania dokładności chodu jest możliwość zmierzenia prądu i napięcia oraz sprawdzenia baterii obciążeniem rezystancją lub bez. Na nieszczęszonej po lewej stronie tarczy można odczytać wszystkie wartości pomiarowe napięcia w granicach 0 ÷ 3,2 V dla ze-

garków i modułów bez baterii. Pomiar dla zegarków kamertonowych i kwarcowych powinny trwać co najmniej 2 s, a zegarków mechanicznych — 4 s.

Sprawdzarka może być zasilana z sieci energetycznej o napięciu 110, 130, 220, 240 V i częstotliwości 50 ÷ 60 Hz. Wymiary sprawdzarki: 180 × 105 × 230 mm, masa 2 kg.

Ta sama firma Bandelin produkuje jeszcze inny typ sprawdzarki ze wskazaniami cyfrowymi, QUARTZ TICKODAT TD 2, o takich samych wymiarach, lecz nieco większej masie: 2,8 kg. Wskazania LED zielonymi cyframi na ekranie są bardzo dobrze czytelne. Dokładność pomiaru odchyłek 0,01 s/d.

Sprawdzarka QUARTZ TICKOPRINT QT 48-A, również firmy Bandelin wykazuje odchyłki badanych zegarków w postaci wykresu na taśmie papierowej. Dokładność wskazań do 0,01 s/d odczytuje się za pomocą „lupy elektronicznej” 1:200 w połączeniu z precyzyjnym kwarcem wysokiej częstotliwości, umieszczonym w termostacie. Sprawdzarka ma nieco mniejsze wymiary: 185 × 90 × 250 mm, ale większą masę: 3 kg.

Firma Bandelin oferuje także miernik uniwersalny o wskazaniach cyfrowych, służący do pomiarów różnych wielkości elektrycznych oraz sprawdzania baterii zegarkowych.

Znana fabryka zegarków Patek-Philippe wyprodukowała sprawdzarkę uniwersalną MULTICAPT 474 ze wskazaniami cyfro-

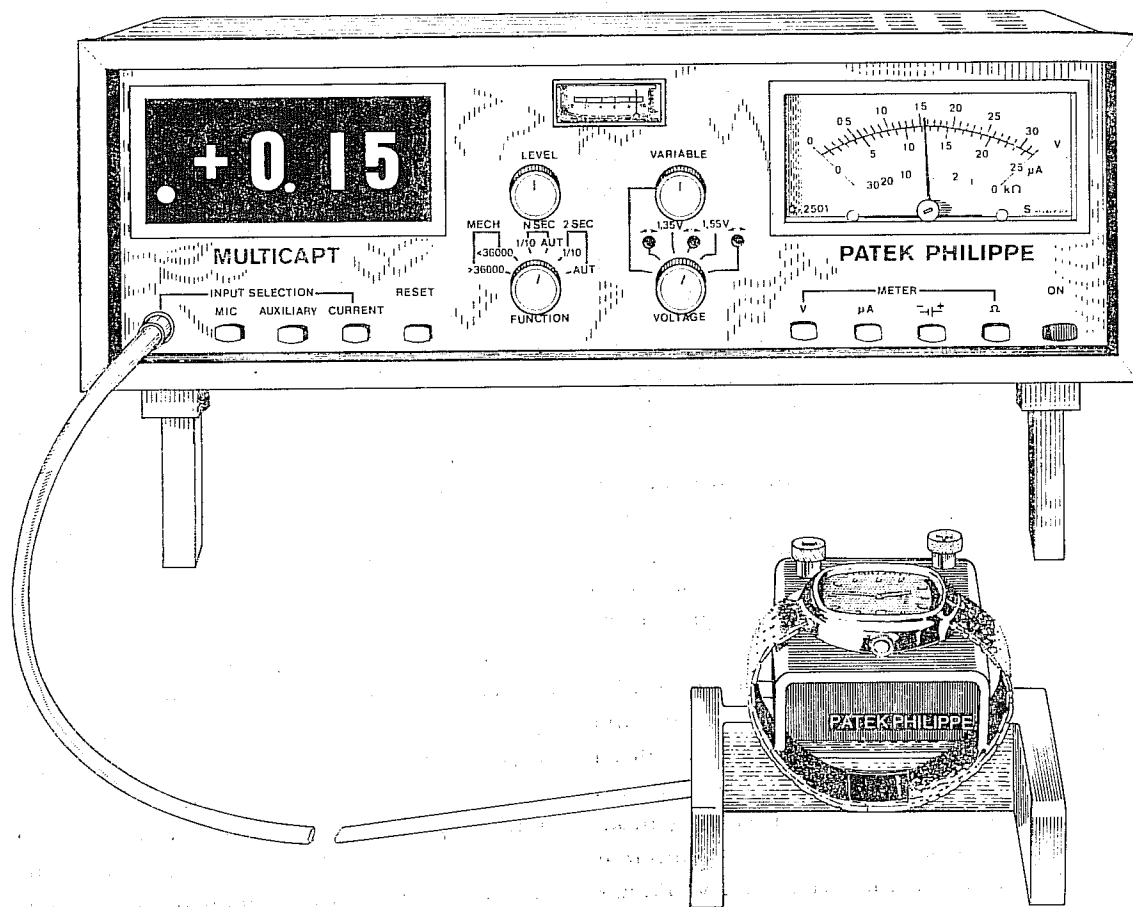
Rys. 9.18. Sprawdzarka TICOQUARTZ TQ3 firmy Bandelin

wymi (rys. 9.19), za pomocą której można sprawdzać dokładność chodu różnych typów zegarków bez otwierania koperty oraz wykonywać pomiary parametrów baterii o napięciu 1,35, i 1,55 V.

W jednej, poziomo ułożonej obudowie, są umieszczone dwa urządzenia pomiarowe służące do sprawdzania:

- dokładności chodu zegarka — wskazania cyfrowe — strona lewa,
- funkcjonowania elementów — wskazania analogowe — strona prawa.

Dużym ułatwieniem w posługiwaniu się sprawdzarką jest automatyczny wybór częstotliwości i liczby wahaniec na godzinę regulatora. Po założeniu zegarka na mik-



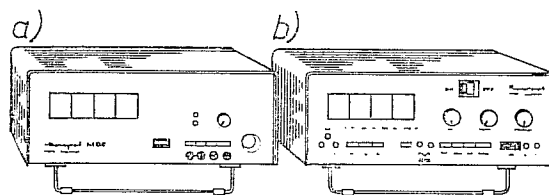
Rys. 9.19. Sprawdzarka MULTICAPT 474 firmy Patek-Philippe

rofon, połączony przewodem ze sprawdzarką, na wskaźniku ukazują się cyfry ze znakiem plus lub minus oznaczające przyrost dobowy odchyłki z dokładnością do 0,01 s dla zegarków kwarcowych, do 0,1 s dla zegarków kamertonowych, a do 1 s dla zegarków mechanicznych.

Na tarczy z podziałką 3,0 V wskazówka pokazuje napięcie baterii pod symulowanym obciążeniem, a na podziałce 25 μA — wartość prądu pobieranego przez zegarek. Podziałka $\text{k}\Omega$ służy do mierzenia rezystancji oraz kontroli obwodu i wyszukiwania przerw lub zwarc. Sprawdzarka jest zbudowana na układach scalonych, a jej oscylator kwarcowy jest umieszczony w termostacie. Zasilanie odbywa się z sieci energetycznej o napięciu 110 ÷ 220 V, częstotliwości 50 ÷ 60 Hz.

Czas sprawdzania zegarków elektronicznych wynosi 2 s, a mechanicznych — 4 s. W tylnej ścianie obudowy znajduje się gniazdko do podłączenia oscyloskopu. Wymiary sprawdzarki wynoszą 340 × 240 × 110 mm, masa — 5 kg.

Firma Portescap oferuje **sprawdzarkę uniwersalną** o podobnym działaniu, ale złożoną z dwóch zestawów, które mogą działać osobno lub połączone razem. Sprawdzarka VIBROGRAF M80 (rys. 9.20) ze wskazaniem cyfrowym służy do sprawdzania dokładności chodu zegarków, a miernik uniwersalny RENOTEST (rys. 9.20b), również ze wskazaniem cyfrowym — do pomiaru prądu i napięcia oraz kontroli obwodu prądowego.



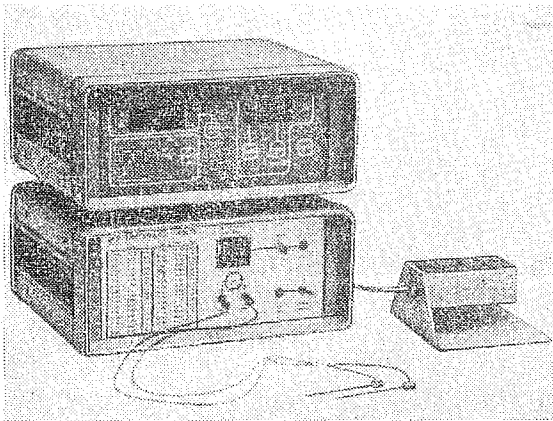
Rys. 9.20. Zestaw sprawdzarki firmy Portescap: a) VIBROGRAF M80, b) RENOTEST

Podobne nowoczesne sprawdzarki na układach scalonych do kontroli napięcia i obwodów prądowych oraz regulacji zegarków kwarcowych, kamertonowych i mechanicznych oferują następujące firmy:

- Bergeon — sprawdzarka BERGEON-TEST 7000,
- Derlix (Camy Watch) — sprawdzarka CHRONOCAPT,
- Etic (Froidevaux) — sprawdzarka SPEEDY-TRIM Mk1,
- Greiner — sprawdzarka QUARTZ TIMER-C,
- Heuer — sprawdzarka TIME ANALYZER,
- Schweiz. Uhrenindustrie Ges. — sprawdzarki DELTATEST, ALITEST,
- Witschi — sprawdzarki Q-TEST 4000 i Q-TEST 4100.

Specjalnie dla techniki zegarowej opracowano nowe urządzenie programowe TIMOPROG 4500 (rys. 9.21). Jest ono dopasowane do znanego urządzenia sprawdzającego chód zegarków TIMOMETER 4500. Kombinacją tych dwóch urządzeń można wyregulować częstotliwość wszystkich zegarków kwarcowych, nawet najnowszych generacji z lat 87 i 88. Za pomocą tego urządzenia można wyregulować

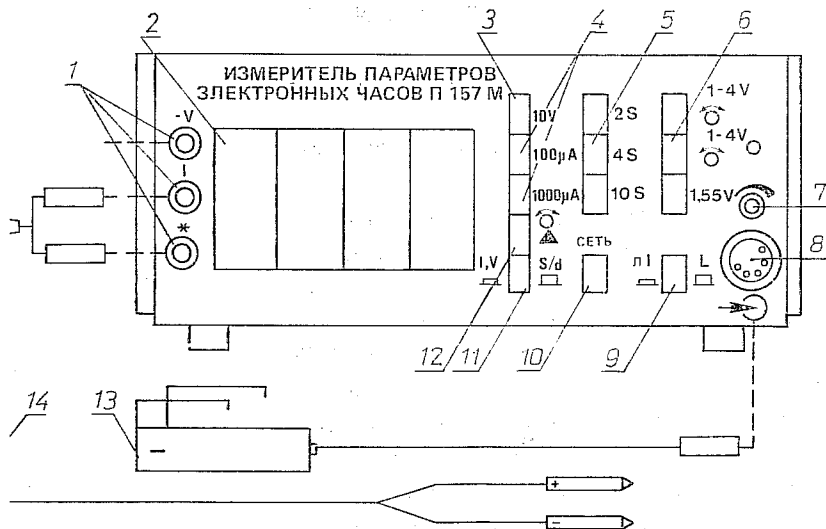
rys. 9.21. Sprawdzarka MOMETER 4500 z urządzeniem TIMOPROG 4500 do korygowania częstotliwości rezonatorów kwarcowych w zegarkach



rys. 9.22. Tablica przedmiernika P157M

— gniazdko wejściowe, 2 — wskaźnik cyfrowy, 3 — przycisk zresetowania pomiaru napięcia, 4 — przycisk zakresu pomiaru prądu, 5 — przełącznik zakresu czasowego miaru chodu zegarka, 6 — przycisk napięcia wmontowanego źródła zasilania, 7 — pokrętko potencjometru, 8 — gniazdko do podłączenia czujnika indukcyjnego, 9 — przycisk wyboru czujnika, 10 — przycisk włączenia i wyłączenia, 11 — przełącznik rodzaju prądu, 12 — przycisk kontroli nontowanego źródła zasilania, — czujnik indukcyjny, 14 — zewody łączące

moduły z podwyższoną częstotliwością, dostarczane przez wytwórców, na typową częstotliwość 32 768 Hz. Urządzenia te są przydatne głównie w produkcji i montażu zegarków, ale mogą także mieć zastosowanie w specjalistycznych zakładach zegarmistrzowskich.



Podobne zadania spełniają dwa przyrządy produkcji radzieckiej: miernik P157M oraz przystawka P161.

Miernik P157M (rys. 9.22) służy do wykonywania pomiarów następujących parametrów w zegarkach kwarcowych:

- błędu dostrojenia oscylatora kwarcowego,
- średniej wartości prądu pobieranego przez zegarek i osobno przez blok elektroniczny,
- napięcia baterii zasilającej.

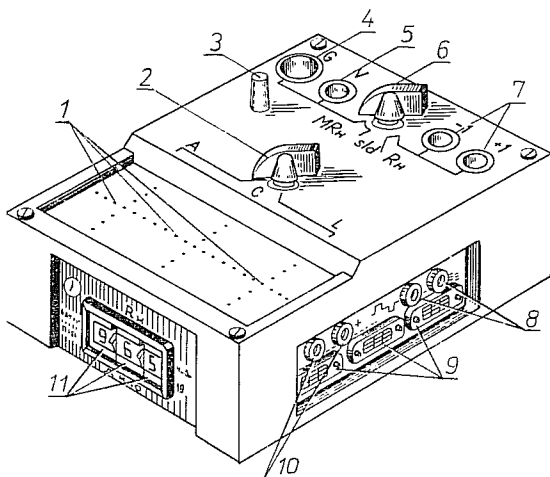
Miernik jest przeznaczony do pomiarów podczas produkcji zegarków oraz ich naprawy w warsztacie zegarmistrzowskim. Chód chwilowy zegarka jest mierzony przez czujnik indukcyjny zamontowany w mierniku oraz za pomocą przystawki P161 podłączonej do miernika.

Nastawianie miernika do pomiarów odbywa się według rozmieszczenia przycisków, przedstawionego na rys. 9.22. Szczegółowy opis miernika i sposób przygotowania go do pracy oraz kolejność czynności przy wykonywaniu pomiarów są podane w opisie technicznym dołączonym do miernika.

Przystawka P161 (rys. 9.23) nie ma samodzielnego zastosowania, natomiast w połączeniu z miernikiem P157M można nią wykonać:

- pomiar przyrostu dobowego odchyłki zegarków kwarcowych analogowych i cyfrowych LCD,
- pomiar napięcia baterii zasilającej, pod obciążeniem i bez,

- pomiar średniej wartości prądu pobieranego przez zegarki kwarcowe wszystkich rodzajów,
- zasilanie zegarka podczas pomiarów,
- podłączenie oscyloskopu.



Na stole roboczym przystawkę umieszcza się obok miernika P157M i dołącza ją za pośrednictwem odpowiednich przewodów. W zależności od wykonywanych pomiarów i sprawdzeń nie wszystkie urządzenia dodatkowe muszą być podłączone do przystawki. Szczegółowy opis sposobów podłączania i wykonywania pomiarów jest zamieszczony w instrukcji dołączonej do przystawki.

Częstościomierz elektroniczny Cz3-33 jest przeznaczony do automatycznych pomiarów:

- częstotliwości drgań elektrycznych w zakresie od 10 Hz do 10 MHz,
- okresu drgań elektrycznych sygnałów

- impulsowych o biegunowości dodatniej i ujemnej oraz czasie trwania impulsu nie mniejszym niż $0,1 \mu\text{s}$,
- długości przerw między impulsami od $1 \mu\text{s}$ do 100 s,
- czasu trwania impulsów dowolnej biegunowości od $1 \mu\text{s}$ do 100 s.

Wyniki pomiarów są wyświetlane na ośmiocyfrowym wskaźniku. Podczas naprawy zegarków kwarcowych częstościomierz jest wykorzystywany do sprawdzania chodu chwilowego zegarka poprzez pomiar okresu impulsów wyjściowych z bloku elektronicznego. Można też nim skontrolować pracę oscylatora kwarcowego, mierząc jego częstotliwość.

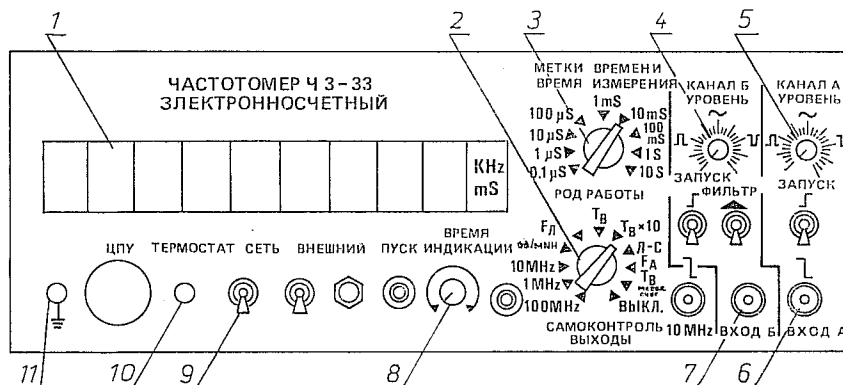
Na przedniej tablicy częstościomierza oznaczono zespoły sterowania (rys. 9.24), które są wykorzystywane podczas sprawdzania dokładności i regulacji chodu zegarków kwarcowych. Szczegółowy opis sposobów wykonywania pomiarów są podane w instrukcji dołączonej do częstościomierza.

Rys. 9.23. Rozmieszczenie organów sterowania przystawki P161

1 — czujniki, 2 — przełącznik wyboru typu czujnika, 3 — pokrętko potencjometru sygnału, 4 — styk C, 5 — gniazdko V, 6 — przełącznik warunków pracy, 7, 10 — gniazdzka zasilania, 8 — gniazdko do oscyloskopu, 9 — gniazdzka, 11 — przełącznik dobierania wartości rezystancji obciążenia

Rys. 9.24. Tablica przednia częstościomierza Cz3-33

1 — wskaźnik ośmiocyfrowy, 2 — przełącznik rodzaju pracy, 3 — przełącznik czasu pomiaru, 4, 5, 8 — pokrętki potencjometrów, 6, 7 — gniazdzka wejściowe, 9 — przełącznik przerzutowy, 10 — żarówka termostatu, 11 — zacisk uziemienia



10. Zegary „atomowe”

10.1. Zasady działania

W poszukiwaniu coraz dokładniejszych urządzeń do pomiaru czasu zwrócono uwagę na drgania wewnątrzcząsteczkowe i wewnątrzatomowe niektórych molekuł i pierwiastków podczas badań nad budową materii. Stwierdzono, że owe drgania niektórych związków chemicznych, np. amoniaku NH_3 , a także niektórych pierwiastków, np. cezu 133, odznaczają się wysokim stopniem stabilności. Wykorzystano te zjawiska w tzw. **molekularnych i atomowych wzorcach częstotliwości**. Molekularny lub atomowy wzorzec częstotliwości, wyposażony w elektroniczny układ zliczający i urządzenie do wskazywania czasu, potocznie nazywa się **zegarem atomowym**.

Znane dotychczas urządzenia do mierzenia czasu bazują na wykorzystywaniu periodycznych przebiegów albo czystych statystycznych zjawisk. Podobnie jak w zegarach z regulatorem balansowym, o napędzie mechanicznym lub elektrycznym, zegarach kamertonowych i kwarcowych, w zegarach molekularnych i atomowych są wykorzystane przebiegi periodyczne (rozumie się przy tym takie przebiegi, które powtarzają się w jednakowo trwających odstępach czasu). W wymienionych zega-

rach czas jest mierzony przez zliczanie periodycznie występujących zdarzeń.

W ostatnich czasach zostały odkryte także zegary, które nazywa się **statystycznymi** lub **nuklearnymi miernikami czasu**. Bazują one nie na periodyczności zjawisk, lecz na czysto statystycznie występujących zdarzeniach, nazywanych przebiegami, które zależą od przypadków, jak choćby rozpady radioaktywne. Trzeba bardzo wyraźnie rozróżnić zegary molekularne czy atomowe z jednej strony od zegarów nuklearnych z drugiej strony, ponieważ opierają się one na całkiem różnych zasadach działania.

Zegar molekularny jest urządzeniem wyposażonym w molekularny wzorzec częstotliwości, którego wewnątrzcząsteczkowe elektromagnetyczne drgania, o bardzo stabilnej częstotliwości, są zliczane za pomocą elektronicznego urządzenia zliczającego.

Zegar atomowy jest urządzeniem wyposażonym w atomowy wzorzec częstotliwości, którego elektromagnetyczne drgania wewnątrzatomowe, o bardzo stabilnej częstotliwości, są zliczane przez elektroniczne urządzenia zliczające.

Zegar nuklearny jest urządzeniem, które składa się ze źródła radioaktywnego i licznika. Wewnętrzne okresy czasu, które upływają między dwoma następującymi po sobie rozpadami, są obserwowane jako bardzo regularne i odpowiednio zliczane.

Zegary atomowe okazują się bardziej dokładne niż molekularne lub nuklearne. Oscylatory atomowe, czyli molekularne i atomowe wzorce częstotliwości, można podzielić na trzy grupy:

- masery,
- rezonatory z wiązką atomową,
- rezonatory z komórką gazową.

Słowo MASER jest skrótem od angielskiego określenia: Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation, co znaczy: mikrofalowe wzmacnianie przez wymuszoną emisję promieniowania. Masery są aktywnymi (czynnymi) wzorcami czasu, tzn. że są oscylatorami samowzbudnymi, podczas gdy rezonatory z wiązką atomową i z komórką gazową są pasywnymi (biernymi) wzorcami czasu, tzn. że potrzebują zewnętrznego pobudzenia (impulsu).

Zegar atomowy stanowi połączenie zegara kwarcowego z oscylatorem atomowym o bardzo dużej stabilności drgań. Drgania płytki kwarcowej są synchronizowane i stabilizowane częstotliwością oscylatora atomowego. Częstotliwość drgań wewnątrzatomowych nie podlega żadnym zmianom pod wpływem jakichkolwiek czynników zewnętrznych, np. temperatury, ciśnienia atmosferycznego, starzenia i uderzeń, dlatego na wyjściu teoretycznie jest ona stała.

Do zrozumienia działania różnych typów atomowych wzorców częstotliwości są potrzebne wiadomości podstawowe o budowie materii, promieniowaniu elektromag-

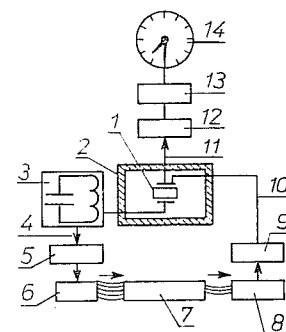
netycznym i zmianach zachodzących między promieniowaniem a materią. Dlatego zagadnienia o zegarach atomowych podajemy tylko ogólnikowo. Mamy jednak nadzieję, że nawet pobieżne zaznajomienie się z zasadami działania zegarów atomowych okaże się cenne.

10.2. Maser amoniakalny

Pierwszy model zegara atomowego, nazywanego **maserem amoniakalnym**, opracował Amerykanin Harold Lyon w roku 1949. Maser amoniakalny należy zaliczyć do molekularnych (cząsteczkowych), gdyż cząstka amoniaku składa się z atomów azotu i wodoru — NH_3 . W maserze amoniakalnym wykorzystano pewną właściwość amoniaku.

Gdy przez rurę wypełnioną rozrzedzoną parą amoniaku przepuści się wiązkę promieniowania elektromagnetycznego o różnych długościach fali, niektóre z nich przechodzą przez nią z łatwością, inne zaś są jakby zatrzymywane. Promieniowanie o określonej długości fali, około 1,26 cm, wychodzi z rury nie tylko nie osłabione, ale nawet wzmacnione. W rurze zachodzi wymuszona emisja promieniowania o tej samej długości fali.

Schemat blokowy zegara atomowego typu amoniakalnego przedstawiono na **rys. 10.1**. Istotnym elementem masera amoniakalnego jest metalowa rura 7, długości



Rys. 10.1. Schemat blokowy zegara atomowego typu amoniakalnego

1 — generator kwarcowy 60 ± 100 kHz, 2 — podwójny termostat, 3 — rezonator elektryczny obwodu drgań 60 ± 100 kHz, 4 — nie korygowane drgania kwarcu, 5 — powielacz częstotliwości od 23 870 129 235 Hz, 6 — nadajnik, 7 — komora drgających cząstek amoniaku, 8 — wzmacniacz, 9 — dzielnik częstotliwości, 10 — modulator, 11 — korygowanie drgań kwarcu, 12 — wzmacniacz, 13 — dzielnik częstotliwości od 100 kHz do 300 Hz, zegar z silnikiem synchronicznym

około 10 m i średnicy 12 mm, wypełniona cząsteczkami par amoniaku. W celu zmniejszenia wymiarów urządzenia rura może być zwinięta na kształt spirali. W rurze tej zachodzi zjawisko pobudzania promieniowania pod wpływem energii dostarczanej z zewnątrz w postaci fali elektromagnetycznej. Rura, zwana **falowodem**, przewodzi i wzmacnia fale elektromagnetyczne.

Drugim, bardzo ważnym elementem urządzenia jest źródło energii promieniowania elektromagnetycznego. Jest nim generator kwarcowy 1, umieszczony w podwójnym termostacie 2, który dostarcza energii do falowodu, natomiast drgania cząstek par amoniaku w falowodzie stabilizują częstotliwość generatora.

Powielacz częstotliwości 5 służy do powiększenia częstotliwości generatora kwarcowego, zwykle ze 100 kHz na częstotliwość odpowiednią do wymuszania fali około 1,26 cm, równą 23 870 129 235 Hz. Modulator (dyskryminator) ma za zadanie poprawianie odpowiednio częstotliwości wzorcowej, gdyby zmieniła się np. wskutek starzenia się kwarcu.

Maser amoniakalny nie jest właściwie zegarem w zwykłym znaczeniu tego słowa — nie wskazuje bowiem godzin, minut i sekund — jest jedynie wzorcem częstotliwości, który kontroluje się sam automatycznie, przez porównanie z okresem drgań własnych cząstki amoniaku. Można jednak wysoką częstotliwość wzorca zmniejszyć za pomocą dzielników częstotliwości 9 do

300 Hz, a prąd o takiej częstotliwości może zasilać silnik synchroniczny, napędzający przekładnię wskazań zegara 14.

Osiągalna dokładność zegara atomowego wynosi 0,000 001 s/d, co odpowiada odchyłce 1 s na 3000 lat.

10.3 Cezowy zegar atomowy

W latach 1950—1970 uzyskano znacznie lepsze wyniki po zastosowaniu cezowego wzorca częstotliwości, pracującego na zasadzie rezonatora z wiązką atomową. Jest to więc wzorzec pasywny, wymagający pobudzania drgań z zewnątrz.

Działanie oscylatora cezowego polega na porównywaniu drgań elektrycznych rezonatora kwarcowego z drganiami wewnątrzatomowymi atomu cezu 133, związanymi z tzw. nadsubtelną strukturą jego poziomów energetycznych. Przejście z jednego poziomu energii wewnętrznej do drugiej odbywa się z emisją lub absorpcją energii mikrofalowej. Dla cezu 133 częstotliwość rezonansowa, odpowiadająca przejściu między dwoma nadsubtelnymi poziomami stanu podstawowego, zmierzona eksperymentalnie wynosi 9 192 631 770 Hz. Na tej zasadzie jest oparta definicja sekundy¹⁶⁾.

Cez jest pierwiastkiem chemicznym należącym do metali alkalicznych. Jest najwię-

kszym metalem. Z powodu jego dużej aktywności chemicznej nie występuje w przyrodzie w stanie czystym.

Na rys. 10.2 przedstawiono uproszczony schemat działania jednego z rozwiązań cezowego wzorca częstotliwości. W rurze próżniowej 1 znajduje się wyrzutnia 2, która wysyła strumień atomów cezu między bieguny magnesu odchylającego 3, gdzie zostaje rozszczepiona, w zależności od poziomów energetycznych poszczególnych atomów. Wiązka zawierająca atomy w stanie podstawowym zostaje skierowana do rezonatora mikrofalowego 4 i tam na skutek oddziaływania magnetycznego pola mikrofalowego część atomów przechodzi do stanu wzbudzonego. Po przejściu przez rezonator wiązka zostaje skierowana między bieguny magnesu 6 i znowu rozszczepiona.

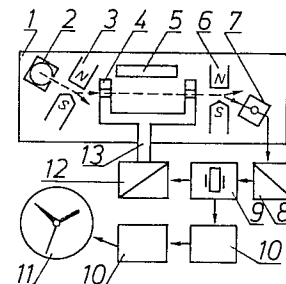
Wiązka atomów wzbudzonych trafia do detektora 7. Sygnał uzyskany w detektorze zostaje skierowany do korektora częstotliwości 8, który wysterowuje generator kwarcowy 9, a ten, przez powielacz częstotliwości 12, stabilizuje wyjście detektora na maksymalną wartość. Uzyskana na wyjściu częstotliwość generatora 9 zostaje obniżona w dzielnikach 10 do częstotliwości 1 kHz lub 1 Hz. Impulsami o takiej częstotliwości jest napędzane urządzenie wskazujące 11.

Na wyżej opisanej zasadzie są budowane zegary atomowe przez kilka firm. Na rys. 10.3 przedstawiono widok cezowego zegara atomowego OSCILLATOM, produ-

kowanego przez szwajcarską firmę Ebauches S. A. Oprócz wzorców cezowych są także produkowane wzorce rubidowe z komórką gazową. Są one lżejsze i mają mniejsze wymiary niż wzorce cezowe.

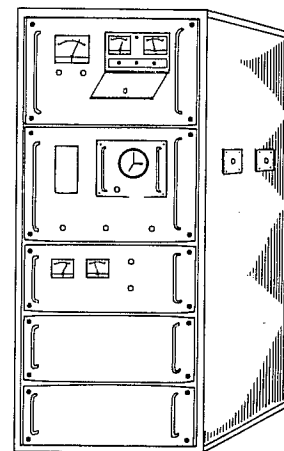
W Polsce prace nad atomowymi wzorcami częstotliwości, prowadzone przez kilkanaście lat, zostały uwieńczone zbudowaniem cezowego zegara atomowego w roku 1974 przez zespół pod kierunkiem prof. Stefana Hahna — w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN przy współpracy Politechniki Warszawskiej i Przemysłowego Instytutu Elektroniki. Niemiecka służba czasu PTB w Braunschweig, w celu zwiększenia dokładności sygnałów czasu nadawanych przez radio, w roku 1977 zainstalowała zespół dziewięciu zegarów atomowych synchronizujących się wzajemnie, których uchybienie chodu 1 s ujawni się dopiero po upływie 300 000 lat.

Zegary atomowe są stosowane w laboratoriach pomiaru czasu instytutów naukowych i w obserwatoriach astronomicznych do najdokładniejszych pomiarów czasu.



Rys. 10.2. Schemat blokowy cezowego zegara atomowego

1 — rura próżniowa, 2 — wyrzutnia strumienia atomów cezu, 3 i 6 — magnesy odchylające, 4 — rezonator mikrofalowy, 5 — biegun magnesu, 7 — detektor natężenia wiązki cezu, 8 — korektor częstotliwości, 9 — generator kwarcowy 5 MHz, 10 — dzielniki częstotliwości 1/500 i 1/1000, 11 — urządzenie wskazujące, 12 — powielacz częstotliwości, 13 — falowód — 9192,6 MHz



Rys. 10.3. Cezowy zegar atomowy OSCILLATOM szwajcarskiej firmy Ebauches S.A.

Przypisy

- 1) *Dysocjacja* — samorzutny rozpad cząstek rozpuszczonego elektrolitu na jony pod wpływem rozpuszczalnika.
- 2) *Jonizacja* — powstawanie cząstek naładowanych w wyniku oderwania elektronu od obojętnego atomu lub cząsteczki.
- 3) Obszerniejsze opracowania na temat podstawowych zasad elektrotechniki znajdują się w książkach wydanych przez WSiP, np. Dreszer J.: *Zarys elektrotechniki*, Mazewicz T.: *Podstawy elektrotechniki i in.*
- 4) *Radiator* — blok metalowy zaopatrzony w żebra w celu dobrego odprowadzania ciepła.
- 5) Producent Sprzętu Medycznego i Laboratoryjnego. Przedsiębiorstwo Zagraniczne POLMED; własność: Claude Reymond, Szwajcaria; 05-900 Kuznocin 32, gm. Sochaczew, woj. skierniewickie, tel. 233-41.
- 6) *Korozja* — rozpoczynające się od powierzchni i postępujące w głąb niszczenie metali i ich stopów, spowodowane chemicznym lub elektrochemicznym działaniem czynników zewnętrznych, np. rdzewienie stali.
- 7) *Erozja* — żłobienie powierzchni Ziemi przez czynniki zewnętrzne: wiatry, rzeki, lodowce. *Elektroerozja* — wymywanie cząsteczek metalu zanurzonego w elektrolicie pod działaniem prądu elektrycznego; stąd — elektroerozyjna obróbka metali.
- 8) *Impedancja* — opór zespolony, opór pozorny — przy przebiegach stałych; albo stosunek napięcia panującego na zaciskach dwójnika (tj. dowolnego układu elektrycznego o dwóch końcówkach, np. cewki) do natężenia prądu płynącego przez ten dwójnik.
- 9) *Próg zadziałania* — najmniejszy prąd, przy którym urządzenie zaczyna działać. W odniesieniu do napięcia będzie to *próg napięcia*.
- 10) *Piezoelektryczność* — zjawisko polegające na powstawaniu na przeciwległych ściankach niektórych kryształów ładunków elektrycznych o przeciwnych znakach pod wpływem rozciągania lub ściskania kryształu; i na odwrót — płytka kryształu, umieszczona w zmiennym polu elektrycznym, podlega drganiom mechanicznym o dużej stabilności.
- 11) *Regulator chodu* — urządzenie w zegarze służące do wytwarzania i utrzymywania drgań (wahań) mechanicznych lub elektrycznych. Nazwa ta nie bardzo odpowiada tej funkcji. W porównaniu z urządzeniem, które w technice, a w szczególności w automatyce, nazywa się regulatorem i ma za zadanie samoczynne przeciwdziałanie niepożądanym zmianom w przebiegu jakiegoś procesu; słuszniejsze byłoby nazwanie regulatora chodu w zegarze „moderatorem zegarowym”, „rezonatorem” lub „generatorem częstotliwości podstawowej” (w zegarze jest on wzorcem częstotliwości). Pozostajemy jednak przy nazwie regulator chodu, gdyż wśród zegarmistrzów jest ona rozpowszechniona zarówno w Polsce, jak i za granicą.
- 12) *Odbijaniem balansu* nazywa się wadliwe współdziałanie kotwicy z regulatorem balansowym. Występuje ono wtedy, gdy skutek zbyt silnego impulsu napędowego amplituda balansu jest za duża. Wówczas palec przerzutowy po opuszczeniu wycięcia widełek kotwicy uderza w widełki od strony zewnętrznej i odbijając się od nich zwiększa prędkość obrotową balansu, co powoduje znaczne spieszenie zegara.
- 13) *Warystor* — rezystor półprzewodnikowy nieliniowy, którego rezystancja zależy od napięcia, prądu i kierunku polaryzacji. Przy małych napięciach rezystancja warystora jest duża; gdy napięcie wzrasta — rezystancja maleje. Te właściwości warystora wykorzystuje się do regulacji dopływu prądu oraz zabezpieczenia przed przepięciem.
- 14) *Generator częstotliwości* — przyrząd do wytwarzania lub utrzymywania drgań elektrycznych albo mechanicznych.
- 15) *Dipol elektryczny* — dwa jednakowe co do wielkości, lecz przeciwnego znaku ładunki elektryczne, znajdujące się w pewnej odległości od siebie.
- 16) *Sekunda* jest to czas równy 9 192 631 770 okresów promieniowania odpowiadającego przejściu między dwoma nadsubtelnymi poziomami stanu podstawowego atomu ^{133}Cs (cezu 133).

Literatura

w języku polskim

1. Aisberg E.: *Tranzystor... ależ to bardzo proste!* WNT, Warszawa 1967
2. Barnik B. St., Podwapiński W. Al.: *Technologia mechanizmów zegarowych. Mechanizmy, tom I*, WSiP, Warszawa 1986
3. Bartnik B. St., Podwapiński W. Al.: *Technologia mechanizmów zegarowych. Montaż, konserwacja i naprawa, tom II*, WSiP, Warszawa 1986
4. Bartnik B. St., Podwapiński W. Al.: *Zegarmistrzostwo, tom X. Zegary elektryczne zespołowe i przemysłowe*, WSiP, Warszawa 1988
5. Bartnik B. St., Podwapiński W. Al.: *Zegarmistrzostwo, tom XI. Zegary i zegarki specjalne*, WSiP, Warszawa 1988
6. Bartnik B. St., Podwapiński W. Al.: *Zegarmistrzostwo, tom XII. Ilustrowany słownik zegarmistrzowski*, WSiP, Warszawa 1990
7. Bracia Franciszkanie w Niepokalanowie, pod redakcją brata Wawrzyńca M. A. Podwapińskiego: *Zegarmistrzostwo, część 6 (tom VI). Konstrukcja i działanie zegarów i zegarków mechanicznych*, Niepokalanów 1956
8. Cechmichen J. P.: *Elektronika... ależ to nic prostszego!* WNT, Warszawa 1968
9. Chabłowski J., Skulimowski W.: *Elektronika w pytaniach i odpowiedziach*, WNT, Warszawa 1978
10. Czaja K.: *Urządzenia elektryczne i zasilające*, WKiŁ, Warszawa 1962
11. Dreszer J.: *Zarys elektrotechniki*, WSiP, Warszawa 1987
12. Gniewińska B., Klimek Cz.: *Rezonatory i generatory kwarcowe*, WKiŁ, Warszawa 1980
13. Informator naprawy: *Zegarek kwarcowy na rękę*, Technointrog, Moskwa 1987
14. Karkowski Z.: *Elektroniczne urządzenia powszechnego użytku (rozdz. 3 — Zegary i zegarki elektroniczne)*, WSiP, Warszawa 1987
15. Krug G.: *Zegary elektryczne*, WNT, Warszawa 1977
16. Łódzka Fabryka Zegarów: *Instrukcje obsługi elektrycznego zegara samochodowego M 520/11*, Łódź 1967
17. *Mała Encyklopedia Techniki*, PWN, Warszawa 1969
18. MERA-POLTIK: *Zegary i budziki kwarcowe. Konstrukcja, technologia napraw*, SIMP, Łódź 1986
19. METRON: *Katalog zegarów mechanicznych i elektrycznych*, Toruń 1968—70
20. Mrugalski Z.: *Mechanizmy zegarowe*, WNT, Warszawa 1972
21. Mrugalski Z.: *Zespoły funkcjonalne urządzeń zegarowych i tachometrycznych*. Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1991
22. Nieciejewski E.: *Elektrotechnika*, PWSZ, Warszawa 1971
23. Nowakowscy M. i W.: *24 proste układy elektroniczne do samodzielnego wykonania*, WKiŁ, Warszawa 1986
24. Nührmann D.: *Elektronika łatwiejsza niż przypuszczasz. Elementy*, WKiŁ, Warszawa 1979
25. Nührmann D.: *Elektronika łatwiejsza niż przypuszczasz. Układy*, WKiŁ, Warszawa 1979
26. Nührmann D.: *Elektronika łatwiejsza niż przypuszczasz. Układy scalone*, WKiŁ, Warszawa 1985
27. Podwapiński W. A.: *Zegarmistrzostwo. Cz. 1 ÷ 5*, Niepokalanów, 1948 ÷ 1952
28. Podwapiński W. A., Bartnik B. S.: *Zegarmistrzostwo, tom VII. Technologia warsztatowa*, WPLiS, Warszawa 1962
29. Podwapiński W. A., Bartnik B. S.: *Zegarmistrzostwo, tom VIII. Naprawa zegarów i zegarków mechanicznych*, WPLiS, Warszawa 1967
30. Praca zbiorowa: *Poradnik konstruktora przyrządów precyzyjnych i drobnych (pod redakcją Trylińskiego W.)*, WNT, Warszawa 1971
31. Sievert H.: *Podręcznik dla zegarmistrzów*, Bydgoszcz 1939
32. Sosiński B.: *Naprawa kalkulatorów i zegarków elektronicznych*, WNT, Warszawa 1986

33. Tryliński W.: *Zegary i zegarki mechaniczne oraz urządzenia zegarowe elektromechaniczne* (skrypt), Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1960
34. Wojciechowski J.: *Elektronika dla wszystkich*, WKiŁ, Warszawa 1969
35. Wróbel T.: *Mikromaszyny elektryczne. Poradnik*, MON, Warszawa 1969
36. Zajdler L.: *Dzieje zegara*, Wiedza Powszechna, Warszawa 1980
37. Zawielski F.: *Czas i jego pomiary. Biblioteka problemów*, PWN, Warszawa 1981
38. Ziętkiewicz Z.: *Akumulatory samochodowe i motocyklowe*, WKiŁ, Warszawa 1983
49. Glaser G.: *Handbuch der Chronometrie und Uhrentechnik. Band III. Elektrische Uhren*, Kempter Verlag, Ulm/Donau 1974
50. Glaser G.: *Quarzuhrentechnik*, Kempter Verlag, Ulm/Donau 1979
51. Glashütte: *Reparatureinleitung ELEKTRO-CHRON*, Berlin 1968
52. Goley B.: *Wie werden Quarzuhren repariert. Zusammenarbeit. Band I, II, III*, Edition Scriptor SA., Lausanne 1977—1980
53. Greiner-Electronic: *Im Dienste der Uhr*, Langenthal 1961
54. JAZ: *Collection*, Paryż 1969
55. JECO: *Tuning Fork Clock Movement*, Tokyo 1970
56. Junghans: *Reparatureinleitung*, Schramberg 1970
57. Kienzle: *Batteriewerk 606*, Schwenningen 1966
58. Krug G.: *Elektrische und elektronische Uhren*, Berlin 1984
59. Landstorfer L.: *Gebrauchsanleitung für Elektronisches Uhrentest und Reguliergerät CHRONO-TEST*, Ruhla 1969
60. Lehotzky L.: *Elektrische Uhren u. Signaleinrichtungen*, Wien 1951
61. LIP SA: *Chronometer LIP-ELECTRONIC*, France 1962
62. Patek-Philippe: *The Perpetual Time Light Clock*, Geneve 1963
63. Peter-Uhren: *Batteriewerk W71*, Rotweil 1968
64. Reno SA: *Kleinstmotor ESCAP*, La Chaux-de-Fonds 1963
65. Reno SA: *Electrotest U*, Esslingen 1969
66. RUHLA Uhrenkombinat: *Lehrbriefe*, Ruhla 1967
67. Schatz: *Electronic clock*, Triberg 1960
68. Schmidlin F.: *Elektrische u. elektronische Armbanduhren*, Scriptor SA., Lausanne 1970
69. Schmidlin F.: *Elektrische und elektronische Batterie-Grossuhren*, Scriptor SA., Lausanne 1972
70. Smiths: *SECTRONIC, Transistored Battery Clock*, London 1969
71. Telefonbau u. Normalzeit: *Batterienuhren*, Frankfurt/Main 1964

Czasopisma

39. Horyzonty Techniki (miesięcznik), Warszawa 1948—1988
40. Młody Technik (miesięcznik), Warszawa 1956—1980
41. Pomiary, Automatyka, Kontrola, nr 6/89 — artykuł Mrugalskiego Z.: Silniki skokowe stosowane w mechanizmach zegarowych
42. Złotnik—Zegarmistrz (kwartalnik), Sopot 1987—1989

w językach obcych

43. Akselrod Z. M.: *Elektromechaniceskije czasy*, Moskwa 1952
44. Berner G. A.: *Ilustriertes Fachlexikon der Uhrmacherei*, La Chaux-de-Fonds, 1961
45. Bulova: *ACCUTRON Bedienungsanleitung*, Biel 1965
46. Carle D.: *Watchmakers and Clockmakers Encyclopedie Dictionary*, London 1950
47. Ebauches SA: *Die elektronische Zeitmessung*, Neuchatel 1969
48. ELMA: *Bedienungs-Anleitung für ELMA-STAR Zeitwaagen*, Singen 1969















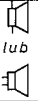








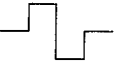
72. Thiesen F.: *Lehrgang über elektrische Uhren*, Ulm/Donau 1950
73. Trojanowskij W. W.: *Elektriczeskije czasy*, Moskwa 1956
74. Weger F.: *Grundlagen der Elektrotechnik u. Elektronik für Uhrmacher*, Stuttgart 1970
75. Witschi P.: *WICOMETRE — Bedienungsanleitung*, Büren 1970
- Czasopisma**
76. Deutscher Uhrmacher-Kalender, Stuttgart 1919—1965
77. Deutsche Uhrmacher-Zeitschrift, Stuttgart 1950—1965
78. Ebauches SA. Mitteilungen (periodyk), Neuchâtel 1962—1972
79. Der Flume-Brief (periodyk), Berlin 1952—1972
80. Horological Journal, London 1946—1972
81. Journal Suisse Horlogerie (dwumiesięcznik), Lausanne (1949—1991)
82. Der Kienzle Techniker, Schwenningen 1962—1970
83. Neues Uhrmacher-Jahrbuch, Ulm/Donau 1949—1970
84. Die Schweizer Uhr (dwutygodnik), Solura 1947—1972
85. Seiko News (periodyk zakładowy), Tokyo 1968—1971
86. The Swiss Watch (dwumiesięcznik), Solothurn 1967—1972
87. Die Uhr (dwutygodnik), Bielefeld 1967—1973
88. Der Uhrmacher (miesięcznik), Graz 1950—1960
89. Uhren-Juwelen (miesięcznik), Wien 1960—1990
90. Uhren Juwelen Schmuck (miesięcznik), Bielefeld 1974—1991
91. Uhrmacher-Jahrbuch, Ulm/Donau 1952—1969
92. Uhrmacher-Lehrling (miesięcznik), Graz 1950—1962





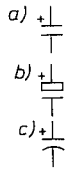
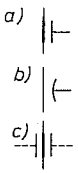




Wykaz oznaczeń i skrótów








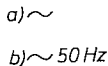




A — amper — jednostka prądu
B — indukcja magnetyczna
C — kulomb — ładunek elektryczny
D, d — średnica
E — energia, napięcie przy źródle (SEM)
F, F — farad — jednostka pojemności kondensatorowej, siła
f — częstotliwość prądu przemiennego, drgań rezonatora
G — przewodność przewodu
g — przyspieszenie ziemskie
Hz — herc — jednostka częstotliwości
h — godzina
I — prąd
i — przełożenie
J — dżul — jednostka pracy, energii
K — kelwin — jednostka temperatury
kHz — kiloherc
kW — kilowat
kWh — kilowatogodzina
kΩ — kiloom
L — praca, energia
LCD — wskaźnik cyfrowy ciekłokrystaliczny
LED — wskaźnik cyfrowy luminescencyjny
L_n — cewka napędowa
L_s — cewka sterująca
l — długość













MHz — megaherc
MPa — megapaskal
MΩ — megaom
mA — miliamper
mAh — miliamperogodzina
N — niuton — jednostka siły
P — moc
Pa — paskal — jednostka ciśnienia
pF — pikofarad
R — rezystancja
S, S — simens — jednostka przewodności, pole powierzchni
SEM — siła elektromotoryczna
SI — Międzynarodowy Układ Jednostek Miar
s — sekunda
T — okres prądu przemiennego, tranzystor
t — czas
U — napięcie
V, V — wolt — jednostka napięcia, objętość
v — prędkość
W — wat — jednostka mocy
z — liczba zębów, liczba zwojów
φ(fi) — kąt ruchu balansu
λ (lambda) — długość fali, kąt impulsu balansu
μ (mi) — mikro
μA — mikroamper
μF — mikrofarad
μm — mikrometr
μs — mikrosekunda
ρ (ro) — rezystywność
Ω (omega) — om — jednostka rezystancji
Ωm — omometr
ω (omega) — prędkość kątowna








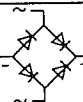





Zestawienie wybranych graficznych symboli elektrycznych


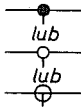



	akumulator		dioda świecąca — pod wpływem prądu
	amperomierz		dzielnik częstotliwości
	bateria do zegara		dzwonek — symbol ogólny
	bateria — położenie		fotodioda — przewodzi prąd pod wpływem światła
	bateria ogniw, np. w akumulatorze		fototranzystor <i>p-n-p</i>
	bezpiecznik topikowy		galwanometr
a) + b) -	biegunowość: a) dodatnia — plus, b) ujemna — minus		generator, prądnica
	cewka elektromagnesu		głośnik
	cewka indukcyjna		gniazdo i wtyk — złącze
	dioda — ostrze wskazuje kierunek przewodzenia		gniazdo telekomunikacyjne — symbol ogólny
	dioda lawinowa obukierunkowa		impuls prądu przemiennego
a)  b) 	a) dioda tunelowa (Esaki) b) dioda lawinowa jednokierunkowa (Zenera)		impuls prostokątny obukierunkowy







	kabel dwużyłowy
	kondensator: a) symbol ogólny, b) o oznaczonej elektrodzie zewnętrznej
	kondensator dostrojczy
	kondensator nastawny — strojeniowy
	kondensator biegunowy: a) elektrolityczny (wg IEC), b) elektrolityczny (wg PN), c) o oznaczonej elektrodzie zewnętrznej
	kondensator przepustowy: a) symbol ogólny, b) o oznaczonej elektrodzie, c) współosiowy
	łącznik: a) jednobiegunowy, b) dwubiegunowy
	magnes trwały
	masa — połączenie z korpusem
	mikrofon

	miliamperomierz
	napięcie niebezpieczne
	odgałęzienie przewodu
	odgałęzienie rozłączne
	odłącznik
	ogniwo (bateria do zegara)
	potencjometr
	prąd przemienny: a) sinusoidalny, b) z zaznaczeniem częstotliwości
	prąd stały
	prąd tętniący
	prostownik półprzewodnikowy
	przełącznik czasowy

	przełącznik czasowy, np. automat schodowy
	przewody — skrzyżowanie bez połączenia elektrycznego
	przewody — skrzyżowanie z połączeniem elektrycznym
	rezonator kwarcowy
	rezystancja
	silnik komutatorowy jednofazowy
	silnik szeregowy prądu stałego
	silnik bocznikowy prądu stałego
	silnik skokowy (krokowy)
	światłówka
	transformator — symbol ogólny
	transformator jednofazowy

	tranzystor <i>p-n-p</i> (oznaczenia literowe: <i>E</i> — emiter, <i>B</i> — baza, <i>C</i> — kolektor — nie są częścią symbolu graficznego)
	tranzystor <i>n-p-n</i> ; kolektor połączony z obudową — konieczny symbol obudowy
	tranzystor lawinowy <i>n-p-n</i>
	tranzystor <i>n-p-n</i> o poprzecznej polaryzacji podłoża
	trioda
a)  b) 	tyrystor diodowy: a) symbol ogólny, b) przewodzący wstecznie
	układ diodowy prostowniczy
	uziemienie
	warystor (zależność rezystancji od napięcia)
	watomierz
	woltomierz
	wyłącznik

	wzmacniacz
	zacisk
	zasilacz
	zegar elektryczny kontrolny
	zegar pierwotny (główny, sterujący)

	zegar wtórny
	zegar wtórny trójstronny
<p>a) </p> <p>b) </p>	zegar elektryczny: a) synchroniczny, b) sterujący
	zestyk
	żarówka

Skorowidz

A

ACCUTRON, p. zegarek kamertonowy
akumulator, budowa 16, 17
— kwasowy 16
—, ładowanie 16
— zasadowy 17
amper 27
amperomierz 27, 31
anoda 9
ATO, p. zegary systemu ATO
atom 7
— cezu 133, 258, 260
atomowy wzorzec częstotliwości, p. wzorzec częstotliwości atomowy

B

balans napędowy, p. urządzenia napędowe balansu
bateria alkaliczna 236
— braunsztynowa 228, 229
— cynkowo-węglowa 228, 236
— do zegara 228
— — sprawdzanie 231
— — wymiana 231, 236
— litowa 233, 236
— ogień 14
— pastylkowa, budowa 232
—, mierzenie napięcia 231
— rtęciowa 230, 234
— słoneczna 15, 74
— srebrowa 235
— tlenkowo-rtęciowa, p. bateria rtęciowa
— tlenkowo-srebrowa, p. bateria srebrowa
baza tranzystora 64
bezpiecznik automatyczny 43
— topikowy 43
bezwładnik 92
blok elektroniczny, naprawa 213
brzęczyk kontrolny 84

C

cewka napędowa 137

— robocza, p. cewka napędowa
— sterująca 137
cezowy wzorzec częstotliwości, p. wzorzec częstotliwości cezowy
chronograf kwarcowy, p. zegarek kwarcowy ze stoperem
chronokomparator, p. sprawdzarka chodu zegara
ciekłe kryształy 173, 185
czasomierz, p. zegar
częstotliwość prądu przemiennego 9, 70
częstościomierz elektroniczny 257

D

dekoder 180
depolarizator 13
DILECTRON — zegar firmy Diehl 148
dielektryk 8
diody 26, 62, 136
— półprzewodnikowa 42, 62
— Zenera 63
diody świecące — LED 64, 185
dławik 42
dokładność zegarów kwarcowych 73, 164
DYNOTRON — zegarek szwajcarski 148
dzielnik częstotliwości 176
—, zasada działania 177

E

ELECTROTEST U, p. miernik uniwersalny precyzyjny
elektroda 12
elektrolit 9, 12
elektroliza 12
elektromagnes 44, 106
— obojętny 45
— spolaryzowany 46
elektron 7
elektroniczne urządzenia napędowe balansu 139
— — — wahadła 137
elektronika 5, 61
elektryczne urządzenia napędowe balansu 114
— — — wahadła 106
elektryczność 71
emiter 64
energia elektryczna 34

F

farad 24
foto ogniwo, p. ogniwo fotoelektryczne
fotoelektryczne sterowanie napędu wahadła 107
fotoelektryczny naciąg, p. naciąg fotoelektryczny
foto dioda 107

G

gasik, p. urządzenie gasikowe
generator prądu 191
generator częstotliwości 166, 169

H

Heliowatta system silników 97
herc 10, 176, 266
Hippa system wahadła 110
histereza magnetyczna 54

I

impuls 69, 177
— sprawdzanie obecności 207, 208, 213
indukcja elektromagnetyczna 19
indukcyjny tłumik drgań, p. stabilizator amplitudy
balansu
izolator 8

J

JECO, p. zegarek kamertonowy JECO
jony 7
Junghans, fabryka zegarów w Niemczech 70, 137
Junghans-ATO-CHRON 147
Junghans-ATO-MAT 142

K

kaliber zegarka 192
kamerton 152
katoda 9
klejenie 219
klej przewodzący 219
kolektor 64
komutator 49
kondensator 24, 62
— dostrojczy 23, 42, 62
— gasikowy 42

— nastawny 24
— o małej upływności 191
kryształ kwarcu 167
— —, osie główne 167
kwarc 167

L

lampa elektronowa 25, 66
— oscyloskopowa 246
lutowanie 101, 202, 214
— zimne 203, 212
lutownica transformatorowa 83
— z automatyczną stabilizacją temperatury grotu 214

Ł

ładunek elektryczny 8
łańcuch bez końca 98
łączniki przewodzące 202, 203

M

magnetyzm 71
maser 259
— amoniakalny 259
materia 7
miernik elektryczny 26, 27, 29, 240
— uniwersalny 30, 196, 240
— uniwersalny precyzyjny 242
mikrowyłączniki 39
moc elektryczna 34
moduł zegarka kwarcowego 201, 203
molekularny wzorzec częstotliwości, p. wzorzec czę-
stotliwości molekularny
molekuła 7
multimetr, p. miernik uniwersalny
— multipleksowanie, p. wskaźniki cyfrowe z roz-
działem czasowym

N

naciąg zegara 72
— elektromagnetyczny 89, 93
— elektryczny 78
— silnikowy 94, 98
— —, naprawa 102, 105
nakrętka wędrująca 95, 97

napęd elektryczny balansu 114, 115
— — bezpośredni 108, 115
— — pośredni 111, 123
— — regulatora 106
— — wahadła 106, 108, 110, 113
— — ze sterowaniem bezstykowym (tranzystorowy)
137, 139
— — ze sterowaniem stykowym 106, 131
— fotoelektryczny 107
— magnetoelektryczny 119
napięcie 11, 32
odcięcia 233
— odniesienia 199
nastawienie wskazań 217, 220, 224
natężenie prądu, p. prąd
neutron 7

O

obciążnik napędowy 78, 90, 91
obwody drukowane 67
obwód elektryczny 8
odmagnesowywanie zegarka 205
ogniwo fotoelektryczne 15
— galwaniczne 12
— Leclanche'go 13
— mokre 13
— suche 13, 14
— wtórne, p. akumulator
om 27
omomierz 27, 34
opornik, p. rezystor
oporność, p. rezystywność
opór, p. rezystancja
OSCILLATOM, p. zegar atomowy
oscylator 73, 166
— atomowy 259
— kwarcowy 73, 166
oscylogram 248
oscyloskop 246

P

piezoelektryczność 164, 166, 262
pojemność baterii 14

elektryczna 24
— napędu 88
polaryzacja 13
pole magnetyczne 44
połączenie równoległe 14
— — szeregowo 14
potencjał elektryczny 8
półprzewodnik 8
prawo Ohma 12
prąd elektryczny 7, 9, 10
— — jednofazowy 10
— — jonowy 9
— — przemienny 9
— — stały 9
— — tętniący 9
— — trójfazowy 10
— — wyładowania baterii 234
prądnica 19
prądy wirowe 141
prostownik 24
— lampowy 25
— półprzewodnikowy 25, 26
— — rtęciowy 25
— selenowy 26
proton 7
próbnik 84
próg napięcia 102, 262
przeciwzapadka 108, 109, 113
przekładnik 36, 47
— bezstykowy (transformatorowy) 47
— stykowy 47
przekładnia zliczająca 78, 128, 181
przełącznik, p. wyłącznik
przetwornik ruchu 128, 148, 154
— — Clifforda 155
— — magnetyczny, p. przetwornik ruchu Clifforda
— — mechaniczny 128
— — elektroniczny 178, 180
przewodnik elektryczny 7, 8
przewodność elektryczna 12
przewód 8, 197
przyciski w zegarku, wymiana 216
pulpit pomiarowy 85, 249

R

rad 164
regulacja chodu zegara 151, 152, 162
— — zegarków kwarcowych 217, 220
regulator chodu 77
— balansowy 77
— kamertonowy 73, 77, 152
— kwarcowy, p. oscylator kwarcowy
— wiatrakowy 77
reguła Lenza 141
rezerwa napędu 88
rezonator kwarcowy 166, 168
— —, starzenie 168, 169
— —, wymiana 215
rezonatory z komórką gazową 259
— z wiązką atomową 259
rezystor 22, 41, 61
rezystancja 11, 33
rezystywność 11
rotor, p. wirnik

S

sekunda 5
SEM, p. siła elektromotoryczna
separator, p. bateria pastylkowa — budowa
sieć czasu 69, 78
silnik Ferrarisa 53, 96
silniki asynchroniczne 52, 54
— elektryczne 48
— histerezowe 54
— komutatorowe 49, 55
— reluktancyjne 55
— skokowe 56, 178
— — do zegarków kwarcowych 59, 178
— —, sprawdzanie 209, 212
— synchroniczne 54
— uniwersalne 56
siła elektromotoryczna 8
solenoid 44
spadek napięcia 11
sprawdzarka chodu zegara 82, 250
— ELMA-STAR 250
sprawdzarki do zegarków kwarcowych 252
sprężyna napędowa 69, 93, 95, 106

sprężynka impulsowa 124
— stykowa 37, 38
stabilizator amplitudy balansu 141
stojan 20, 48, 49
stół roboczy 80
styki 35
—, iskrzenie 37
—, kształty 36
— samooczyszczające 37
szczotki silnika elektrycznego 104
szereg napięciowy Volty 232
szkło w zegarku, wymiana 216

T

tłumik indukcyjny drgań 141
transformator 21
 tranzystor 64, 136
— bipolarny 64
—, typy: *p-n-p*, *n-p-n* 64
— unipolarny 65
trymer 24, 62, 172
twornik 20, 49
tyrystor 64

U

układ scalony CMOS 67, 171, 180
układ SI 8, 10
układy scalone 66, 73
— stykowe 35
urządzenia gasikowe 37, 41
— napędowe balansu 114, 119, 139
— napędowe wahadła 106, 108, 137
— zliczające 128, 148, 176
ustawianie wskazań, p. nastawianie wskazań

W

wahadło napędowe, p. urządzenia napędowe waha-
dła
— zegara 71, 72, 106
wahnik 74
warystor 149
wat 27
watomierz 27
wibrograf, p. sprawdzarka chodu
widełki stroikowe 152

wirnik 48
włącznik, p. wyłącznik
wolt 27
woltomierz 27, 32
wskazania do odczytania, wybieranie 221
— zegarków kwarcowych, nastawianie 220
wskaźnik cyfrowy, naprawa 215
wskaźniki analogowe (wskazówkowe) 184
— analogo-cyfrowe 166, 210
— cyfrowe LED i LCD 73, 173, 185, 187
— optoelektroniczne 185
— z rozdziałem czasowym 186
wychwyty 87, 106
wyłączniki elektryczne 35, 38
wzorzec częstotliwości atomowy 258
— — cezowy 5, 260
— — molekularny 258

Z

zaciśk 8
zegar atomowy 5, 75, 258
— — OSCILLATOM 261
— — prod. polskiej 261
— cezowy, p. zegar atomowy
— elektroniczny 136
— —, naprawa 150
— elektryczny 76
— —, naprawa 79, 99, 131
— główny, p. zegar pierwotny
— kwarcowy, naprawa 211
— —, sprawdzanie 208, 212, 217
— —, zasada działania 166
— molekularny 258
— niezależny 77, 106
— nuklearny 258
— pierwotny 69, 78
— Shortta 113
— statystyczny 258
— wtórny 69, 78
— zależny 77, 78
zegarki analogowe 175, 205
— ANA-DIGI 166, 176, 210
— kamertonowe 152
— — ACCUTRON 79, 156
— — JECO 159
— —, naprawa 161
— — SLAVA 159
— kwarcowe 164
— — CASIO 176, 188
— — ELEKTRONIKA 173, 223
— —, naprawa 195
— — nie wymagające baterii zasilającej 190, 192
— —, regulacja chodu 217
— — SEIKO 165, 188, 190, 194
— — specjalne 192
— —, uszkodzenia 197, 204
— — ze stoperem 174, 192
— — z Hongkongu 75, 225
— — z kalendarzem 176
— — z kalkulatorem 175
— — z kompensacją termiczną 189
— — z wiecznym kalendarzem 195
zegary bateryjne 69
— — UMB-2 142
— elektroniczne 76, 136
— elektryczne 76
— kwarcowe MERA-POLTIK 183, 211
— specjalne 78, 192
— synchroniczne 70, 78
— systemu ATO 137, 139
— wtórne 69, 78
— z elektrycznym napędem regulatora 69, 78
— z impulsem bezpośrednim 108, 115
— z impulsem pośrednim 111, 123
— z naciąganiem elektrycznym 87, 89
— —, naprawa 99
— ze sterowaniem bezstykowym (tranzystorowym),
naprawa 150
— ze sterowaniem stykowym, naprawa 99, 131
zwarcie 36
zwora nurnikowa 46
— obrotowa 46
— wahliwa 45, 92

Ź

źródła energii elektrycznej 8, 12
— prądu przemiennego 18
— prądu stałego 12

Spis tablic

Tabl. 1.1. Wartości rezystywności różnych metali	11
Tabl. 1.2. Oznaczenia barwne rezystancji znamionowych i ich odchyłek	23
Tabl. 1.3. Nazwy podstawowych wielkości, jednostek i przyrządów pomiarowych	27
Tabl. 1.4. Symbole na tarczach mierników elektrycznych	27
Tabl. 7.1. Wartości potęg liczby 2	178
Tabl. 7.2. Wykrywanie wad i uszkodzeń oraz metody ich usuwania w zegarkach kwarcowych LCD	204
Tabl. 7.3. Wartości maksymalne prądu pobieranego przez zegarki kwarcowe o wskazaniach analogowych	206
Tabl. 7.4. Objasnienia skrótów i napisów na tarczach zegarków kwarcowych	222
Tabl. 8.1. Wymiary baterii do zegarów	229
Tabl. 8.2. Baterie srebrowe	235
Tabl. 8.3. Zestawienie baterii różnych firm dla różnych rodzajów zegarków	237
Tabl. 8.4. Porównanie oznaczeń baterii i ich parametrów	238
Tabl. 9.1. Zestawienie sposobów łączenia pokręteł i klawiszy miernika ELECTROTEST U	244

Spis treści

Słowo wstępne	5
1. Zasadnicze wiadomości z elektrotechniki i elektroniki	7
1.1. Pojęcia podstawowe	7
1.1.1. Prąd elektryczny i jego rodzaje	7
1.1.2. Prąd, napięcie, rezystancja	10
1.1.3. Prawo Ohma	12
1.2. Źródła energii elektrycznej	12
1.2.1. Źródła prądu stałego	12
1.2.1.1. Ogniwa galwaniczne	12
1.2.1.2. Ogniwa fotoelektryczne	15
1.2.1.3. Akumulatory	16
1.2.2. Źródła prądu przemiennego	18
1.3. Elementy urządzeń przetwarzających energię elektryczną	21
1.3.1. Transformatory	21
1.3.2. Rezystory	22
1.3.3. Kondensatory	23
1.3.4. Prostowniki	24
1.4. Pomiary wielkości elektrycznych	26
1.4.1. Mierzenie i mierniki elektryczne	26
1.4.2. Pomiary prądu i napięcia	31
1.4.3. Pomiary rezystancji (oporu czynnego)	33
1.4.4. Pomiary mocy i energii elektrycznej	34
1.5. Urządzenia włączające	35
1.5.1. Wiadomości wprowadzające	35
1.5.2. Układy stykowe	35
1.5.3. Wyłączniki	38
1.5.4. Mikrowyłączniki	39
1.6. Urządzenia gasikowe i bezpieczniki	41
1.6.1. Urządzenia gasikowe	41
1.6.2. Bezpieczniki	42
1.7. Elektromagnesy i przekaźniki	44
1.7.1. Pole magnetyczne	44
1.7.2. Elektromagnesy obojętne	45
1.7.3. Elektromagnesy spolaryzowane	46
1.7.4. Przekaźniki	47
1.8. Silniki elektryczne	48
1.8.1. Wiadomości podstawowe o maszynach elektrycznych	48

1.8.2. Silniki prądu stałego	49
1.8.3. Silniki prądu przemiennego	52
1.8.4. Silniki skokowe	56
1.9. Elementy i układy elektroniczne	61
1.9.1. Wiadomości wprowadzające	61
1.9.2. Rezystory i kondensatory	61
1.9.3. Diody	62
1.9.4. Tranzystory	64
1.9.5. Układy scalone	66
1.9.6. Obwody drukowane	67
2. Wiadomości wprowadzające	68
2.1. Zegary mechaniczne a elektryczne	68
2.2. Krótka historia zegarów elektrycznych i elektronicznych	71
2.3. Klasyfikacja zegarów elektrycznych i elektronicznych	76
2.4. Ogólne zasady naprawy zegarów elektrycznych	79
2.4.1. Obawy i opinie zegarmistrzów	79
2.4.2. Stanowisko pracy	80
2.4.3. Narzędzia i przybory	82
2.4.4. Bezpieczeństwo i higiena pracy	85
3. Zegary z naciągiem elektrycznym	87
3.1. Wiadomości wprowadzające	87
3.2. Naciągi elektromagnetyczne	89
3.3. Naciągi silnikowe	94
3.4. Naprawa zegarów z naciągiem elektrycznym	99
3.4.1. Naprawa naciągu elektromagnetycznego	99
3.4.2. Naprawa naciągu silnikowego zasilanego z baterii	102
3.4.3. Naprawa naciągu silnikowego zasilanego z sieci	103
4. Elektryczne zegary wahadłowe i balansowe — ze sterowaniem stykowym	106
4.1. Wiadomości wprowadzające	106
4.2. Urządzenia napędowe wahadła	106
4.2.1. Uwagi ogólne	106
4.2.2. Urządzenia napędowe wahadła z impulsem bezpośrednim	108
4.2.2.1. Urządzenia napędowe wahadła udzielające impulsu co każde lub co drugie wahnięcie	108
4.2.2.2. Urządzenia napędowe wahadła udzielające impulsu po zmniejszeniu się amplitu- dy poniżej pewnej wartości	110
4.2.3. Urządzenia napędowe wahadła z impulsem pośrednim	111
4.2.3.1. Urządzenia napędowe wahadła udzielające impulsu co każde lub co drugie wahnięcie	111
4.2.3.2. Urządzenia napędowe wahadła udzielające impulsu co pewną stałą liczbę wahnięć	113
4.3. Urządzenia napędowe balansu	114
4.3.1. Uwagi ogólne	114

4.3.2. Urządzenia napędowe balansu z impulsem bezpośrednim	115
4.3.2.1. Urządzenia napędowe elektromagnetyczne	115
4.3.2.2. Urządzenia napędowe magnetoelektryczne	119
4.3.3. Urządzenia napędowe balansu z impulsem pośrednim	123
4.4. Urządzenia zliczające i przetworniki ruchu	128
4.5. Naprawa zegarów i zegarków elektrycznych — ze sterowaniem stykowym	131
5. Elektroniczne zegary wahadłowe i balansowe	136
5.1. Wiadomości wprowadzające	136
5.2. Elektroniczne urządzenia napędowe wahadła	137
5.3. Elektroniczne urządzenia napędowe balansu	139
5.4. Urządzenia zliczające i przetworniki ruchu	148
5.5. Naprawa elektronicznych zegarów wahadłowych i balansowych	150
6. Zegary i zegarki kamertonowe	152
6.1. Kamerton i jego właściwości	152
6.2. Urządzenia napędowe i zliczanie drgań kamertonu	153
6.3. Zastosowanie kamertonu w zegarkach	156
6.4. Naprawa zegarków kamertonowych	161
7. Zegary i zegarki kwarcowe	164
7.1. Wiadomości wprowadzające	164
7.2. Oscylatory kwarcowe	166
7.3. Budowa zegarów i zegarków kwarcowych	169
7.4. Urządzenia zliczające	176
7.4.1. Dzielniki częstotliwości	176
7.4.2. Przetworniki elektromechaniczne i elektroniczne	178
7.4.3. Przekładnie zębate zliczające	181
7.5. Urządzenia wskazujące	184
7.5.1. Wskaźniki analogowe (mechaniczne)	184
7.5.2. Wskaźniki cyfrowe (optoelektroniczne)	185
7.6. Niektóre nowsze rozwiązania zegarków kwarcowych	188
7.7. Naprawa zegarków kwarcowych	195
7.7.1. Stanowisko pracy i narzędzia	195
7.7.2. Ustalanie uszkodzeń zegarków i zegarów kwarcowych	197
7.7.2.1. Zegarki o wskazaniach cyfrowych	197
7.7.2.2. Zegarki o wskazaniach analogowych	205
7.7.2.3. Zegarki o wskazaniach analogowo-cyfrowych	210
7.7.2.4. Zegary domowe	211
7.7.3. Naprawa i wymiana uszkodzonych elementów i zespołów	213
7.7.3.1. Naprawa bloku elektronicznego	213
7.7.3.2. Wymiana rezonatora kwarcowego	215
7.7.3.3. Naprawa wskaźnika cyfrowego	215
7.7.3.4. Wymiana szkła	216
7.7.3.5. Wymiana przycisków	216

7.7.3.6. Naprawa zespołu mechanicznego w zegarkach kwarcowych o wskazaniach analogowych	217
7.7.4. Sprawdzanie po naprawie i nastawianie wskazań	217
7.7.4.1. Regulacja chodu	217
7.7.4.2. Nastawianie wskazań	220
8. Baterie do zegarów i zegarków	228
8.1. Ogniwa i baterie do zegarów	228
8.2. Baterie pastylkowe do zegarków	232
9. Przyrządy do sprawdzania i regulacji zegarów i zegarków elektrycznych i elektronicznych	240
9.1. Mierniki uniwersalne	246
9.2. Oscyloskopy	250
9.3. Sprawdzarki chodu (chronokomparatory)	258
10. Zegary „atomowe”	258
10.1. Zasady działania	259
10.2. Maser amoniakalny	260
10.3. Cezowy zegar atomowy	262
Przypisy	263
Literatura	266
Wykaz oznaczeń i skrótów	267
Zestawienie wybranych graficznych symboli elektrycznych	271
Skorowidz	276
Spis tablic	277
Spis treści	277

Witajcie miłośnicy zegarmistrzostwa ☺,

Niniejszym prezentuję pierwszy w Polsce i na Świecie
zarchiwizowany komplet polskiej literatury zegarmistrzowskiej.

Zachowany na wieki wieków dla potomnych w postaci cyfrowej.

Mam nadzieję, że ta nietypowa publikacja przyczyni się do
podtrzymania tego fachu przed wymarciem i dzięki takim hobbystom
jak ja i Wy, upowszechni się masowo choćby dzięki usługom przez internet.

Jeżeli natraficie na rzadkie pozycje z tej dziedziny, dajcie proszę znać
i w miarę technicznych możliwości dodam ją do obecnego kompletu
12-stu tomów „Zegarmistrzostwa” Podwapińskiego, polskiego Sieverta
„Podręcznik zegarmistrza” z 1939 roku, „Nowoczesnego zegarmistrza”
Jendritzkiego, „Słów kilka...” Czapka z 1850 roku i innych.

Milej lektury ☺

Piotr Samulik

Email: samulikp@o2.pl

<http://www.watches.w.internic.pl>

