

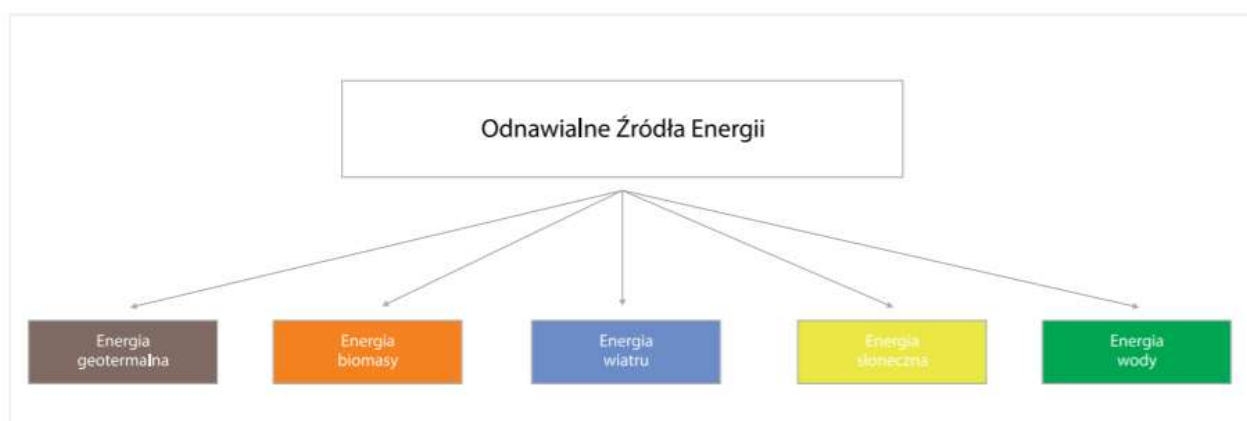
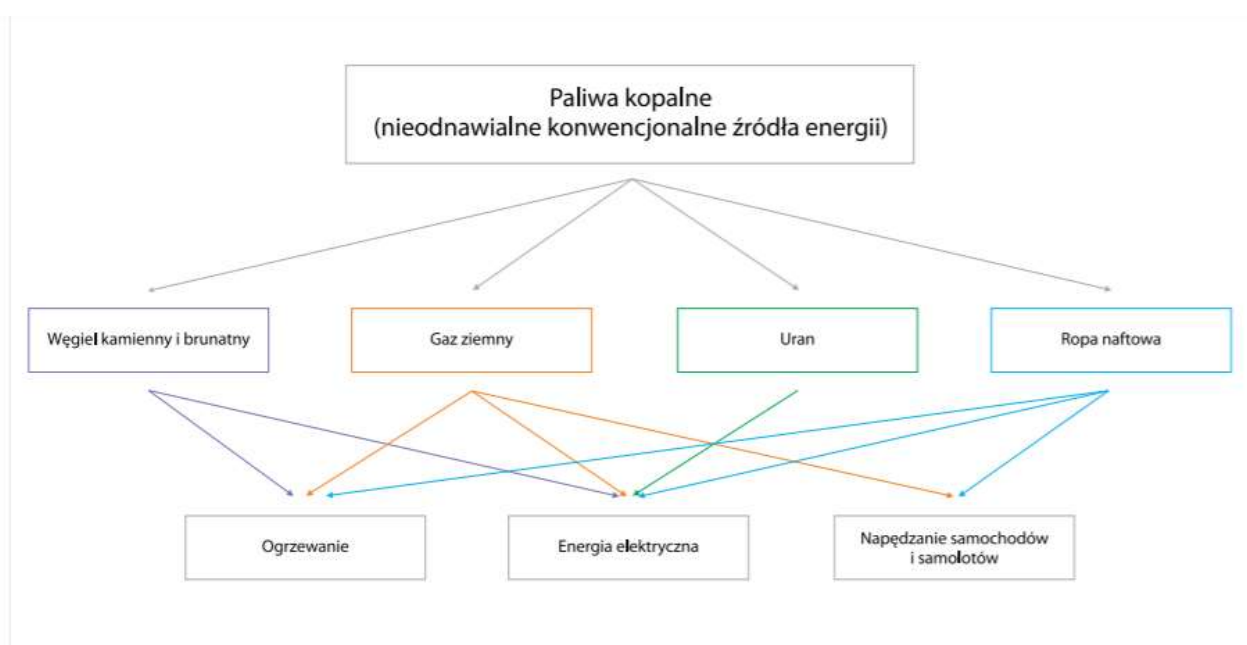
Zawód: blacharz samochodowy, elektromechanik pojazdów samochodowych.

Temat: Źródła energii elektrycznej. Właściwości i działanie źródeł energii elektrycznej w pojazdach samochodowych. Zasady gospodarowania energią. Maszyny i urządzenia elektryczne: silnik, prądnicą, alternator, akumulator. Pomiary elektryczne.

1) **Źródła energii elektrycznej. Zasady gospodarowania energią.** Proszę zapoznać się z informacjami dotyczącymi źródeł energii elektrycznej zawartymi w e-podręcznikach:

<https://epodreczniki.pl/a/zrodla-energii-w-polsce/DZ9m3Dvd0>

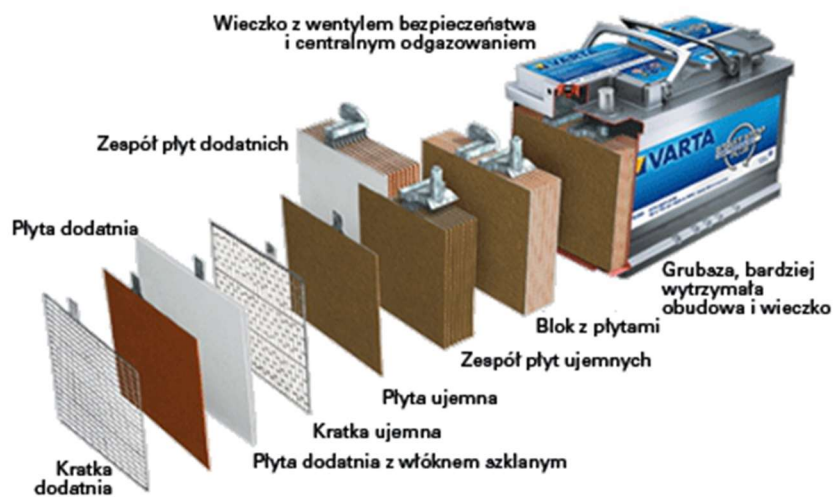
<https://epodreczniki.pl/a/odnawialne-i-nieodnawialne-zrodla-energii-i-jej-oszczedzanie/DXgclIG2B>



2) Źródła energii elektrycznej w pojazdach samochodowych.

Praktycznie każdy pojazd mechaniczny musi być wyposażony w instalację elektryczną. Każda instalacja elektryczna musi posiadać źródło prądu oraz odbiorniki. Źródłem prądu może być akumulator, prądnica lub alternator. W pojazdach najczęściej stosowane są jednocześnie dwa źródła prądu: akumulator oraz generator prądu - alternator lub prądnica. W starszych motocyklach i motorowerach można było spotkać rozwiązanie, gdzie jedynym źródłem prądu była tylko prądnica. Za sprawne zasilanie pojazdu w energię elektryczną odpowiedzialny jest układ ładowania, w skład którego wchodzi kilka elementów.

- a) **Akumulator** zasila instalację elektryczną, gdy silnik w pojeździe nie pracuje. W czasie pracy silnika akumulator jest doładowywany przez alternator, a w starszych pojazdach przez prądnicę. W akumulatorach rozróżnia się trzy podstawowe parametry: Napięcie. W motoryzacji stosowane są akumulatory o napięciu 6V lub 12V. Obecnie produkowane pojazdy osobowe, dostawcze oraz motocykle posiadają instalacje 12V.

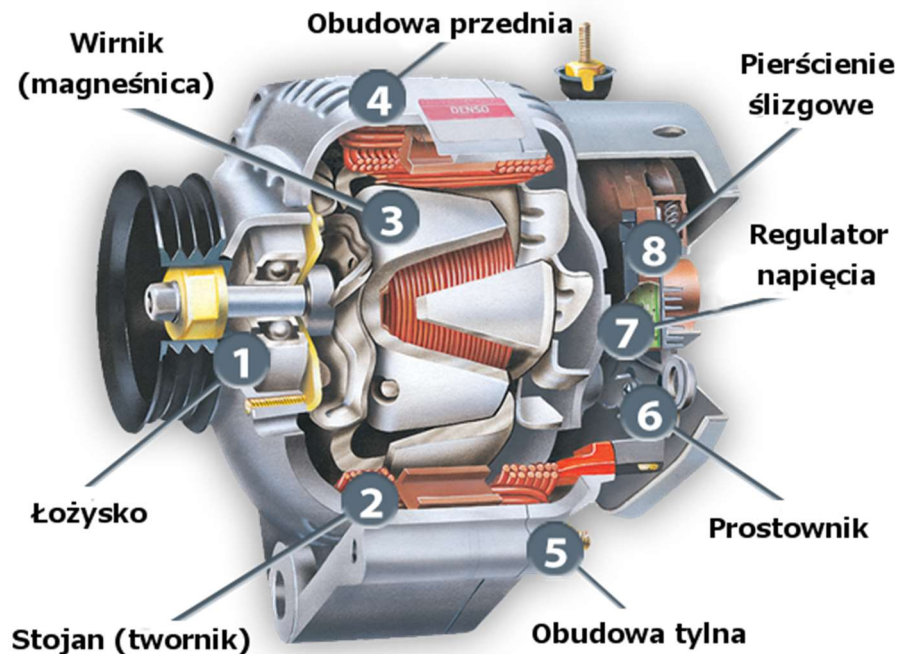


W przypadku samochodów ciężarowych, gdzie występuje instalacja 24V stosuje się 2 akumulatory 12V połączone szeregowo. Pojemność akumulatora wyrażona jest w amperogodzinach(Ah) Jest to ilość energii elektrycznej, jaką akumulator jest w stanie dostarczyć przy zachowaniu odpowiednich warunków prądowych. Pojemność akumulatora zależy od powierzchni płyt w akumulatorze. Im jest ich więcej, tym większa ich powierzchnia i pojemność akumulatora. W pojazdach w których producenci stosują dużą ilość odbiorników energii elektrycznej pojemność akumulatora musi być większa, jednak nie może być większa niż przewidział to producent. Prąd rozruchowy wyrażony jest w amperach(A). Określa prąd jaki może dostarczyć akumulator w temperaturze -18°C w ciągu 60 sekund do uzyskania napięcia 8,4V. Wysoki prąd rozruchowy przydatny jest szczególnie w okresie zimowym, gdy rozrusznik pobiera prąd o natężeniu około 200-300 amperów. Wartość prądu rozruchowego może być mierzona według norm niemieckich DIN lub amerykańskich SAE. Dobierając akumulator do samochodu należy pamiętać, aby zastosować akumulator o parametrach przez producenta. Przy zastosowaniu akumulatora o większej pojemności alternator może nie być w stanie go doładować. Eksploatacja niedoładowanego grozi utratą jego parametrów. Warto również sprawdzić ułożenie biegunów akumulatora (po której stronie jest biegun dodatni). W przypadku akumulatora z odwrotnymi biegunami może okazać się, że nie będziemy w stanie go zamontować do pojazdu, ponieważ przewody z klemami nie sięgną do odpowiednich biegunów. Należy również uważać, aby nie podłączyć akumulatora odwrotnie (plus z minusem i minus z plusem), bo może dojść do uszkodzenia któregoś z odbiorników. Przy niskich temperaturach parametry akumulatora ulegają obniżeniu. Teoretycznie w pełni sprawny akumulator w temperaturze 25°C ma 100% pojemności, w temperaturze 0°C będzie miał 80% pojemności, a przy temperaturze -25°C jego pojemność

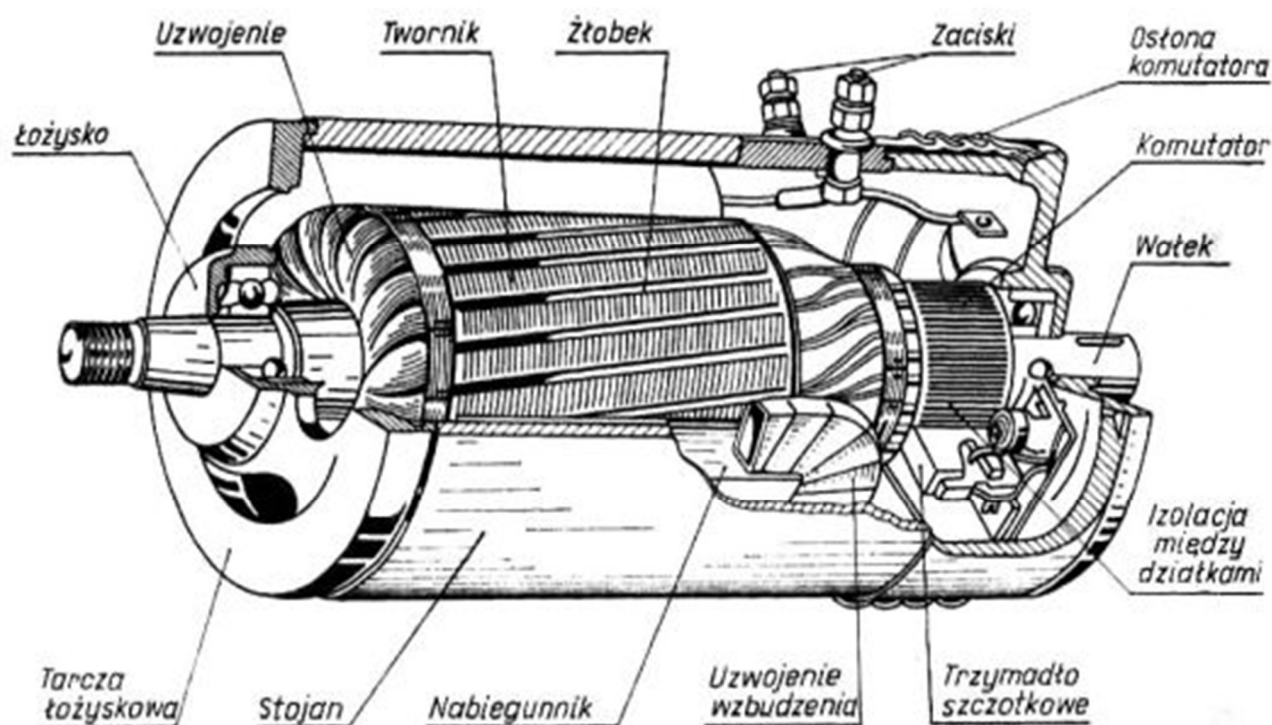
wynosić będzie tylko 60%. Przy częściowo rozładowanym akumulatorze w ujemnych temperaturach jego pojemność będzie jeszcze mniejsza. W niektórych pojazdach z systemem Automatic Stop&Start producenci stosują dwa akumulatory. Główny akumulator stosowany do uruchamiania silnika, drugi akumulator o dużo mniejszej pojemności służy do podtrzymania napięcia w modułach elektronicznych, gdy system automatycznie wyłączy silnik podczas postoju. W zależności od konstrukcji pojazdu akumulator może być usytuowany w komorze silnika, w bagażniku lub we wnętrzu pojazdu.

b) **Alternator** jego zadaniem jest zamiana energii mechanicznej silnika w prąd elektryczny zasilający instalację elektryczną pojazdu. Alternator jest prądnicą prądu przemiennego często trójfazowego. W alternatorze wytworzenie prądu odbywa się inaczej niż w przypadku prądnicy prądu stałego. W alternatorze wirujące pole wirnika oddziałuje na nieruchome uzwojenie w stojanie wytwarzając przemienny prąd elektryczny. Alternator jest wzbudzany poprzez podanie napięcia do uzwojenia w wirniku.

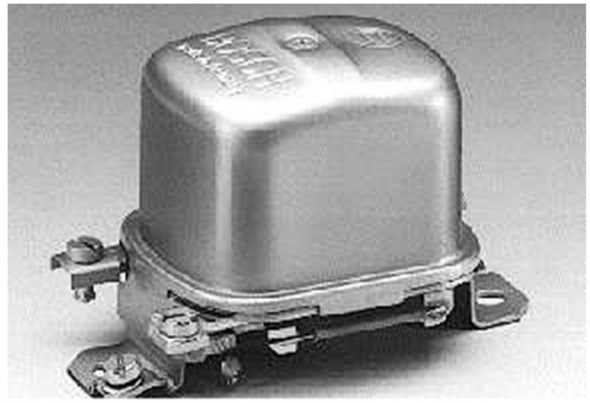
Nawinięte osiowo uzwojenie wraz z odpowiednio ukształtowanymi elementami ferromagnetycznymi wirnika podczas obrotu wirnika wytwarzają zmienne pole magnetyczne, które przenika uzwojenie w stojanie. Aby alternator mógł zasilać samochodową instalację prądu należy zmienić prąd przemienny na prąd stały - za to odpowiada prostownik z diodami krzemowymi, który montowany jest w alternatorze. Taka konstrukcja sprawia, że alternator jest bardziej wydajny i niezawodny w porównaniu do prądnicy prądu stałego. W alternatorze oprócz prostownika zamontowany jest również regulator napięcia, który utrzymuje napięcie ładowania w określonym zakresie. W 1891r. Nikola Tesla pierwszy skonstruował alternator i opatentował go w USA. Dzisiaj alternator montowany jest w każdym obecnie produkowanym pojeździe. W czasie pracy silnika gdy nastąpi awaria alternatora lub z innego powodu alternator przestanie wytwarzać prąd na desce rozdzielczej powinna zaświecić się kontrolka sygnalizująca brak ładowania .



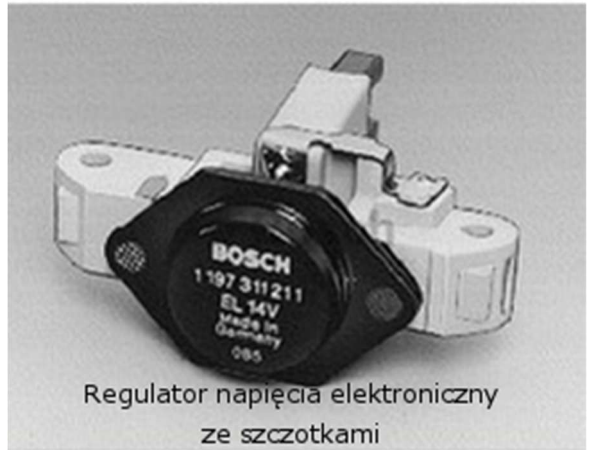
- c) **Prądnica prądu stałego** przemienia energię mechaniczną silnika w energię elektryczną. Wprawiony w ruch wirnik (twornik) obraca się w polu magnetycznym wzbudzonym przez elektromagnesy stojana. Uzwojenia twornika przecinają w tym czasie linie sił pola magnetycznego, wskutek tego indukuje się w nich siła elektromotoryczna. Wytworzone w ten sposób napięcie w wirniku poprzez komutator przekazywane jest do zewnętrznego regulatora napięcia. Prądnice spotkać można w starych pojazdach. Prądnice prądu stałego ze względu na dużą masę, dużą awaryjność i niską sprawność zostały wyparte przez dużo lżejsze, dużo wydajniejsze alternatory. W czasie pracy silnika gdy nastąpi awaria prądnicy lub z innego powodu prądnica przestanie wytwarzać prąd na desce rozdzielczej będzie "się żarzyć" lub zaświeci się kontrolka sygnalizująca brak ładowania.



d) **Regulator napięcia** - stosowany jest w układzie ładowania akumulatora pojazdów mechanicznych. Zadaniem regulatora napięcia jest utrzymanie napięcia ładowania akumulatora w odpowiednim zakresie zależnym od prędkości obrotowej generatora, obciążenia i charakterystyki prądowo napięciowej akumulatora. W motoryzacji stosowane są dwa rodzaje regulatorów napięcia: elektro-mechaniczny oraz elektroniczny. Regulacja napięcia odbywa się poprzez sterowaniem zmiany prądu wzbudzenia generatora prądu(alternatora lub prądnicy). W elektro-magnetycznych regulatorach stosowano regulacje z trzema poziomami wzbudzenia (pełna, częściowa i wyłączona). W regulatorach elektronicznych stosuje się impulsowe włączanie i wyłączanie prądu wzbudzenia. Regulatory elektro-magnetyczne zostają wypierane przez mniejszych gabarytów regulatory elektroniczne, które także są mniej awaryjne. W obecnych alternatorach regulatory napięcia tworzą integralną część z elementami trzymającymi szczotki tworząc część alternatora.



Regulator napięcia elektro-magnetyczny



Regulator napięcia elektroniczny ze szczotkami

3) **Maszyny elektryczne** są to urządzenia przeznaczone do przetwarzania energii elektrycznej na mechaniczną (**silnik**), mechanicznej na elektryczną (**prądnica**), elektrycznej na elektryczną (**transformator**).

Działanie maszyn elektrycznych opiera się na zjawiskach związanych z polem magnetycznym, takim jak:

- zjawisku indukcji elektromagnetycznej,
- dynamicznym oddziaływaniu pola magnetycznego na przewodnik z prądem,
- prawie przepływu.

4) **Budowa ogólna maszyn elektrycznych.** Podstawowymi częściami każdej maszyny elektrycznej (oprócz transformatora) wirującej są ruchomy wirnik (rotor) i nieruchomy (stator).

W maszynie elektrycznej można wyróżnić dwa obwody elektryczne:

- obwód uzwojenia stojana,
- obwód uzwojenia wirnika – wykonane z izolowanego drutu miedzianego lub aluminiowego.

5) **Silnik** – typ maszyny zamieniającej energię na pracę.

Energia zasilająca silnik może mieć formę:

- energii chemicznej (np. silnik dla nanorurki)
- energii cieplnej (np. silnik parowy, silnik Diesla, turbina parowa, gazowa i silnik Stirlinga)
- energii elektrycznej (np. silnik elektryczny)
- energii kinetycznej (np. turbina wiatrowa, turbina wodna)
- energii potencjalnej (np. turbina wodna).

W zdecydowanej większości urządzeń energia mechaniczna wytwarzana przez silnik odbierana jest od obracającego się wału silnika i jest wykorzystywana w postaci pracy mechanicznej lub zamieniana na energię elektryczną. W silnikach takich jak np. silnik raketowy lub silnik liniowy efektem działania silnika jest energia ruchu postępowego.

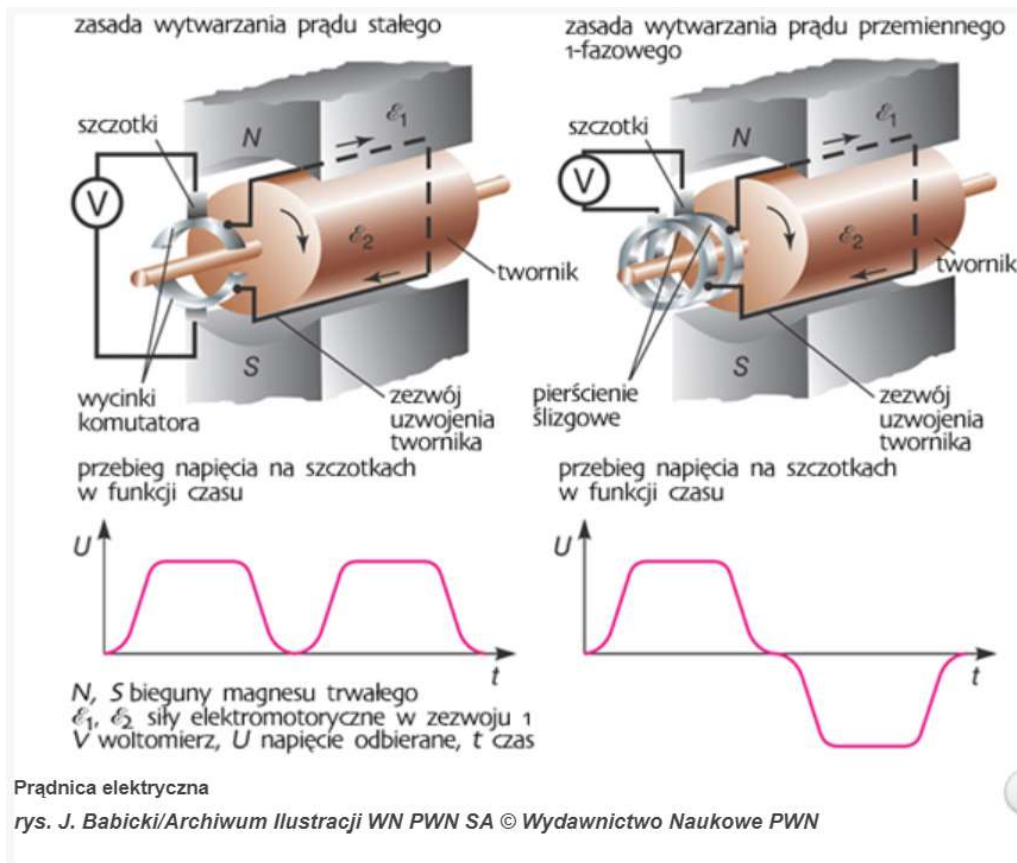
Najważniejsze atrybuty silnika:

- moc – zdolność do wykonania pracy w jednostce czasu
- sprawność – stosunek wytworzonej energii użytecznej do energii pobranej przez silnik
- moment obrotowy – dla wszystkich silników z ruchem obrotowym
- siła ciągu – szczególnie dla silników lotniczych
- impuls właściwy – dla silników raketowych












Silniki elektryczne

6) **Prądnica** - prądnica elektryczna, generator elektryczny, rodzaj maszyny elektrycznej przetwarzającej energię mechaniczną ruchu obrotowego w energię elektryczną za pośrednictwem pola magnetycznego; główne części prądnicy elektrycznej to: stojan (stator — część nieruchoma) oraz wirnik (rotor — część wirująca umieszczona wewnątrz stojana). Jeżeli stojan zawiera obwód wzbudzenia (magnes trwały lub uzwojenie zasilane prądem stałym) wytwarzające stały strumień magnetyczny Φ , a w wirniku znajduje się uzwojenie twornika o liczbie zwojów z , to przy obracaniu wirnika z prędkością kątową ω w uzwojeniu tym powstanie zmienna siła elektromotoryczna (SEM) o wartości maksymalnej $\varepsilon = \omega\Phi z$. Zmienna SEM jest doprowadzana do zacisków wyjściowych przez komutator (w prądnicach elektrycznych prądu stałego) lub przez pierścienie ślizgowe (w prądnicach elektrycznych prądu przemiennego). Energię mechaniczną doprowadza do prądnicy silnik (np. spalinowy, elektryczny, wodny) lub turbina (parowa, gazowa, wodna, wiatrowa), obracające wał, na którym jest umieszczony wirnik. Jeżeli uzwojenie wzbudzenia prądnicy prądu stałego jest zasilane z obcego źródła prądu, to prądnica nazywa się prądnicą elektryczną obcowzbudną, a jeżeli zasilane jest SEM indukowaną w obwodzie jej twornika — prądnicą elektryczną samowzbudną. Zależnie od sposobu przyłączenia uzwojenia wzbudzenia do obwodu twornika rozróżnia się prądnice elektryczne: bocznikowe, szeregowo-bocznikowe i szeregowo. Zastosowanie prądnicy elektrycznej prądu stałego zmniejsza się ze względu na łatwość realizacji lokalnych źródeł napięcia stałego za pośrednictwem prostowników półprzewodnikowych zasilanych z sieci prądu przemiennego. Prądnice elektryczne prądu przemiennego są wykonywane najczęściej jako prądnice elektryczne synchroniczne (o mocy do 1300 MW) i używane w elektrowniach. Wśród prądnic synchronicznych rozróżnia się turbogeneratory (prądnice elektryczne szybkoobrotowe, 3000 obrotów/min, napędzane turbinami parowymi), hydrogeneratory (prądnice elektryczne wolnoobrotowe, 75–500 obrotów/min, napędzane turbinami wodnymi) oraz inne prądnice wolnoobrotowe napędzane silnikami spalinowymi lub parowymi tłokowymi. Pierwszy model prądnicy elektrycznej zbudował 1831 M. Faraday (tzw. tarcza Faradaya), prototyp prądnicy użytkowej 1866 — E.W. Siemens, a prądnicę synchroniczną wynalazł w końcu lat 70. XIX w. P.N. Jabłoczkow.



7) Symbole graficzne maszyn elektrycznych:

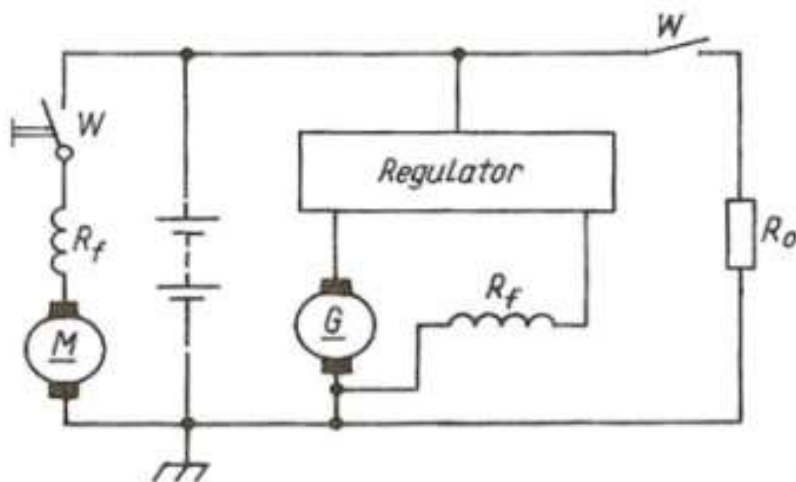
| SYMBOL | NAZWA |
|--------|--|
| | maszyna elektryczna |
| | prądnicą |
| | prądnicą prądu stałego |
| | prądnicą prądu zmiennego synchroniczna |

| | |
|---|--|
|  | prądnica prądu zmiennego asynchroniczna |
|  | silnik elektryczny |
|  | silnik prądu stałego |
|  | silnik prądu zmiennego komutatorowy |
|  | silnik prądu zmiennego synchronicznego |
|  | silnik indukcyjny |
|  | maszyna elektryczna pracująca jako prądnica i jako silnik |
|  | prądnica jednotwornikowa przetwarzająca prąd zmienny na prąd stały |
|  | zespół maszynowy |

Symbole graficzne wg PN-EN 60617 stosowane w schematach elektrycznych:

<http://zpo.opole.pl/zpo/elearning/technik%20pojazdow%20samochodowych/3%20C/Zalacznik%20do%20zad%201%20symbole%20graficzne%20Gonschior.pdf>

- 8) Obecnie podstawowym typem instalacji elektrycznej samochodu są instalacje elektryczne jedнопrzewodowe, zwane również dwuprzewodowymi niez izolowanymi od masy. W instalacjach tych biegun dodatni akumulatora połączony jest z odbiornikami, a ujemny z tzw. masą pojazdu, czyli ze wszystkimi elementami metalowymi nadwozia i podwozia pojazdu. Masę pojazdu stanowi także silnik. Dzięki takiemu rozwiązaniu do zasilania każdego odbiornika wystarczy jeden przewód – zamknięcie obwodu uzyskuje się przez połączenie jednego z zacisków odbiornika również z masą. Korzyść jest oczywista – w ten sposób o połowę ograniczono liczbę przewodów w instalacji.



Uproszczony schemat instalacji elektrycznej jedнопrzewodowej

- 9) **Metrologia** (metron – miara, logos – słowo, nauka) jest działem nauki zajmującym się teoretycznymi podstawami pomiarów i ilościową oceną zjawisk fizycznych. W wymiarze technicznym metrologia opisuje metody i urządzenia pomiarowe w zakresie ich właściwego przygotowania, wykonywania pomiarów i zasadami interpretacji uzyskanych wyników.
- 10) **Miernictwo elektryczne** jest działem metrologii obejmującej zarówno pomiary wielkości elektrycznych (bezpośrednio: napięcie, prąd, rezystancję), jak i wielkości nieelektrycznych metodami elektrycznymi (np. temperaturę, liczbę obrotów, i innych za pośrednictwem odpowiednich przetworników).
- 11) **Pomiary wielkości elektrycznych:** napięcia, natężenia prądu, mocy i pracy prądu itd. wykonuje się urządzeniami, w których wykorzystuje się zjawiska towarzyszące przepływowi prądu elektrycznego: cieplne, chemiczne i magnetyczne. Z praktycznego punktu widzenia największe znaczenie dla pomiarów elektrycznych mają zjawiska magnetyczne i związane z tym siły działające w polu magnetycznym prądu. Wykonanie pomiaru powinno być poprzedzone wyborem właściwej metody pomiarowej i układu pomiarowego, dobraniem odpowiednich przyrządów pomiarowych oraz zastosowaniem niezbędnych środków zapewniających bezpieczne wykonanie pomiarów.
- 12) **Narzędzia pomiarowe.** Proces pomiarowy polegający na bezpośrednim porównywaniu wielkości mierzonych z umownie przyjętą jednostką jest realizowany przy wykorzystaniu zespołu nowoczesnych środków technicznych, nazywanych narzędziami pomiarowymi, przeznaczonymi do wykonywania pomiarów. Do narzędzi pomiarowych zalicza się: wzorce, przyrządy pomiarowe, przetworniki pomiarowe. Wzorce, są to urządzenia pomiarowe służące do odtwarzania jednostki miary wielkości lub odtwarzające, praktycznie niezmiennie i z określoną dokładnością, jedną lub kilka wartości danej wielkości. Wzorce najczęściej używane w metrologii elektrycznej: źródła prądu stałego, źródła wzorcowych napięć stałych, rezystancji, pojemności, indukcyjności własnej i wzajemnej, źródła częstotliwości wzorcowych.
- 13) Według spełnianych funkcji przyrządy pomiarowe i przetworniki dzielą się na:
- Mierniki – to przyrządy pomiarowe wyskalowane w jednostkach miary wielkości mierzonej. Nazwy ich pochodzą od jednostek miar, w których są wyskalowane lub od nazw mierzonych wielkości. Mierniki klasyfikuje się również:
 - ze względu na sposób ekspozycji wskazań oraz
 - w zależności od nazw wielkości mierzonej (lub ich jednostek);

Rejestratory – to przyrządy pomiarowe umożliwiające zapis wartości wielkości mierzonej w funkcji wielkości. Przyrządy rejestrujące wykonuje się jako elektromechaniczne, elektrooptyczne, elektroniczno – optyczne;

Charakterografy – to przyrządy pomiarowe umożliwiające obserwację, pomiar lub rejestrację charakterystyk elementów biernych i czynnych oraz układów elektrycznych;

Detektory zera – służą do stwierdzenia istnienia lub zaniku wielkości (np. strumienia magnetycznego);

Przetworniki pomiarowe – klasyfikuje się według funkcjonalnej zasady podziału na: przetworniki zmiany skali i przetworniki charakteru sygnału pomiarowego.

Mierniki klasyfikuje się również:

- ze względu na sposób ekspozycji wskazań oraz
- w zależności od nazw wielkości mierzonej (lub ich jednostek).

14) Podział mierników ze względu na sposób ekspozycji wskazań

Nazwa miernika pomiarowego pochodzi od wielkości mierzonej (np. częstotliwościomierz), od zasady działania (kompensator, komparator), od jednostki miary (amperomierz, woltomierz).

Ze względu na sposób ekspozycji wskazań mierniki dzieli się na:

- **analogowe** – wskazówkowe urządzenia elektromechaniczne, w których sygnał wejściowy jest odwzorowany na odczyt ciągły, mogący przyjmować w teorii nieskończenie wiele wartości), oraz
- **cyfrowe** – działające na zasadzie przetwarzania ciągłego sygnału wejściowego na wartość liczbową wielkości mierzonej, zapisaną w odpowiednim kodzie na wyświetlaczu cyfrowym.

15) Metoda pomiarowa jest zespołem czynności wykonywanych w czasie pomiaru celem określenia wartości wielkości mierzonej. Stosuje się różne metody pomiarowe w zależności od rodzaju wielkości mierzonej, wymaganej dokładności, sposobu opracowania wyników i warunków pomiaru. Praktycznie tę samą wielkość (na przykład rezystancję) można mierzyć różnymi metodami.

Metody pomiarowe można podzielić z uwagi na sposób:

- przetwarzania sygnału pomiarowego,
- uzyskiwania wyniku pomiaru,
- porównywania wielkości mierzonych z wzorcami.

Wyróżnia się następujące metody pomiarowe:

- **Metoda pomiarowa bezpośrednia**, wartość wielkości mierzonej otrzymuje się bezpośrednio, bez potrzeby dodatkowych obliczeń, np. pomiar napięcia – woltomierzem, pomiar natężenia prądu – amperomierzem;
- **Metoda pomiarowa pośrednia** – mierzy się bezpośrednio nie wielkość badaną Y , lecz wielkości A, B, C , związane z wielkością Y zależnością funkcyjną $Y = f(A, B, C)$, ustaloną teoretycznie lub doświadczalnie. Przykładem jest pomiar mocy P lub pomiar rezystancji R za pomocą woltomierza (napięcie U) i amperomierza (prąd I), a następnie obliczenie mocy $P = U \cdot I$ lub rezystancji $R = U / I$;
- **Metoda różnicowa** – polega na pomiarze różnicy między wartością wielkości mierzonej a mało różniącą się od niej znaną wartością tej samej wielkości, np. pomiar siły elektromotorycznej (sem) E_x badanego ogniwa polega na porównaniu z siłą elektromotoryczną E_w ogniwa wzorcowego i pomiarze różnicy sem ΔE . Pomiar badanej wielkości metodą różnicową jest tym dokładniejszy, im mniejsza jest różnica między wartością wielkości mierzonej a wzorcem. Na przykład, jeżeli różnica sem ΔE wynosi 10% E_w i jest zmierzona z niepewnością $\pm 0,3\%$, to niepewność pomiaru badanej sem E_x wynosi ok. $\pm 0,03\%$, ponieważ $E_x = E_w + \Delta E$.

16) Proszę obejrzeć film pt. „Pomiary podstawowych wielkości elektrycznych”

https://www.youtube.com/watch?v=b1P1_6CZMol

17) Do pomiaru natężenia prądu stosujemy przyrząd zwany amperomierzem, do pomiaru napięcia (czyli różnicy potencjałów między dwoma punktami przewodnika) służy woltomierz. Te dwa przyrządy są najbardziej popularne i najczęściej używane w praktyce. Istnieją jeszcze inne przyrządy, jak np. omomierz, który służy do pomiaru oporu elektrycznego przewodnika. W celu zmierzenia różnych wielkości elektrycznych w praktyce, często musimy budować odpowiednie obwody elektryczne.

Ocena niepewności pomiarowych napięcia i natężenia prądu

W przypadku mierników analogowych przyjmuje się, że niepewność pomiaru to połowa wartości najmniejszej działki przyrządu pomiarowego powiększona o wartość wynikającą z tzw. klasy przyrządu pomiarowego.

Dysponujemy woltomierzem o zakresie 0 - 6 V.

W elektrycznych przyrządach pomiarowych klasę podaje się zwykle jako liczbę umieszczoną pod skalą (lub obok niej), np. „1”, „2,5”.

Nasz przykładowy woltomierz jest klasy „1,5” - dokładniej: 1,5%.

Oznacza to, że **niepewność związana z klasą**, równa iloczynowi klasy i zakresu, wynosi: $1,5\% \cdot 6 \text{ V} = 0,09 \text{ V}$.

Wartość ta nie zależy od tego, w jakim miejscu skali następuje odczyt.

Pozostałe symbole określają inne istotne cechy miernika.

Na przykład: ten woltomierz jest przeznaczony do pomiaru napięć stałych; informuje nas o tym pozioma kreska.

Najmniejsza działka na mierniku to 0,1 V.

Oznacza to, że **niepewność związana z podziałką** wynosi 0,05 V.

Wartość ta także nie zależy od tego, w jakim miejscu skali następuje odczyt.

Łącznie, niepewność pomiarowa ΔU odczytu napięcia o dowolnej wartości w zakresie od zera do 6 V wynosi 0,14 V.

Rysunek 1. Odczyt z woltomierza. Analogowy woltomierz o zakresie do 6 V, b) w dolnej części miernika pokazana jest klasa „1,5” miernika oraz inne istotne jego cechy, c) odczyt z woltomierza $U=4,5\text{V}\pm 0,14\text{V}$

W przypadku mierników cyfrowych konieczne jest zapoznanie się z instrukcją załączoną do miernika. Wynika to przede wszystkim z faktu, że mierniki takie mają na ogół wiele zakresów, a klasa miernika może zależeć od używanego zakresu. Inna (niż przy miernikach analogowych) jest też na ogół interpretacja klasy miernika: określa ona względną niepewność odczytu. Podobnie jak w przypadku mierników analogowych, oprócz klasy miernika należy uwzględnić niepewność związaną ze skalą, czyli z ostatnią wyświetlaną cyfrą znaczącą.



Rysunek 2. Uniwersalny miernik cyfrowy jako woltomierz

W poniższej tabeli pokazano, że zakresy miernika dobrane są w tzw. dekady. Dla każdej dekady podana jest rozdzielczość odczytu – jest to odpowiednik najmniejszej podziałki na skali miernika analogowego. W zakresie 20 V wskazania są podane do setnych części wolta.

Pomiar napięcia stałego

| Zakres | Rozdzielczość | Dokładność |
|------------|---------------|-------------------|
| 200mV | 0,1mV | $\pm(0,8\% + 5c)$ |
| 2V | 0,001V | |
| 20V | 0,01V | |
| 200V | 0,1V | |
| 600V | 1V | $\pm(1,0\% + 5c)$ |

Fragment instrukcji obsługi

18) Proszę zapoznać się z przyrządami pomiarowymi do pomiarów wielkości elektrycznych zamieszczonymi na wskazanych poniżej stronach internetowych oraz filmem pt. ” Przyrządy do pomiarów elektrycznych Testo”

https://static-int.testo.com/media/4d/c2/db05d53fe12b/pl_brochure-Electricals-2020.pdf

<https://botland.com.pl/pl/228-urzadzenia-pomiarowe>

https://www.youtube.com/watch?v=N7hZxb04swM&feature=emb_logo