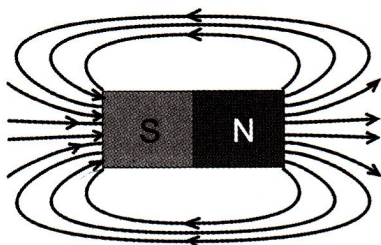


Magnesy trwałe

Swobodnie zamontowany, np. w kompasie, magnes trwały ustawia się wzdłuż linii sił ziemskiego pola magnetycznego. Jeden jego biegun wskaże biegun północny Ziemi, drugi zaś biegun południowy (rys. 4.54). Wskazujący na północ biegun magnesu nazywamy biegunem północnym, a wskazujący na południe – południowym.



Rys. 4.54

Pole magnetyczne magnesu trwałego

Od bieguna północnego do południowego wokół magnesu przebiegają tzw. linie sił, które tworzą pole magnetyczne.

Każdy magnes można sobie wyobrazić jako dużą liczbę tzw. magnesów elementarnych. W normalnych warunkach w częściach metalowych magnesy elementarne są całkowicie nieuporządkowane, dlatego ich oddziaływanie na zewnątrz się znosi.

Po namagnesowaniu znajdujące się w tych częściach magnesy elementarne ulegają uporządkowaniu. Materiały, które łatwo się rozmagnesowują nazywa się materiałami magnetycznie miękkimi. Przykładem jest zespół blach w rdzeniu cewki.

Przed namagnesowaniem

- ☐ nieuporządkowane magnesy elementarne.

Po namagnesowaniu

- ☐ uporządkowane magnesy elementarne.

Każdy magnes ma dwa bieguny: biegun północny (N) i biegun południowy (S).



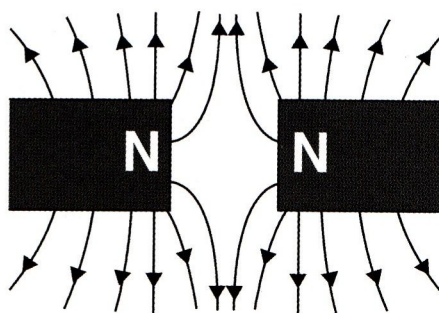
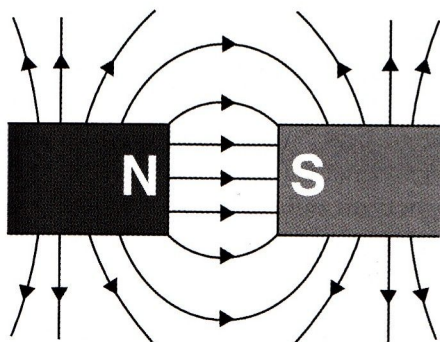
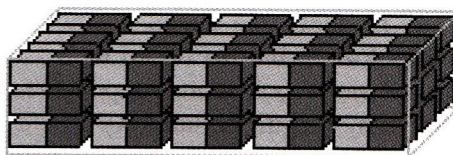
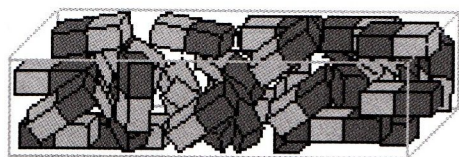
Bieguny jednoimienne się odpychają, a bieguny przeciwne się przyciągają.

Pole magnetyczne przenika przez materiały, takie jak drewno, papier, szkło czy tworzywa sztuczne.

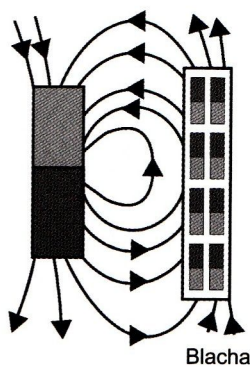
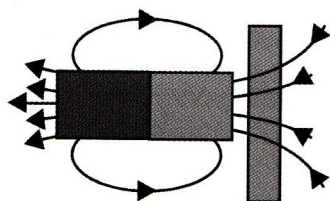
Za osłoną z blachy pole magnetyczne jest bardzo słabe. To znaczy, że metalowa obudowa ekranuje pole magnetyczne (rys. 4.55).

Ziemia jako magnes

Nasza Ziemia jest ogromnym magnesem. Swobodnie osadzona strzałka magnetyczna, np. w kompasie, ustawia się zgodnie z przebiegiem linii pola magnetycznego.

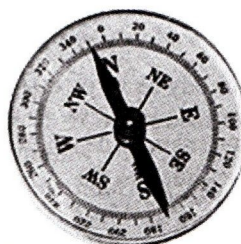
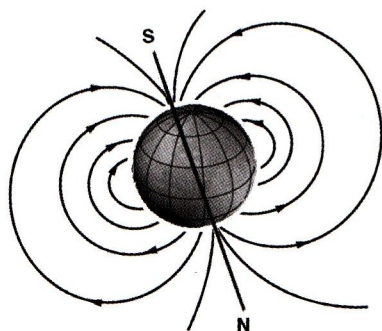


Powietrze albo próżnia



Rys. 4.55

Budowa i działanie magnesu trwałego



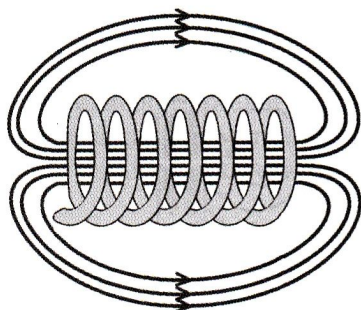
Rys. 4.56

Położenie igły magnetycznej kompasu w polu magnetycznym Ziemi

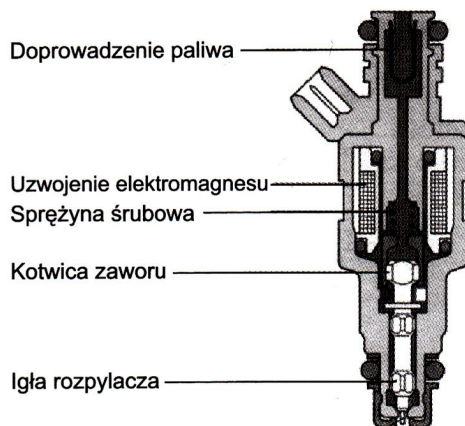
Bieguny magnetyczne Ziemi nie pokrywają się z biegunami geograficznymi, są jednak położone bardzo blisko nich. Za pomocą kompasu można dokładnie zorientować się w położeniu na powierzchni Ziemi. Trzeba również pamiętać, że magnetyczny biegun południowy znajduje się obok geograficznego bieguna północnego (rys. 4.56).

Elektromagnes

Każdy przewód z prądem elektrycznym jest otoczony polem magnetycznym. Kierunek linii sił pola magnetycznego zależy od kierunku prądu. Jeżeli uformujemy przewód w wiele zwojów, to otrzymamy cewkę. Indukcja magnetyczna zwiększa się ze wzrostem natężenia prądu albo ze wzrostem liczby zwojów. Rdzeń ze stali miękkiej ułatwia przebieg linii sił, a tym samym wzmacnia pole magnetyczne (rys. 4.57). Aby po wyłączeniu przepływu prądu magnetyzm zniknął, rdzeń musi być wykonany z miękkiego materiału magnetycznego.



Rys. 4.57
Pole magnetyczne cewki



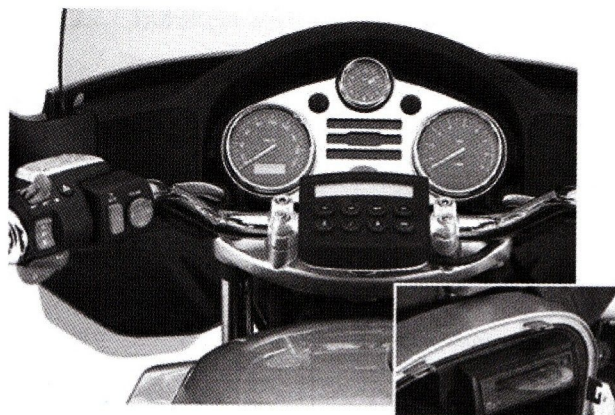
Rys. 4.58
Wtryskiwacz elektromagnetyczny

Przykłady zastosowań

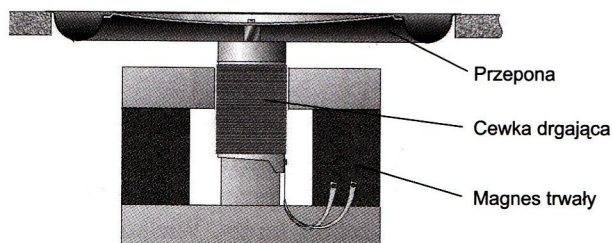
Wtryskiwacz jako zawór elektromagnetyczny (rys. 4.58)

Współczesne samochody są wyposażane w elektroniczny układ wtryskowy. Odmierzanie dawki paliwa następuje w elektromagnetycznych wtryskiwaczach.

Wtryskiwacze są otwierane i zamykane impulsami elektrycznymi z urządzenia sterującego. Wtryskiwacz składa się z korpusu zaworu i igły rozpylacza, powiązanej z kotwicą magnetyczną. Kiedy przez cewkę nie płynie prąd, igła rozpylacza jest szczelnie dociskana do gniazda sprężyną śrubową. Po wzbudzeniu elektromagnesu igła rozpylacza unosi się około 0,1 mm nad gniazdem i paliwo wydostaje się kolistą szczeliną.



Rys. 4.59
Zestaw aparatury muzycznej
w motocyklu BMW R1200 CL



Rys. 4.60
Przekrój poprzeczny głośnika

Głośnik

Głośnik radiowy przekształca sygnał elektryczny najpierw w sygnał mechaniczny, a następnie w akustyczny. Na przewód z prądem elektrycznym oddziałuje w polu magnetycznym, skierowanym poprzecznie do przewodu, określona siła. Na takiej zasadzie przekształcania energii elektrycznej w magnetyczną, a następnie w mechaniczną opiera się działanie głośnika elektrodynamicznego (rys. 4.59 i 4.60).

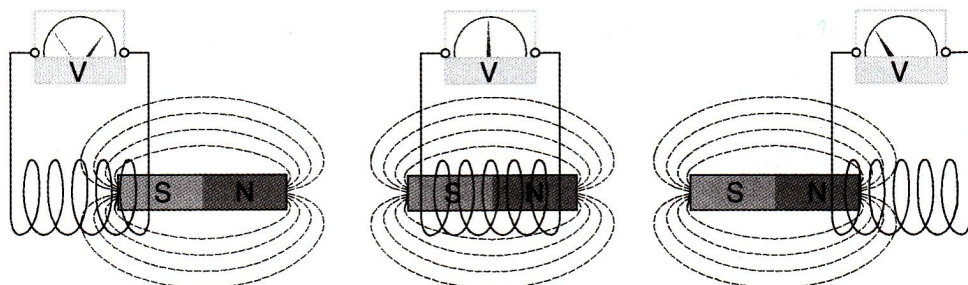
Od wyjścia wzmacniacza jest doprowadzone napięcie do swobodnie zamocowanej cewki drgającej. Powstałe pole elektromagnetyczne oddziałuje na pole magnetyczne magnesu trwałego. Ponieważ cewka jest swobodnie zamocowana, jej ruch wprawia w drgania przeponę, która z kolei powoduje ruch warstwy powietrza i w ten sposób powstają sygnały akustyczne.

4.10.2. Indukcja elektromagnetyczna

4.10.2.1. Indukcja ruchu

Zmiany strumienia magnetycznego indukują (wywołują) w przewodzie albo w cewce napięcie indukowane. Kierunek napięcia zależy od kierunku zmian pola magnetycznego. Wielkość wytworzonego napięcia zależy od:

- ☐ wielkości strumienia magnetycznego,
- ☐ liczby zwojów cewki,
- ☐ szybkości zmian strumienia magnetycznego w czasie.

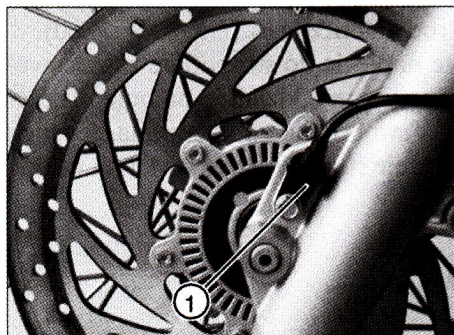
**Rys. 4.61**

Schemat ruchu magnesu wewnątrz cewki – otrzymywanie napięcia indukowanego

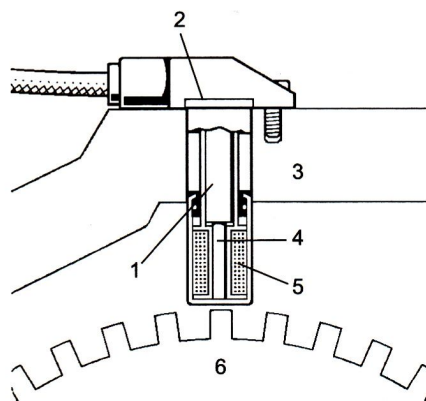
Do wytworzenia napięcia nie ma znaczenia, czy porusza się elektromagnes, czy cewka. Ważne jest, żeby istniał ruch. Proces jest odwracalny, to znaczy prąd płynący przez cewkę powoduje oddziaływanie siły na elektromagnes, a tym samym jego ruch.

Czujnik prędkości obrotowej (rys. 4.62)

Obracająca się zębata tarcza impulsowa powoduje zmianę wielkości szczeliny powietrza przed nadajnikiem impulsów, a tym samym zmianę strumienia magnetycznego. Dzięki temu w nadajniku impulsów jest indukowane napięcie przemienne o częstotliwości proporcjonalnej do prędkości przesuwania się zębów tarczy. Wielkość wytworzonego napięcia jest zatem zależna od prędkości obrotowej koła motocykla. Przy małych prędkościach jazdy wartość napięcia sygnału jest także mała (rys. 4.63 i 4.64).

**Rys. 4.62**

Czujnik prędkości obrotowej koła w układzie ABS (1), zamontowany na przednim kole motocykla

**Rys. 4.63**

Przekrój indukcyjnego czujnika prędkości obrotowej

1 – magnes trwały, 2 – korpus czujnika, 3 – uchwyt czujnika, 4 – miękki rdzeń cewki, 5 – uzwojenie, 6 – tarcza impulsowa

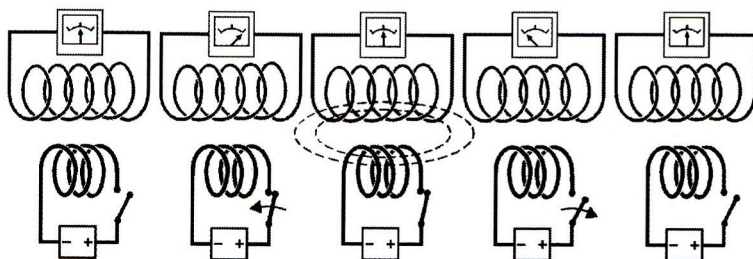
**Rys. 4.64**

Sygnał napięcia indukcyjnego czujnika prędkości obrotowej

4.10.2.2. Indukcja spoczynkowa

Skoro tylko zmiana pola magnetycznego w cewce powoduje indukowanie napięcia, to także włączanie i wyłączanie prądu w dolnej cewce powinno wywoływać indukcję w cewce górnej.

To jest zasada działania transformatora. Uzwojenie, którego pole magnetyczne jest zmieniane np. poprzez włączanie i wyłączanie prądu nazywa się uzwojeniem **pierwotnym** (uzwojeniem wejściowym), a uzwojenie, w którym jest indukowane napięcie nazywa się uzwojeniem **wtórnym** (rys. 4.65).

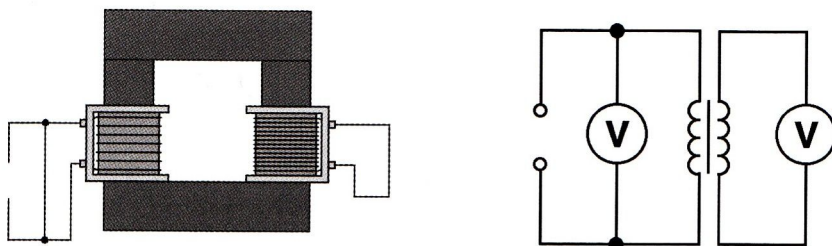


Rys. 4.65

Indukowanie napięcia przez włączanie i wyłączanie prądu w cewce elektromagnesu

Transformator (rys. 4.66)

Można także połączyć ze sobą dwie cewki (rys. 4.67). Taki rodzaj transformatora jest nazywany „obwodem oszczędnościowym” i jest dość często stosowany w cewkach zapłonowych.

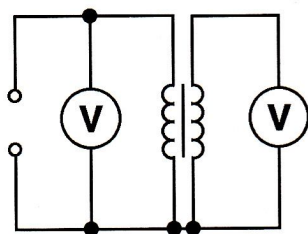


Rys. 4.66

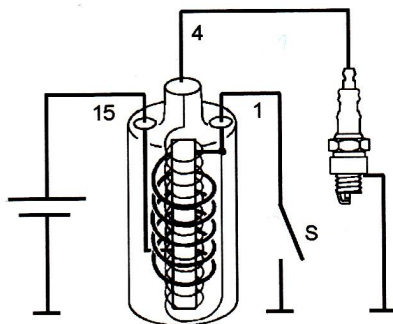
Zasada działania i symbol graficzny transformatora

W cewce zapłonowej zastosowano zasadę działania transformatora w celu wytworzenia wysokiego napięcia zapłonu, ok. 20 000 V, z niskiego napięcia instalacji elektrycznej motocykla, 6 lub 12 V.

W cewce zapłonowej uzwojenie pierwotne (zaciski 1 i 15), składające się z 200 do 300 zwojów z grubego drutu jest nawinięte wokół uzwojenia wtórnego (zaciski 1 i 4), o około 20 000 zwojach z cienkiego drutu, z rdzeniem w środku z miękkiego żelaza.

**Rys. 4.67**

Dwie cewki są połączone bezpośrednio (połączenie nie ma wpływu na przekładnię napięcia)

**Rys. 4.68**

Schemat cewki zapłonowej (opis w tekście)

Do zacisku 1 są razem podłączone końce uzwojenia pierwotnego i wtórnego (rys. 4.68).

Zestyk S jest przerywaczem mechanicznym, zastąpionym tranzystorem w nowszych układach zapłonowych.

W transformatorze wartości napięcia są zależne od liczby zwojów w obydwu uzwojeniach.

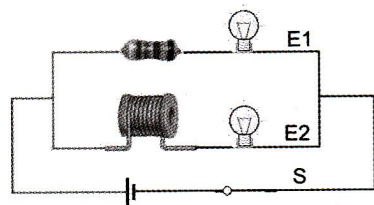
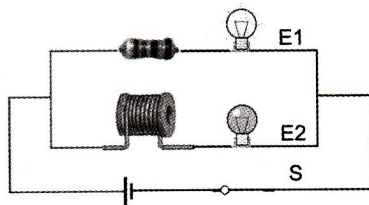
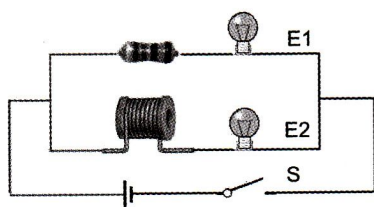
Indukowane napięcie wtórne zależy od:

- ☐ natężenia prądu pierwotnego,
- ☐ materiału rdzenia,
- ☐ stosunku liczby zwojów,
- ☐ szybkości wzrostu i zanikania pola magnetycznego.

4.10.3. Cewka

4.10.3.1. Samoindukcja po włączeniu cewki

Natychmiast po włączeniu świeci się tylko żarówka E1. Dopiero po krótkim czasie zaświeci się także żarówka E2 (rys. 4.69).

**Rys. 4.69**

Schemat samoindukcji cewki po włączeniu (opis w tekście)

Po zamknięciu obwodu elektrycznego zestykiem S można zauważyć, że żarówka E2 zaświeci się nieco później aniżeli żarówka E1. Cewka opóźniła przepływ prądu przez żarówkę E2.

Po włączeniu prądu w cewce powstaje pole elektromagnetyczne. Ta zmiana pola magnetycznego powoduje powstanie napięcia indukowanego, które ma zwrot przeciwny do zwrotu przyłożonego napięcia.

Reguła Lenza

Indukowany w cewce prąd sam wytwarza strumień magnetyczny, który jest tak skierowany, że przeciwdziała zmianom strumienia pierwotnego.

➡ Po przyłożeniu napięcia do cewki wytwarza się w niej napięcie samoindukcji, które ma kierunek przeciwny do napięcia zewnętrznego, a tym samym powoduje spowolnienie wzrostu natężenia prądu. Zapamiętajmy: indukcyjność opóźnia wzrost prądu.

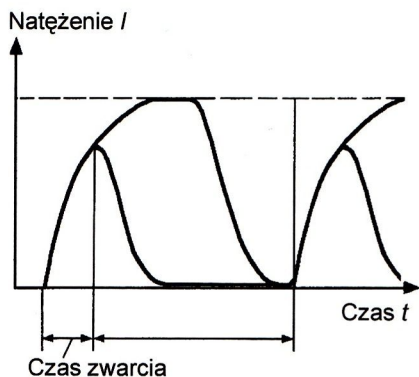
Zastosowania w samochodzie

Zapłon

W celu zapewnienia powstania dostatecznie silnego pola magnetycznego w cewce musi przez nią odpowiednio długo przepływać prąd, ponieważ samoindukcja przeszkadza w natychmiastowym przepływie pełnego prądu. Czas przepływu prądu jest określony przez odcinek zwarcia (nazywany wcześniej kątem zwarcia – rys. 4.70 i 4.71).

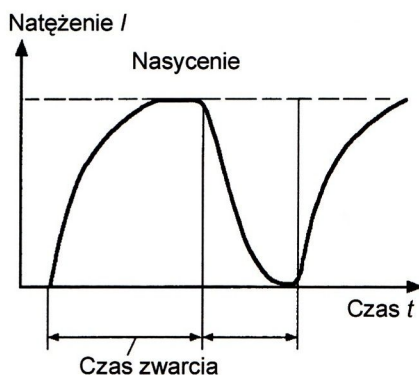
Przy takiej samej prędkości obrotowej obowiązuje zasada:

- większy odcinek zwarcia – dłuższy czas zwarcia,
- krótszy odcinek zwarcia – krótszy czas zwarcia.



Rys. 4.70

Jeżeli odcinek zwarcia jest za mały, prąd nie może osiągnąć wartości nasycenia. Energia zapłonu jest niewystarczająca. Dochodzi do wypadania zapłonów

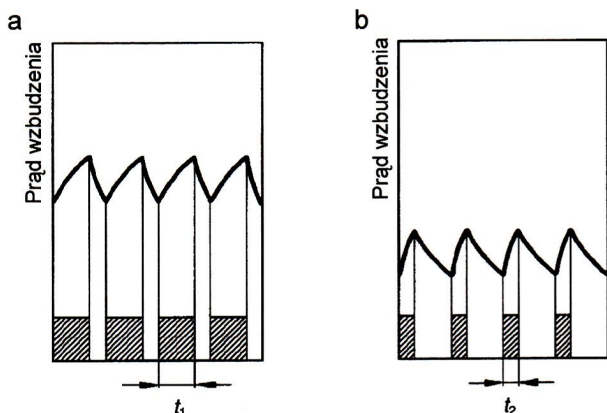


Rys. 4.71

Prąd w cewce przy prawidłowym odcinku zwarcia. Odcinek ten musi być na tyle duży, aby prąd mógł osiągnąć wartość nasycenia. Cewka zapłonowa zgromadzi wówczas maksymalną energię

Regulacja prądnicy

Prądnica jest regulowana poprzez okresowe włączanie i wyłączanie uzwojenia wzbudzenia tak, aby oddawane napięcie – niezależnie od obciążenia i prędkości obrotowej – pozostawało zawsze stałe (rys. 4.72). Wcześniej taka regulacja była realizowana za pomocą mechanicznych regulatorów. Było to możliwe tylko dzięki powstawaniu samoindukcji. Sprawia ona, że podczas zamykania styków prąd wzbudzenia nie osiąga od razu swojej pełnej wartości, lecz wzrasta stopniowo, co umożliwiało sterowanie metodami mechanicznymi.



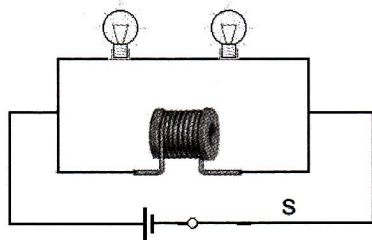
Rys. 4.72

Prąd wzbudzenia

a) przy małej prędkości obrotowej – długi czas zwarcia t_1 , b) przy dużej prędkości obrotowej i takim samym obciążeniu – krótki czas zwarcia t_2

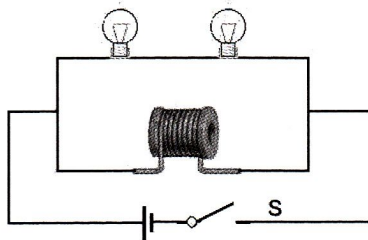
4.10.3.2. Samoindukcja po odłączeniu cewki

Cewka zostaje podłączona do źródła napięcia stałego. Równoległe do cewki są włączone dwie żarówki (rys. 4.73). Zestyk S zostaje zamknięty i ponownie otwarty. Podczas otwierania zestyku żarówki na krótko zaświecą bardziej intensywnie (rys. 4.74). To oznacza, że podczas wyłączania musiało powstać napięcie większe, niż przy zamkniętym zestyku. W czasie wyłączania prądu pole magnetyczne szybko zanika. Ta zmiana pola magnetycznego w czasie wywołuje także powstanie napięcia samoindukcji, które jest tak skierowane, że w cewce prąd nadal płynie w tym samym kierunku. Ponieważ także po odłączeniu zewnętrznego źródła napięcia żarówki nadal się świecą, w cewce musiała zostać zmagazynowana energia.



Rys. 4.73

Połączenie równoległe cewki i żarówek przy zamkniętym zestyku S



Rys. 4.74

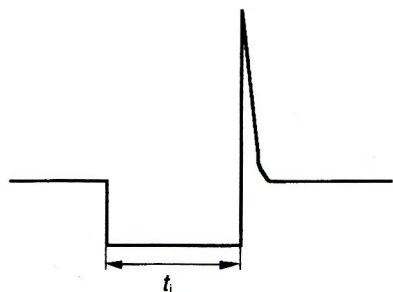
Samoindukcja cewki po otwarciu zestyku S, żarówki przez chwilę świecą jaśniej

 Po wyłączeniu prądu powstaje w cewce wysokie napięcie samoindukcji. Wyindukowane napięcie jest tym większe, im szybciej zanika pole magnetyczne. Cewka gromadzi energię w swym polu magnetycznym.

Zastosowania w samochodzie

Piki napięcia (negatywne skutki samoindukcji – rys. 4.75)

Wszystkie elementy w samochodzie, zawierające cewki, np. przekaźniki, silniki elektryczne, prądnice i cewki zapłonowe, po wyłączeniu prądu wytwarzają za każdym razem wysokie napięcie samoindukcji w instalacji elektrycznej. Może ono



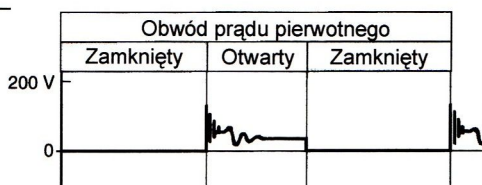
Rys. 4.75

Niepożądane napięcie indukcyjne wtryskiwacza w chwili wyłączenia prądu

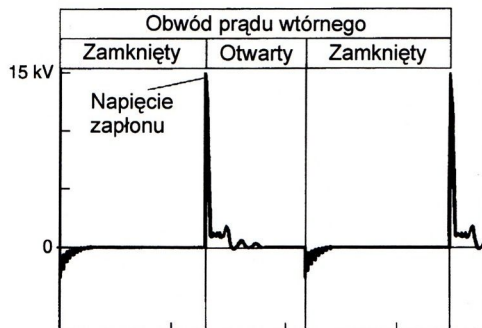
prować do zniszczenia elementów elektronicznych. Przy szczególnie czułych elementach umieszczone są specjalne przepięciowe urządzenia zabezpieczające, np. w układach przeciwblokujących ABS i w niektórych układach wtryskowych.

Powstawanie napięcia zapłonu (pozytywny skutek samoindukcji – rys. 4.76)

Napięcie pierwotne –
napięcie na cewce
zapłonowej
(zacisk 1)



Napięcie wtórne –
napięcie na świecy
zapłonowej



W chwili rozłączania powstaje wysokie napięcie zapłonu

Czas t

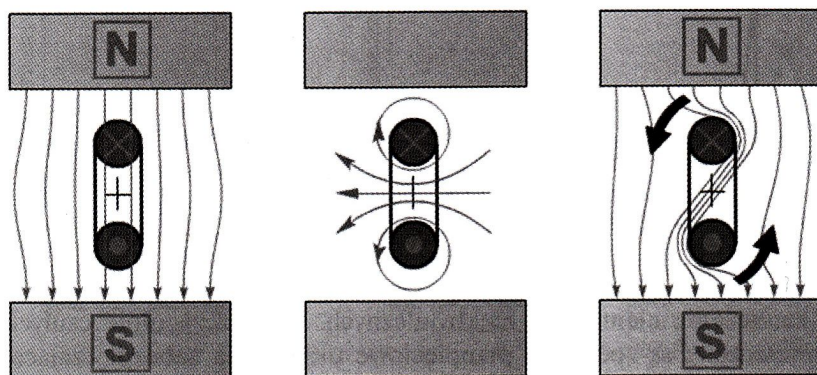
Rys. 4.76

Pożądane napięcie indukowane w chwili wyłączenia prądu w cewce zapłonowej

4.10.4. Silnik elektryczny i prądnicą

4.10.4.1. Zasada działania silnika elektrycznego

Kiedy duży prąd płynie przewodem, to jest za każdym razem, w zależności od kierunku pola magnetycznego i kierunku prądu, albo wciągany w jednorodne pole magnetyczne, albo z niego wypierany. W wypadkowym polu magnetycznym przewodu w kształcie pętli ponownie powstają siły odchylające. Powodują one obrócenie pętli przewodu o 180° . Kierunek obrotu zależy od kierunku prądu w pętli oraz od kierunku pola magnetycznego.



Rys. 4.77

Zasada działania silnika elektrycznego

W celu osiągnięcia trwałego obracania się cewki prąd w pętli przewodu musi nieustannie zmieniać swoją biegunowość. Zadanie to przejmuje komutator (rys. 4.78). Cewka i komutator obracają się razem. Prąd jest doprowadzony dwoma nieruchomymi szczotkami węglowymi. Kiedy na skutek drgnięcia skrętnego cewka prawie przekracza swoje największe wychylenie, wtedy komutator zmienia kierunek prądu i cewka obraca się nadal w tym samym kierunku.

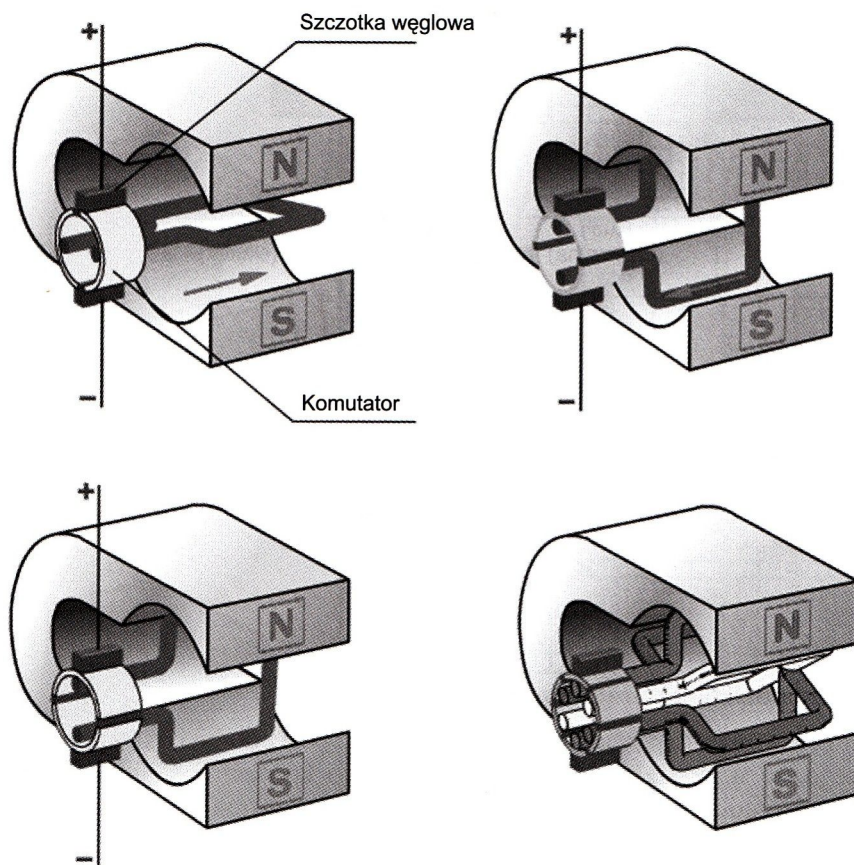
W najprostszym możliwym wykonaniu komutator składa się z dwóch odizolowanych od siebie półpłaszczyzn miedzianych połączonych z początkiem bądź końcem cewki.

Jeżeli w polu magnetycznym zamiast jednej pętli przewodu obracają się trzy pętłe, to pojedyncze momenty obrotowe zsumują się w jeden, znacznie większy i równomierniejszy moment łączny. Jeśli ponadto zostanie wzmocnione pole magnetyczne wokół każdej pętli, to ruchy obrotowe ulegną znacznemu przyspieszeniu.

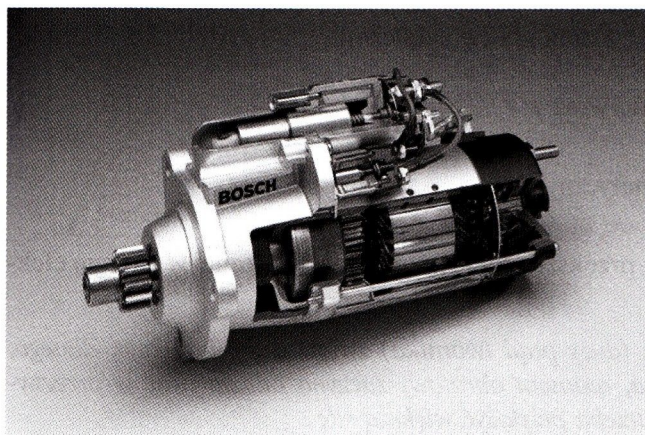
Zasada działania silnika elektrycznego: przekształcenie energii elektrycznej w energię mechaniczną (np. rozrusznik, rys. 4.79).



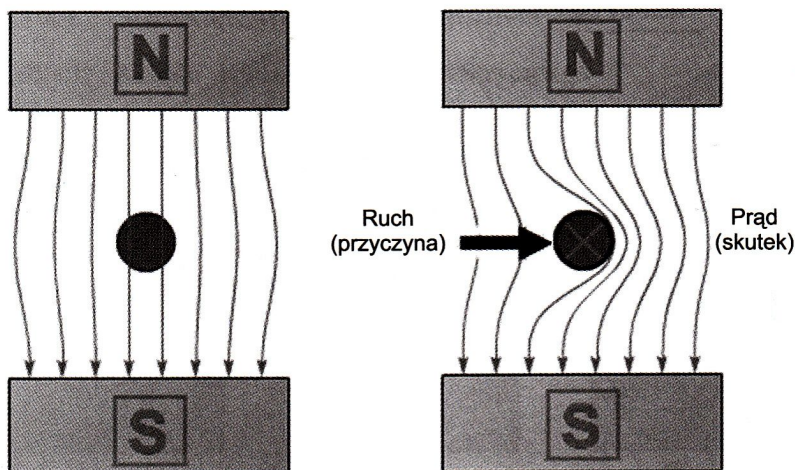
Mały prąd w przewodzie – mała moc; duża prędkość obrotowa – duży prąd w przewodzie; duża moc – mała prędkość obrotowa.



Rys. 4.78
Budowa i działanie komutatora



Rys. 4.79
Rozrusznik jako przykład silnika elektrycznego



Rys. 4.80
Zasada działania prądnicy

4.10.4.2. Zasada działania prądnicy (rys. 4.80)

Jeżeli prosty przewód porusza się prostopadłe do swojej osi i do kierunku linii pola magnetycznego, to w czasie ruchu przewodu na jego końcach jest indukowane napięcie. Bez znaczenia jest, czy porusza się przewód, czy pole magnetyczne. Ważny jest tylko ruch względny.

W prądnicach jest wykorzystane to samo elementarne prawo fizyczne zachowania się pętli przewodu w polu magnetycznym (rys. 4.81). W wyniku obrotu pętli jest indukowane napięcie. Energia mechaniczna jest przekształcana w energię elektryczną.

W zależności od położenia pętli przewodu w stosunku do magnesów zmienia się mierzone napięcie. W położeniu poziomym pętli napięcie jest równe zero; największą wartość osiąga przy pionowym położeniu pętli, a następnie znowu zmniejsza się do zera. Wartość napięcia zmienia się cyklicznie. Zmiany te mają charakterystykę sinusoidy.

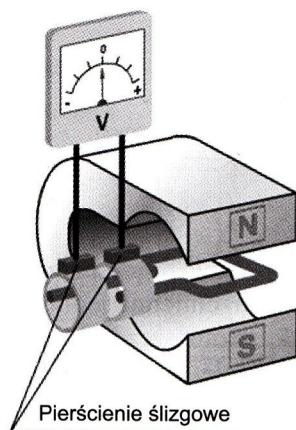
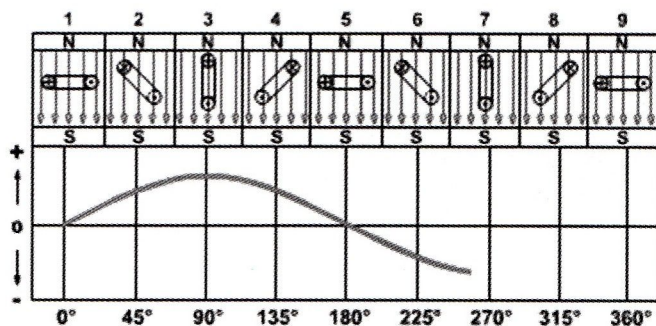
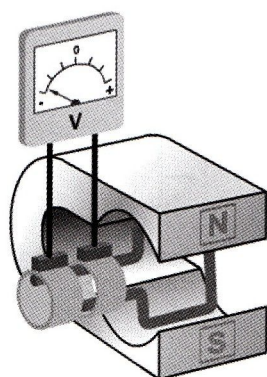
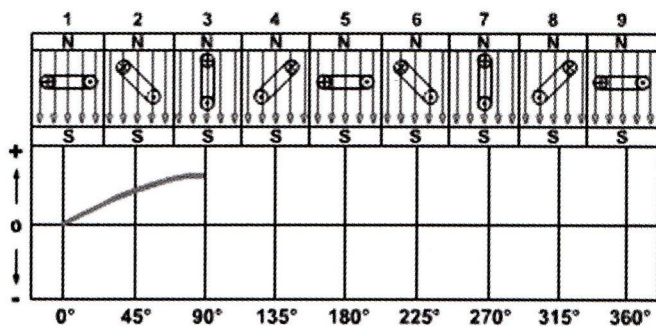
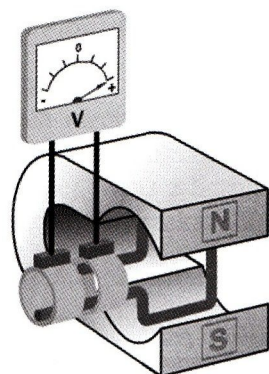
Indukowane napięcie rośnie wraz z:

- ☐ prędkością obrotową,
- ☐ silniejszym polem magnetycznym,
- ☐ liczbą zwojów.

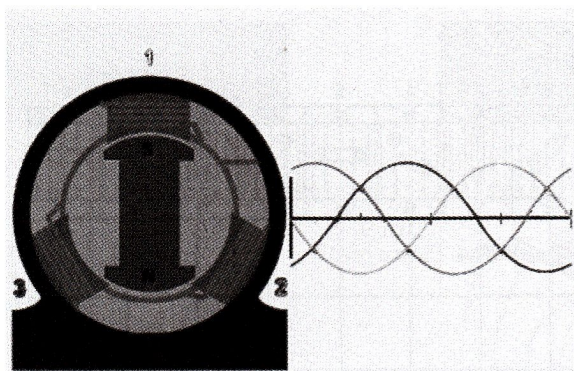
Zasada działania prądnicy: przekształcenie energii mechanicznej w energię elektryczną.



Ze wzrostem obciążenia (duży prąd twornika) zwiększa się indukcja, dlatego, zgodnie z prawem Lenza, moment obrotowy zaczyna oddziaływać w przeciwnym kierunku; a zatem trzeba przyłożyć większą siłę.

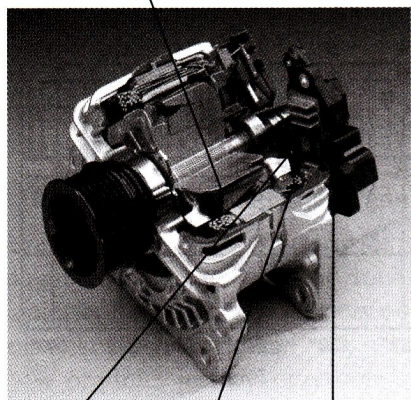


Rys. 4.81
Budowa i działanie prądnicy



Rys. 4.82
Zasada działania prądnicy trójfazowej
i wykres zmian wartości napięcia

Obracający się elektromagnes
(wirnik o specjalnej konstrukcji kłowej)



Zestyki ślizgowe
elektromagnesu

Regulator napięcia

Nieruchome cewki
napięciowe (stojan)

Rys. 4.83
Budowa i działanie prądnicy trójfazowej

Prądnica trójfazowa (rys. 4.82 i 4.83)

Prądnica trójfazowa jest w zasadzie połączeniem trzech prądnic prądu przemiennego. Wytwarza nie jeden prąd przemienny, ale trzy prądy przemiennie jednocześnie.

Elektromagnes porusza się względem trzech cewek, rozmieszczonych co 120° . W ten sposób podczas jednego obrotu powstają przesunięte w czasie napięcia bądź fazy, także przesunięte względem siebie o 120° . Odbierany w trzech fazach prąd przemienny jest nazywany prądem trójfazowym. Ponieważ do ładowania akumulatora jest konieczny prąd stały, prąd przemienny musi być wyprostowany.

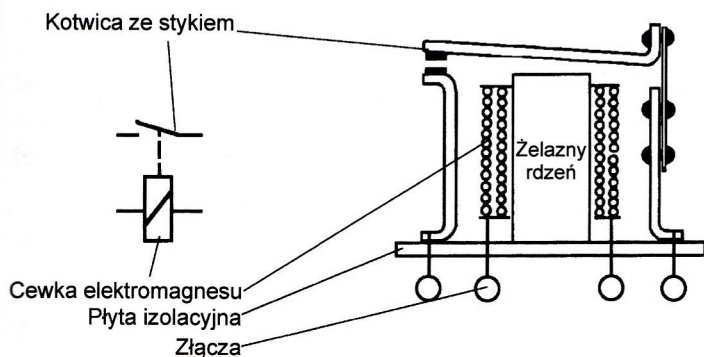
We współczesnych alternatorach motocyklowych, tzn. prądnicach trójfazowych regulowanych polem elektromagnetycznym, magnes trwały jest zastąpiony obracającym się elektromagnesem. Dzięki temu może być zmieniana siła pola magnetycznego i w ten sposób regulowane napięcie alternatora.

4.10.5. Przekaznik

Dlaczego, pomimo rosnącego udziału elektroniki, stosuje się jeszcze w samochodach mechaniczne przekazy? Można przecież sądzić, że możliwości nowoczesnej elektroniki umożliwią wyeliminowanie przekazników. W praktyce jest jednak inaczej. Wraz z liczbą podzespołów elektronicznych zwiększa się także liczba koniecznych przekazników.

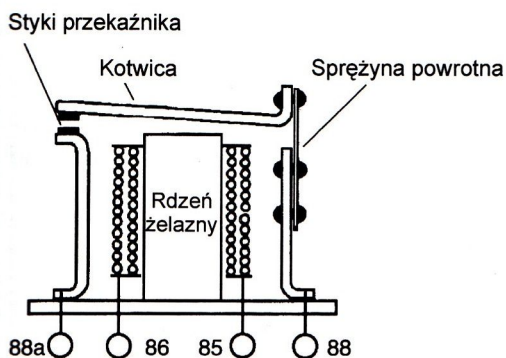
4.10.5.1. Zasada działania

Na przykładzie obwodu reflektora wyjaśnimy zasadę działania przekazy (rys. 4.84).



Rys. 4.84
Symbol graficzny
i schemat przekazy

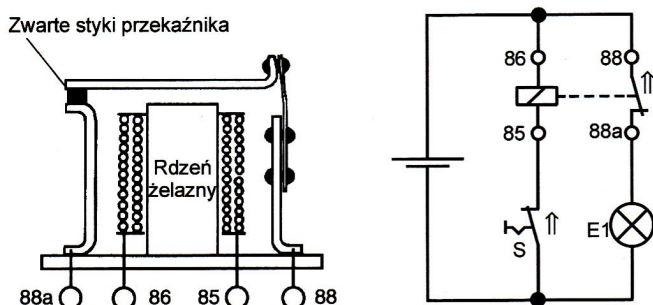
A – światła wyłączone; obwód prądu obciążenia jest otwarty (rys. 4.85).



Rys. 4.85
Schemat i symbol graficzny niewłłączonego przekazy

Kiedy cewka magnetyczna nie jest pobudzona prądem sterującym (włącznik światła S otwarty), wtedy sprężyna powrotna utrzymuje styki robocze rozwarte. Obwód prądu obciążenia jest otwarty, żarówka E1 się nie świeci.

B – światła włączone; obwód prądu obciążenia jest zamknięty (rys. 4.86).



Rys. 4.86

Schemat i symbol graficzny włączonego przełącznika

Po doprowadzeniu prądu sterowania (włącznik światel S zamknięty) prąd przepływa przez cewkę elektromagnesu przełącznika. Kotwica przerywacza zostaje przyciągnięta i styki robocze się zwierają. Dzięki temu zamyka się także obwód światel i żarówka E1 się świeci.

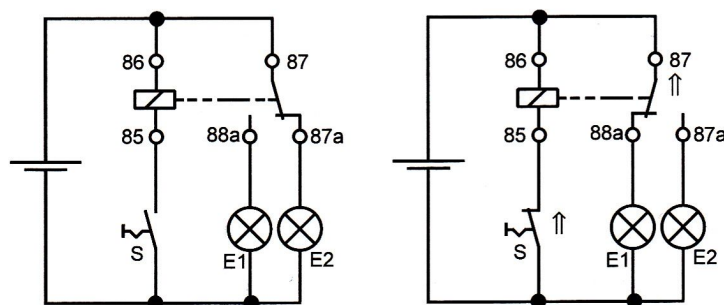
➡ *Przełącznik, który po uruchomieniu prądem sterującym powinien zamknąć obwód prądu obciążenia, nazywamy zwiernym.*

W celu identyfikacji punktów podłączenia przełączniki mają ustalone numery zacisków. Obwód prądu sterującego: 85 i 86, obwód prądu obciążenia: 88 i 88a.

Oprócz opisanych już przełączników zwiernych, występują także przełączniki rozwiernie. Ich uruchomienie prądem sterującym powoduje otwarcie obwodu prądu obciążenia (rys. 4.87). Uniwersalne zastosowanie mają przełączniki zwierno-rozwiernie, łączące w sobie oba rodzaje poprzednio omówionych przełączników. Stwarzają one wiele możliwości zastosowań (rys. 4.88).

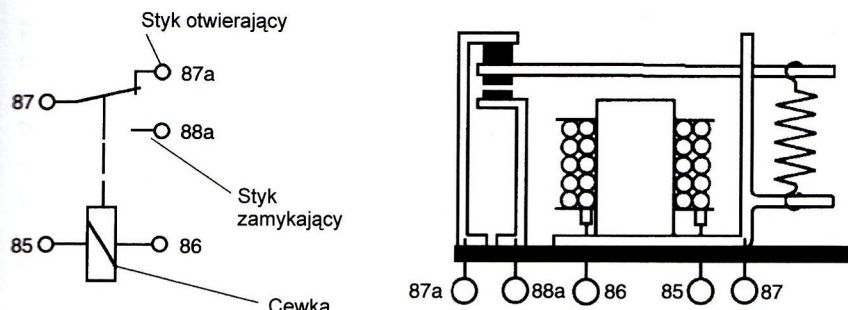
Jakie zalety oferują przełączniki?

Przełącznik jest zestykiem uruchamianym elektromagnesem. Już mały **prąd sterujący**, płynący przez cewkę, sprawia, że kotwica zostaje przyciągnięta, zamykając



Rys. 4.87

Symbole przełącznika rozwiernego wyłączonego i włączonego



Rys. 4.88

Schemat i symbol graficzny przekaźnika zwierno-rozwiernego

obwód. Dzięki temu obwód **prądu obciążenia** zostaje zamknięty. I tak np. po włączeniu świateł drogowych przez włącznik płynie tylko słaby prąd sterujący. Silny prąd (obciążenia) jest doprowadzany do żarówki H4 poprzez przekaźnik.

➡ *Słaby prąd sterujący włącza silny prąd obciążenia.*

Jakie korzyści daje stosowanie przekaźników w samochodzie?

- ☐ Zastosowanie małych przekrojów przewodów i małych wyłączników, np. przez wyłącznik świateł przepływa bowiem tylko słaby prąd sterowania.
- ☐ Minimalizacja masy i kosztów. Przewody o dużych przekrojach mogą być jak najkrótsze, gdyż nie muszą być prowadzone przez wyłączniki.
- ☐ Ograniczenie rezystancji styków i przewodów w obwodzie prądu obciążenia.
- ☐ Bezawaryjne włączanie odbiorników o dużym początkowym poborze mocy (rozrusznik, żarówki).

Tablica 4.4. Oznaczenia zacisków w przekaźnikach wg normy DIN 72 552

Oznaczenie zacisków	Przeznaczenie zacisku	Poprzednie oznaczenie zacisków
85	obwód prądu sterującego (–) zakończenie uzwojenia cewki	85
86	obwód prądu sterującego (+) zakończenie uzwojenia cewki	86
87	zacisk wejściowy prądu obciążenia w przekaźniku rozwiernym i zwierno-rozwiernym	30/51
87a	zacisk wyjściowy prądu obciążenia, strona rozwierna	87a
88	zacisk wejściowy prądu obciążenia w przekaźniku zwiernym	30/51
88a	zacisk wyjściowy prądu obciążenia, strona zwierna	87

4.10.5.2. Rodzaje przekaźników

Rozróżniamy dwa zasadnicze rodzaje przekaźników.

1. Przekaźniki przystosowane do małych prądów
Nazywa się je także przekaźnikami z cewką napięciową.

Cechy szczególne:

- ☐ wiele zwojów z cienkiego drutu w cewce,
- ☐ duża rezystancja cewki sterującej,
- ☐ mały prąd w obwodzie sterującym.

Zastosowanie: znane powszechnie przekaźniki zestykowe.

2. Przekaźniki przystosowane do dużych prądów
Nazywa się je także przekaźnikami z cewką prądową.

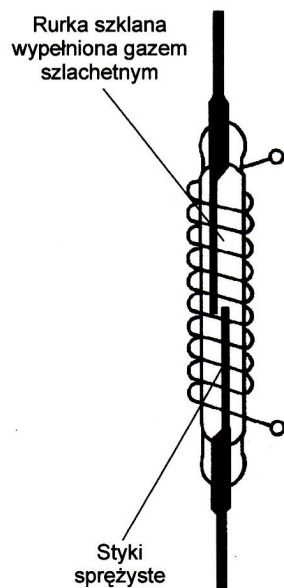
Cechy szczególne:

- ☐ mało zwojów z grubego drutu w cewce,
- ☐ niewielka rezystancja cewki,
- ☐ duży prąd w obwodzie sterującym.

Zastosowanie: przekaźniki kontaktronowe, np. do nadzoru świateł zewnętrznych.

4.10.5.3. Budowa przekaźnika kontaktronowego

Przekaźnik kontaktronowy składa się z rurki szklanej, w której gazoszczelnie są zatopione dwa podłużne styki sprężyste. Wokół szklanej rurki jest nawinięta cewka o niewielkiej liczbie zwojów z grubego drutu (rys. 4.89). Gdy kontaktron znajdzie się



Rys. 4.89

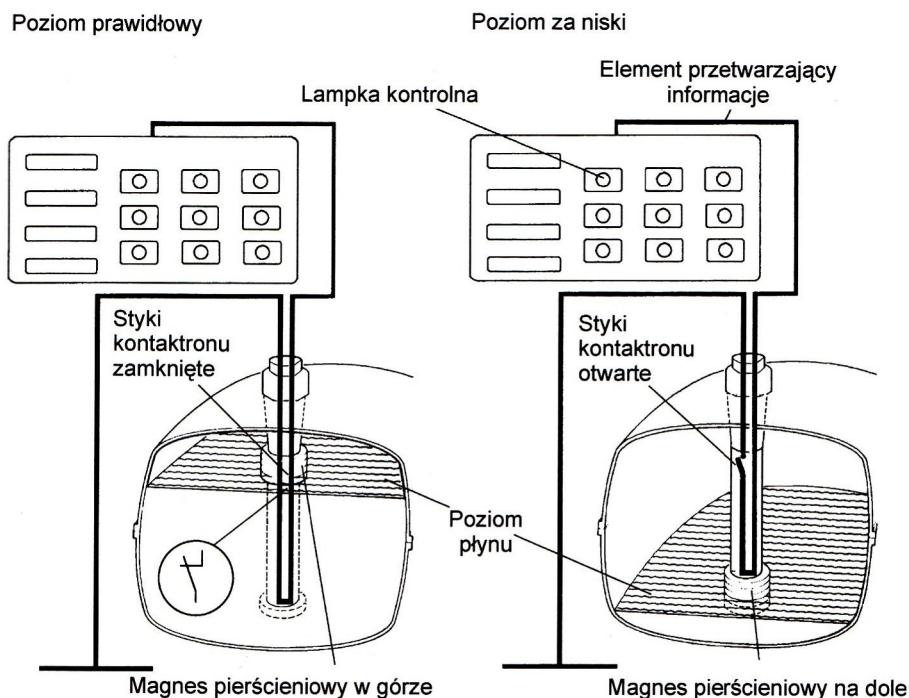
Schemat przekaźnika kontaktronowego z nawiniętą cewką prądową

pod działaniem pola magnetycznego np. cewki, przez którą płynie prąd (albo magnesu trwałego), wówczas linie sił pola zwierają styki sprężyste. Jeżeli obwód prądu zostanie przerwany albo odsunięty od magnesu trwałego, to pole magnetyczne zanika i wtedy siła sprężystości styków powoduje ich rozwarcie. Rurka jest napełniona gazem ochronnym (szlachetnym), dzięki czemu jest zapewniona duża trwałość styków.

4.10.5.4. Przykłady zastosowań przekaźników kontaktronowych w samochodzie

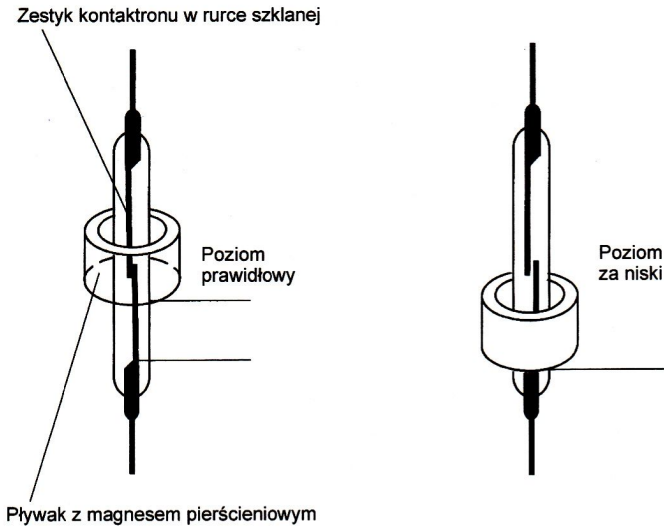
Uruchamianie magnesem trwałym – nadzór nad poziomem płynu

We współczesnych samochodach jest nadzorowany poziom płynów eksploatacyjnych, np. płynu hamulcowego, cieczy chłodzącej, oleju, płynu do spryskiwaczy szyb itp. (rys. 4.90). Na powierzchni płynu w zbiorniku znajduje się mały magnes pierścieniowy, umieszczony na pływaku. Dopóki poziom płynu jest zadowalający, dopóty zestyk kontaktronu jest zamknięty przez pole magnetyczne magnesu pierścieniowego. Wraz z obniżaniem się poziomu płynu, opada także magnes pierścieniowy. Pole magnetyczne nie może już zwierzać styków kontaktronu (rys. 4.91). Otwarcie zestyku uruchamia sygnał wykorzystywany przez urządzenie sterujące do sygnalizacji poziomu płynu.



Rys. 4.90

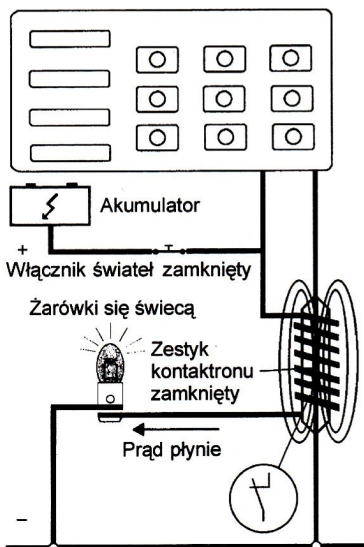
Schemat nadzorowania poziomu płynu w zbiorniku



Rys. 4.91
Wyłącznik pływakowy
z zestawem kontaktowym

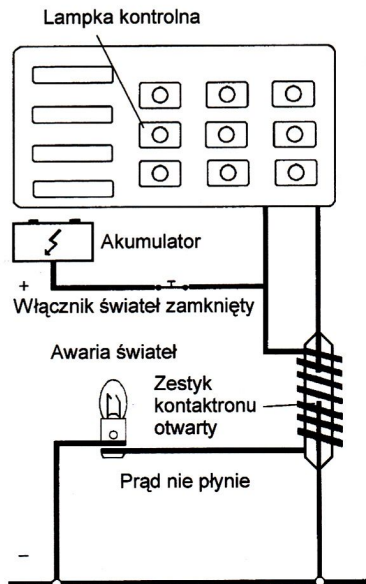
Uruchamianie przez pole magnetyczne cewki, przez którą płynie prąd – nadzorowanie świecenia żarówki (rys. 4.92)

Obwód elektryczny świateł zamknięty



Prąd płynie $\Rightarrow$ powstaje pole magnetyczne
 $\Rightarrow$ zestaw kontaktów zamknięty
 $\Rightarrow$ żarówka się świecą

Obwód elektryczny świateł przerwany



Prąd nie płynie $\Rightarrow$ nie ma pola magnetycznego
 $\Rightarrow$ zestaw kontaktów otwarty
 $\Rightarrow$ świeci się lampka kontrolna

Rys. 4.92
Schemat nadzorowania obwodu świateł

4.10.5.5. Poszukiwanie usterki w obwodzie z przekaźnikiem

Problem

Trudności w uruchomieniu samochodu z silnikiem wysokoprężnym. Układ nie jest nadzorowany wewnętrzną samodiagnozą.

Zasada poszukiwania usterki

Prostych urządzeń sterujących (w tym przypadku przekaźnika układu podgrzewania wstępnego) nie można sprawdzić bezpośrednio, gdyż są przeważnie zamknięte w niedostępnych obudowach. Będziemy je traktować jak „czarne skrzynki” (*black box*).

Krok 1.

Sprawdzić elementy wysyłające własne sygnały: czujniki.

Krok 2.

Sprawdzić elementy aktywowane z urządzenia sterującego: nastawniki.

Krok 3.

Jeżeli czujniki i nastawniki są sprawne, ale układ nadal nie działa, to jest zepsute urządzenie sterujące.



Na drodze oceny prawdopodobieństwa występowania wyników jest podejmowana decyzja, czy urządzenie sterujące jest sprawne.

Czujniki i nastawniki są elementami, których sprawdzenie jest szczególnie wskazane.

Wiedza na temat działania i zadań danego elementu lub układu jest niezbędnym warunkiem skutecznego poszukiwania usterek.

W omawianym przykładzie układu podgrzewania wstępnego (rys. 4.93) następujące miejsca przyporządkowuje się jako wejścia lub wyjścia (rys. 4.94):

- wejście: G27, zacisk 15 (zacisk 50),
- wyjście: (K29), Q2.

Krok 1.

Ustalić, czy na świecach żarowych jest napięcie.

Ponieważ świece żarowe są podłączone równolegle, najpierw sprawdzić napięcie świecy żarowej na końcu szyny rozdzielacza prądu.

Warunki wstępne sprawdzania:

- ☐ odłączony przewód od czujnika temperatury (wyjaśnienie w dalszym tekście),
- ☐ włączony zapłon.

Krok 2.

Jeżeli jest napięcie na świecach, sprawdzić czy płynie przez nie prąd.

Krok 3.

Jeżeli na świecy żarowej nie ma napięcia, sprawdzić wzrokowo bezpiecznik.

Krok 4.

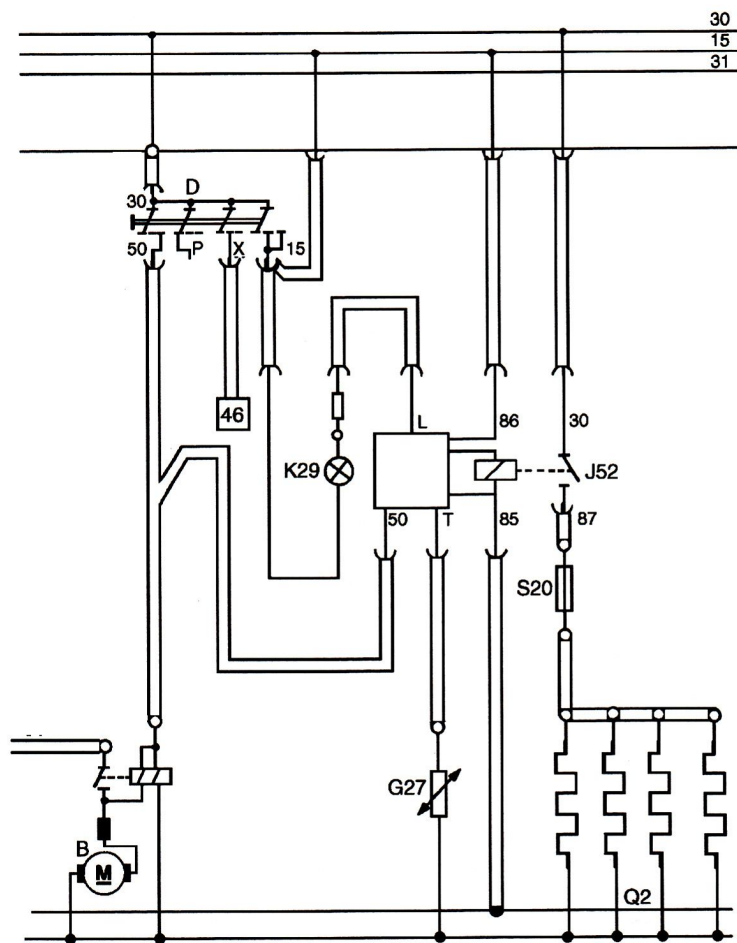
Jeżeli bezpiecznik nie jest uszkodzony, sprawdzić doprowadzenie napięcia do przekaźnika (zacisk 30).

Krok 5.

Jeżeli do przełącznika (zacisk 30) jest doprowadzone napięcie, sprawdzić, czy jest sygnał sterujący na zacisku 86, biegnący od zacisku 15.

Krok 6.

Sprawdzić połączenie z masą (zacisk 85) oraz przewód łączący zacisk 87 z bezpiecznikiem.

**Rys. 4.93**

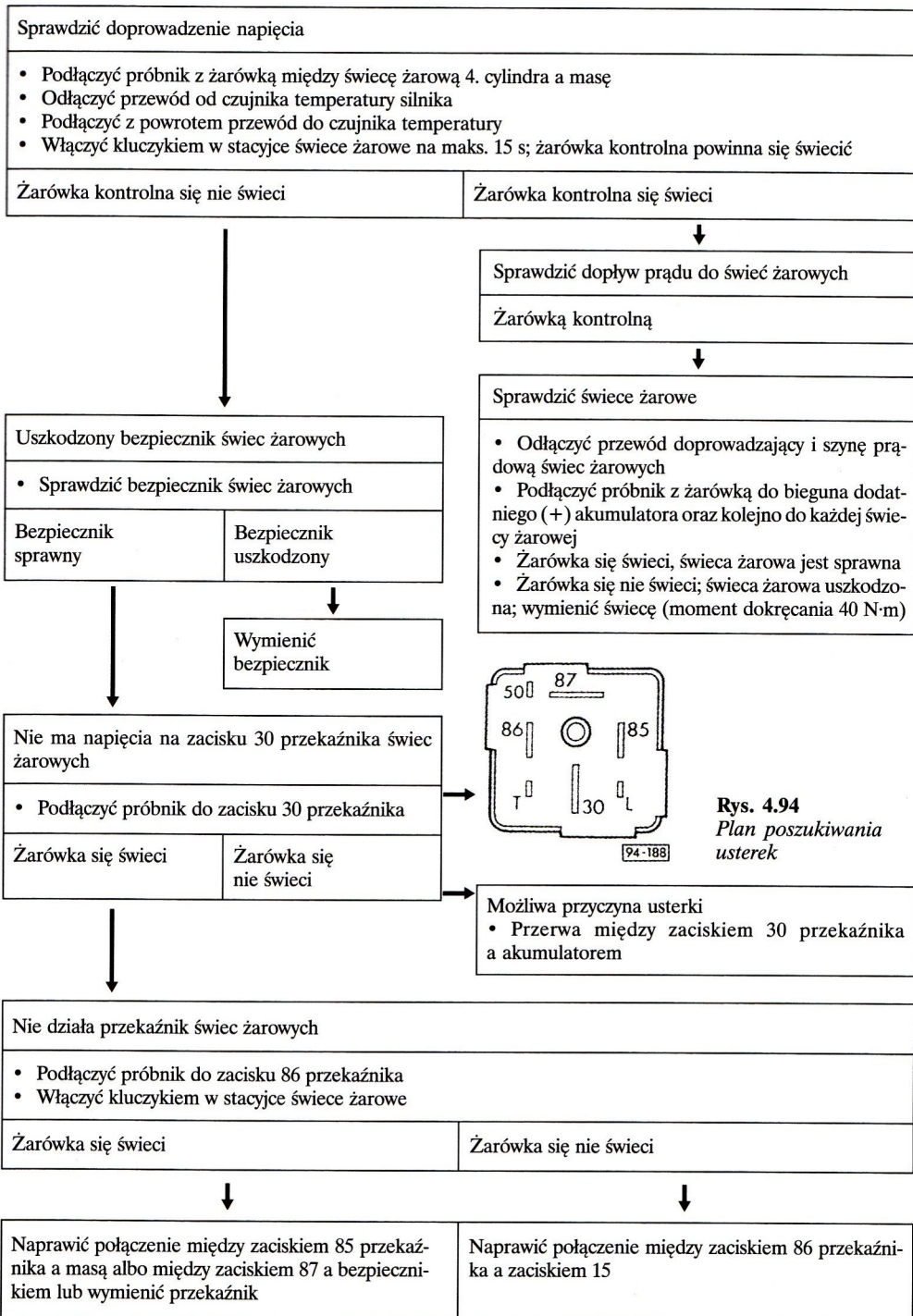
Schemat układu podgrzewania wstępnego. Przyjęte przez producenta symbole graficzne i oznaczenia nie są zgodne z obowiązującymi normami

J52 – urządzenie sterujące czasem pracy świec żarowych, G27 – czujnik temperatury, D – wyłącznik zapłonu, S20 – bezpiecznik, K29 – lampka kontrolna świec żarowych, Q2 – świece żarowe

SPRAWDZANIE UKŁADU WSTĘPNEGO PODGRZEWANIA

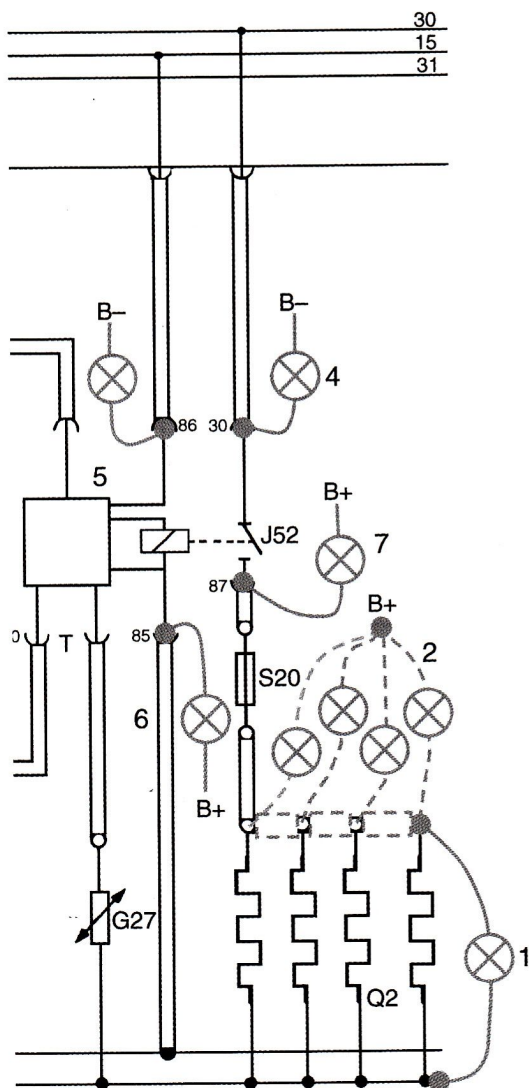
Wskazówka

Warunek sprawdzania: w pełni naładowany akumulator.



Punkty pomiarowe podczas sprawdzania (rys. 4.95)

1. Napięcie między rozdzielczą szyną prądową a masą. Warunki wstępne sprawdzania:
 - ☐ odłączony przewód od czujnika temperatury,
 - ☐ włączony zapłon.
2. Sprawdzenie przewodzenia każdej świecy żarowej. Warunki wstępne sprawdzania:
 - ☐ jest napięcie na szynie rozdzielacza prądu – krok 1,
 - ☐ odłączona szyna prądowa.
3. Wzrokowe sprawdzenie bezpiecznika. Warunki wstępne sprawdzania:
 - ☐ nie ma napięcia na szynie rozdzielacza prądu – krok 1.

**Rys. 4.95**

Schemat elektryczny z naniesionymi miernikami, określonymi w planie poszukiwania usterek

4. Doprowadzenie napięcia do zacisku 30 przekaźnika (wejście obwodu prądu roboczego). Warunki wstępne sprawdzania:
 - ☐ nieuszkodzony bezpiecznik,
 - ☐ brak napięcia na szynie rozdzielacza prądu – krok 1.
5. Sygnał sterujący na zacisku 86 (wejście obwodu prądu sterowania). Warunki wstępne sprawdzania:
 - ☐ jest napięcie na zacisku 30,
 - ☐ włączony zapłon.
6. Sygnał sterujący na zacisku 85 (wyjście obwodu prądu sterowania). Warunki wstępne sprawdzania:
 - ☐ jest napięcie na zacisku 86.
7. Napięcie na zacisku 87 (wyjście obwodu prądu roboczego). Warunki wstępne sprawdzania:
 - ☐ odłączony czujnik temperatury,
 - ☐ włączony zapłon.

Do sprawdzania należy używać próbnika ze zwykłą żarówką. Nie może to być dioda świecąca.

Wyniki pomiarów mają wyłącznie charakter informacyjny. Za pomocą próbnika z żarówką nie można zmierzyć wartości napięcia lub natężenia prądu.

Nie jest sprawdzany zacisk 50 jako punkt wejścia sygnału, gdyż sygnał ten nie odnosi się do podgrzewania wstępnego, lecz tylko do pracy świec żarowych już podczas uruchamiania silnika (pracuje rozrusznik).

 *Pomiary na wejściach i wyjściach przekaźnika pozwalają na zlokalizowanie usterki. Jeżeli wszystkie wielkości wejściowe są prawidłowe, a także nie znaleziono usterki po stronie wyjściowej sterownych elementów, oznacza to uszkodzenie przekaźnika.*

4. Podstawy elektrotechniki

4.1. Prawo Ohma

Za pomocą miernika uniwersalnego mierzymy napięcie na rezystorze, przepływ prądu przez rezystor i rezystancję danego rezystora.

Wskazówka

Indeksy 1, 2 albo 3 obok oznaczenia wielkości, np. U_1 , R_2 , I_3 odnoszą się do odpowiednich elementów. I tak do rezystora R_1 jest przyporządkowane napięcie U_1 , a do rezystora R_2 napięcie U_2 .

Przykład pomiaru

$$U_1 = 10,02 \text{ V} \qquad I_1 = 4,57 \text{ mA} \qquad R_1 = 2,17 \text{ k}\Omega$$

Przeliczenie wartości zmierzonych na jednostki podstawowe volt, amper i om:

$$U_1 = 10,02 \text{ V} \qquad I_1 = 0,00457 \text{ A} \qquad R_1 = 2170 \Omega$$

Obliczenie

Iloraz napięcia U i natężenia I stanowi wartość rezystancji

$$R = \frac{U_1}{I_1} = \frac{10,02 \text{ V}}{0,00457 \text{ A}} = 2193 \Omega$$

Różnice są spowodowane niedokładnością wskazań, tolerancją mierzonego elementu i włączeniem miernika do obwodu elektrycznego.

 Iloraz przyłożonego do rezystora napięcia U i płynącego przez rezystor prądu I jest elektryczną rezystancją R

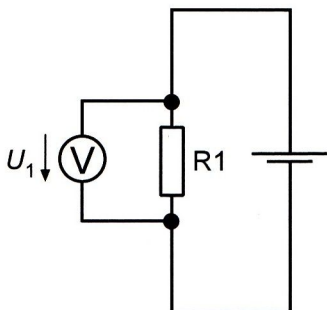
$$R = \frac{U}{I}$$

Napięcie U w V (woltach) (rys. 4.1)

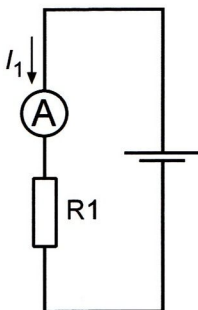
Natężenie I w A (amperach) (rys. 4.2)

Rezystancja R w Ω (omach) (rys. 4.3)

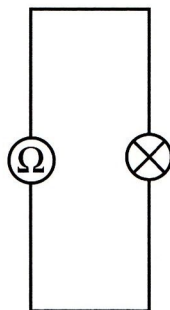
 Tę zależność pomiędzy U , I oraz R nazywamy prawem Ohma.



Rys. 4.1
Napięcie U_1 na rezystorze $R1$



Rys. 4.2
Natężenie prądu I_1
w rezystorze $R1$



Rys. 4.3
Rezystancja R
odbiornika

Jeśli jedna z tych trzech wielkości U , I albo R ma pozostać stała (constans), to na podstawie prawa Ohma wynikają następujące zależności pomiędzy nimi:

$$U = \text{constans: } U = R \cdot I$$

Im większa jest rezystancja, tym mniejsze jest natężenie prądu.

$$I = \text{constans: } I = \frac{U}{R}$$

Im większa rezystancja, tym wyższe napięcie.

$$R = \text{constans: } R = \frac{U}{I}$$

Im większe napięcie, tym większe natężenie prądu.

Rezystancję określa się w elektrotechnice symbolem R . Element o określonej rezystancji nazywa się rezystorem.

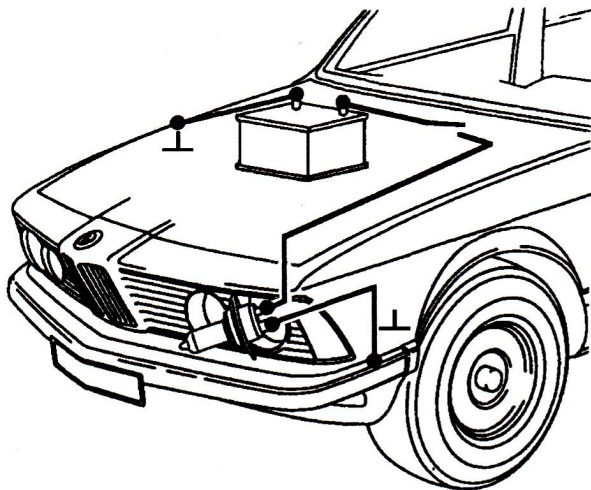
4.2. Straty napięcia

4.2.1. Napięcie w zamkniętym obwodzie elektrycznym

W obwodzie elektrycznym samochodu odbiorniki prądu (lampy, rozrusznik, sygnał dźwiękowy itd.) są połączone przewodami elektrycznymi ze źródłem napięcia (akumulator, prądnica). Rezystancja przewodów, bezpieczników itp. jest niepożądaną przeszkodą dla przepływu prądu. Ruch elektronów we wnętrzu przewodnika jest hamowany na skutek tarcia i zderzania się z innymi atomami.

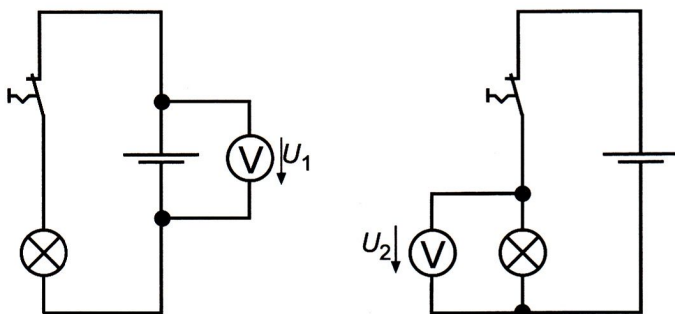
Kiedy przez te wszystkie przeszkody (rezystory) popłynie prąd, wówczas zgodnie z prawem Ohma musi nastąpić spadek napięcia. Taki spadek nazywamy **stratą napięcia**.

W celu dokładnego zbadania spadku napięcia, a tym samym straty napięcia, przyjrzyjmy się obwodowi elektrycznemu reflektora (rys. 4.4 i 4.5). Składa się on ze źródła napięcia (akumulatora), złącza, przewodu doprowadzającego, odbiornika (żarówka) i przewodu powrotnego poprzez nadwozie.



Rys. 4.4

Obwód elektryczny światła reflektora przedniego w samochodzie



Rys. 4.5

Napięcie akumulatora U_1
i napięcie na odbiorniku U_2

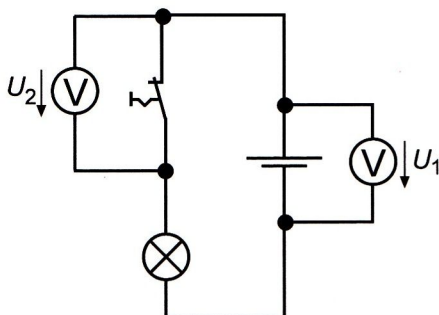
➡ W zamkniętym obwodzie elektrycznym napięcie na odbiorniku jest mniejsze od napięcia źródłowego akumulatora o spadek napięcia na jego rezystancji wewnętrznej i przewodach.

4.2.2 Napięcie w otwartym obwodzie elektrycznym (rys. 4.6)

➡ W otwartym obwodzie elektrycznym napięcie na zaciskach akumulatora jest zawsze takie samo, jak jego napięcie źródłowe. Ponieważ nie płynie żaden prąd, więc nie występują spadki napięcia z powodu rezystancji odbiorników (przewody, żarówki, itp.)

Powiedzenie: Nie ma omów bez przepływu elektronów.

Aby napięcie na odbiornikach, np. na żarówkach światła pozycyjnych, zanadto nie spadło, a tym samym natężenie światła żarówek nie było zbyt małe, należy ograniczyć do minimum straty napięcia w instalacji samochodowej. Rezystancja zestyków i złączy, zanieczyszczonych końcówek biegunowych akumulatora, obluzowanych zacisków do masy wywołuje szkodliwe spadki napięcia.



Rys. 4.6

Pomiar napięcia akumulatora U_1 i napięcia U_2 przy otwartym zestyku

Dopuszczalne spadki napięcia w instalacji o napięciu znamionowym 12 V, według normy DIN 72551

Połączenie akumulator – rozrusznik w chwili uruchamiania	0,5 V
Połączenie prądnica – akumulator (przy napięciu znamionowym)	0,4 V
Pozostałe połączenia (żarówki itp.):	
do 15 W (przewody doprowadzające i powrotne)	0,6 V
ponad 15 W (przewody doprowadzające i powrotne)	0,9 V

4.3. Moc elektryczna

Trzy wielkości: natężenie, napięcie i rezystancja są powiązane ze sobą **prawem Ohma**. Elektrycy (natężenie I) muszą się „przeciskać” przez odbiornik (rezystancja R). Wykonują przy tym pożyteczną pracę; może to być zamiana energii elektrycznej na ciepło w grzejniku, światło w żarówce albo energię mechaniczną w silniku elektrycznym. Im więcej elektronów (prądu) bierze w tym udział albo im większe jest ciśnienie (napięcie), tym większe są efekty. Moc elektryczna P wynika z napięcia U i natężenia prądu I .



$$P = U \cdot I$$

Moc oznaczamy literą P , a jednostką mocy W (wat).

Przykład (rys. 4.7)

Kiedy w instalacji samochodowej 12 V przepływa prąd o natężeniu 5 A przez włókno żarówki H4 świateł drogowych, wówczas żarówka pobiera moc 60 W. Im więcej mocy potrzebuje odbiornik, tym większe jest obciążenie instalacji w samochodzie. Przy wyłączonym silniku, a tym samym prądnicy, akumulator rozładowuje się proporcjonalnie do zapotrzebowania mocy odbiorników i czasu ich pracy. Jeżeli zapomnimy o wyłączeniu świateł, pobór mocy żarówek może doprowadzić do bardzo szybkiego rozładowania akumulatora.

Moc silników spalinowych mierzono wcześniej w koniach mechanicznych (KM). Obecnie znormalizowaną jednostką mocy silnika jest kilowat.

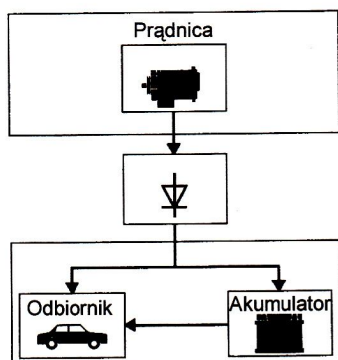
Przy tym:

$$1 \text{ kW} = 1,359 \text{ KM}$$

$$1 \text{ KM} = 0,736 \text{ kW} = 736 \text{ W}$$

Silnik 60-konny jest teraz silnikiem 44-kilowatowym ($60 \text{ KM} \cdot 0,736 = 44,16 \text{ kW}$).

Mówimy o 44 kW, gdyż podając moc silnika, zawsze zaokrągla się ją do pełnych kilowatów.



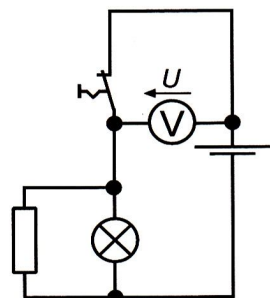
Rys. 4.7
Moc prądnicy, pojemność akumulatora i zapotrzebowanie mocy odbiorników muszą być optymalnie dobrane

Wpływ dodatkowych odbiorników na spadek napięcia w przewodach (rys. 4.8)

Dodatkowe oświetlenie (np. reflektory dodatkowe) często jest montowane szeregowo z istniejącym obwodem seryjnych świateł.

Spadek napięcia w przewodach jest większy, jeżeli podłączy się do nich dodatkowe odbiorniki. Dlatego w odbiornikach, np. w żarówce, jej wydajność świetlna znacznie spada, ponieważ w przewodzie następuje duży **spadek napięcia**. Jednocześnie przewody są przeciążone i się nagrzewają.

Po podłączeniu dodatkowych odbiorników należy zawsze założyć nowe, możliwie najkrótsze, przewody o odpowiednio dużym przekroju.



Rys. 4.8
Spadek napięcia U przy włączonym równolegle dodatkowym odbiorniku (rezystorze)

➡ Większość przewodów w samochodzie, wykonanych z miedzi, ma określoną długość. Ograniczenie spadków napięcia jest możliwe tylko dzięki właściwemu doborowi ich przekroju (tablica 4.1).

Tablica 4.1. Dopuszczalne obciążenia przewodów miedzianych

Przekrój znamionowy [mm ²]	Dopuszczalny trwały prąd [A]
0,5	11
0,75	15
1,5	24
2,5	32
4,0	42
10	73
16	98

4.4. Rezystywność przewodnika

Wpływ długości przewodnika (rys. 4.9)



Rys. 4.9

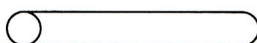
Elektrony muszą przebyć dłuższą drogę

Długość przewodnika

mniejsza

 $l = 1 \text{ m}$

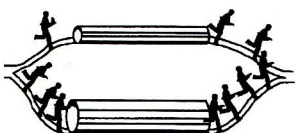
większa



Taki sam przekrój.

Im dłuższy przewodnik, tym większa rezystancja.

Wpływ przekroju przewodnika A (rys. 4.10)



Rys. 4.10

Elektrony wędrują chętniej przez duży otwór

Przekrój

cieńszy

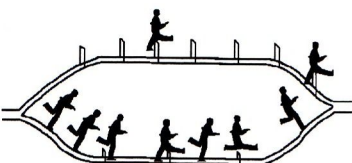
 $l = 1 \text{ m}$

grubszy



Im większy przekrój, tym mniejsza rezystancja.

Wpływ materiału (rys. 4.11)



Rys. 4.11

Niektóre materiały są dla elektronów wielką przeszkodą

Materiał, z którego wykonano przewodnik

nikiel

miedź

srebro



Są dobre i złe przewodniki prądu elektrycznego.

Rezystancja materiału przewodnika o długości 1 m i przekroju 1 mm² w temperaturze 20°C nazywa się rezystywnością ρ .

Znając długość przewodnika l , jego przekrój A i rezystywność ρ (stała materiałowa), rezystancję R przewodnika można wyrazić za pomocą wzoru

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

gdzie:

R – rezystancja przewodnika w Ω ,

ρ – rezystywność w $\Omega \cdot m$ lub $\Omega \cdot mm^2/m$,

l – długość przewodnika w m lub mm ,

A – pole przekroju poprzecznego przewodnika w m^2 lub mm^2 .

Tablica 4.2. Rezystywność różnych metali

Materiał przewodnika	Rezystywność ρ [$\Omega \cdot mm^2/m$]
Srebro	0,016
Miedź	0,0178
Aluminium	0,029
Żelazo	0,10

4.5. Połączenia równoległe i szeregowe

4.5.1. Połączenie szeregowe

Problem

Dlaczego w przypadku uszkodzenia bezpiecznika przez odbiornik nie płynie prąd?

Rozwiązanie

Bezpiecznik jest połączony z odbiornikiem szeregowo (rys. 4.12).

Przykłady połączeń szeregowych w samochodzie

Oświetlenie tablicy rozdzielczej, dmuchawa ogrzewania o kilku prędkościach, cewka zapłonowa z rezystorami wstępnymi, rezystory przeciwzakłóceniami, świece żarowe starszego rodzaju.

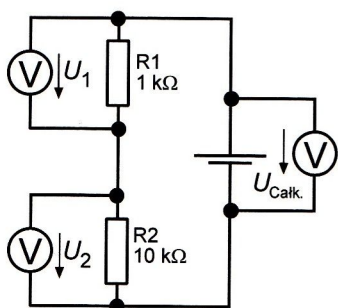
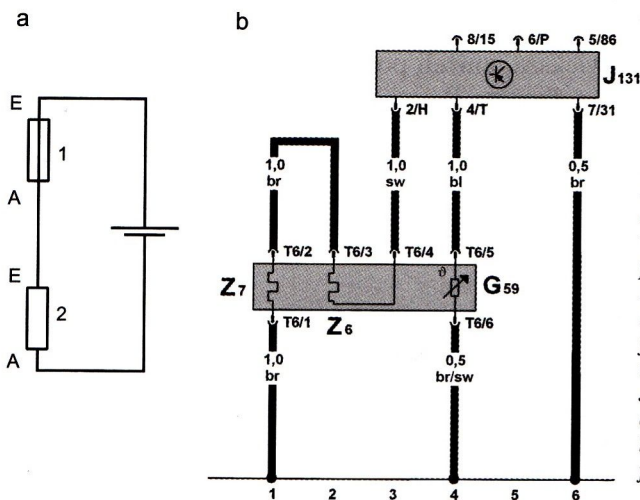
 W połączeniach szeregowych obwód w żadnym miejscu nie może się rozgałęziać na kilka obwodów. Przerwa w jednym miejscu powoduje przerwanie całego obwodu.

Napięcie (rys. 4.13)

W połączeniu szeregowym w każdym odcinku przewodnika jest część napięcia całego obwodu. W miejscach o większej rezystancji jest także większe napięcie.

 W połączeniu szeregowym suma napięć składowych stanowi napięcie całkowite obwodu.

$$U_{\text{Całk}} = U_1 + U_2$$

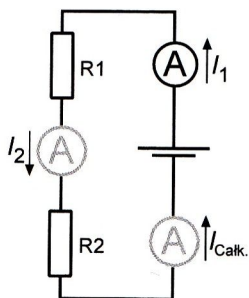


Rys. 4.13
Napięcia przy połączeniu szeregowym

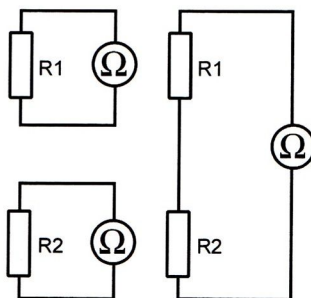
Natężenie prądu (rys. 4.14)

W połączeniu szeregowym we wszystkich miejscach obwodu płynie taki sam prąd. Cechą szczególną połączenia szeregowego jest niezmiennosc natężenia prądu.

$$I_{\text{Calc}} = I_1 = I_2$$



Rys. 4.14
Natężenia przy połączeniu szeregowym



Rys. 4.15
Pomiar rezystancji składowych i zastępczej

Rezystancja (rys. 4.15)

Całkowita rezystancja $R_{\text{Całk}}$ jest większa, aniżeli poszczególne rezystancje R_1 albo R_2 . Suma R_1 i R_2 jest rezystancją całkowitą $R_{\text{Całk}}$.

➔ W połączeniu szeregowym całkowita rezystancja (rezystancja zastępcza) jest równa sumie rezystancji składowych.

$$R_{\text{Całk}} = R_1 + R_2$$

4.5.2. Połączenie równoległe

Problem

Dlaczego po przepaleniu się jednej żarówki w samochodzie, np. światła tylnego, działają jednak wszystkie pozostałe światła?

Rozwiązanie

Żarówki w samochodzie są połączone ze źródłem napięcia równoległe (rys. 4.16).

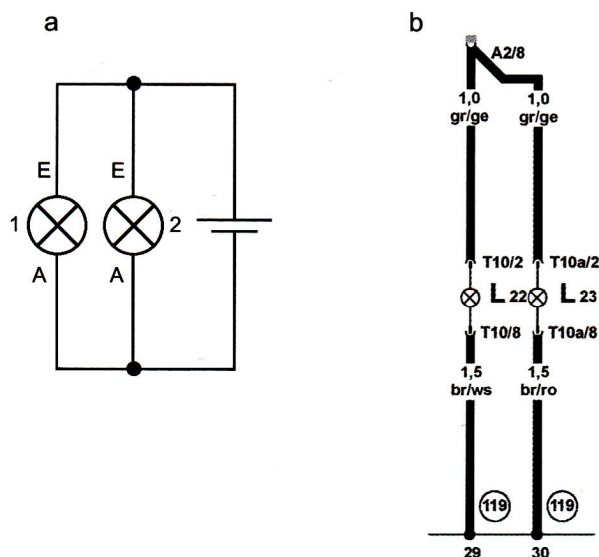
Przykłady połączeń równoległych w samochodzie

Wszelkiego rodzaju oświetlenie, ogrzewanie szyby tylnej, świece żarowe nowszego rodzaju.

➔ W obwodach równoległych prąd rozdziela się na poszczególne odbiorniki. Awaria jednego z nich nie ma wpływu na działanie pozostałych odbiorników.

Napięcie

Napięcia U_1 i U_2 są takie same, jak napięcie całkowite $U_{\text{Całk}}$ (rys. 4.17). Cechą wyróżniającą połączenie równoległe jest niezmiennosc napięcia.



Rys. 4.16

a) zasada połączenia równoległego: wszystkie wejścia E i wszystkie wyjścia A są połączone odpowiednio z tym samym biegunem źródła napięcia
L 22 – lewy reflektor przeciwmgłowy, L23 – prawy reflektor przeciwmgłowy
b) schemat elektryczny reflektorów przeciwmgłowych

Rezystancja (rys. 4.15)

Całkowita rezystancja $R_{\text{Całk}}$ jest większa, aniżeli poszczególne rezystancje R_1 albo R_2 . Suma R_1 i R_2 jest rezystancją całkowitą $R_{\text{Całk}}$.

➡ W połączeniu szeregowym całkowita rezystancja (rezystancja zastępcza) jest równa sumie rezystancji składowych.

$$R_{\text{Całk}} = R_1 + R_2$$

4.5.2. Połączenie równoległe

Problem

Dlaczego po przepaleniu się jednej żarówki w samochodzie, np. światła tylnego, działają jednak wszystkie pozostałe światła?

Rozwiązanie

Żarówki w samochodzie są połączone ze źródłem napięcia równoległe (rys. 4.16).

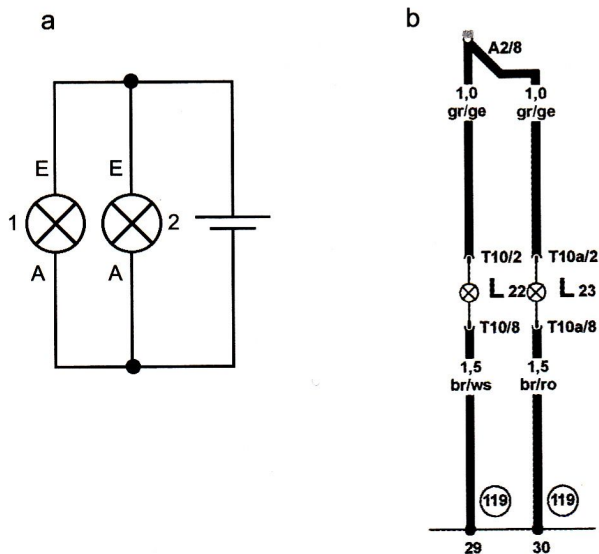
Przykłady połączeń równoległych w samochodzie

Wszelkiego rodzaju oświetlenie, ogrzewanie szyby tylnej, świece żarowe nowszego rodzaju.

➡ W obwodach równoległych prąd rozdziela się na poszczególne odbiorniki. Awaria jednego z nich nie ma wpływu na działanie pozostałych odbiorników.

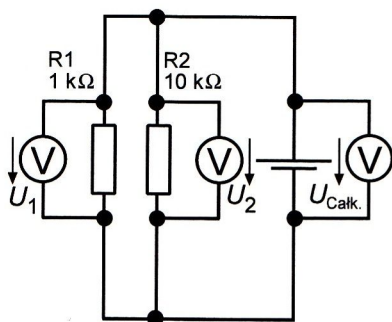
Napięcie

Napięcia U_1 i U_2 są takie same, jak napięcie całkowite $U_{\text{Całk}}$ (rys. 4.17). Cechą wyróżniającą połączenie równoległe jest niezmiennosc napięcia.



Rys. 4.16

a) zasada połączenia równoległego: wszystkie wejścia E i wszystkie wyjścia A są połączone odpowiednio z tym samym biegunem źródła napięcia L 22 – lewy reflektor przeciwnieświatłowy, L23 – prawy reflektor przeciwnieświatłowy
b) schemat elektryczny reflektorów przeciwnieświatłowych



Rys. 4.17

Napięcia przy połączeniu równoległym

➡ W każdej gałęzi obwodu w połączeniu równoległym występuje jednakowa wartość napięcia.

$$U_{\text{Całk}} = U_1 = U_2$$

Natężenie prądu

Prąd przewodami rozplywa się do poszczególnych odbiorników. Prądy płynące przez poszczególne odbiorniki nazywamy prądami składowymi. Przy mniejszej rezystancji płynie większy prąd. Prądy składowe I_1 oraz I_2 tworzą prąd całkowity $I_{\text{Całk}}$ (rys. 4.18).

➡ Suma natężeń składowych tworzy natężenie całkowite.

$$I_{\text{Całk}} = I_1 + I_2$$

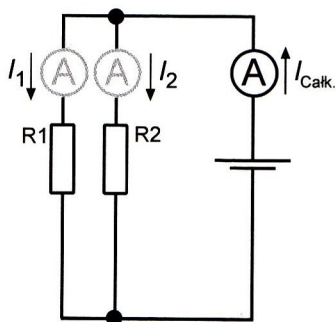
Rezystancja

Rezystancja całkowita $R_{\text{Całk}}$ (rezystancja zastępcza) jest mniejsza, aniżeli poszczególne rezystancje składowe R_1 i R_2 (rys. 4.19).

➡ Rezystancja całkowita jest zawsze mniejsza od najmniejszej rezystancji składowej.

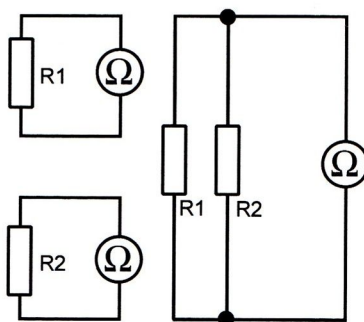
$$\frac{1}{R_{\text{Całk}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R_{\text{Całk}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$



Rys. 4.18

Natężenia przy połączeniu równoległym

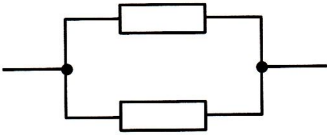
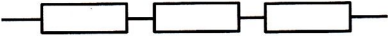
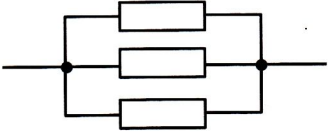


Rys. 4.19

Pomiar rezystancji składowych i rezystancji zastępczej

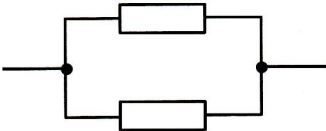
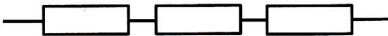
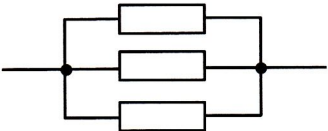
4.5.3. Przegląd

Tablica 4.3.

Połączenie szeregowe	Połączenie równoległe
	
Napięcie	
Napięcie całkowite jest sumą napięć składowych $U_{\text{Całk}} = U_1 + U_2$	Na każdym rezystorze występuje napięcie całkowite $U_{\text{Całk}} = U_1 = U_2$
Prąd	
W każdym miejscu obwodu jest takie samo natężenie prądu $I_{\text{Całk}} = I_1 = I_2$	Natężenie całkowite jest sumą natężeń składowych $I_{\text{Całk}} = I_1 + I_2$
Rezystancja	
Rezystancja całkowita jest sumą rezystancji składowych $R_{\text{Całk}} = R_1 + R_2$	Rezystancja całkowita jest mniejsza od najmniejszej rezystancji składowej $\frac{1}{R_{\text{Całk}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad R_{\text{Całk}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$
Po dodaniu kolejnego rezystora powstaje następujący układ:	
	
Napięcie	
Napięcie rozdziela się proporcjonalnie do wartości rezystancji	Napięcie pozostaje takie samo
Prąd	
Natężenie całkowite jest mniejsze	Natężenie całkowite jest większe

4.5.3. Przegląd

Tablica 4.3.

Połączenie szeregowe	Połączenie równoległe
	
Napięcie	
Napięcie całkowite jest sumą napięć składowych $U_{\text{Całk}} = U_1 + U_2$	Na każdym rezystorze występuje napięcie całkowite $U_{\text{Całk}} = U_1 = U_2$
Prąd	
W każdym miejscu obwodu jest takie samo natężenie prądu $I_{\text{Całk}} = I_1 = I_2$	Natężenie całkowite jest sumą natężeń składowych $I_{\text{Całk}} = I_1 + I_2$
Rezystancja	
Rezystancja całkowita jest sumą rezystancji składowych $R_{\text{Całk}} = R_1 + R_2$	Rezystancja całkowita jest mniejsza od najmniejszej rezystancji składowej $\frac{1}{R_{\text{Całk}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad R_{\text{Całk}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$
Po dodaniu kolejnego rezystora powstaje następujący układ:	
	
Napięcie	
Napięcie rozdziela się proporcjonalnie do wartości rezystancji	Napięcie pozostaje takie samo
Prąd	
Natężenie całkowite jest mniejsze	Natężenie całkowite jest większe

Tablica 4.3 cd.

Rezystancja	
Rezystancja całkowita jest większa $R_{\text{Całk}} = R_1 + R_2 + R_3$	Rezystancja całkowita jest mniejsza $\frac{1}{R_{\text{Całk}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

4.6. Obwody mieszane

Problem

Prawie zawsze w samochodzie są obwody, które nie są tylko połączeniami szeregowymi lub tylko równoległymi. W rzeczywistości to kombinacje obu rodzajów połączeń. Takie połączenia nazywamy **mieszanymi**.

Przykład

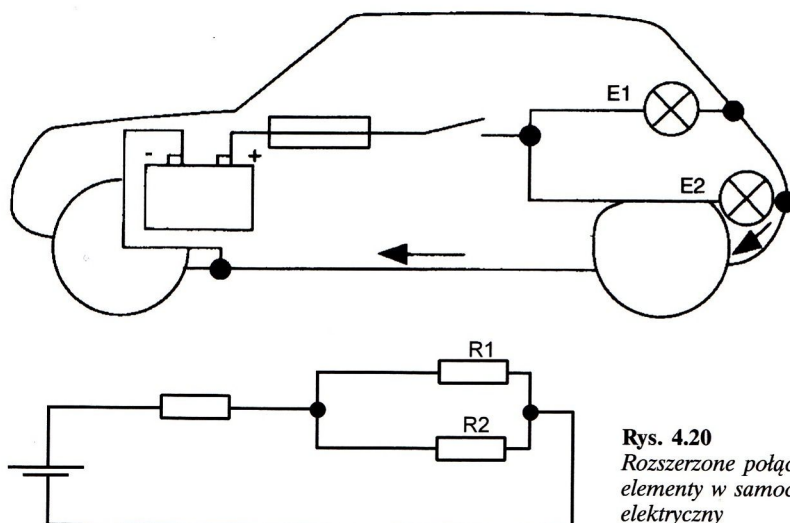
Obwód elektryczny świateł hamowania w samochodzie.

4.6.1. Rozszerzone połączenie szeregowe

Obwód świateł hamowania jest zasilany prądem z akumulatora poprzez bezpiecznik i włącznik świateł hamowania, przewodem głównym prowadzącym do bagażnika. Tutaj następuje rozgałęzienie tego przewodu do lewego i prawego światła hamowania. Przewodem powrotnym jest masa (nadwozie).

Włącznik, bezpiecznik i przewód doprowadzający aż do miejsca jego rozgałęzienia są jednym rezystorem o połączeniu szeregowym, które przechodzi w połączenie równoległe obu świateł hamowania.

Takie połączenie nazywamy **rozszerzonym połączeniem szeregowym** (rys. 4.20).

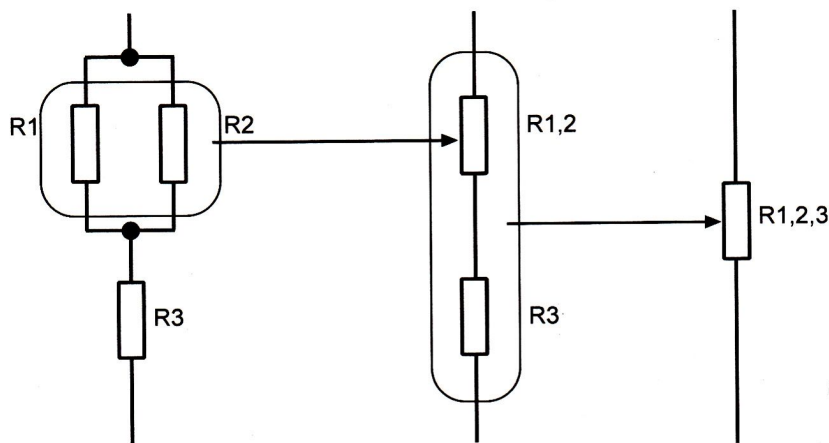


Rys. 4.20

Rozszerzone połączenie szeregowe:
elementy w samochodzie i schemat
elektryczny

Ustalenie całkowitej rezystancji

W rozszerzonym połączeniu szeregowym można najpierw wszystkie szeregowo połączone rezystory połączyć w jedną tzw. rezystancję zastępczą (rys. 4.21).



Rys. 4.21

Ustalenie całkowitej rezystancji złożonego połączenia szeregowego

Połączenie zostaje, dla uproszczenia, sprowadzone do jednego połączenia szeregowego.

Przykład

$$R_1 = 470 \, \Omega$$

$$R_2 = 1 \, \text{k}\Omega$$

$$R_3 = 2,2 \, \text{k}\Omega$$

Krok 1.

Obliczenie rezystancji zastępczej $R_{1,2}$ w obwodzie połączonym równolegle, składającym się z rezystorów R_1 i R_2 .

$$R_{1,2} = \frac{470 \cdot 1000}{470 + 1000} \approx 320 \, \Omega$$

➡ Rezystory o takim samym napięciu są połączone równolegle.

$$R_{1,2} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Krok 2.

Obliczenie rezystancji całkowitej $R_{1,2,3}$ z połączenia szeregowego $R_{1,2}$ i R_3 .

$$R_{1,2,3} = 320 + 2200 = 2520 \, \Omega$$

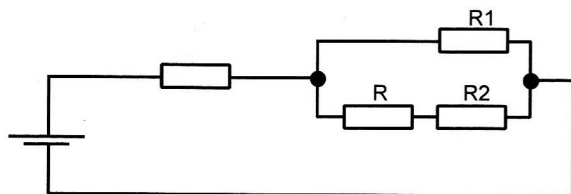
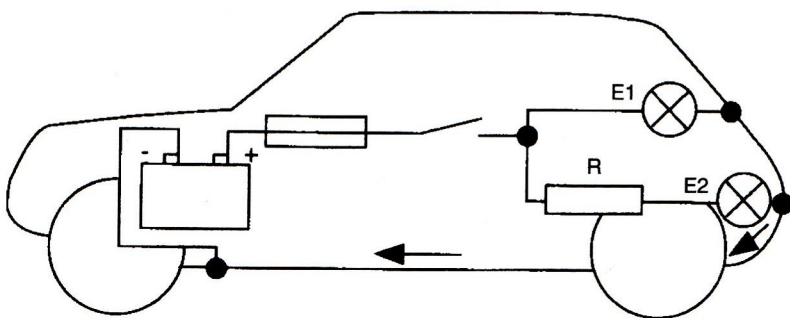
➡ Rezystory o takim samym natężeniu prądu są połączone szeregowo.

$$R_{1,2,3} = R_{1,2} + R_3$$

4.6.2. Rozszerzone połączenie równoległe

Jeżeli na skutek np. korozji w oprawce lampy świateł hamowania powstanie tzw. rezystancja przejścia R , wówczas w tym miejscu pojawi się, podłączony szeregowo, dodatkowy rezystor, którego nie ma w drugiej lampie.

Ten dodatkowy rezystor R połączony jest z żarówką $E2$ szeregowo. Jednak wspólnie z pozostałą żarówką $E1$ tworzą one połączenie równoległe. Takie połączenie nazywamy **rozszerzonym połączeniem równoległym** (rys. 4.22).



Rys. 4.22
Rozszerzone połączenie
równoległe:
elementy w samochodzie i schemat
elektryczny

W rozszerzonym połączeniu równoległym można najpierw skomasować połączone w szereg rezystory i obliczyć ich rezystancję zastępczą. Dla uproszczenia cały obwód traktujemy jako połączenie szeregowo.

Przykład

$$R_1 = 470 \, \Omega$$

$$R_2 = 1 \, \text{k}\Omega$$

$$R_3 = 2,2 \, \text{k}\Omega$$

Krok 1.

Obliczenie rezystancji zastępczej $R_{1,2}$ dla obu połączonych szeregowo rezystorów R_1 i R_2 .

$$R_{1,2} = 470 + 1000 = 1470 \, \Omega$$

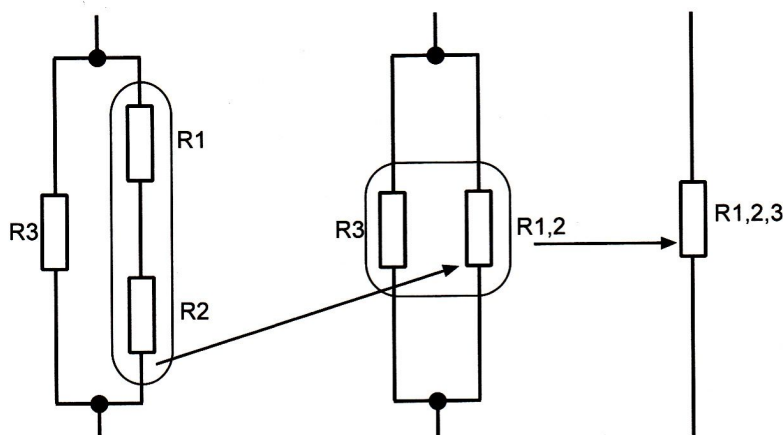


Rezystory o takim samym natężeniu prądu są połączone szeregowo.

$$R_{1,2} = R_1 + R_2$$

Krok 2.

Obliczenie rezystancji całkowitej $R_{1,2,3}$ połączenia równoległego $R_{1,2}$ oraz R_3 (rys. 4.23).

**Rys. 4.23**

Rezystancja całkowita złożonego połączenia równoległego rezystorów

$$R_{1,2,3} = \frac{1470 \cdot 2200}{1470 + 2200} \approx 881 \, \Omega$$



Rezystory o takim samym napięciu są połączone równolegle.

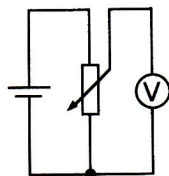
$$R_{1,2,3} = \frac{R_{1,2} \cdot R_3}{R_{1,2} + R_3}$$

4.7. Dzielnik napięcia, potencjometr

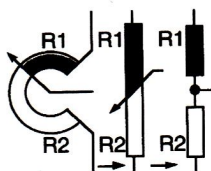
Potencjometr jest regulowanym dzielnikiem napięcia. Za pomocą pokrętła można uzyskać różne wartości rezystancji.

4.7.1. Nieobciążony dzielnik napięcia

Obracając pokrętło potencjometru, można zmieniać napięcie U w zakresie od 0 V do napięcia akumulatora U_B (rys. 4.24 i 4.25).

**Rys. 4.24**

Potencjometr bez obciążenia

**Rys. 4.25**

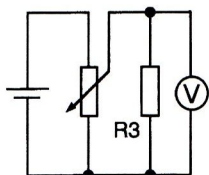
Nieobciążony potencjometr jako połączenie szeregowe dwóch rezystorów



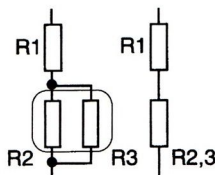
Bez obciążenia potencjometr stanowi szeregowe połączenie dwóch rezystorów R_1 i R_2 , których łączna rezystancja jest zawsze stała.

4.7.2. Obciążony dzielnik napięcia

Pod obciążeniem napięcie składowe, przy takim samym ustawieniu potencjometru, jest mniejsze aniżeli bez obciążenia. Na skutek podłączenia obciążenia w postaci rezystora R_3 z początkowego połączenia szeregowego dwóch rezystorów utworzyło się połączenie mieszane trzech rezystorów. Rezystancja rezystora zastępczego $R_{2,3}$ jest, dzięki połączeniu równoległemu, mniejsza aniżeli rezystora R_2 . W ten sposób napięcie U jest mniejsze, gdyż R_1 pozostaje bez zmian (rys. 4.26 i 4.27).



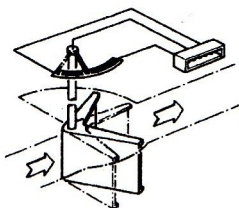
Rys. 4.26
Potencjometr z obciążeniem



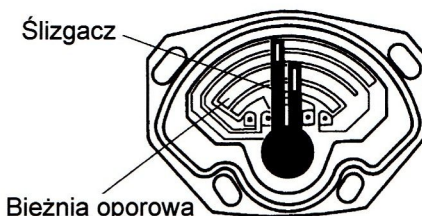
Rys. 4.27
Obciążony dzielnik napięcia jako połączenie mieszane

➔ Za pomocą dzielnika napięcia o zmiennej rezystancji, czyli potencjometru, w zależności od ustawienia można wybierać różne napięcia. W celu uniknięcia znacznego spadku napięcia w dzielniku rezystor obciążający (rezystancja odbiornika) nie powinien być zbyt mały.

Przykłady dzielników napięcia w samochodzie pokazano na rysunkach 4.28 i 4.29.



Rys. 4.28
Zasada działania przepływomierza powietrza

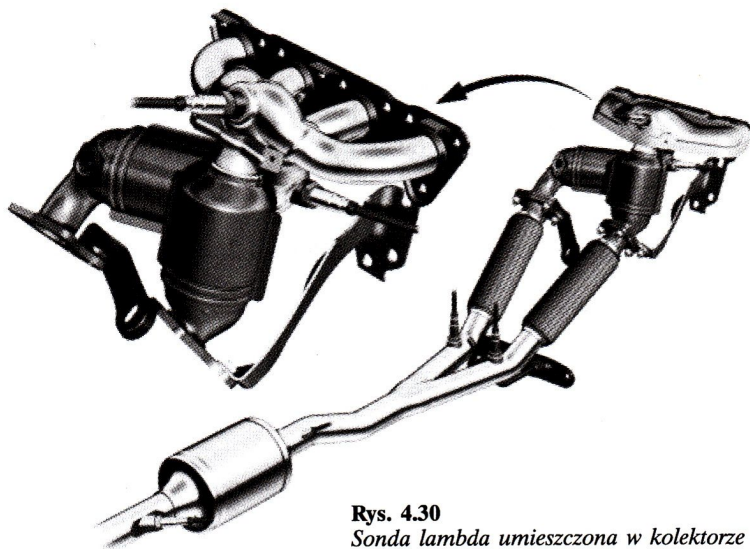


Rys. 4.29
Ustalanie obciążenia za pomocą potencjometru przepustnicy w Mono-Jetronic/Motronic

4.8. Rezystory zależne od temperatury

4.8.1. Rezystory PTC

W samochodach z regulowanymi katalizatorami konieczna jest sonda lambda. Jest ona umieszczona w rurze wylotowej i przekazuje do urządzenia sterującego silnika informacje służące regulacji składu mieszanki paliwowo-powietrznej. Aby sonda lambda mogła działać bez zakłóceń, musi pracować w temperaturze około 250°C. Dlatego niektóre sondy lambda są ogrzewane, szczególnie wtedy, kiedy są zamontowane



Rys. 4.30

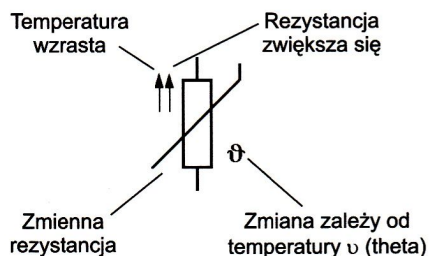
Sonda lambda umieszczona w kolektorze wylotowym silnika FSI

w układzie wylotowym daleko od silnika. Element grzewczy sondy lambda zachowuje się podobnie jak żarnik żarówki. Metalowe włókno żarnika przypomina spiralę grzewczą sondy. Nie ma znaczenia, czy ogrzewanie sondy następuje na skutek przepływu prądu (ogrzewanie własne), czy od zewnętrznego źródła ciepła (ogrzewanie obce). Sonda lambda może być ogrzewana przepływającym prądem elektrycznym albo opływającymi ją gorącymi spalinami (rys. 4.30)

Zastosowanie w samochodzie

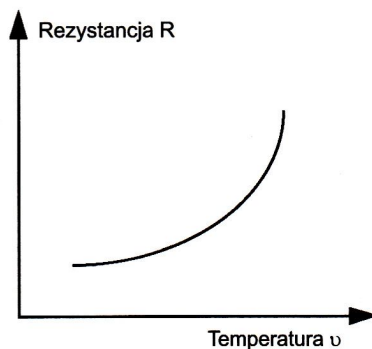
Element grzewczy wstępnego podgrzewania mieszanki, urządzenie rozruchu zimnego silnika, ogrzewanie lusterka zewnętrznego, ogrzewanie szyby tylnej, ogrzewanie siedzenia itd.

Skrót PTC pochodzi od nazwy *Positive Temperature Coefficient* (dodatni współczynnik temperaturowy). Dla rezystorów PTC obowiązuje następująca zasada (rys. 4.31 i 4.32).



Rys. 4.31

Objaśnienie symbolu graficznego



Rys. 4.32

Charakterystyka rezystora PTC

➡ *Im wyższa temperatura, tym większa rezystancja. Im niższa temperatura, tym mniejsza rezystancja.*

Rezystory, które w stanie zimnym lepiej przewodzą prąd niż po ogrzaniu, nazywamy nadprzewodnikami.

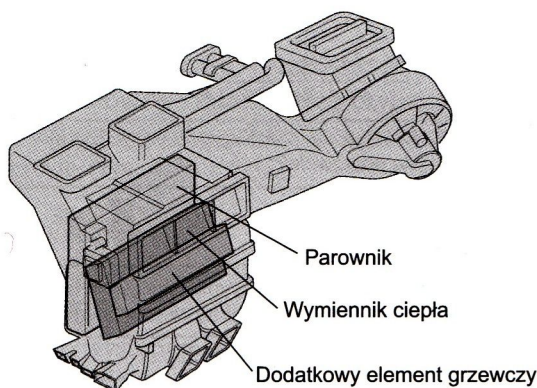
Przykład rezystora PTC w samochodzie: dodatkowy element grzewczy

Współczesne silniki wysokoprężne mają tak dobrą sprawność, że oddają niewiele ciepła.

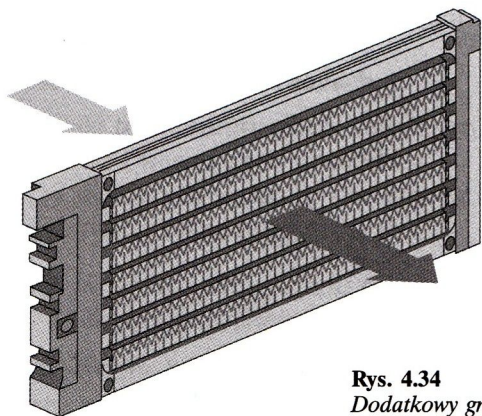
Dlatego dodatkowy element grzewczy wspomaga wymiennik ciepła w szybkim ogrzaniu wnętrza samochodu. Jest on umieszczony w strudze powietrza za parownikiem i połączony z wymiennikiem ciepła.

Dodatkowy element grzewczy składa się z ceramicznych nadprzewodników i żeberek.

Po włączeniu dodatkowego elementu grzewczego przez rezystory płynie prąd i rozgrzewa żebierka, które oddają ciepło opływającej je strudze powietrza. Ponieważ ze wzrostem temperatury rośnie rezystancja, struga powietrza zmniejsza się, żeby nie doprowadzić do przegrzania wnętrza samochodu.



Rys. 4.33
Polożenie dodatkowego elementu grzewczego



Rys. 4.34
Dodatkowy grzejnik w strudze powietrza

UKŁAD CHŁODZENIA

ELEC



EAS00812

6. Czujnik temperatury cieczy chłodzącej

- Wymontować czujnik temperatury cieczy chłodzącej z obudowy termostatu
- Podłączyć kieszonkowy miernik uniwersalny ($\Omega \times 1k$) do czujnika temperatury cieczy chłodzącej ①, patrz rysunek.
- Zanurzyć czujnik temperatury cieczy chłodzącej w naczyniu ② z cieczą chłodzącą

WSKAZÓWKA

Zaciski złącz czujnika temperatury cieczy chłodzącej nie mogą być mokre

- Umieścić w naczyniu z cieczą chłodzącą termometr ③
- Powoli ogrzać ciecz chłodzącą, a następnie ochładzać do temperatury podanej na wykresie
- Sprawdzać rezystancję czujnika temperatury cieczy chłodzącej w podanych na wykresie temperaturach



Rezystancja czujnika temperatury cieczy chłodzącej

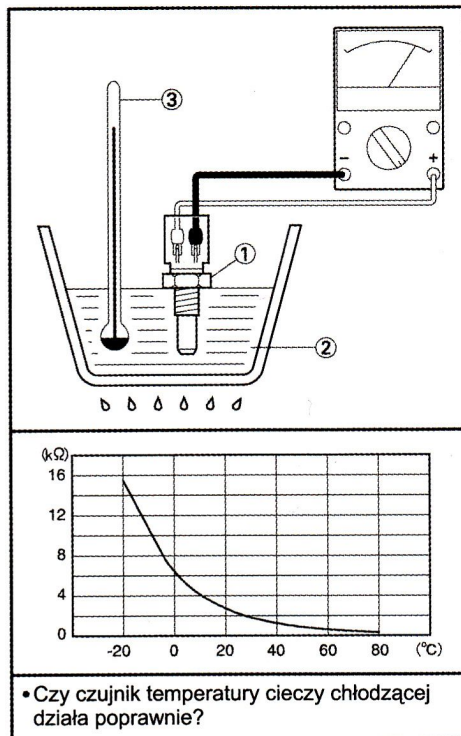
0°C: 5,21 ~ 6,37 k Ω

80°C: 0,29 ~ 0,35 k Ω



OSTRZEŻENIA

- Bardzo ostrożnie obchodzić się z czujnikiem temperatury cieczy chłodzącej
- Chronić czujnik przed silnymi wstrząsami. Jeżeli czujnik temperatury cieczy chłodzącej upadnie na ziemię, należy go wymienić



- Czy czujnik temperatury cieczy chłodzącej działa poprawnie?



TAK

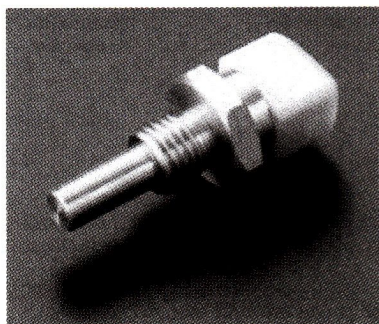


NIE

Wymienić czujnik temperatury cieczy chłodzącej

Rys. 4.35

Fragmety instrukcji napraw samochodu



Rys. 4.36

Czujnik temperatury cieczy chłodzącej

UKŁAD CHŁODZENIA

ELEC



EAS00812

6. Czujnik temperatury cieczy chłodzącej

- Wymontować czujnik temperatury cieczy chłodzącej z obudowy termostatu
- Podłączyć kieszonkowy miernik uniwersalny ($\Omega \times 1k$) do czujnika temperatury cieczy chłodzącej ①, patrz rysunek.
- Zanurzyć czujnik temperatury cieczy chłodzącej w naczyniu ② z cieczą chłodzącą

WSKAZÓWKA

Zaciski złącz czujnika temperatury cieczy chłodzącej nie mogą być mokre

- Umieścić w naczyniu z cieczą chłodzącą termometr ③
- Powoli ogrzać ciecz chłodzącą, a następnie ochładzać do temperatury podanej na wykresie
- Sprawdzać rezystancję czujnika temperatury cieczy chłodzącej w podanych na wykresie temperaturach



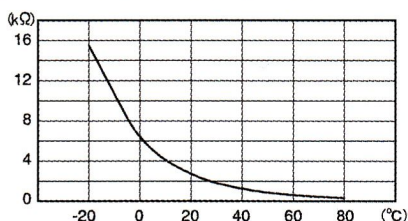
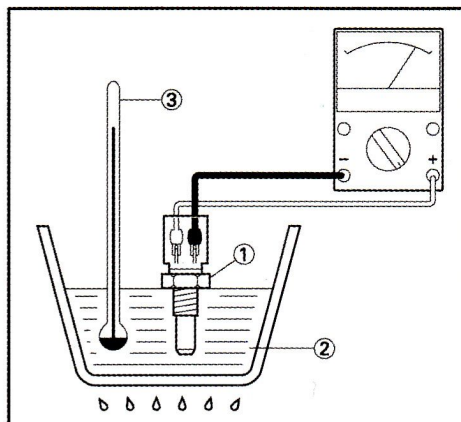
Rezystancja czujnika temperatury cieczy chłodzącej

0°C: 5,21 ~ 6,37 k Ω

80°C: 0,29 ~ 0,35 k Ω

⚠ OSTRZEŻENIA

- Bardzo ostrożnie obchodzić się z czujnikiem temperatury cieczy chłodzącej
- Chronić czujnik przed silnymi wstrząsami. Jeżeli czujnik temperatury cieczy chłodzącej upadnie na ziemię, należy go wymienić



- Czy czujnik temperatury cieczy chłodzącej działa poprawnie?

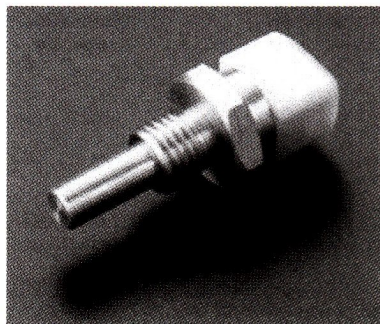
↓ TAK

↓ NIE

Wymienić czujnik temperatury cieczy chłodzącej

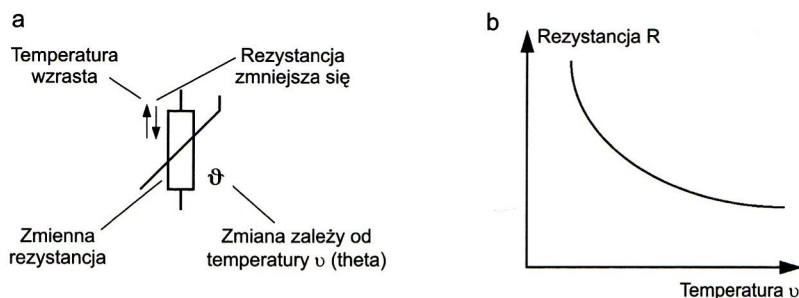
Rys. 4.35

Fragmety instrukcji napraw samochodu



Rys. 4.36

Czujnik temperatury cieczy chłodzącej



Rys. 4.37

a) objaśnienie symbolu graficznego

b) charakterystyka rezystora NTC

4.8.2. Rezystory NTC

Skrót NTC pochodzi od nazwy *Negative Temperature Coefficient* (ujemny współczynnik temperaturowy).

Obecnie do pomiaru temperatury są używane głównie rezystory NTC. Zmiany rezystancji mogą być kontrolowane w ramach poszukiwania usterek i sprawdzania elementów.

Na rysunku 4.35 przedstawiono fragment oryginalnej instrukcji sprawdzania elementów. W ramach tych czynności jest także sprawdzana rezystancja czujnika w zależności od wartości temperatury. Wartości pośrednie można odczytać na wykresie (rys. 4.36 i 4.37).

Wynik

Im wyższa temperatura, tym mniejsza rezystancja.

Takiej właściwości nie można już wyjaśnić przepływem strumienia elektronów, jak to występuje w metalowych przewodach elektrycznych. Rezystory NTC są elementami półprzewodnikowymi i, jak sama nazwa wskazuje, znajdują się pośrodku między przewodnikami i nieprzewodnikami. Rezystory NTC mają takie właściwości, jak elementy omówione w dalszej części książki (diody, tranzystory).

Zastosowania w samochodach

Czujniki temperatury cieczy chłodzącej, powietrza i oleju. Pomiar temperatury na zewnątrz i wewnątrz samochodu.

W niektórych starszych samochodach do pomiaru temperatury cieczy chłodzącej używano także rezystorów PTC.

➡ Im wyższa temperatura, tym mniejsza rezystancja. Im niższa temperatura, tym większa rezystancja.

Rezystory, które w stanie gorącym lepiej przewodzą prąd niż zimne, nazywamy termistorami.

4.9. Kondensator

4.9.1. Kondensator jako magazyn ładunków elektrycznych

Problem

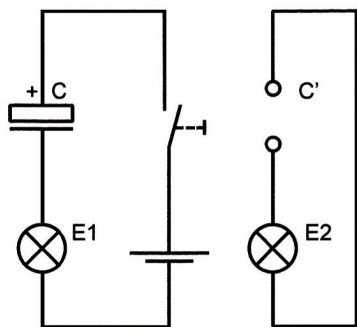
Kondensator zostaje połączony poprzez żarówkę ze źródłem napięcia. Po zamknięciu obwodu elektrycznego żarówka E1 na krótko rozbłyśka. Kondensator zostaje odłączony od lewego obwodu i włączony w obwód prawy w miejscu C' (rys. 4.38).

W obwodzie, składającym się z żarówki E2 i kondensatora, żarówka także na krótko rozbłyśka.

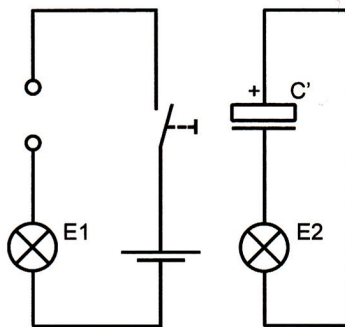
Rozwiązanie

W chwili połączenia (lewy obwód) musiał przez chwilę popłynąć prąd, gdyż żarówka E1 się świeciła. To samo dotyczy obwodu prawego, który składa się tylko z kondensatora i żarówki E2 (rys. 4.39). Doświadczenie dowodzi, że:

➡ kondensator może gromadzić energię elektryczną.



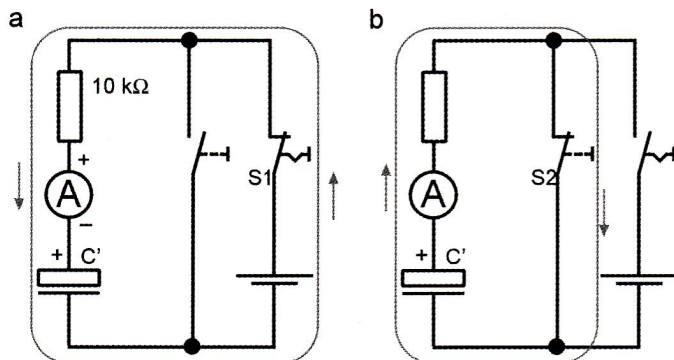
Rys. 4.38
Schemat ładowania kondensatora



Rys. 4.39
Schemat rozładowywania kondensatora

4.9.2. Kierunek przepływu prądu

Zbudujcie stanowisko doświadczalne zgodnie ze schematem (rys. 4.40). Funkcję odbiornika pełni rezystor $10\text{ k}\Omega$.



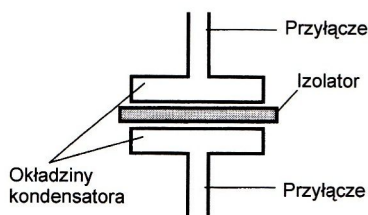
Rys. 4.40
Schemat przepływu prądu
a) ładowanie kondensatora,
b) rozładowywanie kondensatora

Po zamknięciu obwodu zestykiem przesuwным S1 miernik pokaże przez krótką chwilę **biegunowość dodatnią**. Oznacza to, że prąd płynie od bieguna dodatniego źródła prądu w kierunku oznaczonej (+) okładziny (bieguna) kondensatora.

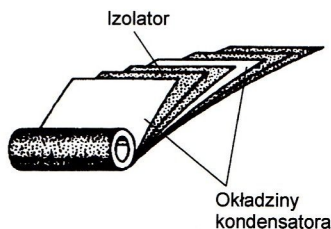
Po przerwaniu obwodu zestykiem S1 i zamknięciu zestyku S2 miernik pokaże przez krótki czas biegunowość ujemną. Oznacza to, że prąd płynie od strony okładziny (bieguna) kondensatora oznaczonej (+).

4.9.3. Budowa

Kondensator składa się z dwóch odizolowanych od siebie okładzin (rys. 4.41). Pojemność (zdolność gromadzenia ładunku) zależy od powierzchni okładzin, a nie od ich grubości. W celu zmieszczenia w niewielkiej przestrzeni jak największej powierzchni okładzin zwią się w wałek dwie metalowe folie, rozdzielone warstwą papieru, pełniącego funkcję izolatora (rys. 4.42).



Rys. 4.41
Budowa kondensatora



Rys. 4.42
Kondensator (realizacja techniczna)

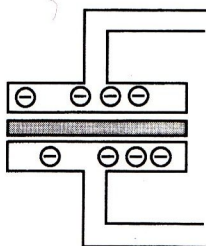
4.9.4. Zasada działania

Kondensator nienaładowany (rys. 4.43)

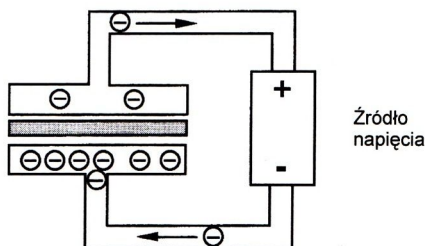
Okładziny są neutralne. Na każdej z nich znajduje się tyle samo ujemnych nośników ładunków (elektronów).

Proces ładowania (rys. 4.44)

Dodatni biegun źródła napięcia odbiera elektrony górnej okładzinie. Ujemny biegun źródła prądu wtłacza tę samą ilość elektronów na dolną okładzinę.



Rys. 4.43
Schemat kondensatora
nienaładowanego



Rys. 4.44
Schemat ładowania kondensatora

W stanie naładowanym napięcie kondensatora jest równe napięciu źródła prądu. Wówczas nie płynie już żaden prąd. Kondensator zachowuje się jak izolator.

Proces rozładowania (rys. 4.45)

Kiedy połączymy obie naładowane okładziny poprzez rezystor, wtedy ładunki mogą się ponownie wyrównać. Napięcie na kondensatorze spada do zera.



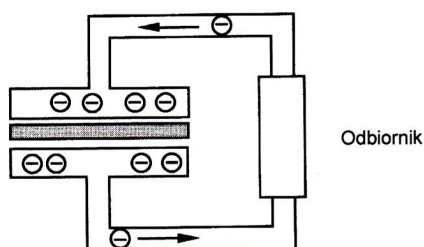
Kondensator gromadzi ładunek elektryczny. Zdolność gromadzenia ładunku przez kondensator nazywamy pojemnością.

Wielkość elektryczna: pojemność

Oznaczenie: C

Jednostka: farad

Skrót: F



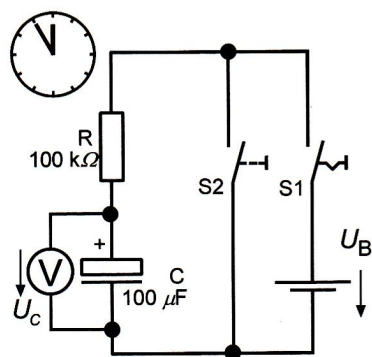
Rys. 4.45

Schemat rozładowywania kondensatora

W kondensatorach elektrolitycznych jedną powierzchnię okładziny tworzy ciecz przewodząca elektryczność (elektrolit). Izolatorem jest warstwa tlenku drugiej powierzchni okładziny.

Aby nie zniszczyć kondensatora, należy zwracać uwagę na właściwą biegunowość.

4.9.5. Przebieg ładowania i rozładowania



Rys. 4.46

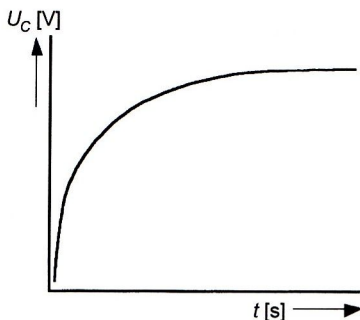
Schemat ładowania i rozładowywania kondensatora

Ładowanie (rys. 4.47)

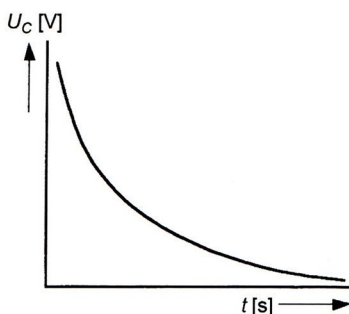
Zestyk S1 załączony.

Zestyk S2 rozłączony.

Napięcie początkowo rośnie szybko, potem wzrost jest jednak coraz wolniejszy. Potrzeba ok. 70 sekund, aby kondensator więcej się naładował.



Rys. 4.47
Przebieg ładowania kondensatora



Rys. 4.48
Przebieg krzywej rozładowywania kondensatora

Rozładowanie (rys. 4.48)

Zestyk S1 rozłączony.

Zestyk S2 załączony.

Napięcie początkowo spada szybko, potem spadek jest jednak coraz wolniejszy. Potrzeba również ok. 70 sekund, aby kondensator się rozładował.

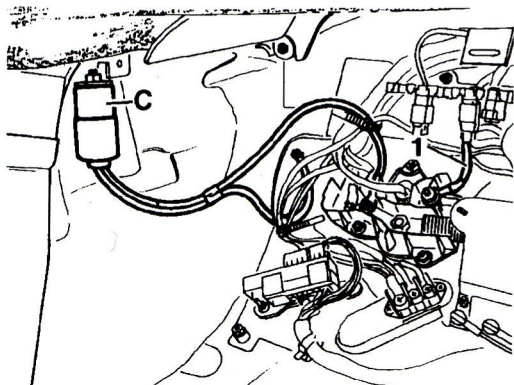
➡ Kiedy kondensator C jest ładowany poprzez rezystor R , wtedy napięcie U_C na kondensatorze rośnie początkowo bardzo szybko, potem coraz wolniej. Podczas rozładowania napięcie spada najpierw bardzo szybko, potem coraz wolniej.

Wpływ R i C na czas ładowania

➡ Wielkość rezystancji ładowania i pojemność kondensatora mają wpływ na czas ładowania. Naładowanie kondensatora trwa tym dłużej, im większe są rezystancja R i pojemność C kondensatora.

Kondensator jako magazyn ładunków elektrycznych w samochodzie

W samochodach, w których ze względu na rozkład masy albo brak miejsca akumulator umieszczono w bagażniku, po włączeniu odbiorników może dochodzić do spadków napięcia w instalacji. Takim spadkom można zapobiec za pomocą kondensatorów buforowych o dużej pojemności (rys. 4.49).



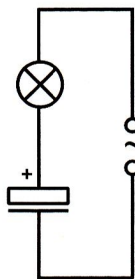
Rys. 4.49
Kondensator przeciwzakłóceńowy (1) i buforowy C (4700 μF) w Mercedesie serii W 140 (we wnęce na nogi, z przodu po prawej stronie)

4.9.6. Kondensator w obwodzie prądu przemiennego

Kondensator połączony szeregowo z żarówką włączamy w obwód prądu przemiennego. Stwierdzamy, że żarówka świeci się cały czas!

Wyjaśnienie

Z powodu zmieniającej się biegunowości źródła prądu przemiennego kondensator jest nie tylko ładowany i rozładowywany, ale też „przeładowywany”. Przez pojęcie przeładowywania rozumiemy co innego niż ładowanie i rozładowanie kondensatora. Ze zmianą biegunowości źródła napięcia kondensator zostaje rozładowany przy odwrotnej biegunowości i przy tej samej biegunowości znowu naładowany (rys. 4.50). Z powodu nieustannie zmieniającej się biegunowości przez żarówkę płynie prąd przemienny i utrzymuje świecenie się jej żarnika.



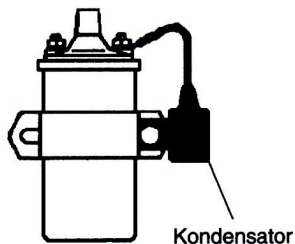
Rys. 4.50

Rezystancja kondensatora przy przepływie prądu przemiennego

➡ Dla prądu przemiennego kondensator nie stanowi nieskończenie wielkiej rezystancji. Im większa jest częstotliwość prądu przemiennego, tym mniejsza jest rezystancja kondensatora.

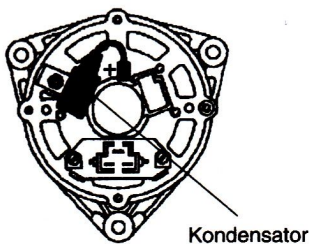
4.9.7. Kondensator jako element przeciwzakłócenia w samochodzie

Z powodu powstawania iskry w układzie zapłonowym, iskrzenia szczotek w prądnicy lub silnikach wycieraczek i innych przyczyn mogą powstawać w samochodzie napięcia większe od normalnego napięcia prądu stałego w jego instalacji elektrycznej. Są to



Rys. 4.51

Kondensator przeciwzakłócenia na cewce zapłonowej



Rys. 4.52

Kondensator przeciwzakłócenia w prądnicy trójfazowej

napięcia przemienne wysokiej częstotliwości. Wcześniej zakłócały one tylko odbiór radiowy. We współczesnych samochodach mogą także zakłócać pracę urządzeń sterujących albo telefonów komórkowych. W takich przypadkach można je wyeliminować tylko za pomocą kondensatorów przeciwzakłóceńowych (rys. 4.51 i 4.52).

Sposób pracy kondensatora przeciwzakłóceńowego

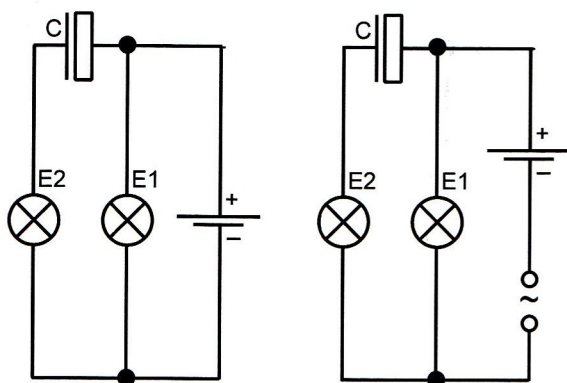
Żarówka E1 pełni rolę odbiornika w instalacji, np. radia. Kondensator C jest podłączony jako element przeciwzakłóceńowy. Żarówka E2 służy jako sygnalizator przepływu prądu przez kondensator (rys. 4.53).

Istnieje tylko napięcie stałe (rys. 4.53 z lewej)

Żarówka E1 się świeci. Żarówka E2 się nie świeci, gdyż kondensator, po jego naładowaniu, stanowi dla prądu stałego nieskończenie wielką rezystancję.

Istnieje napięcie stałe i (zakłócające) napięcie przemienne (rys. 4.53 po prawej)

Żarówka E1 się świeci. Żarówka E2 także się świeci, ale znacznie słabiej niż E1. Kondensator nie jest dla prądu przemiennego nieskończenie wielką rezystancją i dlatego w samochodzie przewodzi do masy zakłócające napięcie przemienne.



Rys. 4.53

*Schematy: napięcia stałego (lewy)
oraz napięcia mieszanego (prawy)*

4.10. Indukcyjność

4.10.1. Magnetyzm

We wszystkich samochodach jest rozrusznik, prądnica, są elektryczne wycieraczki szyb i wiele innych silników, przekaźników, a w silnikach o zapłonie iskrowym także cewka zapłonowa.

Aby zrozumieć zasady działania wszystkich tych urządzeń, musimy na początek zająć się zjawiskiem, odnoszącym się do wszystkich tych elementów: **indukcją magnetyczną**.



Magnes jest ciałem, które przyciąga żelazo, nikiel i kobalt. Rozróżniamy magnesy trwałe i elektromagnesy.