

5. Podstawowe elementy elektroniczne

5.1. Dioda

Problem

Prądnica trójfazowa w samochodzie wytwarza prąd przemienny. Do ładowania akumulatora jest potrzebny jednak prąd stały.

Rozwiązanie

Dzięki zastosowaniu diod prąd przemienny można przekształcić w prąd stały.

5.1.1. Dioda jako zawór elektryczny

➡ W diodach dla prądu elektrycznego istnieje kierunek przewodzenia i kierunek zaporowy. Jeżeli strzałka w symbolu graficznym diody wskazuje umowny kierunek prądu (rys. 5.1a), to dioda jest podłączona w kierunku przewodzenia. W kierunku przewodzenia na diodzie powstaje napięcie około 0,7 V, które nazywamy napięciem progowym.

Symbol graficzny diody



Zasady ogólne:

- ☐ w kierunku przewodzenia prąd nie może przekroczyć prądu dopuszczalnego,
- ☐ w kierunku zaporowym napięcie nie może przekroczyć dopuszczalnej wartości,
- ☐ zbyt duże temperatury wywołują zniszczenie półprzewodnika (diody).

5.1.2. Sprawdzanie diody

Miernikiem uniwersalnym można zmierzyć wartość rezystancji diody krzemowej w kierunkach przewodzenia i zaporowym, wykorzystując różne zakresy pomiarowe (rys. 5.2 i 5.3).

Jak można wyjaśnić tak ekstremalnie różniące się wyniki pomiarów, podane w tablicy 5.1?

Tablica 5.1. Pomiar rezystancji

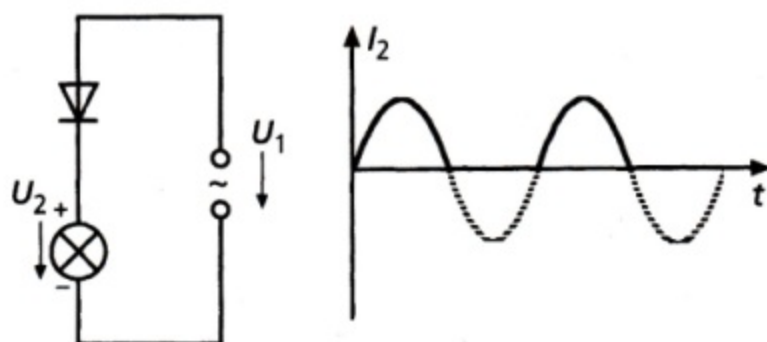
Kierunek przewodzenia	Zakres pomiarowy	Kierunek zaporowy
1,75 MΩ	20 MΩ	–
0,35 MΩ	2 MΩ	–
64 kΩ	200 kΩ	–
11,45 kΩ	20 kΩ	–
1,7 kΩ	2 kΩ	–

Charakterystyka diody wyjaśnia ten problem. Po przełączeniu na inny zakres pomiarowy zmienia się (wewnętrzna) rezystancja przyrządu pomiarowego; płyną zatem różne prądy pomiarowe. Na skutek przegięcia charakterystyki napięcie nie zmienia się w takim samym stopniu, jak prąd pomiarowy. Miernik wskazuje różne wartości rezystancji.

➡ *Pomiar rezystancji nie daje możliwości dokładnego sprawdzenia diody. Lepsze są przyrządy z wbudowanym urządzeniem do pomiaru diod, pracujące ze stałym prądem pomiarowym, np. 1 mA.*

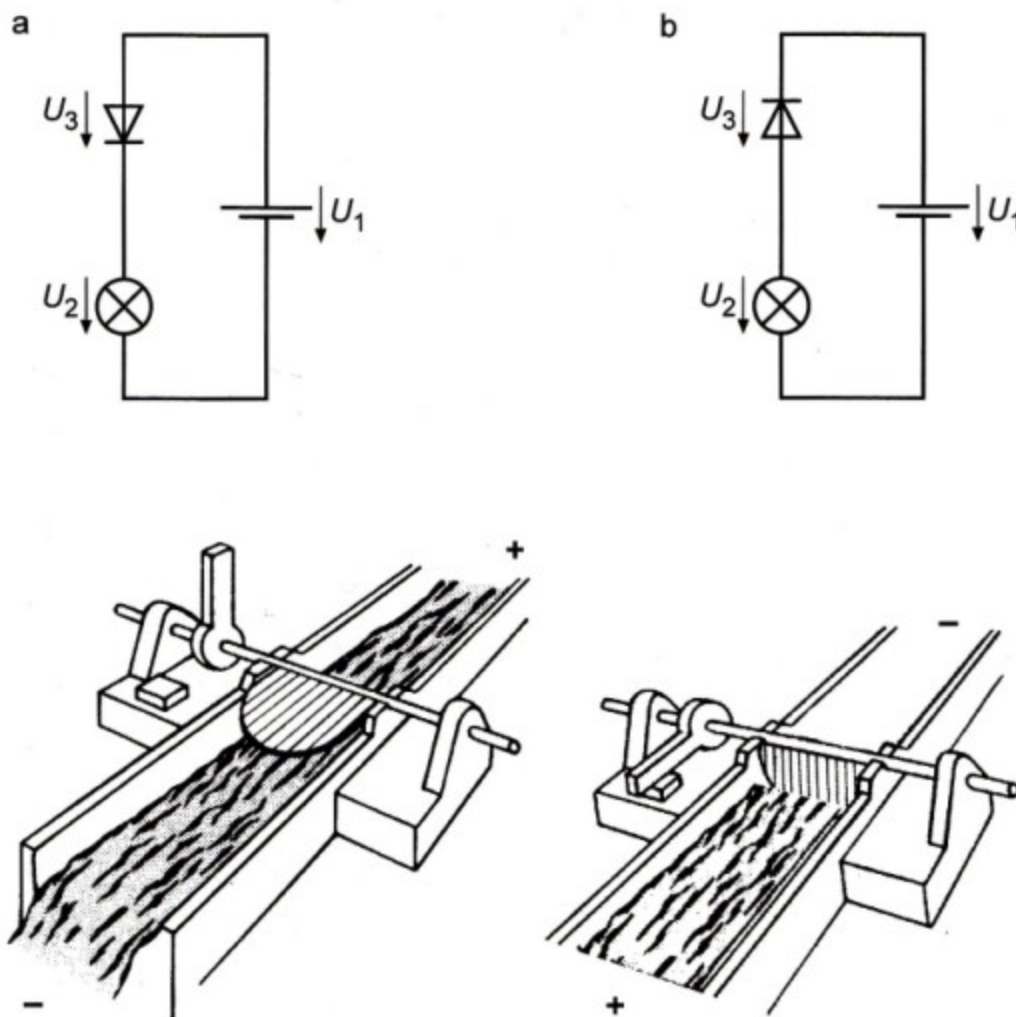
5.1.3. Zastosowanie diody jako prostownika prądu przemiennego

Wady prostowania jednokierunkowego (rys. 5.4)



Rys. 5.4
Prostowanie jednokierunkowe

- ❑ Wykorzystywana jest tylko połowa fali.
- ❑ Duże tętnienia resztkowe prądu stałego.

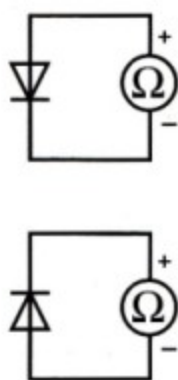


Rys. 5.1

Dioda jako zawór elektryczny

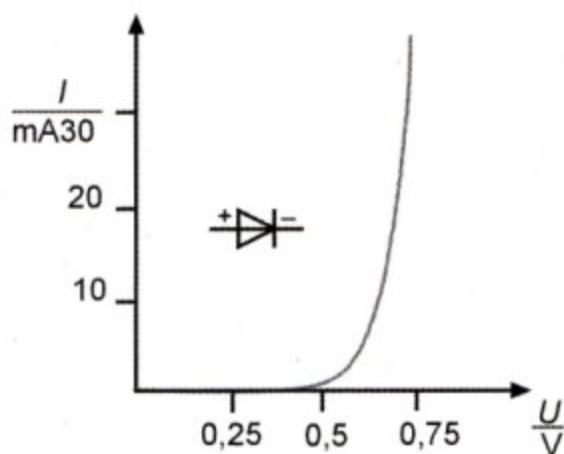
U_1 napięcie źródła napięcia, U_2 napięcie na żarówce, U_3 napięcie na diodzie

a) żarówka się świeci, $U_3 = 0,77 \text{ V}$; b) żarówka się nie świeci



Rys. 5.2

Sprawdzanie diody w kierunku przewodzenia (na górze) i zaporowym (na dole)



Rys. 5.3

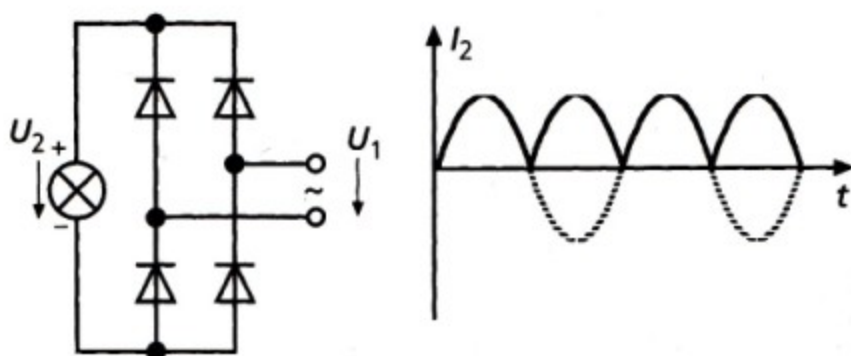
Charakterystyka diody krzemowej w kierunku przewodzenia

Zastosowanie w samochodach

Zacisk „W” prądnicy prądu trójfazowego jako zacisk miernika prędkości obrotowej silników wysokoprężnych.

Zalety prostowania dwukierunkowego (rys. 5.5)

- Obie półfale są prostowane równocześnie.



Rys. 5.5

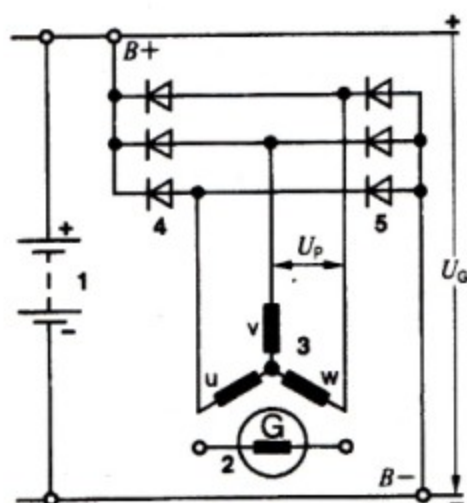
Prostowanie dwukierunkowe

Zastosowanie w samochodach

Prostowanie prądu trójfazowego w prądnicy trójfazowej przy trzech, przesuniętych o 120° fazach prądu przemiennego.

5.1.4. Układ mostkowy w prądnicy prądu trójfazowego

Wytworzony w prądnicy trójfazowej prąd przemienny jest prostowany we wbudowanym w nią układzie mostkowym z sześcioma diodami (rys. 5.6). W takim układzie mostkowym z sześcioma diodami zachodzi prostowanie dwukierunkowe.



Rys. 5.6

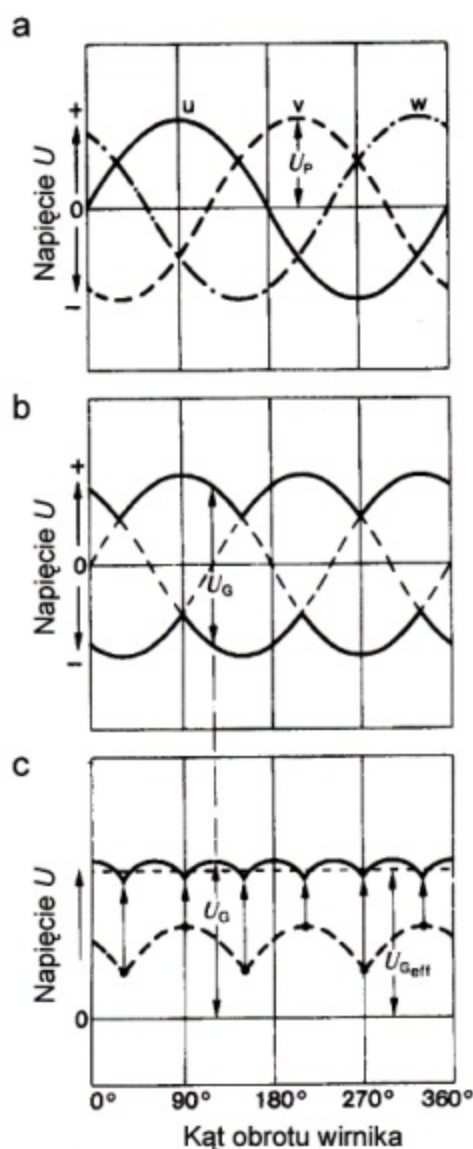
Układ mostkowy w prądnicy trójfazowej

- 1 – akumulator,
- 2 – uzwojenie wzbudzenia,
- 3 – uzwojenie stojana,
- 4 – diody dodatnie,
- 5 – diody ujemne

Dodatnie półfale są prostowane przez **diody dodatnie**, a ujemne przez **diody ujemne**. Prostowanie dwukierunkowe (rys. 5.7) powoduje ostatecznie sumowanie

dodatnich i ujemnych obwiedni tych półfal (rys. 5.7b) w jednokierunkowe, lekko pofalowane napięcie prądnicy (rys. 5.7c).

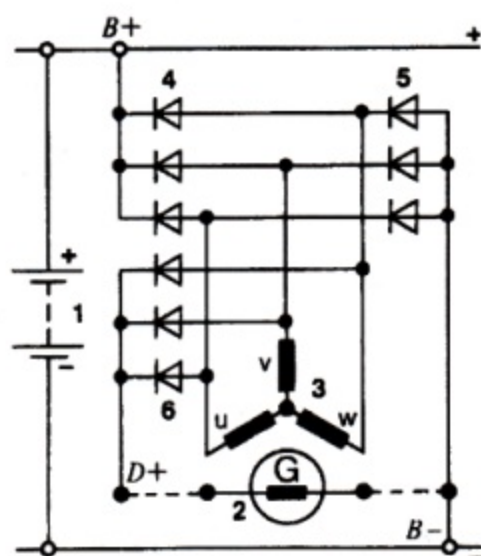
Jednak prąd stały, który przez zaciski B+ i B- prądnica kieruje do instalacji elektrycznej samochodu, nie jest idealnie „gładki”, lecz lekko pofalowany. Te nierównomierności są dodatkowo wygładzane przez akumulator równolegle podłączony do prądnicy albo przez kondensator – jeśli znajduje się w instalacji. Prąd



U_p – napięcie fazowe
 U_G – napięcie prądnicy

Rys. 5.7

a) prąd przemienny trójfazowy bez prostowania,
 b) prąd przemienny trójfazowy z prostowaniem dwukierunkowym,
 c) prostowanie dwukierunkowe



Rys. 5.8

Rozdzielanie i prostowanie prądu wzbudzenia
 1 – akumulator,
 2 – uzwojenie wzbudzenia,
 3 – uzwojenie stojana,
 4 – diody dodatnie,
 5 – diody ujemne,
 6 – diody wzbudzenia

wzbudzenia, mający za zadanie namagnesowanie biegunów wzbudzenia, jest także dwukierunkowo prostowany przed doprowadzeniem go do wirnika. Odbywa się to za pomocą trzech diod ujemnych na zacisku B- i trzech dalszych diod na zacisku D+. Są to tzw. diody wzbudzenia (rys. 5.8).

Obwody w prądnicy trójfazowej

W prądnicy prądu trójfazowego istnieją następujące obwody elektryczne:

- obwód prądu wzbudzenia wstępnego (wzbudzenie obce prądem z akumulatora),
- obwód prądu wzbudzenia (wytworzonego w prądnicy),
- obwód prądnicy, nazywany też obwodem głównym.

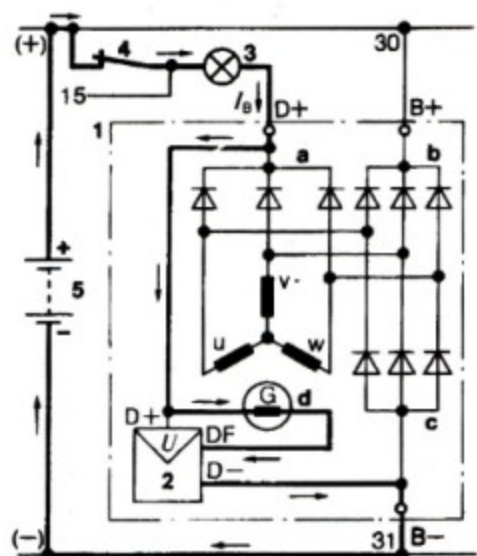
Prąd wzbudzenia wstępnego (rys. 5.9)

Po zwarceniu styków wyłącznika zapłonu (4), prąd z akumulatora (I_B) popłynie przez lampkę kontrolną prądnicy (3) do uzwojenia wzbudzenia (d) w wirniku, a stamtąd poprzez regulator (2) do masy. W ten sposób prąd z akumulatora wzbudza wstępnie prądnicę. Dzieje się tak dlatego, że:

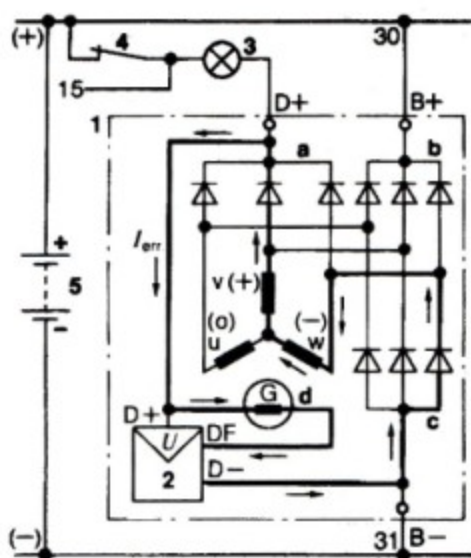
- istniejący magnetyzm szczątkowy w żelaznym rdzeniu uzwojenia wzbudzenia jest niewystarczający, aby przy niewielkiej prędkości obrotowej wywołać samowzbudzenie, konieczne do powstania pola magnetycznego;
- w obwodzie wzbudzenia są podłączone po dwie diody na fazę; samowzbudzenie może nastąpić dopiero wtedy, kiedy prądnica wytworzy większe napięcie niż $2 \cdot 0,7 \text{ V} = 1,4 \text{ V}$; to jest rola obwodu wzbudzenia wstępnego.

Obwód prądu wzbudzenia (rys. 5.10)

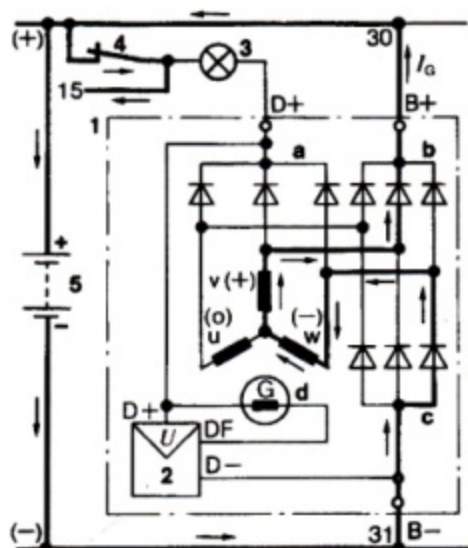
Obwód prądu wzbudzenia ma za zadanie wytwarzanie pola magnetycznego w uzwojeniu wzbudzenia wirnika, obracającego się podczas pracy prądnicy, a tym samym wytworzenie żadanego napięcia w uzwojeniu prądu przemiennego stojana. Niezależnie od tego, prąd składowy uzwojenia fazowego jest prostowany przez trzy diody wzbudzenia i dopiero jako prąd wzbudzenia, poprzez szczotki węglowe i pierścienie ślizgowe, jest doprowadzany do uzwojenia wzbudzenia i do regulatora (zacisk DF). Dalsze połączenie prowadzi przez zacisk D- i diodę ujemną z powrotem do uzwojenia trójfazowego.



Rys. 5.9
Obwód prądu wzbudzenia wstępnego

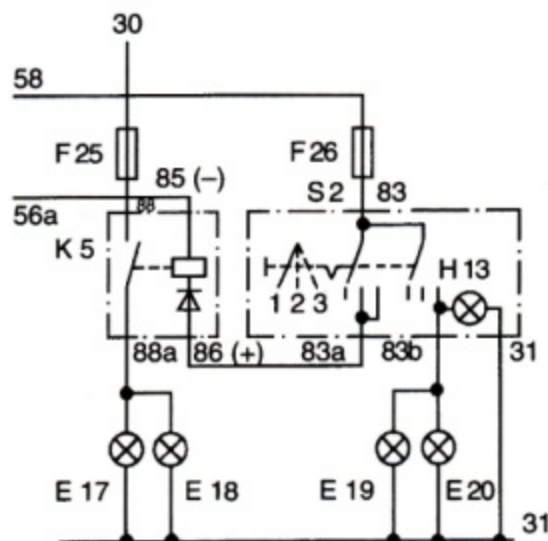


Rys. 5.10
Obwód prądu wzbudzenia



Rys. 5.11

Obwód prądu prądnicy



Rys. 5.12

Fragment schematu ideowego: przednie i tylne światła przeciwmgłowe

Obwód prądu prądnicy (rys. 5.11)

Indukowany w trzech fazach prądnicy trójfazowej prąd przemienny musi być wyprostowany przez układ mostkowy, zawierający trzy diody obciążenia. Dopiero wtedy może być skierowany do akumulatora i odbiorników. Prąd z prądnicy rozdziela się więc na prąd dla odbiorników i dla akumulatora. Aby prąd z prądnicy mógł popłynąć do akumulatora, jego napięcie musi być wyższe niż napięcie akumulatora.

5.1.5. Dioda do rozłączania obwodu elektrycznego

Na rysunku 5.12 pokazano diodę umieszczoną w przekaźniku K5, którego zadaniem jest włączanie światel przeciwmgłowych E17 i E18.

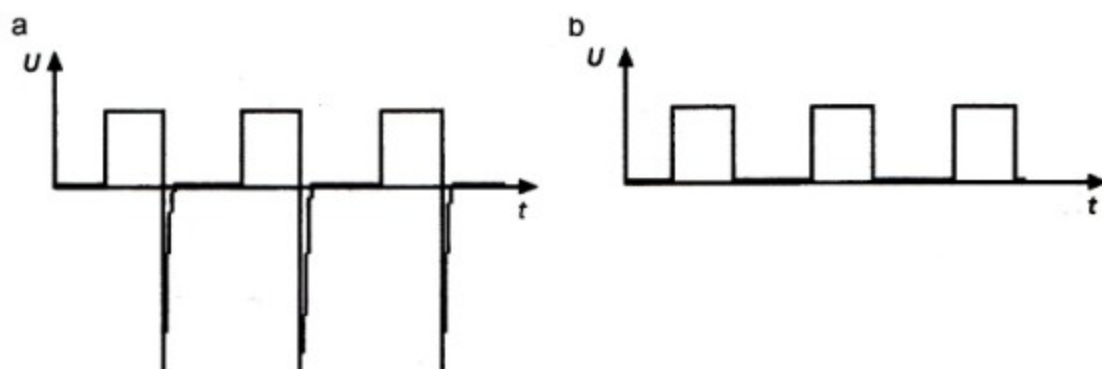
Dioda nie dopuszcza do włączenia przekaźnika w sytuacji, kiedy są wyłączone światła drogowe, ale przez pomyłkę są włączone światła przeciwmgłowe i użyty został sygnał świetlny. Bez diody prąd płynie od zacisku 56a (światła drogowe) do zacisku 85 przekaźnika. Następnie przez cewkę przekaźnika i zacisk 86 płynie do zamkniętego zestyku światel przeciwmgłowych; od niego poprzez żarówkę światel pozycyjnych dociera do masy.

Przepływ prądu w tym kierunku jest przez diodę uniemożliwiony.

5.1.6. Dioda do ograniczania napięcia wzbudzenia

W celu ograniczenia w samochodzie napięć indukowanych podczas wyłączania przekaźnika (rys. 5.13), stosuje się przekaźniki wyposażone w tzw. diodę gaszącą (rys. 5.14).

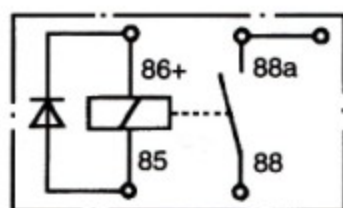
Podczas montowania takich przekaźników w instalacji należy koniecznie zwracać uwagę na biegunowość obwodu prądu sterującego.



Rys. 5.13

Napięcia indukcyjne podczas wyłączenia przełącznika

a) przełącznik bez diody gaszącej, b) przełącznik z diodą gaszącą

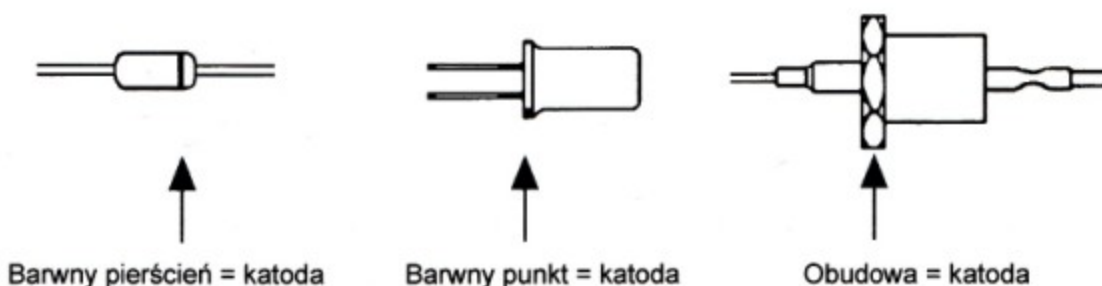


Rys. 5.14

Symbol graficzny przełącznika z diodą gaszącą

5.1.7. Oznaczenie diod

Na obudowie diody zaznacza się złącze (elektrodę) w kierunku przewodzenia do bieguna ujemnego źródła napięcia (katodę) (rys. 5.15). Na symbolu graficznym diody elektroda ta jest oznaczona pionową kreską.



Rys. 5.15

Oznaczenie diod

5.2. Dioda Zenera

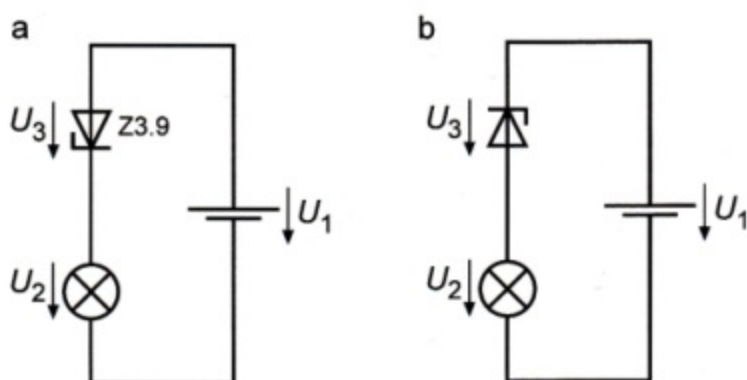
Problem

W razie awarii regulatora, na skutek napięcia pierwotnego przy włączaniu i wyłączaniu cewki zapłonowej i z powodu zmiany indukcyjności, np. przez obluźwane zaciski, powstają w instalacji elektrycznej **napięcia szczytowe**. Mogą one prowadzić do zniszczenia podzespołów elektronicznych (np. urządzeń sterujących) albo pojedynczych elementów (np. tranzystorów).

Rozwiązanie

W celu ochrony podzespołu (np. urządzenia sterującego KE-Jetronic lub ABS Boscha) stosuje się **przełączniki ochrony przepięciowej**. Potrzebne jest urządzenie, które przy określonym napięciu, np. 18 V, spowoduje zadziałanie zestyku.

5.2.1. Właściwości



Rys. 5.16

a) żarówka świeci się jasno: $U_1 = 12,00\text{ V}$, $U_2 = 11,30\text{ V}$, $U_3 = 0,70\text{ V}$;

b) żarówka świeci się słabo: $U_1 = 12,00\text{ V}$, $U_2 = 8,10\text{ V}$, $U_3 = 3,90\text{ V}$;

U_1 – napięcie źródła napięcia, U_2 – napięcie na żarówce, U_3 – napięcie na diodzie

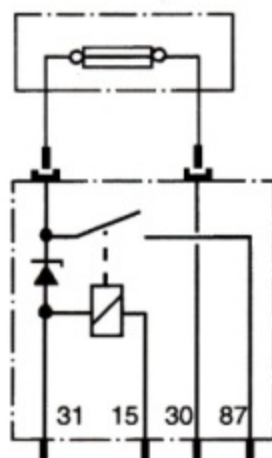
➡ Dioda Zenera zachowuje się przy polaryzacji w kierunku przewodzenia tak, jak normalna krzemowa dioda prostownicza. W kierunku zaporowym zamyka przepływ prądu aż do tzw. napięcia przebicia.

Liczba 3,9 na diodzie Zenera oznacza: napięcie przebicia 3,9 V.

Dioda Zenera najczęściej pracuje przy polaryzacji w kierunku zaporowym (rys. 5.16).

5.2.2. Dioda Zenera w przełączniku ochrony przepięciowej

Jeżeli nastąpi przekroczenie napięcia, dioda Zenera przewodzi prąd i spala się bezpiecznik. Dzięki temu urządzenie sterujące nie otrzymuje już napięcia, a tym samym jest chronione przed nadmiernym napięciem (rys. 5.17).



Rys. 5.17

Schemat ideowy przełącznika ochrony przepięciowej

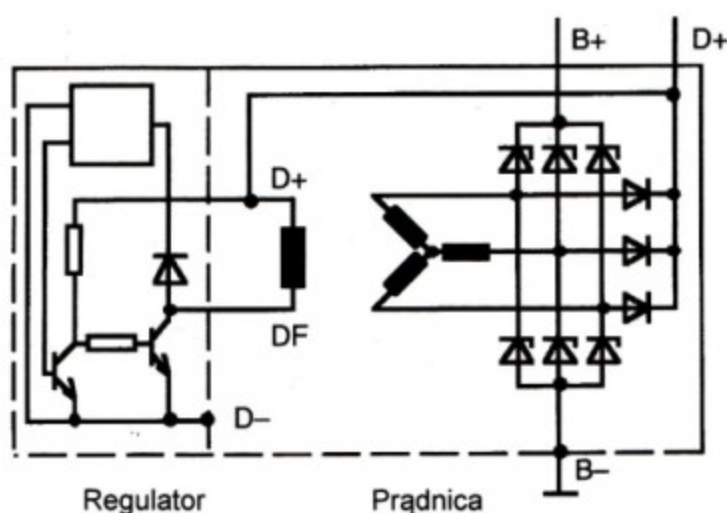
Oznaczenie zacisków:

30 – wejście B (+), 87 – doprowadzenie napięcia do urządzenia sterującego, 15 – zacisk 15, 31 – masa B (-)

5.2.3. Dioda Zenera jako dioda prostująca w prądnicie trójfazowej

Zadania diody Zenera (rys. 5.18)

- ❑ W kierunku przewodzenia: prostowanie prądu przemiennego,
- ❑ W kierunku zaporowym: ochrona regulatora i całej instalacji przed nadmiernym napięciem.



Rys. 5.18

Układ połączeń prądnicy trójfazowej ze zintegrowanym regulatorem

5.3. Dioda świecąca (LED)

Problem

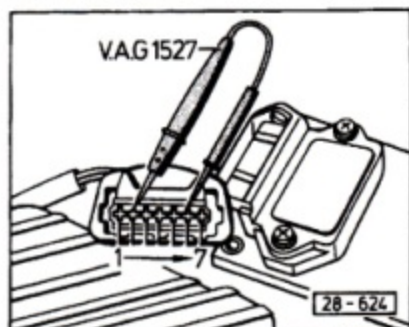
Rysunek 5.19 jest fragmentem instrukcji sprawdzania zespołu wyłączników układu zapłonowego. Stanowczo zabronione jest użycie „normalnej” żarówki kontrolnej. Spowodowane to jest zbyt dużym poborem prądu takiej żarówki, co może prowadzić do zniszczenia elementów elektronicznych.

Rozwiązanie

Przyrządem zalecanym do przeprowadzenia pomiarów kontrolnych napięcia jest miernik z diodą świecąca. Pobór prądu jest tak mały, że nie ma obawy uszkodzenia żadnych elementów elektronicznych. Dzięki użyciu dwóch diod świecących można sprawdzić rodzaj napięcia (stałe czy przemienne) i jednocześnie ustalić biegunowość w miejscu pomiaru.

C - Hall-Geber prüfen

- VEZ-Steuergerät i.O.
- Stecker vom T52-H-Schaltgerät abziehen, dazu Drahtsicherung drücken.



- Spannungsprüfer V.A.G 1527 an den Kontakten 2 und 6 am Stecker anschliessen.

Achtung!

Keine "normale" Prüflampe mit Glühlampe verwenden. Die hohe Stromaufnahme dieser Prüflampen kann zur Zerstörung elektronischer Bauelemente führen.

Rys. 5.19

Fragment instrukcji sprawdzania układu zapłonu (VW Golf)

5.3.1. Właściwości

Dioda się świeci

(rys. 5.20a)

$$U_1 = 9,87 \text{ V}$$

$$U_2 = 1,67 \text{ V}$$

$$I = 17,5 \text{ mA}$$

Dioda się nie świeci

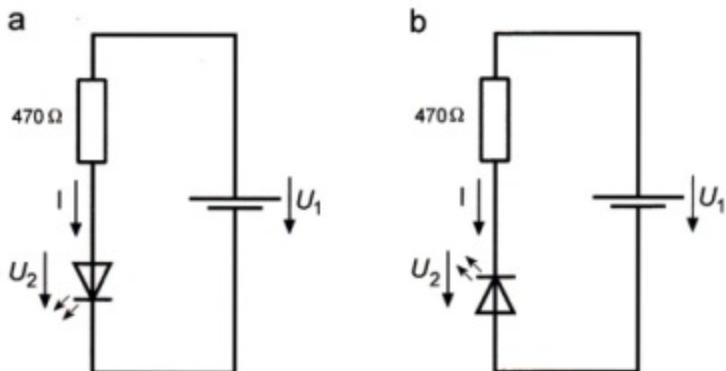
(rys. 5.20b)

$$U_1 = 10,18 \text{ V}$$

$$U_2 = 10,18 \text{ V}$$

$$I = 0 \text{ mA}$$

➡ Dioda świecąca, w skrócie LED (Light-Emitting-Diode), zwana także diodą elektroluminescencyjną, zachowuje się jak normalna dioda półprzewodnikowa. Jej napięcie przewodzenia wynosi ok. 1,6 do 4 V, a prąd przewodzenia tylko 4 do 20 mA. Wartości te zależą od koloru diody. Diod świecących nie wolno używać bez umieszczonego przed nimi rezystora!

**Rys. 5.20**

a) kierunek przewodzenia,

b) kierunek zaporowy

U_1 – napięcie źródła napięcia,

U_2 – napięcie na diodzie świecącej,

I – prąd płynący przez diodę świecącą

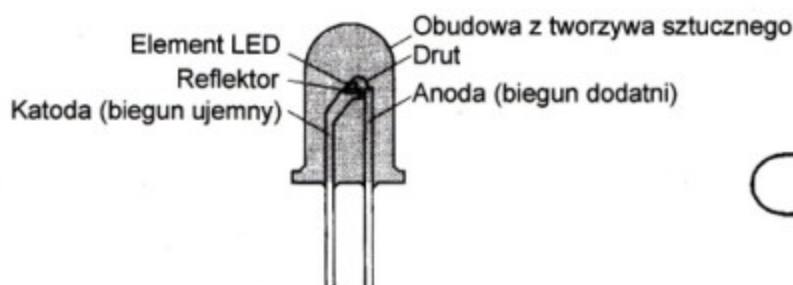
5.3.2. Budowa

W przeciwieństwie do normalnych diod, diody świeące (rys. 5.21) nie są wykonane z krzemu ani z germanu, gdyż te materiały wypromieniowują więcej ciepła niż światła. Zamiast nich używane są połączenia materiałów półprzewodnikowych, np. arsenek galu (GaAs). Dzięki domieszce odpowiednich materiałów uzyskuje się emisję różnych kolorów, np.:

GaP = gal-fosfor (barwa czerwona, zielona, żółta),

GaN = gal-azot (barwa niebieska, biała),

GaAsP = gal-arsen-fosfor (barwa czerwona, pomarańczowa, żółta).



Rys. 5.21
Budowa diody LED



Rys. 5.22
Biegunowość diody LED

Elektrycznie dioda LED zachowuje się jak normalna dioda prostownicza, bo także w niej prąd płynie tylko w jednym kierunku.

Splaszczona strona obudowy albo krótsze złącze oznacza katodę (biegun ujemny, rys. 5.22).

➡ *Diody LED nie wolno używać bez włączonego z nią w szereg rezystora, który ogranicza przepływ prądu przez diodę świeącą. Rezystor dobiera się do napięcia występującego w instalacji.*

Obliczenie rezystora

$$R = \frac{U_B - U_{LED}}{I_{LED}}$$

gdzie:

R – dobierana rezystancja,

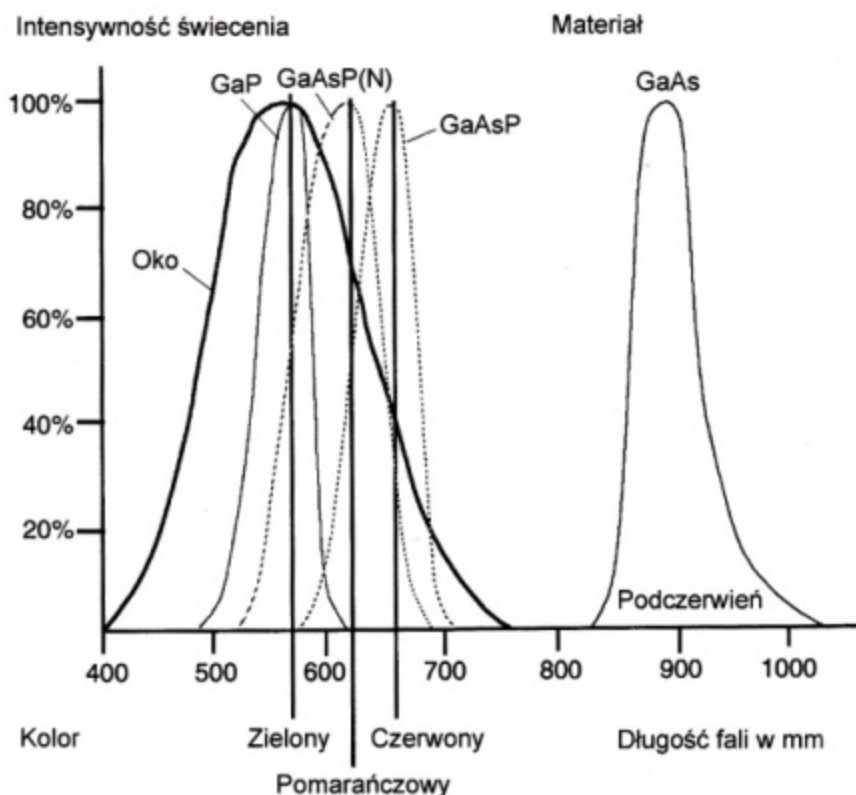
U_B – napięcie w instalacji,

U_{LED} – napięcie przewodzenia diody LED,

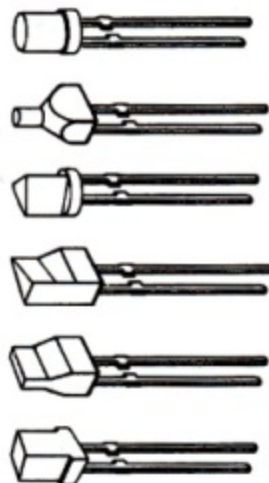
I_{LED} – natężenie prądu przewodzenia diody LED (maks. 20 mA).

Napięcie przewodzenia diod LED:

- czerwonej ok. 1,6 V;
- pomarańczowej ok. 2,2 V;
- zielonej ok. 2,7 V;
- żółtej ok. 2,4 V;
- niebieskiej ok. 4,0 V.

Kolory diod świecących (rys. 5.23)**Rys. 5.23**
Kolory diod LED**Zalety diod LED:**

- ☐ niewielkie napięcie robocze,
- ☐ niewielkie natężenie prądu,
- ☐ praktycznie brak bezwładności,
- ☐ zdolność prostowania prądu,
- ☐ brak impulsu prądowego przy włączaniu,
- ☐ znikome wymiary,
- ☐ nie wymagają oprawki,
- ☐ odporne na drgania i uderzenia,
- ☐ duży kąt świecenia,
- ☐ duża trwałość,
- ☐ różne kolory,
- ☐ tanie,
- ☐ łatwa zabudowa do wskazań cyfrowych.

**Rys. 5.24**
Różne formy obudowy diod LED**Wady diod LED:**

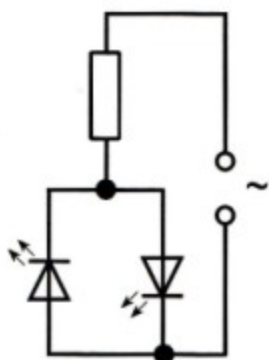
- ☐ bardzo mały współczynnik sprawności, czyli stosunek doprowadzonej energii elektrycznej do oddanej energii świetlnej (dlatego diody LED nie były używane do celów oświetleniowych, lecz wyłącznie jako lampki kontrolne i ostrzegawcze);
- ☐ niewielkie napięcie zaporowe.

5.3.3. Przykłady zastosowania

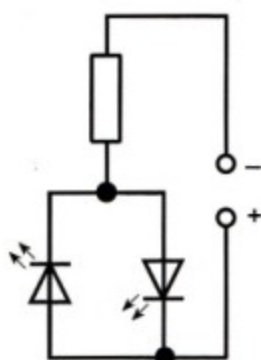
Lampki kontrolne z diodami LED

Prąd płynący przez diodę LED, użytą jako lampka kontrolna, jest tak mały, że nie grozi zniszczeniem elementów elektronicznych. Próbnik kontrolny jest wyposażony na ogół w dwie diody świeące LED. Dzięki temu można:

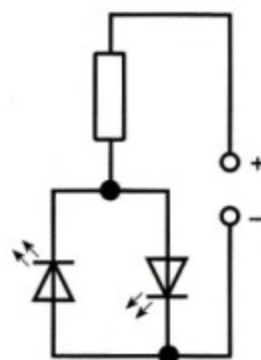
- ☐ ustalić rodzaj napięcia (stałe czy przemienne),
- ☐ przy napięciu stałym oznaczyć biegunowość (rys. 5.25).



Napięcie przemienne



Napięcie stałe



Rys. 5.25

Oznaczanie rodzaju napięcia i biegunowości w lampce kontrolnej z diodą LED

Światła postojowe i do jazdy w dzień (rys. 5.26 i 5.27)



Rys. 5.26

Diody świeące LED w światłach postojowych i do jazdy w dzień



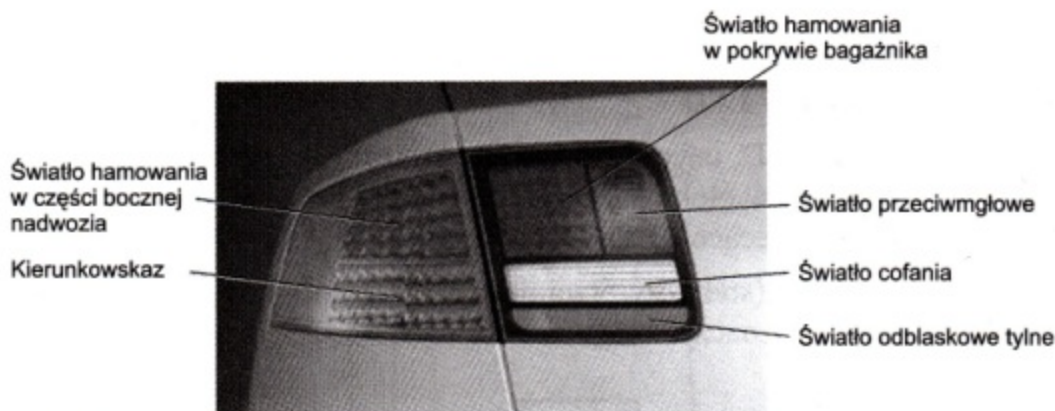
Rys. 5.27

Przykłady światel z diodami świeącymi LED

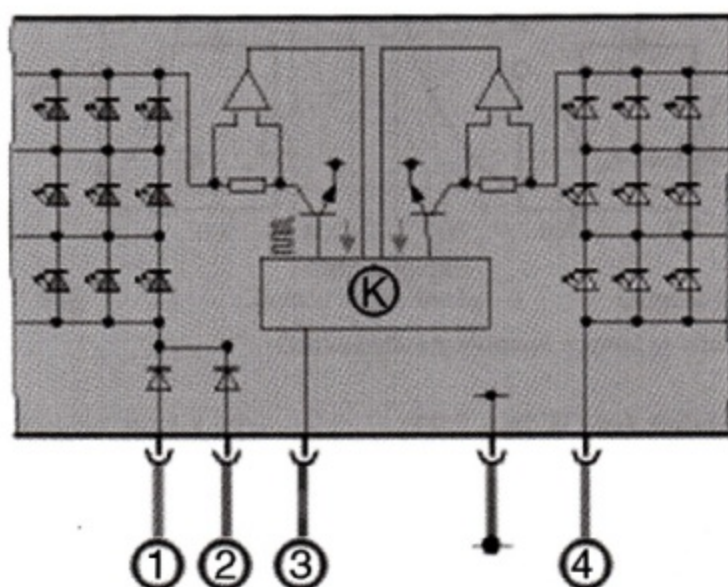
Światła tylne w Audi A3 (rys. 5.28)

W lampach tylnych jest częściowo wykorzystana technologia diod świeących (kierunkowskaz, światła pozycyjne i hamowania). Do ich sterowania zastosowano mikroprocesor. Diody zgromadzono w matrycy. W razie uszkodzenia jednej z nich, pozostałe nadal świecą (rys. 5.29).

Mikroprocesor steruje czerwonymi diodami LED. Mogą one pracować jako światła pozycyjne (przy ok. 10% jasności światła) albo jako hamulcowe (ok. 97%



Rys. 5.28
Światła tylne w Audi A3



Rys. 5.29
Sterowanie diodami LED
1 – sygnał dla światła pozycyjnego tylnego, 2 – sygnał dla światła hamowania, 3 – dwukierunkowy przewód z urządzenia sterującego układów komfortu jazdy, 4 – sygnał dla kierunkowskazu

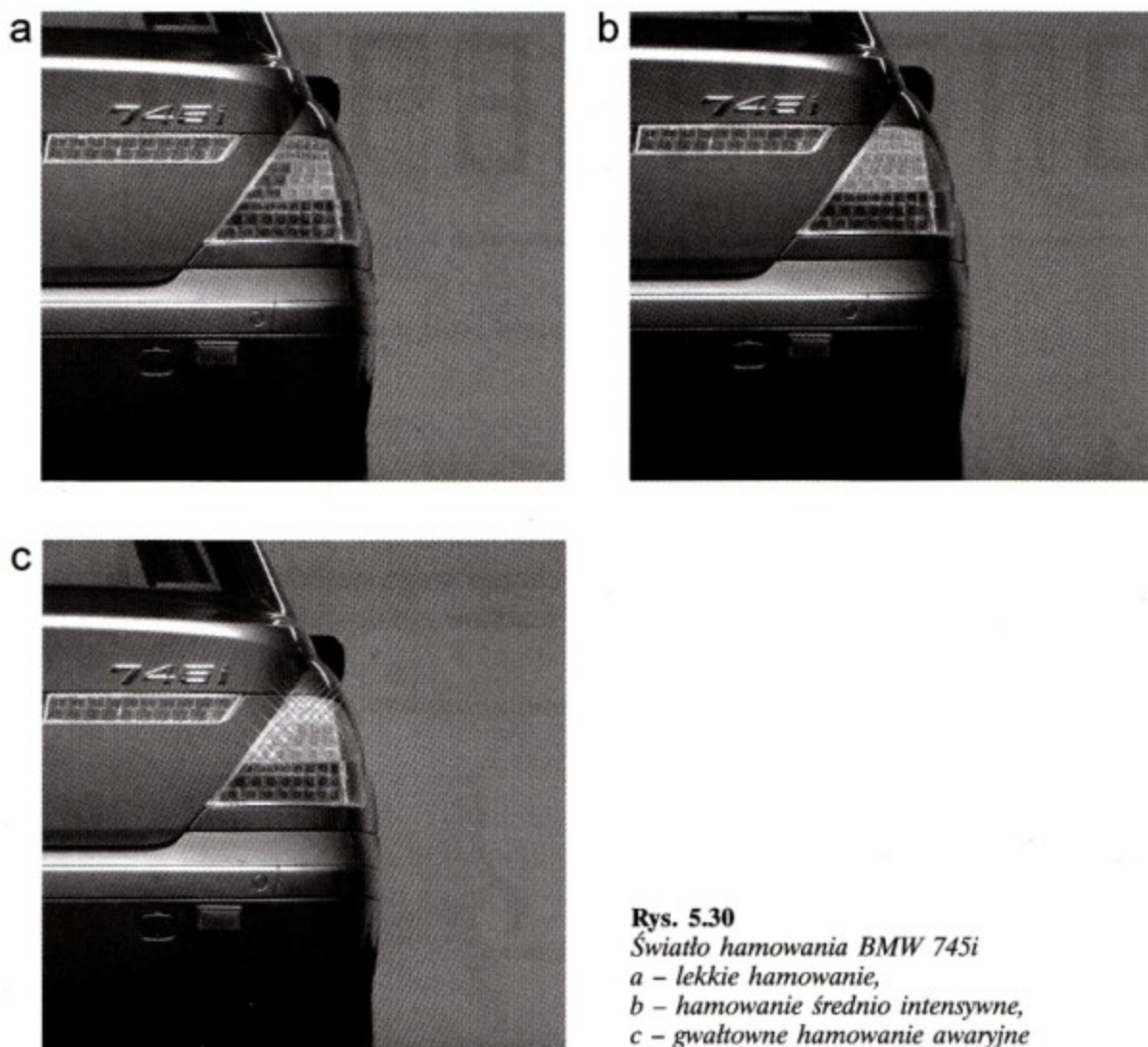
jasności). Znacznie upraszcza to prowadzenie przewodów i umożliwia realizację różnych funkcji awaryjnych. Całkowite uszkodzenie świateł albo niewłaściwa praca tranzystora wewnętrznego są rozpoznawane przez mikroprocesor. Wysyła on wtedy informację o usterce do centralnego urządzenia sterującego układów komfortu jazdy.

Diody kierunkowskazów są sterowane w taki sam sposób, jak diody świateł tylnych.

Sterowanie jasnością świecenia diod LED świateł hamownia w zależności od intensywności hamowania pokazano na rysunku 5.30.

Wyświetlacze siedmiosegmentowe (rys. 5.31 i 5.32)

Za pomocą diod świecących można łatwo przedstawiać liczby, cyfry i symbole. W siedmiosegmentowym wyświetlaczu LED umieszczono 7 diod świecących w układzie belkowym. Dzięki temu powstała możliwość odwzorowania cyfr od 0 do 9 (rys. 5.33). Umieszczenie kilku wyświetlaczy obok siebie umożliwia przedstawienie liczb wielocyfrowych.

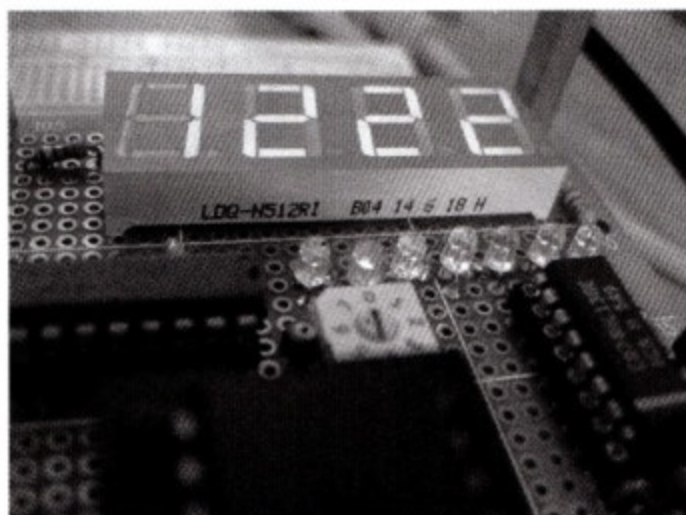
**Rys. 5.30**

Światło hamowania BMW 745i

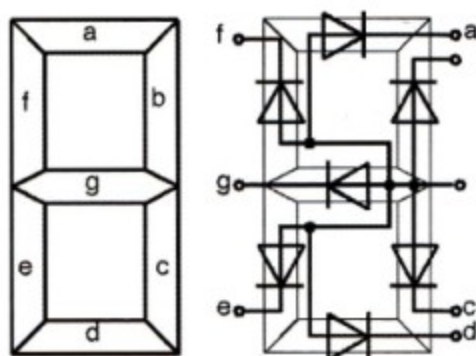
a – lekkie hamowanie,

b – hamowanie średnio intensywne,

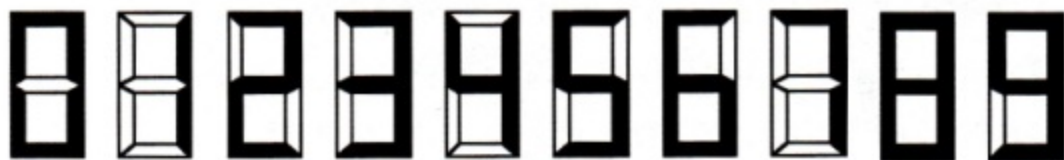
c – gwałtowne hamowanie awaryjne

**Rys. 5.31**

Cztery siedmiosegmentowe wyświetlacze LED

**Rys. 5.32**

Schemat połączeń wewnętrznych siedmiosegmentowego wyświetlacza LED

**Rys. 5.33**

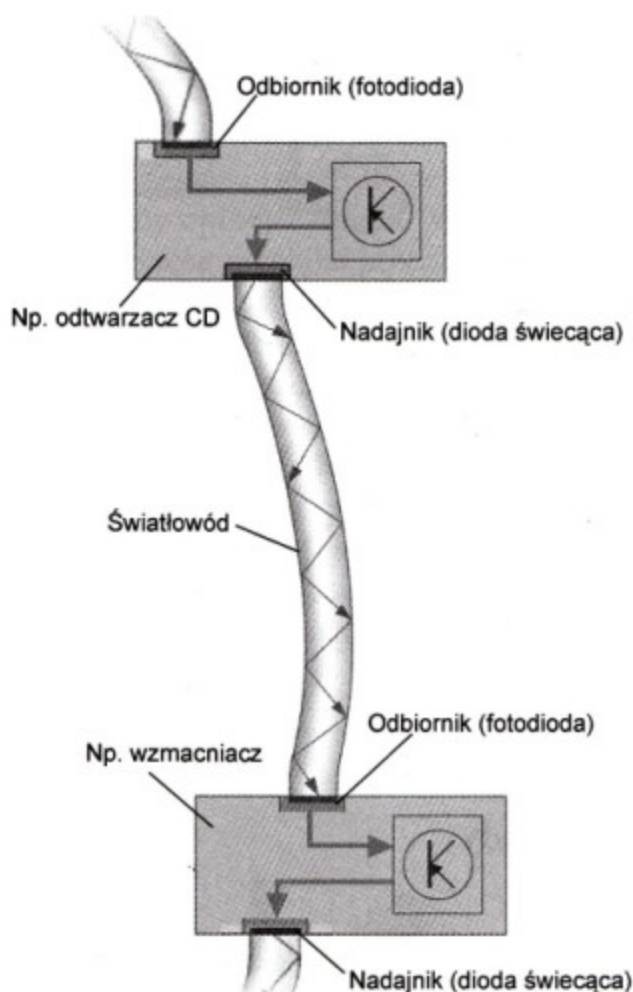
Przedstawianie cyfr od 0 do 9 za pomocą siedmiosegmentowych wyświetlaczy

5.4. Fotodiody

W układzie informacji kierowcy (*Infotainment-System*, rys. 5.34) dane są przesyłane w sposób optyczny, gdyż za pomocą dotychczasowego systemu szeregowej transmisji danych, CAN, przekazy nie mogą być realizowane dostatecznie szybko, a tym

**Rys. 5.34**

Przykład układu informacji kierowcy w samochodzie



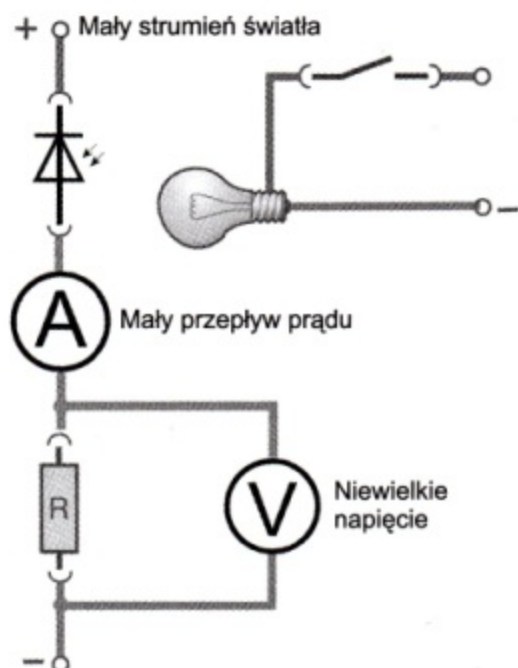
Rys. 5.35
Zasada działania światłowodu

samym w odpowiednio dużej ilości. Uczestniczące w komunikacji urządzenia sterujące są połączone światłowodami (rys. 5.35). Elektryczne sygnały cyfrowe są przekształcane przez diody świecące w impulsy świetlne i kierowane do światłowodów. Na drugim końcu jest umieszczona fotodiody, która impulsy świetlne przekształca z powrotem w sygnały elektryczne.

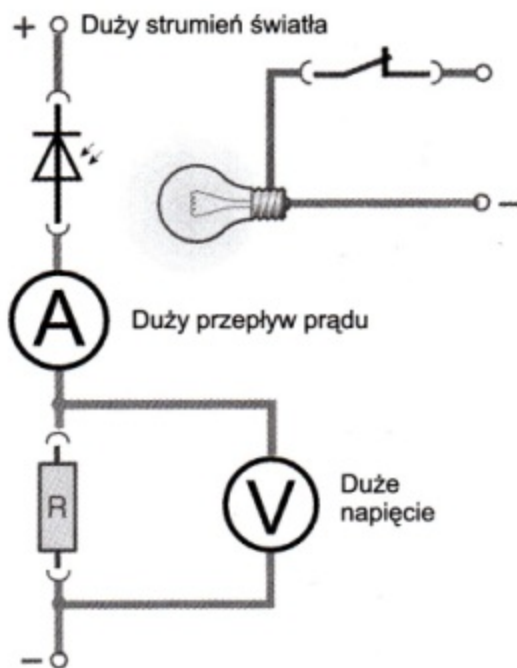
5.4.1. Właściwości fotodiody (rys. 5.36)

➡ *Im więcej światła trafia na fotodiody, tym większy jest prąd płynący przez fotodiody. Zjawisko to nazywa się **wewnętrznym efektem fotoelektrycznym**.*

Fotodiody jest w kierunku zaporowym połączona szeregowo z rezystorem. Jeżeli przez fotodiody płynie większy prąd na skutek zwiększonego promieniowania świetlnego, to powiększa się spadek napięcia na rezystorze (rys. 5.37). W ten sposób sygnał świetlny jest przekształcany w elektryczny sygnał napięcia.



Rys. 5.36
Fotodioda przy małym natężeniu światła

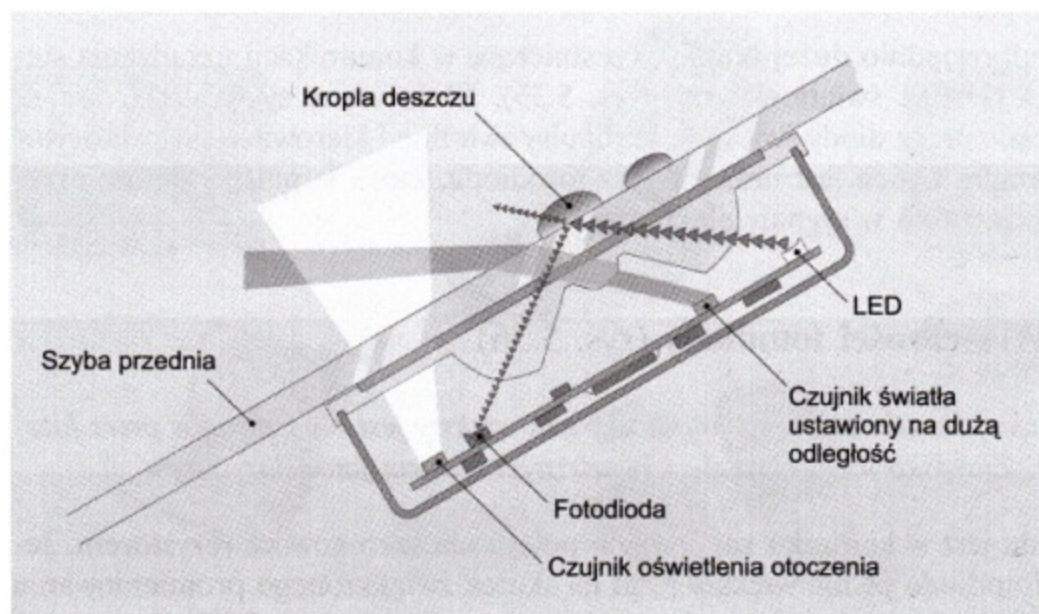


Rys. 5.37
Fotodioda przy dużym natężeniu światła

5.4.2. Przykłady zastosowania fotodiody

5.4.2.1. Czujnik deszczu i światła

Czujnik deszczu i światła (rys. 5.38) jest zamontowany za lusterkiem wewnętrznym na obszarze objętym pracą wycieraków przedniej szyby. Korzyścią dla kierowcy jest zawsze optymalna prędkość pracy wycieraczki, dostosowana do intensywności



Rys. 5.38
Budowa czujnika deszczu i światła

opadów deszczu. Jednocześnie nie musi już pamiętać o włączeniu świateł po zapadnięciu zmroku albo po wjechaniu do tunelu.

Funkcja czujnika deszczu

Czujnik deszczu (rys. 5.39) rejestruje krople wody na szybie przedniej, wykorzystując zasady optoelektroniki. W tym celu diody nadawcze emitują w podczerwieni światło, które przenika przez szkło szyby i odbija się od jej zewnętrznej powierzchni. Inne diody odbierają to odbite światło. Jeżeli szyba przednia jest całkiem sucha, do diod odbiorczych powraca prawie cały strumień światła (odbicie całkowite). W czasie deszczu część światła jest wiązana przez krople wody i tylko część powraca do diod odbiorczych. Elektroniczne urządzenie sterujące rozpoznaje te różnice sygnałów jako informację o znajdujących się na szybie kroplach wody i steruje wycieraczką. Pomiar światła odbitego jest prowadzony na bieżąco, co pozwala na ocenę intensywności opadów. Odpowiednio do tego są regulowane zarówno pojedyncze ruchy wycieraków, przerwy w pracy wycieraczki, jak też prędkość wycieraków w pracy ciągłej.

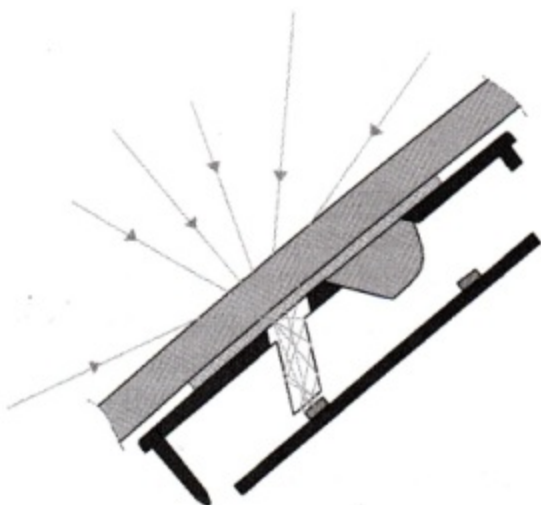


Rys. 5.39

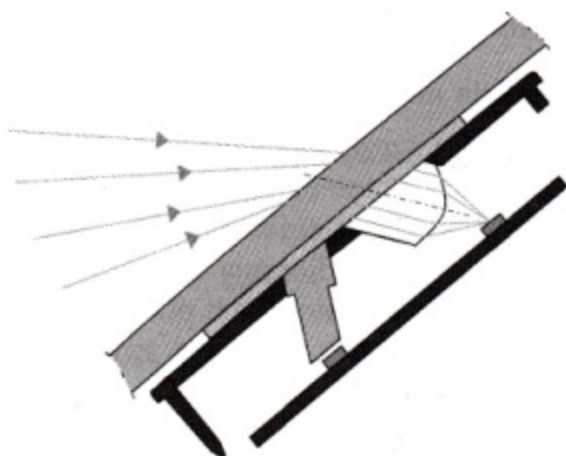
Zasada działania czujnika deszczu

Funkcja czujnika światła

Czujnik światła (rys. 5.40 i 5.41) składa się z dwóch niezależnych czujników do oceny oświetlenia otoczenia oraz przestrzeni przed samochodem. Pierwszy z nich mierzy ogólne natężenie światła. W tym celu zbiera dane z możliwie dużego kąta widzenia, bez określania kierunku padania światła. Drugi z czujników mierzy natężenie światła w niewielkim kącie, tylko przed samochodem. Na podstawie tych danych oraz informacji z innych urządzeń elektronicznych samochodu specjalny algorytm pozwala na ustalenie aktualnych warunków oświetlenia na zewnątrz pojazdu (dzień, noc, zmrok, jazda przez tunel albo most). Odpowiednio do tego są włączane albo wyłączane światła reflektorów.



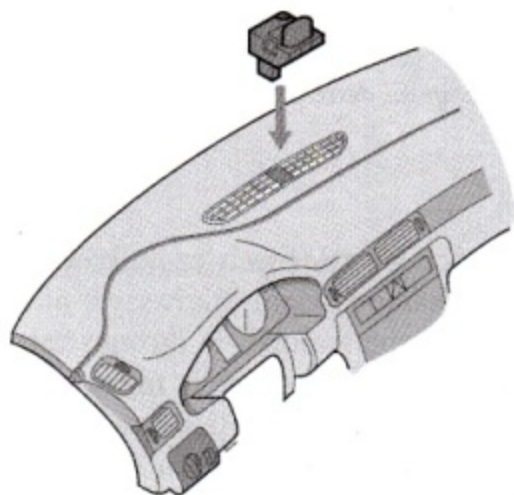
Rys. 5.40
Zasada działania czujnika mierzącego natężenie światła w dużym zakresie



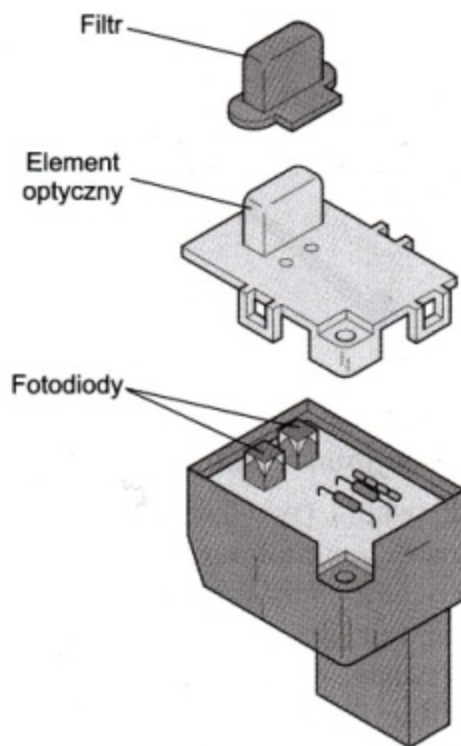
Rys. 5.41
Zasada działania czujnika mierzącego natężenie światła w niewielkim zakresie

5.4.2.2. Czujnik promieniowania słonecznego (rys. 5.42 i 5.43)

Dane z czujnika promieniowania słonecznego mają wpływ na regulację temperatury przez urządzenie klimatyzacyjne. Czujnik rejestruje intensywność promieniowania słonecznego bezpośrednio na miejsce kierowcy lub pasażera, oddzielnie dla lewej i prawej strony pojazdu. Zależnie od kierunku padania promieni słonecznych jest ochładzana odpowiednia strona wnętrza samochodu. Światło słoneczne



Rys. 5.42
Miejsce czujnika promieniowania słonecznego w korpusie tablicy rozdzielczej



Rys. 5.43
Elementy czujnika promieniowania słonecznego w korpusie tablicy rozdzielczej

trafia poprzez filtr i element optyczny na dwie fotodiody. Filtr chroni element optyczny przed promieniowaniem UV (nadfioletowym). Zadaniem elementu optycznego jest kierowanie możliwie dużej wiązki światła na diody, kiedy promienie słoneczne padają pod ostrym kątem.

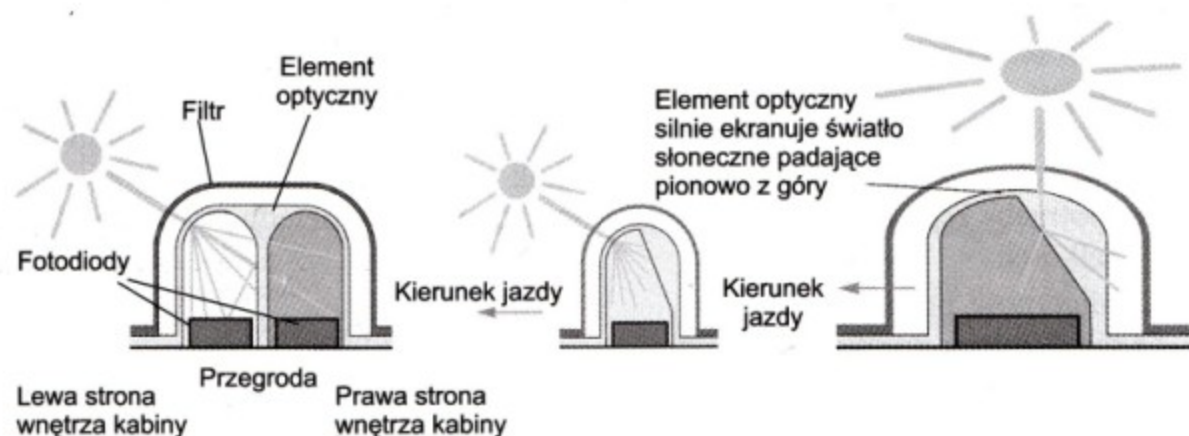
Słońce świeci z boku

Kiedy słońce świeci z lewej albo prawej strony, wtedy kierowca albo pasażer odczuwają wzmożone nagrzewanie. Jeżeli, przykładowo, słońce świeci z lewej strony kabiny, to fotodiody po lewej stronie jest mocniej naświetlana. Umieszczona w elemencie optycznym przegroda powoduje, że tylko niewielka część promieni słonecznych pada na diodę po prawej stronie. Dzięki temu jest zwiększana intensywność chłodzenia tylko lewej strony kabiny.

Słońce świeci od przodu

Promieniowanie słoneczne wpadające do kabiny od przodu (rys. 5.44) powoduje pogorszenie komfortu jazdy zarówno kierowcy, jak i pasażera. Obie fotodiody są jednakowo intensywnie naświetlane. Urządzenie klimatyzacyjne zwiększa w równy sposób ochładzanie prawej i lewej strony wnętrza samochodu.

Kiedy słońce operuje na dach samochodu, wtedy element optyczny kieruje mniej światła na fotodiody i może być zmniejszona wydajność klimatyzacji, gdyż kierowca i pasażer nie są wystawieni na bezpośrednie działanie promieni słonecznych.



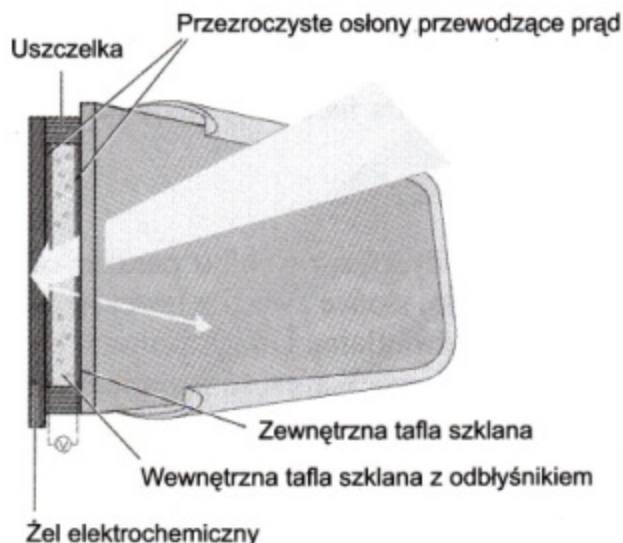
Rys. 5.44

Działanie czujnika promieniowania słonecznego

5.4.2.3. Lusterko wewnętrzne samoczynnie reagujące na oślepienie

Lusterko wewnętrzne składa się z elektronicznego elementu sterowania i zwierciadła (rys. 5.45).

Element sterujący jest umieszczony w obudowie lusterka i zawiera dwa fotoczujniki, jeden skierowany do tyłu, a drugi do przodu. Samo lustro ma trzy podstawowe warstwy; odbłyśnik i zewnętrzna tafla szklana są rozdzielone warstwą elektrochemicznego żelu. Żel umieszczono między dwoma przezroczystymi osłonami, przewodzącymi prąd. W zależności od przyłożonego do tych osłon napięcia zmienia się przepuszczalność światła w żelu.

**Rys. 5.45**

Budowa lusterka wewnętrznego samoczynnie reagującego na oślepianie

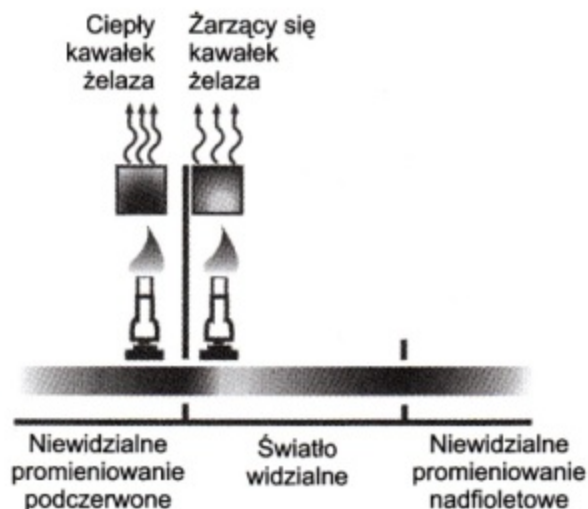
Za pomocą fotoczuowników moduł elektroniczny rozpoznaje, czy kierowca jest oślepiany światłem jadącego za nim samochodu. Dzieje się tak, kiedy natężenie wiązki światła skierowanej na szkło lusterka znacznie się zwiększa. Odpowiednio do tego jest przykładane napięcie do osłon warstwy żelowej i żel zmniejsza przepuszczalność światła.

5.4.2.4. Bezdotykowy pomiar temperatury (rys. 5.46)

W niskich temperaturach zewnętrznych górna część przedniej szyby (około jednej trzeciej) jest od zewnątrz bardzo zimna i wykazuje skłonność do obmarzania. Żeby temu przeciwdziałać, w samochodach najwyższej klasy cenowej (np. Phaeton) umieszcza się w stopce lusterka wewnętrznego czujnik temperatury szyby przedniej.

Na potrzeby regulacji samoczynnego odmrażania szyby przedniej są mierzone trzy wielkości:

- ☐ wilgotność powietrza,
- ☐ temperatura zewnętrzna,
- ☐ temperatura szyby przedniej.

**Rys. 5.46**

Zasada działania bezdotykowego czujnika temperatury

Temperatura szyby jest mierzona bezdotykowo.

Każde ciało wymienia ciepło z otoczeniem w formie promieniowania elektromagnetycznego, które zawiera promieniowanie ciepłe w zakresie podczerwieni, widzialne dla nas światło, a także składową nadfioletową. Te trzy składowe są jedynie małą częścią całego spektrum promieniowania elektromagnetycznego. Pochłanianie promieniowania nazywamy **absorpcją**, a oddawanie **emisją**.

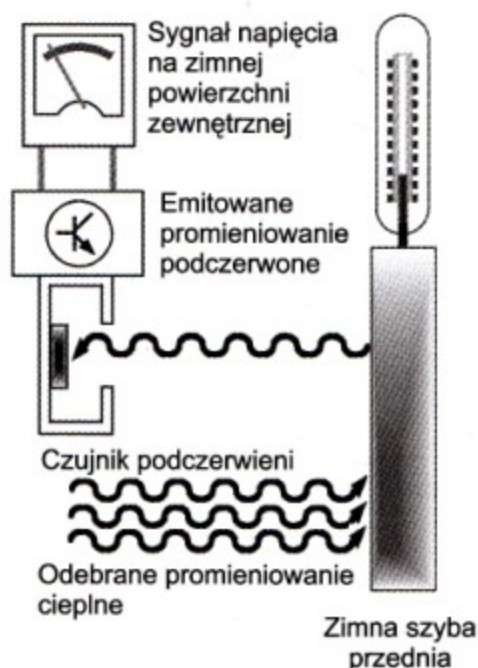
Na przykład kawałek żelaza może pochłaniać promieniowanie podczerwone. Dzięki temu się nagrzewa. Oznacza to, że ten sam kawałek żelaza może promieniowanie podczerwone także emitować. Silne ogrzanie kawałka żelaza powoduje jego żarzenie. Obok podczerwonego będzie on wtedy emitować także promieniowanie elektromagnetyczne w zakresie światła widzialnego. W zależności od temperatury tego ciała zmienia się skład emitowanego przez nie promieniowania. Zmienia się temperatura ciała, a zatem zmienia się też na przykład udział składowej podczerwieni w emitowanym promieniowaniu.

Pomiar emitowanego promieniowania podczerwonego pozwala na bezdotkowy pomiar temperatury danego ciała.

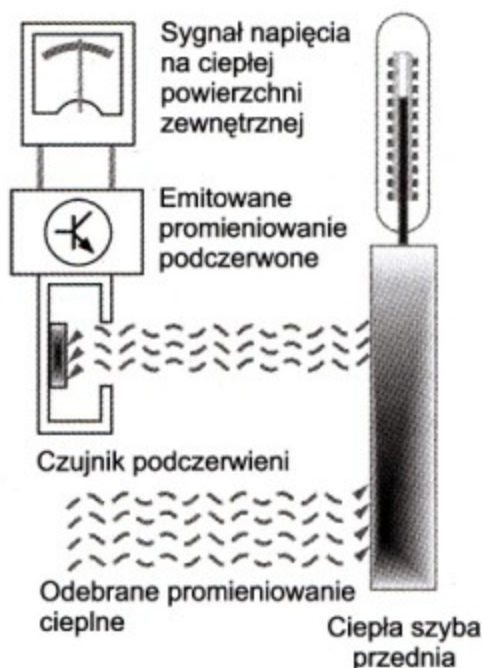
Kiedy temperatura szyby przedniej się zmieni, wtedy zmieni się także udział promieniowania podczerwonego w emitowanym przez szybę promieniowaniu cieplnym. Zmiana ta jest rejestrowana przez czujnik i przekształcana w module elektronicznym w sygnał napięcia.

Działanie urządzenia

Pomiar na zimnej szybie przedstawiono na rysunku 5.47, a na szybie ciepłej na rysunku 5.48.



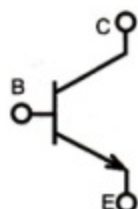
Rys. 5.47
Promieniowanie podczerwone na zimnej szybie



Rys. 5.48
Promieniowanie podczerwone na ciepłej szybie

5.5. Tranzystor

Tranzystor ma 3 końcówki (elektrody) o nazwach: kolektor (C), baza (B) i emiter (E) (rys. 5.49).

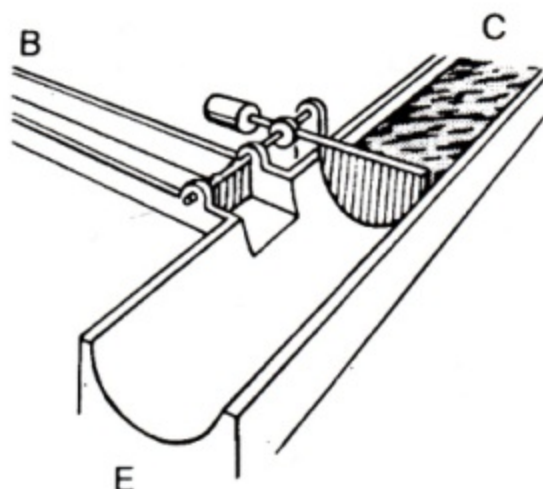


Rys. 5.49
Symbol graficzny tranzystora

Zestyk otwarty (rys. 5.50)

Napięcie baza-emiter U_{BE} wynosi poniżej 0,7 V.

Pomiędzy kolektorem i emiterem nie ma przewodzenia. Tranzystor blokuje przepływ prądu.



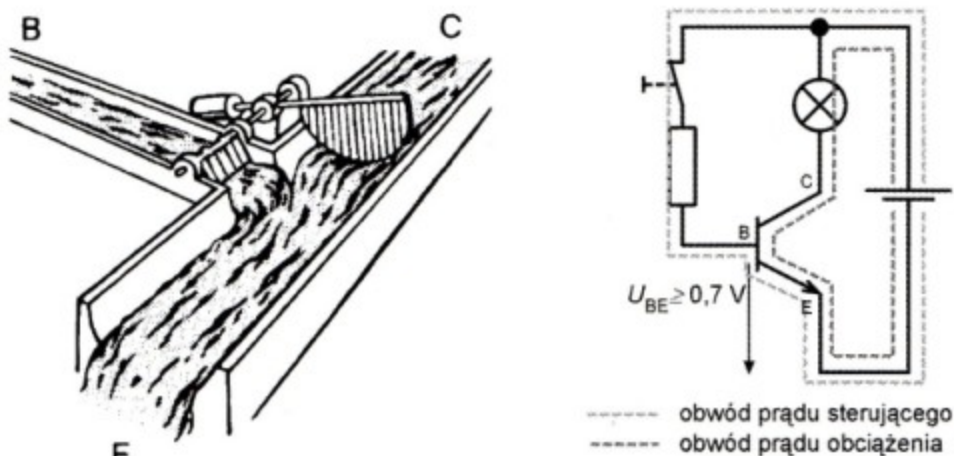
Rys. 5.50
Rysunek modelu i układ połączeń: tranzystor jako otwarty zestyk

Zestyk zamknięty (rys. 5.51)

Napięcie baza-emiter U_{BE} jest większe niż 0,7 V.

Pomiędzy kolektorem i emiterem jest przewodzenie. Tranzystor nie blokuje przepływu prądu.

➡ Mały prąd bazy steruje dużym prądem kolektor-emiter.



Rys. 5.51

Rysunek modelu i układ połączeń: tranzystor jako zamknięty zestyk

5.5.1. Tranzystor jako element sterowalny

Ustalanie minimalnego napięcia baza-emiter (rys. 5.52)

U_{BE} – napięcie pomiędzy bazą i emiterem

$U_{BE} \approx 0,7 \text{ V}$

Przy jakim napięciu pomiędzy bazą i emiterem U_{BE} tranzystora, obwód kolektor-emiter w tranzystorze zacznie przewodzić prąd na tyle, żeby zaświeciła się żarówka?

Konieczne jest napięcie baza-emiter U_{BE} około $+0,7 \text{ V}$, aby obwód kolektor-emiter tranzystora zaczął przewodzić prąd.

Stosunek prądu kolektora do prądu bazy

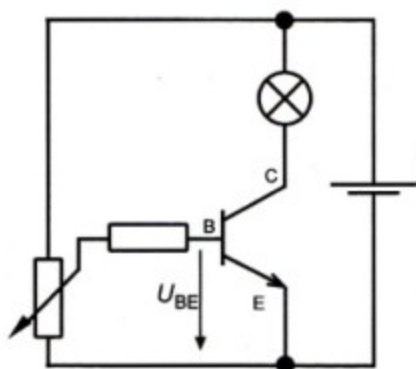
I_B – prąd bazy

I_C – prąd kolektora

$I_B = 0,25 \text{ mA}$

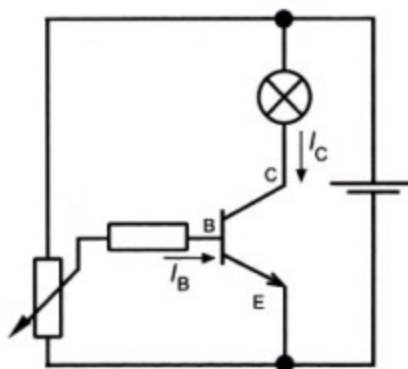
$I_C = 80 \text{ mA}$

Wzmocnienie prądu B wynosi tyle, ile razy prąd kolektora jest większy od prądu bazy (rys. 5.53)



Rys. 5.52

Niezbędne napięcie baza-emiter dla przepływu prądu przez tranzystor



Rys. 5.53

Ustalenie wzmacnienia prądu B tranzystora

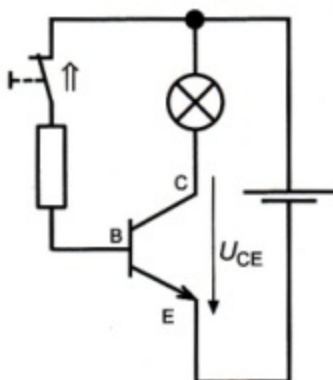
$$B = \frac{I_C}{I_B} = \frac{80 \text{ mA}}{0,25 \text{ mA}} = 320$$

➡ Mały prąd bazy steruje dużym prądem kolektora.

Spadek napięcia w tranzystorze w stanie przewodzenia (rys. 5.54)

U_{CE} – napięcie pomiędzy kolektorem i emiterem

$$U_{CE} \approx 0,29 \text{ V}$$



Rys. 5.54

Spadek napięcia w przewodzącym tranzystorze

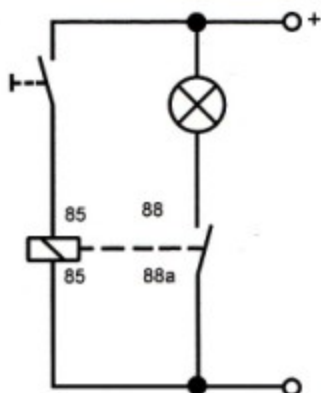
Tranzystor jest w stanie przewodzenia, to znaczy obwód kolektor-emiter przewodzi prąd; w idealnym złączu spadek napięcia powinien wynosić 0 V.

➡ W tranzystorze w stanie przewodzenia występuje spadek napięcia w obwodzie kolektor-emiter, który powoduje nagrzewanie się tranzystora.

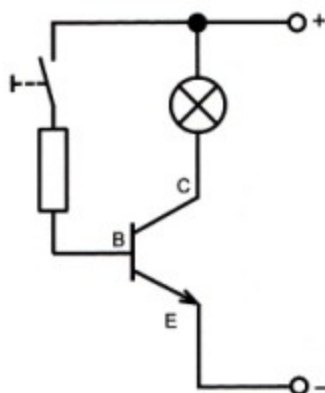
5.5.2. Porównanie tranzystora z przekaźnikiem

Tablica 5.2.

Zalety	
Przekaźnik	Tranzystor
☐ Nieczuły na krótkie przepięcia, dlatego idealny do włączania świateł z powodu wysokiego prądu włączania żarówki (zachowanie jak PTC). ☐ Bardzo mały spadek napięcia na zamkniętych zestykach roboczych, stąd znikome straty i niewielkie nagrzewanie się. ☐ Prawie nieczuły na temperaturę.	☐ Prawie się nie zużywa. ☐ Potrzebne są bardzo małe prądy sterujące. ☐ Możliwa jest duża częstotliwość przełączeń, np. przy zapłonie tranzystorowym. ☐ Odporny na drgania.
Wady	
☐ Możliwa ograniczona częstotliwość włączeń. ☐ Zużywanie się styków. ☐ Przy wyłączaniu przekaźnika powstają napięcia indukcyjne w cewce.	☐ Wrażliwy na temperaturę. ☐ Wrażliwy na przepięcia. ☐ Wrażliwy na piki prądu. ☐ Spadek napięcia na włączonym tranzystorze prowadzi do nagrzewania się (konieczność chłodzenia).

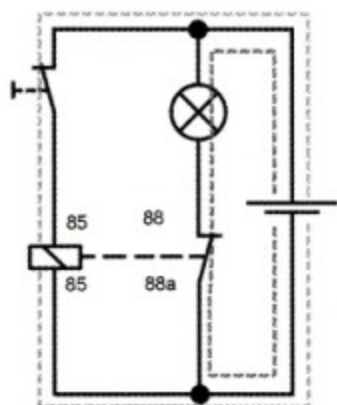


Rys. 5.55
Przełącznik jako wyłącznik

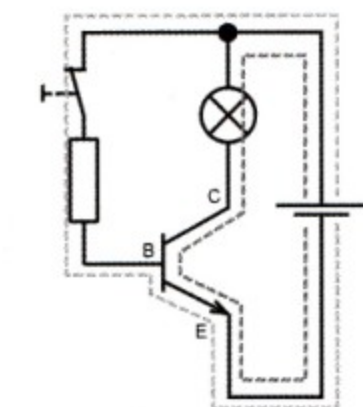


Rys. 5.56
Tranzystor jako wyłącznik

Prąd sterowania i prąd obciążenia (rys. 5.57 i 5.58)



Rys. 5.57
Prąd sterowania i prąd obciążenia
przełącznika



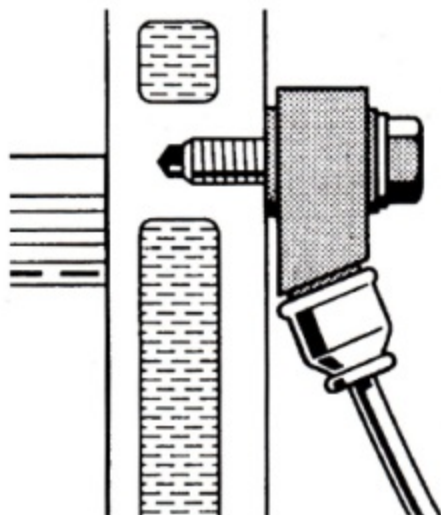
--- obwód prądu sterowania
— obwód prądu obciążenia

Rys. 5.58
Prąd sterowania i prąd obciążenia
tranzystora

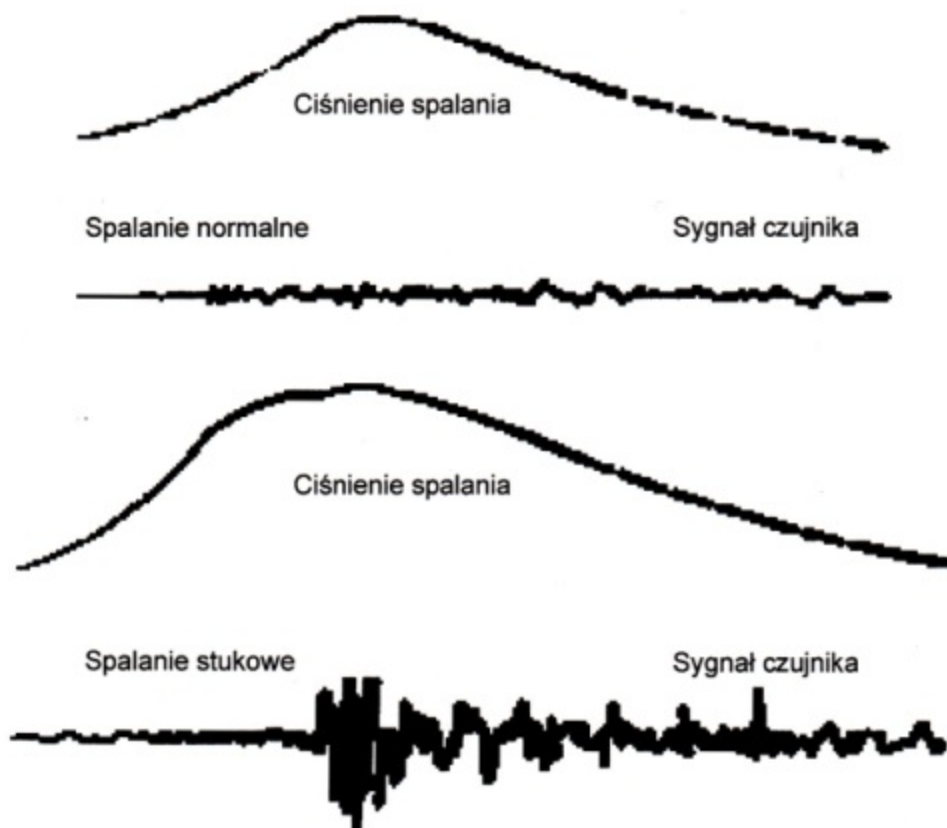
➡ Mały prąd sterowania steruje dużym prądem obciążenia.

5.5.3. Tranzystor jako wzmacniacz

Do regulacji przeciwdetonacyjnej w silnikach o zapłonie iskrowym, wykorzystuje się czujniki (tzw. czujniki spalania stukowego), które odbierają drgania towarzyszące spalaniu detonacyjnemu i przekazują odpowiednie sygnały do urządzenia sterującego w celu ich analizy (rys. 5.59 i 5.60). Piezoelektryczny czujnik spalania stukowego przy prawidłowej pracy silnika wysyła bardzo słabe sygnały, które w urządzeniu sterującym są wzmacniane i analizowane. Do wzmocnienia takich słabych sygnałów można zastosować tranzystory.

**Rys. 5.59**

Umieszczenie czujnika spalania stukowego w kadłubie silnika

**Rys. 5.60**

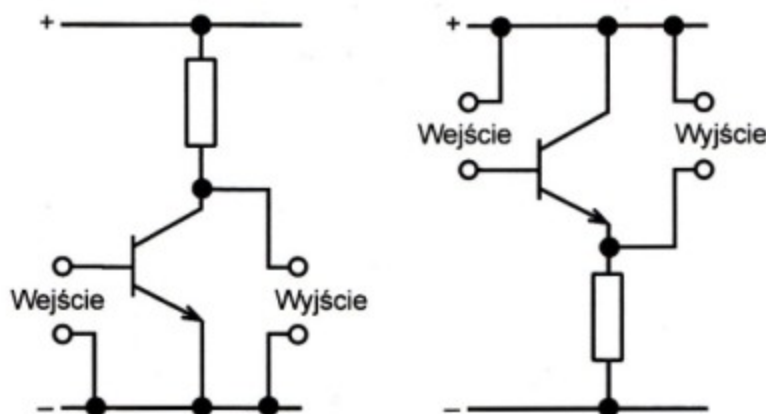
Sygnały czujnika spalania stukowego

Wzmacniacz wymaga dwóch zacisków wejściowych i dwóch wyjściowych (rys. 5.61). Jeżeli będzie zastosowany jeden tranzystor, wtedy jedno z jego trzech przyłączy należy wykorzystać jednocześnie jako wejście i wyjście wzmacniacza.



Rys. 5.61
Schemat połączeń wzmacniacza

Z powodu wspólnego przyłącza powstało określenie takich układów połączeń. Najczęściej stosowane w samochodach są połączenia o wspólnym emiterze, a także jedna z form połączeń o wspólnym kolektorze, zwane wtórnikami emiterowymi (rys. 5.62).



Rys. 5.62
Dwa najważniejsze układy
połączeń tranzystorów

5.5.4. Współczynnik trwania impulsu

Problem

Odbiornik (np. żarówka) nie powinien pracować z pełną mocą.

Rozwiązanie

A – przed żarówką zostaje szeregowo podłączony rezystor (rys. 5.63a).

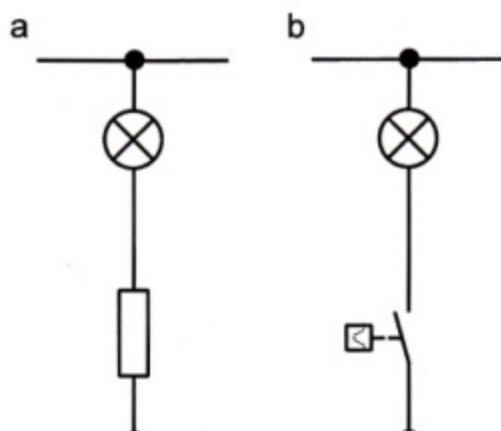
Wada: spadek napięcia na rezystorze. Tracona przez to moc musi zostać odprowadzona na zewnątrz w postaci ciepła.

Zastosowanie: Stopniowe włączanie dmuchawy układu przewietrzania w samochodach Mercedes i Opel.

B – za pomocą elektronicznego zestyku (rys. 5.63b) żarówka jest włączana i wyłączana tak szybko, że oko ludzkie nie jest w stanie tego zarejestrować.

Zaleta: nie dochodzi do strat mocy.

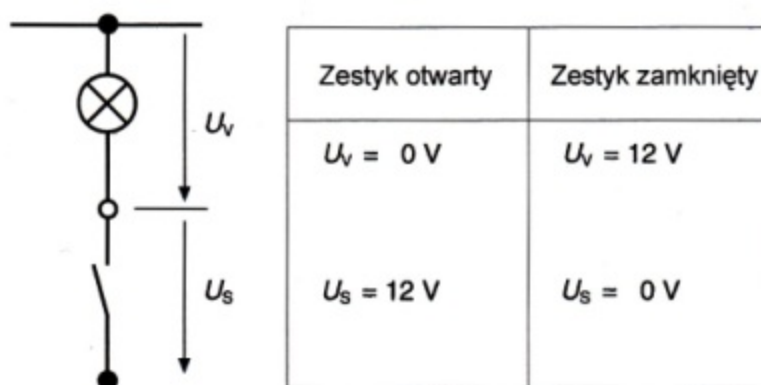
Zastosowanie: regulator prędkości obrotowej biegu jałowego, zawór przewietrzania zbiornika paliwa itd.



Rys. 5.63

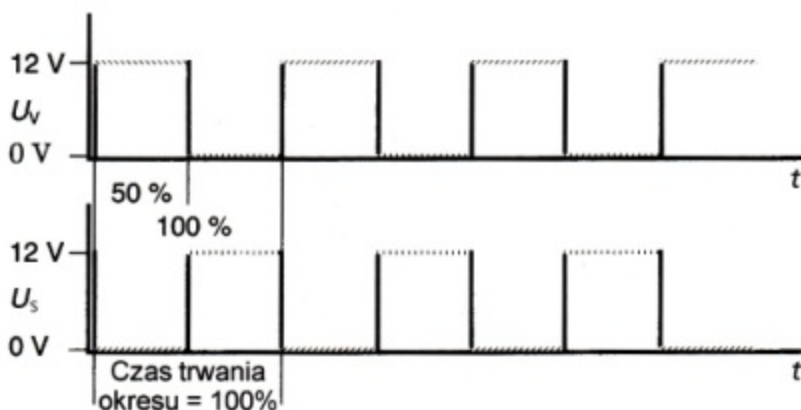
Możliwość sterowania odbiornika

➡ Stosunek czasu włączenia napięcia odbiornika U_V do czasu trwania okresu T jest nazywany współczynnikiem trwania impulsu (rys. 5.64 i 5.65).



Rys. 5.64

Współczynnik trwania impulsu

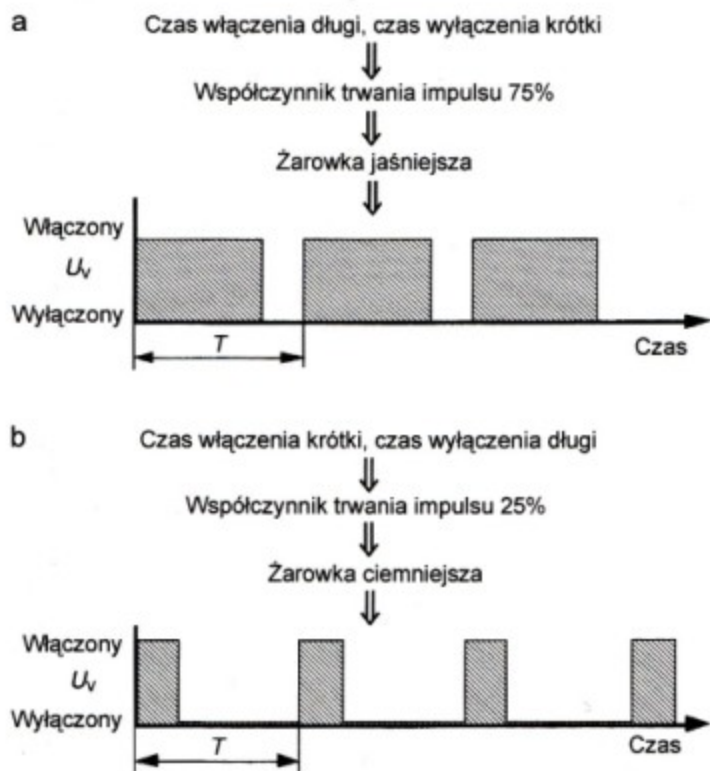


Rys. 5.65

Zależność napięcia na zestyku od napięcia odbiornika

Włączanie i wyłączanie następuje tak szybko, że zmiany nie są rejestrowane przez ludzkie oko. W samochodowych układach połączeń występuje zazwyczaj częstotliwość 100 Hz. Odpowiada to czasowi trwania jednego okresu $= 0,1 \text{ s}$.

➡ Przykład regulacji jasności światła przez zmianę współczynnika trwania impulsu przedstawiono na rysunku 5.66.



Rys. 5.66

Przykłady sterowania jasnością w wyniku zmiany współczynnika trwania impulsu