

Diagnostyka układów elektrycznych i elektronicznych

pojazdów samochodowych

Grzegorz Dyga
Grzegorz Trawiński

Kwalifikacja M.12.1

Podręcznik do nauki zawodów

- **TECHNIK POJAZDÓW
SAMOCHODOWYCH**
- **ELEKTROMECHANIK
POJAZDÓW
SAMOCHODOWYCH**



Podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania i wpisany do wykazu podręczników przeznaczonych do kształcenia w zawodach na podstawie opinii rzeczoznawców: **mgr. Klemensa Stróżyńskiego, mgr. inż. Henryka Krystkowiaka, mgr. inż. Dariusza Durańskiego.**

Typ szkoły: **technikum, szkoła policealna, zasadnicza szkoła zawodowa.**

Zawód: **technik pojazdów samochodowych, elektromechanik pojazdów samochodowych.**

Kwalifikacja: **M.12. Diagnostowanie oraz naprawa elektrycznych i elektronicznych układów pojazdów samochodowych.**

Część kwalifikacji: **1. Diagnostowanie układów elektrycznych i elektronicznych pojazdów samochodowych.**

Rok dopuszczenia: **2014**

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o.
Warszawa 2014

Wydanie I (rzut I)

ISBN 978-83-02-14674-9

Opracowanie merytoryczne i redakcyjne: **Małgorzata Skura** (redaktor koordynator),

Dorota Woźnicka (redaktor merytoryczny)

Redakcja językowa: **Lucyna Lewandowska**

Redakcja techniczna: **Elżbieta Walczak**

Projekt okładki: **Dominik Krajewski**

Fotoedycja: **Agata Bażyńska**

Skład i łamanie: **Studio DeTePe, Paweł Rusiniak**

Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne spółka z ograniczoną odpowiedzialnością

00-807 Warszawa, Aleje Jerozolimskie 96

Tel.: 22 576 25 00

Infolinia: 801 220 555

www.wsip.pl

Druk i oprawa: DROGOWIEC-PL Sp. z o.o., Kielce

Publikacja, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty.



Szanujemy cudzą własność i prawo.
Więcej na www.legalnakultura.pl
Polska Izba Książki

1. Zasady bezpieczeństwa pracy przy urządzeniach elektrycznych i elektronicznych

1.1.	Oddziaływanie prądu elektrycznego na człowieka	8
1.2.	Zasady bezpieczeństwa	10
1.3.	Pierwsza pomoc przy porażeniu prądem.	13

2. Instalacje elektryczne samochodów

2.1.	Podział i elementy składowe instalacji elektrycznych	18
2.2.	Rodzaje zabezpieczeń instalacji elektrycznej	24
2.3.	Przełączniki samochodowe	28
2.4.	Schematy instalacji elektrycznej	31

3. Podstawy miernictwa elektrycznego i elektronicznego

3.1.	Przyrządy warsztatowe stosowane w pomiarach elektrycznych i elektronicznych	44
3.2.	Zasady wykonywania pomiarów za pomocą multimetru	54
3.3.	Pomiary wykonywane za pomocą oscyloskopu	60
3.4.	Badanie układów elektronicznych testerem diagnostycznym. Programy diagnostyczne	64

4. Diagnostyka źródeł energii

4.1.	Budowa i działanie akumulatora	74
4.2.	Diagnozowanie akumulatora	81
4.3.	Budowa i działanie alternatora	90
4.4.	Diagnozowanie alternatorów – klasycznych i sterowanych cyfrowo	97
4.4.1.	Wprowadzenie	97
4.4.2.	Diagnozowanie alternatora zamontowanego w pojeździe	97

5. Diagnostyka układu rozruchowego i wspomagania rozruchu

5.1.	Budowa i działanie układu rozruchowego	106
5.2.	Diagnozowanie rozrusznika	111
5.3.	Diagnozowanie systemu Start-Stop	115
5.3.1.	Budowa i zasada działania systemu Start-Stop	115
5.3.2.	Diagnozowanie systemu Start-Stop	118
5.4.	Diagnozowanie świece żarowych	120
5.4.1.	Świece żarowe wspomagające pracę rozrusznika	120
5.4.2.	Diagnozowanie świece żarowych	121

6. Diagnostyka podstawowych sensorów i elementów wykonawczych silnika

6.1.	Charakterystyka systemu diagnostyki pokładowej	130
6.2.	Informacje diagnostyczne uzyskiwane z układu OBD II	137
6.3.	Diagnozowanie podstawowych czujników silnika	144
6.3.1.	Wprowadzenie	144
6.3.2.	Diagnozowanie czujników prędkości oraz położenia wału korbowego i wałka rozrządu	145
6.3.3.	Diagnozowanie przepływomierzy powietrza	149

6.3.4.	Diagnozowanie czujników ciśnienia powietrza	152
6.3.5.	Diagnozowanie czujników temperatury	155
6.3.6.	Diagnozowanie sond lambda (czujników tlenu)	156
6.3.7.	Diagnozowanie czujnika zapełnienia filtra cząstek stałych	164
6.4.	Diagnozowanie podstawowych elementów wykonawczych silnika	166
6.4.1.	Diagnozowanie wtryskiwaczy elektromagnetycznych i piezoelektrycznych	166
6.4.2.	Diagnozowanie zaworu recyrkulacji spalin	170
6.4.3.	Diagnozowanie elementów układu regulacji prędkości biegu jałowego	173
6.4.4.	Diagnozowanie zespołu wentylatorów	177

7. Diagnostyka układu zapłonowego

7.1.	Budowa i działanie układu zapłonowego	186
7.2.	Diagnozowanie układu zapłonowego	189
7.2.1.	Wprowadzenie	189
7.2.2.	Diagnozowanie układu zapłonowego z cewkami dwubiegunowymi	190
7.2.3.	Diagnozowanie układu zapłonowego z cewkami indywidualnymi	195
7.3.	Kontrola czujnika spalania detonacyjnego	199

8. Diagnostyka cyfrowych magistral danych

8.1.	Podstawy sterowania cyfrowego w samochodach	204
8.2.	Cyfrowe magistrale danych	207
8.2.1.	Ogólna charakterystyka cyfrowych magistral danych	207
8.2.2.	Magistrala CAN	208
8.2.3.	Magistrala LIN	218
8.3.	Diagnozowanie magistrali CAN	223
8.4.	Diagnozowanie magistrali LIN	230

9. Diagnostyka wskaźników kontrolno-pomiarowych

9.1.	Zestaw wskaźników kontrolno-pomiarowych samochodu	238
9.1.1.	Zestaw wskaźników kontrolno-pomiarowych	238
9.1.2.	Diagnozowanie zestawu wskaźników kontrolno-pomiarowych	242
9.2.	Diagnozowanie czujników płynów eksploatacyjnych	243
9.3.	Diagnozowanie czujnika prędkości jazdy samochodu	253

10. Diagnostyka wybranych czujników stosowanych w układach bezpieczeństwa i komfortu

10.1.	Diagnozowanie czujników prędkości obrotowej kół	258
10.1.1.	Czujniki prędkości obrotowej kół	258
10.1.2.	Ocena stanu czujników prędkości obrotowej kół	259
10.2.	Diagnozowanie czujników położenia koła kierownicy	266
10.2.1.	Czujniki położenia koła kierownicy	266
10.2.2.	Ocena stanu czujników położenia koła kierownicy	267
10.3.	Diagnozowanie układu poduszek gazowych i napinaczy pasów	268
10.3.1.	Układ poduszek gazowych i napinaczy pasów – SRS	268
10.3.2.	Ocena stanu układu SRS	268
10.4.	Diagnozowanie układów sterujących i silników wycieraczek	274
10.4.1.	Układ sterujący wycieraczkami	274
10.4.2.	Ocena stanu technicznego układu wycieraczek	277

10.5.	Diagnozowanie czujników ciśnienia w ogumieniu	280
10.5.1.	Układ kontroli ciśnienia w ogumieniu	280
10.5.2.	Ocena stanu układu nadzoru ciśnienia w ogumieniu	286
10.6.	Diagnozowanie układów wentylacji i ogrzewania wnętrza oraz klimatyzacji	289
10.6.1.	Układy wentylacji i ogrzewania wnętrza oraz klimatyzacji	289
10.6.2.	Ocena stanu układów wentylacji i ogrzewania wnętrza oraz klimatyzacji	292

11. Diagnostyka instalacji oświetlenia samochodu

11.1.	Rodzaje świateł stosowane w pojazdach samochodowych	300
11.2.	Charakterystyka instalacji oświetlenia	306
11.3.	Nowe rodzaje oświetlenia samochodu	311
11.4.	Diagnozowanie instalacji oświetlenia samochodu	314

12. Diagnostyka instalacji alarmowej, immobilizera i centralnego zamka

12.1.	Budowa i działanie instalacji alarmowej pojazdu	320
12.2.	Budowa i działanie immobilizera	327
12.3.	Budowa i działanie układu centralnego zamka	333
12.4.	Diagnozowanie instalacji alarmowej, immobilizera oraz centralnego zamka	339
12.4.1.	Diagnozowanie instalacji alarmowej	339
12.4.2.	Diagnozowanie immobilizera	343
12.4.3.	Diagnozowanie układu centralnego zamka	345

13. Diagnostyka hybrydowych układów napędowych

13.1.	Budowa i działanie hybrydowego układu napędowego	350
13.2.	Diagnozowanie hybrydowego układu napędowego	355
13.3.	Zasady bezpieczeństwa dotyczące diagnozowania hybrydowych układów napędowych	360

14. Diagnostyka sterowników samochodowych

14.1.	Budowa i działanie sterowników samochodowych	366
14.2.	Diagnozowanie sterowników	375

15. Dokumentacja warsztatowa pojazdu samochodowego

15.1.	Dokumentacja związana z przyjęciem pojazdu samochodowego	388
15.2.	Sporządzanie dokumentacji wykonanych pomiarów elektrycznych	392
	Wykaz podstawowych pojęć w językach polskim, angielskim i niemieckim	396
	Źródła ilustracji i fotografii	402

4. Diagnostyka źródeł energii

- Budowa i działanie akumulatora
- Diagnostowanie akumulatora
- Budowa i działanie alternatora
- Diagnostowanie alternatorów – klasycznych i sterowanych cyfrowo

4.1

Budowa i działanie akumulatora

W TYM ROZDZIALE DOWIESZ SIĘ:

- jak jest zbudowany akumulator i jak działa
- do czego służy czujnik oceny stanu akumulatora
- jakie parametry charakteryzują akumulator

Pojazdy samochodowe wyposażone są w dwa źródła energii: akumulator i alternator. Zarówno ładunek (zwany pojemnością akumulatora), jak i wydajność prądowa alternatora są odpowiednio dobrane (dopasowane) do instalacji elektrycznej pojazdu i uwzględniają maksymalne zapotrzebowanie na energię elektryczną wszystkich odbiorników zainstalowanych w samochodzie.

Podstawowym źródłem zasilania jest alternator, który wytwarza energię elektryczną jedynie wtedy, kiedy jest napędzany paskiem od wału korbowego silnika z odpowiednią prędkością. Aby mógł wytwarzać energię, musi być uruchomiony silnik spalinowy. Dlatego w instalacji pokładowej samochodu musi być umieszczone dodatkowe źródło energii elektrycznej – akumulator.

Akumulator umożliwia:

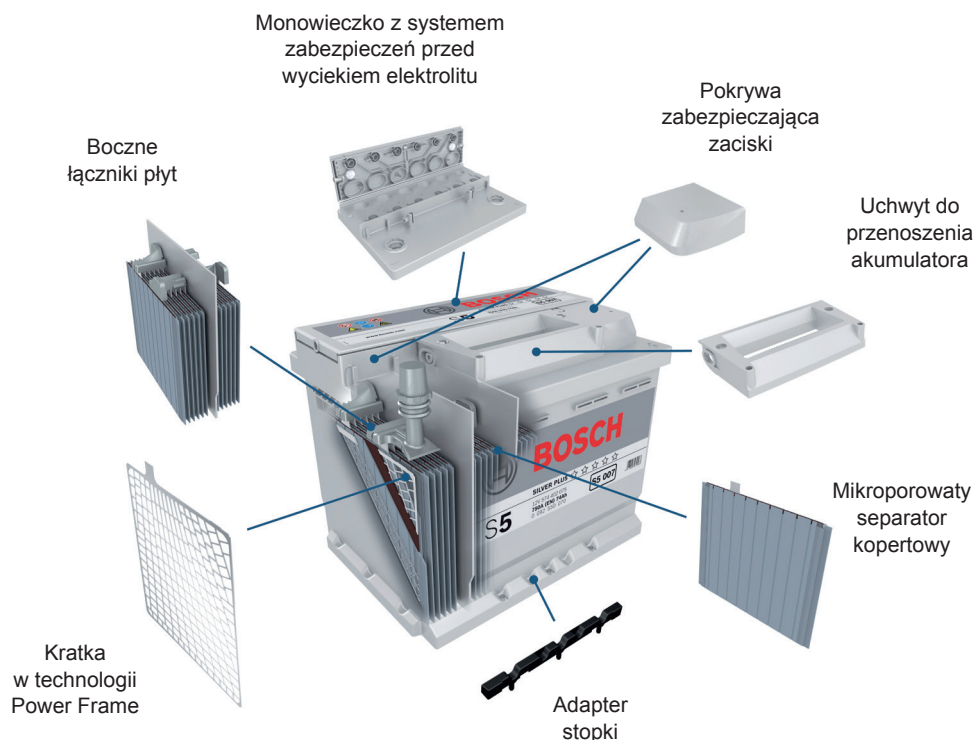
- zasilanie wszystkich urządzeń i układów samochodu, których praca jest konieczna na postoju, przy niepracującym silniku (np. światła awaryjne);
- rozruch silnika, od którego zależy napędzanie alternatora i przejście przez niego zasilania odbiorników energii.

Akumulator to odwracalne elektrochemiczne źródło energii elektrycznej. Jego zadaniem jest pobieranie, gromadzenie i oddawanie energii elektrycznej, przy czym każda z faz jego pracy jest zależna od zachodzących w nim reakcji chemicznych.

W samochodach używane są przede wszystkim **akumulatory kwasowo-ołowiowe**, składające się z sześciu ogniw połączonych ze sobą szeregowo i zamkniętych w odseparowanych celach (komorach), utworzonych przez przegrody jednolitej obudowy akumulatora. Obudowa wykonana jest z tworzywa sztucznego odpornego na działanie kwasu (rys. 4.1). Przy pełnej sprawności i maksymalnym stopniu naładowania akumulatora każde z ogniw dysponuje siłą elektromotoryczną o wartości 2,1–2,12 V. Tak więc cały akumulator ma wtedy siłę elektromotoryczną o wartości 12,6–12,7 V.

Pojedyncze **ogniwo akumulatora** składa się z płyt dodatnich i ujemnych umieszczonych na przemian (ujemna/dodatnia/ujemna/.../ dodatnia/ujemna) w pakiecie, przy czym płyt dodatnich jest o jedną mniej niż ujemnych. Płyty dodatnie tworzą jeden zespół, ujemne – drugi.

Szkieletem każdej **płyty** (dodatniej i ujemnej) jest **kratka**. Początkowo była ona wykonywana z czystego ołowiu, a następnie ze stopu ołowiu zawierającego 6–7% antymonu (Sb), który zwiększał jej odporność na wibracje, uderzenia i deformacje. Jednak dodatek antymonu zwiększał także gazowanie i powodował ubytek wody z elektrolitu, zaczęto więc stosować stopy niskoantymonowe (poniżej 2% Sb), a potem stopy ołowiowo-wapniowe



Rys. 4.1. Budowa akumulatora samochodowego

(kratka ujemna), z których obecnie wykonuje się obie kratki. Akumulatory, w których w obu kratkach stosuje się dodatek wapnia (Ca) – stanowi on tylko ok. 1 promila masy stopu – cechują się mniejszym o 80% ubytkiem wody i mniejszym o 30% samorozładowaniem w porównaniu z akumulatorami o kratkach niskoantymonowych. Są to tzw. **akumulatory bezobsługowe**, czyli akumulatory, w których ubytek elektrolitu z akumulatora umieszczonego w kąpeli wodnej o temperaturze 40°C i ładowanego przy stałym napięciu 14,4 V przez 500 godzin jest mniejszy niż 4 g/Ah (lub 2,7 g/min).

Najnowsze akumulatory zawierają niewielkie ilości srebra (Ag), które dodatkowo zwiększa odporność akumulatora na pracę cykliczną i wysokie temperatury elektrolitu oraz uodparnia elektrody na zużycie korozyjne.

Początkowo kratki wykonywane były metodą odlewania lub cięto-ciągnioną, obecnie stosuje się metodę sztańcowania, co zwiększa ich odporność na zużycie korozyjne oraz – dzięki odpowiedniej geometrii oczek kratki i jej różnej grubości w poszczególnych strefach – umożliwia zmniejszenie rezystancji wewnętrznej akumulatora i uzyskanie większej wartości prądu rozruchowego. Kratki wypełnione są masą czynną. Płyta dodatnia (w stanie naładowania) zawiera dwutlenek ołowiu PbO_2 (brunatny), płyta ujemna – ołów gąbczasty Pb (szary).

Poszczególne płyty akumulatora w pakiecie (ogniwie) oddzielone są **przekładkami izolacyjnymi** – mikroporowatymi separatorami, wykonanymi z włókna szklanego (polietylenu). Zabezpieczają one przed zwarcie płyty dodatniej z ujemną, umożliwiając jednocześnie swobodny przepływ elektrolitu oraz prądu elektrycznego. Obecnie najczęściej stosuje się separatory kopertowe, zakładane na jedną z płyt (zwykle dodatnią).

Przestrzeń między płytami akumulatora wypełnia 37-procentowy wodny roztwór kwasu siarkowego (H_2SO_4), stanowiący **elektrolit**. Stąd też nazwa tych akumulatorów: kwasowo-ołowiowe. Pod wpływem wody kwas ulega dysocjacji (rozpadowi) na jony wodoru i reszty kwasowej. Elektrolit działa jak przewodnik, przenosząc jony elektryczne między płytami dodatnią i ujemną w czasie ładowania i rozładowywania akumulatora. Podczas rozładowywania akumulatora jony siarczanowe reagują z materiałem elektrod, w wyniku czego powstaje siarczan ołowiu (PbSO_4).

W górnej części akumulatora umieszczone jest zgrzane z obudową **monowieczko**, stanowiące wspólną pokrywę wszystkich ogniw i posiadające połączenia międzyogniowe przez ścianki grodziowe cel. Ma ono między innymi wbudowany labiryntowy system zabezpieczający przed wyciekiem elektrolitu i ułatwiający powrót skroplonych gazów do elektrolitu, centralny system odgazowania, filtr antyiskrowy oraz bezpieczny system odprowadzania gazów na zewnątrz akumulatora. Monowieczko pozwala na uzyskanie prawie całkowitej szczelności akumulatora, co w połączeniu ze zwiększonym poziomem elektrolitu (w porównaniu do starszych rozwiązań) zapewnia poprawę rekombinacji gazów (zmniejszenie ubytku wody z elektrolitu), a jego płaska powierzchnia ułatwia utrzymanie akumulatora w czystości.

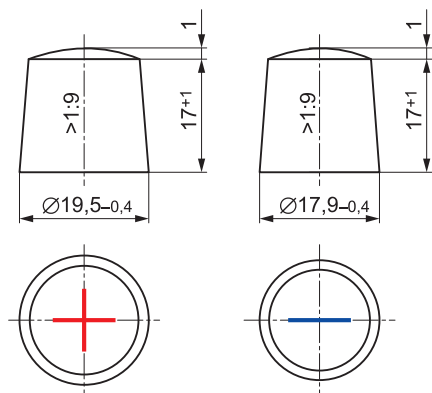
Starsze rozwiązania obudowy, do tej pory stosowane w niektórych typach akumulatorów, miały w górnej części zamykane wkręcanymi korkami otwory, umożliwiające dostęp do poszczególnych cel (np. dla sprawdzenia i uzupełnienia poziomu elektrolitu). Niektóre akumulatory, zwłaszcza bezobsługowe, mają wbudowany w jedną z cel optyczny wskaźnik naładowania akumulatora.

W dolnej części obudowy akumulatora – **stopce** – znajdują się wzmocnienia i występy pozwalające na umocowanie akumulatora w pojeździe.

Z instalacją pokładową samochodu akumulator połączony jest znormalizowanymi **zaciskami** (zwanymi **biegunami**) o stożkowym kształcie (rys. 4.2). Znajdują się one w górnej części pokryw akumulatora. Dla ułatwienia identyfikacji oba zaciski są odpowiednio oznaczone (+ i –) na obudowie. Niekiedy mają kolorowe podkładki (czerwoną dla zacisku dodatniego, niebieską dla ujemnego). Ich wymiary są znormalizowane, przy czym zacisk dodatni ma większą średnicę niż ujemny. Przewody instalacji pokładowej przyłączane są do nich za pomocą zacisków główkowych (potocznie nazywanych **klemami**).

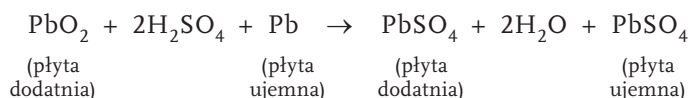
Akumulatory kwasowo-ołowiowe charakteryzują się bardzo małą rezystancją wewnętrzną. Wynosi ona kilka $\text{m}\Omega$ (w temperaturze 25°C) dla przeciętnego akumulatora o pojemności 45–66 Ah. Dzięki temu można go chwilowo (przez krótki czas) obciążyć natężeniem prądu o dużej wartości.

Działanie akumulatora przedstawiono na rys. 4.3. Naładowana płyta dodatnia zawiera dwutlenek ołowiu PbO_2 , a płyta ujemna – ołów gąbczasty Pb (rys. 4.3a). Podczas poboru energii z akumulatora (tj. jego rozładowywania) na obu płytach zachodzą reakcje prowadzące do przemiany materiału wyjściowego na ich powierzchni w siarczan ołowiu (PbSO_4), do którego wytworzenia wykorzystywana jest część kwasu (jony SO_4^{2-}). Natomiast jony H^+ , także powstałe w wyniku elektrolizy kwasu, łączą się z jonami tlenu O^{2-} , tworząc wodę rozcieńczającą elektrolit.

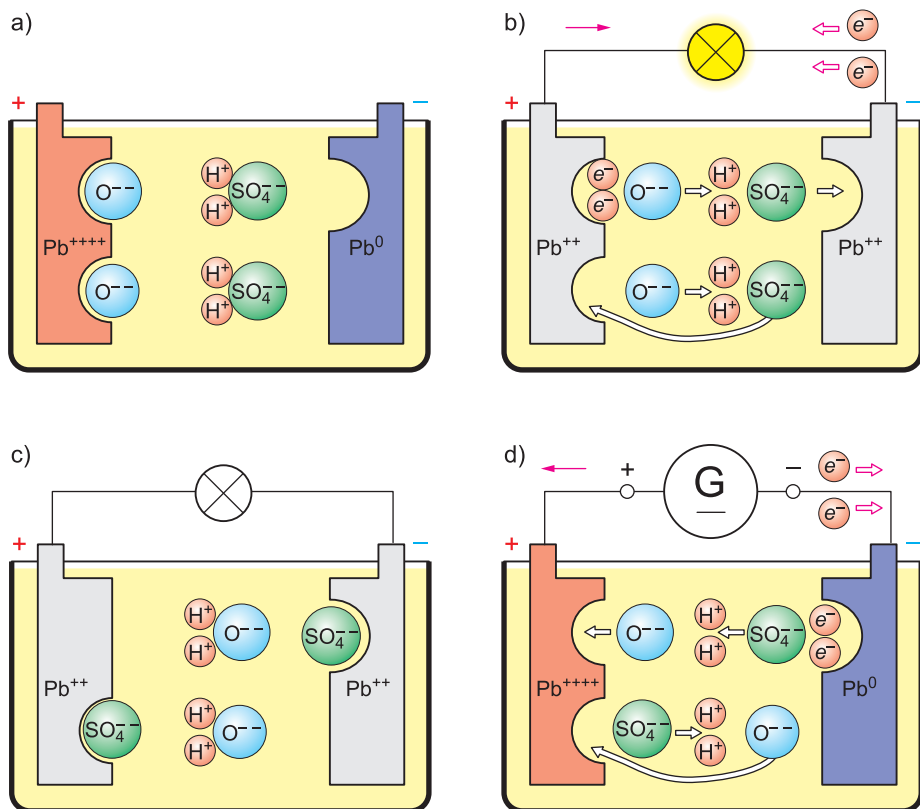


Rys. 4.2. Kształt i podstawowe wymiary zacisków akumulatora

W zewnętrznym obwodzie elektrycznym akumulatora następuje przepływ prądu elektrycznego – elektronów z elektrody ujemnej do dodatniej (rys. 4.3b). Proces rozładowywania akumulatora przedstawia równanie:



W wyniku reakcji chemicznych zmniejsza się ilość kwasu w elektrolicie (i wzrasta zawartość wody), co powoduje zmniejszenie jego gęstości (rys. 4.3c).



Rys. 4.3. Zasada działania akumulatora – przemiany chemiczne zachodzące w nim podczas rozładowywania i ładowania (opis w tekście)

W czasie ładowania następuje proces odwrotny – elektroliza wody. Płyty pokryte siarczanem ołowiu (PbSO_4) powracają do swojej pierwotnej postaci (dodatnia – PbO_2 , ujemna – Pb), a uwolnione z płyt jony SO_4^{2-} łączą się z jonami wodoru, tworząc kwas, którego zawartość (stężenie) w elektrolicie wzrasta (rys. 4.3d). Aby wywołać te przemiany, konieczne jest doprowadzenie do akumulatora energii z zewnątrz (z urządzenia do ładowania). Warunkiem sprawnego przebiegu tego procesu jest dostarczenie ok. 15% więcej energii, niż akumulator oddaje w procesie rozładowania.

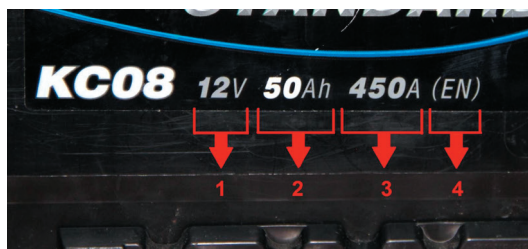
Ładowaniu i rozładowywaniu akumulatora towarzyszy zmiana gęstości elektrolitu. Ponieważ zależy ona od temperatury elektrolitu, podaje się ją dla temperatury odniesienia wynoszącej 25°C . Całkowicie naładowany akumulator wypełniony jest elektrolitem o gęstości

1,28 g/cm³, natomiast gęstość elektrolitu akumulatora całkowicie rozładowanego wynosi ok. 1,10 g/cm³. Dlatego też gęstość elektrolitu wykorzystywana jest jako parametr służący do oceny stopnia naładowania akumulatora.

Podstawowe parametry akumulatora podane są na jego tabliczce znamionowej (rys. 4.4).

Dane na tabliczce znamionowej obejmują:

- napięcie znamionowe akumulatora (1) na rys. 4.4;
- ładunek znamionowy Q_{20} akumulatora, czyli tzw. pojemność dwudziestogodzinna (2) – wartość ta informuje o wielkości ładunku elektrycznego, jaki akumulator może w sposób ciągły dostarczać przez 20 godzin, aż do spadku napięcia do wartości 10,5 V; na przykład akumulator o pojemności 60 Ah jest w stanie podczas dwudziestu godzin dostarczać prąd o wartości 3 A; wraz ze spadkiem temperatury pojemność akumulatora maleje, co przy jednoczesnym wzroście rezystancji wewnętrznej zmniejsza jego zdolność do oddawania energii;
- wartość prądu rozruchowego CCA (ang. *Cold Crankig Amperage*) określa zdolność rozruchową akumulatora (3); jest to wartość prądu, jaką akumulator może oddać w sposób ciągły w temperaturze -18°C, aby napięcie po 10 sekundach rozładowywania tą wartością prądu nie było niższe niż 7,5 V (wg normy EN); inne normy (SAE, JIS, DIN) określają ten parametr dla tej samej temperatury, ale dla innych czasów rozładowywania i końcowych wartości napięcia akumulatora – na przykład norma SAE wymaga 30-sekundowego obciążania akumulatora i końcowej wartości napięcia nie mniejszej niż 7,2 V.



Rys. 4.4. Podstawowe informacje umieszczone na tabliczce znamionowej akumulatora:

1 – napięcie znamionowe w voltach [V], 2 – ładunek znamionowy Q_{20} (dwudziestogodzinny) w amperogodzinach [Ah], 3 – prąd zimnego rozruchu CCA w amperach [A], 4 – norma, wg której podana jest wartość prądu CCA

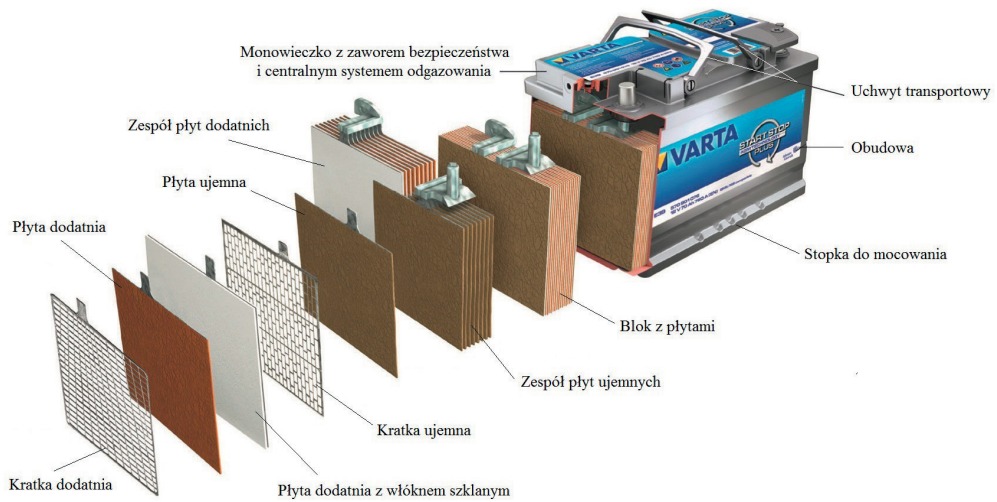
Innymi typami akumulatorów kwasowo-ołowiowych są akumulatory EFB i AGM.

Akumulatory EFB (ang. *Enhanced Flooded Battery*) różnią się od klasycznych tym, że ich płyty dodatnie pokryte są dodatkową powłoką z poliestru, co zwiększa stabilność masy czynnej płyty oraz jej odporność na pracę cykliczną (tj. częste rozładowywanie i ładowanie prądem o dużym natężeniu).

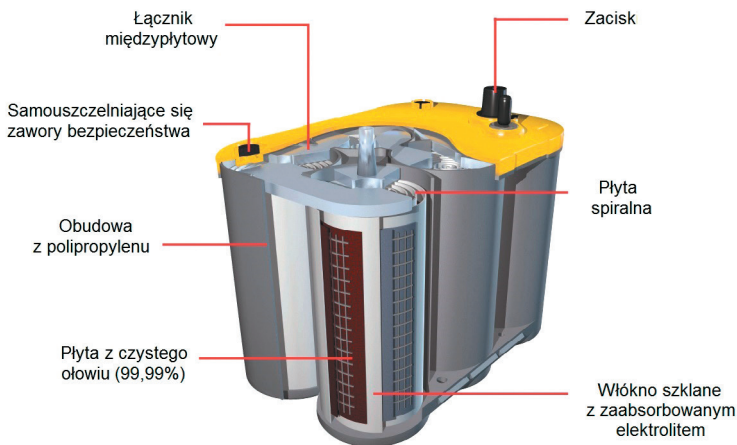
Akumulatory AGM (ang. *Absorbent Glass Matt*) – rys. 4.5, mają między płytami specjalne włókno szklane o dużej porowatości, które całkowicie absorbuje (wchłania) elektrolit. Powstające podczas ładowania gazy odprowadzane są porami we włóknie do elektrody ujemnej, gdzie następuje ich rekombinacja i zamiana w wodę. Dzięki temu w akumulatorach AGM praktycznie nie ma ubytku elektrolitu. Akumulatory tego typu mają mniejszą rezystancję własną niż akumulatory standardowe, dlatego na ich zaciskach można uzyskać nieco wyższe napięcie, są też bardziej odporne na głębokie rozładowanie.

Wymienione rodzaje akumulatorów instalowane są w samochodach z systemem Start-Stop (patrz rozdział 5). Akumulatory EFB wykorzystuje się w najprostszym rozwiązaniu tego systemu, natomiast akumulatory AGM – w systemach z odzyskiwaniem energii hamowania.

Bardzo ciekawym rozwiązaniem są akumulatory kwasowo-ołowiowe, których ogniwa mają postać cienkich płyt, wykonanych z czystego ołowiu (99,99%) oraz włókna szklanego absorbującego elektrolit (AGM) zwinięte razem z nimi w rulon – spiralę (rys. 4.6). Tego



Rys. 4.5. Budowa akumulatora w technologii AGM



Rys. 4.6. Budowa akumulatora z ogniwami spiralnymi

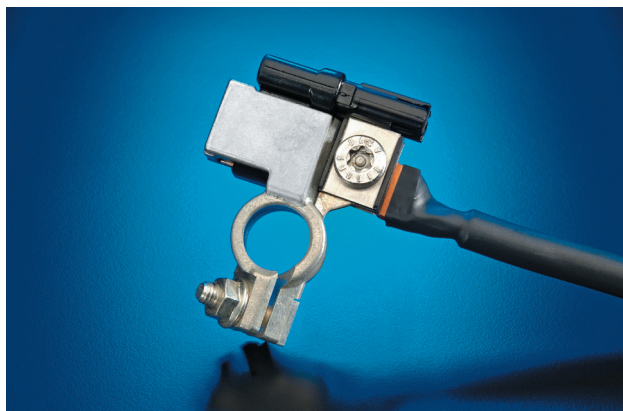
typu akumulatory charakteryzują się znacznie mniejszą rezystancją wewnętrzną, dlatego mogą oddawać znacznie większe ilości prądu oraz gromadzą więcej ładunku przy podobnych (zbliżonych) do akumulatorów standardowych wymiarach.

W samochodach o napędzie hybrydowym oraz w najbardziej technicznie zaawansowanych pojazdach z silnikiem spalinowym wprowadzono **czujniki stanu naładowania akumulatora** (rys. 4.7 s. 80). Są one montowane na klemie ujemnej (–) akumulatora (zazwyczaj pełnią wtedy jednocześnie funkcję sterownika systemu zarządzania akumulatorem, czyli energią). Bardzo precyzyjnie mierzą wartość napięcia akumulatora, natężenie pobieranego prądu oraz temperaturę otoczenia. Na podstawie tych parametrów określany jest między innymi stopień naładowania akumulatora. Czasami pomiar napięcia akumulatora wykonuje

się na zacisku dodatnim (+) akumulatora, a pomiar prądu i temperatury – w sterowniku systemu zarządzania akumulatorem (energią).

Sterownik systemu zarządzania energią za pośrednictwem magistrali CAN lub LIN otrzymuje dane z innych czujników (np. czujnika temperatury silnika, temperatury otoczenia, prędkości obrotowej wału korbowego silnika) oraz informacje o czasie postoju samochodu. Na podstawie tych i innych danych system zarządzania akumulatorem (energią):

- steruje momentem i wartością obciążenia alternatora (czasowe opóźnianie załączania alternatora do pracy, np. podczas rozruchu silnika, ograniczanie energii wytwarzanej przez alternator przez obniżenie jego napięcia czy ograniczanie pobieranej mocy lub wyłączanie niektórych odbiorników energii, np. ogrzewania szyby tylnej i przedniej oraz podgrzewania foteli podczas przyspieszania pojazdu – w celu zmniejszenia zużycia paliwa);
- ogranicza stopień rozładowania akumulatora, aby nie był on niższy niż założona wartość graniczna (progowa), poniżej której rozruch silnika jest niemożliwy; w tym celu przy spadku stopnia naładowania akumulatora poniżej określonych progów system wyłącza niektóre odbiorniki energii (w pierwszej kolejności systemy informacji i rozrywki, w dalszej – niektóre odbiorniki układu komfortu);
- pełni funkcje diagnostyczne.



Rys. 4.7. Czujnik stanu naładowania akumulatora IBS (ang. *Intelligent Battery Sensor*)

PYTANIA I POLECENIA

1. Jakie zadania spełnia akumulator?
2. Podaj podstawowe elementy składowe akumulatora.
3. Wymień składniki elektrolitu.
4. W jaki sposób można odróżnić zaciski akumulatora (dodatni i ujemny)?
5. Jakie parametry akumulatora znajdują się na tabliczce znamionowej?
6. O czym informuje oznaczenie 40 Ah umieszczone na tabliczce znamionowej akumulatora?
7. Wyjaśnij, co oznacza wartość 450 A (EN) podana na tabliczce znamionowej akumulatora.
8. Jakie są różnice w budowie akumulatora klasycznego i bezobsługowego?
9. Czym różni się akumulatory EFB i AGM od standardowego akumulatora bezobsługowego?
10. W jakim celu stosuje się czujnik stopnia naładowania akumulatora oraz system zarządzania akumulatorem (energią)?

4.2

Diagnozowanie akumulatora

W TYM ROZDZIALE DOWIESZ SIĘ:

- jakimi metodami można ocenić stan techniczny akumulatora
- jak posługiwać się urządzeniami do diagnozowania akumulatora
- jakich informacji o stanie akumulatora dostarcza metoda kondunktancji
- w jaki sposób powinno się interpretować wyniki pomiarów diagnostycznych

Akumulator pojazdu należy skontrolować:

- w razie jakichkolwiek trudności podczas uruchamiania silnika, aby wykluczyć go jako przyczynę tych problemów;
- w celu sprawdzenia, czy nie wymaga podładowania, zwłaszcza po długim okresie nieużywania pojazdu lub jego eksploatacji na krótkich odcinkach w ruchu miejskim.

Oceny stanu technicznego akumulatora można dokonać dwoma metodami: **organoleptyczną** i **przrządową**.

Ocena organoleptyczna stanu technicznego akumulatora obejmuje kontrolę czystości (brak osadów) i stanu zacisków (brak wypaleń, wykruszeń materiału), kontrolę zamocowania akumulatora w samochodzie oraz sprawdzenie podłączenia przewodów. W wypadku akumulatorów starszego typu, z wykręcanymi korkami otworów wlewowych do poszczególnych cel lub zdejmowaną listwą (pokrywą), ocena stanu technicznego obejmuje również sprawdzenie poziomu elektrolitu w celach – powinien on sięgać minimum 10–15 mm powyżej górnej krawędzi płyt.

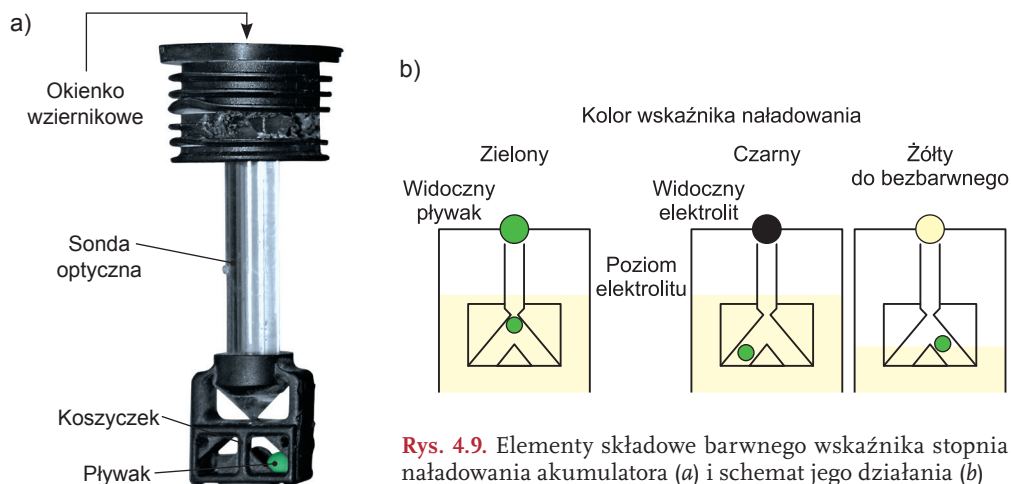
Najpopularniejszym parametrem diagnostycznym akumulatora z dostępem do cel jest gęstość elektrolitu, która dostarcza informacji o stopniu naładowania akumulatora. Istnieje kilka metod jego wyznaczania za pomocą pomiaru gęstości elektrolitu.

Najprostszą z nich jest **sprawdzenie koloru wskaźnika naładowania akumulatora** – tzw. magicznego oczka (ang. *magic eye*), umieszczonego w obudowie niektórych akumulatorów bezobsługowych (rys. 4.8). Może to wykonać każdy użytkownik. Wymontowany z akumulatora wskaźnik i schemat jego działania pokazano na rysunku 4.9.

Optyczny wskaźnik naładowania akumulatora składa się okienka wziernikowego, sondy optycznej (szklanej rurki) zakończony przewężeniem oraz koszyczka z tworzywa sztucznego (rys. 4.9a s. 82). Wewnątrz koszyczka znajduje się pływak koloru zielonego.



Rys. 4.8. Wskaźnik naładowania bezobsługowego akumulatora pojazdu (tzw. magiczne oczko)



Rys. 4.9. Elementy składowe barwnego wskaźnika stopnia naładowania akumulatora (a) i schemat jego działania (b)

Gdy poziom elektrolitu w akumulatorze jest właściwy i stopień naładowania akumulatora przekracza 65% (gęstość elektrolitu powyżej $1,22 \text{ g/cm}^3$), siła wyporu działająca na pływak powoduje jego przemieszczenie do górnej części koszyczka, pod przewężenie szklanej rurki. Patrząc przez okienko wziernikowe w głąb akumulatora, widzimy kolor zielony (pływak).

Jeżeli stopień naładowania akumulatora jest niższy niż 65% (gęstość elektrolitu poniżej $1,22 \text{ g/cm}^3$), siła wyporu działająca na pływak jest zbyt mała i przemieszcza się on na dół koszyczka. Wówczas w okienku wziernikowym widzimy kolor czarny.

Gdy poziom elektrolitu spadnie poniżej poziomu przewężenia szklanej rurki, w okienku wziernikowym widzimy kolor żółty (lub nie widzimy żadnego koloru).

Kolor zielony wskaźnika oznacza dostatecznie naładowany akumulator (choć nieznany jest rzeczywisty stopień jego naładowania), kolor czarny, że akumulator jest rozładowany i wymaga doładowania, a kolor żółty (lub brak koloru) informuje o zbyt niskim poziomie elektrolitu. Może wtedy dojść do tzw. zasiarczania, czyli trwałej utraty zdolności akumulatora do gromadzenia energii i spadku jego rzeczywistego ładunku.

W niektórych akumulatorach kolory wskaźnika mogą być inne (zależy to od koloru pływaka) i wówczas na obudowie akumulatora umieszczona jest zwykle odpowiednia nalepka, informująca o kolorze wskaźnika dla trzech stanów akumulatora.

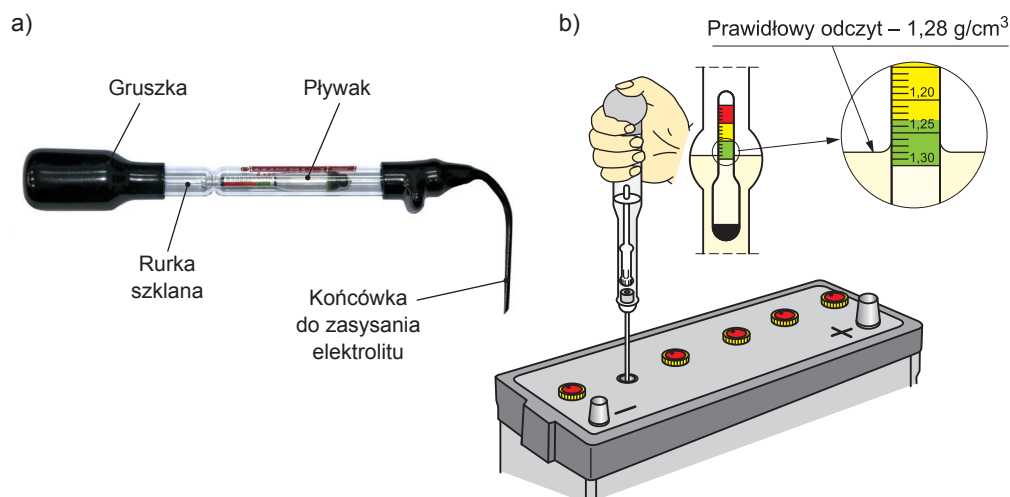
Wadą takiego wskaźnika jest jednak to, że w praktyce stopień naładowania akumulatora na podstawie jego barwy możemy określić tylko w ogniwie, w którym jest umieszczony. Stan naładowania pozostałych ogniw może się znacznie różnić.

Kolejną jego wadą jest również to, że pomiar gęstości elektrolitu następuje w jego górnej warstwie. Elektrolit, zwłaszcza w akumulatorze nieużytkowanym (nieładowanym), ulega rozwarstwieniu – w dolnej części jest gęstszy, a w górnej (pomiarowej) rzadszy, co może zafałszować wskazania (kolor wskaźnika będzie wtedy czarny, a nie zielony).

Wartość gęstości elektrolitu można także wyznaczyć za pomocą areometru lub refraktometru, ale taki pomiar jest możliwy jedynie w akumulatorach, w których da się skontrolować poziom elektrolitu w poszczególnych celach.

Pomiar gęstości elektrolitu za pomocą areometru (rys. 4.10):

1) wykręcamy korki umieszczone w otworach wlewowych poszczególnych cel akumulatora (rys. 4.10b);



Rys. 4.10. Wygląd areometru (a) oraz sposób pomiaru i odczytu wartości gęstości elektrolitu (b)

- 2) zanurzamy końcówkę poboru areometru w elektrolicie badanego ogniwa, po czym zasysamy go przez naciśnięcie gruszki i jej odpuszczenie; wypełnienie szklanej rurki elektrolitem powinno umożliwić podniesienie się pływaka pomiarowego pod wpływem siły wyporu, jednak ilość elektrolitu w areometrze nie może być zbyt duża, aby górna część pływaka nie zablokowała się na gruszce pomiarowej, gdyż zafałszowałoby to wynik pomiaru; areometr w chwili pomiaru powinien być ustawiony pionowo, a pływak nie może dotykać ścianek szklanej rurki (rys. 4.10a);
- 3) ze skali umieszczonej na pływaku odczytujemy wartość gęstości elektrolitu (z dokładnością $\pm 0,005 \text{ g/cm}^3$), wskazywaną przez poziom elektrolitu; podczas odczytu należy uwzględnić menisk wklęsły w rurce (rys. 4.10b);
- 4) z powrotem wlewamy elektrolit do celi i dokonujemy pomiaru w pozostałych celach akumulatora;
- 5) mierzymy temperaturę elektrolitu w dowolnej celi.

Ponieważ wartość gęstości elektrolitu odczytana ze skali pływaka areometru zależna jest od jego temperatury, pomiary te należy skorygować, uwzględniając temperaturę odniesienia (25°C), jeżeli temperatura elektrolitu w chwili pomiaru nie mieści się w granicach $20\text{--}30^\circ\text{C}$. Korekcji dokonujemy według wzoru:

$$\rho_{25^\circ\text{C}} = \rho_{\text{pom}} - 0,0007 \cdot (25^\circ\text{C} - t) \quad [\text{g/cm}^3],$$

w którym: ρ_{pom} – zmierzona wartość gęstości elektrolitu $[\text{g/cm}^3]$,
 t – temperatura elektrolitu $[\text{C}]$,

0,0007 – poprawka wartości gęstości elektrolitu w funkcji temperatury na każdy jeden stopień Celsjusza zmiany temperatury elektrolitu w porównaniu do temperatury odniesienia $[\text{g}/(\text{cm}^3 \cdot ^\circ\text{C})]$.

Przykładowo, jeżeli w chwili wykonywania pomiaru temperatura elektrolitu $t = 11^\circ\text{C}$, a odczytana ze skali pływaka areometru wartość gęstości $\rho_{\text{pom}} = 1,23 \text{ g/cm}^3$, to poprawka wyniesie $0,0007 [\text{g}/(\text{cm}^3 \cdot ^\circ\text{C})] \cdot 14 [^\circ\text{C}] = 0,01 \text{ g/cm}^3$, a skorygowana do temperatury odniesienia wartość gęstości elektrolitu będzie wynosiła $1,23 - 0,01 = 1,22 \text{ g/cm}^3$.

Pomiar gęstości elektrolitu będzie miarodajny, gdy wykonamy go dopiero po 30 minutach od zakończenia ładowania akumulatora oraz po 24 godzinach od uzupełnienia

poziomu elektrolitu. Interpretacji uzyskanego wyniku pomiaru dokonujemy na podstawie danych podanych w tabeli 4.1 oraz koloru okienka wskaźnika stopnia naładowania akumulatora.

Tabela 4.1. Zależność stopnia naładowania akumulatora od gęstości elektrolitu

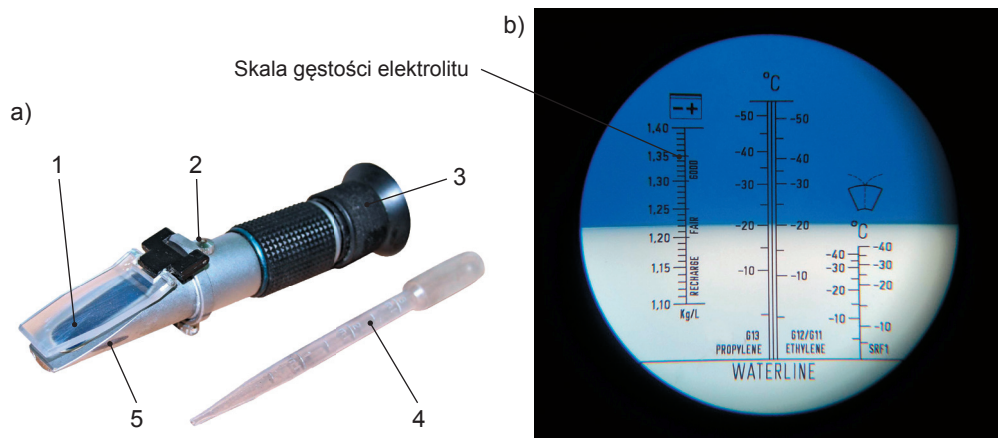
Gęstość elektrolitu [g/cm^3]	1,28	1,24	1,20	1,15	1,10
Stopień naładowania [%]	100	75	50	25	0

Pomiar gęstości elektrolitu refraktometrem (testerem optycznym) – rys. 4.11:

- 1) kroplę elektrolitu pobranego z badanej celi наносimy pipetą na pryzmat przyrządu (rys. 4.11a);
- 2) zamykamy pokrywę, aby elektrolit został rozprowadzony na całej powierzchni pryzmatu, po czym na skali przyrządu odczytujemy jego gęstość; jest ona wskazywana jako granica między dwoma polami (ciemnym – niebieskim oraz białym) na skali refraktometru (po lewej stronie na rys. 4.11b); położenie tej granicy na skali przyrządu zależy od współczynnika załamania światła, a więc stężenia kwasu siarkowego w elektrolicie; wynik pomiaru gęstości elektrolitu za pomocą refraktometru nie wymaga korekcji do temperatury odniesienia, jeżeli pomiaru dokonujemy, gdy temperatura elektrolitu mieści się w przedziale $5\text{--}30^\circ\text{C}$.

Prawidłowość wskazań refraktometru sprawdzamy, umieszczając na pryzmacie przyrządu kroplę wody destylowanej. Granica między strefami (ciemną i jasną) powinna się wtedy pokrywać z poziomą linią oznaczoną WATERLINE (rys. 4.11b), widoczną w okularze przyrządu. Jeżeli nie pokrywa się z tą linią, dokonujemy korekty położenia skali, przesuując ją za pomocą wkrętu kalibracyjnego.

Podczas pomiaru gęstości elektrolitu należy zachować ostrożność, aby płyn nie dostał się do oczu, na skórę, ubranie czy lakier samochodu. Zaleca się zakładanie przed pomiarem rękawic, fartucha i okularów ochronnych. W razie dostania się elektrolitu do oczu należy natychmiast przepłukać je dużą ilością czystej wody, a potem skontaktować się z lekarzem. Skórę lub ubranie trzeba zneutralizować wodnym roztworem mydła i obficie spłukać wodą.



Rys. 4.11. Wygląd refraktometru (a) oraz obraz widziany w okularze przyrządu podczas pomiaru (b) – gęstość elektrolitu $1,22 \text{ g}/\text{cm}^3$

1 – pokrywka pryzmatu, 2 – wkręt kalibracyjny, 3 – okular, 4 – pipeta, 5 – pryzmat

Pośredni pomiar gęstości elektrolitu

Jeżeli mamy akumulator bezobsługowy (tj. bez dostępu do poszczególnych cel), gęstość elektrolitu można wyznaczyć pośrednio, **mierząc siłę elektromotoryczną akumulatora** (tj. napięcie nieobciążonego akumulatora) **miernikiem uniwersalnym** (multimetrem). Przewody pomiarowe multimetru uniwersalnego przykładamy do odpowiednich zacisków akumulatora (dodatni do zacisku +/+, ujemny do zacisku -/-, rys. 4.12a).

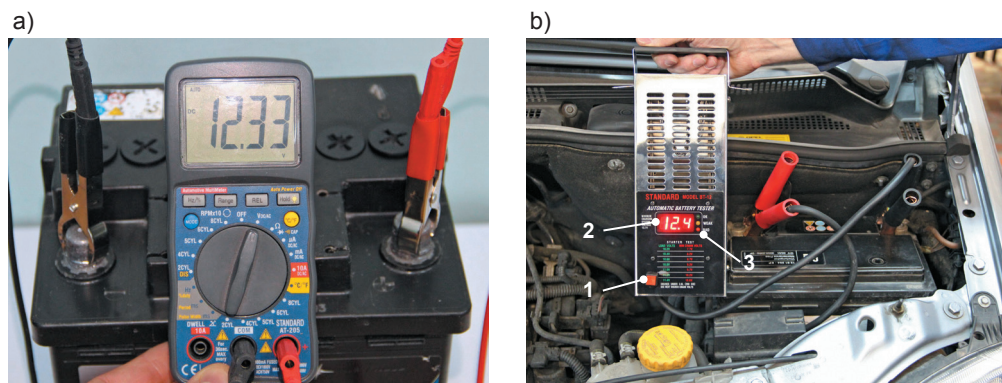
Do wyznaczenia przybliżonej, średniej gęstości elektrolitu we wszystkich celach akumulatora stosujemy następujący wzór:

$$\rho_{sr} = \frac{E}{6} - 0,84 \quad [\text{g/cm}^3],$$

w którym E – zmierzona wartość siły elektromotorycznej w V.

Przykładowo, jeżeli zmierzona wartość siły elektromotorycznej akumulatora wynosi 12,6 V, to gęstość elektrolitu będzie miała wartość 1,26 g/cm³.

Pomiaru siły elektromotorycznej akumulatora możemy dokonać dopiero po kilku godzinach od zakończenia jego ładowania, musi być on także odłączony od instalacji pokładowej.



Rys. 4.12. Sposób pomiaru: a) siły elektromotorycznej akumulatora za pomocą miernika uniwersalnego, b) napięcia pod obciążeniem za pomocą automatycznego obciążeniowego testera akumulatora 1 – przycisk włączania testu, 2 – wyświetlacz, 3 – diody sygnalizacyjne

Pomiar napięcia nieobciążonego akumulatora nie jest wiarygodną metodą oceny jego stanu technicznego, ponieważ duża rezystancja własna (wewnętrzna) multimetru nie pozwala wykryć niesprawności połączeń wewnętrznych, które ujawniają się podczas poboru dużego prądu (np. przy obciążeniu rozrusznikiem). Na podstawie tego pomiaru nie można też wnioskować o ilości energii zgromadzonej w akumulatorze.

Pewniejszą metodą oceny stanu technicznego akumulatora jest **pomiar jego napięcia pod obciążeniem**. Możemy je zmierzyć **multimetrem uniwersalnym**, przyłączonym do zacisków akumulatora w samochodzie podczas próby uruchamiania silnika. Wartość prądu obciążającego akumulator zależna jest wówczas od warunków rozruchowych (tj. temperatury otoczenia i stanu cieplnego silnika), dlatego podczas interpretacji zmierzonej wartości napięcia (uzyskanej wartości minimalnej) należy uwzględnić te czynniki.

Do warsztatowego **pomiaru napięcia akumulatora pod obciążeniem** służą specjalne **testery** (rys. 4.12b), umożliwiające obciążenie akumulatora prądem o natężeniu 100 A. Urządzenia tego rodzaju samoczynnie wyłączają załączone do akumulatora obciążenie po 10 sekundach od rozpoczęcia pomiaru, aby chronić go przed nadmiernym rozładowaniem.

Pomiaru napięcia pod obciążeniem dokonujemy, gdy silnik jest wyłączony, a odbiorniki energii elektrycznej zasilane z akumulatora samochodu są od niego odłączone. Robimy to w następujący sposób:

- 1) podłączamy zaciski krokodylowe testera: czerwony do zacisku dodatniego (+) akumulatora, czarny do zacisku ujemnego (-);
- 2) uruchamiamy test pomiarowy – w wypadku testera pokazanego na rys. 4.12b naciskamy przycisk 1;
- 3) po zakończeniu testu odczytujemy wartość napięcia akumulatora, która określa stopień naładowania akumulatora; przy interpretacji wyniku pomiaru możemy skorzystać z wartości kontrolnych podanych w tabeli 4.2; niektóre przyrządy (testery) automatycznie interpretują wynik pomiaru; przyrząd pokazany na rys. 4.12b posiada odpowiednie diody sygnalizacyjne, które świecą po pomiarze w zależności od zmierzonej wartości napięcia.

Tabela 4.2. Stopień naładowania akumulatora w zależności od wartości napięcia pod obciążeniem

Stopień naładowania akumulatora [%]	0–25	25–50	50–75	75–100
Napięcie akumulatora pod obciążeniem [V]	< 9,3	9,3–10,2	10,2–11,1	>11,1

Pomiaru napięcia pod obciążeniem można również dokonać przyrządami mniej zaawansowanymi technicznie, na przykład tzw. **widelkami obciążeniowymi**. Sposób posługiwania się nimi jest podobny do sposobu korzystania z testera. Polega on na podłączeniu widełek do odpowiednich zacisków akumulatora oraz uruchomieniu pomiaru przez załączenie przepływu prądu z akumulatora rezystorem obciążeniowym, umieszczonym między końcówkami pomiarowymi. Rezystor obciążeniowy o wartości 23 mΩ stosujemy do akumulatorów o ładunku $Q_{20} \leq 100$ Ah, a o wartości 12 mΩ do akumulatorów o większym ładunku. Interpretacji wyniku pomiaru dokonujemy na podstawie tabeli 4.2 lub korzystając z pomocniczych barwnych skal umieszczonych na obudowie widełek.

Pomiar napięcia pod obciążeniem, tak samo jak pomiar gęstości, umożliwia określenie stopnia naładowania akumulatora. Nie dostarcza to jednak wprost informacji o właściwościach rozruchowych akumulatora, tj. o jego zdolności do oddawania dużej wartości prądu podczas rozruchu, kiedy obciążenie akumulatora jest największe.

Ocena stanu technicznego akumulatora za pomocą testera konduktancji/rezystancji

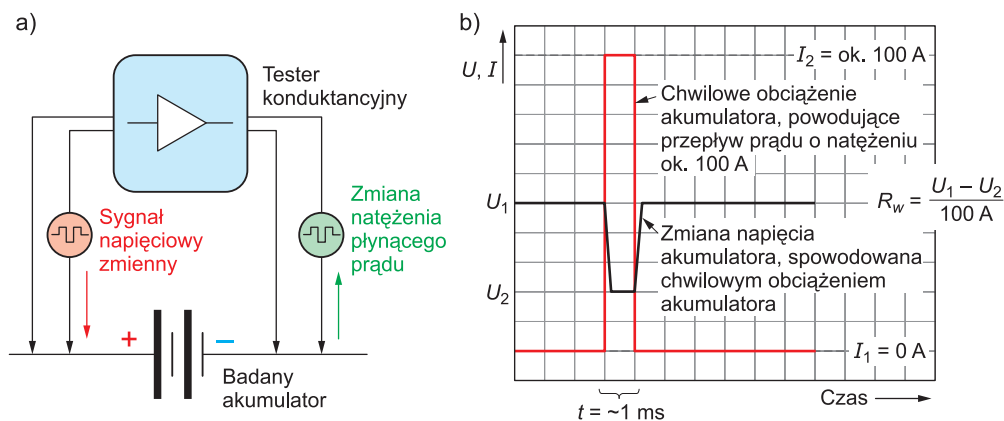
Obecnie najczęściej stosowaną metodą oceny stanu technicznego akumulatora jest **test** z wykorzystaniem urządzeń wyznaczających **konduktancję wewnętrzną akumulatora** (tj. mierzących przewodność elektrolitu – rys. 4.13a) lub **rezystancję wewnętrzną akumulatora** (odwrotność konduktancji wewnętrznej – rys. 4.13b).

Pierwsza z tych metod (rys. 4.13a) polega na wysłaniu przez tester akumulatora zmiennego sygnału napięciowego, a następnie zarejestrowaniu zmian natężenia przepływającego przez akumulator prądu, będących efektem zastosowania sygnału testowego. Na tej podstawie wyznaczana jest konduktancja wewnętrzna akumulatora.

Druga metoda (rys. 4.13b) polega na krótkotrwałym (ok. 1 ms) obciążeniu akumulatora prądem o natężeniu ok. 100 A. Zmiany napięcia (akumulatora nieobciążonego i obciążonego) pozwalają określić wartość jego rezystancji wewnętrznej.

Niezależnie od zastosowanej metody pomiarowej **podstawową wielkością określającą stan techniczny akumulatora**, wyznaczoną przez tester na podstawie pomiaru (konduktancji lub rezystancji wewnętrznej akumulatora), **jest wartość prądu rozruchowego**.

Porównujemy ją z wartością podaną na tabliczce znamionowej akumulatora (patrz p. 4.1), którą przyjmujemy jako wartość odniesienia (100%). Stanowi to zaletę tego typu urządzeń. Testery elektroniczne nie powodują rozładowania akumulatora oraz automatycznie określają stopień jego naładowania. Dodatkowym parametrem wykorzystywanym do analizy stanu akumulatora przez testery elektroniczne jest napięcie nieobciążonego akumulatora.



Rys. 4.13. Schemat ideowy testera wyznaczającego wartość prądu rozruchowego metodą pomiaru konduktancji (a) oraz sposób wyznaczania prądu rozruchowego przez pomiar rezystancji wewnętrznej akumulatora (b)

Oceny stanu technicznego akumulatora za pomocą testera konduktancji/rezystancji dokonujemy następująco:

- 1) podłączamy tester do odpowiednich zacisków akumulatora (z uwzględnieniem koloru zacisków krokodylowych testera, czerwony do zacisku dodatniego +/+, czarny do zacisku ujemnego -/- akumulatora); po podłączeniu tester mierzy i pokazuje na wyświetlaczu napięcie nieobciążonego akumulatora;
- 2) identyfikujemy badany akumulator, wprowadzając do pamięci urządzenia informacje o jego typie (akumulator standardowy/AGM itp.), normie (EN/SAE itp.), według której w warunkach laboratoryjnych został wyznaczony podany na tabliczce znamionowej prąd rozruchowy CCA, oraz wartość tego prądu;
- 3) przeprowadzamy test i dokonujemy interpretacji uzyskanych wyników.

Tester konduktancji/rezystancji oraz przykładowy wydruk wyników wykonanego pomiaru pokazano na rysunku 4.14 (s. 88).

Na podstawie zmierzonych parametrów (napięcia akumulatora i konduktancji/rezystancji) tester zazwyczaj oblicza dwie wielkości: stopień naładowania akumulatora – SOC (ang. *State of Charge*) oraz zdolność oddawania przez niego energii – SOH (ang. *State of Health*). Obie wielkości wyznaczane są jako wartości procentowe w porównaniu do wartości nominalnych. Na przykład wyznaczona wartość prądu rozruchu CCA, możliwego do uzyskania z badanego akumulatora, jest porównywana z wartością wpisaną do pamięci urządzenia, odczytaną z tabliczki znamionowej akumulatora. Sposoby wyznaczania tych wielkości, a zwłaszcza ich interpretacja diagnostyczna (wartości progowe), nieco się różnią w wypadku poszczególnych testerów.

Na podstawie wyznaczonych parametrów testery automatycznie dokonują oceny stanu akumulatora (np. DOBRY, DOŁADUJ, WYMIENIĆ, ZWARTA CELA). Sposób interpretacji

parametrów charakteryzujących badany akumulator, wyznaczonych testerem, pokazano na rysunku 4.15.

Elektroniczne testery umożliwiają także przybliżoną ocenę akumulatora dzięki pomiarowi napięcia przy obciążeniu go wartością prądu pobieranego przez rozrusznik. Pomiar ten różni się od pomiaru wykonanego testerem elektronicznym (rys. 4.14) lub testerem

a)



b)

WYDRUK RAPORTU TEST AKUMULATORA

STANDARDOWY ← 1
SOC: 12.72 V ← 2
CCA NOMIN 420 EN ← 3
CCA FAKT. 371 EN ← 4

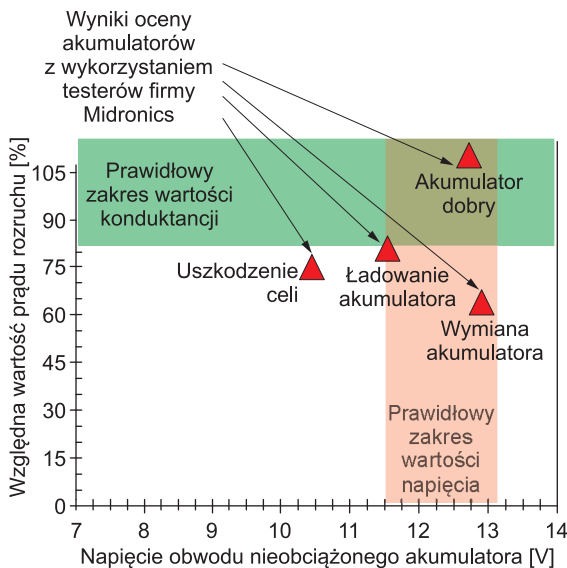
AKUMULATOR DOBRY ← 5

STAN TECHN. AKUM.
■■■■■■■■□□ 88% ← 6

STAN NAŁADOWANIA
■■■■■■■■■■ 100% ← 7

Rys. 4.14. Sposób oceny stanu technicznego akumulatora z wykorzystaniem pomiaru konduktancji/ rezystancji (a) oraz przykładowy wydruk z wynikami pomiarów (b)

1 – typ badanego akumulatora, 2 – zmierzone napięcie nieobciążonego akumulatora, 3 – nominalna wartość prądu rozruchu CCA według normy EN (z tabliczki znamionowej akumulatora), 4 – wyznaczona wartość prądu rozruchu CCA według normy EN określona podczas pomiaru, 5 – ocena akumulatora, 6 – zdolność oddawania energii przez akumulator (procentowo w porównaniu do wartości nominalnej prądu CCA), 7 – stopień naładowania określony na podstawie pomiaru napięcia (procentowo w porównaniu do wartości nominalnej)



Rys. 4.15. Sposób interpretacji wyników oceny stanu technicznego akumulatora przez tester mierzący konduktancję akumulatora; oś pionowa przedstawia względną (w porównaniu do wartości odniesienia) wartość prądu zimnego rozruchu, oś pozioma – napięcie nieobciążonego akumulatora

obciążeniowym (patrz rys. 4.12b) tym, że obciążenie badanego akumulatora (a więc także wartość prądu obciążającego akumulator) jest zmienne i zależne od oporów rozruchowych silnika. W pomiarze tego rodzaju dużą rolę odgrywa stan cieplny silnika i jego zużycie.

Podczas pomiaru tester podłączamy do zacisków akumulatora zamontowanego w samochodzie. Uruchamiamy odpowiedni tryb działania urządzenia, podejmujemy próbę uruchomienia silnika pojazdu, a po zakończeniu testu odczytujemy zmierzoną wartość napięcia (minimalną). Uzyskanie wartości poniżej 10,2–10,5 V wskazuje na znaczne rozładowanie akumulatora (jeżeli obwód rozruchowy jest sprawny).

Diagnostykę akumulatora oraz systemu zarządzania akumulatorem (energiją) można przeprowadzić za pomocą niektórych testerów diagnostycznych. Omówiono to na przykładzie akumulatora pojazdu z systemem Start-Stop w rozdziale 5.3.



PYTANIA I POLECENIA

1. Wymień metody oceny stanu technicznego akumulatora.
2. Podaj charakterystyczne wartości gęstości elektrolitu odpowiadające różnym poziomom naładowania akumulatora.
3. Jakich informacji o stanie technicznym akumulatora dostarcza pomiar gęstości elektrolitu?
4. Co oznaczają kolory: zielony, czarny i żółty optycznego wskaźnika naładowania akumulatora (*magic eye*)?
5. Czym różni się wyznaczanie gęstości elektrolitu areometrem i refraktometrem?
6. Podaj sposób korekty gęstości elektrolitu do temperatury odniesienia przy pomiarze areometrem.
7. Jak sprawdzamy poprawność wskazań refraktometru?
8. Omów sposób pomiaru napięcia akumulatora pod obciążeniem.
9. Jaka jest różnica między konduktancją wewnętrzną a rezystancją wewnętrzną (własną) akumulatora?
10. Jakie parametry stanu technicznego akumulatora możemy wyznaczyć za pomocą elektronicznych testerów akumulatora?
11. Zinterpretuj następujące wyniki pomiaru stanu akumulatora o nominalnej wartości prądu CCA 450 A (EN): 12,56 V, 360 A (EN).

4.3

Budowa i działanie alternatora

W TYM ROZDZIALE DOWIESZ SIĘ:

- jak jest zbudowany alternator i jak działa
- jak działa mostek prostowniczy
- jak wygląda połączenie alternatora z instalacją elektryczną
- jakie są odmiany alternatorów
- jakie oznaczenia zacisków stosuje się na alternatorach

Podstawowym źródłem energii elektrycznej w instalacji pokładowej samochodu jest alternator, czyli trójfazowy synchroniczny generator prądu przemiennego. Zastosowanie alternatora w samochodach wynika z jego wielu zalet, z których najważniejsze to:

- znacznie lepszy (w porównaniu z generatorem prądu stałego) stosunek wytwarzanej mocy do masy urządzenia,
- efektywna praca w dużym zakresie prędkości obrotowej wirnika,
- brak komutatora,
- większa trwałość i niezawodność pracy.

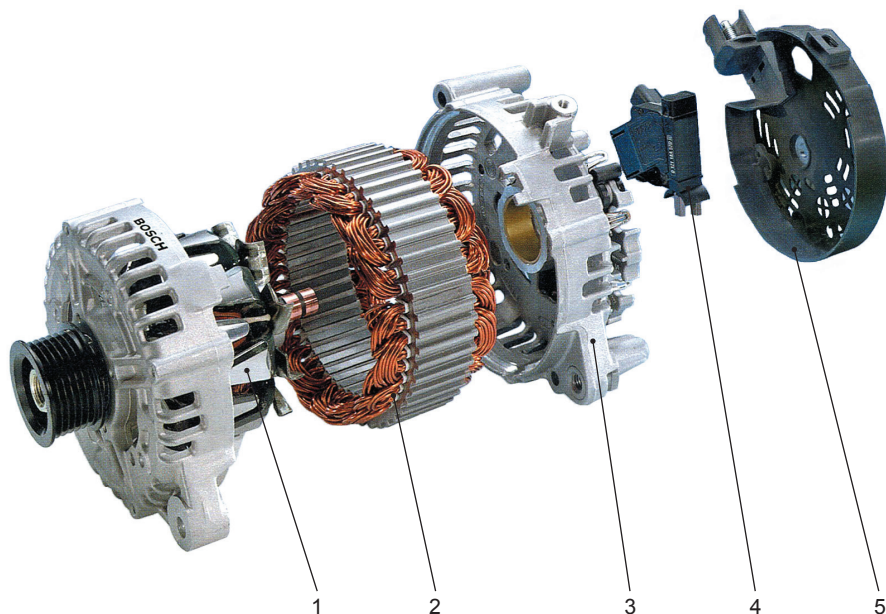
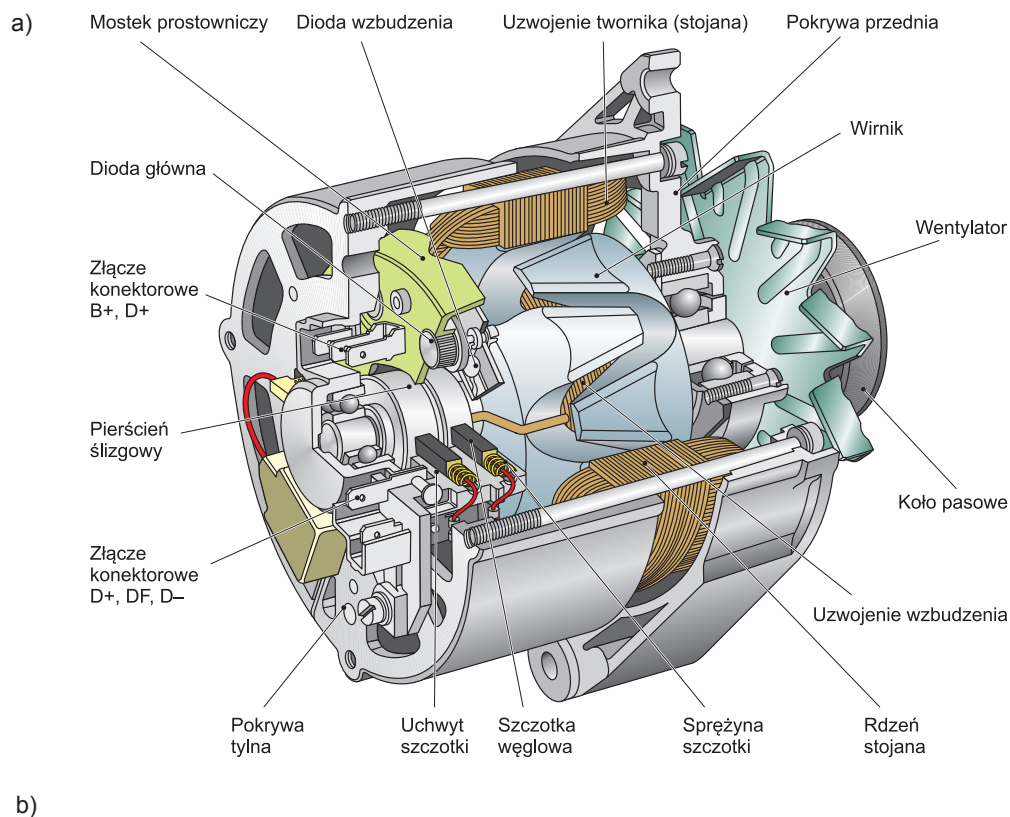
Budowę alternatora pokazano na rysunku 4.16, a zasadę jego działania na rys. 4.17 (s 92).

Najważniejsze podzespoły alternatora to zespół ruchomego wirnika z uzwojeniem wzbudzenia (magneśnica) oraz zespół nieruchomego stojana z uzwojeniem twornika.

Zespół wirnika tworzy wał z osadzonym na nim dzielonym elementem, wykonanym ze stali (elektromagnes pazurowy – rys. 4.17). Wirnik napędzany jest od wału korbowego silnika przez przekładnię pasową, zwiększającą 2–3 razy jego prędkość obrotową w porównaniu z prędkością obrotową wału korbowego. Wewnątrz wirnika znajduje się uzwojenie wzbudzenia 7, zasilane prądem wzbudzenia. Zasilenie uzwojenia wzbudzenia z instalacji pokładowej samochodu powoduje wytworzenie pola elektromagnetycznego. Biegunami elektromagnesu są występy połówek wirnika, czyli tzw. pazury 11, umieszczone przemienne naprzeciw siebie (rys. 4.17c). Doprowadzenie prądu do uzwojenia wzbudzenia zapewniają szczotki węglowe 4, stykające się z pierścieniami ślizgowymi 5 zamontowanymi na osi wirnika.

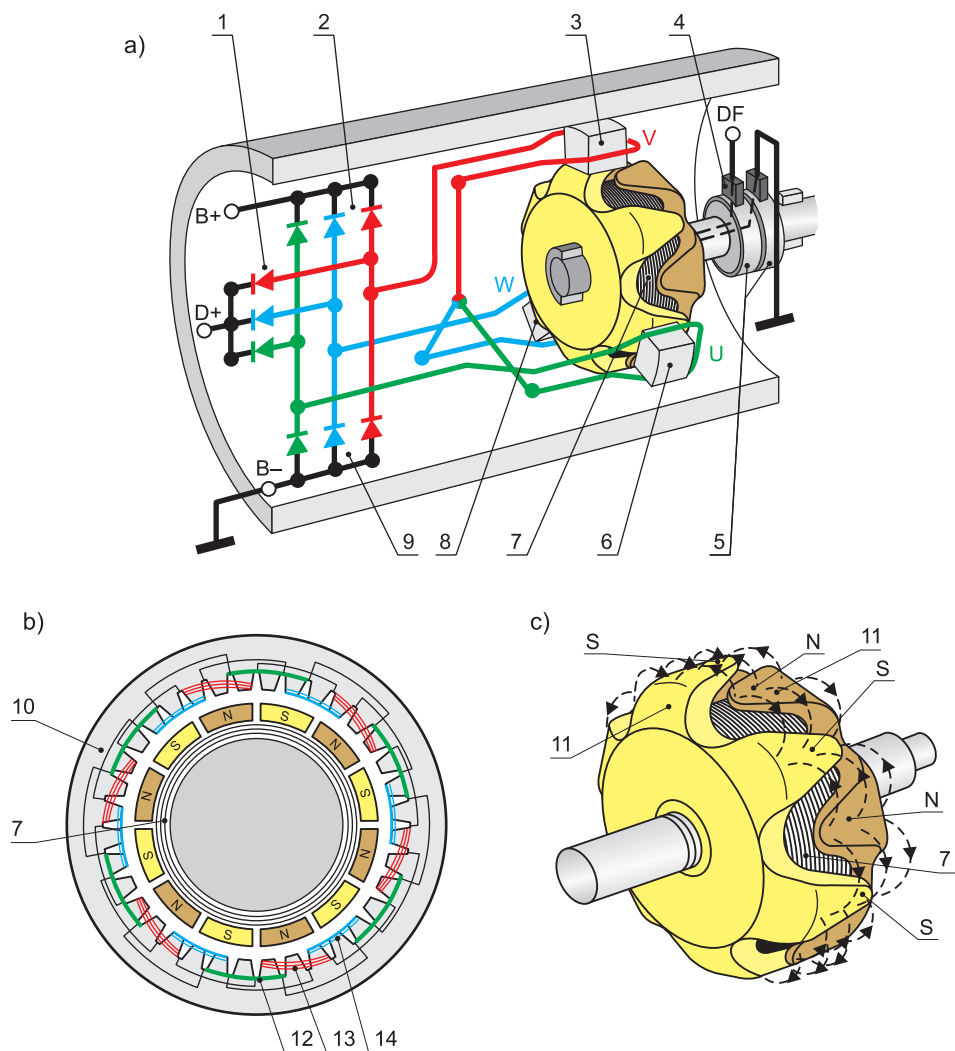
Zespół stojana to trzy oddzielne uzwojenia twornika (na rys. 4.17a oznaczone U, V i W), połączone w układ gwiazdy i umieszczone w obudowie alternatora co 120 stopni. Zmienne pole magnetyczne, działające na poszczególne uzwojenia stojana, powoduje indukowanie w nich napięcia przemiennego (sinusoidalnego), które w poszczególnych uzwojeniach przesunięte są względem siebie o 120°. Układ gwiazdy polega na tym, że jedne końce poszczególnych uzwojeń (U, V i W) są połączone wewnętrznie w jeden punkt, a drugie są wyprowadzone do zacisków trójfazowego mostka Graetza, połączonych z zewnętrznymi zaciskami alternatora (dodatnim B+ i ujemnym B–, patrz rys. 4.17a).

Konieczność zamiany napięcia przemiennego na stałe wynika z tego, że wytwarzane w alternatorze napięcie przemienne nie może być bezpośrednio podawane do odbiorników



Rys. 4.16. Alternator samochodowy: a) budowa, b) podstawowe elementy składowe
1 – wirnik, 2 – uzwojenie twornika (stojana), 3 – pokrywa tylna, 4 – regulator napięcia, 5 – osłona

instalacji elektrycznej samochodu, zasilanych napięciem stałym. W celu uzyskania wymaganego rodzaju napięcia zasilającego alternator jest wyposażony w trójfazowy, diodowy, mostkowy układ prostowniczy z diodami półprzewodnikowymi (krzemowymi – 2 i 9 na rys. 4.17a). Każdy przewód fazowy (ramię gwiazdy) połączony jest z zaciskami wyjściowymi alternatora (B+ i B–) przez dwie identyczne diody. Jedna z nich (dodatnia) pozwala na swobodny przepływ prądu do zacisku dodatniego (B+), natomiast blokuje przepływ skierowany do zacisku ujemnego (B–), czyli przepuszcza dodatnią połówkę sinusoidy napięcia

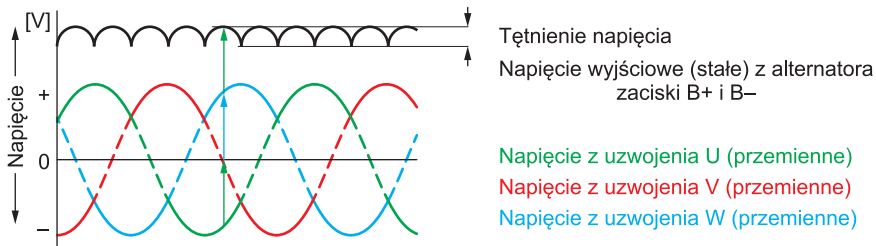


Rys. 4.17. Alternator: a) schemat budowy, b) działanie, c) schemat powstawania pola elektromagnetycznego w uzwojeniu wzbudzenia alternatora

1 – diody wzbudzenia, 2 i 9 – diody mostka prostowniczego, 3, 6 i 8 – nabiegunki uzwojenia twornika, 4 – szczotki węglowe, 5 – pierścień ślizgowe, 7 – uzwojenie wzbudzenia, 10 – korpus stojana, 11 – połówki wirnika (pazury), 12, 13, 14 – uzwojenia twornika (odpowiednio U, V, W); D+ – zacisk do regulatora napięcia, DF – zacisk sygnału sterującego (prądu wzbudzenia), B+ – zacisk dodatni do połączenia z instalacją elektryczną samochodu (biegunem dodatnim akumulatora), B– – zacisk ujemny do połączenia z masą pojazdu (obudową alternatora) N, S – bieguny magnetyczne

przemiennego. Druga dioda (ujemna) przepuszcza prąd z zacisku ujemnego (B–), ale blokuje przepływ w drugą stronę, czyli przepuszcza ujemną połówkę sinusoidy. W rezultacie na wyjściu alternatora (zaciski B+ i B–) powstaje napięcie stałe o niewielkim tętnieniu (patrz rys. 4.18), które nie powinno być większe niż 0,5 V.

Zasadę prostowania napięcia przemiennego w mostku prostowniczym pokazano na rysunku 4.18.



Rys. 4.18. Zasada prostowania napięcia przez diodowy mostek prostowniczy

Prawidłowa współpraca alternatora z instalacją elektryczną samochodu wymaga nie tylko prostowania napięcia, ale także uzyskania jego odpowiedniej wartości. Wartość średnia napięcia wyprostowanego przez alternator zależy od prędkości obrotowej (napędzania) wirnika alternatora, więc gdyby nie była regulowana, zmieniałaby się w zależności od prędkości obrotowej silnika. W celu ograniczenia tych zmian, dopasowania wartości napięcia alternatora do akumulatora (tj. instalacji elektrycznej samochodu) oraz zapewnienia jego doładowania podczas pracy silnika alternator wyposażony jest w **regulator napięcia**.

Obecnie stosuje się wyłącznie elektroniczne, bezstykowe regulatory napięcia – jednofunkcyjne i wielofunkcyjne. Umożliwiają one (dzięki układowi tranzystorów sterujących) przepływ prądu przez uzwojenie wzbudzenia tylko wtedy, kiedy napięcie na zaciskach alternatora przekroczy maksymalną dopuszczalną wartość.

Regulatory jednofunkcyjne (monofunkcyjne) zapewniają, w wyniku regulacji prądu wzbudzenia, stałą wartość napięcia wyjściowego z alternatora (w określonym zakresie), niezależną od prędkości obrotowej silnika napędzającego oraz obciążenia alternatora (tj. mocy załączonych odbiorników instalacji pokładowej). Ich nowsze rodzaje pozwalają na regulację wartości napięcia alternatora z uwzględnieniem temperatury otoczenia.

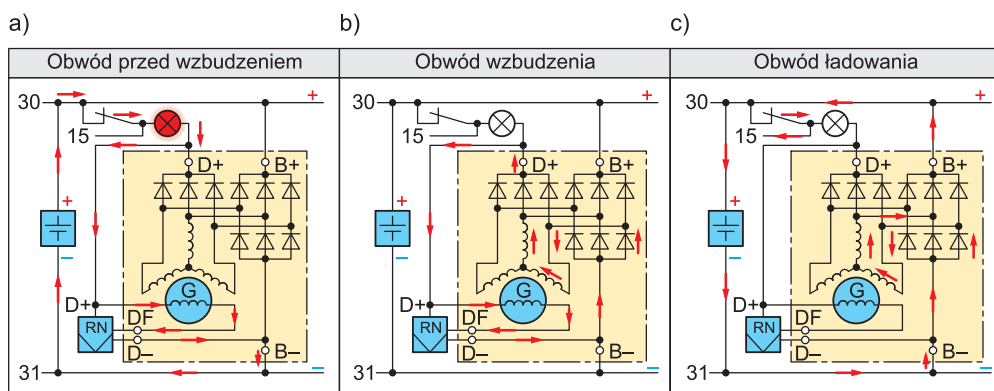
Oprócz regulatorów jednofunkcyjnych coraz częściej wykorzystywane są **regulatory wielofunkcyjne MFR** (ang. *Multi-Function Regulator*). Alternatory z tego typu regulatorami nazywane są **alternatorami sterowanymi cyfrowo**. Zapewniają one optymalne dopasowanie parametrów pracy alternatora do warunków pracy silnika oraz umożliwiają realizację funkcji kontrolnych (diagnostycznych). Między innymi pozwalają na:

- odłączenie prądu wzbudzenia alternatora na czas rozruchu silnika (zmniejszenie oporów rozruchowych);
- zwiększenie prędkości obrotowej silnika przy zbyt niskim napięciu akumulatora lub przy jego dużym obciążeniu;
- opóźnienie odpowiedzi alternatora na zmianę jego obciążenia, np. w wypadku gwałtownego wciśnięcia pedału przyspieszenia (pozwala to na zmniejszenie oporów podczas przyspieszania pojazdu);
- zabezpieczenie alternatora przed uszkodzeniem (przepaleniem) lampki kontrolnej ładowania lub przerwaniem jej obwodu elektrycznego (zapewnienie możliwości

samoczynnego wzbudzenia alternatora), zwarcie wirnika, uszkodzeniem termicznym wskutek nadmiernego wzrostu temperatury pracy i innymi awaryjnymi sytuacjami;

- regulację napięcia ładowania akumulatora z uwzględnieniem jego rzeczywistej wartości, mierzonej bezpośrednio na zaciskach akumulatora;
- czasowe odłączenie wybranych, zbędnych odbiorników energii dla poprawienia bilansu energii pojazdu;
- samodiagnostykę alternatora.

Wszystkie wymienione funkcje realizowane są we współdziałaniu z innymi zespołami samochodu, np. sterownikiem silnika lub głównym modułem elektroniki. Działanie obwodów elektrycznych alternatora w różnych fazach jego pracy pokazano na rysunku 4.19.



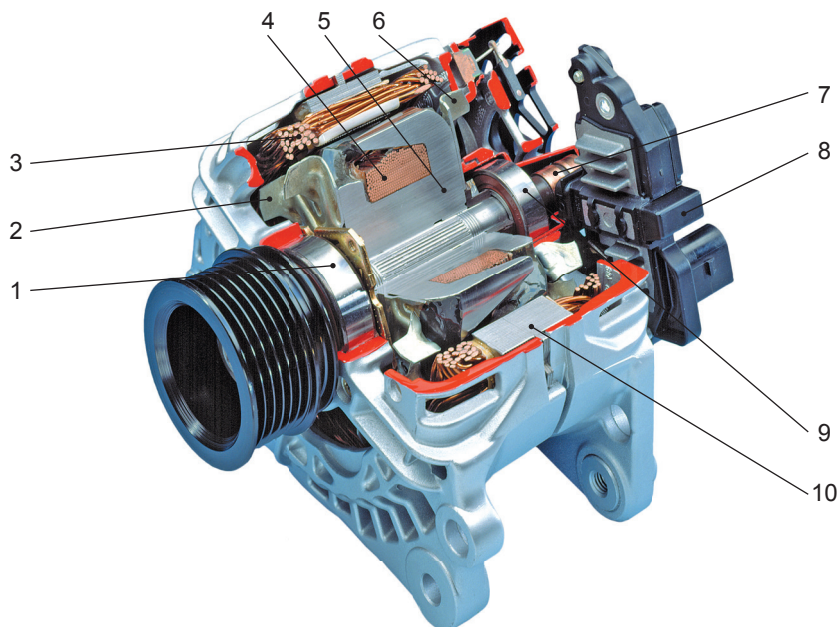
Rys. 4.19. Działanie obwodów alternatora w poszczególnych fazach pracy

Działanie alternatora po załączeniu zapłonu (tj. przekręceniu kluczyka w stacyjce) pokazano na rys. 4.19a. Prąd z akumulatora płynie przez lampkę kontrolną ładowania alternatora (która się wtedy świeci), uzwojenie wzbudzenia alternatora i regulator napięcia RN.

Po rozpedzeniu wirnika alternatora do prędkości obrotowej, umożliwiającej wytworzenie w uzwojeniu stojana napięcia większego od napięcia progowego diody ujemnej, następuje przepływ prądu od zacisku D+ przez: uzwojenie wzbudzenia, regulator napięcia RN, diodę ujemną i diodę uzwojenia wzbudzenia z pominięciem lampki kontrolnej (rys. 4.19b).

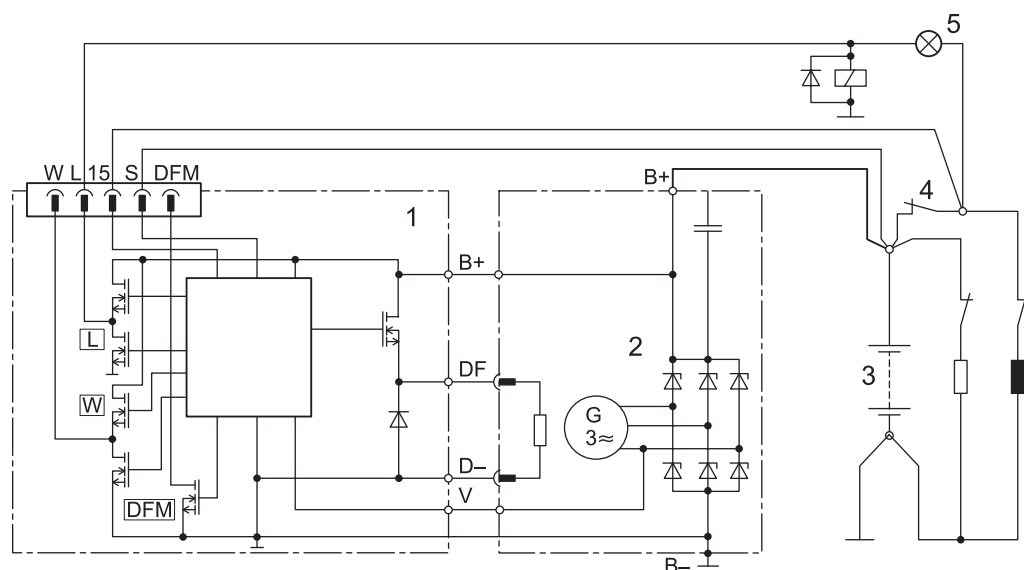
W czasie pracy alternatora prąd powstający we wszystkich uzwojeniach stojana przepływa przez diody dodatnie do instalacji elektrycznej samochodu (tj. akumulatora i odbiorników) – rys. 4.19c. Możliwe jest to jedynie wówczas, gdy napięcie na wyjściowych zaciskach alternatora (B+ i B-) jest większe od napięcia akumulatora. Wartość napięcia wyjściowego reguluje regulator RN. W instalacji 12-woltowej utrzymywana jest ona w zakresie 13,5–14,6 V.

Niektóre alternatory mają nieco odmienną budowę wewnętrzną. Zastosowano w nich inny kształt rdzeni biegunowych wirnika, mniejsze szczeliny powietrzne między stojanem a wirnikiem, materiały izolacyjne o większej odporności na działanie wysokich temperatur, łożyska przystosowane do pracy z bardzo dużymi prędkościami obrotowymi (rzędu 20 000 obr/min), diody Zenera (jako stabilizatory wartości napięcia i ochrony przeciwprzepięciowej), uzwojenie wirnika połączone w trójkąt oraz zmodyfikowany regulator napięcia. Alternatory tego rodzaju (**kompaktowe** – rys. 4.20) cechują się mniejszymi rozmiarami i masą oraz większą wydajnością prądową, co ułatwia ich zabudowę w pojeździe. Dla zapewnienia odpowiedniego chłodzenia posiadają dwa wentylatory umieszczone z obu stron



Rys. 4.20. Budowa alternatora kompaktowego

1 – łożysko przednie, 2 – wentylator przedni, 3 – uzwojenie stojana, 4 – uzwojenie wzbudzenia, 5 – tarcza magnetyczna, 6 – wentylator tylny, 7 – pierścień ślizgowe, 8 – regulator napięcia, 9 – łożysko tylne, 10 – rdzeń uzwojenia stojana



Rys. 4.21. Schemat elektryczny alternatora z wielofunkcyjnym regulatorem napięcia

1 – regulator MFR, 2 – mostek prostowniczy, 3 – akumulator, 4 – włącznik zapłonu, 5 – lampka kontrolna ładowania akumulatora, DFM, S, W, L – oznaczenia zacisków (w tekście)

wirnika oraz układ kanałów wentylacyjnych. Niektóre z tych alternatorów chłodzone są cieczą z układu chłodzenia silnika.

Zarówno alternator, jak i akumulator muszą być odpowiednio połączone ze sobą i podłączone do instalacji elektrycznej samochodu. Przykładowy schemat elektryczny alternatora z wielofunkcyjnym regulatorem napięcia MRF pokazano na rys. 4.21 (s. 95).

W celu ułatwienia właściwego podłączenia alternatora do instalacji elektrycznej samochodu oraz jego diagnozowania zaciski alternatora oznacza się w odpowiedni sposób. Najczęściej stosowane oznaczenia to:

B+	zacisk wyjściowy z alternatora do połączenia z instalacją elektryczną samochodu (z biegunem dodatnim akumulatora)
D+	zacisk wyjściowy do regulatora napięcia
L	sygnał wyjściowy kontrolki ładowania
DFM, M, LI, FR	sygnał o aktualnym obciążeniu alternatora
IG (R, +15)	zasilanie po włączniku zapłonu (linia 15)
S (M)	napięcie odniesienia dla regulatora napięcia, pobierane oddzielnym przewodem z zacisków akumulatora
A (BVS)	sygnał wejściowy z czujnika stanu akumulatora
W	sygnał wyjściowy napięcia fazowego z alternatora (o jego prędkości obrotowej)
E	masa
C	sygnał wejściowy sterowania napięciem ładowania alternatora

Niektórzy producenci stosują czasem własne oznaczenia do zacisków mających te same funkcje (np. DFM, M, LI, FR do zacisku sygnału o aktualnym obciążeniu alternatora), dlatego do ich identyfikacji najlepiej posłużyć się informacjami serwisowymi producenta.

Przykładowy schemat podłączenia alternatora do instalacji pokładowej samochodu pokazano na rys. 4.23 (s. 99) w punkcie 4.4.

Alternator zainstalowany w samochodzie zawsze musi być podłączony do akumulatora. Odłączenie akumulatora przy pracującym silniku może spowodować przepięcia o wartości przekraczającej napięcia przebicia diod prostowniczych, co często prowadzi do ich uszkodzenia.



PYTANIA I POLECENIA

1. Wymień zadania alternatora.
2. Korzystając z rysunku 4.17, omów budowę i działanie alternatora.
3. Jaką funkcję pełni diodowy mostek prostowniczy?
4. Przedstaw sposób prostowania napięcia przemiennego alternatora.
5. Wyjaśnij, w jaki sposób uzyskuje się samowzbudzenie alternatora.
6. Co należy do zadań regulatora napięcia? Omów różnice między regulatorem jednofunkcyjnym i wielofunkcyjnym.

4.4

Diagnozowanie alternatorów – klasycznych i sterowanych cyfrowo

W TYM ROZDZIALE DOWIESZ SIĘ:

- jakie są metody diagnozowania alternatora zamontowanego w samochodzie
- w jakim zakresie można wykorzystać oscyloskop do oceny alternatora
- jak sprawdzić działanie układu cyfrowego sterowania alternatorem
- w jaki sposób należy interpretować wyniki pomiarów diagnostycznych

4.4.1. Wprowadzenie

Symptodem niesprawności alternatora jest świecenie się lampki kontrolnej ładowania podczas pracy silnika. Dzieje się tak, kiedy napięcie wytwarzane przez alternator nie mieści się w wymaganym zakresie (13,5–14,6 V). Objawem uszkodzenia alternatora, wymagającym sprawdzenia całego obwodu ładowania, jest również niski stopień naładowania akumulatora, utrzymujący się nawet podczas eksploatacji pojazdu umożliwiającej jego systematyczne doładowanie – patrz p. 4.2.

4.4.2. Diagnozowanie alternatora zamontowanego w pojeździe

Obejmuje ono sprawdzenie organoleptyczne oraz ocenę stanu technicznego alternatora metodami przyrządowymi.

Sprawdzenie organoleptyczne dotyczy paska napędu alternatora (czy nie jest postrzępiony, czy nie widać śladów zużycia, pęknięć lub rozwarstwień na jego powierzchni bocznej i zewnętrznej, czy zęby paska nie są uszkodzone). Oceniamy również stan kół pasowych, zamocowanie wentylatora oraz naciąg paska. Po uruchomieniu silnika można także sprawdzić, czy napędzany alternator nie generuje odgłosów wskazujących na uszkodzenie łożysk wirnika (stuki, grzechotanie).

Ocena stanu technicznego alternatora metodami przyrządowymi

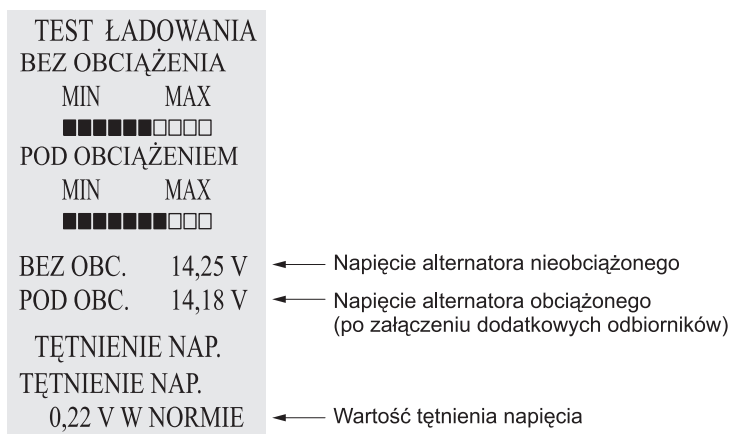
Pomiar napięcia w instalacji elektrycznej jest podstawową metodą diagnozowania alternatora. Pomiary wykonuje się testerami elektronicznymi akumulatora (patrz rys. 4.14a s. 88) lub za pomocą oscyloskopu.

Pomiar napięcia w instalacji elektrycznej testerem:

- 1) podłączamy tester do odpowiednich zacisków (z uwzględnieniem koloru zacisków kodyfikowanych przyrządu);
- 2) uruchamiamy silnik i wykonujemy pomiary zarówno dla alternatora nieobciążonego, jak i obciążonego włączonymi dodatkowo odbiornikami energii (światła, ogrzewanie szyby, dmuchawa itp.); pomiary takie można wykonać dla różnych prędkości obrotowych silnika (bieg jałowy, podwyższona prędkość obrotowa z zakresu 2000–3000 obr/min); nowsze testery podczas wykonywania testu przekazują komunikaty informujące o zalecanych

w danym momencie testu warunkach badania (np. o potrzebie zmiany prędkości obrotowej czy konieczności załączenia dodatkowych odbiorników energii obciążających alternator);

- 3) wyłączamy silnik i interpretujemy wyniki badania; niektóre testery mają wbudowane drukarki, umożliwiające dokumentowanie pomiaru wraz z automatyczną analizą (interpretacją) jego wyniku (rys. 4.22).



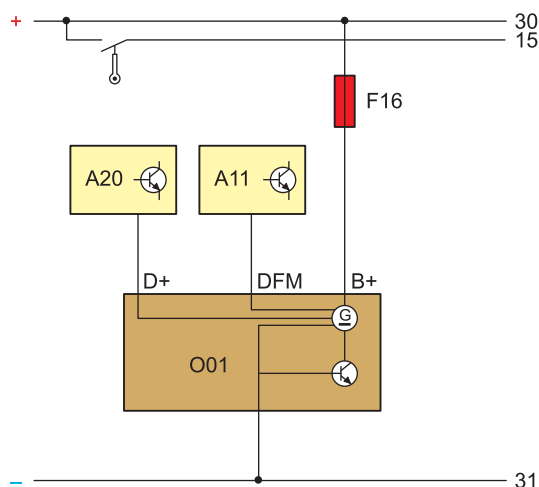
Rys. 4.22. Przykładowe wyniki oceny alternatora uzyskane za pomocą testera pokazanego na rys. 4.13a

Pomiar napięcia w instalacji elektrycznej oscyloskopem:

- 1) podłączamy przewód dodatni oscyloskopu do zacisku B+ alternatora lub do klemy dodatniej akumulatora, a przewód ujemny do masy pojazdu (lub klemy ujemnej akumulatora);
- 2) wykonujemy pomiary dla różnych prędkości obrotowych silnika i różnej wartości obciążenia alternatora. Standardowe badanie powinno obejmować pomiary, gdy silnik pracuje z podwyższoną prędkością (powyżej 2000 obr/min) i przy obciążeniu alternatora (po włączeniu odbiorników zapewniających pobór prądu minimum 15–20 A). Mierzona wartość napięcia powinna mieścić się w granicach 13,8–14,4 V (maks. 14,6 V) dla alternatora nieobciążonego. Przy wzroście obciążenia alternatora rejestrowane napięcie może maleć, ale nie powinno spaść (przy maksymalnym obciążeniu alternatora) poniżej 13,3–13,5 V. Napięcie pod obciążeniem może się również zmieniać w zależności od temperatury otoczenia – w temperaturach niższych może mieć większą wartość, w wyższych jest zwykle obniżone. Zbyt niska wartość napięcia alternatora pod obciążeniem wskazuje zazwyczaj na jego uszkodzenie (lub uszkodzenie regulatora).

Kontrola alternatora powinna obejmować także pomiar napięcia przy maksymalnej prędkości obrotowej silnika. Podczas pracy silnika z taką prędkością rejestrowana wartość napięcia nie może być większa niż 14,8 V. Jeśli jest wyższa, wskazuje to na uszkodzenie regulatora napięcia.

O sprawności alternatora świadczy nie tylko średnia wartość napięcia, ale również jego postać – **tętnienie napięcia**, wynikające z zasady działania alternatora (patrz rozdział 4.3). Nie powinno być ono większe niż 0,5 V (patrz rys. 4.18 s. 93). Jeśli jednak jest większe, wskazuje to na uszkodzenie diod mostka prostowniczego, diod wzbudzenia, połączeń elektrycznych uzwojenia twornika lub mostka prostowniczego. Pomiary należy wykonać przy obciążonym alternatorze na zacisku B+ lub D+ (rys. 4.23).



Rys. 4.23. Schemat podłączenia alternatora do instalacji elektrycznej samochodu: A11 – sterownik silnika, A20 – główny moduł (sterownik) elektroniki samochodu, F16 – bezpiecznik, G1 – alternator

Przykładowe przebiegi napięcia typowych usterek alternatora pokazano na rysunkach 4.24 i 4.25 (s. 100 i 101).

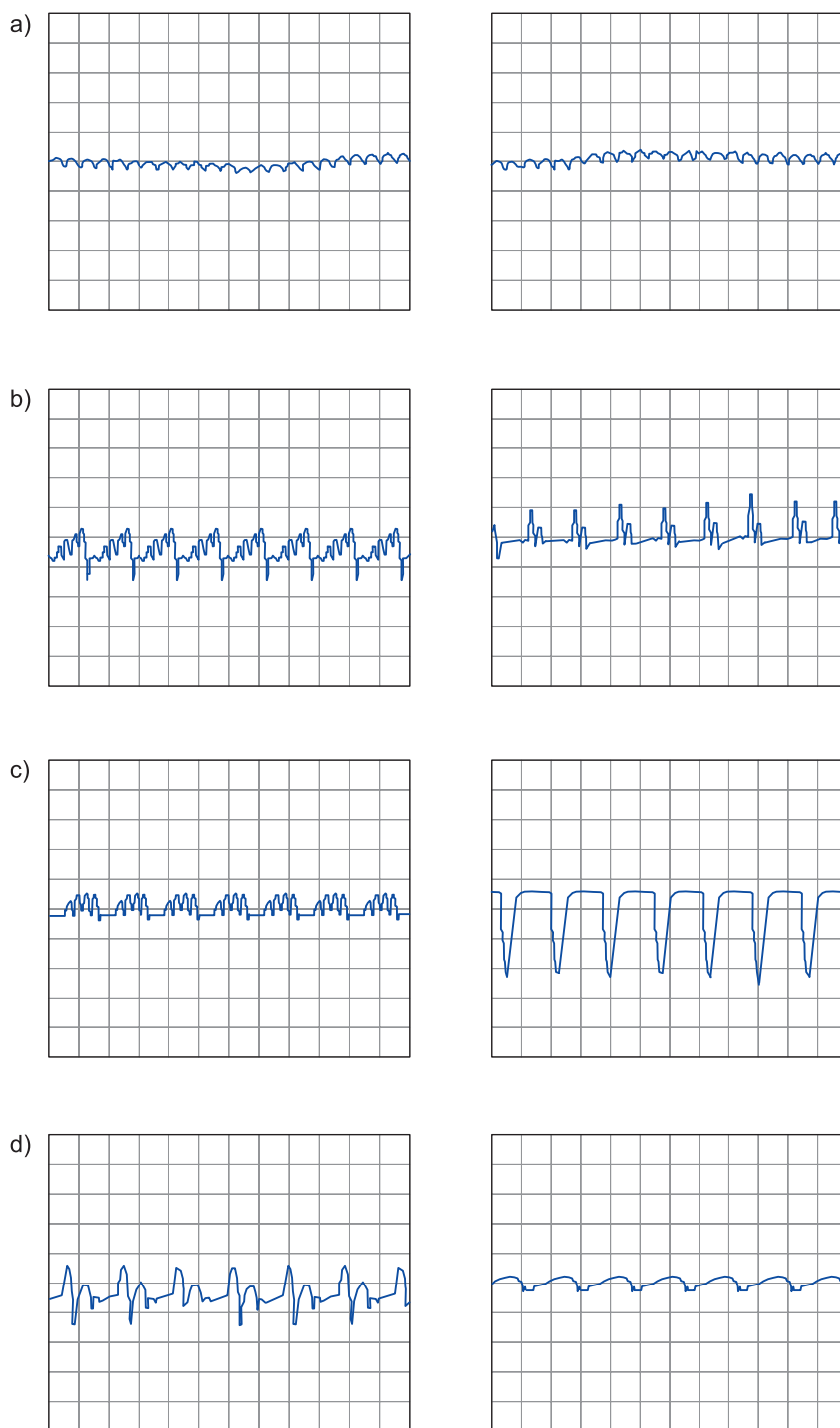
Zaawansowane pomiary oscyloskopowe obejmują również **pomiar sygnału sterującego na zacisku DFM** (lub **DF**) alternatora. Przy podłączeniu dodatniego przewodu pomiarowego do tego zacisku (a drugiego do masy pojazdu) na ekranie oscyloskopu powinien być widoczny sygnał prostokątny o stałej amplitudzie napięcia (równiej napięciu w instalacji elektrycznej) i zmiennej wartości współczynnika wypełnienia (dla różnych obciążeń alternatora).

Pomiar wydajności prądowej alternatora wykonujemy **sondą prądową** następująco:

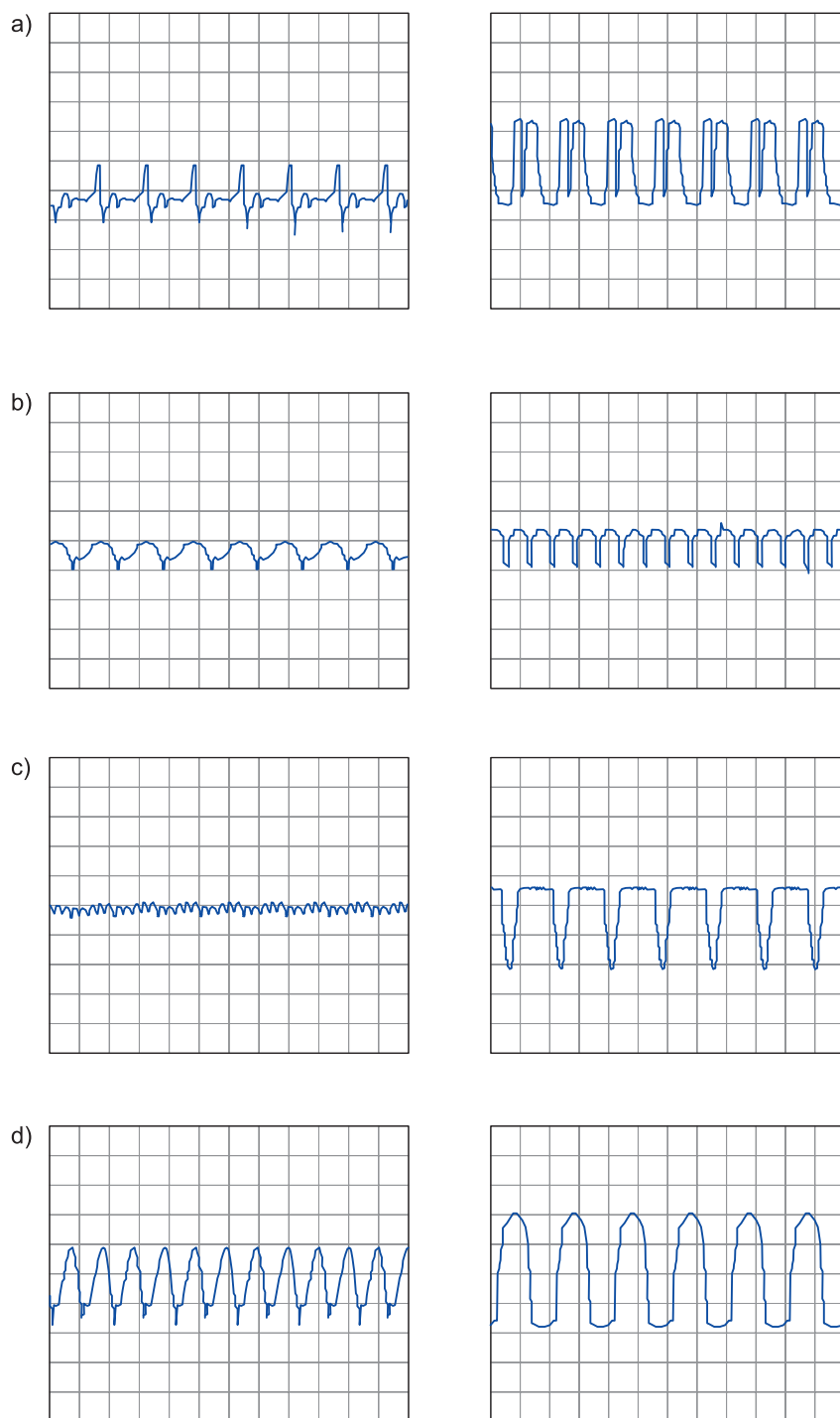
- 1) sondę (cęgi hallotronowe o odpowiednim zakresie pomiarowym) zakładamy na przewód łączący zacisk B+ alternatora z zaciskiem dodatnim akumulatora; przed założeniem sondy na przewód należy wyzerować jej wskazania (patrz p. 3.3);
- 2) pomiary wykonujemy przy maksymalnie obciążonym alternatorze, po włączeniu wszystkich odbiorników energii elektrycznej w samochodzie;
- 3) uzyskaną wartość maksymalną prądu (wydajności prądowej alternatora) porównujemy z wartością nominalną podaną na tabliczce znamionowej lub w dokumentacji warsztatowej.

W wypadku **alternatorów sterowanych cyfrowo** ocena ich stanu obejmuje również **sprawdzenie, czy alternator prawidłowo komunikuje się ze sterownikiem silnika** oraz czy **właściwie reaguje na zmianę zadanego sygnału sterującego**. Przykład przyrządu umożliwiającego wykonanie tego rodzaju pomiarów przedstawiono na rysunku 4.26 (s. 102).

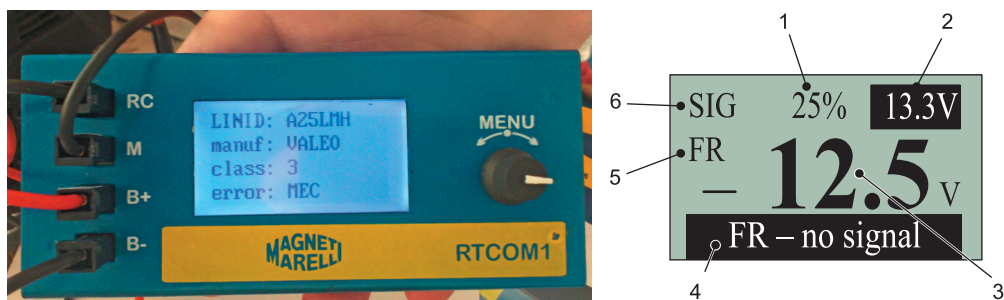
W zależności od zastosowanego w danym alternatorze regulatora napięcia i sposobu jego sterowania należy podłączyć urządzenie do odpowiednich zacisków. Jest ono zasilane z instalacji pokładowej samochodu – przewody zasilające można podłączyć np. do zacisku B+ alternatora i jego obudowy (masy pojazdu). Przyrząd umożliwia sprawdzenie działania regulatora przez porównanie wartości napięcia zadanej przez operatora z wartością uzyskaną na alternatorze. Powinny one być zgodne, a wartość sygnału sterującego DFM (współczynnik wypełnienia sygnału sterującego regulatorem) ma podążać za zadaną wartością napięcia.



Rys. 4.24. Oscylogramy napięcia zarejestrowane na zaciskach B+ (lewa kolumna) i D+ (prawa kolumna) alternatora: a) alternator sprawny, b) przerwa w jednej dodatniej diodzie prostowniczej, c) przerwa w jednej ujemnej diodzie prostowniczej, d) zwarcie w dodatniej diodzie prostowniczej



Rys. 4.25. Oscylogramy napięcia zarejestrowane na zaciskach B+ (lewa kolumna) i D+ (prawa kolumna) alternatora: a) zwarcie w jednej ujemnej diodzie prostowniczej, b) zwarcie międzyfazowe uzwojeń twornika, c) przerwa w jednej diodzie wzbudzenia, d) zwarcie w jednej diodzie wzbudzenia



Rys. 4.26. Tester do sprawdzania alternatorów z regulatorami sterowanymi cyfrowo (a) oraz informacje pokazywane na nim podczas testowania alternatora z wyjściem DFM (b)

1 – współczynnik wypełnienia sygnału PWM odpowiadający zadanemu napięciu, 2 – wartość napięcia zadawana przez użytkownika, 3 – rzeczywista wartość napięcia mierzona w testowanym obwodzie, 4 – informacja o braku sygnału na wejściu M testera, 5 – chwilowa wartość DFM, 6 – aktualnie wybrana funkcja

Kolejne **pomiary diagnostyczne alternatora wykonujemy po jego wymontowaniu z samochodu**. Obejmują one między innymi kontrolę poszczególnych diod prostowniczych, sprawdzenie, czy nie ma przebicia izolacji (tj. zwarcie międzyfazowych i międzyzwojowych), oraz sprawdzenie ciągłości uzwojeń fazowych.

W razie wykrycia uszkodzeń alternatora dokonuje się wymiany jego regulatora na nowy lub naprawia uszkodzony w specjalistycznym warsztacie.



PYTANIA I POLECENIA

1. Omów zakres organoleptycznej oceny stanu alternatora.
2. Podaj wartość napięcia (ładowania) w instalacji elektrycznej samochodu dla sprawnego alternatora.
3. W jaki sposób zmienia się napięcie alternatora przy zwiększaniu jego obciążenia?
4. Podaj dopuszczalną wartość tętnienia napięcia w instalacji elektrycznej samochodu.
5. W jaki sposób podłączamy oscyloskop podczas badania tętnienia napięcia i wykrywania usterek regulatora?
6. Jaki zakres obejmuje kontrola alternatora z regulatorem napięcia sterowanym sygnałem cyfrowym?

ZAPAMIĘTAJ

W samochodzie stosowane są dwa źródła energii: akumulator i alternator. Energię do rozruchu silnika zapewnia akumulator. Po uruchomieniu silnika zasilanie odbiorników energii przejmie alternator, który jednocześnie doładowuje akumulator. Napędzanego alternatora nie wolno odłączać od instalacji pokładowej samochodu (akumulatora), gdyż grozi to jego uszkodzeniem.

Oceny stanu akumulatora dokonujemy, wykorzystując różne parametry diagnostyczne: gęstość elektrolitu, napięcie pod obciążeniem, konduktancję/przewodność elektrolitu. Dostarczają one informacji o stopniu naładowania (rozładowania) akumulatora i konieczności jego podładowania lub utylizacji. Najczęściej stosowanymi przyrządami diagnostycznymi są testery elektroniczne (pomiar konduktancji/przewodności), które pozwalają ocenić

między innymi zdolność akumulatora do oddawania energii, poprzez wyznaczenie wartości prądu rozruchowego CCA i przyrównanie jej do wartości nominalnej (akumulator w pełni naładowany).

Podstawową metodą kontroli pracy alternatora jest pomiar wartości napięcia w instalacji pokładowej samochodu i jego tętnienia, dokonywany testerem elektronicznym lub oscyloskopem. Analiza przebiegów napięcia na odpowiednich zaciskach alternatora (B+ i D+), zarejestrowanych oscyloskopem, umożliwi wykrycie uszkodzenia diod prostowniczych i wzbudzenia alternatora.

SPRAWDŹ SWOJĄ WIEDZĘ

1. Wymień metody kontroli stopnia naładowania akumulatora.
2. Podaj charakterystyczne wartości gęstości elektrolitu odpowiadające: pełnemu naładowaniu akumulatora, 75-procentowemu rozładowaniu akumulatora oraz 50-procentowemu rozładowaniu akumulatora.
3. Jaki jest zakres wykorzystania optycznego wskaźnika naładowania (*magic eye*) do oceny stanu akumulatora?
4. Porównaj metody pomiaru gęstości elektrolitu areometrem i refraktometrem.
5. W jaki sposób zmienia się gęstość elektrolitu akumulatora wraz ze zmianą jego temperatury?
6. Co to jest prąd CCA?
7. Jak można wyznaczyć konduktancję elektrolitu? Co ona oznacza?
8. Podaj dopuszczalny spadek napięcia akumulatora pod obciążeniem, odpowiadający 50-procentowemu spadkowi stopnia naładowania akumulatora.
9. Jakie informacje znajdują się na tabliczce znamionowej akumulatora?
10. Porównaj metody oceny stanu akumulatora przez pomiar napięcia pod obciążeniem oraz za pomocą testera elektronicznego (pomiar konduktancji/przewodności).
11. Podaj wartość napięcia wyjściowego (ładowania) w 12-woltowej instalacji elektrycznej samochodu ze sprawnym alternatorem.
12. Wyjaśnij, jaka jest funkcja zacisków: B+, D+, DPF, L i W alternatora.
13. Narysuj przebieg napięcia w instalacji pokładowej przy założeniu, że alternator jest w pełni sprawny. Jaka jest dopuszczalna wartość tętnienia tego napięcia?
14. W jaki sposób sprawdzamy regulator napięcia sterowany sygnałem cyfrowym?
15. Podaj zakres wykorzystania oscyloskopu do diagnozowania alternatora.
16. Czy pracujący alternator można odłączyć od instalacji pokładowej samochodu (akumulatora)? Uzasadnij swoją odpowiedź.

LITERATURA

- [1] M. Blum, *Bez napięcia ani rusz*, „AutoEXPERT” nr 1/2014.
- [2] G. Burda, *Akumulatory – więcej prądu*, „Auto Moto Serwis” nr 10/2011.
- [3] M. Bustrzycki, *Akumulatory samochodowe*, „Serwis Motoryzacyjny” nr 11/2010.
- [4] M. Bustrzycki, *Alternatory – proces tworzenia SEM*, „Serwis Motoryzacyjny” nr 4/2008.
- [5] A. Czerwiński, *Akumulatory, baterie, ogniwa*, WKŁ, Warszawa 2012.
- [6] M. Dąbrowski, S. Kowalczyk, G. Trawiński, *Diagnostyka pojazdów samochodowych*, WSiP, Warszawa 2013.

- [7] P. Fundowicz, B. Michałowski, M. Radzimierski, *Podstawy elektrotechniki i elektroniki samochodowej*, WSiP, Warszawa 2007.
- [8] J. Gładysiek, M. Gładysiek, *Poradnik diagnostyki samochodowej. Diagnostoskop silnikowy Bosch FSA serii 7XX*, Bosch, Kraków 2008.
- [9] Ł. Grześkowiak, *Oscyloskop kontra alternator*, „Auto Moto Serwis” nr 11/2012.
- [10] I. Horowski, *Badanie akumulatora*, „Serwis Motoryzacyjny” nr 11/2010.
- [11] I. Horowski, *Diagnostyka multifunkcyjnego regulatora napięcia*, „Serwis Motoryzacyjny” nr 3/2013.
- [12] W. Kujawa, K. Najder, *Sprawny akumulator*, „Auto Moto Serwis” nr 1–2/2009.
- [13] M. Lechowski, *Inteligentne układy zarządzania energią*, „Auto Moto Serwis” nr 7–8/2012.
- [14] M. Majewski, *Bateria z tradycją*, „Auto Technika Motoryzacyjna”, luty 2006.
- [15] D. Motyka, *Diagnozowanie akumulatorów bezobsługowych*, „AutoEXPERT” nr 1/1999.
- [16] D. Motyka, *Nowoczesna diagnostyka akumulatorów*, „Auto Moto Serwis”, nr 1–2/1999.
- [17] S. Myszkowski, *Elektroniczne testery akumulatorów*, „Serwis Motoryzacyjny” nr 11/2008.
- [18] K. Pacholski, *Elektryczne i elektroniczne wyposażenie pojazdów samochodowych*, cz.2, WKŁ, Warszawa 2013.
- [19] Ł. Smolak, R. Lipiec, *Oscyloskop w diagnostyce alternatora*, „Auto Moto Serwis” nr 10/2006.
- [20] P. Treliński, *Diagnozowanie regulatorów napięcia*, „Auto Naprawa”, styczeń 2014 (78).
- [21] K. Trzeciak, *AGM z Zwickau*, „Serwis Motoryzacyjny” nr 2/2013.
- [22] K. Wójtowicz, *Maszyny elektryczne w samochodzie*, „Auto Moto Serwis” nr 1–2/2009.
- [23] *Nowoczesne napięcie*, „AutoEXPERT” nr 2/2011.
- [24] *Poradnik techniki samochodowej*, Wydawnictwo Rea, Warszawa 2010.
- [25] *Prąd bez tajemnic*, cz. I i II, „AutoEXPERT” nr 2/2008 (cz. I) i 3/2008 (cz. II).
- [26] *Prądnica*, „AutoEXPERT” nr 3/1995.
- [27] *Rozwój konstrukcji akumulatorów*, „AutoEXPERT” nr 10/2006.
- [28] *Silniki pojazdów samochodowych*. Wydawnictwo Rea, Warszawa 2010.
- [29] Materiały firm: Bosch, Centra, Delphi, Hella, Johnson Controls.

Źródła ilustracji i fotografii

Tekst główny: s. 14 (algorytm zabiegów resuscytacyjnych) G. Trawiński; s. 19 (obwody instalacji elektrycznej) *Poradnik techniki samochodowej*, Wydawnictwo Rea, Warszawa 2010; s. 20 (schemat instalacji dwuprzewodowej samochodu) opracowanie G. Trawiński na podstawie M. Bustrzycki *Diagnostowanie uszkodzeń obwodów elektrycznych*, Serwis Motoryzacyjny nr 6/2010; s. 22 (obwody elektryczne) opracowanie G. Trawiński na podstawie M. Bustrzycki *Diagnostowanie uszkodzeń obwodów elektrycznych*, Serwis Motoryzacyjny nr 6/2010; s. 24 (prawidłowa praca oraz zwarcie w instalacji elektrycznej) opracowanie G. Trawiński; s. 25 (bezpieczniki samochodowe) G. Trawiński; s. 25 (skrzynka bezpieczników) G. Trawiński; s. 25 (schemat skrzynki bezpieczników) program AutoData; s. 28 (schemat ideowy obwodu przełącznika samochodowego) G. Trawiński; s. 29 (budowa i działanie przełącznika) A. Herner, H.J. Riehl, *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, WKŁ, Warszawa 2011; s. 29 (budowa przełącznika kontaktronowego) A. Herner, H.J. Riehl, *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, WKŁ, Warszawa 2011; s. 30 (oznaczenia styków przełączników samochodowych) opracowanie G. Trawiński na podstawie *Poradnik techniki samochodowej*, Wydawnictwo Rea, Warszawa 2010; s. 31 (oznaczenia bezpieczników) G. Trawiński; s. 32 i 33 (symbole graficzne elementów elektrycznych i elektronicznych) WKiŁ; s. 33 (oznaczenia literowe elementów instalacji elektrycznej) G. Trawiński; s. 34-36 (oznaczenia zacisków) *Poradnik techniki samochodowej*, Wydawnictwo Rea, Warszawa 2010; s. 37 (schemat połączeń elektrycznych układu poduszek gazowych) EsiTronic; s. 38 (schemat połączeń elektrycznych wtyczek sterowników) Esitronic; s. 39 (schemat magistrali CAN HighSpeed) program HGS Data; s. 45 (wskaźniki na desce rozdzielczej) G. Trawiński; s. 46 (multimetru) G. Trawiński; s. 46 (wyświetlacz multimetru z bargrafem) G. Dyga; s. 47 (dokładność pomiaru multimetrem) G. Trawiński; s. 48 (schemat blokowy oscyloskopu) G. Dyga; s. 49 (oscyloskop cyfrowy) G. Dyga; s. 49 (przykładowy ekran oscyloskopowy) G. Dyga; s. 51 (sondy pomiarowe multimetru i oscyloskopu) G. Dyga; s. 52 (sonda prądowa) G. Trawiński; s. 52 (sposób montażu sondy prądowej) G. Trawiński; s. 55 (oznaczenia na multimetrze) G. Dyga; s. 56 (pomiar napięcia multimetrem) G. Dyga; s. 56 (pomiar natężenia prądu multimetrem) G. Dyga; s. 56 (pomiar prądu za pomocą adaptera do multimetru) G. Trawiński; s. 58 (pomiar rezystancji multimetrem) G. Dyga; s. 58 (wyznaczenie rezystancji własnej przewodów multimetru) G. Trawiński; s. 59 (pomiar wysokiego napięcia w układzie zapłonowym) G. Trawiński; s. 59 (pomiar multimetrem) G. Trawiński; s. 61 i 62 (zrzuty ekranu oscyloskopu) G. Dyga; s. 65 (parametry bieżące odczytywane przez sterownik) G. Trawiński; s. 65 (gniazda oscyloskopów) G. Dyga; s. 66 (diagnoskop FSA 740) G. Trawiński; s. 67 (ekran oscyloskopów) s. 67 (sygnał prostokątny) G. Trawiński; s. 68 (informacje diagnostyczne) program AutoData; s. 69 (informacje diagnostyczne) program HGSDData (r.3.22) i Retis (r.3.23); s. 75 (budowa akumulatora) Bosch; s. 76 (zaciski akumulatora) G. Trawiński; s. 77 (zasada działania akumulatora) *Poradnik techniki samochodowej*, Wydawnictwo Rea, Warszawa 2010; s. 78 (tabliczka znamionowa akumulatora) G. Trawiński; s. 79 (akumulator AGM) Johnson Controls; s. 79 (akumulator z ogniwami spiralnymi) Johnson Controls; s. 80 (czujnik IBS) Hella; s. 81 (wskaźnik naładowania akumulatora) G. Trawiński; s. 82 (elementy wskaźnika naładowania akumulatora) G. Trawiński; s. 83 (areometr) G. Trawiński; s. 84 (refraktometr) G. Trawiński; s. 85 (pomiar siły elektromotorycznej i napięcia akumulatora pod obciążeniem) G. Trawiński; s. 87 (zasady wyznaczania wartości prądu rozruchowego) St. Myszkowski: *Elektroniczne testery akumulatorów*. Serwis Motoryzacyjny nr 11/2008; s. 88 (ocena akumulatora metodą konduktancji) G. Trawiński; s. 88 (interpretacja pomiaru konduktancji) St. Myszkowski: *Elektroniczne*

testery akumulatorów. Serwis Motoryzacyjny nr 11/2008; s. 91 (budowa alternatora) *Prądnicca*, Auto EXPERT nr 3/1995; s. 91 (elementy alternatora) Bosch; s. 92 (schemat budowy i działania alternatora) *Prądnicca*, Auto EXPERT nr 3/1995 G. Trawiński; s. 93 (zasada prostowania napięcia) *Poradnik techniki samochodowej*, Wydawnictwo Rea, Warszawa 2010; s. 94 (działanie obwodów alternatora) *Poradnik techniki samochodowej*, Wydawnictwo Rea, Warszawa 2010; s. 95 (alternator kompaktowy) Bosch; s. 95 (schemat elektryczny alternatora z regulatorem multifunkcyjnym) program Esitronic; s. 98 (wyniki oceny alternatora) G. Trawiński; s. 99 (schemat podłączenia alternatora do instalacji elektrycznej) G. Trawiński; s. 100 i 101 (oscyllogramy napięcia) materiały Akademii, AutoElektro; s. 102 (tester alternatorów sterowanych cyfrowo) Wega; s. 107 (Budowa rozrusznika) Bosch; s. 108 (działanie rozrusznika) opracowanie G. Trawiński na podstawie MAN *Grundlagen der Nutzfahrzeugtechnik. Basiswissen Lkw und Bus*, MAN Truck & Bus AG; s. 109 (zabezpieczenie rozrusznika) G. Trawiński; s. 112 (pomiar napięcia zasilania rozrusznika) G. Dyga; s. 115 (schemat systemu Start-Stop) opracowanie G. Trawiński; s. 116 (przycisk systemu Start-Stop) (r. 5.6a) G. Trawiński; s. 116 (informacje o działaniu systemu Start-Stop) G. Dyga (r. 5.6b i c); s. 117 (rozwiązanie układu Start-Stop) Bosch; s. 118 (urządzenie do diagnozowania akumulatora systemu Start-Stop) Johnson Controls; s. 119 (raport z badania systemu Start-Stop) Johnson Controls; s. 121 (praca świecy żarowej sterowanej elektronicznie) M. Karczewski, L. Szczęch, G. Trawiński: *Silniki pojazdów samochodowych*, WSiP, Warszawa 2013; s. 122 (pomiar rezystancji świecy żarowej) G. Trawiński; s. 123 (pomiar prądu grzania świecy) G. Trawiński; s. 123 (przebieg prądu grzania świecy) G. Trawiński; s. 124 (schemat podłączenia sterownika świec żarowych) G. Trawiński; s. 125 (tester świec żarowych) G. Trawiński; s. 126 (tester niskonapięciowych świec żarowych) Federal Mogul/Beru; s. 130 (zadania systemu OBD II) U. Rokosch: *Układy oczyszczania spalin i pokładowe systemy diagnostyczne*, Warszawa, WKŁ 2007; s. 131 (ogólny schemat wykrywania usterek przez system OBD II) U. Rokosch: *Układy oczyszczania spalin i pokładowe systemy diagnostyczne*, Warszawa, WKŁ 2007; s. 133 (schemat wykrywania usterek elektrycznych czujników) G. Trawiński; s. 133 (schemat wykrywania usterek elektrycznych elementu wykonawczego) G. Trawiński; s. 134 (gniazdo diagnostyczne OBD II) norma SAE J1962 *Złącze diagnostyczne*; s. 135 (umieszczenie gniazda diagnostycznego OBD II) G. Trawiński; s. 137 (czytnik kodów) G. Trawiński; s. 137 (tester diagnostyczny, rejestratory danych) G. Dyga; s. 138 (dane z czytnika kodów AMX 550) G. Trawiński; s. 140 (przebiegi parametrów zarejestrowane rejestratorem danych) G. Trawiński; s. 141 (podłączenie czujnika temperatury do sterownika silnika) G. Trawiński; s. 144 (przebiegi zmian sygnałów) G. Trawiński; s. 145 (układy pomiaru prędkości obrotowej wału korbowego i identyfikacji cylindra) G. Trawiński; s. 146 (podłączenie czujnika indukcyjnego i hallotronowego) G. Trawiński; s. 148 (ocena czujnika indukcyjnego) G. Trawiński; s. 148 (sygnały z czujnika indukcyjnego i hallotronowego) G. Trawiński; s. 150 (schemat podłączenia przepływomierza powietrza) G. Trawiński; s. 150 (schemat podłączenia przepływomierza powietrza z czujnikiem temperatury) G. Trawiński; s. 151 (sygnały częstotliwościowe z przepływomierza powietrza) G. Trawiński; s. 153 (schemat podłączenia czujników ciśnienia powietrza) G. Trawiński; s. 154 (kontrola czujnika ciśnienia powietrza za pomocą manometru) G. Trawiński; s. 154 (sygnał częstotliwościowy z czujnika ciśnienia powietrza) G. Trawiński; s. 155 (schemat podłączenia czujnika temperatury) G. Trawiński; s. 157 (parametry bieżące sondy lambda) G. Trawiński; s. 157 (schemat podłączenia sondy lambda) G. Trawiński; s. 158 (kontrola sondy lambda) G. Trawiński; s. 159 (przebieg napięcia i prądu grzania sondy lambda) G. Trawiński; s. 160 (sygnały napięciowe z sondy lambda) U. Rokosch: *Układy oczyszczania spalin i pokładowe systemy diagnostyczne*, Warszawa, WKŁ 2007 (r. 6.28); s. 160 (ocena sondy za pomocą oscyloskopu)

G. Trawiński (r. 6.29); s. 162 (schemat podłączenia szerokopasmowej sondy lambda) G. Trawiński; s. 162 (prąd pompowania sondy szerokopasmowej) G. Trawiński; s. 163 (pomiar napięcia referencyjnego sondy szerokopasmowej) G. Trawiński; s. 168 (przebieg napięcia i prądu wtryskiwacza) G. Trawiński; s. 168 (rodzaje sygnałów sterujących wtryskiwaczami) *Diagnoskop samochodowy CT 420. Instrukcja obsługi*; s. 169 (wykresy sygnałów sterujących wtryskiwaczami układu Common Rail) G. Trawiński; s. 170 (przebieg prądu pobieranego przez wtryskiwacza bezpośredniego wtrysku benzyny) G. Trawiński; s. 170 (schemat podłączania wtryskiwaczy) G. Trawiński; s. 171 (schemat podłączania zaworu recyrkulacji spalin) G. Trawiński; s. 174 (schemat podłączania silnika krokowego) G. Trawiński; s. 175 (sygnały sterujące silnikiem krokowym) G. Trawiński; s. 175 (schemat podłączenia przepustnicy elektronicznej) G. Trawiński; s. 177 (sygnały wyjściowe z czujników położenia przepustnicy) G. Trawiński; s. 178 (systemy sterowania wentylatorami) G. Trawiński; s. 179 (sterowanie wentylatorem przez sterownik) G. Trawiński; s. 179 (jednostopniowy termowłącznik wentylatora) G. Trawiński; s. 180 (symulator rezystancyjnych czujników temperatury) G. Trawiński; s. 181 (kontrola przekątnika) G. Trawiński; s. 187 (regulacja kata zapłonu) *Kraftfahrtechnisches Taschenbuch*, Robert Bosch GmbH, 2011; s. 187 (wykrywania wypadania zapłonów poprzez pomiar prędkości) G. Trawiński; s. 191 (cewki dwubiegunowe) G. Trawiński; s. 192 (sygnały sterujące cewką dwubiegunową) G. Trawiński; s. 192 (kontrola cewki dwubiegunowej) G. Trawiński; s. 193 (pomiar napięcia obwodów wtórnych układu zapłonowego) J. Gładysiek, M. Gładysiek: *Poradnik diagnostyki samochodowej. Diagnostoskop silnikowy Bosch FSA serii 7xx*. Bosch; s. 193 (przebieg napięcia w obwodzie pierwotnym cewki) G. Trawiński; s. 194 (przebieg napięcia w obwodzie wtórnym cewki) G. Trawiński; s. 194 (informacje z układu zapłonowego) G. Trawiński; s. 195 ((pomiar napięcia obwodów wtórnych układu zapłonowego z cewkami indywidualnymi) J. Gładysiek, M. Gładysiek: *Poradnik diagnostyki samochodowej. Diagnostoskop silnikowy Bosch FSA serii 7xx*. Bosch; s. 196 (schemat podłączenia cewek ołówkowych) G. Trawiński; s. 197 (schemat podłączenia cewek zespolonych – listwy) G. Trawiński; s. 198 (wygląd i schemat cewek indywidualnych) G. Trawiński; s. 199 (podłączenie czujnika spalania detonacyjnego) G. Trawiński; s. 200 (moment dokręcania czujnika spalania detonacyjnego) Program AutoData; s. 200 (sygnał z czujnika spalania detonacyjnego) G. Trawiński; s. 204 (schemat procesu regulacji) G. Trawiński; s. 207 (wyświetlacz) G. Trawiński; s. 209 (schemat ideowy magistrali CAN High Speed) G. Trawiński; s. 210 (rozdzielacze CAN) G. Trawiński; s. 211 (poziomy napięcie na przewodach magistrali CAN) G. Trawiński; s. 212 (wpływ zakłóceń na sygnał magistrali CAN) G. Trawiński; s. 212 (budowa sterowników CAN) G. Trawiński; s. 213 (schemat działania magistrali CAN) G. Trawiński; s. 214 (arbitraż magistrali CAN) G. Trawiński; s. 214 (struktura ramki danych CAN) G. Trawiński; s. 215 (ramka danych CAN) G. Trawiński; s. 217 (schematy połączeń magistral danych) G. Trawiński; s. 218 (schemat ideowy magistrali LIN) G. Trawiński; s. 219 (ogólny schemat działania magistrali LIN) G. Trawiński; s. 219 (elementy składowe magistrali LIN) G. Trawiński; s. 220 (poziomy napięcie na magistrali LIN) G. Trawiński; s. 221 (ramka danych LIN) G. Trawiński; s. 223 (protokół kontroli magistrali CAN) G. Trawiński; s. 224 (Pomiar rezystancji między przewodami magistrali CAN) G. Trawiński; s. 225 (pomiar napięcia na przewodach magistrali CAN) G. Trawiński; s. 227 (przykładowe przebiegi sygnałów na magistrali CAN) G. Trawiński; s. 228 (sposób lokalizacji usterki magistrali CAN) G. Trawiński; s. 229 (sposób lokalizacji usterki magistrali CAN) G. Trawiński; s. 230 (topologia gwiazdy magistrali LIN) G. Trawiński; s. 232 (diagnozowanie magistrali LIN) G. Trawiński; s. 233 (ramki danych magistrali LIN) G. Trawiński; s. (przebiegi oscyloskopowe na magistrali LIN) G. Trawiński; s. 239 (symbole lampek kontrolnych) *Poradnik techniki samochodowej*, Wydawnictwo Rea, Warszawa

2010; s. 240 (schemat blokowy zestawu wskaźników) K. Pacholski: *Elektryczne i elektroniczne wyposażenie pojazdów samochodowych. Część 2*, WKŁ, Warszawa 2013; s. 241 (podłączenie zestawu wskaźników do instalacji pokładowej samochodu) G. Trawiński; s. 243 (analogowy czujnik temperatury cieczy chłodzącej) G. Trawiński; s. 245 (widok czujnika kontaktronowego poziomu cieczy chłodzącej) G. Trawiński; s. 245 (zasada działania czujnika kontaktronowego) A. Herner, H.J. Riehl, *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, WKŁ, Warszawa 2011; s. 246 (schemat stykowego czujnika spadku ciśnienia oleju) M. Bustrycki: *Włączniki elektryczne sterowane ciśnieniem*, Serwis Motoryzacyjny nr 7-8/2011; s. 247 (schemat podłączenia czujnika ciśnienia oleju) G. Trawiński; s. 248 (widok czujnika poziomu oleju) Bosch; s. 248 (schemat działanie pojemnościowego czujnika poziomu oleju) praca zbiorowa *Silniki pojazdów samochodowych*, Wydawnictwo Rea, Warszawa 2010; s. 248 (schemat podłączenia czujnika ciśnienia oleju) G. Trawiński; s. 249 (przykładowe sygnały z czujnika oleju) praca zbiorowa *Silniki pojazdów samochodowych*, Wydawnictwo Rea, Warszawa 2010; s. 250 (dwustykowy czujnik poziomu paliwa) G. Trawiński; s. 250 (schemat podłączenia trzystykowego czujnika poziomu paliwa) G. Trawiński; s. 252 (czujnik poziomu płynu hamulcowego) G. Trawiński; s. 253 (czujnik prędkości ruchu samochodu) G. Trawiński; s. 254 (sygnał prostokątny z czujnika prędkości ruchu) G. Trawiński; s. 258 (schemat układu ABS) program Esitronic; s. 259 (magnetorezystancyjny czujnik prędkości) *Czujniki w pojazdach samochodowych*, seria „Informator techniczny Bosch”, WKŁ, Warszawa 2002; s. 259 (kontrola wieńca magnetycznego) G. Trawiński; s. 260 (impulsatory prędkości obrotowej) G. Trawiński; s. 261 (wyniki kontroli działania czujników prędkości) G. Trawiński; s. 262 (schemat podłączenia czujników indukcyjnych) G. Trawiński; s. 262 (schemat podłączenia czujników hallotronowych) G. Trawiński; s. 263 (schemat podłączenia czujników magnetorezystancyjnych) G. Trawiński; s. 264 (tester ATE) G. Trawiński; s. 264 (wyniki pomiarów testerem ATE) G. Trawiński; s. 266 (budowa czujnika optycznego skrótu koła kierownicy) *Elektromechaniczne wspomaganie układu kierowniczego z dwoma zębnikami. Budowa i zasada działania*. Zeszyt do samodzielnego kształcenia nr 317, VW; s. 266 (budowa czujnika magneto rezystancyjnego skrótu koła kierownicy) *Czujniki w pojazdach samochodowych*, seria „Informator techniczny Bosch”, WKŁ, Warszawa 2002; s. 270 (lampki sygnalizacyjne układu SRS) G. Trawiński; s. 270 (zestyki zwierające złącz elektrycznych układu SRS) A. Herner, H.J. Riehl, *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, WKŁ, Warszawa 2011; s. 272 (wyniki kontroli układu SRS) G. Trawiński; s. 273 (schemat połączeń układu SRS) program Esitronic; s. 275 (układ wycieraczek z czujnikiem deszczu) G. Dyga; s. 276 (budowa czujnika deszczu i światła) *Czujniki w pojazdach samochodowych*, seria „Informator techniczny Bosch”, WKŁ, Warszawa 2002; s. 276 (schemat układu sterowania wycieraczkami z przerywaczem) G. Dyga; s. 278 (schemat elektronicznego układu sterowania wycieraczkami) G. Dyga; s. 282 (informacje o ciśnieniu w ogumieniu) G. Trawiński; s. 282 (elementy składowe układu TPMS) G. Dyga; s. 282 (czujnik ciśnienia w ogumieniu) Federal Mogul/Beru; s. 283 (rozmieszczenie elementów układu TPMS) G. Dyga; s. 284 (schemat elektryczny układu TPMS) G. Dyga; s. 285 (układ pomiaru ciśnienia bez rozpoznawania położenia koła) G. Dyga; s. 285 (schemat elektryczny układu pomiaru ciśnienia bez rozpoznawania położenia koła) G. Dyga; s. 286 (informacje o ciśnieniu na wyświetlaczu) Federal Mogul/Beru; s. 286 (miernik do pomiaru ciśnienia w ogumieniu) G. Trawiński; s. 287 (urządzenie do kontroli czujników układu TPMS) ATEQ; s. 290 (schemat obiegu powietrza w układzie klimatyzacji i ogrzewania wnętrza) opracowanie G. Trawiński; s. 290 (schemat obiegu czynnika chłodniczego) T. Hinz: *Układy klimatyzacji. Budowa i obsługa*, Poradnik Serwisowy nr 1/2009; s. 295 (charakterystyka czujnika ciśnienia chłodniczego) G. Trawiński; s. 296 (tester zaworu

elektromagnetycznego sprzężarki) G. Trawiński; s. 302 (oznaczenia reflektora) *Podstawy wiedzy z zakresu technologii oświetleniowej. Zwięźle i praktycznie*, materiały firmy Hella; s. 309 (rodzaje odbłyśników reflektorów) *Podstawy wiedzy z zakresu technologii oświetleniowej. Zwięźle i praktycznie*, materiały firmy Hella; s. 311 (budowa lampy wyładowczej) K. Pacholski: *Elektryczne i elektroniczne wyposażenie pojazdów samochodowych. Cz. 2*, WKŁ, Warszawa 2013; s. 312 (układ automatycznej regulacji zasięgu światła mijania) Hella; s. 313 (budowa diody elektroluminescencyjnej) Hella; s. 314 (wykrywanie zwarcia) G. Trawiński; s. 315 (wykrywanie przerwy w instalacji elektrycznej) G. Trawiński; s. 321 (schemat funkcjonalny instalacji alarmowej) G. Dyga; s. 321 (schemat blokowy instalacji alarmowej) G. Dyga; s. 322 (zestyki drzwiowe) G. Dyga; s. 322 (syrena alarmowa) G. Dyga; s. 322 (elementy kluczyka samochodowego) G. Dyga; s. 323 (instalacja alarmowa samochodu z ochroną szyb) G. Dyga; s. 324 (ochrona wnętrza samochodu za pomocą czujników ultradźwiękowych) G. Dyga; s. 324 (widok czujnika ultradźwiękowego) G. Trawiński; s. 324 (budowa czujnika ultradźwiękowego) A. Gajek, Z. Juda: *Czujniki*, WKŁ, Warszawa 2009; s. 325 (czujnik indukcyjny) A. Herner, H.J. Riehl, *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, WKŁ, Warszawa 2011; s. 325 (czujnik pojemnościowy pochylenia samochodu) A. Gajek, Z. Juda: *Czujniki*, WKŁ, Warszawa 2009; s. 326 (schemat instalacji alarmowej) G. Dyga; s. 328 (zasada działania immobilizera) A. Herner, H. J. Riehl: *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, WKŁ, Warszawa 2011; s. 328 (immobiliser z klawiaturą numeryczną) M. Pachowiak: *Zabezpieczenia antykradzieżowe w pojazdach część 1. Kodowa blokada zapłonu koncernu PSA*, AutoElektro nr 149; s. 329 (przebieg komunikacji sterownik – immobilizer) M. Pachowiak: *Zabezpieczenia antykradzieżowe w pojazdach część 1. Kodowa blokada zapłonu koncernu PSA*, AutoElektro nr 149; s. 329 (transpondery) G. Trawiński; s. 330 (antena nadawczo-odbiorcza immobilizera) G. Trawiński; s. 330 (wymian informacji sterownik – immobiliser) K. Pacholski: *Elektryczne i elektroniczne wyposażenie pojazdów samochodowych. Cz. 2*, WKŁ, Warszawa 2013; s. 331 (komunikacja immobilizer – kluczyk elektroniczny) K. Pacholski: *Elektryczne i elektroniczne wyposażenie pojazdów samochodowych. Cz. 2*, WKŁ, Warszawa 2013; s. 332 (karta chipowa z czytnikiem) G. Trawiński; s. 333 (widok nastawnika zamka) G. Trawiński; s. 333 (budowa nastawnika zamka) A. Herner, H.J. Riehl, *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, WKŁ, Warszawa 2011; s. 334 (schemat elektryczny układu centralnego zamka) G. Dyga; s. 335 (nastawnik centralnego zamka z silnikiem blokującym) A. Herner, H.J. Riehl, *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, WKŁ, Warszawa 2011; s. 336 (układ elektryczny nastawnika) A. Herner, H.J. Riehl, *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, WKŁ, Warszawa 2011; s. 337 (schemat elektryczny układu centralnego zamka) G. Dyga; s. 340 (kontrola instalacji alarmowej) G. Dyga; s. 340 (sprawdzanie zestyku instalacji alarmowej) G. Dyga; s. 341 (sprawdzanie czujnika kontaktronowego) G. Dyga; s. 341 (kontrola sterownika) G. Dyga; s. 342 (pomiar wykonywane na sterowniku) G. Dyga; s. 343 (pomiar rezystancji anteny nadawczo-odbiorczej immobilizera (G. Dyga); s. 344 (sygnały na pętli indukcyjnej) M. Pachowiak; *Zabezpieczenia antykradzieżowe w pojazdach część 2. Wprowadzenie do identyfikacji radiowej*, AutoElektro nr 150; s. 344 (sygnały oscyloskopowe) M. Pachowiak: *Zabezpieczenia antykradzieżowe w pojazdach część 3. Architektura i akwizycja danych*, AutoElektro nr 151, s. 345 (kontrola silownika centralnego zamka) G. Dyga; s. 346 (kontrola silnika nastawnika centralnego zamka) G. Dyga; s. 351 (zespół silnika elektrycznego-generatora) Bosch; s. 352 (schemat ideowy pełnego układu hybrydowego) Bosch; s. 353 (schemat przykładowego układu hybrydowego) Petrók J.: *Toyota Prius II*, Autotechnika nr 6/2003; s. 354 (schemat instalacji elektrycznej o różnym poziomie napięcia) Bosch; s. 356 (informacje diagnostyczne) Toyota Żerań; s. 357 (przrządy do pomiarów wysokonapięciowych)

Bosch (po lewej), Werther Polska (po prawej); s. 357 (zwora rozłączająca akumulatory wysokiego napięcia) G. Trawiński; s. 358 (informacje o stanie pracy napędu hybrydowego) G. Trawiński; s. 359 (dane kontrolne) Werther Polska; s. 361 (kask i rękawice elektroizacyjne) G. Trawiński; s. 367 (przykładowe rodzaje sterowników) G. Dyga; s. 368 (działanie sterownika samochodowego) G. Dyga; s. 369 (przykładowe sterowniki samochodowe) G. Trawiński; s. 370 (elementy funkcjonalne sterownika) G. Dyga; s. 370 (elementy składowe sterownika) G. Trawiński; s. 371 (kości pamięci) G. Trawiński; s. 373 (schemat połączeń wewnętrznych mikrokontrolera) J. Watson: *Elektronika*, WKŁ, Warszawa 2006; s. 376 (kontrola sterownika ABS) G. Dyga; s. 378 (sposoby zasilania czujników) G. Dyga; s. 378 (schemat blokowy zasilania czujników) G. Dyga; s. 379 (schemat podłączenia sterownika silnika do instalacji pokładowej samochodu) G. Dyga; s. 380 (pomiar zasilania czujnika temperatury) G. Dyga; s. 381 (schemat podłączenia gniazda diagnostycznego) G. Dyga; s. 382 (schematy trybów pracy stopni wyjściowych sterownika) G. Dyga; s. 383 (kontrola pracy wtryskiwaczy) G. Dyga; s. 384 (przykładowe sygnały sterujące) G. Dyga; s. 389 i 390 (karta zlecenia) serwis samochodowy AUTO-TECH; s. 393 i 394 (karta sprawdzenia elementu) G. Dyga.

Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne oświadczają, że podjęły starania mające na celu dotarcie do właścicieli i dysponentów praw autorskich wszystkich zamieszczonych utworów. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, przytaczając w celach dydaktycznych utwory lub fragmenty, postępują zgodnie z art. 29 ustawy o prawie autorskim. Jednocześnie Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne oświadczają, że są jedynym podmiotem właściwym do kontaktu autorów tych utworów lub innych podmiotów uprawnionych w wypadkach, w których twórcy przysługuje prawo do wynagrodzenia.