



# Podstawy elektrotechniki i elektroniki

pojazdów samochodowych

Podręcznik do nauki zawodów

- TECHNIK POJAZDÓW  
SAMOCHODOWYCH
- ELEKTROMECHANIK  
POJAZDÓW  
SAMOCHODOWYCH

# Kształcimy zawodowo!

Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne polecają publikacje do nauki zawodów: **technik mechanik, mechanik-monter maszyn i urządzeń, ślusarz, technik pojazdów samochodowych, elektromechanik pojazdów samochodowych i mechanik pojazdów samochodowych** przygotowane zgodnie z **NOWĄ PODSTAWĄ PROGRAMOWĄ**.

## Podręczniki



**Kwalifikacja M.44.2**  
Nadzorowanie przebiegu produkcji



**Kwalifikacja M.20.1**  
Wykonywanie elementów maszyn, urządzeń i narzędzi metodą obróbki ręcznej



**Kwalifikacja M.20.2**  
Wykonywanie elementów maszyn, urządzeń i narzędzi metodą obróbki maszynowej



**Kwalifikacja M.20.3**  
Wykonywanie połączeń materiałów



**Kwalifikacja M.20.4**  
Naprawa i konserwacja elementów maszyn, urządzeń i narzędzi



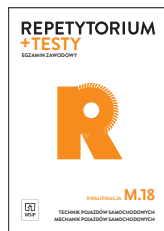
Podstawy elektrotechniki i elektroniki pojazdów samochodowych



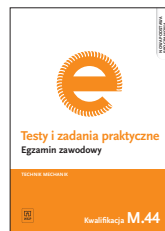
**Kwalifikacja M.42.2**  
Nadzorowanie obsługi pojazdów samochodowych



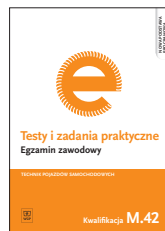
**Kwalifikacja M.12.2**  
Naprawa układów elektrycznych i elektronicznych pojazdów samochodowych



**Kwalifikacja M.18**  
Repetytorium i testy egzaminacyjne. Technik pojazdów samochodowych. Mechanik pojazdów samochodowych



**Kwalifikacja M.44.**  
Testy i zadania praktyczne. Egzamin zawodowy. Technik mechanik



**Kwalifikacja M.42.**  
Testy i zadania praktyczne. Egzamin zawodowy. Technik pojazdów samochodowych

## Repetytoria i testy egzaminacyjne

### Te i inne publikacje do nauki zawodów:

technik mechanik, mechanik-monter maszyn i urządzeń, ślusarz, technik pojazdów samochodowych, elektromechanik pojazdów samochodowych, mechanik pojazdów samochodowych (kwalifikacje M.44, M.17, M.20, M.42, M.12, M.18) można obejrzeć i kupić pod adresem **sklep.wsip.pl**



WYDAWNICTWA  
SZKOLNE  
i PEDAGOGICZNE

wsip.pl | infolinia: 801 220 555

# Szanowni Państwo,

z przyjemnością przedstawiamy Państwu fragmenty **nowego podręcznika, spełniającego wszystkie wymagania nowej podstawy programowej** kształcenia zawodowego. Jest to publikacja gwarantująca skuteczne przygotowanie do egzaminów potwierdzających kwalifikacje w zawodzie, napisana językiem zrozumiałym dla ucznia i wzbogacona o atrakcyjny materiał ilustracyjny. Prawdziwa nowość, warta Państwa uwagi.

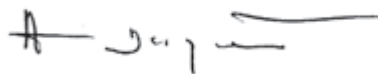
1 września 2012 roku Ministerstwo Edukacji Narodowej rozpoczęło reformę szkolnictwa zawodowego, która wprowadziła nową klasyfikację zawodów oraz ich podział na kwalifikacje. Dla wszystkich wyodrębnionych zawodów przygotowano nowe podstawy programowe. Zmieniła się także formuła egzaminu zawodowego – wprowadzono egzamin potwierdzający kwalifikacje w zawodzie. Uczniowie, kończący naukę w zasadniczej szkole zawodowej i technikum oraz słuchacze szkół policealnych, po zdaniu egzaminów pisemnego i praktycznego otrzymują dyplom potwierdzający kwalifikacje w zawodzie.

Aby umożliwić Państwu zapoznanie się z naszym podręcznikiem, prezentujemy wykaz zawartych w nim treści oraz fragmenty wybranych rozdziałów.

Wierzmy, że przygotowana przez nas oferta umożliwi Państwu efektywną pracę oraz pomoże w skutecznym przygotowaniu uczniów i słuchaczy do egzaminu – zarówno w części pisemnej, jak i praktycznej.

Zapraszamy do korzystania z naszego podręcznika.

## Z nami warto się uczyć!



Artur Dzięgański  
**Szef Zespołu Szkolnictwa Zawodowego**  
Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne

# WSiP – skuteczne przygotowanie do egzaminów potwierdzających kwalifikacje w zawodzie

Publikacje:

- zgodne z **nową podstawą programową**
- z aprobatą **MEN**
- opracowane w podziale na **kwalifikacje**
- napisane przez **specjalistów i nauczycieli praktyków**
- z dużą liczbą **ćwiczeń, przykładów praktycznych, tabel i schematów**
- z wyróżnieniem **najważniejszych treści**, rysunkami i ilustracjami ułatwiającymi zapamiętywanie



# Podstawy elektrotechniki i elektroniki

pojazdów samochodowych

Piotr Fundowicz  
Mariusz Radzimierski  
Marcin Wieczorek



---

Podręcznik do nauki zawodów

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

Podręcznik przeznaczony do kształcenia w zawodach technik pojazdów samochodowych i elektromechanik pojazdów samochodowych (kwalifikacja M.12. Część 1. Diagnostowanie układów elektrycznych i elektronicznych pojazdów samochodowych – (2) rozpoznaje elementy oraz układy elektryczne i elektroniczne pojazdów samochodowych).

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne sp. z o.o.  
Warszawa 2015

Wydanie I 2015

ISBN 978-83-02-14989-4

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

Redakcja językowa: **Ewa Wojtyra**

Redakcja techniczna: **Elżbieta Walczak**

Projekt okładki: **Dominik Krajewski**

Ilustrator: **Jacek Chlebicki**

Fotoedycja: **Agata Bażyńska**

Skład i łamanie: **Ledor**

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](http://www.wsip.pl)

Publikacja, którą nabyłaś / nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegła / przestrzegął 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.



Szanujmy cudzą własność i prawo.  
Więcej na [www.legalnakultura.pl](http://www.legalnakultura.pl)

*Polska Izba Książki*

## 1. Pole elektryczne i prąd elektryczny

<b>1.1</b>	Pole elektryczne .....	10
1.1.1.	Pole elektrostatyczne .....	10
1.1.2.	Siły w polu elektrycznym .....	11
1.1.3.	Rozkład ładunków elektrycznych .....	12
1.1.4.	Natężenie i napięcie pola elektrycznego .....	12
1.1.5.	Indukcja elektryczna i strumień indukcji .....	13
1.1.6.	Polaryzacja dielektryka w polu elektrycznym .....	14
1.1.7.	Kondensatory .....	15
<b>1.2</b>	Prąd elektryczny .....	20
1.2.1.	Przewodnictwo środowiska, prąd elektryczny .....	20
1.2.2.	Przepływ prądu w przewodnikach .....	22
1.2.3.	Przepływ prądu w półprzewodnikach .....	23
1.2.4.	Przepływ prądu w elektrolitach .....	27
1.2.5.	Przepływ prądu w gazach .....	28
1.2.6.	Przepływ prądu w próżni .....	29
1.2.7.	Praca i moc prądu elektrycznego .....	30
<b>1.3</b>	Obwód elektryczny .....	32
1.3.1.	Elementy obwodu elektrycznego .....	32
1.3.2.	Podstawowe prawa dotyczące obwodu prądu stałego .....	37
<b>1.4</b>	Parametry zastępcze elementów obwodu .....	40
1.4.1.	Zastępcza siła elektromotoryczna .....	40
1.4.2.	Rezystancja zastępcza .....	43
<b>1.5</b>	Prąd zmienny .....	47
<b>1.6</b>	Działanie prądu elektrycznego na człowieka .....	52
	Zapamiętaj .....	55
	Sprawdź swoją wiedzę .....	57
	Literatura .....	58

## 2. Magnetyzm i elektromagnetyzm

<b>2.1</b>	Pole magnetyczne .....	60
2.1.1.	Powstawanie pola magnetycznego .....	60
2.1.2.	Indukcja magnetyczna i strumień magnetyczny .....	61
2.1.3.	Przenikalność magnetyczna środowiska .....	63
2.1.4.	Własności magnetyczne materiałów .....	64
2.1.5.	Efekt Halla .....	65
2.1.6.	Prawo przepływu .....	67
<b>2.2</b>	Indukcja elektromagnetyczna .....	70
2.2.1.	Oddziaływanie przewodów .....	70
2.2.2.	Zjawisko indukcji elektromagnetycznej .....	71
2.2.3.	Indukcyjność własna i wzajemna .....	72
2.2.4.	Siła elektromotoryczna indukcji własnej i wzajemnej .....	74
	Zapamiętaj .....	75
	Sprawdź swoją wiedzę .....	76
	Literatura .....	76

### 3. Maszyny i przyrządy pomiarowe

<b>3.1</b>	Fizyczne efekty przepływu prądu .....	78
<b>3.2</b>	Prądnicze elektryczne .....	80
<b>3.3</b>	Silniki elektryczne .....	86
3.3.1.	Zasada działania silników elektrycznych .....	86
3.3.2.	Silniki elektryczne prądu stałego .....	86
3.3.3.	Silniki krokowe .....	89
3.3.4.	Silniki prądu zmiennego .....	91
<b>3.4</b>	Przyrządy pomiarowe .....	95
3.4.1.	Mierniki analogowe .....	95
3.4.2.	Mierniki cyfrowe .....	98
3.4.3.	Pomiary wielkości elektrycznych .....	100
3.4.4.	Pomiar mocy i energii elektrycznej .....	104
	Zapamiętaj .....	106
	Sprawdź swoją wiedzę .....	107
	Literatura .....	107

### 4. Elementy elektroniczne pojazdów

<b>4.1</b>	Złącze p-n .....	110
<b>4.2</b>	Diody półprzewodnikowe .....	113
4.2.1.	Wprowadzenie .....	113
4.2.2.	Dioda prostownicza .....	113
4.2.3.	Dioda Zenera .....	115
4.2.4.	Warystor .....	117
<b>4.3</b>	Elementy fotoelektryczne .....	118
4.3.1.	Fotodiody .....	118
4.3.2.	Fotoogniwo .....	120
4.3.3.	Transoptor .....	120
<b>4.4</b>	Inne rodzaje diod .....	122
4.4.1.	Dioda elektroluminescencyjna .....	122
4.4.2.	Dioda pojemnościowa .....	124
<b>4.5</b>	Tranzystory .....	126
4.5.1.	Wprowadzenie .....	126
4.5.2.	Tranzystor bipolarny .....	126
4.5.3.	Tranzystor unipolarny .....	130
<b>4.6</b>	Tyrystor .....	133
<b>4.7</b>	Układy scalone i komputery pokładowe .....	137
<b>4.8</b>	Praktyczne zastosowania elementów elektronicznych .....	140
4.8.1.	Prostownik diodowy .....	140
4.8.2.	Stabilizator napięcia .....	142
4.8.3.	Włącznik tyrystorowy .....	144
4.8.4.	Wtórnik emiterowy .....	144
4.8.5.	Przerzutnik Schmitta .....	145
4.8.6.	Układ Darlingtona .....	146
	Zapamiętaj .....	147
	Sprawdź swoją wiedzę .....	149
	Literatura .....	150

## 5. Obwód zasilania elektrycznego i rozruchu

<b>5.1</b>	Źródła energii elektrycznej .....	152
5.1.1.	Podstawowe źródła energii elektrycznej w pojazdach .....	152
5.1.2.	Akumulatory .....	153
5.1.3.	Obsługa akumulatora .....	156
5.1.4.	Alternatory i prądnice .....	159
5.1.5.	Obsługa i diagnozowanie układów zasilania .....	163
<b>5.2</b>	Układy rozruchowe .....	167
5.2.1.	Funkcje układów rozruchowych .....	167
5.2.2.	Budowa rozrusznika .....	167
5.2.3.	Diagnozowanie układów rozruchowych .....	171
	Zapamiętaj .....	177
	Sprawdź swoją wiedzę .....	177
	Literatura .....	177

## 6. Obwód zapłonowy

<b>6.1</b>	Budowa i zasada działania układu zapłonowego .....	180
6.1.1.	Zadanie układu zapłonowego .....	180
6.1.2.	Zasada działania układu zapłonowego .....	180
6.1.3.	Cewka zapłonowa .....	183
6.1.4.	Świece zapłonowe .....	185
6.1.5.	Aparat zapłonowy .....	187
<b>6.2</b>	Elektroniczne układy zapłonowe .....	190
<b>6.3</b>	Elektroniczne sterowanie pracą silnika .....	193
<b>6.4</b>	Diagnozowanie układu zapłonowego i podstawowe czynności obsługowe .....	195
6.4.1.	Diagnozowanie układu zapłonowego .....	195
6.4.2.	Podstawowe czynności obsługowe podczas diagnozowania układów elektrycznych silnika .....	196
<b>6.5</b>	Zasady bezpieczeństwa podczas obsługi układu zapłonowego .....	198
	Zapamiętaj .....	199
	Sprawdź swoją wiedzę .....	199
	Literatura .....	199

## 7. Oświetlenie i urządzenia kontrolno-sygnalizacyjne

<b>7.1</b>	Zewnętrzne światła oświetleniowe .....	202
7.1.1.	Rodzaje świateł samochodowych .....	202
7.1.2.	Zadania świateł zewnętrznych .....	203
7.1.3.	Reflektory główne – wymagania optyczne i techniczne .....	203
7.1.4.	Oświetlenie tylne .....	203
7.1.5.	Światła sygnałowe i dodatkowe .....	204
<b>7.2</b>	Budowa reflektora samochodowego .....	205
	Zapamiętaj .....	214
	Sprawdź swoją wiedzę .....	214
	Literatura .....	214

## 8. Układy zwiększające bezpieczeństwo jazdy

<b>8.1</b>	Układ stabilizacji toru jazdy – ESP	216
<b>8.2</b>	Układ EBD	220
<b>8.3</b>	Układ utrzymania pasa ruchu	222
<b>8.4</b>	Tempomat	225
<b>8.5</b>	Układy ułatwiające poruszanie się na wzniesieniu	228
<b>8.6</b>	Układ poduszek gazowych i pasów bezpieczeństwa – SRS	230
<b>8.7</b>	Karta ratownicza pojazdu	235
	Zapamiętaj	237
	Sprawdź swoją wiedzę	237
	Literatura	237

## 9. Gazowe instalacje zasilania silnika

<b>9.1</b>	Gaz LPG	240
<b>9.2</b>	Układy zasilania LPG I generacji	241
<b>9.3</b>	Układy zasilania LPG II generacji	244
<b>9.4</b>	Układy wtryskowe zasilania LPG III generacji	246
<b>9.5</b>	Układy wtryskowe zasilania LPG IV generacji	248
<b>9.6</b>	Układy wtryskowe zasilania LPG V generacji	250
<b>9.7</b>	Układy wtryskowe zasilania LPG VI generacji	252
<b>9.8</b>	Układy zasilania CNG	253
	9.8.1. Gaz ziemny CNG	253
	9.8.2. Układ zasilania CNG	253
	Zapamiętaj	254
	Sprawdź swoją wiedzę	255
	Literatura	255

## 10. Sieci komunikacyjne w pojazdach

<b>10.1</b>	Cyfrowe magistrale danych	258
<b>10.2</b>	Magistrala CAN	261
<b>10.3</b>	Magistrala LIN	265
<b>10.4</b>	Magistrala MOST	266
<b>10.5</b>	Magistrala FlexRay	268
	Zapamiętaj	269
	Sprawdź swoją wiedzę	269
	Literatura	269

## 11. Czujniki w pojazdach

<b>11.1</b>	Czujniki tlenu	272
<b>11.2</b>	Czujniki spalania stukowego	275
<b>11.3</b>	Czujniki temperatury	276
<b>11.4</b>	Czujniki ciśnienia	278
<b>11.5</b>	Czujniki poziomu paliwa	281
<b>11.6</b>	Czujniki deszczu i czujniki zmierzchu	283
<b>11.7</b>	Czujniki prędkości obrotowej	285
	Zapamiętaj	288
	Sprawdź swoją wiedzę	288
	Literatura	288

## 12. Pozostałe wyposażenie nadwozi

<b>12.1</b> Sygnały dźwiękowe .....	290
<b>12.2</b> Napęd wycieraczek .....	292
<b>12.3</b> Klimatyzacja .....	296
<b>12.4</b> Elektryczne podnoszenie szyb .....	300
<b>12.5</b> Urządzenia zabezpieczające samochód przed kradzieżą .....	302
12.5.1. Charakterystyka urządzeń i ich skuteczność .....	302
12.5.2. Immobilizer .....	302
12.5.3. Centralne blokowanie drzwi .....	304
12.5.4. Autoalarm .....	307
Zapamiętaj .....	309
Sprawdź swoją wiedzę .....	310
Literatura .....	310
Wykaz podstawowych pojęć w językach: polskim, angielskim i niemieckim .....	311
Źródła ilustracji i fotografii .....	318



# 6. Obwód zapłonowy

- Budowa i zasada działania układu zapłonowego
- Elektroniczne układy zapłonowe
- Elektroniczne sterowanie pracą silnika
- Diagnostowanie układu zapłonowego i podstawowe czynności obsługowe
- Zasady bezpieczeństwa podczas obsługi układu zapłonowego

## 6.1

# Budowa i zasada działania układu zapłonowego

## W TYM ROZDZIALE DOWIESZ SIĘ:

- jakie funkcje spełnia układ zapłonowy
- jaka jest zasada działania układu zapłonowego
- jakie są podstawowe elementy układu zapłonowego

### 6.1.1. Zadanie układu zapłonowego

Zadaniem układu zapłonowego jest spowodowanie zapłonu mieszanki paliwa z powietrzem w cylindrze silnika ZI. Zapłon jest inicjowany przeskokiem iskry elektrycznej między elektrodami świecy zapłonowej.

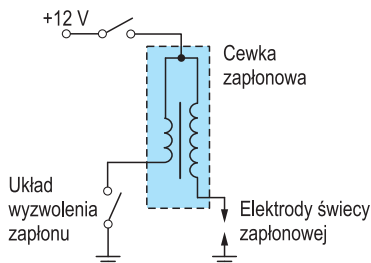
Chwila, w której następuje przeskoc iskry, jest ważnym parametrem pracy układu. Zapłon mieszanki (przeskok iskry) powinien nastąpić na chwilę przed osiągnięciem przez tłok silnika górnego punktu zwrotnego, aby ciśnienie w cylindrze osiągnęło maksimum, gdy tłok znajduje się w najwyższym położeniu. Kąt obrotu wału korbowego od chwili przeskoku iskry do osiągnięcia przez tłok górnego punktu zwrotnego nazywa się **kątem wyprzedzenia zapłonu**. Optymalna wartość kąta wyprzedzenia zapłonu (10–20°) zależy przede wszystkim od prędkości obrotowej wału silnika, jego obciążenia, temperatury i innych parametrów, a nawet od składu mieszanki.

Im szybciej obraca się wał silnika, tym krótszy jest czas, w którym mieszanka paliwa z powietrzem musi wytworzyć maksymalne ciśnienie w cylindrze. Zatem im większa prędkość obrotowa silnika, tym kąt wyprzedzenia zapłonu powinien być większy. Jedną z ważniejszych funkcji układu zapłonowego jest regulacja kąta wyprzedzenia zapłonu w zależności od prędkości obrotowej silnika. W silnikach z mechanicznym aparatem zapłonowym kąt ten wyznaczał regulator odśrodkowy, a obecnie odpowiedni program w sterowniku (komputerze) silnika.

Zbyt wczesny zapłon powoduje tzw. **spalanie stukowe**, za późny – spadek momentu obrotowego i sprawności silnika. Układ zapłonowy powinien tak dobrać chwilę przeskoku iskry, aby uzyskać możliwie duży kąt wyprzedzenia zapłonu, ale nie dopuścić do spalania stukowego. W nowoczesnych silnikach stosuje się **czujniki spalania stukowego**, które w razie wykrycia niewłaściwego spalania opóźniają chwilę zapłonu. Oprócz tego stosuje się regulację układu ze względu na obciążenie silnika, którego miarą jest podciśnienie w kolektorze dolotowym silnika. W starych (głównie zabytkowych) pojazdach występował tzw. regulator oktanowy, który umożliwiały ręczne skorygowanie kąta wyprzedzenia zapłonu w przypadku użycia paliwa o skłonności do spalania stukowego.

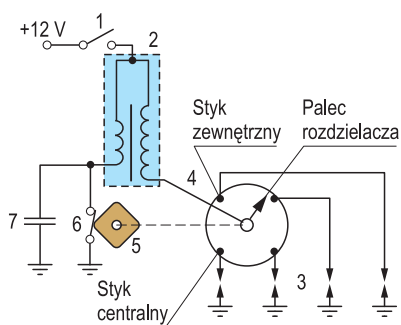
### 6.1.2. Zasada działania układu zapłonowego

Gaz może przewodzić prąd elektryczny, gdy jest zjonizowany. Jonizację gazu może wywołać m.in. pole elektryczne, spowodowane przyłożeniem wysokiego napięcia do rozwaranych elektrod świecy zapłonowej (rys. 6.1), co skutkuje przeskokiem iskry między elektrodami.



Rys. 6.1. Schemat działania układu zapłonowego

Wysokie napięcie powstaje w uzwojeniu wtórnym cewki zapłonowej na skutek zmiany (zaniku) strumienia magnetycznego w rdzeniu cewki. Zmiana strumienia następuje w wyniku rozwarcia obwodu uzwojenia pierwotnego cewki. Zanim nastąpi przeskok iskry, przez obwód pierwotny układu zapłonowego przepływa prąd z instalacji pojazdu. Napięcie na uzwojeniu pierwotnym wynika z napięcia źródła zasilania – instalacji elektrycznej pojazdu. W ten sposób w rdzeniu cewki zapłonowej powstaje strumień magnetyczny. W chwili przeskoku iskry układ wyzwalający rozłącza obwód. Powoduje to gwałtowny zanik przepływu prądu przez uzwojenie pierwotne cewki i zanik strumienia w rdzeniu. Z prawa Faradaya wynika, że przy zmianie strumienia magnetycznego, przechodzącego przez uzwojenie, powstaje w nim napięcie elektryczne. Wartość napięcia  $U$  zależy od liczby zwojów uzwojenia i szybkości zaniku strumienia  $F$ . Wynika z tego, że w działaniu układu zapłonowego najważniejsze jest przerwanie przepływu prądu przez obwód pierwotny układu w ściśle określonej chwili.



Rys. 6.2. Schemat działania bateryjnego układu zapłonowego;

1 – wyłącznik zapłonu, 2 – cewka zapłonowa, 3 – świeca zapłonowa, 4 – rozdzielacz zapłonu, 5 – krzywka przerywacza, 6 – przerywacz, 7 – kondensator

**Zasadę działania układu zapłonowego** omówimy na przykładzie tradycyjnego (bateryjnego) układu zapłonowego (rys. 6.2). Wyróżniamy dwie fazy działania układu zapłonowego. W pierwszej fazie styki przerywacza 6 są zwarte, w drugiej – rozłączone. Po zwarceniu styków przerywacza przez obwód pierwotny zaczyna płynąć prąd. W rdzeniu cewki zapłonowej 2 powstaje pole magnetyczne. W chwili gdy krzywka 5 rozłącza styki przerywacza, następuje zanik prądu w obwodzie pierwotnym i zanik pola magnetycznego w rdzeniu cewki zapłonowej. Zmiana strumienia magnetycznego w rdzeniu cewki – w tym przypadku zanik strumienia – powoduje powstanie w uzwojeniu wtórnym napięcia elektrycznego o wartości od 15 do 40 kV (15 000–40 000 V), które umożliwia

przeskok iskry między elektrodami świecy zapłonowej 3. Ponieważ w tradycyjnym układzie zapłonowym jest jedna cewka, rozdzielacz zapłonu 4 musi podłączyć przewód wysokiego napięcia z cewki do odpowiedniej (w danej chwili) świecy zapłonowej. Na wałku aparatu zapłonowego obraca się tzw. palec rozdzielacza – element przewodzący prąd pod wysokim napięciem od przewodu z cewki zapłonowej do elektrod na końcach przewodów zapłonowych poszczególnych świec.

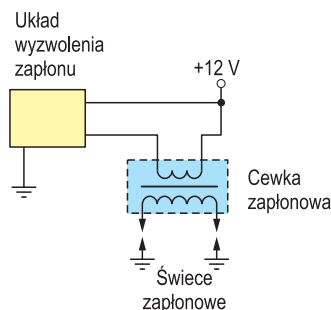
Chwilę po zaniku iskry styki przerywacza 6 zamykają się i następuje przepływ prądu w obwodzie pierwotnym i ponowne powstanie pola magnetycznego w cewce zapłonowej. Cykl rozpoczyna się od początku i powtarza tyle razy w ciągu jednego obrotu wałka aparatu zapłonowego, ile silnik ma cylindrów.

Uzwojenia cewki zapłonowej mają stosunkowo dużą indukcyjność i gdyby obwód pierwotny składał się tylko z cewki i przerywacza, to po przerwaniu obwodu natężenie prądu spadałoby powoli i napięcie powstałe w uzwojeniu wtórnym byłoby zbyt niskie aby nastąpił przeskok iskry na świecy zapłonowej. Kondensator włączony równolegle do styków przerywacza powoduje szybki zanik prądu w obwodzie pierwotnym, a zatem powstanie odpowiednio wysokiego napięcia w obwodzie wtórnym. Kondensator zabezpiecza również styki przerywacza przed nadmiernym zużyciem, ograniczając ich iskrzenie.

Zgodnie z prawem indukcji wzajemnej – tak samo jak uzwojenie pierwotne cewki zapłonowej oddziałuje na uzwojenie wtórne, uzwojenie wtórne działa na pierwotne. W związku z tym podczas pracy silnika w obwodzie pierwotnym występują impulsy napięcia o wartości 300–400 V.

Obecnie w układach zapłonowych nie stosuje się mechanicznego przerywacza ani rozdzielacza zapłonu. Jako zespoły mechaniczne ulegały one zużyciu i wymagały stosunkowo częstej obsługi serwisowej. W mechanicznym przerywaczu znajdowały się regulatory odśrodkowy i podciśnieniowy, które dostosowywały chwilę rozłączenia styków przerywacza w zależności od prędkości obrotowej i obciążenia silnika. Regulatory te nie zapewniały jednak optymalnej pracy układu, ponieważ nie uwzględniały innych parametrów, mających wpływ na właściwą pracę silnika. W nowszych pojazdach stosowano układy elektroniczne.

**Elektroniczne układy zapłonowe** działają na tej samej zasadzie co mechaniczne. Mechaniczny przerywacz jest zastąpiony układem elektronicznym, a rozdzielacz – indywidualnymi cewkami zapłonowymi do każdego cylindra lub w układach typu DIS (ang. *Distributorless Ignition System* – bezrozdzielaczowy układ zapłonowy) jedną cewką dwubiegunową na dwa cylindry. Uproszczony schemat układu zapłonowego DIS pokazano na rys. 6.3.

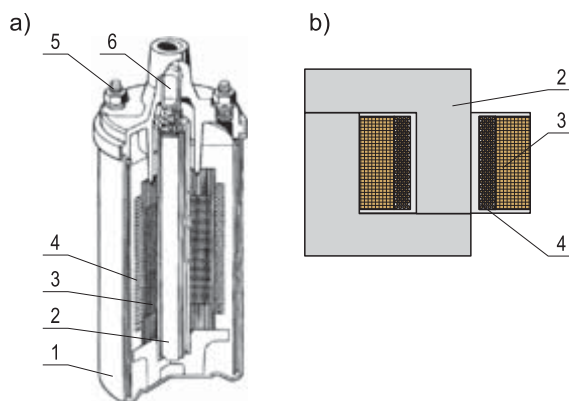


Rys. 6.3. Bezrozdzielaczowy układ zapłonowy z dwubiegunową cewką zapłonową

Przeanalizujemy zatem działanie silnika dwucylindrowego. Tłoki w obu cylindrach poruszają się w taki sam sposób (tj. jednocześnie poruszają się do góry i w dół), ale ich fazy pracy różnią się o 2 suwy (czyli o 1 obrót wału). Oznacza to, że gdy w cylindrze 1. kończy się suw sprężania i powinna przeskoczyć iskra na świecy zapłonowej, w cylindrze 2. kończy się suw wydechu. Pod koniec suwu wydechu w cylindrze, a więc i między elektrodami świecy, znajdują się resztki gazów spalinowych o wysokiej temperaturze. Ulegają one łatwo jonizacji i w takim stanie przewodzą wysokie napięcie, które w tym cylindrze powoduje zjawisko podobne do zwarcia świecy. Przeskok iskry w tym cylindrze nie wywołuje żadnych skutków, ponieważ nie ma w nim już paliwa. Obwód wtórny jest zatem zamknięty przez świecę w cylindrze 2. W kolejnej połowie cyklu pracy silnika następuje sytuacja odwrotna: w cylindrze 2. iskra zapala mieszaninę, a między elektrodami świecy w cylindrze 1. przeskakuje iskra, która nie wywołuje żadnego efektu.

### 6.1.3. Cewka zapłonowa

Tradycyjna cewka zapłonowa (tzw. cewka z izolacją olejową – rys. 6.4a) jest zamknięta w aluminiowej obudowie 1, w której znajduje się izolowany rdzeń 2 z uzwojeniem wtórnym 3. Uzwojenie to jest wykonane z kilkunastu tysięcy zwojów cienkiego drutu i nawinięte w kilku warstwach rozdzielanych specjalnymi przekładkami. Na uzwojeniu wtórnym nawinięte jest uzwojenie pierwotne 4 wykonane z kilkuset zwojów grubszego drutu. Oba uzwojenia są odpowiednio unieruchomione na rdzeniu, aby nie przesunęły się na skutek sił magnetycznych powstałych podczas przepływu prądu. Uzwojenia te owinięte są tzw. rdzeniem zewnętrznym, wykonanym z kilku zwojów blachy stalowej. Końce zwojów uzwojenia pierwotnego są wyprowadzone do zacisków 5 niskiego napięcia, natomiast koniec uzwojenia wtórnego – do złącza 6 wysokiego napięcia, do którego jest podłączany przewód zapłonowy. Cewka jest wypełniona olejem transformatorowym, który izoluje jej zwoje i odprowadza ciepło wydzielone podczas przepływu prądu.



**Rys. 6.4.** Cewka zapłonowa: a) z izolacją olejową, b) z zamkniętym rdzeniem magnetycznym; [2]

1 – obudowa, 2 – rdzeń wewnętrzny, 3 – uzwojenie wtórne, 4 – uzwojenie pierwotne, 5 – zaciski obwodu pierwotnego (niskiego napięcia), 6 – złącze wysokiego napięcia

Podobnie jest zbudowana dwubiegunowa cewka zapłonowa. Różnica polega na tym, że inaczej jest nawinięte uzwojenie wtórne oraz w pokrywie cewki są dwa gniazda wysokiego napięcia.

Natomiast cewki zapłonowe z zamkniętym obwodem magnetycznym mają oba uzwojenia nawinięte w obudowie z tworzywa sztucznego i są zalane żywicą syntetyczną. Rdzeń cewki jest wykonany z pakietu naprzemiennie ułożonych blach w kształcie liter L (rys. 6.4b).

Po podłączeniu cewki zapłonowej do źródła zasilania natężenie  $I$  prądu, płynącego w obwodzie pierwotnym nie od razu osiąga ustaloną wartość, ale narasta w czasie (rys. 6.5) według zależności:

$$I = I_U \cdot (1 - e^{-t/\tau}) = \frac{U}{R} \cdot (1 - e^{-t/\tau}), \quad (6.1)$$

w której:

$U$  – napięcie zasilające [V],

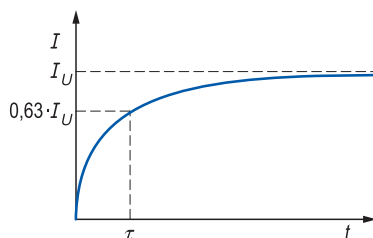
$R$  – rezystancja obwodu pierwotnego [ $\Omega$ ].

W obwodzie pierwotnym ustaloną wartość  $I_U$  natężenia prądu osiąga teoretycznie w nieskończoności, ale 63% tej wartości po czasie:

$$t = L / R, \quad (6.2)$$

gdzie:  $L$  – indukcyjność uzwojenia zwana **stałą czasową obwodu**.

Z podanych wzorów wynika, że im indukcyjność uzwojenia cewki jest większa, tym wolniej narasta natężenie prądu w obwodzie pierwotnym oraz że czas narastania prądu w obwodzie pierwotnym można skrócić, jeżeli zwiększy się rezystancję obwodu. Jednak nadmiernie zwiększając rezystancję, obniża się wartość ustaloną prądu  $I_U$ , od której zależy natężenie pola magnetycznego w rdzeniu cewki. Z tego powodu istotnym elementem obwodu pierwotnego jest rezystor, który może być wbudowany w cewkę zapłonową lub występować jako osobny element.



**Rys. 6.5.** Graficzne przedstawienie narastania natężenia prądu w obwodzie pierwotnym układu zapłonowego

Zatem im większa indukcyjność uzwojenia cewki zapłonowej, tym silniejsze pole magnetyczne jest wytwarzane w rdzeniu cewki (zjawisko korzystne), ale wolniej narasta natężenie prądu po zamknięciu obwodu pierwotnego (zjawisko niekorzystne). Im mniejsza rezystancja obwodu pierwotnego, tym większe natężenie prądu płynącego przez obwód (zjawisko korzystne), ale narasta ono wolniej (zjawisko niekorzystne).

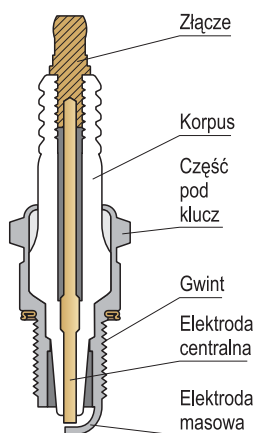
Z przepływem prądu przez uzwojenie cewki zapłonowej jest związany tzw. **prąd spoczynkowy**. Jeżeli silnik nie pracuje i włączony jest zapłon (obwód pierwotny układu zapłonowego jest połączony ze źródłem zasilania), wał silnika może zatrzymać się w takiej pozycji, że styki przerywacza są zamknięte. Wówczas przez cewkę przepływa prąd, powodując niepotrzebne jej nagrzewanie. Był to istotny problem w starszych pojazdach, wyposażonych w baterijny układ zapłonowy, gdzie zdarzały się awarie związane z przegrzaniem

i uszkodzeniem cewki zapłonowej. We współczesnych, elektronicznych układach zapłonowych nie ma tego problemu, gdyż przy zatrzymanym silniku obwód pierwotny jest otwarty i nie powoduje nagrzewania cewki zapłonowej.

W niektórych samochodach starszej konstrukcji, zwłaszcza eksploatowanych w niskich temperaturach, można było spotkać dodatkowy rezystor z wyłącznikiem, który mógł go zwrzeć. Podczas uruchamiania silnika, gdy pracował rozrusznik, wyłącznik był zamknięty i bocznikował rezystor, a cewka była podłączona bezpośrednio do zasilania. Przez cewkę płynął większy prąd, czego rezultatem była mocniejsza iskra, ułatwiająca rozruch. Po zamknięciu styków przerywacza czas narastania prądu w obwodzie wydłużał się, ale ponieważ podczas rozruchu silnik i tak pracuje z niewielką prędkością obrotową, a czas fazy, w której obwód jest zamknięty, jest dość długi, więc nie miało to większego wpływu na pracę układu. Po rozruchu, gdy silnik już pracował, wyłącznik na rezystorze był otwierany i prąd w obwodzie pierwotnym osiągał prawidłową wartość.

### 6.1.4. Świece zapłonowe

Korpus świecy zapłonowej (rys. 6.6) jest ceramiczny, dzięki czemu stanowi dobrą izolację i jest odporny na wysokie temperatury, panujące wewnątrz komory spalania silnika. Centralnie, w osi świecy, jest umieszczona elektroda centralna, zakończona złączem. Dolną część świecy tworzy metalowy cokół z gwintem, z którym jest połączona elektroda masowa (w niektórych świecach 3 elektrody rozmieszczone wokół elektrody centralnej). Świeca jest wkręcona do głowicy silnika, dzięki czemu jej cokół jest połączony elektrycznie z masą silnika.



**Rys. 6.6.** Świeca zapłonowa

Przyłożenie wysokiego napięcia (15–20 kV) między elektrody świecy powoduje przeskok iskry. Elektrody świecy znajdują się w komorze spalania, gdzie panuje wysoka temperatura i wysokie ciśnienie, co utrudnia przeskok iskry. Dlatego napięcie konieczne do wywołania zapłonu jest wyższe niż to, przy którym następuje przeskok iskry na elektrodach świecy wymontowanej z silnika.

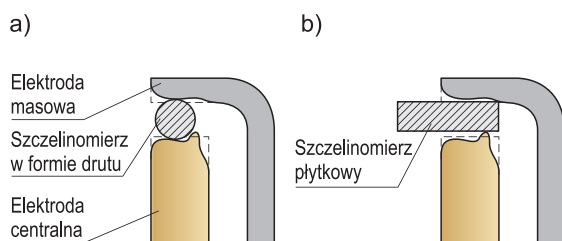
W niektórych silnikach przeskok iskry jest wywoływany w cylindrze pod koniec suwu wydechu (tzw. zapłon DIS). Spaliny, które znajdują się wtedy w cylindrze, mają wysoką temperaturę i stosunkowo niskie ciśnienie. Sprzyja to jonizacji gazów spalinowych i przeskokowi iskry (patrz p. 6.1.2)

Najważniejszymi parametrami świecy zapłonowej są:

- wielkość szczeliny między elektrodami,
- wartość cieplna świecy,
- wymiary cokołu – średnica, skok i długość gwintu, które muszą odpowiadać wymiarom gniazda w głowicy.

**Wielkość szczeliny między elektrodami** wpływa na możliwość zapłonu mieszanki. Im większa szczelina, tym więcej mieszanki między elektrodami i łatwiejszy zapłon. Większa szczelina wymaga jednak przyłożenia do świecy wyższego napięcia, co wymaga odpowiedniej izolacji elementów układu zapłonowego. W większości typowych silników używa się świec, w których szczelina między elektrodami wynosi ok. 1 mm.

Podczas eksploatacji elektrody świecy zapłonowej zużywają się. Dlatego jedną z czynności serwisowych jest **pomiar szczeliny za pomocą szczelinomierza** w formie drutu o średnicy odpowiadającej wielkości sprawdzanej szczeliny (rys. 6.7a). Nie można w tym wypadku użyć typowego szczelinomierza płytkowego, gdyż elektrody świecy zużywają się nierównomiernie i ich powierzchnie nie są płaskie. Pomiar szczeliny takim szczelinomierzem zwykle jest zaniżony (rys. 6.7b).



Rys. 6.7. Pomiar szczeliny między elektrodami świecy zapłonowej: a) prawidłowy, b) nieprawidłowy

Jeżeli odstęp elektrod jest niewłaściwy, świecę należy wymienić. Niekiedy można dogiąć elektrody, ale tylko wówczas, gdy instrukcja na to zezwala. Zawsze jednak powoduje to osłabienie elektrody, która może się odłamać i wpaść do wnętrza cylindra silnika, co grozi uszkodzeniem gładzi cylindra.

Na podstawie **wyglądu świecy zapłonowej**, a w szczególności osadu, jaki na niej narasta, **można ocenić działanie silnika**. Są to zagadnienia związane z diagnozowaniem silnika i nie będą tu omawiane. Osady, które gromadzą się na elektrodach, mogą utrudniać przeskok iskry. Nie należy jednak czyścić elektrod papierem ściernym, gdyż powstający przy tym pył może pozostać na świecy i dostać się do wnętrza cylindra, uszkadzając jego gładź. W razie konieczności świecę czyścimy szczotką drucianą.

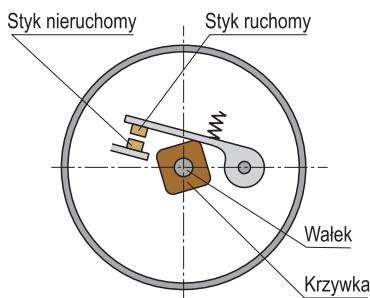
Świeca zapłonowa do prawidłowego działania musi mieć odpowiednią temperaturę. Zbyt zimna może nie spowodować zapalenia się mieszanki paliwowo-powietrznej, jeśli zaś jest za gorąca – może to prowadzić do niekontrolowanych (zbyt wczesnych) zapłonów paliwa. Temperatura pracy świecy zależy m.in. od materiału, z którego jest wykonana, a także od jej kształtu i wymiarów. Świecę charakteryzuje jej **wartość cieplna**, czyli do jakiej temperatury rozgrzewa się podczas pracy. Świece „zimne” osiągają niższe temperatury pracy niż „gorące”. Do każdego typu silnika producent dobiera odpowiedni typ świecy pod względem jej wartości cieplnej. Stosowanie innych świec niż zalecane powoduje niewłaściwą pracę silnika (nieprawidłowe spalanie).

## 6.1.5. Aparat zapłonowy

Aparat zapłonowy to najważniejszy zespół bateryjnego układu zapłonowego, odpowiedzialny za wytworzenie iskry na świecy zapłonowej w ściśle określonym czasie i za połączenie przewodu wysokiego napięcia odpowiedniej świecy z wyjściem cewki zapłonowej. W tradycyjnym układzie zapłonowym jest jedynym elementem zawierającym ruchome części, dlatego jest narażony na uszkodzenia mechaniczne oraz podlega zużyciu eksploatacyjnemu. W nowoczesnych pojazdach nie jest stosowany, ale występuje jeszcze w wielu silnikach pojazdów będących w eksploatacji.

W aparacie zapłonowym znajdują się: przerywacz obwodu pierwotnego i rozdzielacz wysokiego napięcia. Przerywacz ma za zadanie przerwać obwód pierwotny (niskiego napięcia) w chwili, gdy między elektrodami jednej ze świec zapłonowych ma nastąpić przeskok iskry. Zadaniem rozdzielacza jest połączenie przewodu wysokiego napięcia z cewki zapłonowej z przewodem odpowiedniej świecy. W silniku czterosuwowym na każdy cylinder przypada jeden zapłon na dwa obroty wału korbowego. Z tego powodu aparat zapłonowy jest napędzany zwykle przez napęd wałka rozrządu, którego prędkość obrotowa jest o połowę mniejsza niż wału korbowego.

Przerywacz (rys. 6.8) ma zespół styków – nieruchomy i ruchomy, dociśnięty do styku nieruchomego sprężyną. Na wałku aparatu zapłonowego jest umieszczona krzywka o tłu występach, ile cylindrów ma silnik. Podczas obrotu wałka krzywka unosi styk ruchomy i rozłącza obwód pierwotny, co powoduje przeskok iskry na jednej ze świec zapłonowych.

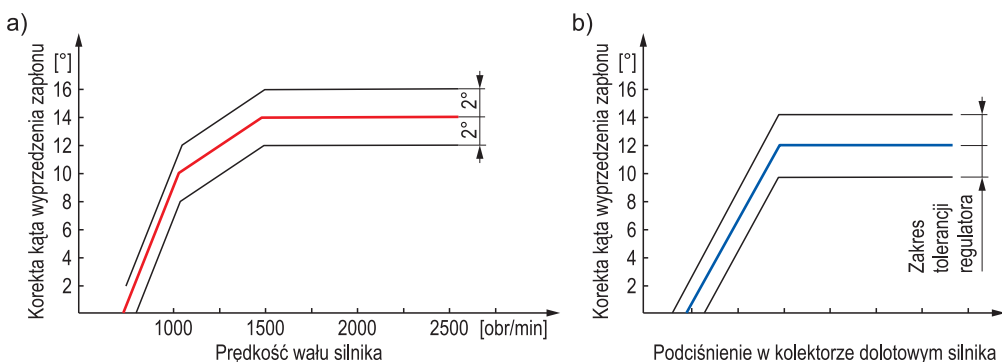


Rys. 6.8. Przerywacz obwodu niskiego napięcia w aparacie zapłonowym

Maksymalny odstęp styków w stanie otwartym – **przerwa styków przerywacza** – jest istotnym parametrem regulacyjnym aparatu zapłonowego. Przerwę tę można regulować, przesuwając styk stały po wcześniejszym poluzowaniu wkrętu mocującego. Zbyt duża przerwa powoduje skrócenie czasu zwarcia styków, co skutkuje ograniczeniem energii iskry, a zbyt mała – szybkim zużyciem styków przez ich wypalanie.

Optymalna chwila zapłonu zależy od prędkości obrotowej silnika. Aparat zapłonowy jest wyposażony w regulator kąta wyprzedzenia zapłonu, zwany **regulatorem odśrodkowym**. Głównym elementem regulatora są dwa ciężarki, które obracają się razem z wałkiem aparatu zapłonowego i powodują obrót płytki, do której są mocowane styki przerywacza. Zależność między prędkością obrotową płytki ze stykami a prędkością obrotową wałka aparatu zapłonowego (rys. 6.9a, s. 188) jest **charakterystyką regulatora odśrodkowego**. Jest ona wykorzystywana podczas diagnozowania aparatu zapłonowego. Należy pamiętać, że charakterystyka regulatora dotyczy zależności kąta wyprzedzenia zapłonu w stosunku do statycznego kąta wyprzedzenia zapłonu na biegu jałowym (a nie w stosunku do górnego punktu zwrotnego) w funkcji prędkości obrotowej. Należy również zwrócić uwagę, czy na

osi poziomej jest naniesiona prędkość obrotowa wału korbowego silnika czy wałka aparatu zapłonowego (o połowę niższa), ponieważ w dokumentacjach różnych producentów stosuje się obie konwencje. Na wykresie charakterystyki (rys. 6.9a) naniesiona jest linia (czerwona) zależności korekty kąta wyprzedzenia zapłonu w funkcji prędkości obrotowej wału silnika oraz linie wyznaczające zakres tolerancji regulatora.



Rys. 6.9. Przykładowa charakterystyka regulatora: a) odśrodkowego i b) podciśnieniowego

#### PRZYKŁAD

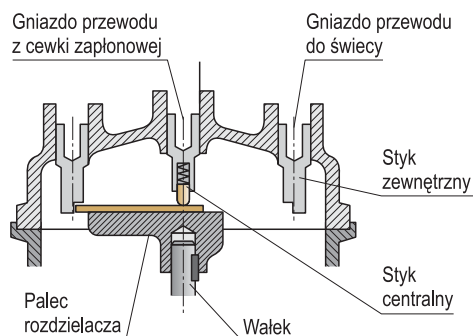
Prawidłowo ustawiony kąt wyprzedzenia zapłonu przy prędkości obrotowej biegu jałowego powinien wynosić  $10^\circ$ . Linia charakterystyki regulatora dla prędkości 1500 obr/min przechodzi przez punkt odpowiadający  $14^\circ$  (rys. 6.9a). Kąt wyprzedzenia zapłonu dla tej prędkości, przy sprawnym aparacie zapłonowym, będzie wynosił:  $10^\circ + 14^\circ = 24^\circ \pm 2^\circ$ .

Charakterystyka pokazana na rysunku 6.9a ma dwa załamania, odpowiednio przy prędkościach 1000 i 1500 obr/min. Taką charakterystykę mają najpopularniejsze regulatory odśrodkowe. Spotyka się również regulatory o charakterystyce z jednym załamaniem (np. Fiat 126p).

Optymalna chwila zapłonu zależy również od stopnia obciążenia silnika. W niektórych aparatach zapłonowych występuje regulator, który przy większym obciążeniu silnika zwiększa kąt wyprzedzenia zapłonu. Wraz z obciążeniem silnika w kolektorze dolotowym maleje ciśnienie (wzrasta podciśnienie). Ciśnienie to za pomocą siłownika pneumatycznego obraca płytkę, do której są mocowane styki przerywacza. Ten typ regulatora to **regulator podciśnieniowy**. Przykładowa charakterystyka takiego regulatora jest pokazana na rys. 6.9b. Ponieważ zakres regulacji jest niewielki, w niektórych silnikach taki regulator nie występuje.

W górnej części aparatu zapłonowego znajduje się rozdzielacz zapłonu (rys. 6.10). Jego najważniejszą częścią jest **palec rozdzielacza**. W górnej pokrywie aparatu zapłonowego, zwanej kopułką, są osadzone styki zewnętrzne – po jednym na każdą świecę zapłonową i węglowy styk centralny (zwany „węgielkiem”), dociśnięty lekko do palca rozdzielacza sprężyną. W czasie gdy jest wytwarzana iskra zapłonowa, palec rozdzielacza zbliża się do odpowiedniego styku (nie dotyka go – między palcem rozdzielacza a stykiem przeskakuje iskra) i umożliwia przepływ prądu o wysokim napięciu do przewodu zapłonowego odpowiedniej świecy. Do palca rozdzielacza jest doprowadzony prąd o wysokim napięciu

stykiem centralnym. W palcu rozdzielacza często jest wmontowany rezystor przeciwzakłóceń, którego zadaniem jest likwidowanie zakłóceń radiowych, wytwarzanych przez układ zapłonowy. Palec rozdzielacza razem z rezystorem stanowi nierozbieralny element.



**Rys. 6.10.** Rozdzielacz zapłonu

We współczesnych silnikach nie stosuje się mechanicznych aparatów zapłonowych. Ich funkcje przejęły elektroniczne sterowniki (komputer ECM). Krzywkę zastąpiono wirującym magnesem, a przerywacz – czujnikiem Halla.

## PYTANIA I POLECENIA

1. Wymień części układu zapłonowego.
2. Wytlumacz zasadę działania układu zapłonowego.
3. Co to jest kąt wyprzedzenia zapłonu?
4. Jakie są najważniejsze parametry świecy zapłonowej.
5. Co to jest cewka zapłonowa dwubiegunowa?
6. Opisz działanie aparatu zapłonowego.
7. Co to jest regulator odśrodkowy i jaki jest cel jego zastosowania?
8. Do czego służy rozdzielacz zapłonu?

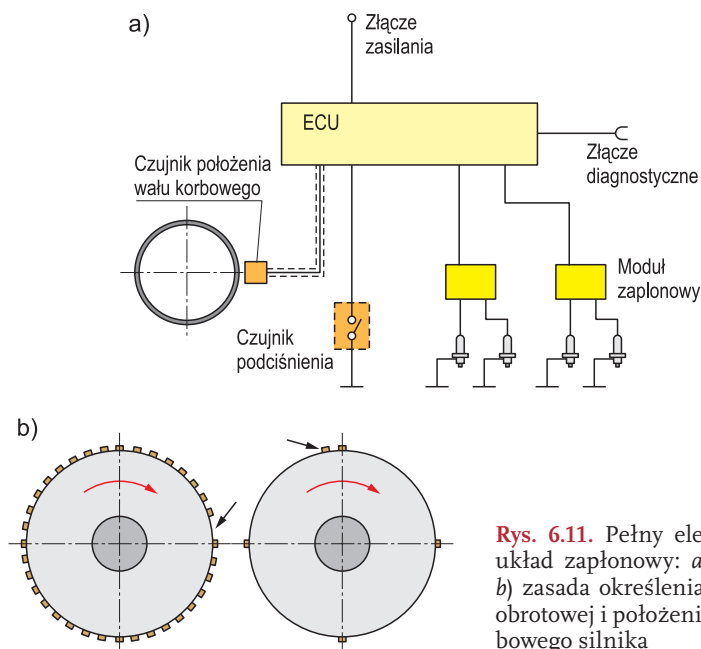
# 6.2 Elektroniczne układy zapłonowe

## W TYM ROZDZIALE DOWIESZ SIĘ:

- jak działa elektroniczny układ zapłonowy
- dlaczego elektroniczny układ zapłonowy jest lepszy od tradycyjnego układu bateryjnego

Większość pojazdów produkowanych w latach 90. XX wieku była wyposażona w tzw. **pełny elektroniczny układ zapłonowy**. Wyeliminowano z niego ruchome części, które się zużywały. Dzięki temu taki układ był trwalszy i niezawodny w porównaniu z układem klasycznym. Istnieje wiele rozwiązań elektronicznego układu zapłonowego. Omówimy najprostszy układ, ponieważ pozostałe działają na tej samej zasadzie. Mogą się różnić liczbą czujników, które umożliwiają lepszy dobór kąta wyprzedzenia zapłonu w zależności od wielu parametrów, co ma zapewnić: mniejsze zużycie paliwa, niższą emisję szkodliwych substancji z układu wydechowego lub wyższą moc silnika. W nowych pojazdach często jeden komputer steruje układem zapłonowym i układem wtrysku paliwa.

Schemat pełnego elektronicznego układu zapłonowego pokazano na rys. 6.11a. Głównym jego elementem jest **moduł elektroniczny ECU** (komputer sterujący), który na podstawie odczytów z kilku czujników dobiera optymalny kąt wyprzedzenia zapłonu.



**Rys. 6.11.** Pełny elektroniczny układ zapłonowy: a) schemat, b) zasada określenia prędkości obrotowej i położenia wału korbowego silnika

Pomiary prędkości i położenia wału korbowego są dokonywane czujnikiem zbliżeniowym (indukcyjnym). Na kole pasowym wału korbowego znajdują się występy, które podczas obrotu koła zbliżają się do czujnika i powodują powstawanie w nim ciągu impulsów. Na podstawie częstotliwości impulsów komputer sterujący wyznacza prędkość obrotową wału silnika i koryguje kąt wyprzedzenia zapłonu (analogicznie do regulatora odśrodkowego). Na kole pasowym, w ściśle określonym miejscu, brakuje jednego występu (wskazany strzałką na rys. 6.11b po lewej stronie) lub znajduje się jeden dodatkowy występ (wskazany strzałką na rys. 6.11b po prawej stronie), który umożliwia rozpoznanie położenia wału.

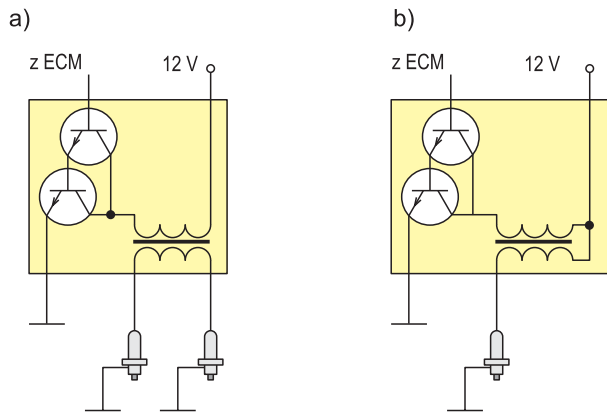
Regulacja kąta wyprzedzenia zapłonu w opisywanym układzie może być dużo precyzyjniejsza niż w klasycznym układzie zapłonowym. Regulator odśrodkowy ma charakterystykę liniową (p. rys. 6.9). Kąt wyprzedzenia zapłonu, wyznaczany przez moduł elektroniczny, może być dobierany według dowolnej charakterystyki, zapisanej w pamięci modułu w formie tzw. mapy zapłonu.

W układzie zapłonowym, którego schemat pokazano na rys. 6.11a, moduł ECU uwzględnia stopień obciążenia silnika, którego miarą jest wielkość podciśnienia w kolektorze ssącym. Czujnik podciśnienia reaguje na przekroczenie progowej jego wartości. Przy wzroście obciążenia powyżej ustalonego progu moduł dostaje sygnał z czujnika i przełącza się w tryb pracy odpowiedni dla silnego obciążenia. Jest to działanie podobne do regulatora podciśnieniowego.

Złącze diagnostyczne umożliwia podłączenie testera diagnostycznego. W starszych pojazdach każdy producent wymagał zastosowania urządzenia przeznaczonego wyłącznie do konkretnego pojazdu. W obecnie produkowanych pojazdach nie występuje złącze diagnostyczne układu zapłonowego. Diagnostyka odbywa się przez wspólne złącze diagnostyczne OBD (ang. *On Board Diagnostic*), które obsługuje diagnostykę wszystkich istotnych układów elektronicznych pojazdu. Spotyka się również przystawki, za pośrednictwem których można do układów sterujących silnika podłączyć zwykły komputer z odpowiednim oprogramowaniem.

Nie tak zawodny jak przerywacz, ale również wymagający sporo uwagi w tradycyjnym układzie zapłonowym, był rozdzielacz zapłonu. Aby wyeliminować ten podzespół, zastosowano dwa rozwiązania. Jednym z nich jest osobna cewka zapłonowa, osadzona bezpośrednio na korpusie świecy. Drugim rozwiązaniem jest zastosowanie cewek dwubiegunowych (tylko w silnikach o parzystej liczbie cylindrów).

W układach elektronicznych często stosuje się **moduły zapłonowe**. Na rysunku 6.12 (s. 192) pokazano przykładowe rozwiązania modułów – podobnie jak są one przedstawiane na schematach elektrycznych w instrukcjach serwisowych pojazdu. Są to: moduł do układu DIS (rys.6.12a), obsługujący dwie świece zapłonowe, oraz moduł obsługujący jedną świecę (rys. 6.12b), często montowany bezpośrednio na niej. Niektóre firmy w instrukcjach umieszczają uproszczony schemat modułu (jak na rys. 6.12), inne – pusty symbol prostokąta. Moduły zapłonowe są nierozbieralne i się ich nie naprawia. Nanieśiony na nich uproszczony schemat pozwala jedynie na szybkie rozpoznanie przeznaczenia danego modułu i zrozumienie jego działania. Na rys. 6.12 widać, że w module znajduje się cewka zapłonowa oraz że szeregowo z uzwojeniem pierwotnym cewki jest połączony układ tranzystorowy, który w chwili zaniku napięcia sterującego (ze sterownika silnika ECM) powoduje rozłączenie obwodu i wytworzenie iskry w odwodzie wtórnym.



Rys. 6.12. Moduł zapłonowy: a) w układzie zapłonowym typu DIS, b) dla jednej świecy zapłonowej



## PYTANIA I POLECENIA

1. Jak działa elektroniczny aparat zapłonowy?
2. Opisz podstawowe elementy pełnego elektronicznego układu zapłonowego i jego działanie.

## 6.3

# Elektroniczne sterowanie pracą silnika

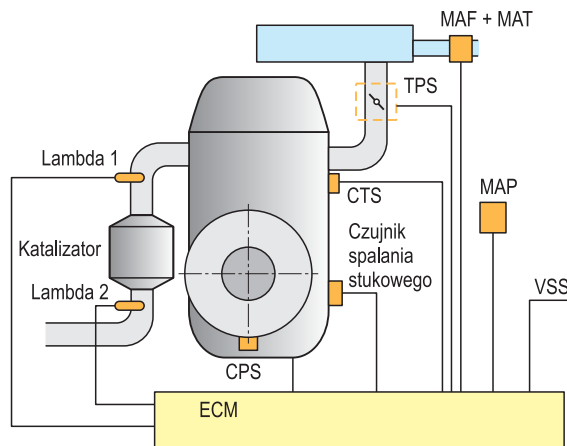
## W TYM ROZDZIALE DOWIESZ SIĘ:

- jak działa sterowanie nowoczesnym silnikiem z zapłonem iskrowym
- jakie czujniki występują w układzie sterowania silnikiem

Obecnie silnikom samochodowym stawia się wysokie wymagania – zwłaszcza dotyczy to składu spalin i zużycia paliwa, czego rezultatem ma być ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>. Wymusza to konieczność precyzyjnego sterowania silnikiem – kątem wyprzedzenia zapłonu i ilością wtryskiwanego paliwa. Rozwój elektroniki umożliwił zastosowanie jednego sterownika (komputera), który kontroluje zarówno układ zapłonowy, jak i wtryskowy, a niekiedy i inne urządzenia.

W pamięci komputera sterującego silnikiem (na schematach oznaczanego zwykle ECU lub ECM) jest zapisana tzw. **mapa wtrysku** oraz mapa kąta wyprzedzenia zapłonu. Na podstawie sygnałów z czujnika prędkości obrotowej silnika (a ściślej – sygnału z czujnika położenia wału korbowego – CPS) i przepływomierza powietrza (MAF), podłączonych do sterownika, jest odczytywana dawka paliwa, która powinna zostać wtrysnięta do silnika, oraz kąt wyprzedzenia zapłonu. Ponieważ silnik może pracować w różnych warunkach (innych, niż przewidział producent), dawka paliwa i kąt wyprzedzenia zapłonu są korygowane na podstawie odczytów z pozostałych czujników (rys. 6.13):

- tlenu (sondy lambda), jednego – umieszczonego przed katalizatorem, który umożliwia bardzo precyzyjny dobór proporcji paliwa i powietrza w celu uzyskania mieszanki stechiometrycznej, oraz drugiego – umieszczonego za katalizatorem, który pozwala na ocenę działania katalizatora,



Rys. 6.13. Rozmieszczenie czujników w układzie sterowania silnikiem

- prędkości pojazdu (VSS),
- ciśnienia bezwzględnego (otoczenia) powietrza (MAP),
- temperatury zasysanego do silnika powietrza (MAT),
- temperatury cieczy chłodzącej (CTS),
- położenia przepustnicy (TPS), dostosowujący punkt pracy do aktualnych wymagań (np. gwałtowne przyspieszanie, hamowanie silnikiem),
- spalania stukowego (ang. *knock sensor*), który utrzymuje kąt wyprzedzenia zapłonu na granicy spalania stukowego, ale do niego nie dopuszcza.

Główną funkcją układu sterowania silnikiem jest przede wszystkim sterowanie układami:

- zapłonowym, generującym wyładowania na świecach zapłonowych,
- zasilania silnika w paliwo i sterującym wtryskiwaczami

oraz dodatkowo m.in.:

- autodiagnostyką,
- wyświetlaniem na konsoli informacji dla kierującego,
- sterowaniem przekaźnikiem pompy paliwa,
- sterowaniem przekaźnikiem wentylatora chłodnicy.

W pojazdach występują również inne, niewymienione tu układy – ich liczba i rodzaj zależą od typu pojazdu. Idea kompleksowego sterowania silnikiem jest jednak zawsze taka sama.

W silnikach z zapłonem iskrowym (ZI) stosuje się dwa czujniki tlenu (sondy lambda) – jeden w kolektorze wylotowym silnika, drugi za katalizatorem. Ponieważ w katalizatorze następuje dopalanie tlenku węgla (CO) i węglowodorów (HC) zawartych w spalinach (dodatkowe zużycie tlenu), to druga sonda lambda powinna wykazać niższy poziom tlenu. Jeżeli zawartość tlenu przed katalizatorem i za nim jest taka sama, oznacza to niesprawność katalizatora i jest sygnalizowane jako poważna usterka silnika.



## PYTANIA I POLECENIA

1. Wymień najważniejsze czujniki układu sterowania silnikiem.
2. Co to jest ECU i jaką pełni funkcję?
3. Co to jest mapa wtrysku?
4. Dlaczego w silniku z zapłonem iskrowym stosuje się dwa czujniki tlenu?
5. Co to jest *knock sensor*?

# 6.4

## Diagnozowanie układu zapłonowego i podstawowe czynności obsługowe

### W TYM ROZDZIALE DOWIESZ SIĘ:

- na czym polega diagnozowanie silnika
- jak przebiega podstawowe diagnozowanie układu zapłonowego
- co to są kody błędów

### 6.4.1. Diagnozowanie układu zapłonowego

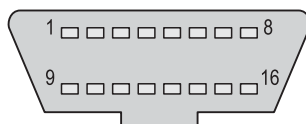
W pojazdach, w których silnik jest kontrolowany przez jeden komputer (ECM), na bieżąco jest dokonywana autodiagnostyka. Jej celem jest wykrycie nieprawidłowości działania układów silnika (a więc i układu zapłonowego) bez wykonywania żadnych dodatkowych czynności przez kierującego pojazdem. W razie wykrycia nieprawidłowości, w zależności od pojazdu i rodzaju usterki – jest ona sygnalizowana, bądź nie, kierującemu pojazdem:

- najmniej groźne w skutkach usterki nie są sygnalizowane; jeżeli są wykryte jednorazowo, mogą być (lub nie) zapisane w pamięci komputera, zależnie od typu układu;
- poważniejsze usterki są zawsze zapisywane w pamięci komputera, ale nie muszą być widoczne dla kierującego;
- usterki, które mogą mieć istotny wpływ na działanie silnika lub takie, które grożą uszkodzeniem innych elementów, powodują wyłączenie silnika.

Zdarza się, że wystąpi awaria jednego z czujników, którego odczyt ma wpływ na działanie silnika. Jeżeli silnik może działać, nie korzystając z tego czujnika, ECM przechodzi w **awaryjny tryb** pracy (zwany też **trybem serwisowym**). Do obliczenia dawki paliwa i kąta wyprzedzenia zapłonu jest przyjmowana najbardziej prawdopodobna wartość parametru, którego na skutek awarii nie można zmierzyć. Przykładowo: jeżeli układy autodiagnostyki wykryją awarię czujnika spalania stukowego, kąt wyprzedzenia zapłonu zostanie nieznacznie zmniejszony, czyli zapłon zostanie opóźniony. Dzięki temu z dużym prawdopodobieństwem nie będzie następowało spalanie stukowe. Silnik może mieć przez to niższe osiągi przy zwiększonym zużyciu paliwa, ale pojazd dojedzie do warsztatu. W zależności od tego, jak wykryta usterka wpływa na działanie silnika, tryb serwisowy może być sygnalizowany zapaleniem się lampki kontrolnej na tablicy wskaźników lub nie sygnalizować usterki.

W obecnie produkowanych samochodach diagnozowanie polega na odczycie **kodów błędów** (tzw. DTC), które zostały zapisane w pamięci komputera silnika. W tym celu używa się komputera diagnostycznego lub zwykłego komputera z odpowiednim oprogramowaniem i odpowiednim układem sprzęgającym (interfejsem), podłączonego do gniazda OBD (rys. 6.14, s. 196). Złącze OBD i najważniejsze informacje diagnostyczne są jednokowe dla wszystkich produkowanych pojazdów. Od roku 2001 wszystkie pojazdy sprzedawane w Unii Europejskiej, a od roku 2002 – w Polsce, muszą być wyposażone w gniazdo OBD II (OBD drugiej generacji). Ponieważ przez gniazdo OBD II można diagnozować

nie tylko układy silnika, dostępne są również informacje diagnostyczne dotyczące innych układów. Jednak do ich odczytu wymagane są najczęściej specjalne urządzenia lub oprogramowanie dotyczące konkretnej marki pojazdu.

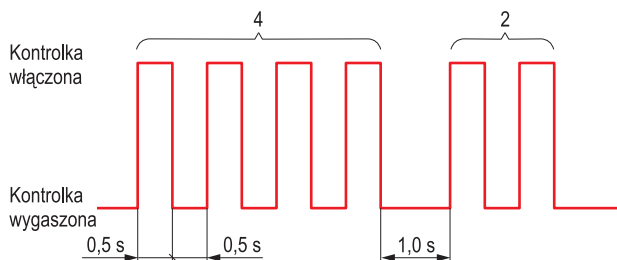


Rys. 6.14. Gniazdo OBD; 1–16 – oznaczenia cyfrowe styków (pinów) złącza

Za pomocą kodów błęd DTC możemy wykryć jedynie te usterki, które są zdiagnozowane za pomocą pomiaru wielkości elektrycznych przez czujniki osprzętu silnika. Co więcej, ten sam odczyt błęd może być spowodowany różnymi przyczynami. Za pomocą kodów błędów nie można wykryć np. usterek mechanicznych.

Starsze pojazdy, które nie są wyposażone w złącze OBD, ale mają złącze diagnostyczne, często umożliwiają odczyt kodów błędów bez użycia urządzeń diagnostycznych. Są to jednak funkcje specyficzne, które dotyczą konkretnej marki pojazdu i nie powinno się ich stosować, jeżeli nie pozwala na to instrukcja serwisowa pojazdu.

Odczyt błędów za pomocą złącza diagnostycznego zwykle polega na zwarceniu odpowiedniej końcówki w złączu do masy pojazdu i obserwacji lampki kontrolnej (ang. *check engine*) na tablicy rozdzielczej pojazdu. Jeżeli w pamięci ECM są zapisane kody błędów (DTC), lampka rozpoczyna ich nadawanie. Przykładowo: kod błęd 42 (według standardu dla określonej marki) może powodować miganie kontrolki w następujący sposób (rys. 6.15): 4 włączenia na 0,5 s co 0,5 s, przerwa 1 s, 2 włączenia na 0,5 s co 0,5 s, przerwa 2 s i rozpoczęcie nadawania kolejnego kodu z pamięci lub powtórzenie cyklu.



Rys. 6.15. Sposób sygnalizacji błędu za pomocą złącza diagnostycznego

### 6.4.2. Podstawowe czynności obsługowe podczas diagnozowania układów elektrycznych silnika

Podczas diagnozowania układów elektrycznych silnika w pierwszej kolejności należy wykonać **ogłędziny zewnętrzne**, bez użycia specjalistycznych narzędzi. W ten sposób można niejednokrotnie wykryć przyczyny niesprawności takie, jak:

- obłuzowane lub rozłączone połączenia lub zespoły,
- pęknięte obudowy,
- widoczne zwarcia przewodów,
- nadtopione lub nadpalone fragmenty izolacji przewodów itp.

Oględziny zewnętrzne miały duże znaczenie przy obsłudze pojazdów wyposażonych w tradycyjny (baterijny) układ zapłonowy, gdyż stosunkowo często ulegały uszkodzeniu jego elementy mechaniczne.

W obecnie produkowanych pojazdach występują głównie usterki elementów elektronicznych – czujników układu sterowania silnikiem, których nie można wykryć podczas oględzin. Można czasem zlokalizować uszkodzony czujnik w wypadku widocznej niesprawności silnika, np. jego nierównej pracy. Polega to na rozłączeniu złącza czujnika i obserwacji pracy silnika. Należy przy tym zachować maksymalną ostrożność, ponieważ nie wszystkie czujniki można odłączyć podczas pracy silnika bez ryzyka uszkodzenia, np. sterownika silnika. W większości silników z zapłonem iskrowym nie można m.in. rozłączyć elementów układu zapłonowego.

Przykładowo: jeżeli silnik pracuje nierównomiernie na wolnych obrotach i samoistnie gaśnie, a podejrzewamy, że uszkodzony może być przepływomierz powietrza, to po rozłączeniu złącza tego czujnika sterownik przechodzi w tryb awaryjny. W trybie awaryjnym komputer nie rejestruje wskazań przepływomierza, więc jeżeli rzeczywiście był on uszkodzony, silnik zacznie pracować równomiernie. W trybie awaryjnym silnik nie działa optymalnie – zużywa więcej paliwa, a jego osiągi są ograniczone. Jeżeli jednak po odłączeniu przepływomierza sposób pracy silnika nie ulegnie widocznej zmianie, to nie możemy jednoznacznie stwierdzić, czy jest on sprawny, czy uszkodzony.



## PYTANIA I POLECENIA

1. Na czym polega diagnozowanie silnika?
2. Co to są kody DTC?
3. Do czego służy gniazdo OBD?

# 6.5

## Zasady bezpieczeństwa podczas obsługi układu zapłonowego

### W TYM ROZDZIALE DOWIESZ SIĘ:

- jakie zasady bezpieczeństwa obowiązują podczas obsługi układu zapłonowego

W większości współczesnych pojazdów układy zapłonowe są zasilane bezpiecznym dla człowieka napięciem 12 V z instalacji elektrycznej pojazdu. Obecność cewki zapłonowej sprawia jednak, że w instalacji, po stronie uzwojenia wtórnego cewki, pojawia się napięcie nawet do 40 000 V (40 kV). Na skutek indukcji wzajemnej po stronie uzwojenia pierwotnego cewki pojawia się napięcie do 400 V. Te wartości napięcia są niebezpieczne dla człowieka, zwłaszcza dla osób z chorobami układu krążenia, które korzystają np. z elektronicznego stymulatora pracy serca. Dlatego nie należy wykonywać żadnych czynności przy elementach układu zapłonowego podczas pracy silnika. Jeżeli zachodzi potrzeba pomiaru wielkości elektrycznych, np. napięcia w określonym punkcie układu, należy postępować zgodnie z instrukcją serwisową pojazdu, w której zawarto sposób wykonania pomiaru i rodzaj przyrządów mierniczych.

Istnieje również niebezpieczeństwo uszkodzenia samego układu podczas jego obsługi. Podstawową zasadą jest zakaz rozłączania jakichkolwiek elementów układu zapłonowego podczas pracy silnika oraz próby uruchomienia silnika z rozłączonymi połączeniami między elementami osprzętu silnika. Popularna metoda kontroli baterijnego układu zapłonowego, polegająca na sprawdzeniu możliwości przeskoku iskry na wymontowanej świecy zapłonowej lub na zbliżeniu odłączonego od świecy przewodu wysokiego napięcia do masy silnika, może spowodować zniszczenie modułu zapłonowego w elektronicznym układzie zapłonowym lub zniszczenie sterownika silnika.

W razie jakichkolwiek wątpliwości co do celowości oraz możliwości bezpiecznego przeprowadzenia czynności serwisowych lub naprawczych należy zapoznać się z instrukcją producenta, gdyż z pozoru podobne układy w podobnych pojazdach mogą różnić się sposobem obsługi.



### PYTANIA I POLECENIA

1. Wymień podstawowe zasady bezpieczeństwa podczas obsługi układu zapłonowego.
2. Jakie napięcia występują na elementach układu zapłonowego?

## ZAPAMIĘTAJ

Układ zapłonowy jest odpowiedzialny za zapłon mieszanki paliwa z powietrzem w silniku. Podstawowym parametrem opisującym działanie układu zapłonowego jest kąt wyprzedzenia zapłonu.

Elektroniczne aparaty zapłonowe nie mają ruchomych elementów mechanicznych, które się zużywają. Umożliwiają one korzystniejszy dobór kąta wyprzedzenia zapłonu niż układy klasyczne.

Za sterowanie silnikiem ZI odpowiedzialny jest komputer ECU silnika, który dobiera optymalną dawkę paliwa i kąt wyprzedzenia zapłonu.

Pierwszą czynnością podczas diagnostyki układów elektrycznych silnika są oględziny zewnętrzne.

Przed podjęciem jakichkolwiek czynności serwisowych, związanych z działaniem układu zapłonowego oraz układu sterowania silnikiem, należy zapoznać się z instrukcją serwisową producenta pojazdu.

## SPRAWDŹ SWOJĄ WIEDZĘ

1. Opisz działanie najprostszego układu zapłonowego.
2. Zastanów się, które elementy bateryjnego układu zapłonowego były najbardziej podatne na zużycie i uszkodzenia.
3. Bez których czujników w układzie sterowania jest możliwa praca silnika w trybie awaryjnym, a bez których działanie silnika nie jest możliwe?

## LITERATURA

- [1] A. Ajnos: *Poznaję Cinquecento*. Wydawnictwo Przemysłowe WEMA, Warszawa 1982.
- [2] R. Demidowicz, S. Łasiewicki: *Elektrotechnika samochodów Polski FIAT i Polonez*, WKŁ, Warszawa 1989.
- [3] P. Fundowicz, B. Michałowski, M. Radzimierski: *Podstawy elektrotechniki i elektroniki samochodowej*, WSiP, Warszawa 2007.
- [4] B. Kiersdorf: *Diagnostyka silników o zapłonie iskrowym*. WKŁ, Warszawa 1987.
- [5] E. Morawski: *Polonez. Budowa, eksploatacja, naprawa*. WKŁ, Warszawa 1988.
- [6] Materiały szkoleniowe Toyota TEAM, Toyota Motor Poland Co., Ltd.

## Źródła ilustracji i fotografii

**Okładka:** (lampa samochodowa) Alzay/Shutterstock.com

**Tekst główny:** s.95 (miernik analogowy) P. Fundowicz, s.99 (miernik uniwersalny) P. Fundowicz, s.103 (mierniki cęgowe) P. Fundowicz, s.137 (rodzaje układów scalonych) M. Wieczorek, s. 139 (wyświetlacz komputera pokładowego) Scania, s. 165 (multimetr do sprawdzania diod) P. Fundowicz, s. 211 (przednia lampa zespolona) Audi, s.211 (tryby pracy lampy przedniej) Audi, s. 211 (tylna lampa zespolona) M. Radzimierski, 212 (światło pozycyjne samochodu) BMW, s. 236 (karta ratownicza pojazdu) <http://autokult.pl/783,ruszyła-akcja-karta-ratownicza-w-pojedzie>, s. 236 (nalepka informacyjna) Związek Dilerów Samochodów

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.

# Klub Nauczyciela **uczę.pl** cenną pomocą dydaktyczną!



## Co można znaleźć w Klubie Nauczyciela?

- podstawy programowe
- programy nauczania
- materiały metodyczne:  
rozkłady materiału,  
plany nauczania,  
plany wynikowe,  
scenariusze przykładowych  
lekcji
- materiały dydaktyczne  
i ćwiczeniowe
- klucze odpowiedzi  
do zeszytów ćwiczeń





# Kształcimy zawodowo!

## Największa oferta publikacji zawodowych w Polsce

- podręczniki z **aprobatą MEN**
- **reperytoria i testy** przygotowujące do egzaminów
- nowy cykl „**Pracownia**” do praktycznej nauki zawodu
- ćwiczenia do nauki **języków obcych zawodowych**
- dodatkowe materiały dla nauczycieli na **Uczę.pl**
- wszystkie treści zgodne z **nową podstawą programową**

---

**Skuteczne przygotowanie do nowych egzaminów  
potwierdzających kwalifikacje w zawodzie**



WYDAWNICTWA  
SZKOLNE  
i PEDAGOGICZNE

wsip.pl | infolinia: 801 220 555 |