

POLITECHNIKA WARSZAWSKA
INSTYTUT MASZYN ELEKTRYCZNYCH

Zakład Konstrukcji Urządzeń Elektrycznych

INSTRUKCJA ĆWICZENIA LABORATORYJNEGO

Temat:

"Diagnostyka układu zasilania energią elektryczną pojazdu samochodowego "

Do użytku wewnętrznego

Laboratorium Systemów Pomiarowych i Diagnostycznych Pojazdów Samochodowych

Warszawa 24 marzec 2003 r.

opracował : dr inż. Jarosław Paszkowski

Spis treści:

1. Wprowadzenie	5
1.1 Program ćwiczenia	5
2. Akumulatory samochodowe	5
2.1 Budowa i zasada działania akumulatora ołowiowo – kwasowego	6
2.1.1 Procesy chemiczne w akumulatorze ołowiowo - kwasowym	7
2.1.1.1 Ładowanie akumulatora	7
2.1.1.2 Rozładowanie akumulatora	9
2.1.2 Podstawowe pojęcia elektryczne	10
2.1.2.1 Siła Elektromotoryczna akumulatora (E)	10
2.1.2.2 Napięcia akumulatora	10
2.1.2.3 Pojemność znamionowa akumulatora (Q_n)	11
2.1.2.4 Prąd znamionowy akumulatora (I_n)	11
2.1.2.5 Prąd ładowania akumulatora (I_l)	12
2.1.2.6 Gęstość elektrolitu	12
2.1.2.7 Sprawność akumulatora	12
2.1.2.8 Zdolność rozruchowa	12
2.1.3 Ocena stanu naładowania i ogólnego stanu technicznego	13
2.1.4 Usterki akumulatorów	15
2.1.4.1 Trwałe zmiany w strukturze chemicznej mas czynnych	15
2.1.4.2 Przyspieszone procesy destrukcyjne	15
2.1.4.3 Objawy zasiarczania akumulatora	16
2.1.4.4 Uszkodzenia mechaniczne	16
2.1.4.5 Akumulatory bezobsługowe	18
2.1.5 Akumulator w samochodzie Opel Astra	18
3. Regulator napięcia	19
3.1.1 Wibracyjne regulatory napięcia	21
3.1.2 Elektroniczne regulatory napięcia	21
3.1.3 Charakterystyki regulatora napięcia	25
3.1.4 Objawy niesprawności alternatora	27
4. Rozrusznik	27
4.1 Budowa rozrusznika	28
4.1.1 Rozrusznik ze wzbudzeniem elektromagnetycznym	28
4.1.2 Rozrusznik ze wzbudzeniem magnetoelektrycznym	29
4.2 Podział i budowa rozruszników	31
4.2.1 Mechanizmy sprzęgające rozruszników	32

4.2.2	Mechanizmy przeniesienia napędu rozruszników	34
4.2.2.1	Rozrusznik z reduktorem	34
4.2.2.2	Rozrusznik z przekładnią planetarną	35
4.3	Rozrusznik w samochodzie Opel Astra	36
4.4	Charakterystyki rozrusznika	38
4.5	Zmiany parametrów rozrusznika	42
4.6	Naprawa rozrusznika	43
4.6.1	Wymania rozrusznika	44
4.6.2	Demontaż rozrusznika	44
4.6.3	Rozebranie rozrusznika Bosch DM 12V 0,9kW	45
4.6.4	Naprawa elementów rozrusznika	45
4.6.4.1	Szczotki	45
4.6.4.2	Komutator	45
4.6.4.3	Wirnik	46
4.6.4.4	Wyłącznik elektromagnetyczny	46
4.6.4.5	Uzwojenie stojana	46
5.	Obsługa przyrządu KR8006	47
5.1	Opis i obsługa organów regulacji.	47
6.	Podłączenie przyrządu	50
7.	Badania i pomiary.	52
7.1	Pomiary oscyloskopem.	52
7.1.1	Obrazy napięcia wtórnego.	53
7.2	Ustawienie wstępnego wyprzedzenia zapłonu	57
7.2.1	Ustawienie według znaku określającego nominalny kąt wyprzedzenia	58
7.2.2	Ustawienie według znaku określającego górne zwrotne położenie tłoka	58
7.3	Pomiar kąta wyprzedzenia zapłonu.	59
7.3.1	Pomiar statycznego kąta wyprzedzenia zapłonu.	59
7.3.2	Sprawdzanie charakterystyki odśrodkowej.	59
7.3.3	Sprawdzenie charakterystyki podciśnieniowej.	59
7.4	Sprawdzenie alternatora.	60
7.5	Pomiary podczas rozruchu.	60
7.5.1	Pomiar napięcia i prądu zwarcia.	60
7.5.2	Pomiar napięcia i prądu rozruchu.	60
7.5.3	Pomiar prędkości obrotowej rozruchu.	61
7.6	Pomiar napięcia ładowania.	61
7.7	Próba styków przerywacza.	61

7.8 Pomiar kąta zwarcia przerywacza.	62
7.9 Porównawcze badanie sprawności poszczególnych cylindrów silnika.	62
7.10 Pomiar prędkości obrotowej.	62
7.11 Pomiar pojemności kondensatora.	63
7.12 Pomiar rezystancji.	63
7.13 Diagnostyka akumulatora.	63
7.14 Wyniki pomiarów.	64
7.15 Uwagi i wnioski.	64
8. Literatura obowiązująca.	64

1. Wprowadzenie

1.1 Program ćwiczenia

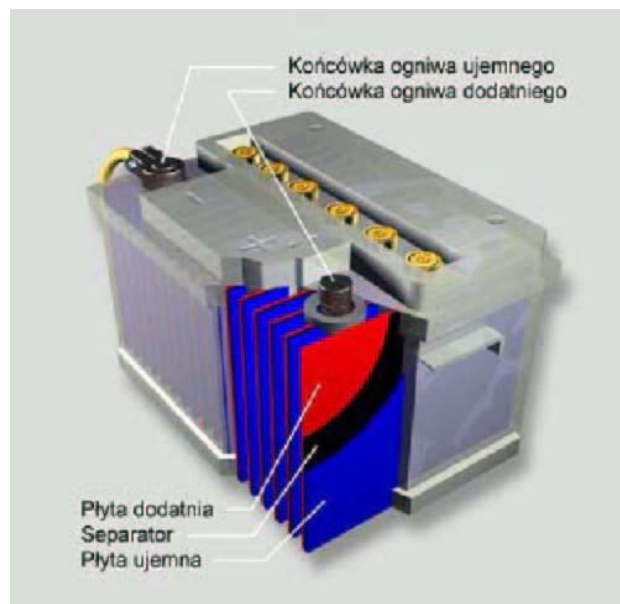
Ćwiczenie to obejmuje swoim zakresem ocenę diagnostyczną układów zasilania w energię elektryczną rozruchu silnika i zapłonu mieszanki

Diagnozowaniu podlegać będą:

- *Układ ładowania akumulatora*
- *rozrusznik*
- *układ zapłonowy*

2. Akumulatory samochodowe

Akumulator to urządzenie do magazynowania energii. W fazie ładowania gromadzi energię, którą następnie oddaje, w fazie rozładowywania, odbiornikowi (np. rozrusznikowi). W zależności od rodzaju magazynowanej energii rozróżniamy m.in. akumulatory: bezwładnościowe, cieplne, hydrauliczne, pneumatyczne i najczęściej stosowane akumulatory elektryczne. Akumulatory łączy się szeregowo w baterie, by uzyskać wyższe napięcie znamionowe. W najczęstszym użyciu są akumulatory kwasowe (ołowiowe) i zasadowe (niklowo-żelazowe, srebrowo-cynkowe, niklowo-kadmowe). W pojazdach stosuje się je do zasilania rozruszników, przenośnej aparatury różnego typu (np. pomiarowej), silników napędzających urządzenia dodatkowe oraz urządzeń elektrycznych i elektronicznych w pojazdach.



Rys.2.1. Budowa akumulatora samochodowego

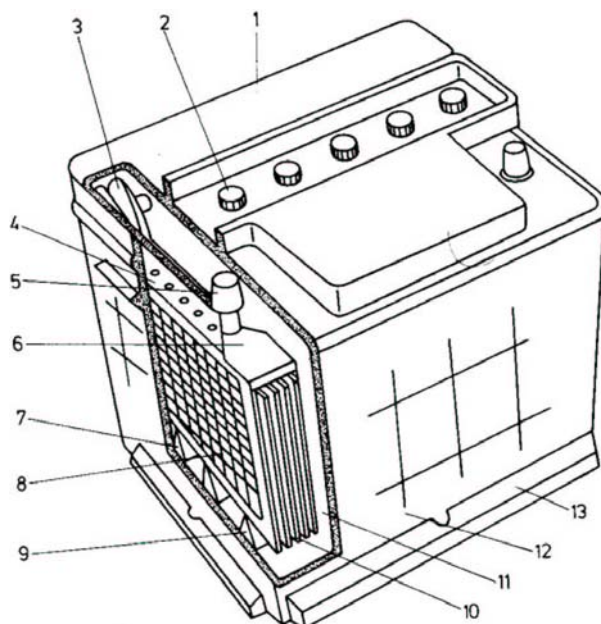
Wymagania dotyczące akumulatorów:

- *Niewielki ciężar*
- *Długa żywotność*
- *Duża pojemność*

- Łatwe ładowanie
- Duży prąd wyładowania
- Nie zanieczyszczanie środowiska
- Mała zależność od temperatury

2.1 Budowa i zasada działania akumulatora ołowiowo – kwasowego

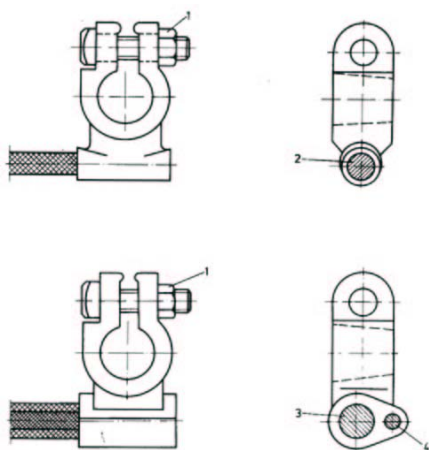
Akumulator samochodowy składa się z kilku ogniw połączonych szeregowo, na przykład trzech (w celu uzyskania napięcia 6 V) lub sześciu (w celu uzyskania napięcia 12 V). Aby uzyskać napięcie 24 V, łączy się szeregowo dwa akumulatory o napięciu 12 V każdy. Akumulator ołowiowo-kwasowy składa się z zestawu dwóch zespołów płyt (elektrod) z ołowiu oraz naczynia z elektrolitem - rozcieńczonym kwasem siarkowym. Płyta akumulatorowa wykonana z ołowiu w postaci kratki jest wypełniona tzw. masą czynną. W płytach, które mają stanowić biegun dodatni akumulatora (płyta dodatnia), głównym składnikiem masy czynnej jest dwutlenek ołowiu PbO_2 w postaci pasty, natomiast w płytach, które mają być biegunem ujemnym (płyta ujemna) - ołów gąbczasty. Tak wykonane płyty ołowiane (elektrody) zanurzone w elektrolicie wykazują różne potencjały w stosunku do elektrolitu.



Rys 2.2 Budowa akumulatora:

1 – monowieczko, 2 – korek, 3 – łącznik międzyogniowy, 4 – tłumik drgań elektrolitu, 5 – końcówka biegunowa, 6 – mostek biegunowy, 7 – komora osadowa, 8 – płyty z masą czynną, 9 – próg, 10 – separator, 11 – gródź międzyogniowa, 12 – obudowa akumulatora, 13 – obrzeże do mocowania akumulatora

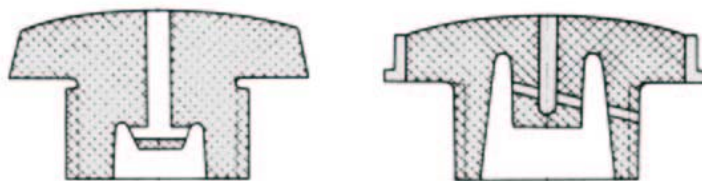
Różnica potencjałów między elektrodami waha się od 1,75 V w wyładowanym ogniwie do 2,4 V w naładowanym. Elektrolitem akumulatorów ołowiowo-kwasowych jest roztwór kwasu siarkowego o gęstości ok. $1,265 \text{ [g/cm}^3\text{]}$ w stanie naładowanym akumulatora. Płyty o tej samej biegunowości łączy się ze sobą w zespół płyt. Między płytami o przeciwnej biegunowości umieszcza się przekładki między płytowe zwane separatorami, które są wykonane z materiału porowatego. Mają właściwości izolacyjne i zapewniają swobodną wymianę elektrolitu. Najczęściej przekładki są wykonane z polichlorku winylu, ponadto są używane separatory mikroporowate, papierowe (nasycone żywicą syntetyczną).



Rys 2.3 Budowa zacisków akumulatora (klemy)

1 – nakrętka, 2 – przewód 16 – 35 mm², 3 – przewód 35 mm², 4 – przewód 6 mm²

Otwory wlewowe zakrywa się specjalnymi korkami. . Mają one otwory (przeważnie labiryntowe) dla umożliwienia wydostania się na zewnątrz gazów (tlenu i wodoru) wydzielających się z ogniw podczas ładowania. Otwory wlewowe służą do wlewania elektrolitu do akumulatora, pobierania próbek elektrolitu do pomiaru jego gęstości oraz kontroli i uzupełniania jego poziomu. W nowszych rozwiązaniach korki buduje się również jako element zespolony. W takim przypadku, zależnie od konstrukcji korki są połączone w segmenty po 3 lub 6 sztuk.



Rys 2.4 Przykładowe rozwiązania otworów labiryntowych w korkach wlewowych

Naczyniem akumulatorowym nazywa się komorę, w której umieszcza się zestaw płyt i elektrolit. Wielokomorowe naczynie nazywa się blokiem akumulatorowym. Do produkcji bloków stosuje się ebonit, masę asfaltową, a także tworzywa sztuczne.

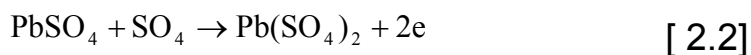
2.1.1 Procesy chemiczne w akumulatorze ołowiowo - kwasowym

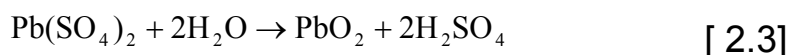
2.1.1.1 Ładowanie akumulatora

Akumulator może być ładowany tylko prądem stałym, z tym, że zacisk oznaczony (+) źródła napięcia łączy się z zaciskiem (+) akumulatora, natomiast zacisk (-) źródła napięcia z zaciskiem (-) akumulatora. Jony wodoru $2H^+$ zdążają ku katodzie i pobierają z niej brakujące elektrony. Ulegając zobojętnieniu, wchodzi w reakcję z białym siarczanem ołowianym $PbSO_4$ elektrody, na skutek czego powstaje ołów metaliczny o barwie szaro stalowej oraz kwas siarkowy



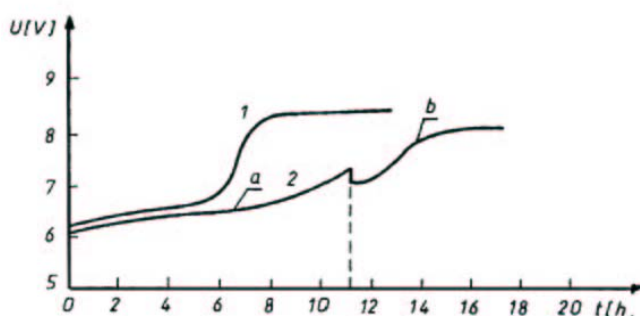
Jony reszty kwasowej SO_4 oddają nadmiar elektronów na anodzie, ulegają elektrycznemu zobojętnieniu i wchodzi w reakcję z siarczanem ołowianym elektrod i wodą roztworu, wskutek czego powstaje dwutlenek ołowiu koloru ciemnobrunatnego oraz kwas siarkowy. Reakcja przebiega w dwóch etapach:





Podczas ładowania zwiększa się gęstość elektrolitu, ponieważ wzrasta w nim liczba cząsteczek kwasu siarkowego. Siarczan ołowiawy zostaje zamieniony w obojętny ołów metaliczny na płycie ujemnej oraz dwutlenek ołowiu na płycie dodatniej. Między różnoimiennymi płytami powstaje wzrastająca w miarę ładowania siła elektromotoryczna, aż do osiągnięcia wartości ok. 2,7 V na ogniwo. Wartość maksymalna **napięcia ładowania** waha się w granicach 2,4 ÷ 2,75 V na ogniwo i zależy od wartości prądu ładowania oraz temperatury elektrolitu. Podczas ładowania siła elektromotoryczna wzrasta, zaś iloczyn

$R_w I_l$ maleje (maleje rezystancja wewnętrzna R_w), więc napięcie akumulatora wzrasta. Podczas ładowania występuje gazowanie (średnio przy napięciu 2,4 V na ogniwo), którego intensywność zależy od wartości prądu ładowania. Akumulator naładowany powinien być odłączony od sieci zasilającej (prostownika) i po pewnym czasie napięcie akumulatora powinno mieć ustaloną wartość 2,13 ÷ 2,15 V na ogniwo. Przy intensywnym gazowaniu lub maksymalnym prądzie ładowania, bądź zbyt długim ładowaniu, w akumulatorze zachodzą procesy niszczące masę czynną płyt (mechaniczne wypadanie masy czynnej w wyniku gazowania) lub przekładki międzypłytowe. Zbyt intensywne ładowanie wywołuje wzrost temperatury elektrolitu (dopuszczalna temperatura 318 ÷ 323 K (45 ÷ 50°C) i możliwość uszkodzenia akumulatora. Nie należy ładować akumulatora, jeżeli temperatura elektrolitu jest mniejsza niż 278 K (5°C), gdyż napięcie ładowania szybko wzrasta i ładowanie takie nie jest efektywne. W miejscach, gdzie cały siarczan ołowiawy zostaje przetworzony na ołów lub dwutlenek ołowiu, reakcje te już nie zachodzą. Następuje rozkład wody zawartej w elektrolicie: na płycie ujemnej wydziela się wodór, a na dodatniej - tlen. Mówi się wówczas, że akumulator gazuje.



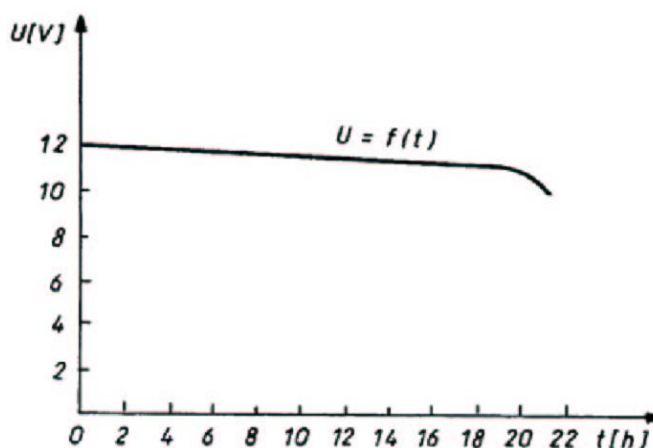
Rys 2.5 Charakterystyki ładowania akumulatora:

1 – jednostopniowa, 2 – dwustopniowa

Charakterystyka przedstawiona na Rys 2.5 jest ściśle związana z metodą ładowania (jednostopniowe lub dwustopniowe). Ładowanie jednostopniowe przeprowadza się prądem o wartości $I_l = 0,1 Q_{20}$ aż do wystąpienia oznak całkowitego naładowania (średnio po 12 ÷ 13 h). Ładowanie to jest krótsze, ale mniej korzystne niż ładowanie metodą dwustopniową. Ładowanie dwustopniowe przeprowadza się prądem o wartości $I_{l1} = 0,1 Q_{20}$ tzn. prądem 10-godzinny, do czasu wystąpienia gazowania. Prąd ładowania I_{l1} zmniejsza się do wartości $I_{l2} = 0,05 Q_{20}$ tzn. prądu 20-godzinnego. Akumulator ładuje się nadal, aż do wystąpienia oznak całkowitego naładowania (średnio po 5 ÷ 6 h). Powyższe metody ładowania nie odnoszą się do pierwszego ładowania akumulatora, tzn. ładowania uruchamiającego (formującego), które ma decydujący wpływ na właściwości elektryczne i trwałość eksploatacyjną akumulatora.

2.1.1.2 Rozładowanie akumulatora

Energia zgromadzona w akumulatorze może być z niego odzyskana w trakcie wyładowania. Reakcje chemiczne zachodzące na obu elektrodach są odwrotne niż w przypadku ładowania. Stężenie elektrolitu zmniejsza się, zatem kosztem cząstek kwasu powstaje woda. Jednocześnie na obu płytach powstaje siarczan ołowiawy, a wypadkowa siła elektromotoryczna akumulatora maleje. Procesu wyładowania nie należy zbyt długo przeciągać. Jeżeli napięcie na jednym ogniwie akumulatora obniża się do 1,75 V, akumulator traktuje się jako całkowicie wyładowany. Pobieranie prądu z ogniwa o napięciu niższym niż 1,75 V powoduje wytwarzanie się na płytach grubokrystalicznego siarczanu ołowiawego (analogiczny efekt mamy gdy pozostawimy rozładowany akumulator wielkość kryształów zależy od czasu krystalizacji), trudniejszego do rozłożenia w procesie ponownego ładowania. Ten proces zwany zasiarczaniem płyt, powoduje zmniejszenie się czynnej powierzchni płyt i nieodwracalne zmniejszenie pojemności elektrycznej akumulatora (wypadanie masy czynnej rozsądzonej przez rosnące kryształy). W czasie wyładowania masy czynne płyt akumulatora przechodzą stopniowo w siarczan ołowiawy, co uzewnętrznia się zmniejszeniem napięcia. Ponadto wydzielany na obu rodzajach płyt siarczan ołowiawy powoduje zmniejszenie porowatości powierzchni mas czynnych, co zmniejsza możliwość dyfuzji elektrolitu wewnętrznego z elektrolitem zewnętrznym.

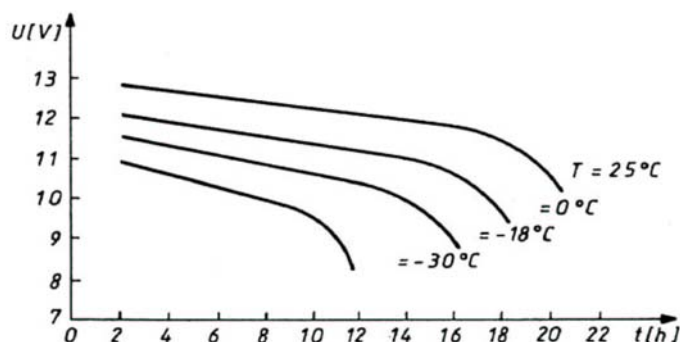


Rys 2.6 Charakterystyka rozładowania akumulatora

Ważnym jest konieczność zachowania pewnego potencjału, tzn. że nie wolno wyładować akumulatora poniżej ściśle określonego napięcia końcowego. Napięcie końcowe zależy od wartości prądu wyładowania i jest ok. 0,2÷0,6 V niższe od napięcia początkowego wyładowania. Bardzo istotnym elementem pracy akumulatora jest temperatura jego pracy. Na Rys 2.7 zostały umieszczone charakterystyki wyładowania akumulatora prądem 20-godzinnym przy temperaturze elektrolitu :

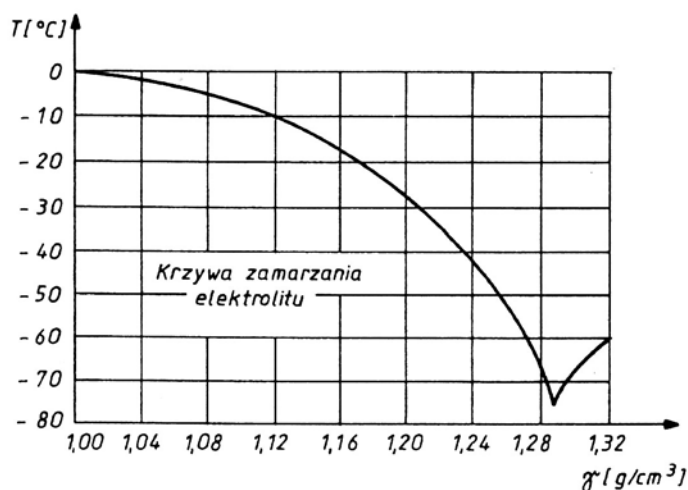
298 K, 273 K, 255 K i 243 K (25°C, 0°C, -18°C i -30°C).

Jak wynika z charakterystyk napięcie końcowe zależy od temperatury elektrolitu. Rozcieńczony kwas siarkowy zamarza w bardzo niskiej temperaturze. Temperatura krzepnięcia elektrolitu zależy od jego gęstości i czystości. Zamarzaniu można zapobiegać, utrzymując akumulator przez cały czas w stanie naładowania. Należy zwracać szczególną uwagę na zapobieganie zamarzaniu elektrolitu, gdyż może to spowodować niesprawność akumulatora, a nawet jego uszkodzenie.



Rys 2.7 Przebieg rozładowania akumulatora w różnych temperaturach

Przy wyładowywaniu prądem znamionowym (20-godzinnym) napięcie końcowe nie może być mniejsze niż 1,75 V na ogniwo. Po przerwaniu wyładowania napięcie powinno się ustalić na poziomie 1,99 V na ogniwo. Nie przekraczanie ustalonego napięcia końcowego podczas wyładowywania, przy zachowaniu warunku, że gęstość elektrolitu nie będzie mniejsza niż $1,15 \text{ g/cm}^3$ (w stanie wyładowania) i akumulator nie będzie przechowywany przez dłuższy czas w stanie wyładowanym, zapobiega zasiarczeniu akumulatora, które w pewnym zakresie jest nieodwracalne.



Rys 2.8 Zależność temperatury krzepnięcia elektrolitu w funkcji jego gęstości γ

2.1.2 Podstawowe pojęcia elektryczne

2.1.2.1 Siła Elektromotoryczna akumulatora (E)

Siła elektromotoryczna akumulatora jest to różnica potencjałów jego zacisków biegunowych przy otwartym obwodzie zewnętrznym. Siła elektromotoryczna jednego ogniwa akumulatora ołowiowo – kwasowego wynosi ok. 2 V i waha się w zależności od stanu akumulatora, gęstości elektrolitu i temperatury. Siłę elektromotoryczną (napięcie w stanie jałowym) mierzy się na zaciskach akumulatora nieobciążonego.

2.1.2.2 Napięcia akumulatora

Stany akumulatora można opisać kilkoma różnymi wartościami napięcia. Uzależnione jest to od stanu akumulatora, rozróżnia się następujące napięcia:

► Napięcie znamionowe:

Za napięcie znamionowe przyjęto napięcie ogniwa równe 2 V, takie napięcie średnie, jakie akumulator ołowiowo – kwasowy posiada w stanie jałowym

► *Napięcie wyładowania:*

Jest to napięcie związane z istnieniem zmiennej rezystancji wewnętrznej i jest ono mniejsze od siły elektromotorycznej. Jest opisywane równaniem:

$$U_w = E - R_w I_w \quad [2.4]$$

► *Napięcie ładowania*

Wartość napięcia występującego między końcówkami biegunowymi akumulatora w pełni sprawnego zaraz po zakończeniu ładowania

$$U_l = E + R_w I_l \quad [2.5]$$

► *Napięcie jałowe:- siła elektromotoryczna E*

Wartość napięcia mierzonego między końcówkami biegunowymi akumulatora w czasie, gdy nie jest on wyładowywany i ładowany (otwarty obwód)

► *Napięcie gazowania*

Wartość napięcia występującego między końcówkami biegunowymi akumulatora w końcowej fazie ładowania, gdy rozpoczyna się intensywne wydzielanie tlenu i wodoru z ogni. Wynosi ono od 2,4 ÷ 2,45 V na ogniwo to jest dla akumulatorów 12 – woltowych 14,4÷14,7V.

2.1.2.3 Pojemność znamionowa akumulatora (Q_n)

Jest to ilość ładunku elektrycznego wyrażona w Ah (amperogodzinach), jaką może oddać w pełni sprawny i naładowany akumulator do osiągnięcia normalnego stanu wyładowania, tj. 1,75 V/ogniwo w czasie 20 godzin w temperaturze +25°C. Pojemność znamionowa Q_n ze względu na zawarty w jej definicji warunek czasu wyładowania (20 godzin) jest zamiennie zwana pojemnością dwudziestogodzinną (Q_{20}). Określenie to wraz z oznaczeniem, Q_{20} jest częściej stosowane niż "pojemność znamionowa", gdyż użycie jego nie prowadzi do nieporozumień, jakie mogą wynikać z utożsamiania pojemności znamionowej z dawnym odpowiednikiem pojemności dziesięciogodzinnej (Q_{10}). Pojemność elektryczna znamionowa akumulatora jest zależna od liczby płyt w zestawach ogniowych i ich powierzchni. Pojemność elektryczna zmienia się zależnie od prądu wyładowania, temperatury i gęstości elektrolitu.

2.1.2.4 Prąd znamionowy akumulatora (I_n)

Jest to wartość prądu, jaki można pobrać z całkowicie sprawnego i naładowanego akumulatora w czasie 20 godzin, do osiągnięcia przez akumulator stanu normalnego wyładowania (1, 75 V/ogniwo). Definicja prądu znamionowego jest powiązana z definicją pojemności znamionowej. Zwykle zamiast określenia "prąd znamionowy" używa się nazwy "prąd dwudziestogodzinny - I_{20} ".

Wartość prądu znamionowego oblicza się w następujący sposób:

$$I_n = I_{20} = \frac{Q_n [Ah]}{20[h]} = \frac{Q_{20} [Ah]}{20[h]} = 0,05 Q_{20} [A] \quad [2.6]$$

Np.: dla akumulatora o znamionowej pojemności $Q_{20} = 34 \text{ Ah}$, prąd $I_{20} = 1,7 \text{ [A]}$, a dla akumulatora o pojemności $Q_{20} = 45 \text{ Ah}$, prąd $I_{20} = 2,25 \text{ A}$.

2.1.2.5 Prąd ładowania akumulatora (I_l)

Jest to wartość prądu przepływającego przez akumulator podczas ładowania. Zależnie od metody i etapu ładowania stosuje się prądy o różnych wartościach. Określa się je jako część pojemności dwudziestogodzinnej (Q_{20}). Np.: $I_l = 0,05 Q_{20}$ [A]; $0,1 Q_{20}$ [A];

$0,8 Q_{20}$ [A]. Tak, więc liczbowa wartość prądu przy zastosowaniu tej samej metody ładowania (np. $I_l = 0,1 Q_{20}$) dla akumulatorów o niejednakowej pojemności elektrycznej jest różna.

2.1.2.6 Gęstość elektrolitu

Gęstość elektrolitu wskazuje na stan naładowania akumulatora pod warunkiem, że pomiaru dokonuje się przynajmniej po 30 min od czasu zakończenia jego pracy lub ładowania, lub po 24 h od czasu uzupełnienia poziomu elektrolitu oraz że zmiana gęstości elektrolitu była wynikiem zwykłych przemian elektrochemicznych w akumulatorze. Ponieważ gęstość elektrolitu zmienia się wraz z temperaturą, przyjęto dla jednoznacznego określenia stanów akumulatora, gęstości charakterystyczne podawać przy tzw. temperaturze odniesienia, tj. $+25^{\circ}\text{C}$. Znaczy to, że jeżeli pomiaru gęstości dokonano np. przy 0°C , to aby określić rzeczywisty stopień naładowania akumulatora, należy zmierzoną wartość gęstości przeliczyć do temperatury odniesienia. Jednostką gęstości jest $[\text{g}/\text{cm}^3]$. Określa się ją również wg skali Baumego [$^{\circ}\text{Bé}$], jednakże w kraju w praktyce się jej nie stosuje.

Gęstości charakterystyczne:

- $1,28 \text{ g}/\text{cm}^3$ - akumulator w pełni naładowany,
- $1,14 \text{ g}/\text{cm}^3$ - graniczna dopuszczalna gęstość elektrolitu przy normalnym wyładowaniu akumulatora,
- $1,1 \text{ g}/\text{cm}^3$ - akumulator całkowicie wyładowany.

2.1.2.7 Sprawność akumulatora

Rozróżnia się sprawność elektryczną i energetyczną akumulatora. Sprawność elektryczną określa się stosunkiem pojemności elektrycznej akumulatora przy całkowitym wyładowaniu Q_w (do 1,75 V na ogniwo) do pojemności potrzebnej do ponownego całkowitego naładowania Q_l

$$\eta_{el} = \frac{Q_w}{Q_l} \quad [2.7]$$

Sprawność elektryczna akumulatorów ołowiowo-kwasowych samochodowych wynosi $0,8 \div 0,9$.

Sprawność energetyczną akumulatorów określa się stosunkiem energii pobranej z akumulatora przy całkowitym wyładowaniu E_w do energii zużytej na naładowanie akumulatora E_l

$$\eta_{en} = \frac{E_w}{E_l} = \frac{Q_w}{Q_l} \frac{U_w}{U_l} = \eta_{el} \frac{U_w}{U_l} \quad [2.8]$$

Sprawność energetyczna akumulatorów samochodowych ołowiowo-kwasowych zawiera się w granicach $0,6 \div 0,7$.

2.1.2.8 Zdolność rozruchowa

Zdolność rozruchowa akumulatora określa czas jego nieprzerwanego wyładowania prądem rozruchowym aż do chwili obniżenia się średniego napięcia przypadającego na jedno ogniwo do wartości 1,0 V. Istnieje norma, która przewiduje badania zdolności rozruchowej

akumulatorów w temperaturze 255 K (-18°C); w przypadku akumulatorów samochodowych po raz pierwszy wypełnianych elektrolitem również w temperaturze 298 K (25°C). W obu przypadkach zdolność rozruchowa nie powinna być mniejsza niż 3 min, a średnie napięcie przypadające na jedno ogniwo, mierzone po czasie 5÷7 s od chwili rozpoczęcia wyładowania, nie powinno być mniejsze niż 1,33 V.

2.1.3 Ocena stanu naładowania i ogólnego stanu technicznego

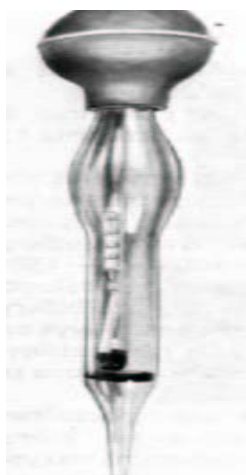
Stan naładowania akumulatora ocenić można w sposób subiektywny lub obiektywny, tj. na podstawie pomiarów. Ocena subiektywna polega na zaobserwowaniu jakości pracy odbiorników samochodowych, zasilając je wyłącznie z akumulatora i stwierdzeniu na podstawie własnego doświadczenia,

- czy akumulator jest w pełni naładowany,
- czy można go jeszcze używać,
- czy należy go doładować.

Najłatwiej wnioskować o stanie naładowania, oceniając poprawność pracy rozrusznika. Jeżeli rytm jego obrotów jest obniżony lub rozrusznikowi brakuje energii do napędzenia silnika, można przypuszczać, że akumulator jest wyładowany.

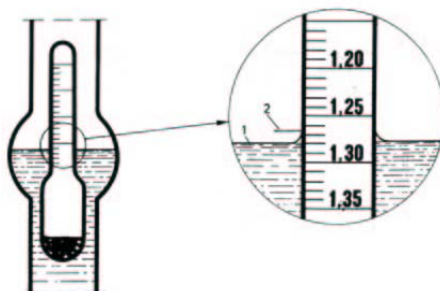
Obserwacja zmian poziomu świecenia reflektorów (np. świateł mijania) przy wyłączonym silniku (zasilanych tylko z akumulatora) i przy silniku pracującym (zasilanie z prądnicy) pozwala również na przybliżoną ocenę stopnia naładowania akumulatora. Jeżeli reflektory zarówno w pierwszym, jak i drugim przypadku świecą się jednakowo - akumulator z pewnością jest dobrze naładowany. Jeżeli zaś po włączeniu silnika świecą się o wiele jaśniej, przypuszczać należy, że akumulator jest wyładowany. Ocena ta nie jest w pełni wiarygodna. Obniżenie napięcia na zaciskach odbiorników używanych do próby wynikać może nie tylko z powodu zmniejszenia się ilości ładunku elektrycznego w akumulatorze na skutek wyładowania, ale może być spowodowane m.in. jego uszkodzeniem (np. wewnętrznym zwarcie), **złą jakością styków** (połączeń) w obwodzie elektrycznym, a zwłaszcza między końcówkami biegunowymi i przewodów, co zwiększyć może rezystancję przejścia, a więc i spadek napięcia w miejscu łączenia.

Najbardziej miarodajny wynik oceny stopnia naładowania daje pomiar gęstości elektrolitu lub napięcia na końcówkach ogniwa akumulatora w trakcie obciążenia. Gęstość elektrolitu w akumulatorach samochodowych mierzy się za pomocą kwasomierza. Składa się on ze szklanej pipety zakończonej gumową gruszką. W pipecie jest umieszczony areometr. Koniec pipety wkłada się przez otwór do ogniwa (po wykręceniu korka) i zasysa za pomocą gruszki elektrolit w takiej ilości by areometr swobodnie w nim pływał.



Rys 2.9 Kwasomierz

Gęstość odczytuje się na skali areometru na poziomie powierzchni elektrolitu. Odczytaną na skali gęstość przelicza się do temperatury skalowania areometru (odniesienia), tj. $+25^{\circ}\text{C}$.



Rys 2.10 Odczyt pomiaru gęstości elektrolitu

1 – prawidłowy, 2 – nieprawidłowy

Z wystarczającą do celów praktycznych dokładnością można przyjąć, że średnia wartość współczynnika zmiany temperaturowej gęstości elektrolitu wynosi $0,0007 \text{ g}/(\text{cm}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$. Inaczej mówiąc, przy przeliczeniu temperatury lub jej rzeczywistej zmianie o 15°C , gęstość zmienia się o około $0,01 \text{ g}/\text{cm}^3$. Gęstość kwasu siarkowego (elektrolitu) maleje wraz ze wzrostem temperatury. Znając wartość gęstości w temperaturze odniesienia, określa się stopień naładowania akumulatora na podstawie wykresu lub tablicy.

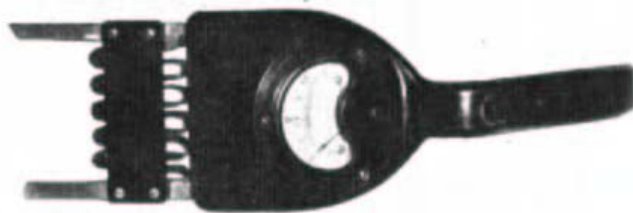
Ze względu na możliwość trwałego uszkodzenia nie powinno się rozładowywać akumulatora więcej niż do 25%, tj. do gęstości niższej niż $1,14 \div 1,15 \text{ g}/\text{cm}^3$.

Dla oceny stanu naładowania akumulatora przeprowadzić można również pomiar napięcia na końcówkach jego ogniów. Pomiaru dokonuje się przy obciążonym ogniwie, tzn. podczas przepływu prądu. Jako zasadę przyjmuje się, że prąd obciążający ogniwo akumulatorów o pojemności dwudziestogodzinnej $Q_{20} \leq 100 \text{ Ah}$ wynosi 80 A, większych zaś, tj. o $Q_{20} > 100 \text{ Ah}$ - 150 A.

Metodą pomiaru napięcia można oceniać stan naładowania akumulatorów, których ogniwa mają wyprowadzone na zewnątrz końcówki, a więc odkryte łączniki międzyogniowe (bloki tych akumulatorów są przeważnie wykonywane z ebonitu). W produkowanych obecnie akumulatorach nierozbieralnych małej pojemności (34,45, 60 Ah) końcówki i łączniki są schowane pod monowieczkiem i nie ma możliwości wykonania tego pomiaru.

Do pomiaru napięcia ogniwa pod obciążeniem używa się specjalnego próbnika widelkowego. Jest to woltomierz osadzony w oprawce, która z jednej strony jest zakończona rękojeścią, z

drugiej - wymiennym rezystorem z dwoma ostro zakończonymi prętami (widelkami) wciskanymi przy pomiarze napięcia w końcówki ogniwa. Woltomierz jest wyskalowany w jednostkach napięcia, ale oprócz tego skala jest podzielona na różnokolorowe obszary oznaczające procentowy stopień naładowania ogniwa



Rys 2.11 Woltomierz widelkowy do pomiaru napięcia na ogniwie

2.1.4 Usterki akumulatorów

Każdy, nawet poprawnie eksploatowany, akumulator ulega z czasem naturalnemu zużyciu. W normalnych warunkach pracy żywotność akumulatora wynosi od 4 do 6 lat. Niewłaściwa konserwacja i obsługa bardzo wydatnie skracają ten okres, nierzadko nawet do 1,5-2 lat. Inną przyczyną utraty własności funkcjonalnych przez akumulatory są uszkodzenia mechaniczne, które powstają najczęściej na skutek nieumiejętnego ich przenoszenia, składowania lub niewłaściwego mocowania w pojeździe.

2.1.4.1 Trwałe zmiany w strukturze chemicznej mas czynnych

Trwałe zmiany w strukturze mas czynnych następują z upływem czasu i jest to proces nieodwracalny. Typowe zjawiska prowadzące do utraty własności elektrochemicznych akumulatorów:

- *Ze względu na powstającą z wiekiem akumulatora nierównomierność ładowania się płyt dodatnich (obok siebie występują miejsca naładowane i nienaładowane) oraz na różnice w objętości siarczanu ołowiu ($PbSO_4$), wchodzącego w strukturę płyt wyładowanych, i dwutlenku ołowiu (PbO_2), będącego podstawowym związkiem chemicznym masy czynnej po naładowaniu, prowadzące do zmiany wymiarów przestrzennych płyty- masa czynna wypacza się i w konsekwencji kruszy się;*
- *Różnica stężeń kwasu siarkowego w górnej i dolnej części akumulatora (u dołu występuje kwas o większym stężeniu) powoduje nierównomierność grubości warstwy siarczanu ołowiu, głównie w masach czynnych płyt dodatnich (grubsza warstwa w dolnej części płyt), co prowadzi do powolnego zatykania porów masy czynnej, a więc gorszego przenikania elektrolitu w głąb płyty, a co za tym idzie stałego, choć powolnego, obniżania się pojemności elektrycznej płyt dodatnich, a więc i pojemności akumulatora;*
- *występujące pod koniec ładowania intensywne gazowanie powoduje mechaniczne uszkodzenia masy czynnej, a zwłaszcza jej wypadanie;*
- *wypełniacze mas czynnych płyt ujemnych mają tendencję do wypłukiwania się, co prowadzi do powstania obszarów zbrylonego ołowiu, który nie wchodzi w reakcję z jonami elektrolitu i uniemożliwia jego wnikanie w głąb płyty; następstwem tego jest stała utrata pojemności elektrycznej płyt ujemnych, a więc i pojemności całego akumulatora.*

2.1.4.2 Przyspieszone procesy destrukcyjne

Przyspieszone procesy destrukcyjne, zwłaszcza nieodwracalne zasiarczanie zachodzą w płytach głównie na skutek:

- Systematycznego wyładowywania akumulatora poniżej gęstości elektrolitu ($1,14 \div 1,15 \text{ g/cm}^3$), lub napięcia końcowego ($1,7 \div 1,75 \text{ V/ogniwo}$);
- Stałego nie doładowania akumulatora (ciągłe zaleganie warstw siarczanu ołowiu w masie czynnej);
- Nadmiernego stałego przeładowywania akumulatora (wadliwie pracujący regulator napięcia)
- Przechowywania akumulatora używanego nienapełnionego elektrolitem;
- Zmiany potencjałów podczas ładowania (zmiana biegunowości)
- Utrzymywanie zbyt dużych gęstości elektrolitu

2.1.4.3 Objawy zasiarczania akumulatora

- Mała gęstość elektrolitu pod koniec ładowania
- Nadmierne i szybkie nagrzewanie się elektrolitu podczas ładowania
- Wzrost potencjałów płyt na początku ładowania powyżej wartości np. do 3 V/ogniwo

2.1.4.4 Uszkodzenia mechaniczne

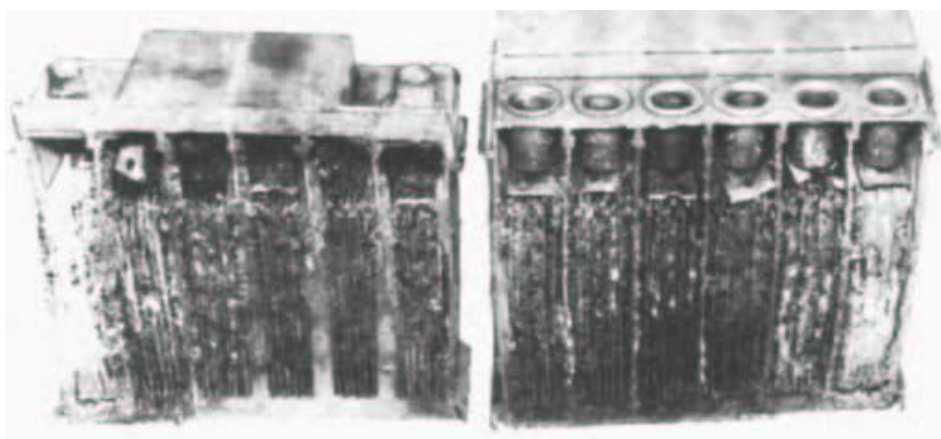
Uszkodzenia tego typu są bardzo trudne do usunięcia, nawet w warunkach warsztatowych. O ile naprawy akumulatorów w obudowach rozbieralnych są praktycznie możliwe do przeprowadzenia w każdym zakładzie, o tyle napraw akumulatorów polipropylenowych podejmują się tylko nieliczne zakłady, dysponujące zgrzewarkami do spajania obudów z monowieczkami. Najczęstsze uszkodzenia mechaniczne to:

- Pęknięcia lub oberwanie się płyt
- Pęknięcia obudowy akumulatora
- Naderwania lub wykrzywienia końcówek biegunowych
- Utrata szczelności akumulatorach uszczelnionych masą zalewową

Tabela 1 Zestawienie uszkodzeń akumulatorów

lp	Objawy niesprawności	Prawdopodobna przyczyna	Uwagi
1	Na podstawie pracy urządzeń elektrycznych pojazdu można wnioskować o utracie przez akumulator pojemności elektrycznej	Akumulator wyładowany Zwarcie wewnętrzne	Sprawdzić gęstość elektrolitu w każdym ogniwie lub zmierzyć napięcie ogniów pod obciążeniem
2	Gęstość w poszczególnych ogniwach różni się o więcej niż $0,03 \text{ g/cm}^3$	Odparowanie wody w ogniwie o większej gęstości elektrolitu Zwarcie płyt w ogniwie o niższej gęstości elektrolitu Ubytek elektrolitu przez pękniętą obudowę	Dolać wody destylowanej do właściwego poziomu Przepłukać ogniwo, gdy dolanie wody nie daje rezultatu Naprawić obudowę lub wymienić akumulator
3	Systematyczne ubywanie elektrolitu	Pęknięta obudowa	Obudowy ebonitowe naprawia się nakładając laminaty z żywic epoksydowych, polipropylenowe zgrzewa się ultradźwiękami
4	Pęknięcie bloku akumulatora w zimie przy temp. -10°C	Zamarznięcie elektrolitu w akumulatorze nadmiernie wyładowanym przy gęstości mniejszej niż $1,1 \text{ g/cm}^3$	Najczęściej płyty akumulatora zostają uszkodzone i akumulator należy wymienić
5	Zauważalny ubytek elektrolitu we wszystkich ogniwach podczas dłuższego przejazdu, gęstość	Odparowanie wody na skutek ciągłego przeładowania akumulatora	Należy uzupełnić poziom elektrolitu wodą, sprawdzić napięcie na zaciskach regulatora,

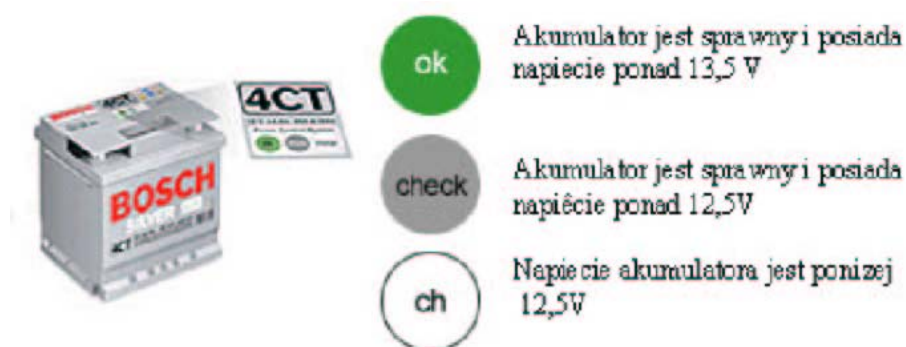
	jednakowa		w awaryjnych przypadkach można ograniczyć prąd ładowania poprzez załączenie odbiorników dużej mocy
6	Wylewanie się elektrolitu z ogniw podczas ładowania w czasie jazdy	Za duża ilość elektrolitu w ogniwie Nadmierny prąd ładowania Uszkodzenie korka	Obniżyć poziom elektrolitu Obniżyć prąd ładowania (p.5) Wymienić korek
7	Nadmierne gazowanie podczas ładowania, szybki wzrost temp. elektrolitu	Za duży prąd ładowania Za duża gęstość elektrolitu	Zmniejszyć prąd ładowania Obniżyć gęstość elektrolitu, można doprowadzić do zasiarczania akumulatora
8	Brak gazowania podczas ładowania	Powstanie wewnętrznych zwarc	Przepłukać akumulator, prawdopodobna wymiana na nowy akumulator
9	Wyładowanego akumulatora nie można naładować	Powstanie wewnętrznych uszkodzeń	Konieczność rozebrania akumulatora, wymiana
10	Po zamontowaniu w pojeździe akumulator szybko się rozładowuje	zasiarczanie płyt Zwarcie wewnętrzne Ubytek masy czynnej płyt Zwarcie instalacji elektrycznej pojazdu	Przeprowadzić ładowanie odsiarczające , Konieczność rozebrania akumulatora, wymiana usunąć przyczyny zwarcia
11	Akumulator nieużywany lub odłączony wyładowuje się	samowyładowanie	Wytrzeć do sucha łączniki międzyogniowe i wieczka, doładować raz na miesiąc
12	Akumulator w samochodzie nie ładuje się całkowicie	wartość prądu ładowania zbyt mała nadmierna liczba odbiorników włączonych do obwodu zwarcie w obwodzie ładowania akumulatora zbyt długie czasy rozruchu silnika uszkodzenie alternatora jazda zbyt wolna lub miejska z częstymi rozruchami silnika	Sprawdzić napięcie na zaciskach regulatora Zmniejszyć obciążenie alternatora Odszukać przyczynę upływu prądu (kontrola izolacji) doładować akumulator Skontrolować poprawność pracy alternatora Doładować akumulator poza samochodem, ewentualnie wyregulować napięcie regulatora na wyższe
13	Przerwy w dopływie prądu do rozrusznika, końcówki przewodowe i biegunowe rozgrzewają się	zły styk końcówek (brudne lub luźne zaciski) przerwy w obwodzie rozruchu	dokładnie oczyścić końcówki i dokręcić skontrolować stan połączeń i izolacji przewodów obwodu rozruchu



Rys 2.12 Wygląd zniszczonego akumulatora na skutek zasiarczania

2.1.4.5 Akumulatory bezobsługowe

Akumulatory bezobsługowe lub o obniżonej obsługowości zostały skonstruowane w celu wydłużenia czasu między kolejnymi czynnościami obsługowymi. Głównym założeniem towarzyszącym ich powstaniu było zminimalizowaniu ubytków elektrolitu oraz stopnia samowyladowania. Akumulatory tego typu są instalowane w samochodach coraz częściej i mają za zadanie obniżyć koszty ich obsługi. Różnica między zwykłymi akumulatorami i akumulatorami o obniżonej obsługowości lub bezobsługowymi polega między innymi na tym, że: ilość antymonu zawartego w dodatnich i ujemnych płytach jest albo bardzo mała, albo też został on całkowicie zastąpiony innym metalem, takim jak np. wapń. Wysokość żeber znajdujących się na dnie akumulatora została zmniejszona w celu zwiększenia ilości elektrolitu. Jedną z przyczyn samowyladowania się akumulatorów jest obecność w płytach ołowianych domieszek antymonu. Ponieważ w akumulatorach o obniżonej obsługowości lub bezobsługowych ilość antymonu została znacznie zmniejszona lub zastąpił go wapń, stopień samowyladowania został ograniczony. W normalnych akumulatorach antymon dyfunduje z wnętrza płyt ujemnych na ich powierzchnie, przyspieszając tempo reakcji chemicznych zachodzących między elektrolitem i tymi płytami, co powoduje przyspieszone zużywanie się wody. W przypadku akumulatorów o obniżonej obsługowości i bezobsługowych ubytki elektrolitu są znacznie mniejsze.



Rys 2.13 Akumulator bezobsługowy firmy Bosch

2.1.5 Akumulator w samochodzie Opel Astra

Samochody Opel Astra są wyposażone w instalację 12V z minusem na masie. Akumulator jest umieszczony w komorze silnika z przodu, po lewej stronie. Ładowanie akumulatora i potrzebny do zasilania odbiorników prąd dostarcza alternator z wbudowanym regulatorem

napięcia. Podczas pracy przy instalacji elektrycznej, które wymagają rozłączenia połączeń, należy wcześniej zdjąć z akumulatora zacisk przewodu masowego a następnie zacisk dodatni (**taka kolejność zmniejsza ryzyko zwarcia**). Odłączenie akumulatora oraz urządzeń sterujących jest konieczne podczas prac spawalniczych. Należy liczyć się z tym iż odłączenie akumulatora spowoduje wykasowanie z pamięci urządzeń elektronicznych danych takich jak np. informacje o zakłóceniach w silniku, w systemie ABS oraz zablokowanie urządzeń kodowanych np. radio (**należy ustalić kod przed odłączeniem**).

Seryjnie montowane akumulatory mają następujące pojemności:

- ▶ *Silnik 1.4i – 34 Ah*
- ▶ *Silniki 1.6i/1.8i/2.0i – 44 Ah*
- ▶ *Silniki 1.7D/1.7TD – 60 Ah*

Na życzenie są montowane większe akumulatory o pojemności 55 Ah lub 65 Ah. Montowane fabrycznie akumulatory są typu bezobsługowego i podczas całego okresu eksploatacji nie wymagają dolewania wody destylowanej. Do wymiany mogą być użyte dostępne w handlu akumulatory kwasowe o wymaganej pojemności. Najczęściej spotykanymi akumulatorami w pojazdach Firmy Opel są akumulatory firmy Bosch.



Rys 2.14 Akumulator bezobsługowy firmy Bosch serii Silver Plus

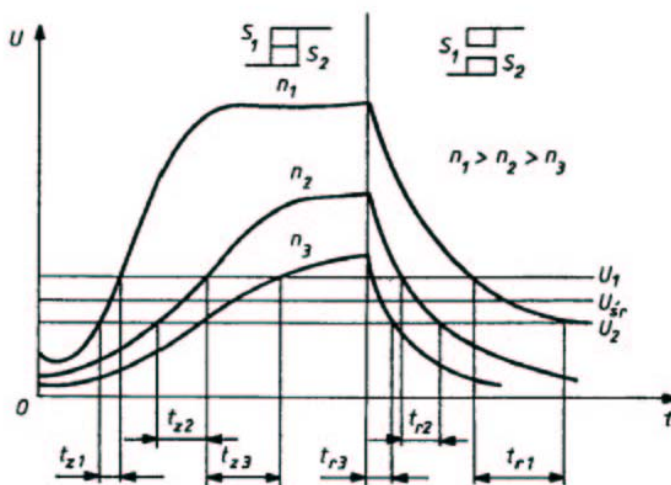
3. Regulator napięcia

Prądnice prądu stałego zastępowane są obecnie coraz częściej przez alternatory, czyli prądnice prądu zmiennego zaopatrzone w zintegrowany prostownik na diodach krzemowych. Do głównych ich zalet należy duża sprawność przetwarzania energii mechanicznej na elektryczną objawiającą się między innymi zdolnością oddawania maksymalnego prądu przy niewielkiej prędkości obrotowej wirnika, znaczna moc znamionowa (600÷800 W), małe rozmiary i ciężar oraz prostsza konstrukcja niż w przypadku zwykłych prądnic, pozwalająca na znacznie bardziej niezawodną pracę alternatora. Uzwojenie prądotwórcze jest umieszczone w alternatorze na zewnątrz, co stwarza bardzo korzystne warunki chłodzenia. Uzwojenie wzbudzenia znajduje się natomiast wewnątrz wirującej magneśnicy. Zasada działania alternatora powoduje automatyczne ograniczanie oddawanego prądu przy nadmiernym obciążeniu. Ponadto, prąd alternatora może płynąć tylko w jednym kierunku (do akumulatora) ze względu na znajdujące się wewnątrz diody prostownicze, które nie pozwalają na przepływ prądu zwrotnego. Upraszcza to znacznie konstrukcję regulatora napięcia, który nie musi posiadać ani ogranicznika prądu, ani wyłącznika samoczynnego. Regulator zawiera tylko układ sterujący prądem wzbudzenia.

Ciągłe zmiany warunków pracy alternatora podczas ruchu pojazdu samochodowego powodują, że jego napięcie bez zastosowania elementów regulacyjnych zmieniałoby się w zbyt szerokich granicach, co wpłynęłoby niekorzystnie zarówno na akumulator jak i na inne odbiorniki energii elektrycznej. Wytworzone napięcie określone zależnością:

$$U_0 = c\varphi n \quad [3.1]$$

ma wartość stałą wtedy, gdy zmianom prędkości obrotowej odpowiadają zmiany strumienia magnetycznego takie, aby iloczyn φn był stały. Oznacza to, że ze zwiększeniem prędkości obrotowej powinien maleć strumień magnetyczny φ , aby napięcie U_0 pozostało stałe. Zmiany strumienia magnetycznego są związane ze zmianami prądu w obwodzie wzbudzenia alternatora, który można regulować przez włączenie i wyłączenie odpowiednio dobranej rezystora. Napięcie zmienia się wraz ze wzrostem prędkości obrotowej. Zmiany te zostały przedstawione poniżej na Rys 3.1 dla trzech różnych prędkości obrotowych alternatora.

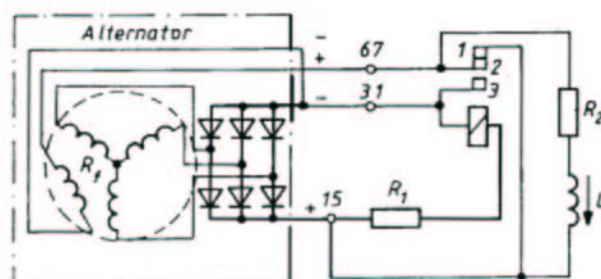


Rys 3.1 Zmiany napięcia przy różnych prędkościach obrotowych

Zmiany napięcia pokazano dla trzech różnych wartości prędkości obrotowej. Pokazano również czasy zwarcia (t_z) i czasy rozwarcia (t_r) styków regulatora. Ze wzrostem napięcia rośnie strumień magnetyczny w uzwojeniu sterującym (elektromagnesie) stykami regulatora, i przy określonej wartości napięcia następuje rozwarcie styków i włączenie dodatkowej rezystancji w obwód wzbudzenia. Powoduje to skokowe zmniejszenie prądu wzbudzenia. Wskutek tego w uzwojeniu indukuje się siła elektromotoryczna samoindukcji przeciwstawiająca się zmniejszeniu prądu. Prąd wzbudzenia maleje wolniej i tym samym z opóźnieniem maleje napięcie na zaciskach alternatora. Zasilanie regulatorów sprowadza się do regulacji napięcia w instalacji elektrycznej pojazdu. Diody krzemowe wchodzące w skład układu prostownikowego prądu przemiennego spełniają jednocześnie rolę wyłącznika prądu zwrotnego. Diody układu stanowią część składową obwodu alternator – akumulator. Warunkują przepływ prądu w obwodzie wówczas, gdy wartość napięcia alternatora wzrasta powyżej napięcia akumulatora. Prąd płynie wówczas w obwodzie alternator – akumulator. Przepływ prądu w przeciwnym kierunku (zwrotny) jest praktycznie uniemożliwiony dzięki zaporowemu działaniu diód. Nie stosuje się również w regulatorze ogranicznika prądu, gdyż wartość prądu obciążenia ustala się samoczynnie po osiągnięciu przez alternator odpowiedniej prędkości obrotowej. Jest to związane z własnościami, jakie posiada prądnica synchroniczna.

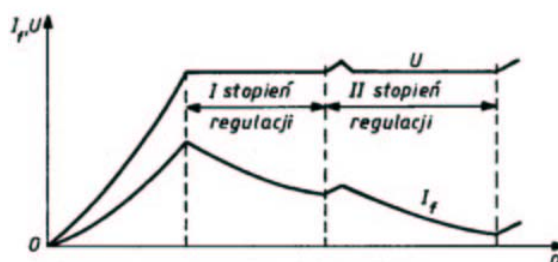
3.1.1 Wibracyjne regulatory napięcia

W praktyce stosowane są jednostopniowe i dwustopniowe wibracyjne (elektromechaniczne) regulatory napięcia. Przykładowo zostanie omówiony regulator dwustopniowy. Zasada działania dwustopniowego wibracyjnego regulatora napięcia alternatora jest omówiona na przykładzie regulatora napięcia typu RC1/I2B, stosowanego w samochodzie FSO1500. Na Rys 3.2 przedstawiono schemat regulatora napięcia współpracującego z alternatorem.



Rys 3.2 Schemat dwustopniowego wibracyjnego regulatora napięcia współpracującego z alternatorem

Regulator ten ma trzy styki, z których zewnętrzne 1 i 3 są nieruchome. Dopóki napięcie alternatora nie wymaga regulacji, styki 1 i 2 są zwarte. Prąd wzbudzenia płynie w obwodzie, w którym znajduje się tylko rezystancja uzwojenia wzbudzenia. Przy dalszym wzroście napięcia następuje rozwarcie styków 1 i 2 pierwszego stopnia regulacji. W obwód wzbudzenia zostaje włączony rezystor dodatkowy R_2 . Jeśli prędkość obrotowa nadal wzrasta, wzrasta również napięcie alternatora i rozpoczyna się praca na drugim stopniu regulacji. Styki 2 i 3 tego stopnia zwierają się i rozwierają. Przy zwarciu styków następuje dołączenie wyprowadzonego uzwojenia wzbudzenia 67 do masy. Ponieważ drugi koniec uzwojenia wzbudzenia jest na stałe połączony z masą, następuje gwałtowne zmniejszenie wzbudzenia i dzięki temu napięcie alternatora nie może wzrosnąć ponad określoną wartość. Przebiegi zmian wzbudzenia i napięcia w funkcji prędkości obrotowej alternatora współpracującego z regulatorem dwustopniowym przedstawiono poniżej.



Rys 3.3 Charakterystyki zmian prądu wzbudzenia i napięcia w funkcji prędkości obrotowej.

3.1.2 Elektroniczne regulatory napięcia

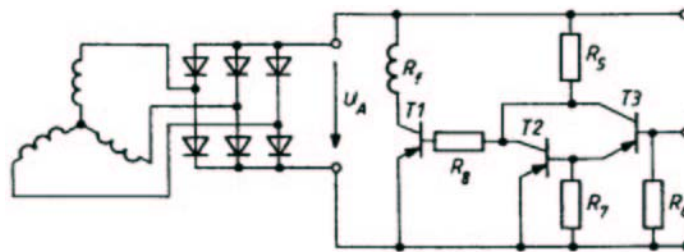
Elementy włączone w obwód wzbudzenia muszą mieć właściwości umożliwiające zmianę ich rezystancji w bardzo szerokich granicach (teoretycznie od zera do nieskończoności). W regulatorze wibracyjnym elementami wykonawczymi członu regulacyjnego są styki i rezystancja dodatkowa ale można zastosować element elektroniczny – tranzystor.

W celu określenia wymaganych parametrów tranzystora członu wykonawczego należy dodatkowo ustalić m.in.:

- Wartość napięcia regulowanego alternatora,
- Wartość maksymalną prądu wzbudzenia alternatora,

- Układ pracy tranzystora,
- Rodzaj regulacji napięcia (regulacja ciągła lub impulsowa),
- Wartość mocy traconej w tranzystorze w procesie regulacji.

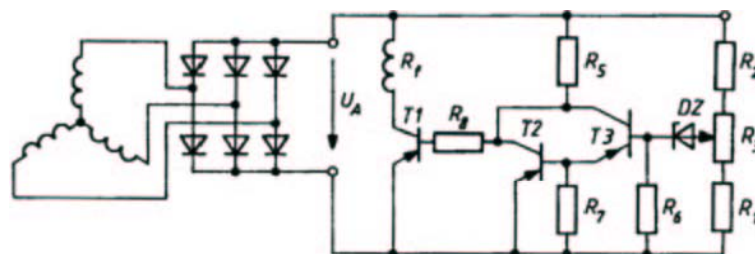
Wybrany tranzystor członu wykonawczego musi być odpowiednio sterowany, aby spełniał rolę styków regulatora wibracyjnego, to znaczy charakteryzował się pracą w stanie nasycenia i odcięcia (przewodzenia i nie przewodzenia). W regulatorze wibracyjnym procesem zwania i rozwania styków steruje sprężyna (o stałej wartości siły naciągu) i uzwojenie napięciowe elektromagnesu wytwarzające siłę zależną od wartości napięcia na zaciskach alternatora. Siła naciągu sprężyny w stanie beznapięciowym regulatora powoduje zwarcie styków, a kierunek jej działania jest przeciwny do kierunku działania siły wytworzonej przez uzwojenie napięciowe elektromagnesu. W regulatorze elektronicznym pracą tranzystora członu wykonawczego sterują elementy elektroniczne wchodzące w skład członu wzmacniającego i członu sterującego regulatora. Członem wzmacniającym nazywa się tę część regulatora, która powoduje wzmocnienie sygnału sterującego (prądu) otrzymanego z członu pomiarowego do takiej wartości, która jest konieczna do wysterowania członu wykonawczego, to znaczy do spowodowania przepływu odpowiedniego prądu wzbudzenia.



Rys 3.4 Schemat członu wykonawczego i wzmacniającego regulatora współpracującego z alternatorem:

T1 – tranzystor członu wykonawczego, T2 – tranzystor sterowany, T3 – tranzystor sterujący, R5, R6, R7 i R8 – rezystancje dopasowujące elementy układu

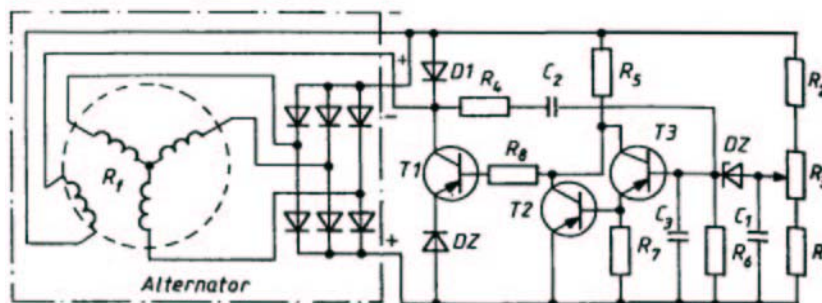
Wartość minimalna prądu sterującego, na który reaguje regulator (tzn. wartość uchybu regulacji napięcia) jest różnicą między wartością zadaną i regulowaną (rzeczywistą). Wartością regulowaną (rzeczywistą) jest napięcie na zaciskach uzwojenia sterującego elektromagnesu napięciowego regulatora, a wartością zadaną - żądany poziom tego napięcia określony warunkami wstępnymi. Aby sygnał uchybu regulacji napięcia spowodował wysterowanie tranzystora członu wykonawczego, należy go wzmocnić. W celu spełnienia tego warunku najczęściej stosuje się wzmacniacz w układzie Darlingtona.



Rys 3.5 Schemat członu wykonawczego z układem Darlingtona:

DZ – dioda Zenera, R1, R2 – rezystory dzielnika napięcia, R3 – potencjometr dzielnika napięcia.

Układ Darlingtona polega na tym, że emiter tranzystora sterującego T_3 połączony jest bezpośrednio z bazą tranzystora sterowanego T_2 , a kolektory obu tranzystorów są połączone i pracują na wspólne obciążenie. Baza tranzystora sterującego T_3 stanowi wejście układu wzmacniającego. Członem pomiarowym jest ta część regulatora, która służy do porównania wartości zadanej napięcia z wartością regulowaną (rzeczywistą). Jako wartość zadaną napięcia rozumie się napięcie Zenera, wartością regulowaną (rzeczywistą) jest napięcie na zaciskach alternatora. Do nastawienia dowolnej wartości napięcia regulowanego (rzeczywistego) zastosowano dzielnik napięcia. Sygnał wyjściowy z członu pomiarowego jest czynnikiem pobudzającym do działania regulator, przy czym proces współdziałania tego członu z pozostałymi jest następujący. W przypadku zwiększenia prędkości obrotowej alternatora od zera do pewnej wartości, na zaciskach wyjściowych pojawia się napięcie zgodnie z procesem wzbudzenia maszyny. Część tego napięcia - określona położeniem suwaka potencjometru R_3 - jest porównywana z napięciem progowym diody Zenera. Prąd wzbudzenia alternatora płynie w obwodzie, w którym znajduje się tranzystor członu wykonawczego T_1 , a wartość tego prądu jest określona wartością napięcia regulowanego (rzeczywistego) i rezystancji obwodu. Tranzystor T_1 znajduje się w stanie nasycenia, natomiast tranzystory T_2 i T_3 członu wzmacniającego są w stanie odcięcia i prąd przez nie nie płynie. Ten stan pracy regulatora trwa do chwili zrównania się napięcia na potencjometrze R_3 z napięciem Zenera. Dalszy wzrost napięcia na zaciskach alternatora powoduje przepływ prądu przez diodę Zenera, a tym samym przejście tranzystorów T_2 i T_3 członu wzmacniającego w stan nasycenia, a tranzystora T_1 w stan odcięcia. Od tej chwili następuje zanik prądu w obwodzie wzbudzenia, a to z kolei powoduje obniżenie wartości napięcia na zaciskach alternatora. Proces ten będzie trwał do chwili zrównania się napięcia na potencjometrze z napięciem Zenera. Wówczas tranzystory członu wzmacniającego przejdą w stan odcięcia, a tranzystor członu wykonawczego w stan nasycenia. Tak więc, napięcie alternatora oscyluje wokół wartości średniej nastawionej za pomocą potencjometru R_3 .



Rys 3.6 Schemat elektronicznego regulatora napięcia (Bosch)

Powyżej przedstawiono schemat ideowy regulatora napięcia firmy Bosch, taki, jaki jest montowany w alternatorach tej firmy.

Na schemacie tym zaznaczono również elementy dodatkowe:

- *Ochronę członu wykonawczego przed przepięciami komutacyjnymi,*
- *Ujemne sprzężenie zwrotne członu wykonawczego,*
- *Układ przyspieszający pracę regulatora.*

Analizując istniejące konstrukcje regulatorów elektronicznych można stwierdzić, że w niemal wszystkich rozwiązaniach - począwszy od pierwszych z lat pięćdziesiątych aż po najnowsze wykonania - zastosowano zasadę impulsowej regulacji prądu wzbudzenia. Elementem członu wykonawczego regulującym prąd w obwodzie wzbudzenia jest tranzystor lub para tranzystorów pracujących w układzie Darlingtona. W układzie regulatora wyróżnić można dwa charakterystyczne bloki funkcjonalne:

- *Blok wykonawczy*
- *Blok sterujący*

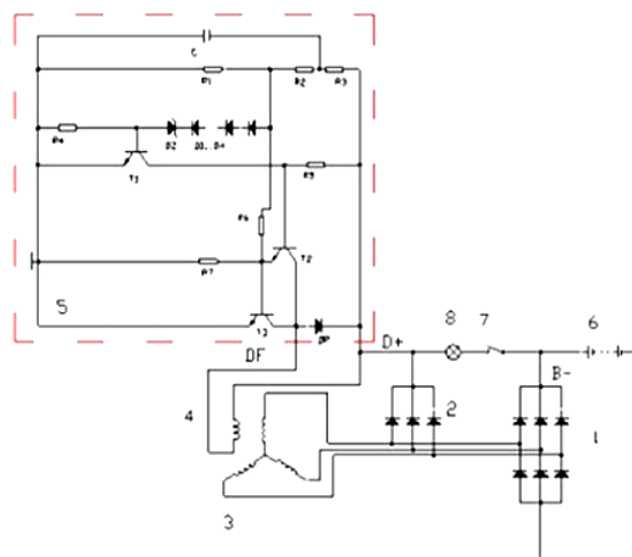
Bloki te stanowią elementy opisane w analizowanym regulatorze elektronicznym. Bloki te zostały wcześniej opisane i ujęte jako człony: pomiarowy i wykonawczy. Bloki te połączone są dodatkowo z sobą pętlą sprzężenia zwrotnego z elementami R, C. Zadaniem pętli sprzężenia zwrotnego jest zwiększenie szybkości przełączania, ograniczenie maksymalne częstotliwości pracy oraz zmniejszenie wrażliwości na zakłócenia. Opisany regulator elektroniczny jest w praktyce stosowany do alternatorów w samochodach różnych marek i jest oznaczony symbolem IC. Układ regulatora typu IC stanowiący obwód scalony, jest zminiaturyzowanym układem elektronicznym zawierającym elementy półprzewodnikowe (tranzystor, diody itp.)

Elementy te są montowane na płytce drukowanej i zatopione w masie silikonowej. Regulator ten charakteryzuje się dokładniejszą regulacją napięcia krótszych czasach reakcji układu (w porównaniu z regulatorami elektromechanicznymi wibracyjnymi).

Zasada działania regulatora jest następująca: jeżeli wartość rzeczywista napięcia na zaciskach alternatora jest mniejsza od wartości zadanej napięcia (zgodnie ze schematem połączeń przedstawionym na Rys 3.6) napięcie akumulatora zasilające poprzez rezystor R_1 bazę tranzystora T_1 (w odniesieniu do masy) powoduje przepływ prądu w obwodzie bazy tranzystora włączając ten tranzystor (stan nasycenia) do pracy. Prąd płynie w obwodzie: zacisk dodatni akumulatora, rezystor R_1 , złącze baza-emiter tranzystora T_1 do masy. Jednocześnie prąd płynie przez uzwojenie wzbudzenia alternatora, złącze kolektor-emiter tranzystora T_1 do masy. Wzrasta napięcie na zaciskach alternatora. Jeżeli wartość rzeczywista napięcia wzrośnie powyżej wartości zadanej napięcia, to przez diodę Zenera DZ popłynie prąd, powodując jednocześnie przepływ prądu w obwodzie bazy tranzystora T_2 . Jest to równoznaczne z odcięciem tranzystora T_1 i wejściem w stan nasycenia (przewodzenia) tranzystora T_2 . Przepływ prądu przez uzwojenie wzbudzenia alternatora zostaje przerwany, napięcie na zaciskach alternatora maleje. Prąd płynie w obwodzie poprzez: zacisk dodatni alternatora, dioda Zenera DZ, złącze baza-emiter tranzystora T_2 do masy, i jednocześnie w obwodzie: rezystor R_1 , złącze kolektor-emiter tranzystora T_2 do masy. Jak wynika z zasady działania regulatora, impulsowa regulacja napięcia polega na włączaniu i wyłączaniu tranzystorów T_1 i T_2 , co w praktyce sprowadza się do włączania i wyłączania prądu płynącego w obwodzie wzbudzenia alternatora.

W inny sposób podłączony jest regulator alternatora wyposażonego w układ dziewięciodiodowy Rys 3.7. W pierwszej chwili prąd płynie z akumulatora przez wyłącznik zapłonu, lampkę kontrolną do diod wzbudzenia. Wówczas regulator nie reguluje napięcia, a prąd wzbudzenia płynie przez lampkę kontrolną, otwarty tranzystor T_2 i rezystor dodatkowy R_7 . Wobec tego prąd ograniczony jest **rezystancją włókna żarówki**. Po osiągnięciu odpowiedniej prędkości obrotowej przez alternator, zmniejsza się różnica potencjałów między diodami wzbudzenia a biegunem dodatnim akumulatora, co powoduje zgaśnięcie lampki kontrolnej i włączenie do obwodu regulatora napięcia.

O niesprawności alternatora informuje lampka kontrolna ładowania, włączona w obwód wzbudzenia. W przypadku uszkodzenia diod wzbudzenia lub diod dodatnich następuje przeładowanie lub niedoładowanie akumulatora. Sygnalizowane jest to żarzeniem się lampki kontrolnej. W taki sam sposób lampka kontrolna informuje o wadze diod ujemnych, powodującej rozładowanie akumulatora przez alternator. Inną przyczyną żarzenia się lampki kontrolnej jest spadek napięcia na przewodach lub poluzowanie się zacisków w stacyjce lub na akumulatorze.



Rys 3.7 Podłączenie regulatora napięcia z prostownikiem dziewięciodiodowym:

1 – diody prostownicze, 2 – diody wzbudzenia, 3 – uzwojenie stojana, 4 – uzwojenie wzbudzenia, 5 – regulator napięcia, 6 – akumulator, 7 – wyłącznik zapłonu, 8 – lampka kontrolna.

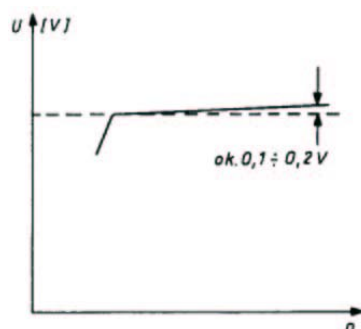
Świecenie lampki kontrolnej ładowania przy włączonym zapłonie i unieruchomionym silniku, świadczy o ciągłości obwodu wzbudzenia, natomiast przy pracującym silniku informuje o uszkodzeniu obwodu ładowania.

Przy prawidłowej pracy alternatora i regulatora napięcia, po osiągnięciu obrotów jałowych silnika lampka kontrolna powinna zgasnąć. Żarzenie się lampki kontrolnej podczas eksploatacji pojazdu może być spowodowane uszkodzeniem regulatora napięcia, z reguły towarzyszy temu zwiększenie napięcia oddawanego przez alternator.

Zwarcie jednej z diod prostowniczych i unieruchomienie silnika spowoduje rozładowanie akumulatora. Dzieje się tak, ponieważ uszkodzona dioda przewodzi w obu kierunkach, umożliwiając przepływ prądu od bieguna dodatniego alternatora przez uszkodzoną diodę, uzwojenie stojana i dalej do bieguna ujemnego akumulatora. W celu sprawdzenia alternatora trzeba odłączyć wtyk trzybiegunowy przy regulatorze napięcia, uruchomić silnik i przystawić końcówki próbnika do zacisków „D+” i „B+” alternatora. Jeśli żarówka próbnika przygasa razem z lampką kontrolną ładowania, to uszkodzenie istnieje w alternatorze. Natomiast, jeśli żarówka próbnika pozostaje ciemna, a żarzy się tylko lampka kontrolna to uszkodzenia należy szukać w przewodach. W podrozdziale 3.1.4 przedstawiono w tabeli przykładowe objawy niesprawności układu ładowania objawiające się anormalnym świeceniem lampki kontrolnej ładowania.

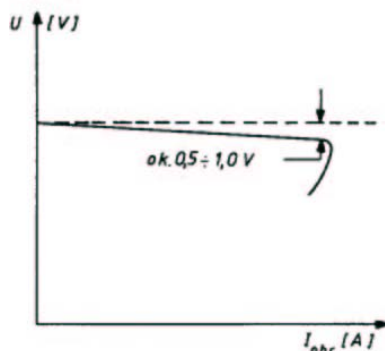
3.1.3 Charakterystyki regulatora napięcia

Znajomość charakterystyk regulatorów daje możliwość przewidzenia i zrozumienia ich poprawnej pracy w rzeczywistych warunkach. Poprawnie zaprojektowany i działający regulator powinien charakteryzować się stałością parametrów. Głównym parametrem jest wartość napięcia, jakim jest ładowany akumulator. Wartość ta nie może być zbyt wysoka i przekraczać określonego poziomu. Ewentualne uszkodzenie regulatora może nieść za sobą uszkodzenie akumulatora na skutek pojawienia się długotrwale zbyt wysokiego napięcia powodującego gazowanie akumulatora. Głównie bada się stałość napięcia uzależnioną od dwóch parametrów: prędkości obrotowej i prądu obciążenia.



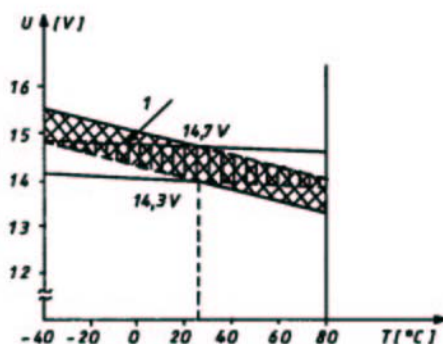
Rys 3.8 Charakterystyka regulatora napięcia $U=f(n)$

Ważną cechą regulatora powinna być stałość napięcia od prędkości obrotowej. Jak widać na zamieszczonej charakterystyce (Rys 3.8) napięcie to ma tendencję do niewielkiego liniowego wzrostu na skutek wzrostu prędkości obrotowej. Jak zaznaczono na rysunku przy maksymalnych wartościach prędkości obrotowej osiąganey przez alternator wzrost napięcia sięga $0,1 \div 0,2$ V. Wartość ta jest pomijalnie mała i nie ma wpływu na przyspieszenie zużycia akumulatora.



Rys 3.9 Charakterystyka regulatora napięcia $U=f(I_{obc})$

Powyżej przedstawiono charakterystykę prądowo – napięciową regulatora. Można zaobserwować, że dla dużych wartości prądu napięcie na wyjściu z regulatora maleje. Może to być związane z włączeniem dużej ilości odbiorników. Taka sytuacja często zachodzi głównie w okresie zimowym, gdy dodatkowo pracują różnego rodzaju urządzenia grzewcze. Urządzenia te znacznie obciążają alternator i tym samym przyczyniają się do obniżenia napięcia.



Rys 3.10 Charakterystyka temperaturowa pracy regulatora napięcia.

3.1.4 Objawy niesprawności alternatora

Poniżej przedstawiono objawy niesprawności alternatora uwidaczniające się poprzez świecenie lampki kontrolnej.

Tabela 2 Objawy niesprawności alternatora

Objawy niesprawności	Prawdopodobna przyczyna	Sposób dodatkowej kontroli
Lampka kontrolna świeci po wyłączeniu zapłonu	Zwarcie diody dodatniej (w radiatorze)	Zmierzyć napięcie na zaciskach akumulatora Sprawdzić diody dodatnie w radiatorze
Lampka kontrolna nie gaśnie po uruchomieniu silnika	Zwarcie diody ujemnej (w stojanie)	Zmierzyć napięcie na zaciskach akumulatora Sprawdzić diody ujemne w stojanie
Lampka kontrolna po uruchomieniu silnika przygasa, ale nie gaśnie	Zwarcie diody wzbudzenia	Sprawdzić diody wzbudzenia
Lampka kontrolna gaśnie dopiero po zwiększeniu prędkości obrotowej silnika	Uszkodzenie jednej fazy stojana	Sprawdzić uzwojenie faz stojana
Lampka kontrolna świeci słabiej w całym przedziale prędkości obrotowej	Uszkodzenie połączenia w uzwojeniu wzbudzenia	Sprawdzić uzwojenie faz stojana
Lampka kontrolna nie zaświeca się lub przy zwiększeniu prędkości obrotowej świeci coraz jaśniej	Uszkodzony regulator napięcia	Zmierzyć napięcie na zaciskach akumulatora Stwierdzić czy ubywa elektrolitu Sprawdzić regulator

4. Rozrusznik

Do rozruchu silników spalinowych stosuje się najczęściej rozruszniki elektryczne wytwarzające bardzo duży moment obrotowy. Rozrusznik taki składa się z silnika elektrycznego prądu stałego szeregowego, szeregowo-bocznikowego lub silnika z magnesami trwałymi, mechanizmu sprzęgającego i zębniaka, który sprzęga się na czas rozruchu z uzębionym wieńcem koła zamachowego silnika spalinowego. Po zazębieniu z wieńcem koła zamachowego silnika moment napędowy jest przenoszony przez zębniak (koło zębate) osadzony na wałku rozrusznika na wał korbowy silnika. Energia potrzebna do rozruchu jest pobierana z akumulatora. Rozrusznik wprawia w ruch koło zamachowe silnika. Wywołany w ten sposób ruch obrotowy wału korbowego jest zamieniany na ruch posuwisto-zwrotny tłoków w cylindrach. Momenty obrotowe oporów silnika występujące w czasie rozruchu - wywołane sprężaniem mieszanki paliwowej, tarciami tłoków, łożysk korbowych i wału korbowego, lepkością oleju i innymi czynnikami - są największe na początku rozruchu, a następnie znacznie maleją. Sumaryczny moment oporów tarcia zwiększa się przy rozruchu silnika po długotrwałym postoju w niskiej temperaturze, gdyż wtedy znacznie zwiększa się lepkość oleju. Ponadto, podczas rozruchu należy pokonać moment oporów bezwładności mas wirujących, głównie koła zamachowego, wału korbowego, korbowodu oraz napędzanych urządzeń pomocniczych: pomp, alternatora itp.

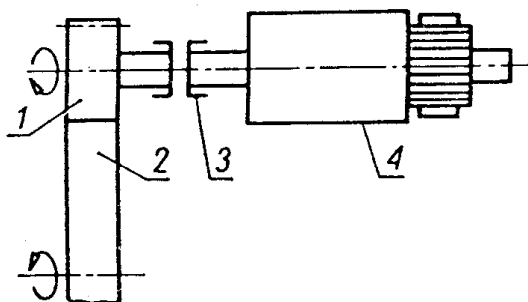
W fazie początkowej rozruchu następuje wytrącenie silnika ze stanu spoczynku i nadanie wałowi korbowemu ruchu obrotowego. Faza zasadnicza polega na doprowadzeniu do najmniejszej prędkości obrotowej, przy której dokonuje się zapłon paliwa w cylindrach. Prędkość ta jest nazywana prędkością obrotową rozruchu i wynosi:

- dla silników z zapłonem iskrowym (ZI) ok. (40÷ 70 obr/min),

- dla silników z zapłonem samoczynnym (ZS), w zależności od ich budowy (wtrysk bezpośredni lub z komorą wstępną, z podgrzewaniem wstępnym lub bez podgrzewania), ok. (100÷200 obr/min).

Bardzo ważnym elementem obwodu rozruchu jest akumulator. W warunkach normalnej eksploatacji przy uwzględnieniu warunków klimatycznych przyjmuje się, że w temperaturze -15°C obwód rozruchu powinien zapewnić odpowiednią liczbę rozruchów.

Przy wyborze wielkości rozrusznika uwzględnia się moment oporowy i prędkość obrotową. Wielkość rozrusznika jest podyktowana przede wszystkim względami ekonomicznymi. W przypadku gdy rozrusznik został umieszczony bezpośrednio na wale silnika, wymiary jego i masa musiałyby być duże. Dlatego też rozruszniki wyposaża się w koło zębate zwane zębnikiem tak, aby zapewnić właściwy moment obrotowy pozwalający przełamać wszelkie opory, jakie występują w silniku, zwłaszcza, gdy nie jest on użytkowany przez dłuższy czas. Zębniak sprzęga się na czas rozruchu z wieńcem koła zamachowego. Moment przenosi się z wałka rozrusznika na wał silnika spalinowego. Przy przełożeniach zawartych w granicach 1:8÷1:20 moment rozwijany w rozruszniku jest niewielki, małe są jego wymiary i masa, co jest w sumie bardzo korzystne. Zębniak nie musi być stale sprzęgnięty z kołem zamachowym, ponieważ nie jest to konieczne ze względu na dorywczy sposób pracy rozrusznika. Z punktu widzenia trwałości rozrusznika nie jest to zresztą dopuszczalne. Po uruchomieniu silnika spalinowego rozrusznik obracałby się bowiem z nadmierną prędkością i uległby zniszczeniu na skutek działania siły odśrodkowej. W czasie rozruchu rozrusznik kreci się z prędkością znamionową n_n i zapewnia wówczas prędkość obrotową wału korbowego np. 100 obr/min. W momencie, gdy silnik spalinowy osiągnąłby obroty biegu jałowego (t.j. ok. 1000 obr/min) to niewyżębiony rozrusznik pracowałby z prędkością $10 \times n_n$ co stanowi zbyt dużą krotność warunków znamionowych (w konstrukcjach nie zagrażających życiu ludzkiemu stosuje się współczynniki bezpieczeństwa rzędu $1,5 \div 2$). Dlatego też, w chwili, gdy silnik spalinowy zacznie pracować, zębniak powinien być jak najszybciej samoczynnie wyżębiony z wieńca koła zamachowego lub odłączony od wałka rozrusznika w sposób uniemożliwiający przekazywanie napędu z silnika do rozrusznika. To zadanie spełnia zespół sprzęgający rozrusznika (popularnie zwany Bendixem –sprzęgło jednokierunkowe z zębniakiem i sprężyną) .



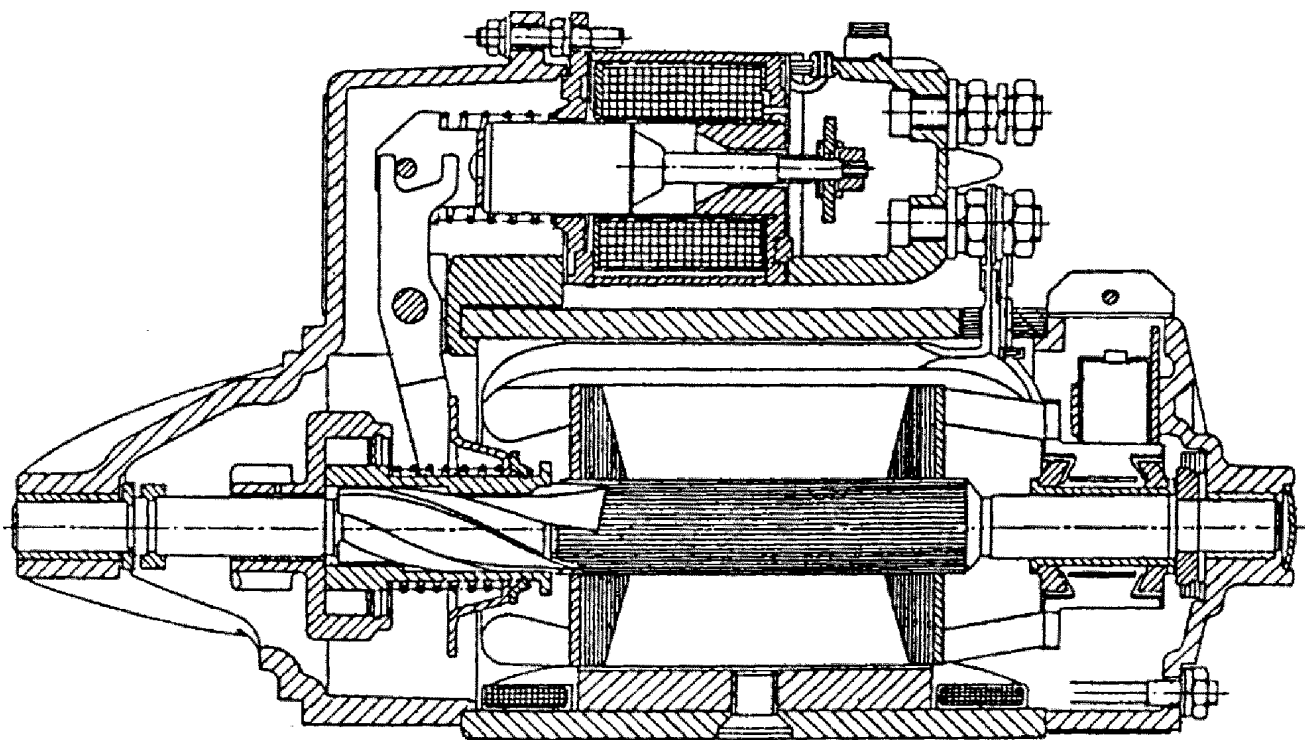
Rys 4.1 Zasada działania rozrusznika:

1 – zębniak, 2 – koło zamachowe, 3 – urządzenie sprzęgające, 4 – silnik prądu stałego

4.1 Budowa rozrusznika

4.1.1 Rozrusznik ze wzbudzeniem elektromagnetycznym

Silnik elektryczny wykorzystany do rozruchu silnika spalinowego jest dodatkowo wyposażony w dodatkowe podzespoły umożliwiające odpowiednią współpracę .



Rys 4.2 Przekrój rozrusznika

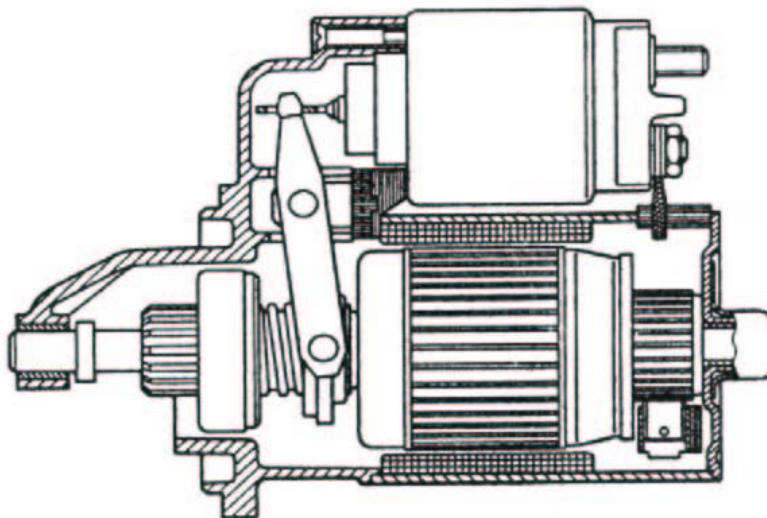
Podzespoły rozrusznika:

- *Korpus w kształcie walca wykonany ze stali o dużej przenikalności magnetycznej*
- *Bieguny i nabiegunniki magnetyczne, które są przymocowane do korpusu. Tworzą rdzenie obwodów magnetycznych, dzięki czemu rozkład pola magnetycznego w maszynie jest równomierny*
- *Uzwojenia wzbudzenia, które są wykonywane z drutu miedzianego i umieszczone na nabiegunnikach*
- *Komutator, który jest wykonany z wycinków miedzianych, izolowanych od siebie, do których połączony jest koniec jednej cewki. Do tego samego wycinka komutatora podłącza się również początek kolejnej cewki uzwojenia wirnika.*
- *Wałek stalowy, który osadzony jest w dwóch łożyskach. Na jednej ze stron wałka jest wyfrezowany wielowypust, który jest elementem mechanizmu sprzęgającego rozrusznika*
- *Mechanizm sprzęgający z wewnątrz wyfrezowanym wielowypustem*
- *Tarczę przednią, będącą jednocześnie obudową mechanizmu sprzęgającego*
- *Tarczę tylną, służącą do zamocowania tylnego łożyska*
- *Szczotko trzymacze umieszczone zwykle na tylnej tarczy*

4.1.2 Rozrusznik ze wzbudzeniem magnetoelektrycznym

W rozruszniku ze wzbudzeniem magnetoelektrycznym uzwojenia wzbudzenia występujące w klasycznym rozruszniku elektromagnetycznym zastąpione zostały magnesami trwałymi. Zmianie uległ zatem rodzaj wzbudzenia, jak również nastąpiła konieczność zastosowania przekładni planetarnej (zmniejszenie prądu rozrusznika przy zachowaniu momentu rozruchowego), natomiast budowa pozostałych części maszyny nie uległa zmianie. Przez długi czas nie produkowano rozruszników magnetoelektrycznych ze względu na brak magnesów o odpowiednich parametrach (BH_{max}), głównie ze względu na małe H_c . Dopiero

pojawienie się nowych materiałów a zwłaszcza magnesów ze stopów metali ziem rzadkich (np. Recoma 14) spowodowało, że zostały one zastosowane w rozrusznikach. Dopiero około roku 2000 firma Bosch opracowała specjalny rodzaj magnesu ferrytowego, który ze względu na parametry można było zastosować w rozrusznikach.



Rys 4.3 Rozrusznik magnetoelektryczny ze wzbudzeniem od magnesów trwałych

W maszynach elektromagnetycznych uzwojenie wzbudzenia wykonane z drutu miedzianego nawijane było na nabiegunkach przymocowanych do stojana, natomiast w maszynach magnetoelektrycznych magnesy trwałe są przyklejane do jarzma stojana lub mocowane za pomocą specjalnych rozpórek sprężystych.

Zastosowanie magnesów trwałych umożliwiło zmniejszenie masy i średnicy w stosunku do konstrukcji ze wzbudzeniem klasycznym. Mniejsze są również koszty wytwarzania oraz większa niezawodność ze względu na mniej skomplikowaną budowę.

Maszyny z magnesami trwałymi mają ok. 15÷20 % lepszą sprawność niż maszyna ze wzbudzeniem elektromagnetycznym. Bezpośredni wpływ na to ma wyeliminowanie uzwojenia wzbudzenia. Rozruszniki elektromagnetyczne mają przeważnie szeregowe uzwojenie wzbudzenia, więc przepływa przez nie całkowity prąd zasilający. Skutkiem tego są duże straty w uzwojeniu proporcjonalne do kwadratu przepływającego przez nie prądu, który powoduje wydzielanie się znacznych ilości ciepła. Dodatkowy spadek napięcia w uzwojeniu powoduje natomiast zmniejszenie napięcia na tworniku. Te słabe strony rozruszników elektromagnetycznych są wyeliminowane przez zastosowanie wzbudzenia od magnesów trwałych w rozrusznikach magnetoelektrycznych.

Maszyny z magnesami trwałymi mają też wady, do których należą między innymi możliwość rozmagnesowania magnesów. Nastąpić to może wskutek **poprzecznego oddziaływania prądu twornika**, podczas przepływu zbyt dużego prądu. Spowoduje to przekroczenie koercji magnesu trwałego, a w konsekwencji zniszczenie magnesów trwałych maszyny. (ze względu na występowanie zjawiska oddziaływania twornika tylko pod częścią nabiegunka stosuje się magnesy dwukomponentowe co obniża koszty) Niekorzystny wpływ dużych prądów ogranicza więc zakres mocy produkowanych rozruszników. Nie występuje to zjawisko w rozrusznikach elektromagnetycznych, gdzie ograniczeniem jest jedynie wytrzymałość izolacji na skutki efektów cieplnych.

W nowo produkowanych maszynach stawiane są wymagania ze względu na odporność magnesów na odmagnesowanie w stanach przeciążeń prądowych. Jeżeli maszyna odporna jest na przeciążenia prądowe sięgające kilkukrotnej wartości prądu znamionowego, procesy

dynamiczne tej maszyny przebiegają znacznie szybciej niż w maszynach elektromagnetycznych. Wpływ na magnesy a tym samym na pracę maszyny ma również temperatura. Zachowanie się magnesów przy zmianach temperatury określają współczynniki temperaturowe remanencji i koercji magnetycznej wyrażone w [%/K]. Współczynniki temperaturowe mówią o stabilności pracy maszyny w stanie zimnym i nagrzanym oraz o zmianie jej parametrów pod wpływem zmiany temperatury otoczenia. Jest to jedno z największych ograniczeń zastosowania magnesów szczególnie dla tak ważnej gałęzi, jaką jest przemysł motoryzacyjny.

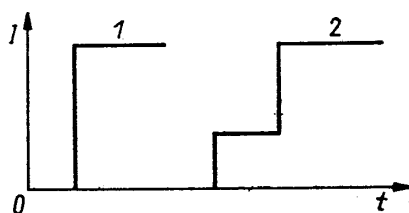
Najtańszym materiałem na magnesy trwałe są magnesy ferrytowe, które też są najczęściej stosowane w rozrusznikach. Wykorzystanie magnesów o lepszych właściwościach pozwala zmniejszyć masę silnika oraz zwiększyć jego sprawność. Od parametrów zastosowanych magnesów zależą wymiary obwodu magnetycznego oraz całej maszyny elektrycznej.

Na sprawność wpływ ma również stopień wykorzystania materiałów magnetycznie twardych. Najlepsze wykorzystanie następuje wtedy, gdy indukcja w szczelinie jest możliwie duża. Stąd wartość B_r magnesu jest jego ważnym parametrem.

Należy również zwrócić uwagę na większą długość magnesu w stosunku do długości części czynnej wirnika rozrusznika, w celu otrzymania większego strumienia. Jeżeli magnes jest dłuższy od twornika to prawie cały strumień będzie przechodził przez twornik.

4.2 Podział i budowa rozruszników

We współczesnych pojazdach samochodowych zazwyczaj są stosowane rozruszniki elektryczne wirujące. W rozruszniku najczęściej stosuje się silnik prądu stałego szeregowy, szeregowo-bocznikowy lub silnik z magnesami trwałymi. Wszystkie rozruszniki elektryczne są znormalizowane, aby wprowadzić możliwie najmniej typów i odmian. Dąży się przy tym do zapewnienia z jednej strony ekonomicznej produkcji, z drugiej strony do wymieniałości rozrusznika. Rozróżnia się rozruszniki wg rodzaju budowy mechanizmu sprzęgającego, napięcia znamionowego, mocy znamionowej, średnicy zewnętrznej, liczby zębów zębniaka, modułu zębniaka i kierunku wirowania. Rozruszniki o małej mocy włącza się jednostopniowo, natomiast w celu **ochrony zębniaka**, rozruszniki o dużej mocy włącza się dwustopniowo.



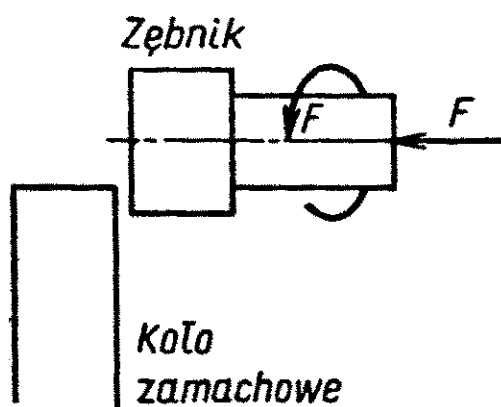
Rys 4.4 Schematyczny przebieg prądu rozruchowego w rozruszniku o włączaniu jednostopniowym (1) i dwustopniowym (2)

4.2.1 Mechanizmy sprzęgające rozruszników

Pod względem rodzaju budowy mechanizmu sprzęgającego rozróżnia się:

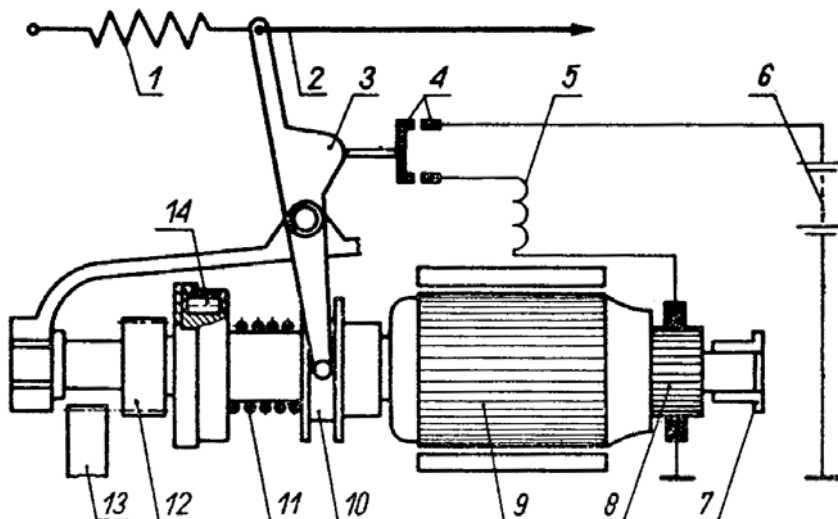
- *Rozrusznik ze śrubowym mechanizmem sprzęgającym o włączaniu jedno- lub dwustopniowym,*
- *Rozrusznik z przesuwным zębniem o włączaniu jedno- lub dwustopniowym*
- *Rozrusznik ze śrubowo – przesuwным zębniem*
- ▶ *Rozrusznik o przesuwным wirniku.*

Jednym z najmniejszych rozruszników produkowanych do pojazdów osobowych jest rozrusznik przeznaczony do Fiata 126p. Posiada on mechanizm sprzęgający z przesuwным zębniem. Schemat ideowy takiego rozwiązania przedstawia poniższy rysunek.



Rys 4.5 Schemat ideowy rozrusznika z przesuwным zębniem

W takim rozwiązaniu mechanizmu sprzęgającego jest tylko jedna część ruchoma. Jest nią zębnik, który pod wpływem siły F przesuwa się w płaszczyźnie poziomej.



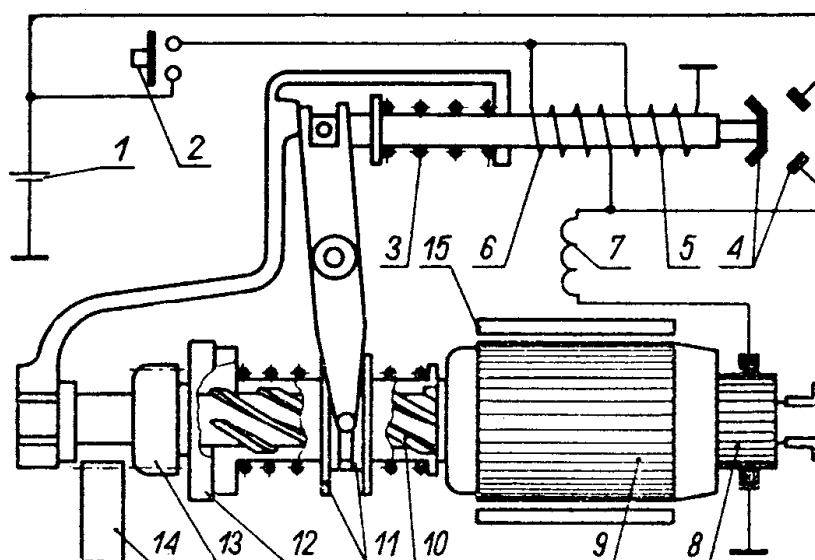
Rys 4.6 Budowa rozrusznika z przesuwным zębniem:

1 – sprężyna, 2 – cięgło, 3 – dźwignia włączająca, 4 – styki wyłącznika rozrusznika, 5 – uzwojenie wzbudzące, 6 – akumulator, 7 – łożysko, 8 – komutator, 9 – wirnik, 10 – tuleja prowadząca, 11 – sprężyna śrubowa, 12 – zębnik, 13 – wieńiec koła zamachowego, 14 – sprzęgło jednokierunkowe.

Pod naciskiem dźwigni 3 uruchomionej ręcznie, po wielowypuście przesuwa się osiowo zębnik 12 rozrusznika, prowadząc do zazębienia z wieńcem koła zamachowego 13. Po

całkowitym zazębieniu zamyka się wyłącznik 4 i wirnik 9 rozrusznika rozpoczyna pracę rozwijając maksymalny moment obrotowy. Jeśli podczas zazębienia ząb zębника natrafi na ząb wieńca, to sprężyna śrubowa 11 ściskana przez tuleję prowadzącą 10 powoduje dociskanie zębów, a jednocześnie następuje włączenie rozrusznika, dzięki czemu zazębienie dokonuje się natychmiast. Jednokierunkowe sprzęgło wałeczkowe 14 pełni funkcję ochronną, uniemożliwiając po uruchomieniu silnika przenoszenie momentu obrotowego z wału silnika spalinowego na rozrusznik. Bez takiego zabezpieczenia rozrusznik mógłby osiągać prędkość obrotową ok. 30 000 obr/min, co doprowadziłoby do jego zniszczenia. Wyzębienie zębника i jego powrót do pozycji wyjściowej następuje po zwolnieniu dźwigni przez sprężynę zwrotną 1.

Wiele konstrukcji rozruszników ma urządzenie sprzęgające ze śrubowo – przesuwным zębikiem. Rozruszniki są wyposażone w wyłącznik elektromagnetyczny. Służy on do przesunięcia zębника celem zazębienia z kołem zamachowym. W wyłączniku można wyróżnić dwa uzwojenia: trzymające i wciągające. Uzwojenie wciągające ma za zadanie początkowe sprzęgnięcie koła zamachowego i zębника, dlatego też charakteryzuje się większą średnicą drutu nawojowego, a to przekłada się na większą siłę elektromechaniczną. Uzwojenie trzymające ma za zadanie jedynie utrzymanie zębника w odpowiedniej pozycji. co nie wymaga tak dużej siły jak przy wciąganiu zębника. W związku z tym to uzwojenie wykonywane jest z drutu o mniejszej średnicy. (większa rezystancja ogranicza wartość prądu) co poprawia napięty bilans energetyczny w czasie rozruchu.



Rys 4.7 Budowa rozrusznika ze śrubowo - przesuwным zębikiem:

1 – akumulator, 2 – przycisk rozruchowy, 3 – sprężyna zwrotna, 4 – styki wyłącznika, 5 – uzwojenie trzymające, 6 – uzwojenie wciągające, 7 – uzwojenie wzbudzające rozrusznika, 8 – komutator, 9 – twornik, 10 – wielowypust śrubowy, 11 – tuleja prowadząca, 12 – sprzęgło jednokierunkowe, 13 – zębник, 14 – wieniec koła zamachowego, 15 – biegun rozrusznika.

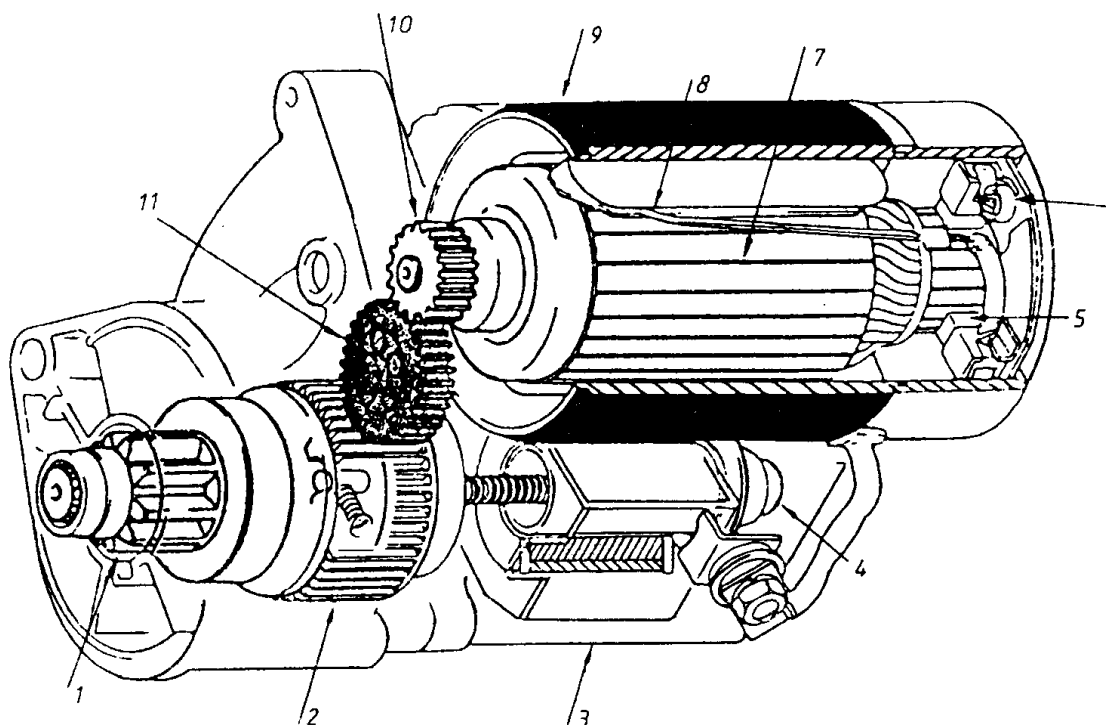
Jeżeli styki przycisku rozruchowego 2 są zwarte, to rdzeń wyłącznika elektromagnetycznego jest wciągany do jego wnętrza, powodując jednocześnie przesuwanie osiowe zębника 13 za pomocą dźwigni umieszczonej przegubowo w głowicy rozrusznika. Zębник ma ścięte zęby od strony czoła, co ułatwia zazębienie. Następnie zostają zwarte styki 4 wyłącznika elektromagnetycznego niezależnie od tego czy nastąpi zazębienie, czy też ząb zębника trafi na ząb koła zamachowego, gdyż zębник nie jest związany z dźwignią i jej tuleją sztywno. Po zamknięciu styków wyłącznika 4 rozrusznik zaczyna obracać się powodując natychmiastowe zazębienie zębника z kołem zamachowym. Proces zazębienia jest tu łagodniejszy niż w rozruszniku o przesuwным zębiku, ze względu na ruch skrętny zębника. Konstruując nowe

typy rozruszników, należy starać się zmniejszać wymiary gabarytowe i masy oraz zwiększać niezawodność. Masę zmniejsza się przez doskonalenie konstrukcji rozrusznika. Duży wpływ na zmniejszenie masy ma wybór optymalnego przełożenia między zębnikiem rozrusznika a kołem zamachowym silnika. We wszystkich nowych typach silników benzynowych przełożenie to jest nie mniejsze niż 15÷16.

4.2.2 Mechanizmy przeniesienia napędu rozruszników

4.2.2.1 Rozrusznik z reduktorem

Tego rodzaju rozrusznik, stosowany w wielu samochodach, zbudowany jest z typowych elementów wchodzących w skład rozrusznika o konwencjonalnej budowie i zasadzie działania: silnika prądu stałego, wyłącznika elektromagnetycznego, wałka z zębnikiem, sprzęgła jednokierunkowego itp.. Ponadto w tego rodzaju rozruszniku zamontowane zostało dodatkowe pośrednie koło zębate, usytuowane między kołem zębatym napędowym silnika prądu stałego a kołem zębatym sprzęgłowym



Rys 4.8 Budowa rozrusznika z reduktorem:

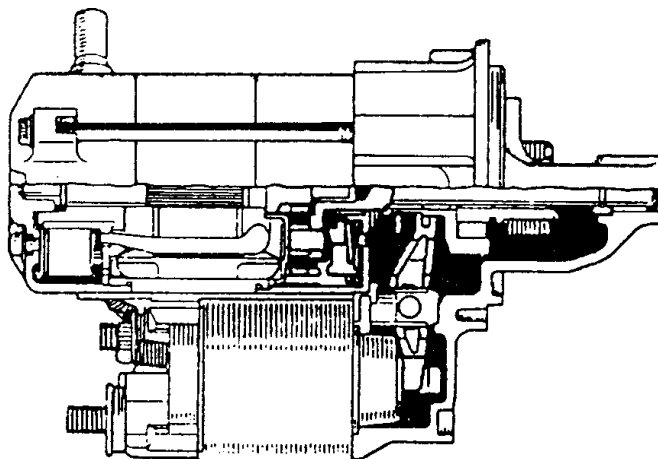
1 – zębniak, 2 – sprzęgło jednokierunkowe, 3 – wyłącznik elektromagnetyczny, 4 – rdzeń wyłącznika elektromagnetycznego, 5 – szczotka, 7 – twornik silnika, 8 – cewka magneśnicy, 9 – jarzmo magneśnicy, 10 – koło zębate napędowe, 11 – pośrednie koło zębate.

Dodatkowe koło zębate redukuje prędkość obrotową silnika elektrycznego prądu stałego (przełożenie 1:3 lub 1:4) i przenoszą napęd na zębniak. Na uwagę zasługuje fakt, że wyłącznik elektromagnetyczny jest położony na tej samej osi co zębniak. Rdzeń wyłącznik przesuwany, zatem zębniak bez dodatkowej dźwigni prowadzi bezpośrednio sprzęgając go z wieńcem koła zamachowego. Ten rodzaj rozrusznika wytwarza znacznie większy moment obrotowy niż rozrusznik konwencjonalny o podobnej masie i wymiarach. Proces zazębienia zębniaka rozrusznika z wieńcem koła zamachowego przebiega podobnie, jak w przypadku rozrusznika konwencjonalnego ze śrubowo – przesuwającym zębniakiem o włączeniu jednostopniowym. Należy oczywiście uwzględnić fakt, że konstrukcja urządzenia

sprzęgającego jest taka, że wyłącznik elektromagnetyczny jest położony na tej samej osi co zębnik.

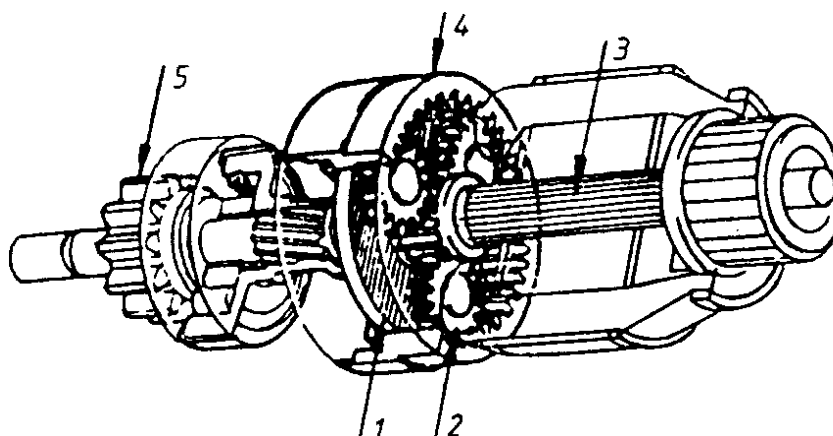
4.2.2.2 Rozrusznik z przekładnią planetarną

W tego rodzaju rozrusznikach do redukcji prędkości obrotowej silnika elektrycznego prądu stałego stosowana jest przekładnia planetarna.



Rys 4.9 Widok rozrusznika z przekładnią planetarną

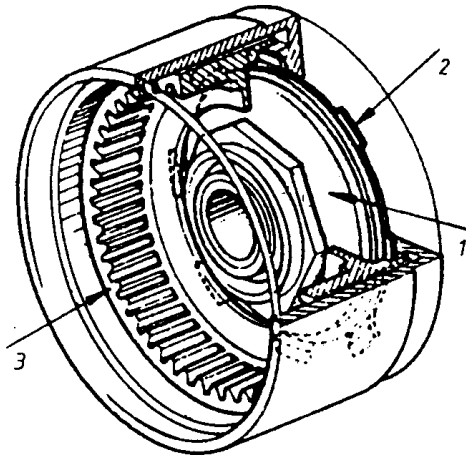
Redukcji prędkości obrotowej silnika elektrycznego prądu stałego dokonują trzy satelity i koło wieńcowe o uzębieniu wewnętrznym stanowiące przekładnię planetarną. Podczas obrotu silnika elektrycznego (wałka twornika), satelity obracają się w przeciwnym kierunku, usiłując obrócić koło wieńcowe. Ponieważ koło to jest unieruchomione, satelity muszą odtaczać się po kole centralnym utwierdzonym na wałku twornika. Satelity za pośrednictwem kosza obracają wałkiem wyjściowym przekładni. Przełożenia w tej przekładni wynoszą na przykład odpowiednio 11:15:43 (koło centralne: satelity: koło wieńcowe). Zatem całkowite przełożenie wynosi 5. Oznacza to, że prędkość obrotowa wałka wyjściowego jest około pięciokrotnie mniejsza od prędkości obrotowej wałka twornika.



Rys 4.10 Mechanizm redukcji prędkości obrotowej w rozruszniku z przekładnią planetarną:

1 – wałek wyjściowy i kosz satelitów, 2 – satelita, 3 – wałek twornika, 4 – koło wieńcowe, 5 - zębnik

Podczas normalnej pracy koło wieńcowe jest unieruchomione, ale jeżeli w rozruszniku pojawi się zbyt duży moment obrotowy, zacznie się obracać i wytraci nadwyżkę momentu. W ten sposób przed uszkodzeniem jest zabezpieczony zarówno twornik, jak i inne części z nim związane i współpracujące. Koło wieńcowe przenosi obciążenie na tarczę sprzęgłową, która jest dociskana do koła sprężyną talerzową. Gdy pojawi się zbyt duży moment obrotowy do przeniesienia, siła obwodowa na kole pokonuje siłę tarcia wytwarzaną dociskiem sprężyny i koło wieńcowe zaczyna się obracać. Tym sposobem nadmiar momentu obrotowego jest absorbowany jako moment tarcia.

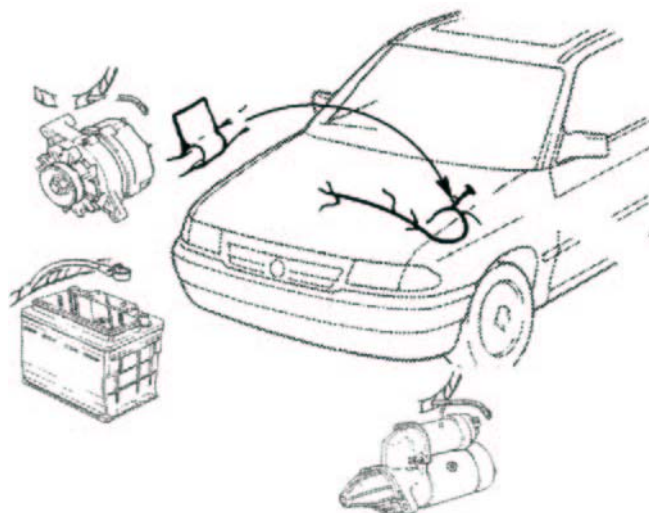


Rys 4.11 Sprzęgło przeciążeniowe rozrusznika z przekładnią planetarną:

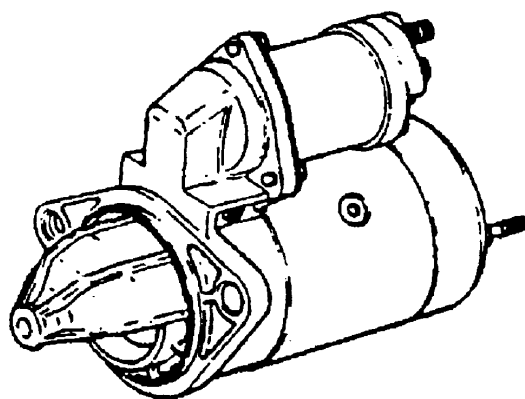
1 – sprężyna talerzowa, 2 – tarcza sprzęgła, 3 – koło wieńcowe.

4.3 Rozrusznik w samochodzie Opel Astra

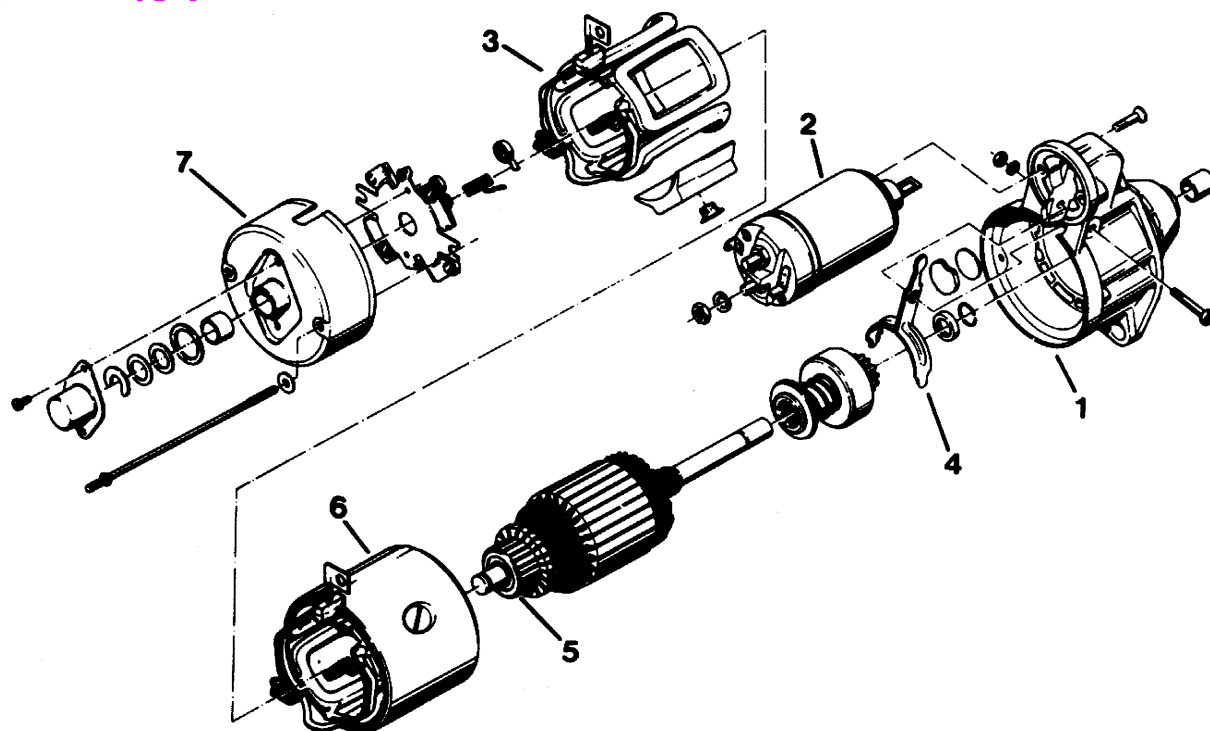
W samochodach z silnikami o zapłonie iskrowym są stosowane rozruszniki firmy Bosch lub Délco-Remy. Oba typy rozruszników mają podobną budowę. Samochody z silnikami wysokoprężnymi z doładowaniem są wyposażone w rozruszniki firmy Hitachi. Samochody z silnikiem X16SZR wyposażano w rozruszniki firmy Bosch. Model rozrusznika oznaczono symbolem Bosch DM 12V 0,9kW.



Rys 4.12 Rozmieszczenie głównej wiązki kablowej w samochodzie Opel Astra



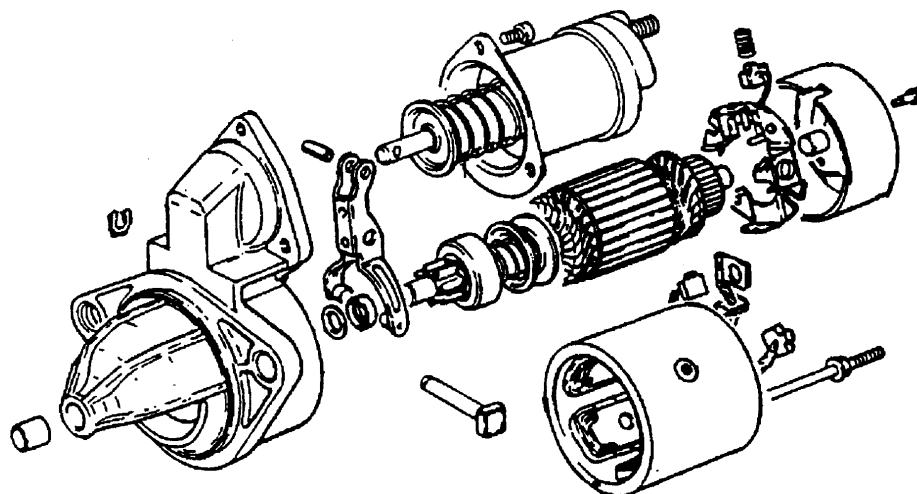
Rys 4.13 Wygląd rozrusznika Bosch DM 12V 0,9kW.



Rys 4.14 Części składowe rozrusznika Bosch DM 12V 0,9kW:

1 – obudowa, 2 – wyłącznik elektromagnetyczny, 3 – uzwojenie stojana, 4 – dźwigenka sprzęgająca, 5 – komutator, 6 – magnetowód, 7 – obudowa komutatora.

Powyżej przedstawiono części składowe rozrusznika Bosch DM 12V 0,9kW. Jest to rozrusznik ze śrubowo – przesuwным zębniem. Za zazębienie w tym rozruszniku odpowiada dźwigenka sprzęgająca, która jest zamocowana do wyłącznika elektromagnetycznego. Pod wpływem impulsu elektrycznego stworzeń w wyłączniku elektromagnetycznym wykonuje ruch przenoszący się na dźwigenkę. Powoduje to zasprężenie zębni z kołem zamachowym silnika spalinowego. Silnik elektryczny użyty do budowy tego rozrusznika jest silnikiem szeregowym prądu stałego. Posiada on dwie pary biegunów na uzwojeniu wzbudzenia. Uzwojenie to znajduje się na stojanie 3. Cewki tego uzwojenia umieszczone są wewnątrz cylindrycznego magnetowodu 6. Wirnik silnika wsparty jest na dwóch łożyskach. Jedno z nich zamontowane jest wewnątrz obudowy komutatora, drugie natomiast umieszczone jest w obudowie 1. Komutator 5 posiada 36 wycinków. Układ szczotko trzymacza jest umieszczony w obudowie komutatora 7. Całość maszyny po złożeniu jest skręcona za pomocą dwóch szpilek. Wyłącznik elektromagnetyczny jest przymocowany do obudowy 1 za pomocą dwóch śrub M6.



Rys 4.15 Umieszczenie elementów rozrusznika Bosch DM 12V 0,9kW.

Poniżej przedstawiono kilka wybranych parametrów rozrusznika, pozwalających na ocenę jego stanu technicznego.

Tabela 3 Parametry rozrusznika Bosch DM 12V 0,9kW

Lp	Badany parametr	Symbol	Wartość	Jednostka
1	Prędkość obrotowa biegu jałowego	n_0	>5500	obr/min
2	Prąd biegu jałowego	I_0	<45	A
3	Napięcie biegu jałowego	U_0	11,5	V
4	Prąd zwarcia początkowy(maszyna zatrzymana)	I_{k1}	350÷450	A
5	Napięcie zwarcia początkowe(maszyna zatrzymana)	U_{k1}	5,7	V
6	Prąd zwarcia końcowy(maszyna zatrzymana)	I_{k2}	400÷500	A
7	Napięcie zwarcia końcowe(maszyna zatrzymana)	U_{k2}	6,7	V
8	Napięcie włączenia wył. elektromagnetycznego.	U_w	8	V
9	Prąd włączenia wył. elektromagnetycznego.	I_w	35÷40	A
10	Minimalna długość szczotek	L	3	mm
11	Minimalna średnica komutatora	D_1	33,5	mm

4.4 Charakterystyki rozrusznika

Rozruszniki samochodowe charakteryzują się:

- Zasilaniem ze źródła o ograniczonej mocy i pojemności elektrycznej, co powoduje, że napięcie na zaciskach rozrusznika podczas pracy nie jest stałe i maleje dość znacznie ze wzrostem obciążenia;
- Pracą dorywczą, podczas której temperatura uzwojeń zazwyczaj nie przekracza wartości dopuszczalnej, a więc nie jest czynnikiem ograniczającym moc rozrusznika;
- Możliwością pełnego zahamowania i pracy bez obciążenia, co odpowiada w pierwszym przypadku zerowej prędkości obrotowej i maksymalnemu momentowi w pierwszej fazie procesu rozruchu, w drugim - pracy w stanie jałowym.

Poniżej przedstawiono schemat połączeń obwodu rozruchu z zaznaczeniem charakterystycznych elementów składowych. Na podstawie tego rysunku napięcie U_R na zaciskach rozrusznika w stanie ustalonym można obliczyć z zależności:

$$U_R = E_A - (R_w + R_p)I \quad [4.1]$$

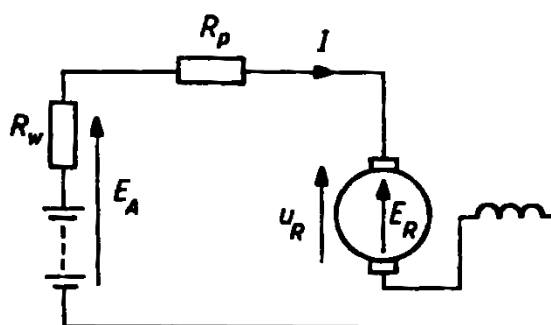
gdzie:

E_A – siła elektromotoryczna akumulatora [V]

R_w – rezystancja wewnętrzna akumulatora [Ω].

R_p – rezystancja przewodów łączących rozrusznik z akumulatorem [Ω].

I – prąd pobierany przez rozrusznik [A].



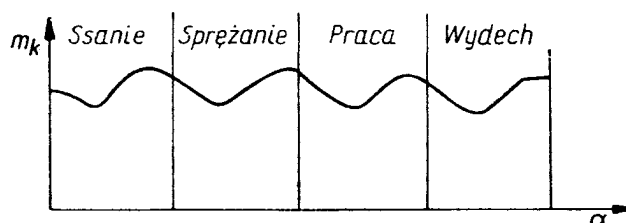
Rys 4.16 Schemat połączeń elektrycznych obwodu rozruchu.

Również bardzo ważnym jest znajomość momentów oporowych jakie występują w silniku. Ogólnie można podzielić je na statyczne i dynamiczne. Moment statyczny zawiera dwie składowe:

- *Moment statyczny bierny (moment strat na tarcie suche i lepkie),*
- *Moment statyczny czynny (moment strat na kompresję).*

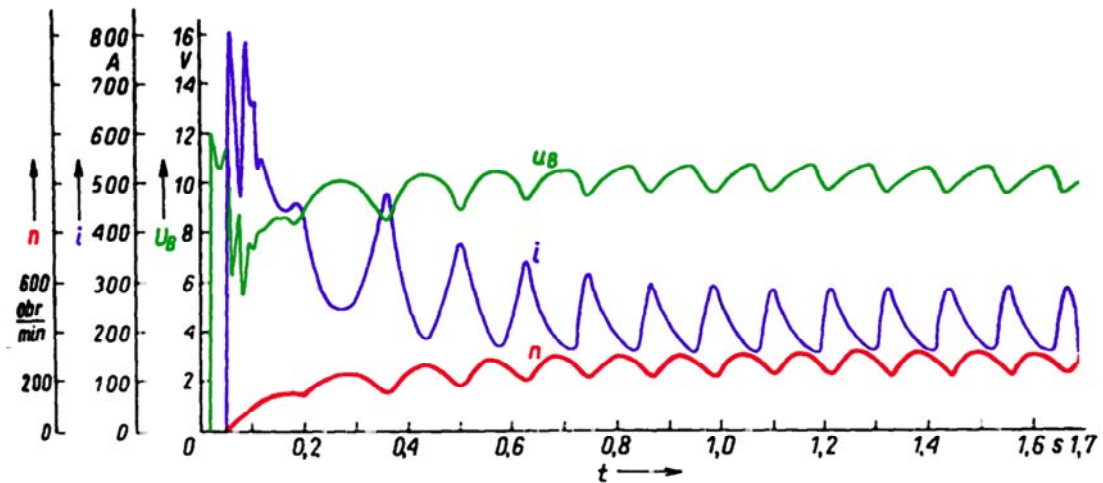
Moment dynamiczny również zawiera dwie składowe:

- *Składowa związana ze zmianą prędkości obrotowej*
- *Składowa związana ze zmianą energii kinetycznej wskutek zmian momentu bezwładności*



Rys 4.17 Przebieg momentu statycznego czynnego w silniku czterosuwowym

Bardzo ważnym jest znajomość wartości jakie maszyna osiąga w pierwszych chwilach pracy (w tzw. stanie nieustalonym). Dalej zostaną zaprezentowane na wykresie czasowym przebiegi napięcia u_B , prądu i oraz prędkości obrotowej n . Należy sobie uświadomić, że rozrusznik w początkowej fazie pracy pracuje jak maszyna elektryczna w stanie zwarcia. Dlatego też na wykresie daje się zaobserwować tak gwałtowny skok prądu, jak również spadek napięcia.



Rys 4.18 Przebiegi elektromechaniczne rozrusznika samochodowego

Kolejnym ważnym parametrem jest moc elektromagnetyczna rozwijana przez rozrusznik. Można ją przedstawić za pomocą wzoru:

$$P_{em} = EI \quad [4.2]$$

Dalej korzystając z ogólnego równania napięciowego moc można przedstawić:

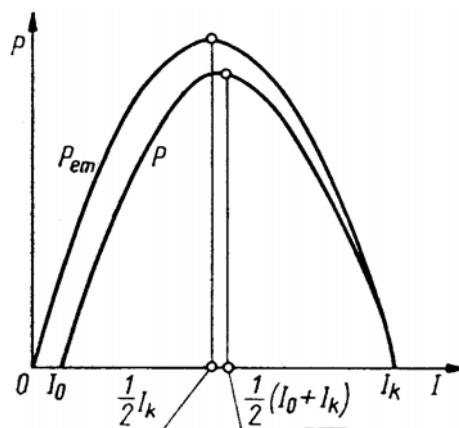
$$P_{em} = (E_A - \Delta U_s)I - RI^2 \quad [4.3]$$

W celu znalezienia wyrażenia na moc maksymalną rozwijaną przez rozrusznik można napisać:

$$\frac{dP_{em}}{dI} = (E_A - \Delta U_s) - 2RI = 0 \quad [4.4]$$

Z powyższego wyrażenia należy obliczyć prąd, przy którym moc elektromagnetyczna osiąga wartość maksymalną:

$$I_{P_{em} \max} = \frac{E_A - \Delta U_s}{2R} = \frac{1}{2} I_k \quad [4.5]$$



Rys 4.19 Charakterystyki mocy rozrusznika.

Na wykresie zaznaczono moc elektromagnetyczną P_{em} jak również moc na wale rozrusznika P . Moc na wale jest to moc elektromagnetyczna pomniejszona o straty mechaniczne ΔP_m i straty w żelazie ΔP_{Fe} .

Dzieląc moc na wale przez prędkość kątową, otrzymuje się moment użyteczny:

$$M = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{n} \cdot \frac{60}{2\pi} \quad [4.6]$$

gdzie:

P – moc rozrusznika [W]

ω – prędkość obrotowa [rad/s]

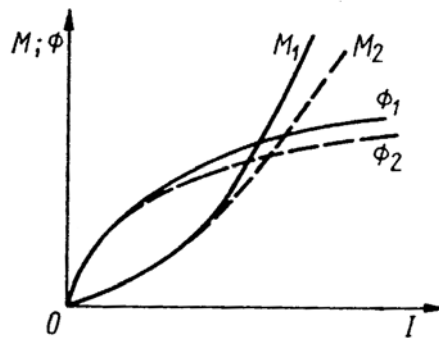
Moment użyteczny jest mniejszy od momentu elektromagnetycznego o straty związane z tarciami, przemagnesowywaniem stali i prądami wirowymi występującymi w tworniku. Moment elektromagnetyczny silnika szeregowego jest określany zależnością:

$$M_{em} = c_M I \Phi \quad [4.7]$$

gdzie:

$$c_M = \frac{pN}{2\pi a} \text{ - stała konstrukcyjna silnika,}$$

p – liczba par biegunów, N – liczba prętów twornika, a – liczba par gałęzi równoległych.



Rys 4.20 Charakterystyka $M=f(I)$

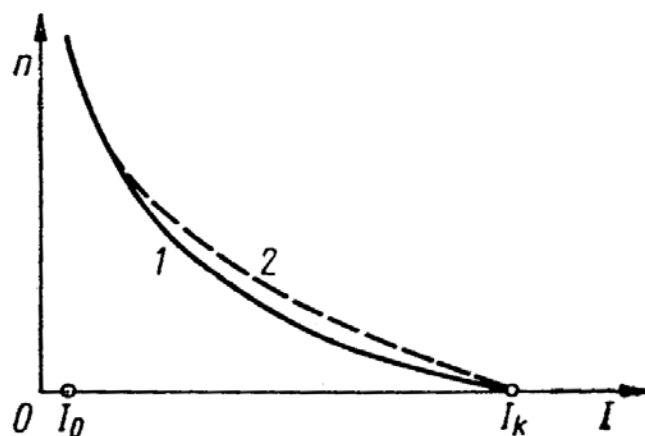
1 – przy pominięciu oddziaływania twornika, 2 – z uwzględnieniem oddziaływania twornika (rzeczywista)

Prędkość obrotowa silnika jest określana zależnością:

$$n = \frac{E}{c_E \Phi} \quad [4.8]$$

gdzie:

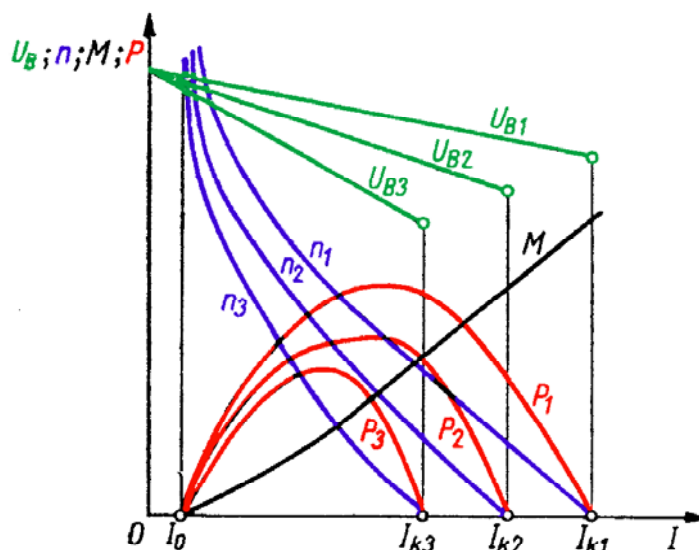
$$c_E = \frac{pN}{a60} \text{ - stała konstrukcyjna silnika}$$



Rys 4.21 Charakterystyka $\eta=f(I)$:

1 – przy pominięciu oddziaływania twornika, 2 – z uwzględnieniem oddziaływania twornika (rzeczywista)

Bardzo ważnym elementem wyznaczania charakterystyk rzeczywistych jest uwzględnienie wpływu zmian pojemności akumulatora. Poniżej przedstawiono zbiór charakterystyk statycznych uwzględniających te zmiany. Im większa jest pojemność akumulatora, tym mniejsza jest jego rezystancja wewnętrzna, dzięki czemu charakterystyka $U_B=f(I)$ ma przebieg zbliżony do prostej poziomej. Przy określonym obciążeniu wyższe jest napięcie na zaciskach akumulatora, (mniejszy spadek napięcia na rezystancji wewnętrznej źródła), a rozrusznik osiąga większą prędkość obrotową i moc. Jednocześnie prąd zwarcia silnika wzrasta, co powoduje wzrost momentu rozruchowego.



Rys 4.22 Zależność charakterystyk statycznych rozrusznika od pojemności akumulatora

4.5 Zmiany parametrów rozrusznika

Moc maksymalna rozrusznika zależy od:

- Wartości siły elektromotorycznej akumulatora,
- Spadku napięcia na szczotkach,
- Rezystancji obwodu rozruchu (rezystancji wewnętrznej akumulatora, przewodów łączących oraz uzwojeń twornika i wzbudzenia rozrusznika)

Wartość siły elektromotorycznej akumulatora w stanie nieobciążonym zależy od stanu naładowania akumulatora i od jego pojemności elektrycznej. Producent podaje więc minimalną wartość pojemności elektrycznej akumulatora, przy której rozrusznik powinien pracować i osiągać wystarczającą moc i duży moment obrotowy. Należy w rozruszniku stosować szczotki o małym spadku napięcia, jednak zbyt mały spadek napięcia pogarsza warunki komutacji i powoduje szybkie zużywanie się komutatora. Z tych powodów stosuje się w rozrusznikach szczotki miedzio-grafitowe o obniżonej wartości spadku napięcia. Szczotki te przyczyniają się do szybszego zużycia komutatora, ponieważ jednak praca rozrusznika ma charakter dorywczy, użycie twardszych szczotek nie powoduje konieczności zbyt częstego przetaczania komutatora. Przewody łączące rozrusznik z akumulatorem i masą powinny mieć możliwie małą rezystancję. Ich przekroje powinno dobierać się tak, aby spadki napięcia podczas przepływu prądu zwarcia nie przekraczały 4% napięcia znamionowego. Rezystancja wewnętrzna akumulatora maleje wraz ze zwiększaniem jego pojemności elektrycznej. Zatem, im większa jest pojemność elektryczna akumulatora, tym wyższe jest napięcie zasilania rozrusznika, a więc tym większą moc może on rozwijać. Z obniżeniem temperatury rezystancja wewnętrzna, akumulatora wzrasta, ponieważ współczynnik cieplny rezystancji elektrolitu jest duży oraz akumulator cechuje stosunkowo duża bezwładność cieplna. W efekcie, czego rezystancja obwodu rozruchu zwiększa się, a więc moment i moc rozrusznika maleją wraz z obniżaniem się temperatury otoczenia. Ponadto przewody i uzwojenia nagrzewają się pod wpływem prądu rozruchu i mogą mieć również wpływ na zmianę rezystancji obwodu. (z powodów temperaturowych narzuca się ograniczenia na czas rozruchu i częstotliwość powtarzania kolejnych prób)

4.6 Naprawa rozrusznika

W samochodach Opel Astra z silnikami o zapłonie iskrowym są stosowane rozruszniki firmy Bosch lub Délco-Remy. Oba typy rozruszników mają podobną budowę. Samochody z silnikami wysokoprężnymi z doładowaniem są wyposażone w rozruszniki firmy Hitachi.

Jeżeli rozrusznik nie działa, to możliwe są następujące przyczyny:

- *Wyładowany akumulator,*
- *Skorodowane bieguny akumulatora,*
- *Luźno mocowane zaciski na akumulatorze,*
- *Zużyte szczotki rozrusznika;*
- *Przebicie do masy w uzwojeniu wirnika lub stojana,*
- *Zużyty komutator.*

Przyczyną zbyt małej prędkości obrotowej rozrusznika mogą być:

- *Zużyte szczotki rozrusznika,*
- *Zwarcie w uzwojeniu wirnika lub stojana.*

Przed przystąpieniem do sprawdzenia rozrusznika skontrolować, czy akumulator jest w pełni naładowany oraz czy są sprawne połączenia rozrusznika i akumulatora. Jeżeli rozrusznik obraca silnik z szarpnięciami i w sposób głośny, to należy sądzić, że albo jest uszkodzony zębnik rozrusznika, albo jest wyłamanych kilka zębów na kole zamachowym.

4.6.1 Wymiana rozrusznika

Rozrusznik jest umieszczony z tyłu silnika, z prawej strony. W celu demontażu rozrusznika należy wykonać następujące czynności:

- *Ustawić przód samochodu na podstawkach*
- *Odłączyć przewód masowy akumulatora (odłączenie bieguna ujemnego zapobiega zwarciom przy innych pracach)*
- *Od wyłącznika elektromagnetycznego odkręcić przewód zasilający z akumulatora*
- *Ściągnąć przewody z zacisków " 16" i „50”*
- *Odkręcić rozrusznik od silnika, zdejmując przy tym dolne mocowanie przewodu masowego.*

Rozrusznik montuje się w porządku odwrotnym. Śruby mocujące dokręcić momentem 25 Nm.

4.6.2 Demontaż rozrusznika

W celu rozebrania rozrusznika należy wykonać następujące czynności:

- *Odkręcić dwa wkręty mocujące pokrywę tylną od obudowy komutatora*
- *Zdjąć z wirnika półpierścien mocujący, podkładkę (podkładki) regulacyjną i uszczelkę gumową*
- *Wykręcić obie śruby przelotowe ściągające korpus rozrusznika i zdjąć obudowę komutatora*
- *Wyjąć szczotki ze szczotko trzymacza i zsunąć szczotko trzymacz z wirnika*
- *Odkręcić nakrętkę przy wyłączniku elektromagnetycznym i odłączyć przewód wychodzący z uzwojenia stojana*
- *Odkręcić dwa wkręty mocujące wyłącznik elektromagnetyczny do głowicy rozrusznika. Odczepić wyłącznik od dźwigienki sprzęgającej i wyjąć*
- *Wykręcić oś dźwigienki sprzęgającej*
- *Odsunąć głowicę od kadłuba i wyjąć dźwigienkę sprzęgającą*
- *Pierścień oporowy na wirniku przesunąć w stronę koła zębatego. Znajdujący się pod spodem pierścien zabezpieczający podważyć wkrętakiem, a następnie usunąć z wirnika*
- *Zdjąć zespół sprzęgający.*

Wszystkie wymontowane części umyć w benzynie ekstrakcyjnej. Uzwojenia powinny mieć krótkotrwały kontakt z benzyną i należy je osuszyć sprężonym powietrzem. Przed zdemontowaniem uzwojeń wzbudzenia należy zaznaczyć nabiegunniki, aby mogły powrócić na swoje miejsce. Wyrobite tulejki ślizgowe (łożyska) wirnika trzeba wybić z gniazd odpowiednim trzpieniem. Nowe tulejki przeznaczone do zamontowania muszą być moczone w oleju silnikowym przynajmniej przez 30 minut. Tulejki wciska się do zrównania z krawędzią otworu. Rozrusznik składa się w kolejności odwrotnej do opisanej. Posmarować olejem silnikowym uzębienie na wirniku, miejsca ślizgowe dźwigienki sprzęgającej i zespołu sprzęgającego. Na wirnik założyć nowy pierścień zabezpieczający.

Po wymianie uzwojenia stojana należy ustawić nabiegunniki dokładnie równolegle do osi wirnika i dokręcić wkręty nabiegunników. Zwracać przy tym uwagę na prawidłowe położenie tulejki gumowej w obudowie.

4.6.3 Rozebranie rozrusznika Bosch DM 12V 0,9kW

Rozrusznika nie wolno mocować za kadłub.

- Umocować rozrusznik w imadle, zaciskając jego kołnierz
- Odkręcić dwa wkręty i zdjąć tylną pokrywę
- Zsunąć z wirnika półpierścień mocujący i podkładkę (-ki) regulacyjną
- Wykręcić obie śruby przelotowe i odsunąć obudowę komutatora od kadłuba
- Odlączyć przewód uzwojeń wzbudzenia dochodzący do wyłącznika elektromagnetycznego
- Ściągnąć z głowicy kadłub z wirnikiem i szczotko trzymaczem. Zwrócić uwagę na pierścień filcowy
- Wykręcić z głowicy trzy śruby (we wcześniejszych wykonaniach dwie śruby) mocujące wyłącznik elektromagnetyczny
- Zdjąć wyłącznik elektromagnetyczny ze sprężyną, odczepiając przy tym zworę od dźwigienki sprzęgającej
- Wyjąć gumowy klin uszczelniający
- Wyjąć z głowicy zespół sprzęgający z przekładnią planetarną
- Odciągnąwszy ramiona dźwigienki sprzęgającej, odłączyć ją od sprzęgła jednokierunkowego.
- Wbijając cofnąć pierścień oporowy na wałku przekładni planetarnej
- Wkrętakiem rozsunąć nieco pierścień sprężysty
- Z wałka ściągnąć pierścień sprężysty, pierścień oporowy i zespół sprzęgający
- Z kadłuba wyciągnąć wirnik ze szczotko trzymaczem
- Zdjąć szczotko trzymacz z komutatora, zwracając uwagę na sprężyny

Rozrusznik składa się w odwrotnej kolejności. Używając pasty z dodatkiem dwusiarczku molibdenu, posmarować uzębienie na wałku przekładni planetarnej.

4.6.4 Naprawa elementów rozrusznika

Po umyciu wszystkich części w benzynie ekstrakcyjnej i przedmuchaniu w celu wysuszenia należy dokonać ich weryfikacji. Uszkodzone elementy należy wymienić.

4.6.4.1 Szczotki

W rozruszniku należy w celu kontroli wyciągnąć sprężyny i szczotki z płytki szczotko trzymacza. Określić stopień zużycia szczotek. Szczotki należy wymieniać w komplecie, nawet jak tylko jedna osiągnęła graniczne zużycie. Wymiana szczotki wymaga odlutowania przewodu plecionego. W rozruszniku typu DW wymianie podlega cały szczotko trzymacz, kiedy długość szczotek zmniejszyła się poniżej 8 mm. Szczotko trzymacz nadający się do ponownego zmontowania należy oczyścić. W razie potrzeby dogiąć sprężyny dociskające.

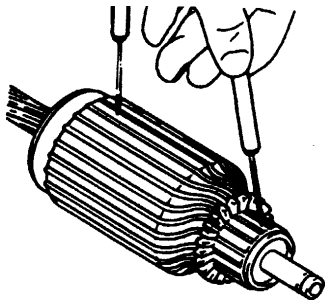
4.6.4.2 Komutator

Powierzchnia komutatora powinna być gładka, nie może mieć żadnych rowków ani śladów wypaleń. Powierzchnię należy przetrzeć szmatką nasączoną czterochlorometanem lub benzyną ekstrakcyjną. Silniejsze zanieczyszczenia i narosty można usunąć drobnoziarnistym płótnem ściernym, obracając przy tym powoli wirnik. Umocować wirnik w tokarce i dokładnie

wycentrować. Owalizacja komutatora może wynosić maksymalnie 0,03 mm. Szlifując komutator zachować dopuszczalną, minimalną średnicę. Po obróbce usunąć mikę między działkami komutatora (np. piłką) na głębokość około 0,5 mm poniżej bieżni. Wirnik ze zużytym komutatorem należy wymienić. Spalone uzwojenie komutatora wskazuje na istnienie zwarcia w wirniku.

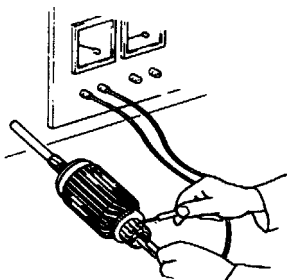
4.6.4.3 Wirnik

Wirnik nie podlega naprawie i w przypadku uszkodzenia musi być wymieniony. Przebicie na masę wirnika sprawdza się omomierzem lub prądem przemiennym 110 V.



Rys 4.23 Poszukiwanie przebicia izolacji w wirniku

Jedną z końcówek próbnika należy dotknąć do pakietu blach wirnika, a drugą do jednej z działek komutatora Rys 4.23. Jeżeli omomierz (lub lampka) wykażą przepływ prądu, świadczy to o uszkodzeniu izolacji wirnika. Sprawdzić zwarcie międzyzwojowe wirnika, podłączwszy omomierz do komutatora (Rys 4.24).



Rys 4.24 Poszukiwanie zwarcia międzyzwojowego w wirniku

Należy mierzyć rezystancję między dwoma działkami komutatora. Rezystancja powinna być jednakowa dla wszystkich działek. Jeżeli jedna z mierzonych wartości jest mniejsza, oznacza to zwarcie międzyzwojowe i konieczność wymiany wirnika.

4.6.4.4 Wyłącznik elektromagnetyczny

W celu sprawdzenia należy próbnik podłączyć do zacisku przewodu zasilającego i do masy. Brak świecenia żarówki próbnika oznacza konieczność wymiany wyłącznika elektromagnetycznego.

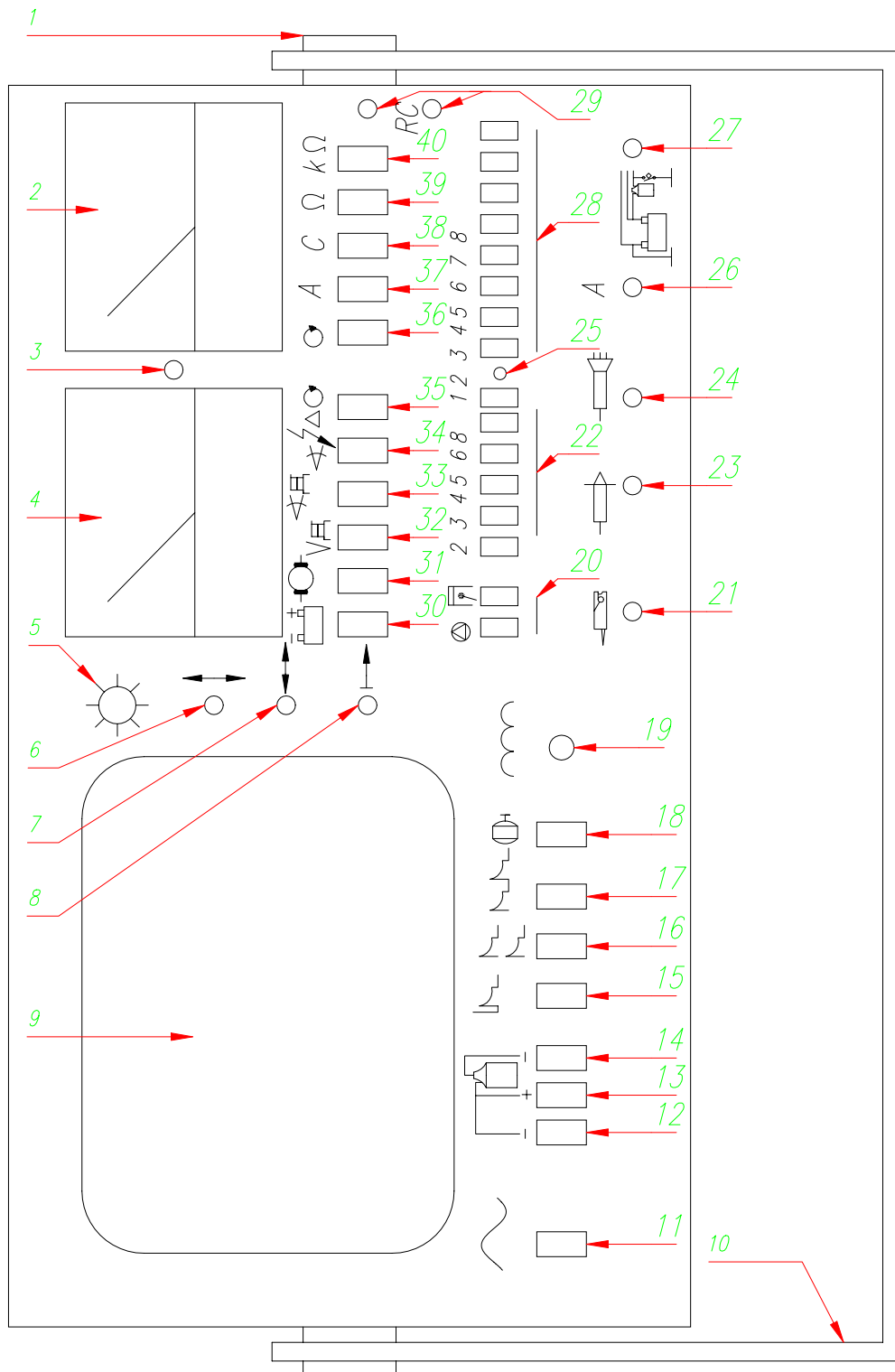
4.6.4.5 Uzwojenie stojana

Wymienić spalone uzwojenie. W celu kontroli podłączać lampkę próbnika między kolejne końcówki uzwojenia a obudowę. Żarówka nie powinna się zaświecić. Przerwę w uzwojeniu można sprawdzić, podłączwszy lampkę próbnika szeregowo między akumulator a końcówki uzwojeń. Jeżeli nie ma przerwy, żarówka powinna się zaświecić.

5. Obsługa przyrządu KR8006

5.1 Opis i obsługa organów regulacji.

Płyta czołowa



➤ *1 Przycisk kabłąka.*

Przyciśnięcie przycisku umożliwia ustawienie przyrządu pod dowolnym kątem względem kabłąka. Zwolnienie przycisku unieruchamia przyrząd w nastawionym położeniu.

➤ *2 Wskaźnik prawy.*

Wskaźnik ten obrazuje zależnie od wciśniętego przełącznika **36 do 40** prędkość obrotową względnie: natężenie prądu rozruchowego, pojemność kondensatora, rezystancję przyłączoną do gniazd **29**.

➤ *3 Sygnalizacja świetlna tachometru.*

Świecenie oznacza, że przyrząd pracuje na zakresie 0 ÷ 7500 obr./min. (górną podziałką.)

➤ *4 Wskaźnik lewy.*

Wskaźnik ten wskazuje zależnie od wciśniętego przełącznika **30 do 35** napięcie, kąt zwarcia, kąt wyprzedzenia lub różnicę obrotów.

➤ *5 Jaskrawość. Pokręcenie w prawo zwiększa jaskrawość.*

➤ *6 Przesuw pionowy obrazu .*

➤ *7 Przesuw poziomy obrazu .*

➤ *8 Rozciąg poziomy obrazu .*

Pokrętem tym można ustawić wielkość odchylenia poziomego.

➤ *9 Ekran oscyloskopu.*

➤ *10 Kabłąk. Służy do przymocowania diagnostyki do szafki, półki lub szyny.*

➤ *11 Wyłącznik zasilania.*

➤ *12 Przycisk napięcia pierwotnego polaryzacji dodatniej.*

Po wciśnięciu tego przycisku na ekranie oscyloskopu obrazowany jest przebieg napięcia pierwotnego cewki zapłonowej. Przycisk ten wykorzystuje się przy badaniu samochodów, których "-" akumulatora połączony jest z masą.

➤ *13 j.w. lecz w zastosowaniu do samochodów, których dodatni biegun akumulatora połączony jest z masą.*

➤ *14 Przycisk napięcia wtórnego.*

Po przyciśnięciu tego przycisku na ekranie oscyloskopu obrazowany jest przebieg napięcia wtórnego cewki zapłonowej.

➤ *15 Przycisk wyboru sposobu obrazowania przebiegi nałożone.*

Po przyciśnięciu tego przycisku przebiegi wszystkich cylindrów nałożone są na siebie.

➤ *16 Przycisk wyboru sposobu obrazowania rzędowego.*

Po wyciśnięciu tego przycisku przebiegi każdego cylindra są oddzielnie na różnych poziomach. Przebieg najniższy odpowiada pierwszemu cylindrowi, a najwyższy ostatniemu według **kolejności zapłonu**.

➤ *17 Przycisk wyboru sposobu obrazowania szeregowego.*

Po przyciśnięciu tego przycisku przebiegi wszystkich cylindrów obrazowane są kolejno jeden za drugim. Przebieg pierwszy od lewej strony odpowiada pierwszemu cylindrowi, a ostatni z prawej ostatniemu cylindrowi **według kolejności zapłonu**.

➤ *18 Alternator.*

Po przyciśnięciu tego przycisku na ekranie oscyloskopu obrazowany jest przebieg napięcia dostarczonego przez alternator. Z jego kształtu wnioskować można o sprawności względnie rodzaju uszkodzenia alternatora.

- 19 Regulator podstawy czasu przy badaniu alternatora 18 .
- 20 Przełącznik ilości suwów silnika.

Przy badaniu silników czterosurowych należy wcisnąć przycisk opisany jako a dla silników dwusurowych oraz Wankla przycisk .

- 21 Gniazdo sondy pierwszego cylindra.

W gniazdo to należy wetknąć wtyk koncentryczny sondy S12 i pokręcić nim w prawo do oporu.

- 22 Przełącznik ilości cylindrów silnika.

Przed badaniem wcisnąć przycisk opisany cyfrą odpowiadającą ilości cylindrów badanego silnika.

- 23 Gniazdo sondy 30 kV. (koncentryczne)
- 24 Gniazdo lampy stroboskopowej. (skręcane)
- 25 Sygnalizacja świetlna wyłączenia wybranego cylindra.

Wciśnięcie przycisku opisanego cyfrą odpowiadającą numerowi cylindra (wg kolejności zapłonu) oznacza przy wciśniętym 35 wyłączenie cylindra na ok. 10 sek. Wyłączenie sygnalizowane jest świeceniem diody 25 .

- 26 Gniazdo sondy amperomierza rozruchowego.
- 27 Gniazdo przewodów przyłączeniowych.(masy, przerywacza i akumulatora).
- 28 Przełącznik wyboru cylindra.

Wciśnięcie przycisku opisanego cyfrą odpowiadającą numerowi cylindra (wg kolejności zapłonu) wyłącza z pracy ten cylinder na ok. 10 sek. przy wciśniętym 35 .

- 29 Gniazdo RC.

Do gniazd tych za pomocą przewodów z wyposażenia przyłączać można elementy RC (rezystory, cewki, przekładniki, kondensatory).

- 30 Przełącznik dla pomiarów podczas rozruchu w celu sprawdzenia akumulatora i rozrusznika.

Podczas tej próby przerywacz zostaje zwarty i silnik będący w ruchu zatrzymuje się. Włączając rozrusznik na wskaźniku 4 można odczytać napięcie akumulatora zaś ze wskaźnika 2 przy wciśniętym przycisku 37 natężenie prądu rozruchowego, a przy wciśniętym 36 obroty podczas rozruchu.

- 31 Przełącznik woltomierza napięcia ładowania.

Po wciśnięciu tego przycisku wskaźnik 4 wskazuje napięcie akumulatora przy zatrzymanym lub pracującym silniku.

- 32 Przełącznik próby styków.

Po przyciśnięciu tego przycisku wskaźnik 4 wskazuje wielkość spadku napięcia występującego na stykach przerywacza. **Pomiar ten przeprowadza się na biegu jałowym silnika.**

- 33 Przełącznik miernika kąta zwarcia przerywacza.

- 34 *Przełącznik miernika kąta wyprzedzenia zapłonu.*
- 35 *Przełącznik tachometru różnicowego.*

Po wciśnięciu tego przycisku wskaźnik **4** wskaże spadek obrotów wywołany wyłączeniem z pracy cylindra wybranego przełącznikiem **28**.

- 36 *Przełącznik tachometru.*

Po wciśnięciu tego przycisku wskaźnik **2** wskazuje obroty silnika przy czym jeśli sygnalizator **3** nie świeci wskazania należy odczytywać ze skali $0 \div 1500$ obr./min., a jeśli świeci to ze skali $0 \div 7500$ obr./min.

- 37 A. *Przełącznik amperomierza rozruchowego.*

Po wciśnięciu tego przycisku wskaźnik **2** wskazuje natężenie prądu jaki płynie w przewodzie, na który nałożona jest sonda amperomierza. Jeśli wskazówka wskaźnika **2** wychyliła się w lewo należy odwrócić sondę o amperomierza na przewodzie o 180° .

- 38 C. *Przełącznik miernika pojemności.*

Po wciśnięciu tego przycisku wskaźnik **2** wskazuje pojemność kondensatora przyłączonego do gniazd **29**.

Pojemność odczytać należy ze skali omomierza mnożąc wynik przez $0,01 \mu F$.

- 39 Ω . *Przełącznik omomierza.*

Po wciśnięciu tego przycisku wskaźnik **2** wskazuje rezystancję w Ω przyłączoną do gniazd **29**.

- 40 $k\Omega$. *Przełącznik kiloomomierza.*

Po wciśnięciu tego przycisku wskaźnik **2** wskazuje rezystancję przyłączoną do gniazd **29**, lecz dla większych rezystancji ($k\Omega$).

6. Podłączenie przyrządu

Uchwyt szczękowy oznaczony napisem **MASA** połączyć należy z masą samochodu. Najwygodniej jest to zrobić przyłączając do tego zacisku akumulatora, który połączony jest z masą samochodu (niezależnie od tego czy jest to "+" czy "-" akumulatora).

Uchwyt szczękowy oznaczony napisem **AKUMULATOR** przyłączyć należy do nieuziemionego zacisku akumulatora (niezależnie od tego czy jest to "+" czy "-").

Uchwyt szczękowy oznaczony napisem **PRZERYWACZ** przyłączyć należy do zacisku przerywacza na rozdzielaczu zapłonu lub do tego zacisku cewki zapłonowej, który połączony jest z przerywaczem.

Schemat tych połączeń podany jest na płycie czołowej.

Sondę pierwszego cylindra nałożyć na przewód zapłonowy pierwszego cylindra przez odsunięcie suwaka wprowadzenie przewodu zapłonowego w okienko sondy i zasunięcie suwaka sondy. Sondę lepiej jest zakładać ze względu na mniejsze zakłócenia w pobliżu kopułki rozdzielacza a nie w pobliżu świecy zapłonowej. W przypadku wystąpienia zakłóceń w pracy diagnostyki objawiających się chaotycznymi wskazaniem obrotów i kąta wyprzedzenia zapłonu w miejsce oryginalnego przewodu zapłonowego pierwszego cylindra należy zastosować przewód zastępczy znajdujący się w wyposażeniu, który można ułożyć w większej odległości od pozostałych przewodów zapłonowych. Przewód zastępczy stosować

należy również w przypadku gdy badany pojazd wyposażony jest w przewody zapłonowe ekranowane.

Sondę 30 kV podłączyć należy w następujący sposób:

- *Wyjąć z cewki zapłonowej przewód zapłonowy prowadzący do rozdzielacza i wetknąć go do metalowej końcówki sondy 30 kV zaś krótki, giętki przewód sondy wetknąć do cewki zapłonowej.*
- *Sondę amperomierza rozruchowego przyłączyć należy w ten sposób, by obejmowała jak cęgi przewód łączący akumulator z rozrusznikiem. Jeśli wskazania amperomierza występują w lewo od zera sondę należy odwrócić na przewodzie o 180°. Lampa stroboskopowa nie wymaga połączeń z badanym silnikiem. Lampa ta błyska tylko przy wciśniętym przycisku 4.*

UWAGA !

Chronić przewody i sondy przed zetknięciem z bardzo gorącymi lub wirującymi częściami samochodu.

Przed włączeniem diagnostyki wcisnąć następujące przyciski:

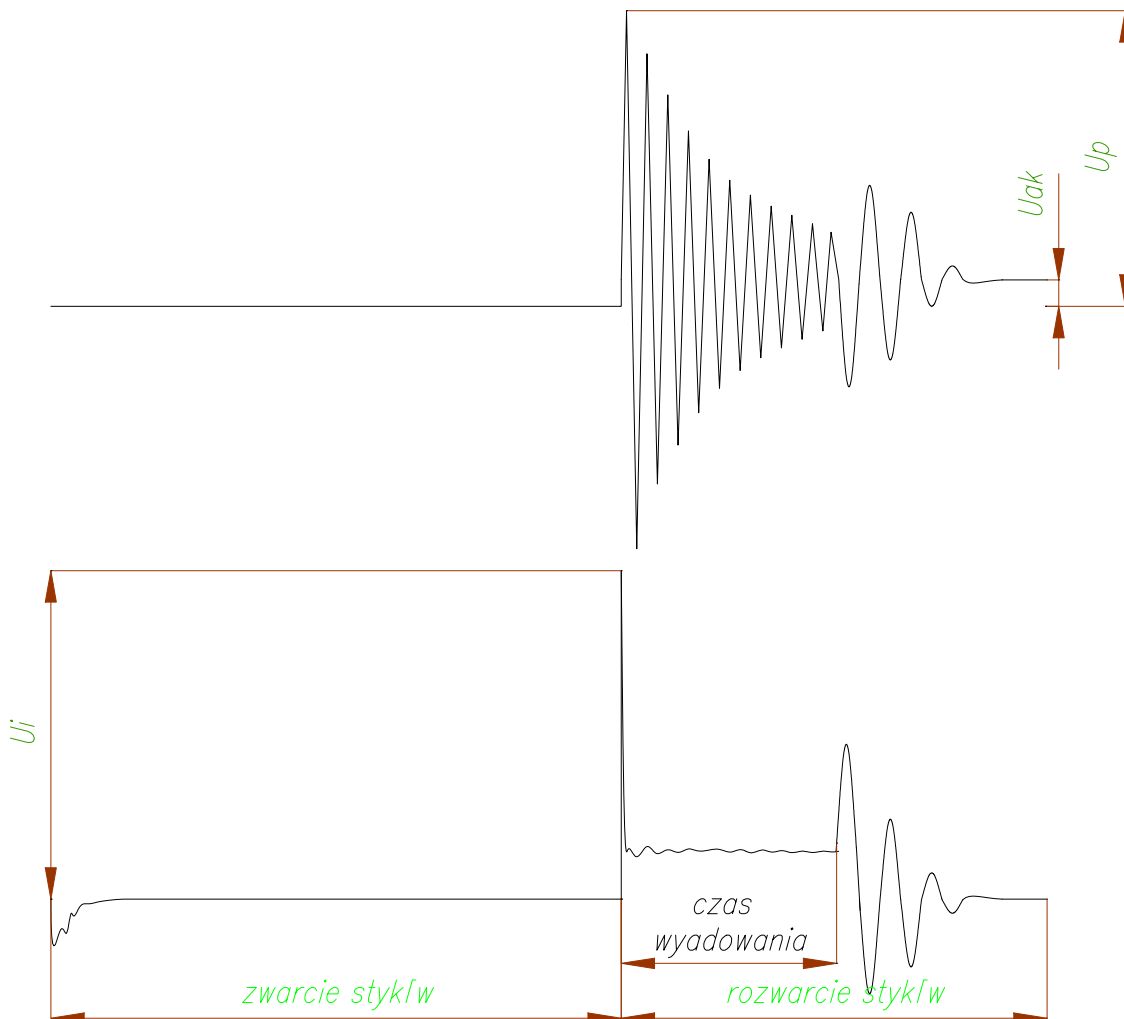
- *12, 18, 33, 36.*
- *pokrętkę 5 pokręcić w prawo*
- *pokrętki 6, 7, 8 i 19 w pozycji środkowej.*
- *Następnie włączyć zasilanie 11 i gdy pojawi się linia pozioma pokrętkami 6, 7 i 8 ustawić ją tak, by pokrywała się z dolną linią skali na ekranie lampy.*
- *Przed włączeniem silnika badanego samochodu przełączniki 20 i 22 ustawić zgodnie z cechami konstrukcyjnymi silnika.*

7. Badania i pomiary.

7.1 Pomiary oscyloskopem.

Na ekranie oscyloskopu obserwować można przebiegi napięcia w następujących obwodach:

- *pierwotnym cewki zapłonowej 12, 13*
- *wtórny cewki zapłonowej 14*
- *alternatora 18.*



Oznaczenia:

U_p - napięcie pierwotne maksymalne (przerywacza)

U_{ak} - napięcie akumulatora

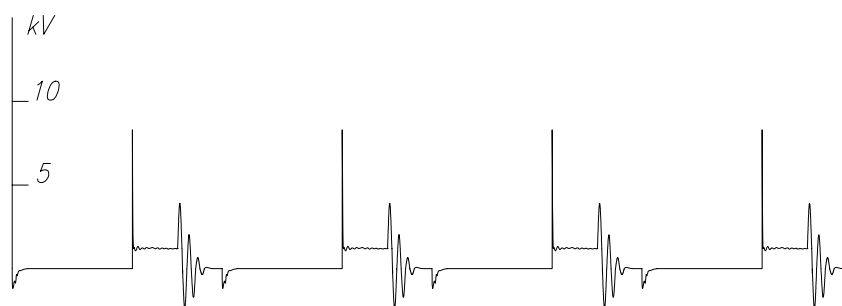
U_i - napięcie wtórne maksymalne (świecy).

Przebiegi zapłonowe tak pierwotne jak i wtórne obrazowane są z pomocą automatycznej podstawy czasu tzn. obraz w osi X niezależnie od prędkości obrotowej badanego silnika zajmuje całą szerokość ekranu z zachowaniem synchronizacji. Przebiegi mogą być nałożone

na siebie **15** rozstawione w pionie jeden nad drugim **16** lub rysowane jeden za drugim **17**. Wybór sposobu obrazowania zależy jest od celu badania. W niniejszej instrukcji przedstawione zostaną jedynie podstawowe wiadomości i zasady postępowania. Prawidłowy obraz przebiegu napięcia w obwodzie pierwotnym i wtórnym pokazany jest na powyższym rysunku. Amplitudę napięć pierwotnych odczytywać należy z pionowej skali po prawej stronie ekranu 0÷600 V a wtórnych z pionowej skali po lewej stronie ekranu 0 ÷ 30 kV. Oś pozioma opisana od 0 do 100% odpowiada sumie czasu zwarcia i rozwarcia przy obrazowaniu nałożonym **15** i rzędowym **16** lub jednemu obrotowi wałka rozdzielacza przy obrazowaniu szeregowym **17**. Przy obrazowaniu rzędowym **16** - nazywanym w literaturze obcej terminem "raster" przebieg położony najniżej odpowiada pierwszemu cylindrowi, a następne w kierunku pionowym do góry następnym cylindrom według kolejności zapłonu. Przy obrazowaniu szeregowym **17** nazywanym w literaturze obcej terminem "parade" przebieg pierwszy od lewej strony odpowiada pierwszemu cylindrowi, a następne w kierunku poziomym następnym cylindrom według kolejności zapłonu. Ocenę stanu oraz wyszukiwanie uszkodzeń przeprowadza się na podstawie takich parametrów obrazu jak amplituda i kształt przebiegu przy czym wartości te zależą często od prędkości obrotowej, stanu obciążenia, wobec tego pomiary te niekiedy należy wykonywać również w tych nieustalonych stanach. Generalnie przy lokalizowaniu uszkodzeń posługiwać się trzeba następującą regułą: Jeżeli anomalie przebiegu powtarzają się we wszystkich cylindrach to uszkodzenie występuje w obwodzie pierwotnym lub w obwodzie wtórnym przed rozdzielaczem (łącznie z palcem rozdzielacza), jeśli zaś anomalie występują tylko w jednym cylindrze, to należy go szukać za rozdzielaczem.

7.1.1 Obrazy napięcia wtórnego.

Prawidłowy obraz napięcia wtórnego szeregowego dla silnika czterocylindrowego winien wyglądać jak na rys. poniżej



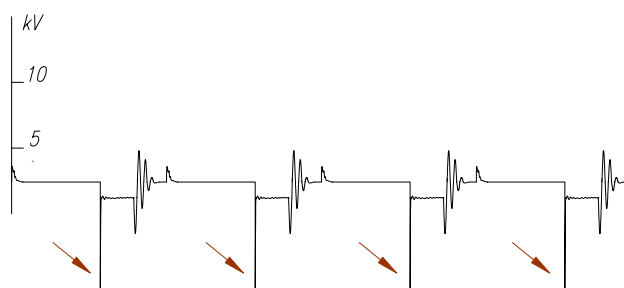
Rys 7.1 Prawidłowy obraz napięcia wtórnego szeregowego

Wielkość impulsów odpowiadająca napięciu maksymalnemu wtórnemu zależy jest od:

- przerwy iskrowej na świecy zapłonowej
- stopnia sprężenia
- obciążenia silnika
- przerwy iskrowej w rozdzielaczu
- temperatury

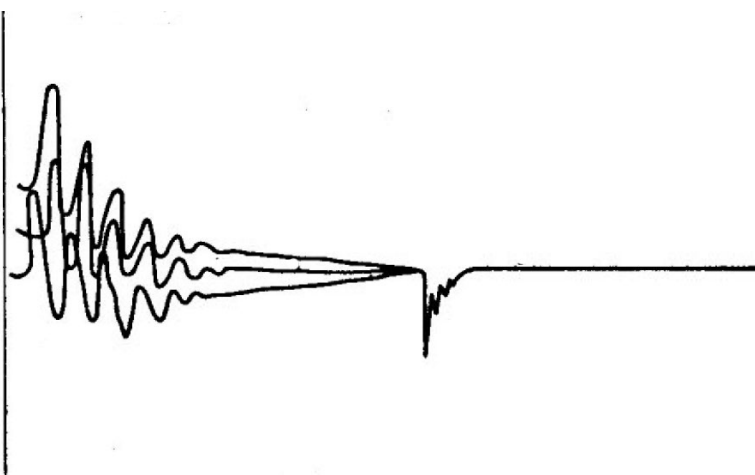
Dla uzyskania porównywalnych wyników badanie należy rozpocząć od nagrzanego silnika obserwując przebieg przy biegu jałowym lub nieco wyższych obrotach w celu uniknięcia nierównomierności biegu. W sprawnym silniku i przy sprawnej instalacji zapłonowej wielkości

impulsów dla wszystkich cylindrów winny być równe sobie z dokładnością 2 kV i powinny zawierać się przy nieobciążonym silniku w granicach 4 do 7 kV.

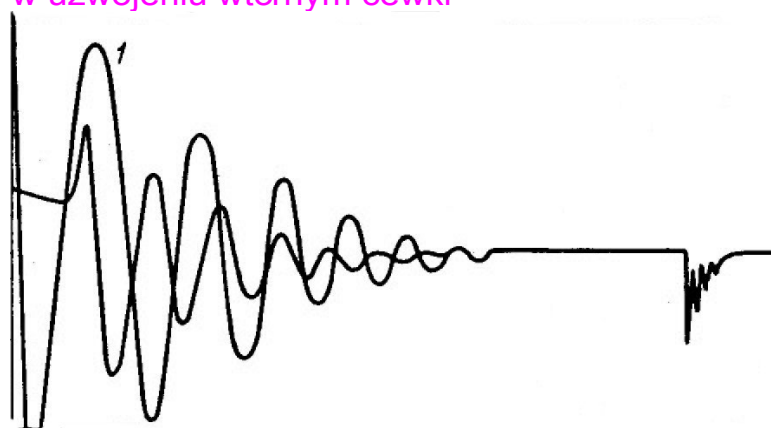


Rys 7.2 Odwrócone impulsy.

Taki obraz spowodowany jest błędnym podłączeniem obwodu pierwotnego cewki zapłonowej (zamienić doprowadzenie zasilania między sobą) lub nieodpowiednią cewką zapłonową - sprawdzić typ na zgodność z dokumentacją samochodu

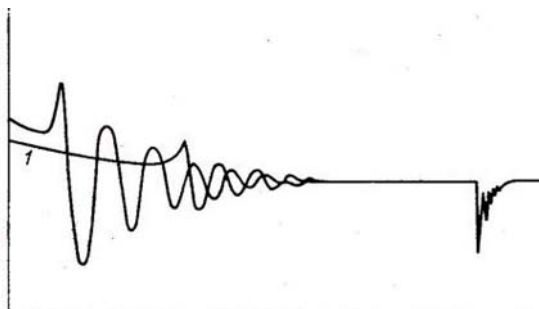


Rys 7.3 Przerwa w uzwojeniu wtórnym cewki

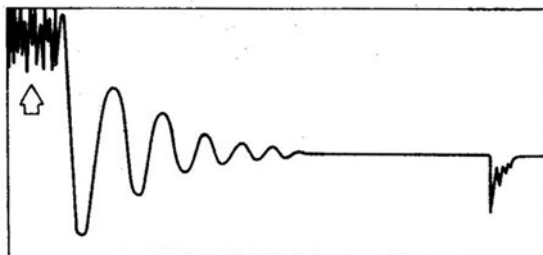


Rys 7.4 Duże oscylacje — brak fazy działania iskry

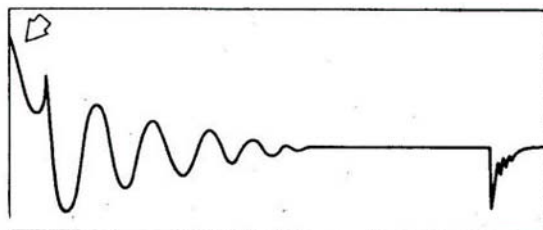
(przebieg 1). Przerwa w przewodzie świecy lub samej świecy



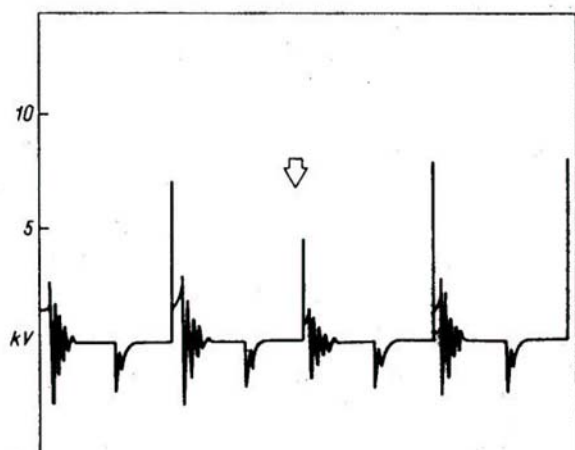
Rys 7.5 Wydłużona faza wyładowania
(przebieg 1). Świeca zalana olejem



Rys 7.6 Nieregularne oscylacje w fazie działania iskry
(wskazane strzałką). Pęknięty izolator świecy



Rys 7.7 Nadmierny opór w obwodzie wysokiego napięcia
faza przebiegu pokazana strzałką stromo pochylona do dołu. Przyczyną może być zastosowanie dodatkowych rezystorów przeciwzakłóceń w przewodach zapłonowych z rozłożoną rezystancją. Przy obciążeniu silnika mogą wystąpić przerwy w zapłonach



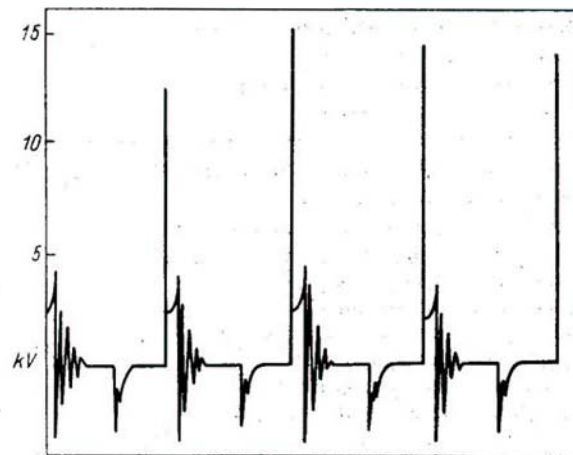
Rys 7.8 Napięcie w cylindrze zbyt niskie

Napięcie w cylindrze wskazanym strzałką zbyt niskie wyraźnie różniące się od pozostałych cylindrów. Świeca tego cylindra zanieczyszczona, zbyt mała odległość elektrod



Rys 7.9 Napięcie w cylindrze zbyt wysokie

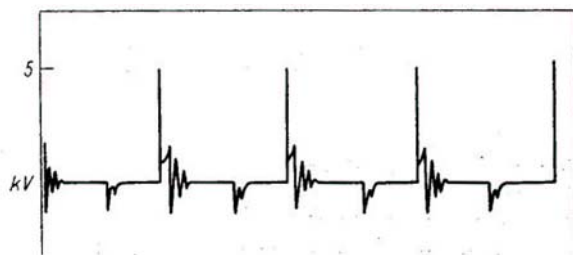
Napięcie w cylindrze wskazanym strzałką zbyt wysokie wyraźnie różniące się od pozostałych. Za duża odległość elektrod świecy tego cylindra, niewłaściwa świeca



Rys 7.10 Za wysokie napięcie na świecach

Za wysokie napięcie na świecach wszystkich cylindrów (prawidłowa wartość napięcia — według instrukcji producenta — orientacyjnie 5 - 10 kV przy ok. 1000 obr/min).

Przyczyny mogą być następujące: zbyt duża odległość elektrod świec, zaokrąglone elektrody świec, uboga mieszanka



Rys 7.11 Za niskie napięcie na świecach

Za niskie napięcie na świecach wszystkich cylindrów (prawidłowa wartość napięcia według instrukcji producenta orientacyjnie 5-10 kV przy ok. 1000 obr/min).

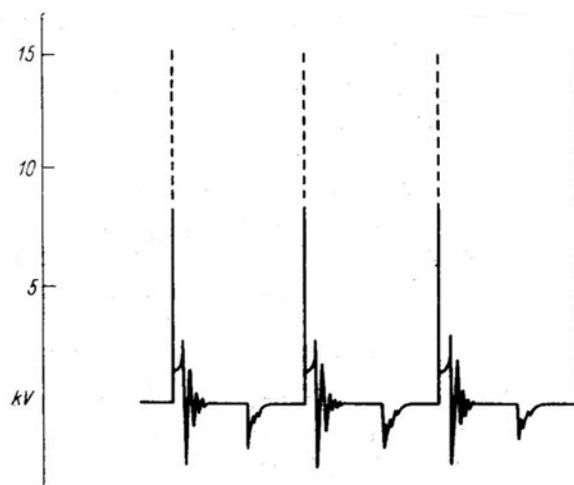
Przyczyny: zbyt mała odległość elektrod świec, bogata mieszanka, za wczesne ustawienie zapłonu, za niskie napięcie zasilające, styki przerywacza bardzo zanieczyszczone



Rys 7.12 Po zdjęciu przewodu wysokiego napięcia

Po zdjęciu przewodu wysokiego napięcia ze świecy jednego cylindra wartość napięcia wytwarzanego przez cewkę jest za mała (przebieg wskazany strzałką) w stosunku do zaleceń producenta (jeśli brak zaleceń wartość napięcia nie powinna być niższa od około 20 kV przy wolnych i średnich obrotach).

Przyczyny : zamontowana niewłaściwa cewka, częściowe przebicie głowicy cewki, wyładowania iskrowe wewnątrz cewki włączony rezystor dodatkowy do uzwojenia cewki nie wymagającej rezystora, częściowe przebicie palca rozdzielacza



Rys 7.13 Podczas gwałtownego przyspieszania

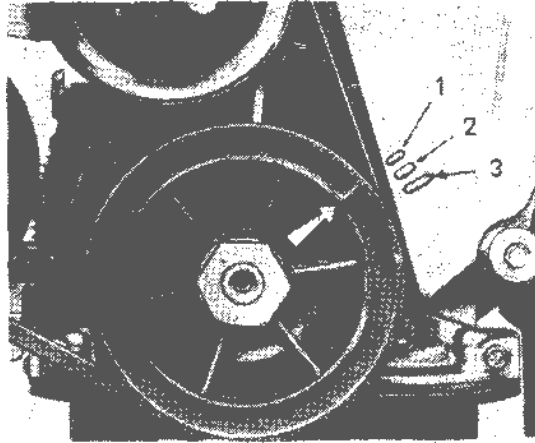
Podczas gwałtownego przyspieszania wzrasta ciśnienie w cylindrach co powoduje wzrost napięcia potrzebnego do wywołania zapłonu.

Wzrost napięcia powinien być równomierny na wszystkich cylindrach. Maksymalne napięcie nie powinno przekraczać dwóch trzecich napięcia przy otwartym obwodzie). Jeżeli wzrost jest nierównomierny na wszystkich cylindrach, świadczy to o niezadowalającym stanie świec zapłonowych. Brak wzrostu może świadczyć o zbyt małym stopniu sprężania

7.2 Ustawienie wstępnego wyprzedzenia zapłonu

Diagnoskop jest wyposażony w lampę stroboskopową, sterowaną impulsami zapłonowymi ze świecy pierwszego cylindra. Dzięki zastosowaniu specjalnego układu elektronicznego, błyski lampy mogą być opóźnione w stosunku do impulsów zapłonowych. Opóźnienie to wyrażone w stopniach kątowych obrotu wału korbowego jest regulowane pokrętkiem umieszczonym w lampie i odczytywane na mierniku

wskazówkowym diagnoskopu. Na kole pasowym silnika i obudowie rozrządu znajdują się znaki określające kąt wyprzedzenia zapłonu. Na rysunku Rys 7.14 pokazano przykładowo oznaczenia 1, 2, 3; pokrycie się oznaczenia w postaci nadlewku na kole pasowym ze znakiem 1 wyznacza kąt wyprzedzenia 10° (nominalny), ze znakiem 2 — 5° , ze znakiem 3 — 0° (zwrot zewnętrzny tłoka). Wartość nominalnego kąta wyprzedzenia zapłonu jest podawana w instrukcji obsługi każdego pojazdu.



Rys 7.14 Znaki na kole pasowym i silniku określające wyprzedzenie zapłonu
(w samochodzie „Polski Fiat 132p”)

Pokrycie się znaku na kole (wskazanego strzałką) ze znakiem 1 oznacza wyprzedzenie 10° , ze znakiem 2 — wyprzedzenie 5° , ze znakiem 3 — wyprzedzenie 0°

7.2.1 Ustawienie według znaku określającego nominalny kąt wyprzedzenia

W celu sprawdzenia i ewentualnej regulacji kąta ustawienia zapłonu należy uruchomić silnik i nagrzać go. Podczas sprawdzania prędkość obrotowa silnika nie może przekraczać podwójnej prędkości obrotowej rozdzielacza, przy której następuje zadziałanie regulatora odśrodkowego. Przepustnica gaźnika powinna być ustawiona na bieg jałowy. Pulsujące światło lampy stroboskopowej należy skierować na koło pasowe. Impulsy świetlne lampy nie mogą być opóźnione w stosunku do impulsów zapłonowych, co należy wyregulować pokrętką lampy według instrukcji fabrycznej.

Wskutek efektu stroboskopowego na kole pasowym widoczny będzie nieruchomy znak, który powinien pokryć się ze znakiem na obudowie rozrządu, wyznaczającym nominalny kąt wyprzedzenia zapłonu. Jeżeli wspomniane znaki nie pokrywają się, konieczna jest regulacja. W tym celu trzeba poluzować nakrętkę śruby mocującej rozdzielacz w silniku i obrócić korpus rozdzielacza aż do pokrycia się obu znaków. Jeżeli znak na kole nie pojawia się w jednym punkcie, lecz oscyluje, świadczy to o zużyciu przekładni napędu rozdzielacza lub napędu wału rozrządu. Niektóre samochody nie mają w ogóle znaku na obudowie rozrządu. W związku z tym w samochodach tych należy zakładać na obudowę rozrządu specjalny szablon z podziałką kątową, w stosunku do której znak na kole pasowym wyznacza kąt zapłonu.

Jeżeli w czasie sprawdzania nie widać znaku na kole, należy zlokalizować go po wyłączeniu silnika i oczyścić.

7.2.2 Ustawienie według znaku określającego górne zwrotne położenie tłoka

W silniku, który ma oznaczony tylko górny zwrotny punkt, ustawienia kąta zapłonu odbywa się za pomocą lampy stroboskopowej o regulowanym opóźnieniu błysków i miernika wskazującego wartość tego opóźnienia w stopniach kątowych. Pokrętką w

lampie należy opóźniać jej błyski (w stosunku do impulsów zapłonowych pierwszego cylindra), ażeby znak na kole pokrył się ze znakiem górnego zwrotnego punktu i odczytać na mierniku wartość kąta. Jest to kąt wyprzedzenia zapłonu. Jeżeli odczytane wyprzedzenie zapłonu jest niezgodne z wymaganym, nie zatrzymując silnika ustawia się na mierniku właściwy kąt przez regulację opóźnienia błysków pokrętle w lampie. Następnie trzeba poluzować nakrętkę mocującą rozdzielacz w silniku i przekręcić korpus rozdzielacza do takiego położenia, ażeby znak na kole pasowym pokrył się ze znakiem wyznaczającym górny zwrotny punkt.

7.3 Pomiar kąta wyprzedzenia zapłonu.

Przed przystąpieniem do pomiarów należy:

- *zapoznać się z danymi fabrycznymi układu zapłonowego badanego silnika,*
- *odszukać znaki fabryczne do ustawienia zapłonu,*
- *sprawdzić i ewentualnie skorygować kąt zwarcia przerywacza.*

7.3.1 Pomiar statycznego kąta wyprzedzenia zapłonu.

Sprawdzenie statycznego kąta wyprzedzenia zapłonu powinno odbywać się przy nie działających jeszcze regulatorach. W silniku, w którym znakowany jest punkt zapłonu pokrętko lampy stroboskopowej ustawić w skrajnie lewym położeniu (lewy wskaźnik będzie wskazywać wówczas 0). Prawidłowe ustawienie zapłonu będzie wtedy, gdy znak wirujący będzie naprzeciw nieruchomego znaku zapłonu. W silniku, w którym znakowany jest tylko górny martwy punkt (GMP) należy pokrętko lampy stroboskopowej ustawić tak, by znak wirujący znalazł się naprzeciw nieruchomego znaku GMP. Lewy wskaźnik wskazuje wówczas wielkość wyprzedzenia zapłonu. Podczas regulacji należy uważać, by prędkość obrotowa silnika nie osiągała wielkości przy której zaczyna działać regulator odśrodkowy. Po zakończeniu pomiaru podłączyć regulator podciśnieniowy.

7.3.2 Sprawdzanie charakterystyki odśrodkowej.

Przed przystąpieniem do sprawdzenia charakterystyki regulatora odśrodkowego należy wyregulować statyczny kąt wyprzedzenia zapłonu. Pomiar wyprzedzenia zapłonu wywołanego przez mechanizm odśrodkowy powinien odbywać się przy wyłączonym regulatorze podciśnieniowym. Sprawdzenie dokonuje się najczęściej przez pomiar wyprzedzenia zapłonu przy dwóch prędkościach obrotowych i porównanie wartości otrzymanych z pomiaru z wartościami wynikającymi z charakterystyki (wykresu lub tablicy). W silnikach, w których znakowany jest punkt zapłonu odczytanego z lewego wskaźnika wyprzedzenia jest wyprzedzeniem wywołanym przez mechanizm odśrodkowy. W silnikach, w których znakowany jest GMP odczytane wyprzedzenie jest sumą wyprzedzenia statycznego oraz wyprzedzenia wywołanego przez mechanizm odśrodkowy. W celu określenia wyprzedzenia wywołanego przez mechanizm odśrodkowy należy w takim przypadku od wyprzedzenia wskazywanego przez lewy wskaźnik odjąć wyprzedzenie statyczne.

7.3.3 Sprawdzenie charakterystyki podciśnieniowej.

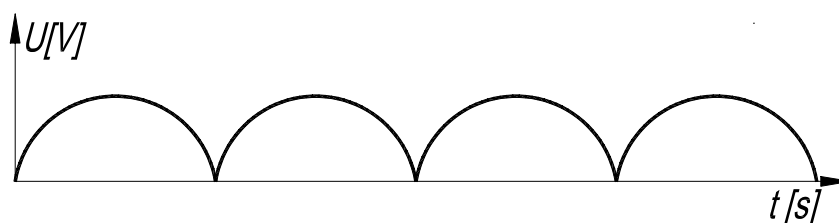
Do sprawdzenia działania podciśnieniowego regulatora wyprzedzenia zapłonu wystarcza sam diagnoskop KR-8006. W tym celu przy podwyższonej prędkości obrotowej zmierzyć należy wyprzedzenie zapłonu przy założonym oraz przy odłączonym przewodzie regulatora od gaźnika. Jeśli wielkości wyprzedzenia zapłonu są w obu przypadkach jednakowe, świadczy to o uszkodzeniu regulatora podciśnieniowego. Jeśli wystąpi różnica wskazań, świadczy to o działaniu regulatora podciśnieniowego. Do sprawdzenia charakterystyki podciśnieniowego regulatora potrzebny jest jeszcze próbnik podciśnienia. Kontrolę

charakterystyki regulatora podciśnieniowego należy przeprowadzić przy takiej prędkości obrotowej silnika, przy której niewielkie zmiany prędkości obrotowej nie powodują zmian, w działaniu regulatora odśrodkowego. Warunki te spełnia druga prędkość kontrolna regulatora odśrodkowego (powyżej tej prędkości obrotowej wyprzedzenie jest stałe). Dla sprawdzenia regulatora podciśnieniowego dokonuje się pomiaru przyspieszenia zapłonu przez ten regulator przy dwóch wielkościach kontrolnych podciśnienia.

7.4 Sprawdzenie alternatora.

W celu sprawdzenia alternatora wcisnąć należy przycisk **18** i pokrętelem **19** ustawić szybkość podstawy czasu tak, by obraz był czytelny. Dla uzyskania większej amplitudy podczas próby można włączyć światła mijania. Ponieważ dla alternatorów różnych firm uzyskuje się różne oscylogramy przy tym samym uszkodzeniu to diagnoza opierać się musi na dużym doświadczeniu, które nabywa się dopiero po pewnym czasie. Wskazane jest zapoznanie się z literaturą np. [2].

Do rozstrzygnięcia czy alternator jest dobry wystarczy jednakowy kształt obrazu.



Rys 7.15 Alternator dobry

Znaczne odchylenia od przedstawionego oscylogramu wskazują na uszkodzenia, które dotyczyć mogą uzwojeń, diód lub połączeń.

7.5 Pomiary podczas rozruchu.

Celem tych pomiarów jest ocena stanu technicznego akumulatora oraz rozrusznika. Dla poprawnej diagnozy potrzebne są następujące dane:

- *napięcie akumulatora podczas rozruchu*
- *natężenie prądu rozruchowego*
- *obroty podczas rozruchu*
- *napięcie akumulatora przy średnich obrotach*

7.5.1 Pomiar napięcia i prądu zwarcia.

Po założeniu sondy amperomierza rozruchowego i wciśnięciu przycisków **30** i **37** należy włączyć czwarty bieg, wcisnąć hamulec zasadniczy do oporu, a następnie włączyć rozrusznik na ok. 3 sek. W tym czasie odczytać z lewego wskaźnika napięcie, a z prawego natężenie prądu zwarcia rozrusznika (stan zwarcia).

7.5.2 Pomiar napięcia i prądu rozruchu.

Ustawić skrzynię w położenie neutralne i powtórzyć poprzedni pomiar napięcia i prądu rozruchu.

7.5.3 Pomiar prędkości obrotowej rozruchu.

Wcisnąć przycisk **36** i powtórzyć ostatnią próbę odczytując z prawego wskaźnika obroty rozruchu.

Pomiędzy próbami rozruchowymi należy zachować odpowiednią przerwę czasową, by nie dopuścić do przegrzania rozrusznika. Aby z uzyskanych wyników pomiarów wyciągnąć odpowiednie wnioski trzeba zapoznać się z danymi technicznymi akumulatora i rozrusznika zastosowanego w badanym samochodzie.

Ogólnie trzeba stwierdzić, że:

- *Natężenie prądu zwarcia rozrusznika winno być wyraźnie większe od natężenia przy obracającym się rozruszniku. ($E-100 J_{zw}=575 A$)*
- *Napięcie rozruchu przy obracającym się rozruszniku winno być większe niż 9 V przy instalacjach 12 V.*
- *Obroty podczas rozruchu winny być większe niż 100 obr/min.*

Jeśli zarówno napięcie jak i natężenie prądu rozruchowego są za małe, a połączenia zacisku akumulatora - przewody zacisk rozrusznika są dobre (sprawdzić woltomierzem) to akumulator nie jest naładowany lub zużyty. W celu sprawdzenia ładowania należy zmierzyć napięcie ładowania (jak w p. Pomiar napięcia ładowania).

7.6 Pomiar napięcia ładowania.

Pomiar napięcia ładowania pozwala wnioskować o sprawności prądnicy (alternatora) i regulatora napięcia. Wcisnąć przyciski **31**, **36** i uruchomić silnik. **Na biegu jałowym napięcie wskazywane przez wskaźnik 4 winno być wyższe niż 11,5 V.** Następnie zwiększyć prędkość obrotową do ok. 3000obr/min i utrzymać ją przez ok. 1 min. obserwując wzrost napięcia akumulatora. Napięcie wówczas winno zawierać się w granicach 13,6 do **14,4 V** przy czym dokładna wielkość zależna jest od typu samochodu i podana jest w instrukcji napraw samochodu. Za mały wzrost napięcia ładowania spowodowany jest niesprawnością regulatora (regulacja lub wymiana).

Brak wzrostu napięcia ładowania przy jednocześnie niskiej jego wartości wskazuje na niesprawność regulatora lub prądnicy (szczotki, diody, połączenia).

7.7 Próba styków przerywacza.

Przy wciśniętym przycisku **32** i uruchomionym silniku na biegu jałowym lewy wskaźnik wskazuje spadek napięcia na stykach przerywacza. Napięcie to nie powinno przekraczać 0,2 V przy prawidłowym stanie styków i dobrych połączeniach. Napięcie większe od 0,2 V świadczy o zużytych lub zanieczyszczonych stykach przerywacza względnie o dużej rezystancji w miejscach połączeń przewodów. Pomiar ten zaleca się przeprowadzać przy prędkości obrotowej nie przekraczającej 1500 obr/min. Pomiar może być również wykonany w sposób statyczny tzn. przy zatrzymanym silniku lecz wówczas należy ustawić silnik w takiej pozycji, aby styki przerywacza były zwarte, a zapłon włączony. Podczas próby styków przerywacza oscylogramy wykazują mniejszą ilość oscylacji co jest zjawiskiem normalnym. Ten zakres pomiarowy można również wykorzystać do pomiaru poprawności połączeń tzn. pomiaru spadku napięcia na połączeniu innym niż do masy należy do badanego połączenia przyłączać przewody oznaczone jako "MASA" i "PRZERYWACZ".

7.8 Pomiar kąta zwarcia przerywacza.

Pomiar kąta zwarcia umożliwia ocenę odstępu styków przerywacza. W celu dokonania pomiaru wcisnąć przyciski **33**, **36** i uruchomić silnik na biegu jałowym. Kąty zwarcia silników czterocylindrowych odczytać z górnej skali wskaźnika **4**. Dla silników dwucylindrowych wskazania z górnej skali mnożyć przez 2. Dla silników sześciocylindrowych wskazania z dolnej skali mnożyć przez 2. Zależność kąta zwarcia od wielkości przerwy na przerywaczu jest taka, że im większy kąt zwarcia tym mniejsza jest przerwa na stykach przerywacza. Mierząc kąt zwarcia w całym zakresie obrotów można wnioskować o stanie sprężyny i łożyska przerywacza. Osłabienie sprężyny przerywacza powoduje malenie kąta zwarcia przy wysokich obrotach. Zużyte łożysko rozdzielacza powoduje wahania kąta zwarcia przy płynnej zmianie obrotów. Niesprawność tę jak również niesymetrię krzywki rozdzielacza zaobserwować można na ekranie oscyloskopu patrz pkt pomiary oscyloskopowe.

UWAGA:

Wszelka regulacja wielkości przerwy na stykach przerywacza powoduje zmianę kąta wyprzedzenia zapłonu, dlatego po przeprowadzeniu regulacji **kąta zwarcia** należy **zawsze** sprawdzić statyczny kąt wyprzedzenia zapłonu.

7.9 Porównawcze badanie sprawności poszczególnych cylindrów silnika.

Badanie to polega na kolejnym wyłączaniu z pracy poszczególnych cylindrów i mierzeniu wynikłego z tego spadku obrotów. Wyłączenie z pracyżądanego cylindra odbywa się na drodze elektrycznej, a różnicę obrotów odczytuje się z tachometru różnicowego o zakresie 0÷180 obr/min. Czas wyłączenia jednego cylindra z pracy jest ograniczony automatycznie ok. 10 sek. Próbę przeprowadzić w następujący sposób : Nagrzany silnik ustawić na ok. 1000 obr/min., wcisnąć kolejno przycisk cylindra nr 8 przełącznikiem wyboru cylindra **28**, przycisk **1** i przycisk **28**. Następnie wcisnąć przycisk **1** cylindra przełącznikiem **28**. Zapala się wówczas na przeciąg 10 sek. sygnalizator **25** zaś wskaźnik lewy wskaże spadek obrotów wynikły z wyłączenia pierwszego cylindra. Po upływie 10 sek. sygnalizator **25** gaśnie, wskaźnik lewy powraca na 0, a silnik uzyskuje nieco wyższe obroty co można zaobserwować na wskaźniku prawym na skutek automatycznego włączania do pracy pierwszego cylindra. Po odczekaniu ok. 5 sek. wyłączyć należy drugi cylinder przez przyciśnięcie przycisku nr 2 przełącznika **28** i odczytać spadek obrotów z lewego wskaźnika. Podobne pomiary wykonać dla pozostałych cylindrów. W sprawnym silniku spadek obrotów dla każdego cylindra winien być taki sam. Różnica pomiędzy poszczególnymi cylindrami większa od 40% świadczy o niesprawnościach. Cylinder, którego wyłączanie nie powoduje spadku obrotów jest niesprawny (Świeca zapłonowa, zawory, tłok, pierścienie). Wielkość spadku obrotów zależna jest od typu silnika (ilość cylindrów) i jego stanu technicznego. W silnikach dwucylindrowych spadek obrotów wywołany wyłączeniem jednego cylindra może przekraczać 180 obr/min. W takim przypadku dokonać odczytu z prawego wskaźnika.

UWAGA:

Opis przełącznika **28** dotyczy kolejności zapłonu.

7.10 Pomiar prędkości obrotowej.

Po wciśnięciu przycisku wskaźnik prawy wskazuje prędkość obrotową przy czym jeśli sygnalizator **3** nie świeci to odczytu należy dokonać ze skali środkowej 0÷1500 obr/min. a jeśli sygnalizator **3** świeci odczytu dokonywać ze skali 0÷7500 obr/min.

W przypadku wystąpienia zakłóceń w pracy tachometru, uwzględnić zalecenia podane w punkcie 2 -podłączenie przyrządu.

7.11 Pomiar pojemności kondensatora.

W celu dokonania pomiaru pojemności kondensatora należy jego wyprowadzenie odłączyć od cewki zapłonowej i za pomocą przewodu z wyposażeniem połączyć z czerwonym gniazdem **29**. Czarne gniazdo **29** połączyć z masą kondensatora za pomocą przewodu. Jeśli kondensator nie jest odkręcony od masy, a diagnoskop przyłączony do samochodu to połączenie masy kondensatora z czarnym gniazdem **29** nie jest konieczne. Po wciśnięciu przycisku **28** ze wskaźnika **2** odczytać wielkość pojemności w μF z dolnej skali mnożąc x 0,01.

7.12 Pomiar rezystancji.

Dla dokonania pomiaru rezystancji należy ją dołączyć do gniazd **29** za pomocą przewodów z wyposażenia i po przyciśnięciu przycisku **39** dla małych rezystancji lub przycisku **40** dla dużych rezystancji odczytać jej wielkość z dolnej skali wskaźnika **2**.

UWAGA!

Mierzona rezystancja nie może znajdować się pod napięciem. Elementy znajdujące się pod napięciem należy na czas pomiaru odłączyć od układu w którym pracują i przewodami doprowadzić do gniazd **29**. Elementy, które wyprowadzeniem są połączone z masą pojazdu mogą być mierzone bez rozłączania układu, w którym się znajdują jedynie w stanie wyłączenia. Dla dokonania pomiaru wystarczy wówczas drugie wyprowadzenie mierzonego elementu za pomocą przewodu dołączyć do czerwonego gniazda **29**. Przy zachowaniu powyższych zaleceń sprawdzać można rezystancję oporników przeciwzakłóceńowych, cewek zapłonowych, przekaźników oraz przejście elektryczne przewodów, żarówek, bezpieczników, przełączników, diód.

7.13 Diagnostyka akumulatora.

- 1 Oględziny zewnętrzne.
- 2 Sprawdzenie poziomu elektrolitu.
- 3 Sprawdzenie gęstości elektrolitu.

7.14 Wyniki pomiarów.

Wyniki pomiarów należy przedstawić w formie niżej zamieszczonej tablicy:

Typ i marka pojazdu		Numer rejestracyjny	
Nazwa urządzenia	Wynik pomiarów	Stan urządzenia (uszkodzenie)	Uwagi

7.15 Uwagi i wnioski.

Sprawozdanie powinno zawierać własne uwagi i wnioski dotyczące stanu w jakim znajdują się poszczególne urządzenia, przyczyny powstania uszkodzenia i sposób ich naprawy.

8. Literatura obowiązująca.

1. Badanie i diagnostyka samochodowych urządzeń elektr - B. Kowalski WKŁ 1981 r.
2. Laboratorium Elektrotechniki Samochodowej - Z. Pomykański PWN 1977 r.
3. Elektrotechnika samochodów P. Fiat i Polonez - R. Demidowicz, S. Łasiewicki.
4. Z. Pomykański - Elektrotechnika samochodów. WKŁ, 1978 r.