

Elektromechanik pojazdów samochodowych

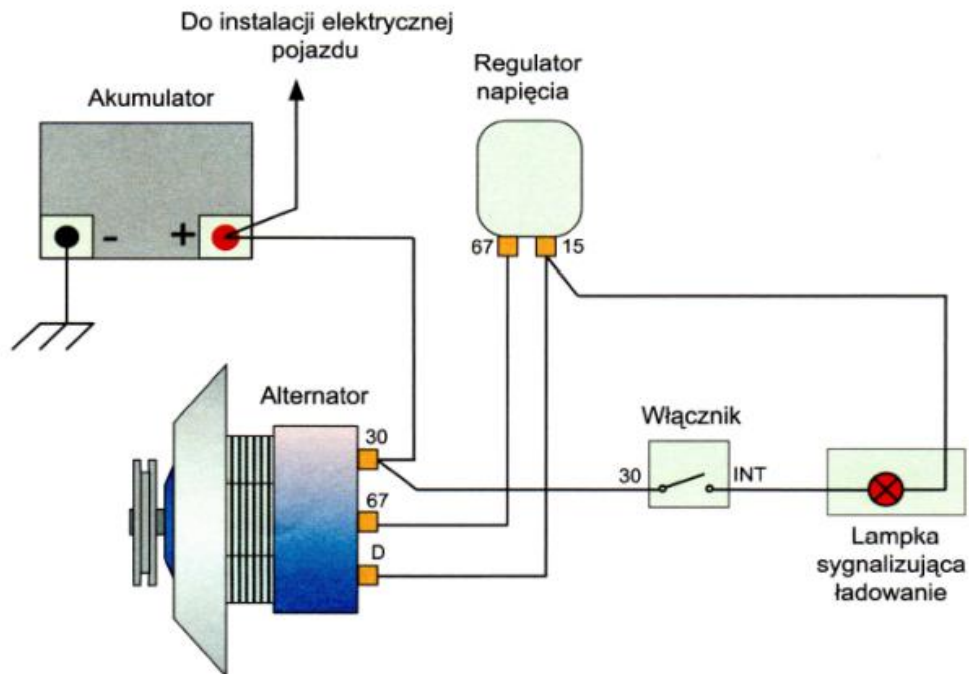
Turnus 2

Elektryczne i elektroniczne wyposażenie pojazdów samochodowych

Zajęcia 14.11.2020r.

1. Budowa układu zasilania.
2. Budowa i schemat elektryczny alternatora.
3. Regulatory napięcia.
4. Obwód rozruchu.
5. Rozruszniki.
6. System start-stop.

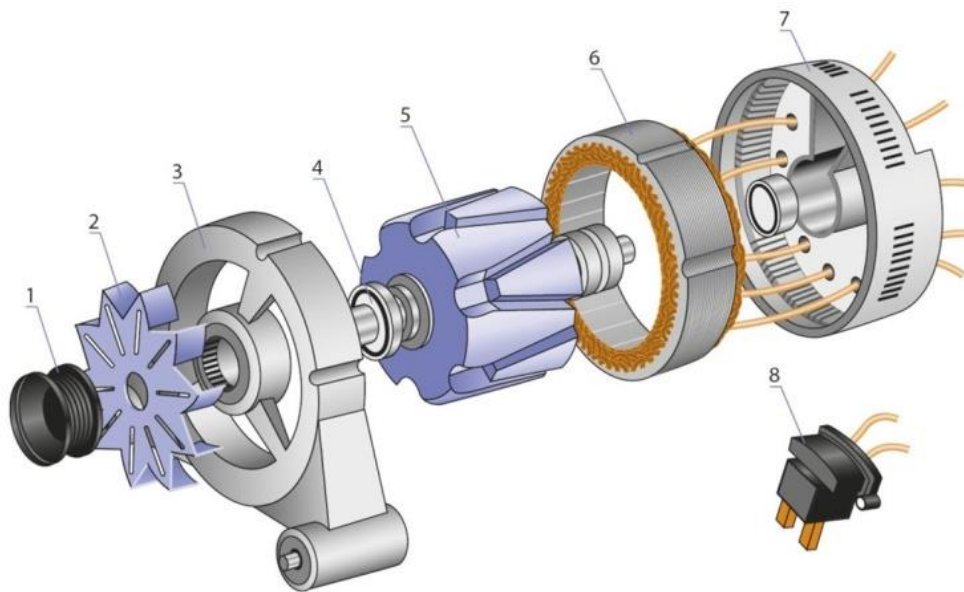
1. Budowa układu zasilania



Akumulator kwasowy, rozruchowy, ładowany jest przez prądnicę samochodową (alternator) napędzaną od wału korbowego silnika. Napięcie ładowania regulowane jest przez regulator. Aby alternator mógł ładować akumulatora – napięcie alternatora musi być wyższe od napięcia akumulatora. Zwykle utrzymywane jest w granicach 13.7 – 14.5V i może się zmieniać w zależności od obciążenia elektrycznego.

Uwaga! W samochodach z cyfrowymi sieciami CAN i akumulatorami AGM, napięcie sterowane jest w dużo szerszych granicach. Jeżeli sterownik „uzna” iż akumulator jest naładowany, wówczas podczas pracy silnika napięcie ładowania może spaść poniżej 13V, a w czasie odzyskiwania energii w trakcie hamowania może „podskażyć” nawet do 15 – 16V.

2. Alternator



Alternator to trójfazowa prądnicą prądu przemiennego. Jego twornik (6) jest nieruchomy i znajduje się na stojanie. Dzięki temu uzwojenia twornika mogą być połączone z zaciskami alternatora bezpośrednio, bez konieczności stosowania elementów ruchomych. Alternator tworzą dwa główne podzespoły: wirnik (5) z biegunami w układzie pazurowym oraz stojan (6).

1 – koło pasowe napędzające

2 – wentylator

3 – obudowa aluminiowa

4 – łożysko toczne

5 – wirnik (magneśnica z uzwojeniem wzbudzenia)

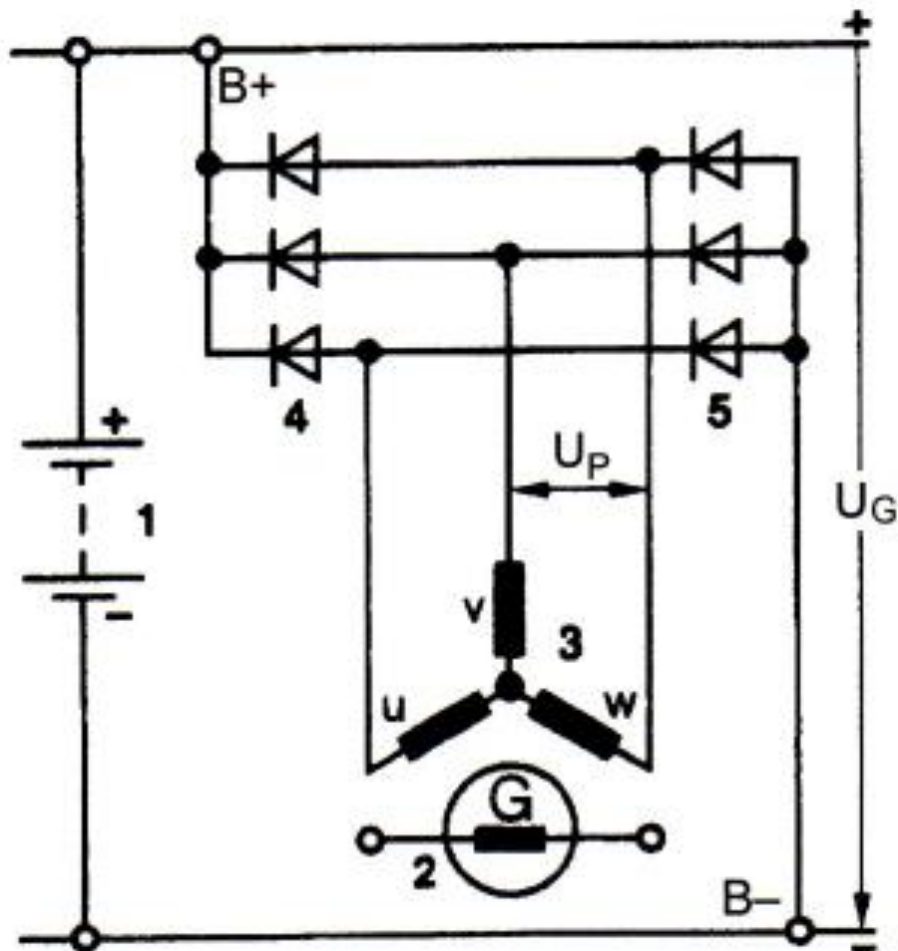
6 – stojan (twornik z trzema uzwojeniami fazowymi)

7 – podstawa z prostownikiem diodowym

8 – szczotki zasilające uzwojenie wzbudzenia z zabudowanym elektronicznym regulatorem napięcia

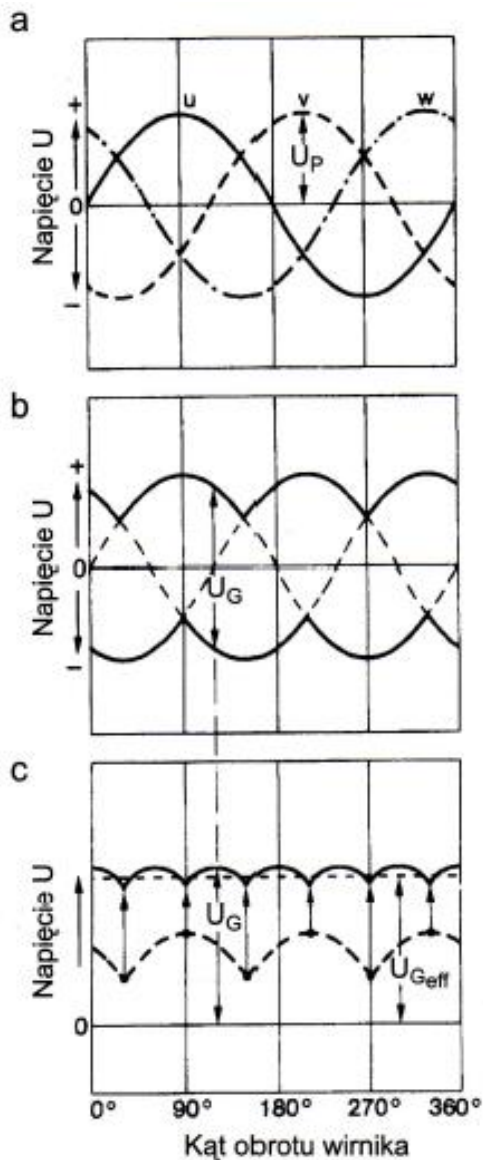
Ułożyskowany w obudowie alternatora wirnik jest źródłem wirującego pola magnetycznego, wytwarzanego przez uzwojenie dwunastobiegunowego elektromagnesu. Bieguny elektromagnesu tworzą umieszczone przemiennie tzw. pazury dwóch połówek obwodu magnetycznego.

Na stojanie znajdują się 3 jednakowe sekcje uzwojenia, przesunięte przestrzennie względem siebie o 120° . Wewnętrzne końce tych sekcji są połączone, tworząc tzw. układ gwiazdy. Końce zewnętrzne są dołączone do zacisków roboczych współpracujących z trójfazowym diodowym mostkiem prostowniczym.



Do zacisków stojana jest połączony mostek trójfazowy z sześcioma diodami, prostujący dwukierunkowo prąd płynący przez uzwojenie twornika.

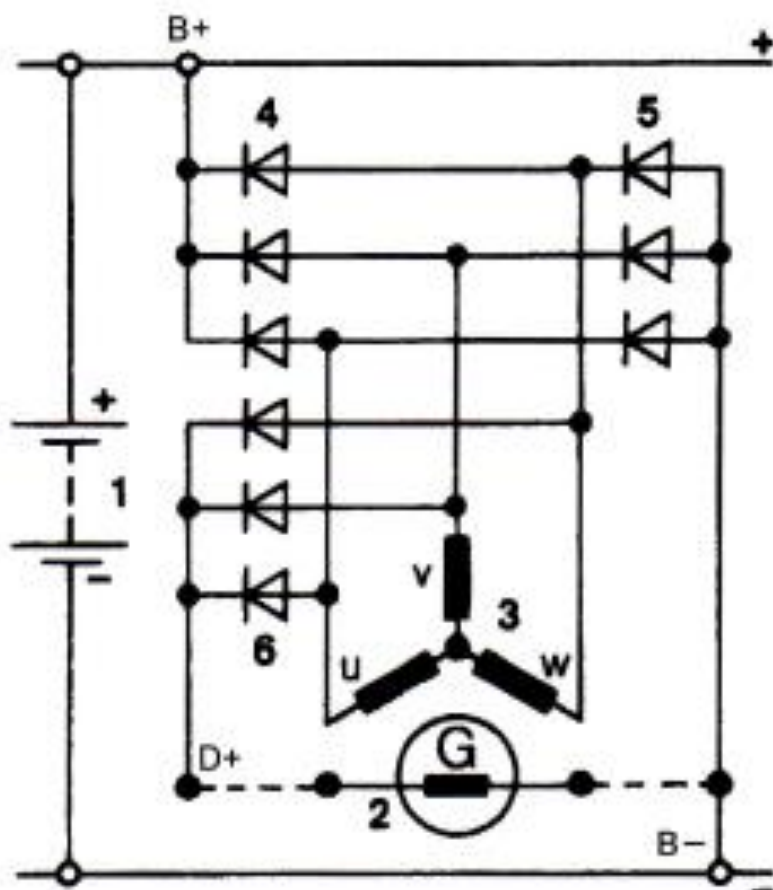
1 – akumulator, 2 – uzwojenie wzbudzenia, 3 – uzwojenie stojana, 4 – diody dodatnie, 5 – diody ujemne.



U_P – napięcie fazowe
 U_G – napięcie prądnicy

Prostowanie dwupołówkowe realizują na przemian diody dodatnie 4 oraz diody ujemne 5 mostka. Diody dodatnie prostują półfale dodatnie, a diody ujemne – półfale ujemne prądu płynącego przez poszczególne sekcje uzwojenia twornika.

Dzięki temu między zaciskami B+ i B- mostka występuje jednokierunkowe dodatnie napięcie pulsujące, będące sumą dodatniej i ujemnej obwiedni trójfazowego układu napięć występujących na zaciskach roboczych twornika alternatora.



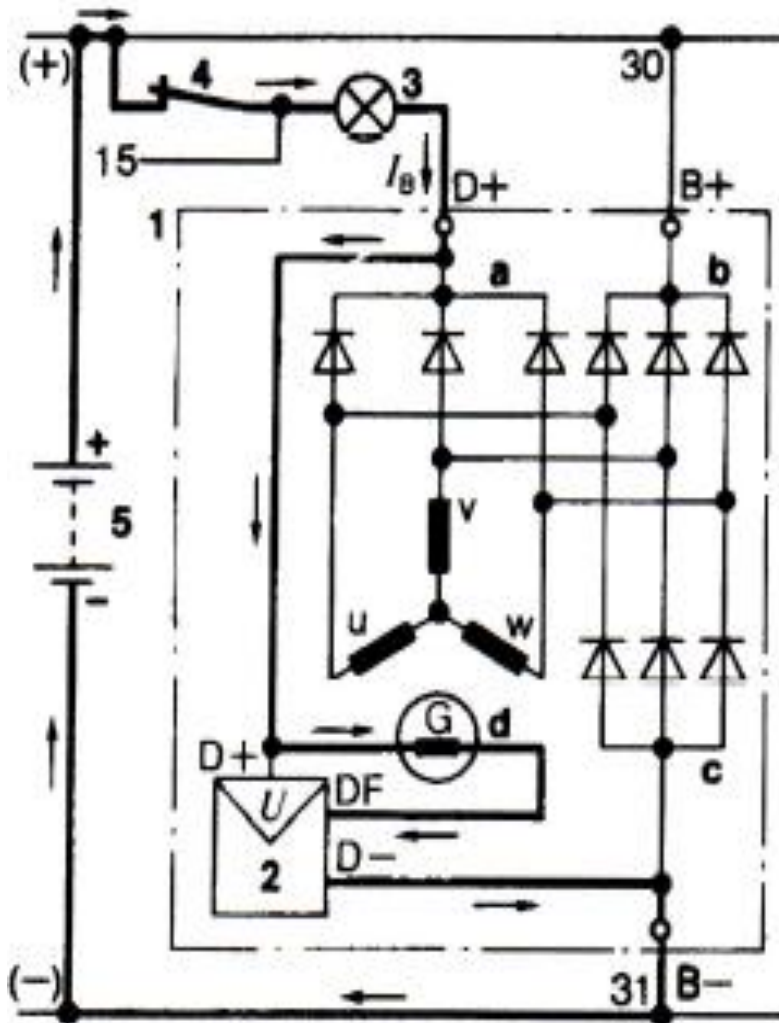
1 – akumulator, 2 – uzwojenie wzbudzenia, 3 – uzwojenie stojana, 4 – diody dodatnie, 5 – diody ujemne, 6 – diody wzbudzenia

Podczas pracy alternatora z dużą prędkością obrotową przez uzwojenie wirnika płynie prąd wzbudzenia wymuszany przez dodatkowy, trzydiodowy tzw. półmostek wzbudzenia 6, również dołączony do zacisków uzwojenia twornika. Półmostek wzbudzenia współpracuje z diodami ujemnymi 5, wytwarzając dodatnie napięcie pulsujące między zaciskami D+ i B- układu diod alternatora. Diody dodatnie 4 oraz półmostek wzbudzenia 6 są zamontowane na jednej płytce z materiału izolacyjnego.

Obwód wzbudzenia wstępnego.

Obwód ten tworzą połączone szeregowo styki 4 wyłącznika zapłonu, lampka kontrolna prądnicy 3, uzwojenie wzbudzenia d oraz regulator 2. Po przekręceniu kluczyka w stacyjce styki 4 są zamykane i przez obwód płynie do

masy prąd akumulatora. Prąd ten wzbudza wstępnie alternator, ponieważ w żelazie rdzenia magnetycznego wirnika istnieje magnetyzm szczątkowy.



2 – regulator, 3 – lampka kontrolna, 4 – styki wyłącznika zapłonu, d – uzwojenie wzbudzenia

Występujące w szczelinie powietrznej między wirnikiem, a stojanem pole magnetyczne pochodzące od tego magnetyzmu, przy małej prędkości obrotowej wirnika może wywołać samowzbudzenie alternatora.

Obwód wzbudzenia roboczego.

Samowzbudzenie może wystąpić dopiero przy dużej prędkości obrotowej wirnika, przy której wartość szczytowa napięć indukowanych w sekcjach uzwojeń twornika jest większa od podwójnego napięcia progowego diody, tzn. od 1,4V. Przy takim napięciu zaczną przewodzić diody ujemne oraz diody półmostka wzbudzenia zasilającego elektromagnes wirnika.

Podczas pracy alternatora prąd wzbudzenia płynie od zacisku D+ półmostka wzbudzenia przez uzwojenie wirnika d do zacisku DF regulatora, a następnie przez zacisk D- i diody ujemne do uzwojenia twornika omijając lampkę kontrolną 3.

3. Regulatory napięcia.

Ze względu na zmienność prędkości obrotowej wirnika alternatorów samochodowych oraz zmieniające się w szerokich granicach obciążenie niezbędna jest

regulacja napięcia na zaciskach alternatora, tak aby jego wartość była stała. Do tego celu służy regulator napięcia, który dawniej miał konstrukcję elektromechaniczną. Obecnie stosuje się dwa rodzaje regulatorów elektronicznych:

- jednofunkcyjne, współpracujące z alternatorami konwencjonalnymi;
- wielofunkcyjne, stanowiące integralne wyposażenie alternatorów kompaktowych.

Regulatory jednofunkcyjne

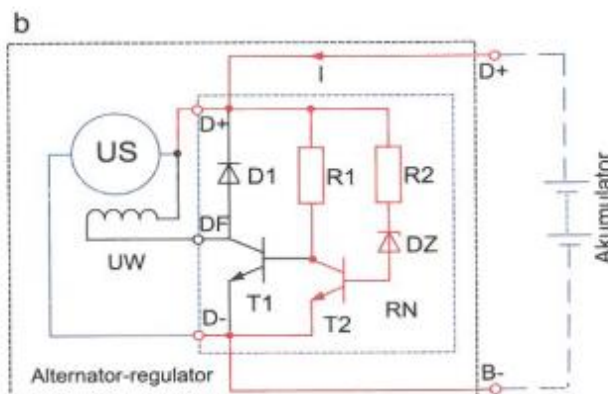
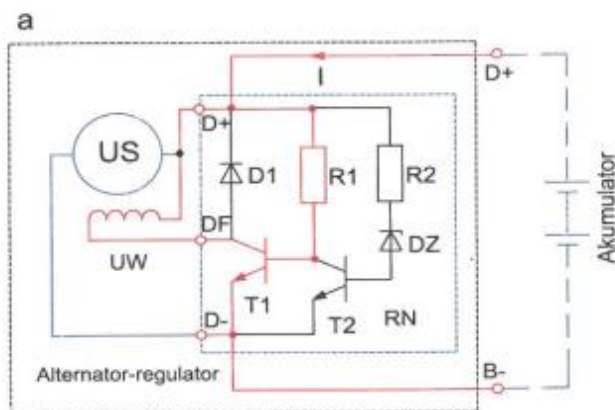
Zadaniem regulatorów jednofunkcyjnych jest utrzymywanie między zaciskami wyjściowymi $B+$ i $B-$ alternatora zadanej wartości napięcia, niezależnie od prędkości obrotowej spalinowego silnika napędowego i obciążenia instalacji elektrycznej pojazdu.

Regulator jednofunkcyjny działa dwustanowo (impulsowo). Jeśli napięcie na zaciskach roboczych alternatora przekracza wartość dopuszczalną, która dla instalacji 12-woltowej wynosi 13,8...14,6 V, to regulator przerywa

przebieg prądu wzbudzenia przez uzwojenie wirnika. Po osiągnięciu przez napięcie wyjściowe alternatora wartości mniejszej od dopuszczalnej, regulator inicjuje przepływ prądu przez ten obwód, czego skutkiem jest powstanie strumienia magnetycznego w szczelinie powietrznej i zwiększenie wartości napięcia na jego zaciskach.

Przykład układu elektronicznego działającego zgodnie z powyższym opisem przedstawiono na rys. 7.16.

W układzie przedstawionym na rys. 7.16a obwód wzbudzenia alternatora jest zamknięty przez przewodzący tranzystor $T1$, który wchodzi w stan nasycenia, gdy napięcie na zaciskach $B+$ i $B-$ alternatora ma wartość mniejszą od napięcia dopuszczalnego, należącego do przedziału 13,8...14,6 V. Wówczas bazę tranzystora $T1$ przez opornik $R1$ zasila akumulator. Skutkiem przepływu



Współpraca elektronicznego regulatora napięcia z alternatorem: przepływ prądu przez uzwojenie wzbudzenia (a), obwód wzbudzenia przerwany (b)

prądu przez obwód wzbudzenia jest przyrost wartości napięcia na zaciskach alternatora.

Po przekroczeniu przez napięcie alternatora poziomu dopuszczalnego zaczyna przewodzić tranzystor $T2$, ponieważ przez diodę Zenera DZ , łączącą bazę tego tranzystora z dodatnim zaciskiem akumulatora, zaczyna płynąć prąd (rys. 7.16b). Po osiągnięciu przez tranzystor $T2$ stanu nasycenia następuje zatkanie tranzystora $T1$, ponieważ napięcie między kolektorem i emiterem osiąga wartość $U_{CEsat} < 0,7$ V. Zatkanie tranzystora $T1$ jest równoznaczne z otwarciem obwodu wzbudzenia i przerwaniem przepływu prądu w tym obwodzie. Towarzystwu temu indukowanie się w uzwojeniu wirnika siły elektromotorycznej samaindukacji o ujemnej wartości i może zaistnieć przebiecie tranzystora $T1$. Aby tego uniknąć, między zaciskami DF i $D+$ regulatora włączono diodę $D1$, przez którą przepływa prąd wywołany przez wymienioną poprzednio siłę elektromotoryczną podczas wyzwalaania energii nagromadzonej w polu magnetycznym. Następuje stopniowe zanikanie tego pola i zmniejszanie wartości napięcia na zaciskach alternatora.

Nowe wersje jednofunkcyjnych regulatorów napięcia wyjściowego alternatorów, oprócz zmian prędkości obrotowej i obciążenia instalacji elektrycznej, uwzględniają również zmiany temperatury w przedziale silnika pojazdu.

Regulatory wielofunkcyjne (MFR)

Rozwój mikroelektroniki spowodował, że wraz z alternatorami kompaktowymi na rynku motoryzacyjnym pojawiły się elektroniczne monolityczne oraz hybrydowe wielofunkcyjne regulatory napięcia, realizujące dodatkowe funkcje optymalizujące pracę elektrycznego układu zasilania pojazdu oraz zabezpieczające podzespoły tego układu przed uszkodzeniem.

Dodatkowe funkcje MFR:

- Zmniejszenie oporu rozruchu przez opóźnienie chwili załączania prądu wzbudzenia podczas rozruchu silnika (ang. *load response time*).
- Łagodne zmiany wartości prądu wzbudzenia przy zmianach obciążenia instalacji elektrycznej pojazdu. Jest to tzw. miękkie zwiększanie mocy, dzięki któremu zmiany obciążenia instalacji w znikomy sposób wpływają na prędkość obrotową spalinowego silnika napędowego (ang. *load response driver*).
- Przedwzbudzenie uzależnione od kontrolki ładowania, która jest włączona przez regulator z sygnalizującym usterkę zaciskiem $61E$. Realizacja tej funkcji pozwala na osiągnięcie zdolności oddawania prądu przez alternator przy jak najmniejszej prędkości obrotowej wirnika (ang. *key on*).
- Wzbudzanie samoczynne inicjowane po przepaleniu lampki kontrolnej ładowania lub przerwy w jej obwodzie.
- Ograniczenie wartości napięcia ładowania przez odłączenie uzwojenia wzbudzenia po przekroczeniu przez wirnik ustalonej maksymalnej prędkości obrotowej.

- Bezpośredni pomiar napięcia na zaciskach akumulatora w celu optymalizacji wartości napięcia ładowania (ang. *battery sensing*).
- Niektóre rozwiązania regulatorów wielofunkcyjnych umożliwiają również tzw. regulację awaryjną, gdy wystąpi przerwa przewodu do bezpośredniego pomiaru napięcia na zaciskach akumulatora (przewodu *battery sensing*) lub zwiększenie spadku napięcia na przewodzie ładowania *B+*, spowodowane wzrostem rezystancji tego przewodu.

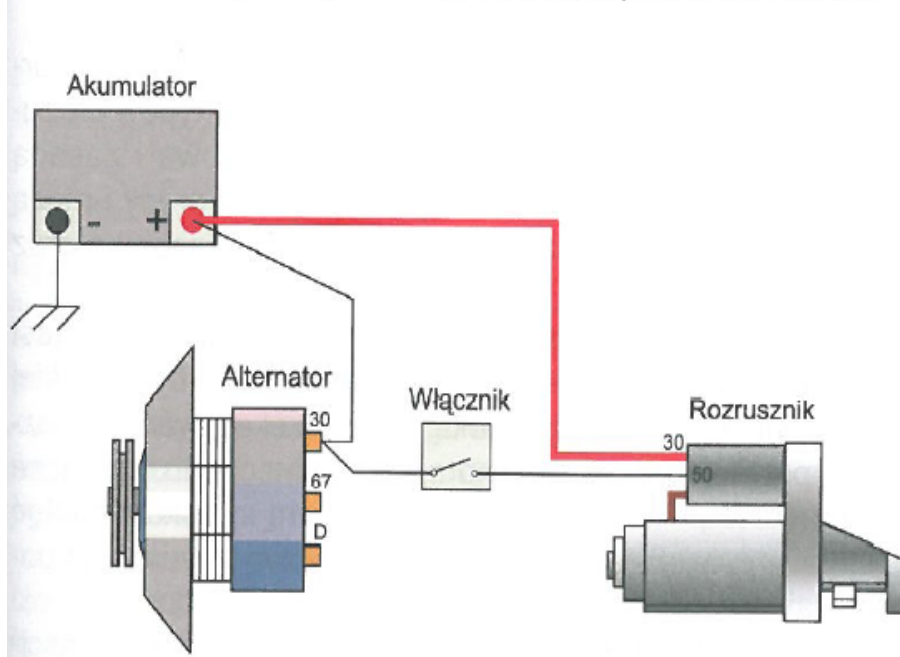
Ponadto po wyłączeniu zapłonu prąd pobierany przez regulator MFR jest ograniczony przez ogranicznik prądu spoczynkowego do wartości minimalnej, umożliwiającej pracę wewnętrznej pamięci.

Bardziej zaawansowane konstrukcje monolitycznych regulatorów wielofunkcyjnych realizują również optymalizację bilansu energii elektrycznej wytwarzanej przez alternator w celu przyspieszenia ładowania akumulatora. Aby ten cel osiągnąć, redukują obciążenie instalacji elektrycznej przez czasowe odłączanie niektórych odbiorników lub przez zwiększenie prędkości obrotowej silnika spalinowego pojazdu.

4.5. Obwód rozruchu i rozruszniki.

Rozruch silnika spalinowego składa się z dwóch faz. W fazie pierwszej, początkowej, następuje wytrącenie wału korbowego silnika ze stanu spoczynku i nadanie mu ruchu obrotowego. W fazie drugiej, zasadniczej, silnik osiąga minimalną prędkość obrotową rozruchu niezbędną do zapłonu paliwa w cylindrach. Dla silników o zapłonie iskrowym (silników ZI) prędkość obrotowa rozruchu wału korbowego musi mieć wartość 50...70 obr/min, a dla silników o zapłonie samoczynnym (silników ZS) – ok. 100...200 obr/min.

W celu doprowadzenia silnika spalinowego do prędkości obrotowej rozruchu, stosuje się silnik elektryczny zwany rozrusznikiem. Po zazębieniu się zębniaka rozrusznika z wieńcem koła zamachowego moment obrotowy rozrusznika jest przekazywany do silnika spalinowego. Zębniak jest kołem zębatym osadzonym na wale silnika elektrycznego. Wprawia on w ruch koło zamachowe silnika. Źródłem energii podczas rozruchu jest akumulator zasilający silnik elektryczny. Schemat funkcjonalny obwodu rozruchu przedstawiono na rys.



Akumulator kwasowy magazynuje energię potrzebną do zasilania rozrusznika. Za uzupełnianie energii w akumulatorze (ładowanie) odpowiada alternator. Wyłącznik rozrusznika znajduje się w stacyjce (współcześnie jest to najczęściej przycisk START/STOP).

Podczas rozruchu silnika spalinowego rozrusznik musi pokonać opory, których przyczyną jest sprężanie mieszanki paliwowej w cylindrach, tarcie tłoków o ścianki cylindrów, tarcie w łożyskach wału korbowego i korbowodu, lepkość oleju itp. Ponadto rozrusznik musi pokonać momenty bezwładności mas wirujących silnika, tj. wału korbowego z korbowodami, koła zamachowego oraz napędzanych przez silnik urządzeń, którymi mogą być m.in. alternator, pompa cieczy chłodzącej oraz sprężarka klimatyzacji pojazdu.

Największe opory ruchu silnika występują na początku rozruchu. Konstruktorzy pojazdów samochodowych, dobierając rozrusznik do konkretnego silnika, biorą pod uwagę nie tylko opory spoczynkowe, ale również konieczność nadania silnikowi minimalnej prędkości niezbędnej do zapłonu mieszanki paliwowej w cylindrach. Tak więc wymiary rozrusznika i jego moc zależą od oporów spoczynkowych oraz od wartości prędkości rozruchu silnika.

Gdyby rozrusznik był sprzęgnięty bezpośrednio z wałem korbowym silnika, jego masa oraz moc miałyby duże wartości. Aby przy małej masie i względnie niewielkiej mocy rozrusznika oraz przy niezbyt dużej pojemności akumulatora uzyskać możliwość prawidłowego rozruchu silnika, wirnik rozrusznika oraz wał korbowy silnika muszą być połączone za pośrednictwem odpowiedniej przekładni, która ze względu na właściwości rozrusznika jest przekładnią zębatą. Na wale rozrusznika montuje się więc małe koło zębate, które na czas rozruchu jest sprzęgane z uzębionym zewnętrznym kołem zamachowym o dużej średnicy. Przełożenie między zębnikiem i wieńcem koła zamachowego wynosi od 1:8 do 1:20.

Z uwagi na trwałość rozrusznika, po zakończeniu rozruchu silnika zębniak rozrusznika samoczynnie wyzębia się z wieńca zębatego koła zamachowego. Umożliwia to mechanizm sprzęgający umieszczony wraz z zębniakiem na wale rozrusznika. Niewyzębienie się zębniaka rozrusznika po uruchomieniu silnika grozi mechanicznym uszkodzeniem rozrusznika, ponieważ nie jest on przystosowany do rozwijania dużej prędkości obrotowej, którą ma silnik spalinowy samochodu podczas normalnej pracy.

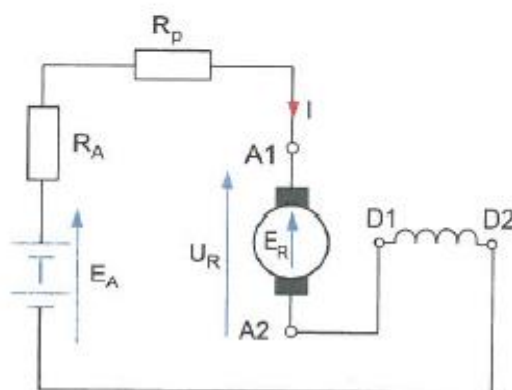
Rozruszniki, podobnie jak silniki elektryczne ogólnego przeznaczenia, są znormalizowane, co ułatwia ich wymienialność podczas obsługi. Liczba typów produkowanych rozruszników jest ograniczona. Różnią się one budową i zasadą działania mechanizmu sprzęgającego, znamionowym napięciem pracy i mocą elektryczną, wymiarami zewnętrznymi, liczbą zębów i modułem zębniaka oraz kierunkiem obrotów.

Oprócz rozrusznika bardzo istotnym podzespołem układu rozruchowego jest akumulator (rys. 8.1). Pojemność akumulatora jest tak dobrana, aby w niskiej temperaturze otoczenia, poniżej 0°C, energia elektryczna przekazywana do rozrusznika wystarczyła do prawidłowego rozruchu silnika samochodu. Oznacza to, że niska temperatura otoczenia nie może być przyczyną spadków napięć na zaciskach akumulatora, zmniejszających prędkość obrotową rozrusznika poniżej prędkości rozruchu silnika.

Poznanie zasady działania rozrusznika wymaga znajomości działania i właściwości silników elektrycznych prądu stałego.

Podczas rozruchu silnika spalinowego zębnik rozrusznika jest sprzęgnięty z wieńcem zębatym koła zamachowego tego silnika. W początkowej fazie rozruchu przez rozrusznik płynie prąd zwarcia, który następnie powinien się zmniejszyć do wartości, przy której moc elektromagnetyczna rozrusznika osiąga wartość maksymalną. Znajomość początkowej wartości prądu rozruchu jest niezbędna do wyznaczenia średnicy przewodu łączącego rozrusznik z akumulatorem. Znajomość mocy maksymalnej jest niezbędna do prawidłowego doboru rozrusznika w przypadku jego uszkodzenia. W związku z tym poniżej wyprowadzono zależności pozwalające na wyznaczenie w stosunkowo prosty sposób wartości zarówno prądu maksymalnego, jak i mocy maksymalnej. Dla uproszczenia rozważań przyjęto, że rozrusznik jest silnikiem szeregowym.

Schemat zastępczy obwodu rozruchu przedstawiono na rys. Na rysunku tym E_A oraz R_A oznaczają odpowiednio siłę elektromotoryczną i rezystancję wewnętrzną akumulatora, R_p jest rezystancją przewodów łączących rozrusznik z akumula-



Schemat obwodu rozruchu

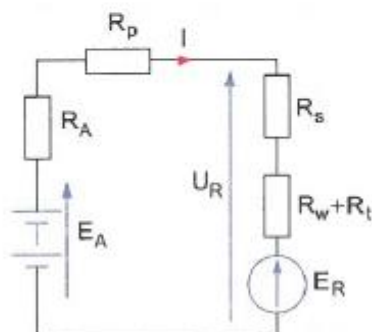
torem, I jest prądem płynącym w obwodzie rozruchu w stanie ustalonym, tzn. gdy wirnik rozrusznika obraca się ze stałą prędkością.

Uwzględniając oznaczenia z rysunku napięcie na rozruszniku podczas rozruchu można opisać równaniem:

$$U_R = E_A - I(R_p + R_A)$$

Pole magnetyczne powstające w stojanie maszyny nie tylko wytwarza moment napędowy, ale również indukuje w wirniku rozrusznika siłę przeciwelektromotoryczną E_R , której kierunek jest przeciwny do kierunku siły elektromotorycznej akumulatora, a wartość jest proporcjonalna do prędkości obrotowej n wirnika rozrusznika:

$$E_R = B l N n$$



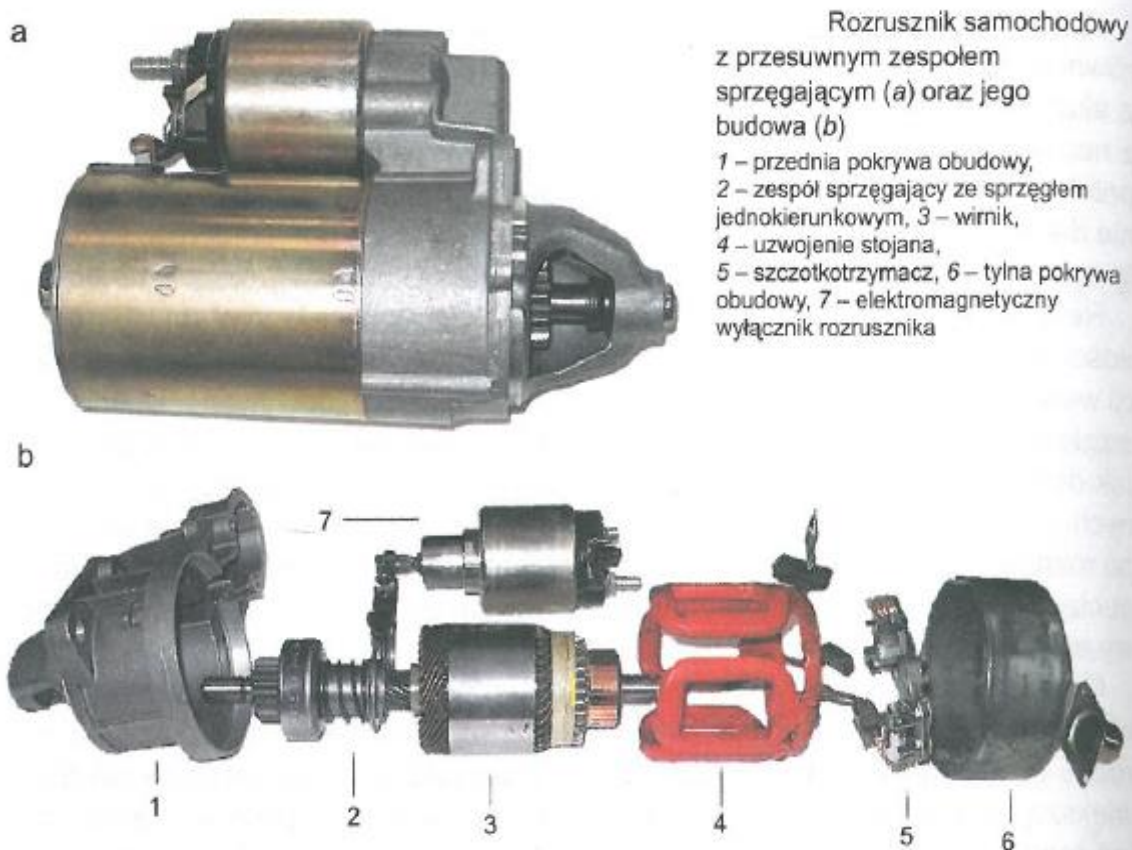
Schemat zastępczy obwodu rozruchu uwzględniający siłę przeciwelektromotoryczną

We wzorze tym l jest tzw. długością czynną uzwojenia wirnika znajdującego się w polu magnetycznym o indukcji B , wytworzonym przez uzwojenie wzbudzenia, N oznacza liczbę zwojów wirnika, którego prędkość obrotowa ma wartość n .

Po uwzględnieniu siły przeciwelektromotorycznej E_R , rezystancji szczotek R_s i rezystancji uzwojenia wirnika R_w , schemat obwodu rozruchu można przedstawić w postaci jak na rys.

Rozrusznik z przesuwным zespołem sprzęgającym jest stosowany w wielu produkowanych współcześnie pojazdach samochodowych wyposażonych w silnik o zapłonie iskrowym. Moc rozruszników tego typu nie przekracza 2 kW. Budowę rozrusznika pokazano na rys.

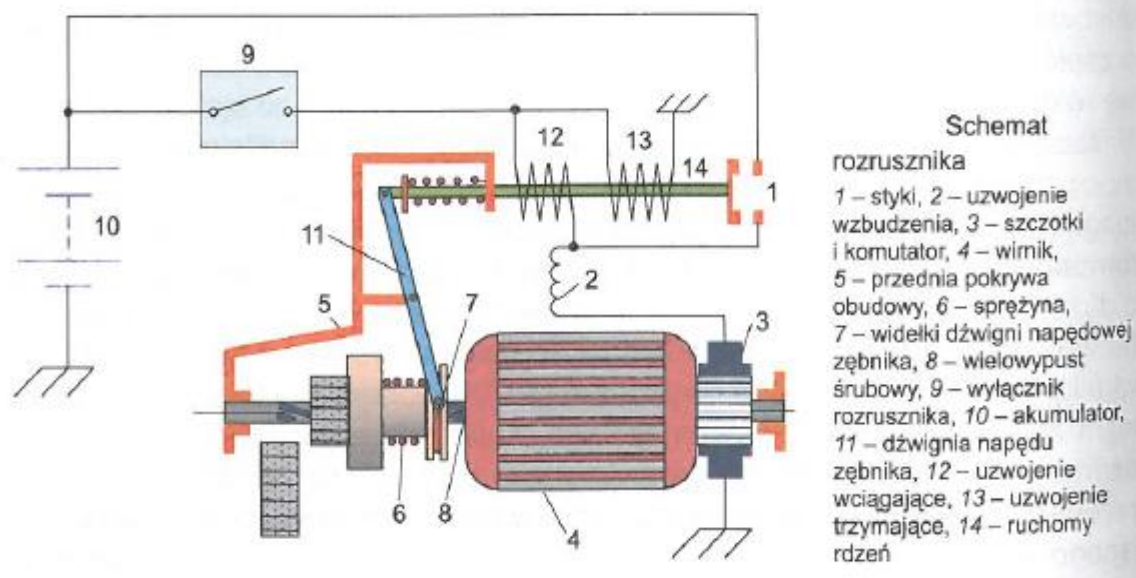
Rozrusznik jest silnikiem szeregowym lub szeregowo-bocznikowym, gdy jego moc przekracza 1 kW. Uzwojenie wzbudzenia rozrusznika znajduje się na ferromagnetycznych nabiegownikach wykonanych w postaci pakietów z blachy transformatorowej, zamocowanych wewnątrz walca korpusu wykonanego ze stali o dużej przenikalności magnetycznej. Oś wirnika jest obustronnie łożyskowana w tulejach zamocowanych w stalowych pokrywach. W przedniej części osi wirnika jest wyfrezowany śrubowy wielowypust, po którym przesuwają się mechanizm zazębiania zespołu sprzęgającego. Mechanizm zazębiania jest napędzany przez elektromagnes składający się z uzwojenia, wewnątrz którego przemieszcza się rdzeń ferromagnetyczny w postaci pręta stalowego, wprawiającego w ruch dźwignię napędzającą zębnik mechanizmu sprzęgającego.



Na rdzeniu elektromagnesu, po przeciwnej stronie w stosunku do zaczepu dźwigni, jest umieszczona para styków 1, za pośrednictwem których jest zasilany silnik rozrusznika.

Rozrusznik z przesuwным śrubowym mechanizmem sprzęgającym działa w następujący sposób

Po obróceniu kluczyka w stacyjce pojazdu w skrajne prawe położenie zamykany jest styk 9 wyłącznika rozrusznika. Zamknięcie tego styku powoduje przepływ prądu od dodatniego zacisku akumulatora 10 przez uzwojenie trzyma-



jące 13 do masy oraz przez uzwojenie wciągające 12. Pole magnetyczne obu uzwojeń wyłącznika elektromagnetycznego wciąga rdzeń 14, który za pośrednictwem dźwigni 11 zakończonej widelkami 7 przemieszcza zębnik wyposażony w sprzęgło jednokierunkowe w kierunku wieńca koła zamachowego. Jednocześnie wirnik rozrusznika zaczyna się obracać, przesuwając zębnik wzdłuż wielowypustu śrubowego 8. Przyczyną ruchu wirnika silnika rozrusznika jest niewielki moment rozruchowy spowodowany przez prąd płynący w szeregowym połączeniu uzwojenia wciągającego 12 tego silnika.

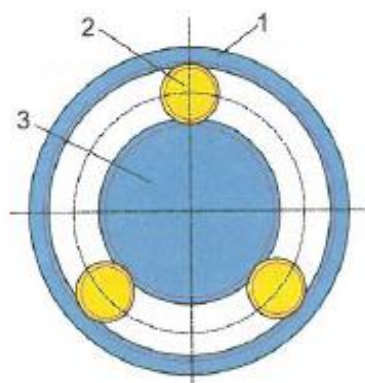
Jeśli zębnik trafi w lukę między zębami wieńca, to następuje pełne zazębienie i są zamykane styki 1 wyłącznika elektromagnetycznego zasilające rozrusznik i uzwojenie wciągające 12 jest bocznikowane przez uzwojenie trzymające 13.

W przypadku nietrafienia przez zębnik w lukę między zębami wieńca dźwignia 11 napędu mechanizmu dociska zębnik za pośrednictwem sprężyny do wieńca koła zamachowego od strony sprzęgła jednokierunkowego, do chwili zamknięcia styków 1. Zamknięcie styków 1 powoduje przepływ prądu przez uzwojenie wzbudzenia 2, niepołączoną z masą pojazdu szczotkę i komutator, uzwojenie wirnika 4 oraz przez drugą, połączoną z masą szczotkę. Przepływ tego prądu jest przyczyną powstania momentu napędowego obracającego wirnik rozrusznika do chwili, gdy odpowiednio ścięte zęby zębniaka wpadną w lukę między zębami wieńca koła zamachowego.

Po zazębieniu przekładni zębnik – wieńiec koła zamachowego następuje właściwy rozruch silnika napędowego pojazdu. Po zapłonie tego silnika prędkość obwodowa wieńca koła zamachowego jest większa od prędkości zębniaka i rozrusznik przestaje napędzać koło zamachowe, ponieważ sprzęgło jednokierunkowe, za pośrednictwem którego zębnik jest połączony ze śrubowym wielowypustem osi wirnika rozrusznika, nie dopuszcza do przeniesienia momentu napędowego silnika spalinowego na wirnik rozrusznika.

Rozrusznik z reduktorem lub przekładnią planetarną.

W niektórych samochodach małolitrażowych produkowanych przez firmy zachodnioeuropejskie są montowane rozruszniki z reduktorem mechanicznym. Takie rozruszniki są wyposażone w silnik o znacznie większej prędkości obrotowej niż prędkość rozruszników konwencjonalnych oraz w przekładnię mechaniczną zmniejszającą prędkość obrotową. Dzięki takiemu rozwiązaniu, przy mniejszych gabarytach silnika rozrusznika o małym momencie napędowym, bez zmiany mocy tego silnika można zwiększyć moment obrotowy na wale napędzającym koło zamachowe silnika spalinowego tyle razy, ile razy przekładnia zmniejsza prędkość obrotową wirnika silnika elektrycznego. Oznacza to w praktyce, że rozruszniki z reduktorem wytwarzają znacznie większy moment obrotowy niż moment obrotowy rozruszników konwencjonalnych, o podobnej masie i gabarytach.



Przekładnia

planetarna

1 – uzębione wewnątrz koło koronowe, 2 – uzębione zewnątrz satelity, 3 – uzębione zewnątrz koło słoneczne

Zazębienie zębika z wieńcem zębatym koła zamachowego silnika spalinowego następuje podobnie jak w przypadku rozruszników konwencjonalnych.

W rozrusznikach stosuje się reduktory z kołami walcowymi zmniejszające prędkość obrotową (o przełożeniu 1:3 lub 1:4) oraz z przekładnią planetarną o przełożeniu 1:5. Przekładnię taką tworzą uzębione wewnątrz koło koronowe 1 oraz uzębione zewnątrz trzy satelity 2 i koło słoneczne 3

Koło koronowe jest zamocowane nieruchomo w korpusie rozrusznika. Koło słoneczne jest połączone z wirnikiem silnika elektrycznego. Podczas obrotu wirnika tego silnika za pośrednictwem koła słonecznego są napędzane satelity toczące się wewnątrz koła koronowego, wokół koła słonecznego.

Osie satelitów są połączone za pomocą tzw. kosza, połączonego mechanicznie z wałem wyjściowym rozrusznika i dlatego podczas ruchu satelitów obraca się również ten wał. Przełożenie przekładni utworzonej przez centralne koło słoneczne, satelity i koło wieńcowe jest równe 11:15:43, co daje 5-krotne zmniejszenie prędkości obrotowej wirnika silnika elektrycznego.

Przekładnia planetarna stosowana w rozrusznikach zabezpiecza mechanicznie przed uszkodzeniem wirnika silnika elektrycznego oraz podzespoły z nim współpracujące, gdy na wale tego silnika pojawi się zbyt duży moment obrotowy. Wówczas koło wieńcowe obróci się, zmniejszając wartość tego momentu. W tym celu koło wieńcowe jest osadzone wewnątrz obudowy rozrusznika za pomocą sprzęgła ciernego, absorbującego nadmierny moment obrotowy jako moment tarcia.

6. Systemy start-stop.

Coraz ostrzejsze normy emisyjne obowiązujące w Europie sprawiły, że niemal wszystkie nowe auta są wyposażone w system start-stop. Wystarczy, że taki samochód zatrzyma się np. na światłach lub w korku, kierowca włączy luz i puści sprzęgło, żeby silnik samoczynnie się wyłączył.

Żeby ponownie go uruchomić, wystarczy nacisnąć pedał sprzęgła, a w autach z automatyczną skrzynią biegów – zdjąć nogę z pedału hamulca. W ruchu miejskim takie rozwiązanie pozwala osiągnąć nieco niższe zużycie paliwa, a w czasie postoju auto nie emituje hałasu ani spalin.

Ubočnym efektem takiego rozwiązania jest m.in. znacznie większe obciążenie rozrusznika, gdyż częściej wprawia on w ruch silnik, oraz akumulatora, który w czasie postoju musi zaopatrywać w energię układy elektryczne pojazdu. Znacznie ciężiej pracuje też alternator. Jednak bez obaw – auta z układami automatycznego wyłączania silnika są wyposażone we wzmocnione podzespoły, przystosowane do większych obciążeń.

Trzeba tylko pamiętać, że nie wolno w nich stosować np. zwykłych rozruszników lub akumulatorów przeznaczonych do pojazdów bez systemu start-stop. Użytkownicy, którzy nie mają doświadczeń z samochodami wyposażonymi w system start-stop, często się martwią, czy działa on poprawnie. Do warsztatów regularnie trafiają auta, w których np. wyświetlił się komunikat „system start-stop niedostępny” lub po prostu, mimo zatrzymania i zdjęcia nogi ze sprzęgła, silnik nie gaśnie.

Z reguły nie świadczy to wcale o wystąpieniu jakiegokolwiek awarii systemu. Układy start-stop są tak skonfigurowane, żeby ich działanie nie szkodziło autu lub w żaden sposób nie utrudniało jego codziennej eksploatacji. Oznacza to, że jeśli np. akumulator samochodu jest niedoładowany albo chwilowe zapotrzebowanie auta na prąd jest większe niż zwykle, bo włączone są duże odbiorniki prądu (podgrzewanie szyb, foteli, dodatkowe oświetlenie, rozbudowany system audio), system może się nie włączyć, a silnik będzie pracował po to, żeby na bieżąco doładowywać baterię.

Innym powodem niezadziałania układu może być np. zbyt niska lub zbyt wysoka temperatura bądź klimatyzacja włączona na maksymalną moc. W takiej sytuacji układ zacznie działać ponownie, kiedy ustaną przyczyny jego wyłączenia, czyli np. gdy po przejechaniu dłuższej trasy doładuje się akumulator.

Układy start-stop z reguły są wyposażone w przełącznik pozwalający na zawieszenie ich działania. Warto jednak wiedzieć, że zazwyczaj ponowne uruchomienie silnika powoduje uaktywnienie wyłączonego uprzednio systemu.

Wiele pojazdów z systemami start-stop wyposażono również w układy odzyskiwania (rekuperacji) energii podczas hamowania. Ponieważ energia ta jest następnie gromadzona właśnie w akumulatorze, musi on mieć jeszcze wyższe parametry niż baterie stosowane w zwykłych systemach start-stop.

W starszych konstrukcjach rozruch silnika wiąże się z bardzo wysokim chwilowym zużyciem paliwa. Silniki ze start-stopem są tak zmodyfikowane, że w ich przypadku dodatkowa dawka paliwa potrzebna do rozruchu to zaledwie tyle, ile silnik spaliłby go w czasie niespełna sekundy pracy na wolnych obrotach.

Najnowsze systemy pozwalają na wyłączenie silnika, nawet jeśli pojazd jeszcze się nie zatrzymał, np. wtedy, gdy auto toczy się siłą rozpędu.

Zamontowanie w aucie z systemem start-stop zwykłego akumulatora, o parametrach niedostosowanych do szczególnych wymagań takiego układu, kończy się jego szybkim zniszczeniem. Uwaga! W tym przypadku nie wystarczy dobranie baterii o odpowiedniej pojemności i prądzie rozruchowym – liczy się przede wszystkim odporność na głębokie rozładowanie i szybkie ładowanie dużym prądem.

Tradycyjne akumulatory kwasowo-ołowiowe mają niewystarczające parametry, żeby stosować je w systemie start-stop. Jest tak ze względu na częste zatrzymania i rozruchy silnika oraz konieczność zasilania w czasie postoju wielu urządzeń wyłącznie z akumulatora. Musi się on więc cechować wysoką odpornością na tzw. pracę cykliczną.

W przypadku układu start-stop połączonego z odzyskiem energii hamowania występują dodatkowo zmienne napięcie i głębokie wyładowania akumulatora. Akumulator musi cechować się jeszcze wyższą odpornością na pracę cykliczną i wytrzymywać szybkie ładowanie prądem o dużym natężeniu.

W tym przypadku stosuje się wyłącznie akumulatory AGM, które są najbardziej zaawansowanymi technicznie bateriami dostępnymi na rynku. W stosunku do tradycyjnych akumulatory AGM zapewniają 4-krotnie większą odporność na pracę cykliczną i przystosowanie do pracy w stanach znacznego rozładowania.

Zagadnienia do opracowania:

1. Jakiego rodzaju prądnicą jest alternator?
2. W jaki sposób jest prostowany prąd wytwarzany przez alternator?
3. Na czym polega regulacja napięcia w obwodzie ładowania?
4. Jakiego rodzaju silniki elektryczne są wykorzystywane jako rozruszniki silników spalinowych?
5. Czym odróżniają się akumulatory AGM od standardowych akumulatorów kwasowych i gdzie powinny być stosowane?

Odpowiedzi proszę przesyłać na adres: turnus2@bcebielsko.pl, wpisując w temacie nazwę zajęć: Elektryczne i elektroniczne wyposażenie pojazdów samochodowych. Można również kopię odsyłać na mój adres mailowy: slawek_szeszol@tlen.pl