

7.3. Alternator

7.3.1. Budowa i działanie alternatora

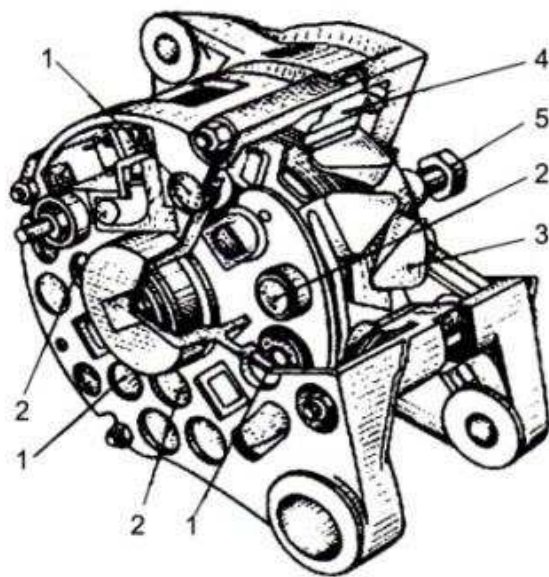
W układzie zasilania instalacji elektrycznej pojazdów samochodowych (rys. 7.1) oprócz akumulatora występuje trójfazowa prądnica prądu przemiennego, która ze względu na przebieg wytwarzanego napięcia jest nazywana alternatorem. W starszych modelach pojazdów zamiast alternatora stosowano prądnicę prądu stałego, charakteryzującą się mniejszą wydajnością. W odróżnieniu od prądnicy prądu stałego twornik alternatora jest nieruchomy i znajduje się na stojanie. Dzięki temu uzwojenia twornika mogą być połączone z zaciskami alternatora bezpośrednio, bez konieczności stosowania elementów ruchomych. Takie rozwiązanie pozwala na obciążenie uzwojeń twornika (stojana) alternatora prądem o dużo większym natężeniu niż prąd obciążający samochodową prądnicę prądu stałego.

W trakcie pracy alternatora na jego zaciskach występuje trójfazowy układ napięć przemiennych, którego wytwarzanie opisano w podrozdziale 5.21. Z tego względu poniżej opisano jedynie budowę alternatora, którą zilustrowano na rys. 7.7.

Alternator tworzą dwa główne podzespoły: wirnik 3 z biegunami w układzie pazurowym oraz stojan 4.

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 wirnika.

Natężenie stałego pola magnetycznego wirnika jest określone przez prąd wzbudzenia płynący przez uzwojenie elektromagnesu, o wartości zależnej od napięcia alternatora. Uzwojenie wirnika jest zasilane

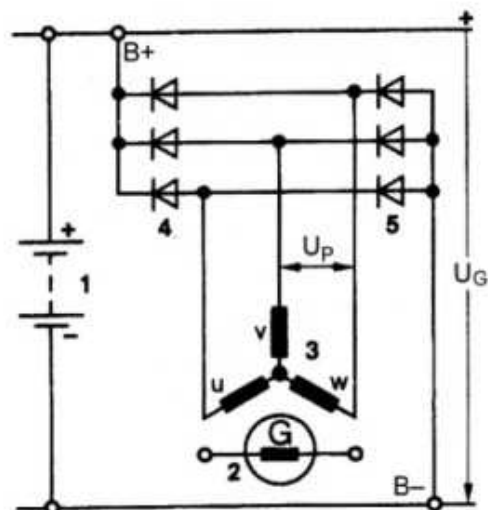


Rys. 7.7. Budowa alternatora [10]

1 – diody ujemne, 2 – diody dodatnie, 3 – wirnik pazurowy, 4 – stojan (twornik), 5 – mocowanie koła pasowego

Rys. 7.8. Diodowy mostek trójfazowy alternatora [10]

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

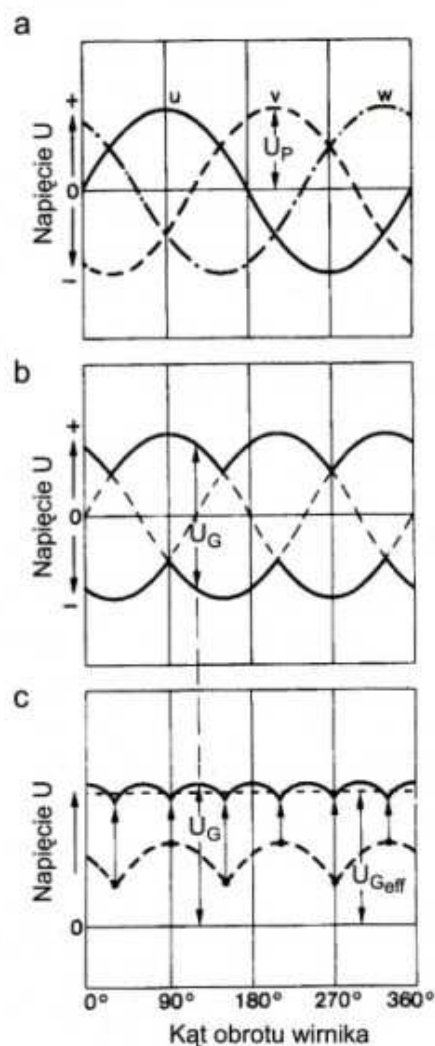


ne napięciem stałym za pośrednictwem szczotek i pierścieni ślizgowych zamocowanych na osi wirnika. Na stojanie znajdują się trzy jednakowe sekcje uzwojenia, rozmieszczone przestrzennie względem siebie co 120° . Wewnętrzne końce tych sekcji są połączone, tworząc układ tzw. gwiazdy. Końce zewnętrzne są dołączone do zacisków roboczych współpracujących z trójfazowym diodowym mostkiem prostowniczym, którego działanie opisano w dalszej części tego rozdziału.

Do zacisków stojana jest dołączony mostek trójfazowy z sześcioma diodami (rys. 7.8), prostujący dwukierunkowo (dwupołówkowo) prąd płynący przez uzwojenia twornika.

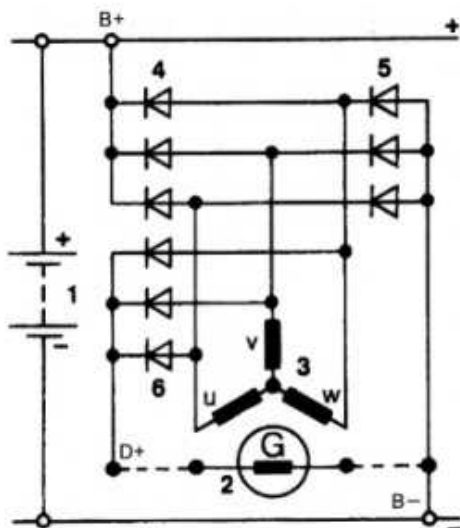
Prostowanie dwupołówkowe realizują na przemian diody dodatnie 4 oraz diody ujemne 5 mostka. Diody dodatnie prostują półfale dodatnie, a diody ujemne – półfale ujemne prądu płynącego przez poszczególne sekcje uzwojenia twornika. Dzięki temu między zaciskami $B+$ i $B-$ mostka występuje jednokierunkowe dodatnie napięcie pulsujące (rys. 7.9c), będące sumą dodatniej i ujemnej obwiedni (rys. 7.9b) trójfazowego układu napięć występujących na zaciskach roboczych twornika alternatora (rys. 7.9a).

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 – rys. 7.10.



U_P – napięcie fazowe
 U_G – napięcie prądniczy

Rys. 7.9. Przebiegi napięć na zaciskach u , w i v twornika (a), przebieg obwiedni tych napięć (b) oraz przebieg napięcia wyprostowanego dwupołówkowo (c) [10]



Rys. 7.10. Wytwarzanie prądu wzbudzenia [10]

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

Półmostek wzbudzenia współpracuje z diodami ujemnymi 5, wytwarzając dodatnie napięcie pulsujące między zaciskami $D+$ i $B-$ układu diod alternatora.

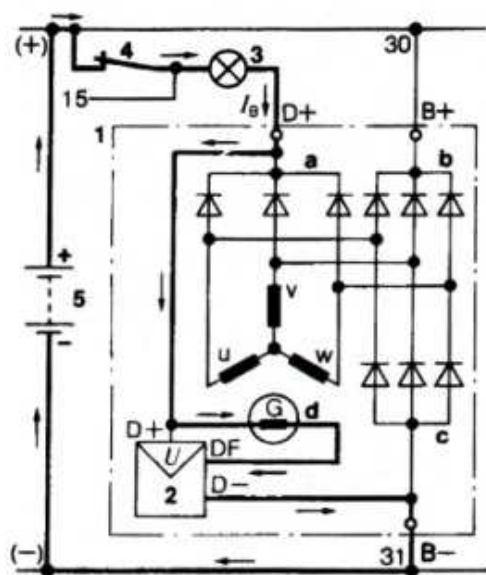
Diody dodatnie 4 oraz półmostek wzbudzenia 6 są zamontowane na jednej płycie z materiału izolacyjnego.

Prawidłowe działanie alternatora wymaga współpracy trzech niezależnych obwodów elektrycznych:

- obwodu wzbudzenia wstępnego, przez który płynie prąd z akumulatora,
- obwodu prądu wzbudzenia roboczego, wymuszanego przez uzwojenia twornika,
- obwodu głównego, nazywanego również obwodem prądnicy.

Obwód wzbudzenia wstępnego (rys. 7.11)

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



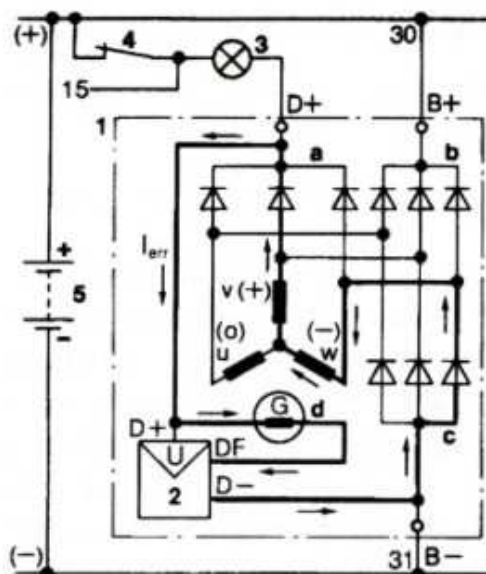
Rys. 7.11. Obwód prądu wzbudzenia wstępnego [10]

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

do masy prąd akumulatora I_B . Prąd ten wzbudza wstępnie alternator, ponieważ w żelazie rdzenia magnetycznego wirnika istnieje magnetyzm szczątkowy. Występujące w szczelinie powietrznej między wirnikiem a stojanem pole magnetyczne pochodzące od tego magnetyzmu przy małej prędkości obrotowej wirnika nie może wywołać samowzbudzenia alternatora.

Obwód wzbudzenia roboczego (rys. 7.12)

Samowzbudzenie może wystąpić dopiero przy dużej prędkości obrotowej wirnika, przy której wartość szczytowa napięć indukowanych w sekcjach uzwojenia twornika (stojana) jest większa od podwójnego napięcia progowego krzemowej



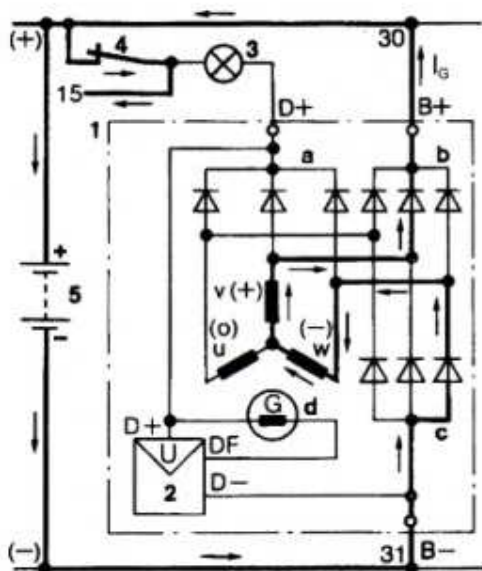
Rys. 7.12. Obwód prądu wzbudzenia roboczego [10]

diody półprzewodnikowej, tzn. od 1,4 V ($2 \cdot 0,7 = 1,4$ V). Przy takim napięciu zaczęta 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.

Obwód główny (rys. 7.13)

Prąd płynący przez trzy połączone w gwiazdę sekcje twornika alternatora i wyprostowany przez trzy diody obciążenia (diody dodatnie) jest kierowany do akumulatora oraz innych odbiorników energii elektrycznej dołączonych do instalacji pojazdu. Aby przepływ tego prądu był możliwy, wartość napięcia między zaciskami B+ i B- mostka alternatora musi być większa od napięcia na zaciskach akumulatora. Prawidłową wartość napięcia na diodach obciążenia utrzymuje regulator, opisany w podrozdziale 7.4.

W pojazdach nowej generacji, dzięki zastosowaniu odpowiedniej przekładni pasowej przenoszącej napęd z jednostki napędowej, alternator oddaje 70% mocy znamionowej już podczas biegu jałowego silnika spalinowego.

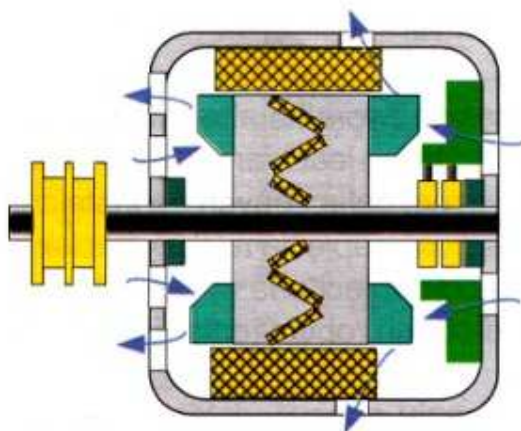


Rys. 7.13. Obwód główny alternatora [10]

7.3.2. Alternatory kompaktowe

Rozwój podzespołów elektronicznych spowodował, że stanowią one integralne wyposażenie współczesnych samochodów. Obecnie wszystkie pojazdy są wyposażone również w pokładowe systemy informatyczne. Ponadto w celu zwiększenia komfortu jazdy i użytkowania, nawet w pojazdach klasy średniej montuje się układy klimatyzacji, elektryczne podnoszenie szyb oraz elektryczne podgrzewanie foteli. Konsekwencją wymienionych udoskonaleń jest zwiększenie zapotrzebowania na energię elektryczną. Wymaga to zwiększenia mocy i masy prądnic. Takie rozwiązanie jest nie do zaakceptowania ze względu na brak miejsca w przedziale silnika na instalowanie alternatorów o zwiększonych gabarytach.

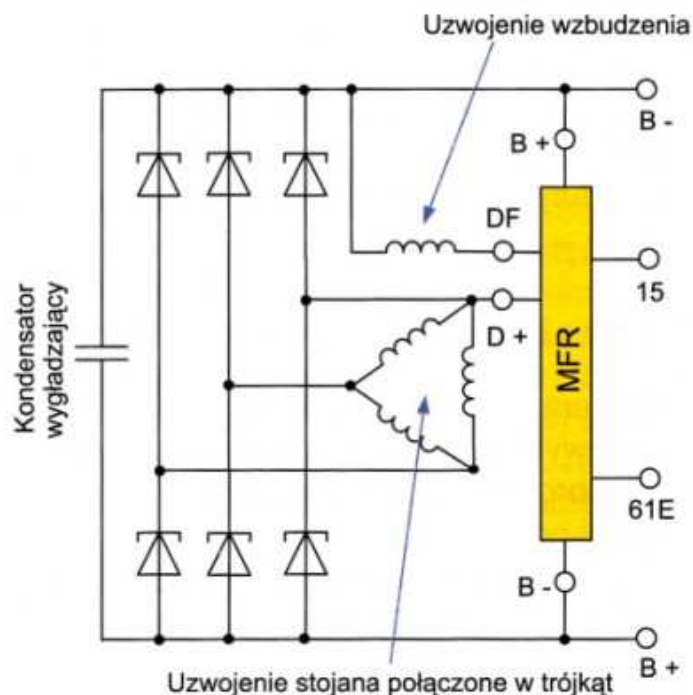
Zamiast instalować wielkogabarytowe prądnice, wprowadzono do użytku alternatory kompaktowe przystosowane do pracy przy większych obciążeniach, które są mniejsze o ok. 15% i lżejsze o ok. 25% od alternatorów tradycyjnych. Zmniejszenie wymiarów i masy nowych alternatorów uzyskano dzięki zmianie konstrukcji obwodu magnetycznego oraz modyfikacji układu mechanicznego i chłodzenia alternatora.



Rys. 7.14. Sposób chłodzenia alternatora kompaktowego

Zmiany konstrukcyjne obwodu magnetycznego polegają na zmniejszeniu wielkości szczeliny powietrznej między nabiegunnikami stojana a wirnikiem oraz na zmianie kształtu rdzeni biegunowych.

Modyfikacja chłodzenia polega na umieszczeniu dwóch wentylatorów wewnątrz obudowy po obu stronach wirnika, tak aby stanowiły one integralną część wirnika (rys. 7.14). Takie rozwiązanie zwiększa efektywność chłodzenia alternatora.



Rys. 7.15. Alternator kompaktowy z regulatorem wielofunkcyjnym (MFR)

Ponadto tradycyjne materiały izolacyjne zastąpiono materiałami odpornymi na działanie wysokich temperatur i zastosowano łożyska przystosowane do pracy przy dużych prędkościach obrotowych (ok. 22 000 obr/min). Odporność termiczną alternatorów kompaktowych można zwiększyć przez zastąpienie chłodzenia powietrznego chłodzeniem cieczowym.

Zmianom konstrukcyjnym alternatorów kompaktowych towarzyszy również zmiana w układzie prostowniczym oraz zmiana regulatora napięcia. Zwykle diody prostownicze zastąpiono diodami Zenera, które nie tylko pełnią rolę prostowników, ale również zabezpieczają urządzenia elektroniczne samochodu przed skutkami przepięć łączeniowych. Wewnątrz alternatora kompaktowego, między zaciskami B+ i B- włączono kondensator wygładzający tętnienia napięcia wyjściowego.

W celu zmniejszenia wartości skutecznej prądu płynącego w poszczególnych sekcjach (fazach) uzwojenia stojana, sekcje te są łączone w trójkąt.

Oprócz tego, zamiast regulatorów jednofunkcyjnych, utrzymujących zadaną wartość napięcia na zaciskach alternatora niezależnie od zmian prędkości obrotowej silnika spalinowego, stosuje się regulatory wielofunkcyjne, których działanie będzie opisane w podrozdziale 7.4. Schemat elektryczny alternatora kompaktowego przedstawiono na rys. 7.15.