

4. Prądnice samochodowe prądu przemiennego (alternatory)

4.1. Porównanie alternatora z prądnicami samochodowymi prądu stałego

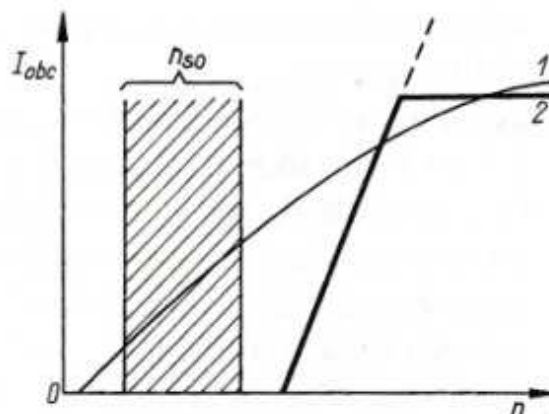
Wprowadzenie alternatora jako źródła energii elektrycznej pojazdów samochodowych było spowodowane w głównej mierze faktem, że konwencjonalne rozwiązania prądnic prądu stałego w wielu przypadkach nie odpowiadają potrzebom eksploatacji samochodów. Dotyczy to zarówno parametrów mocy i prędkości obrotowej, jak również wskaźników zużycia masy miedzi. Przewaga alternatora nad prądnicą prądu stałego staje się bardziej wyraźna wobec tendencji rozwojowych związanych z warunkami eksploatacji, wzrostem zapotrzebowania na moc elektryczną i zmniejszeniem wymiarów wyposażenia elektrycznego. Wzrost liczby samochodów spowodował zwiększenie intensywności ruchu na drogach i ulicach miast, co z kolei pociągnęło za sobą zmianę warunków pracy silników samochodowych. Czas pracy silnika w stanie jałowym, przy ruchu samochodu osobowego w mieście dochodzi do 40% całego czasu pracy, a dla autobusów miejskich do 60% całego czasu pracy.

Prądnica prądu stałego nie może zapewnić oddawania dostatecznej ilości energii w stanie jałowym silnika, co jest spowodowane tym, że współczesne silniki samochodowe mają duży zakres zmian prędkości obrotowej. Prądnica bowiem, która ma oddawać energię w stanie jałowym silnika, nie może pracować niezawodnie przy maksymalnej prędkości silnika, gdyż pojawiają się znaczne trudności związane m.in. z komutacją. Z czterech możliwych do zastosowania typów prądnic prądu stałego: obcowzbudnej, samowzbudnej bocznikowej, szeregowej i szeregowo-bocznikowej najlepiej do współpracy z akumulatorem nadawała się **prądnica samowzbudna bocznikowa**, którą stosowano w pojazdach samochodowych. Dopuszczalna ze względów konstrukcyjnych prędkość obrotowa takiej prądnicy prądu stałego wynosi 7000 do 8000 obr/min, a prądnicy o budowie specjalnej do 10 000 obr/min.

Na rysunku 4.1 przedstawiono dla porównania charakterystyki obciążenia alternatora i prądnicy prądu stałego (z ogranicznikiem prądu) z zaznaczeniem zakresu prędkości obrotowych silnika pracującego w stanie jałowym. Z wykresu wynika, że *przy pracy silnika w stanie jałowym alternator może zasilać odbiorniki elektryczne, w przypadku natomiast zainstalowania prądnicy prądu stałego odbiorniki są zasilane z akumulatora.*

Rys. 4.1. Charakterystyki obciążenia (prądowo-prędkościowe):

1 – alternatora, 2 – prądnicy prądu stałego, (n_{so} – obszar zmian prędkości obrotowej silnika w stanie jałowym)



Moc na jednostkę masy, otrzymana z prądnicy, jest niewielka i wynosi od 40 do 70 W/kg. W przypadku stosowania alternatorów – przy takiej samej objętości i masie otrzymuje się maszynę o 2 do 3 razy większej mocy. Moc na jednostkę masy, uzyskana z alternatora wynosi od 100 do 200 W/kg. Jeszcze korzystniejsze wskaźniki objętości i mocy na jednostkę masy otrzymuje się w przypadku **alternatorów kompaktowych**.

Brak komutatora i zjawiska komutacji umożliwiają zwiększenie maksymalnej prędkości obrotowej do 15 000 obr/min, a nawet 20 000 obr/min. Pozwala to, po przyjęciu odpowiedniego przełożenia prędkości obrotowej między silnikiem a alternatorem, uzyskać ok. 50% mocy znamionowej przy pracy silnika w stanie jałowym.

Ciągłe zmiany warunków pracy prądnic samochodowych podczas ruchu pojazdu samochodowego powodują, że napięcie prądnicy prądu stałego bez zastosowania elementów regulacyjnych zmieniałoby się w zbyt szerokich granicach. Napięcie tej prądnicy powinno być tak regulowane, aby było niezależne od trzech najważniejszych czynników zmiennych: prędkości obrotowej twornika, prądu obciążenia i temperatury. Dlatego też zastosowany w prądnicach prądu stałego **regulator zespolony** powinien spełniać następujące funkcje: utrzymywać napięcie na zaciskach wyjściowych prądnicy na stałym poziomie (**regulator napięcia**); włączać prądnicę do równoległej współpracy z akumulatorem w chwili, gdy napięcie na jej zaciskach wzrośnie do odpowiedniej wartości (**wyłącznik prądu zwrotnego**); ograniczać prąd pobierany z prądnicy, zabezpieczając ją przed przeciążeniem (**ogranicznik prądu**).

Natomiast zadania **regulatorów alternatorów** sprowadzają się do regulacji napięcia instalacji elektrycznej pojazdu. Diody układu prostowniczego spełniają jednocześnie rolę wyłącznika prądu zwrotnego. Nie stosuje się również ogranicznika prądu, gdyż wartość prądu obciążenia ustala się samoczynnie po osiągnięciu przez alternator odpowiedniej prędkości obrotowej.

Podsumowując, zalety alternatora w porównaniu z prądnicą prądu stałego o zbliżonych parametrach są następujące:

- alternator oddaje do 50% mocy już przy pracy silnika w stanie jałowym;
- większe moce niż w prądnicach prądu stałego – od 500 W do 1 kW (samochody osobowe) oraz od 1,5 do 5 kW (autobusy);

- większa maksymalna prędkość obrotowa – do 15 000 obr/min, a nawet do 20 000 obr/min;
- samoczynne ograniczenie prądu obciążenia;
- 2,5 do 3 razy mniejsze zużycie miedzi;
- biegunowość napięcia nie zależy od kierunku wirowania;
- korzystny wskaźnik wykorzystania mocy na jednostkę masy, 2 do 3 razy większy niż w prądnicach prądu stałego;
- uproszczona konstrukcja regulatora (brak wyłącznika prądu zwrotnego i ogranicznika prądu) – możliwość wbudowania regulatora do wnętrza prądnicy;
- możliwość stosowania akumulatorów o mniejszej pojemności.

4.2. Budowa i zasada działania alternatora

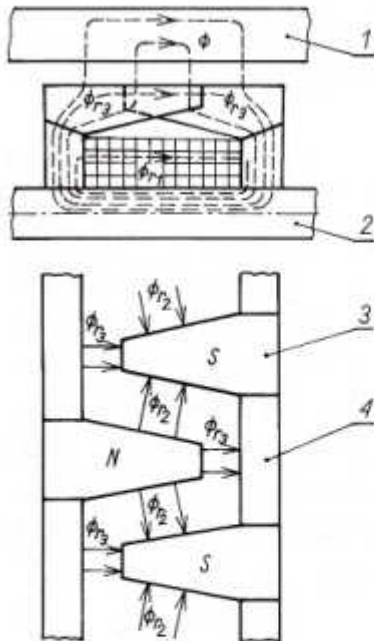
Samochodowa prądnica prądu przemiennego (alternator) jest trójfazową prądnicą synchroniczną, w której wirnik jest magneśnicą, a stojan twornikiem. W alternatorach stosuje się wzbudzenie elektromagnetyczne, przy czym uzwojenie magnesujące jest nawinięte na wirniku. Wirnik ma od kilku do kilkunastu biegunów, wykonanych w układzie pazurowym (rys. 4.2).



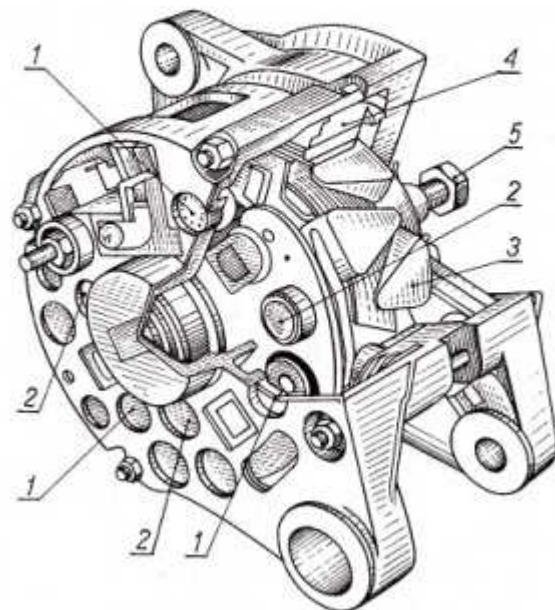
Rys. 4.2. Wirnik alternatora

Pazury na obwodzie wirnika mają biegunowość przemienną. Uzwojenie wzbudzenia jest pojedynczą cewką o kształcie cylindrycznym, zajmującą położenie koncentryczne względem wału i umieszczoną pomiędzy systemami biegunowymi. Uzwojenie wirnika jest zasilane prądem stałym poprzez dwa pierścienie, po których ślizgają się szczotki. Strumień magnetyczny wytworzony przez cewkę, dzieli się na strumień główny i strumienie rozproszenia. Obwody magnetyczne strumienia głównego i strumieni rozproszenia przedstawiono na rys. 4.3. Bieguny pazurowe zmieniają promieniowy kierunek głównego strumienia magnetycznego na osiowy, to jest wzdłuż osi wirnika, dlatego maszyny synchroniczne o tych biegunach są nazywane osiowymi w odróżnieniu od maszyn promieniowych, w których strumień nie ma składowych skierowanych wzdłuż osi wirnika.

Twornik alternatora w odróżnieniu od twornika prądnicy prądu stałego nie wiruje, lecz jest częścią korpusu maszyny (rys. 4.4). Składa się on z pakietu blach prądniczo-



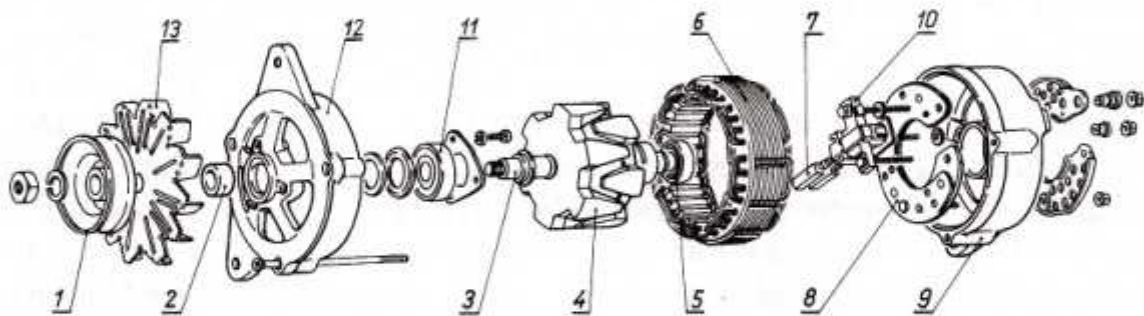
Rys. 4.3. Obwód magnetyczny strumienia głównego Φ i strumieni rozproszenia $\Phi_{r1} + \Phi_{r3}$:
1 – stojan, 2 – rdzeń wirnika, 3 – biegun pazurowy, 4 – część wirnika



Rys. 4.4. Alternator:

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

wych wzajemnie izolowanych, osadzonych w aluminiowym korpusie, do którego są przymocowane obie tarcze łożyskowe. Prąd stojana jest prostowany przez diody krzemowe, umieszczone w tarczy łożyskowej prądnicy. Wirnik ma ponadto łopatki spełniające rolę wentylatora, który jest niezbędny do chłodzenia alternatora oraz prostowników krzemowych, w których wydziela się również znaczna ilość ciepła. Trójfazowe uzwojenie stojana jest zazwyczaj połączone w gwiazdę. Na rysunku 4.5 przedstawiono schemat alternatora z rozłożonymi elementami.



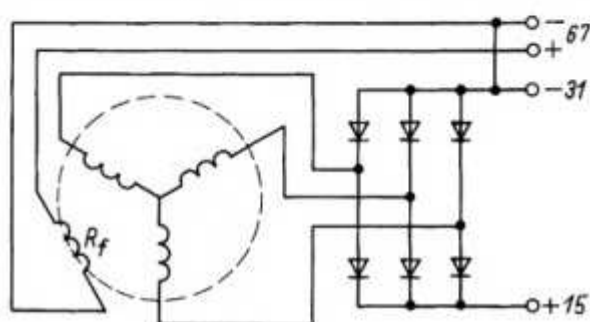
Rys. 4.5. Alternator z rozłożonymi elementami – wg [4]:

1 – koło pasowe, 2 i 3 – tuleje dystansowe, 4 – wirnik, 5 – łożysko, 6 – stojan, 7 – szczotka, 8 – płytka prostownika, 9 – obudowa tylna, 10 – szczotkotrzymacz, 11 – łożysko, 12 – obudowa przednia, 13 – wentylator

Wprowadzenie prądnic prądu przemiennego do pojazdów samochodowych nie zmieniło podstawowych funkcji urządzenia, tj. dostarczenia prądu stałego oraz napięcia. Zasada działania i konstrukcja alternatorów eliminują konieczność stosowania układu komutator-szczotki (czyli prostownika mechanicznego),

zastępując go elementem elektronicznym – półprzewodnikową diodą prostowniczą. Stosowane w alternatorach samochodowych diody półprzewodnikowe są wyłącznie elementami krzemowymi.

Zespół półprzewodnikowych diod prostowniczych w postaci **trójfazowego mostkowego układu prostowniczego**, prostuje trójfazowy prąd przemienne wytwarzany w uzwojeniu stojana. Diodowy układ mostkowy najczęściej jest wbudowany do wnętrza alternatora. Schemat alternatora wraz z układem prostowniczym przedstawiono na rys. 4.6. Do każdej fazy uzwojenia stojana są przyłączone w kierunkach przeciwnych (przewodzenia i zaporowym) dwa elementy prostownicze. Sześć elementów prostowniczych, stanowiących trójfazowy układ mostkowy, jest podzielonych na dwie grupy. Zgodnie ze schematem z rys. 4.6, trzy diody są połączone z biegunem dodatnim, a trzy z biegunem ujemnym, stąd nazwa: diody dodatnie i ujemne. Diody dodatnie i ujemne są umieszczone w takich samych obudowach, różnią się natomiast kierunkiem przewodzenia prądu.

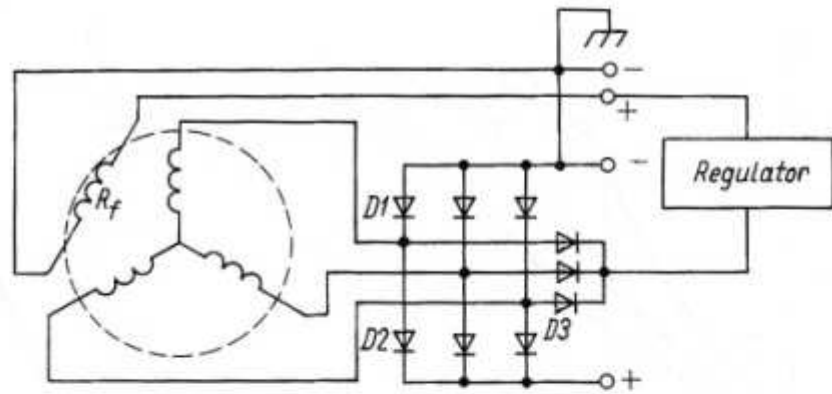


Rys. 4.6. Schemat tzw. obcowzbudnego alternatora z układem prostowniczym

W alternatorach samochodów osobowych produkowanych w Polsce stosuje się diody prostownicze ładowania o różnych wartościach prądów znamionowych: np. 25 A, 20 A i 15 A. Natomiast diody wzbudzenia mają wartość prądu znamionowego równą 1A lub 2A.

Między połączone anody jednej grupy (diody ujemne) i połączone katody drugiej grupy (diody dodatnie) jest włączone obciążenie. Diody stosowane w alternatorach samochodowych charakteryzują się niewielkim spadkiem napięcia w kierunku przewodzenia (od 0,5 do 1,2 V). Od rodzaju układu wzbudzenia alternatora zależy użycie różnej liczby diod prostowniczych. W alternatorze tzw. obcowzbudnym (rys. 4.6) stosuje się układ z sześcioma diodami prostowniczymi, natomiast w alternatorze tzw. samowzbudnym (rys. 4.7) – układ z dziewięcioma diodami. W układzie alternatora samowzbudnego trzy dodatkowe diody, zwane diodami wzbudzenia, wspólnie z trzema diodami ujemnymi tworzą **trójfazowy mostkowy układ prostowniczy**, zasilający uzwojenie wzbudzenia. Prąd w obwodzie wzbudzenia może popłynąć wówczas, gdy napięcie indukowane w uzwojeniu stojana będzie miało większą wartość od spadku napięcia (przy prądzie znamionowym przewodzenia) dwóch szeregowo połączonych diod – ujemnej 1 i wzbudzenia 3 (rys. 4.7). Z uwagi na fakt, że wartość prądu znamionowego przewodzenia diody wzbudzenia jest znacznie mniejsza od połączonej z nią szeregowo diody ujemnej, odpowiadający temu prądowi spadek napięcia jest również mniejszy od spadku napięcia na diodzie ujemnej. Dlatego też w sumie, na dio-

Rys. 4.7. Schemat tzw. samowzbudnego alternatora samochodowego:
 $D1$ – diody ujemne, $D2$ – diody dodatnie, $D3$ – diody wzbudzenia



W układzie tzw. samowzbudnego obserwuje się mniejszy spadek napięcia przy prądzie znamionowym przewodzenia, niż na diodach układu tzw. obcowzbudnego. Przepływ prądu przez uzwojenie wzbudzenia alternatora tzw. samowzbudnego następuje przy stosunkowo niskich prędkościach obrotowych alternatora.

Alternator, którego uzwojenia twornika są połączone w gwiazdę, ma zazwyczaj wyprowadzony na zewnątrz zacisk ze środka uzwojenia.

Alternatory charakteryzują się specyficznym rozwiązaniem konstrukcyjnym wirnika, w którym powstaje pole magnetyczne. Wirujące pole magnetyczne indukuje w nieruchomym tworniku siłę elektromotoryczną, zmieniającą się okresowo. W celu doprowadzenia prądu do wirującego uzwojenia wirnika stosuje się styki ślizgowe typu szczotka-pierścień. Iskrzenie na nich jest minimalne, nie występuje tu bowiem zjawisko komutacji. Prąd wzbudzenia jest niewielki, ok. 10% znamionowego prądu obciążenia. Dzięki temu prędkość obrotowa alternatora może być znacznie większa niż prędkość obrotowa prądnicy prądu stałego. Jest ona ograniczona jedynie wytrzymałością łożysk i pasków napędowych.

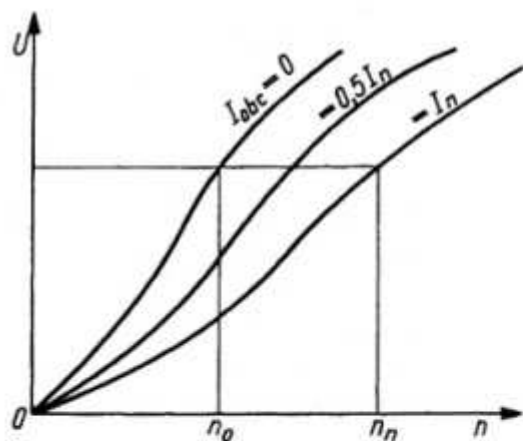
4.3. Charakterystyki eksploatacyjne alternatorów samochodowych

Do podstawowych charakterystyk eksploatacyjnych alternatorów należą:

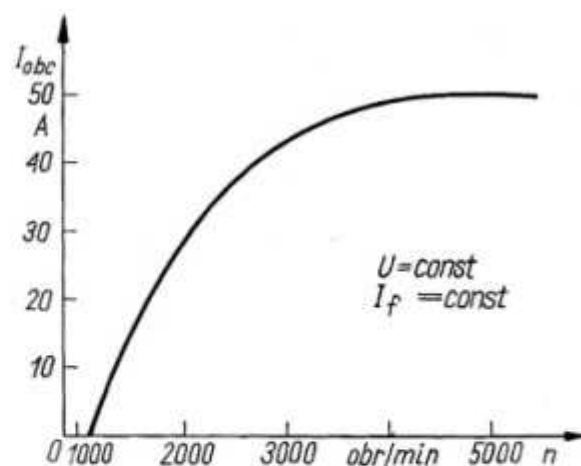
- **Charakterystyka elektromechaniczna** (zwana również **charakterystyką samowzbudzenia**) przedstawiająca zależność $U = f(n)$, przy $I_{obc} = \text{const}$ i $R_f = \text{const}$ (R_f – rezystancja wzbudzenia).
- **Charakterystyka obciążenia** (prądowo-prędkościowa) przedstawiająca zależność $I_{obc} = f(n)$ dla $U = \text{const}$ oraz $I_f = \text{const}$.
- **Charakterystyka regulacyjna** przedstawiająca zależność $I_f = f(n)$ dla $U = U_n = \text{const}$ oraz $I_{obc} = \text{const}$.

Charakterystykę elektromechaniczną alternatorów przedstawiono na rys. 4.8.

Przy analizowaniu charakterystyki obciążenia alternatora (rys. 4.9) przyjmuje się za punkt wyjścia zależność opisującą siłę elektromotoryczną, która jest równa napięciu maszyny w stanie jałowym



Rys. 4.8. Charakterystyki elektromechaniczne alternatora przy różnych wartościach obciążeń



Rys. 4.9. Charakterystyka obciążenia (prądo-
wo-prędkościowa) alternatora

$$E = U_0 = c\Phi n \quad (4.1)$$

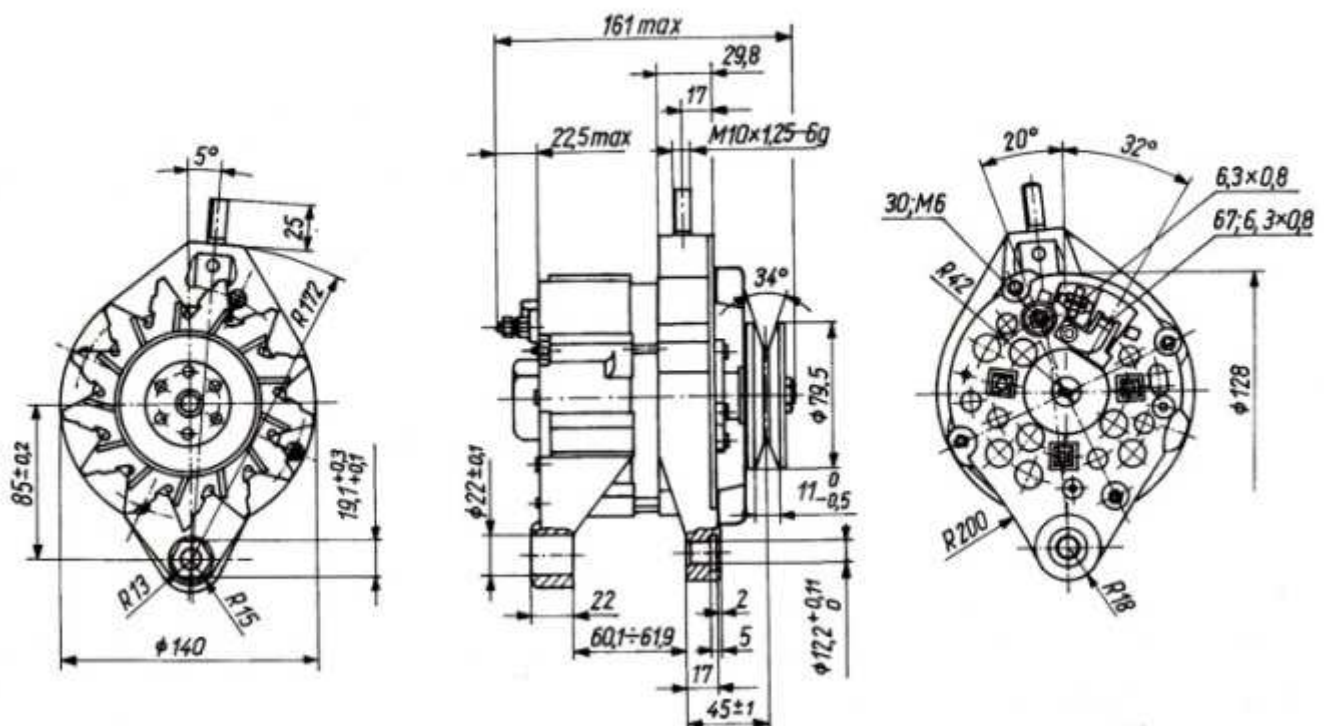
przy czym: U_0 – napięcie fazowe alternatora przy pracy w stanie jałowym.

Tablica 4.1

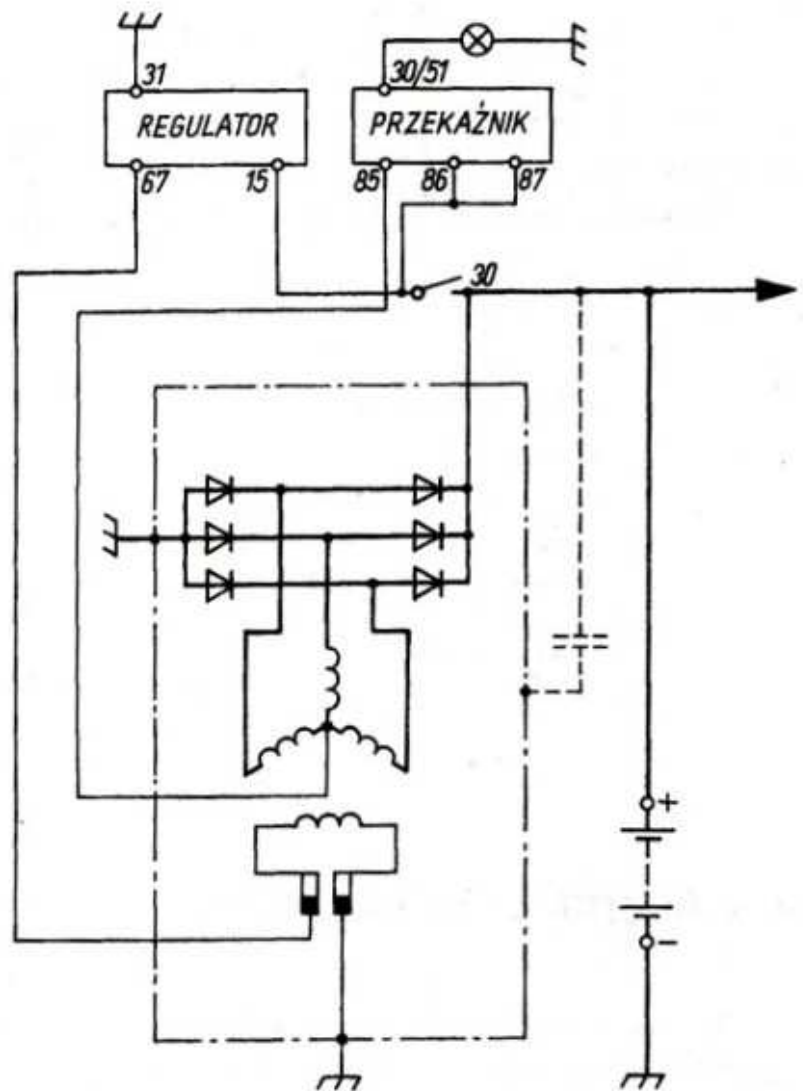
Wybrane rodzaje alternatorów produkcji polskiej

Typ alternatora	Napięcie	Prąd	Prędkość obrotowa	Rodzaj regulatora
	V	A	obr/min	
A 115.03	14	43	13 000	RNB-12
A 115.04	14	32	13 000	RNc-12
A 115.14	14	45	13 000	RNb-12
A 124.05	14	44	13 000	RC2/12D
A 125.01	14	50	14 000	RTT119AC
A 125.03	14	55	14 000	RNa-12
A 125.04	14	65	14 000	RNa-12
A 125.06	14	55	14 000	RNa-12

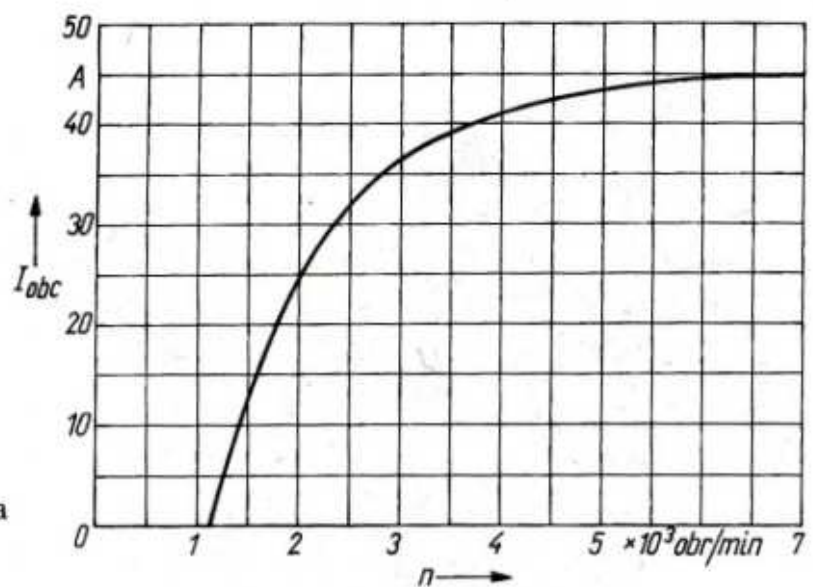
Podstawowe dane znamionowe alternatorów produkcji polskiej podano w tabl. 4.1. Na rysunkach 4.12, 4.13, 4.14 przedstawiono kolejno szkic alternatora A124.14 (14 V, 44 A) z podstawowymi wymiarami, jego schemat elektryczny oraz charakterystykę obciążenia alternatora. Prezentowany alternator jest maszyną tzw. obcowzbudną o 6-diodowym układzie prostowniczym. Alternatory tzw. obcowzbudne, z sześcioma diodami, przestają być produkowane.



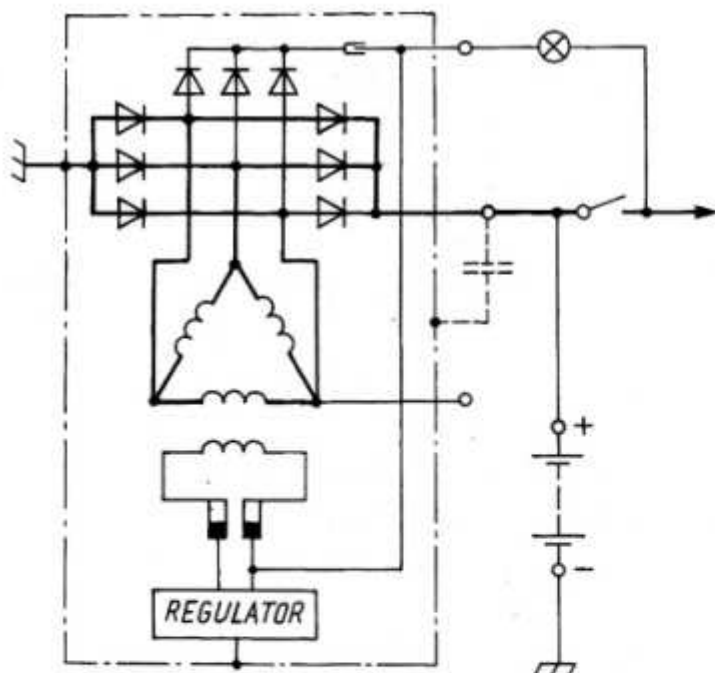
Rys. 4.12. Alternator A124.14 (14 V, 44 A) – szkic z podstawowymi wymiarami



Rys. 4.13. Schemat elektryczny alternatora A124.14 (14 V, 44 A)



Rys. 4.14. Charakterystyka obciążenia (prądowo-prędkościowa) alternatora A124.14 (14 V, 44 A)



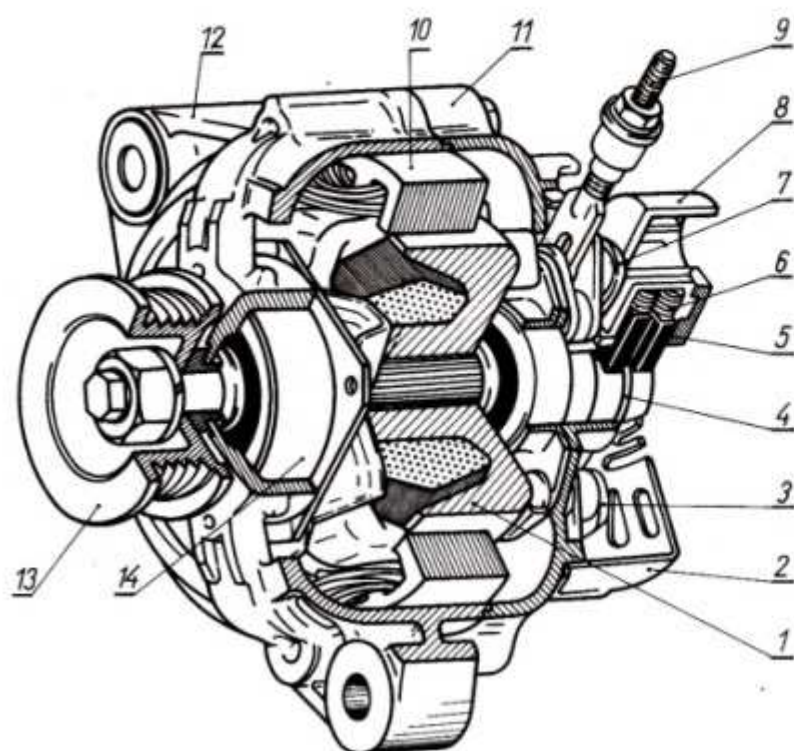
Na rysunku 4.15 przedstawiono schemat elektryczny alternatora A 125.65 (14 V, 65 A) – jest on maszyną tzw. samowzbudną o uzwojeniu stojana połączonym w trójkąt i 9-diodowym układzie prostowniczym.

Rys. 4.15. Schemat elektryczny alternatora A125.65 (14 V, 65 A)

4.4. Alternator kompaktowy

Alternator kompaktowy jest mniejszy i lżejszy od alternatora konwencjonalnego (niektóre źródła podają, że jest o 25% lżejszy i 15% mniejszy). Na rysunku 4.16 pokazano przekrój alternatora kompaktowego z zaznaczeniem jego elementów składowych.

Zmniejszenie masy i wymiarów oraz poprawę właściwości eksploatacyjnych tego typu alternatora osiągnięto dzięki modyfikacji obwodu magnetycznego

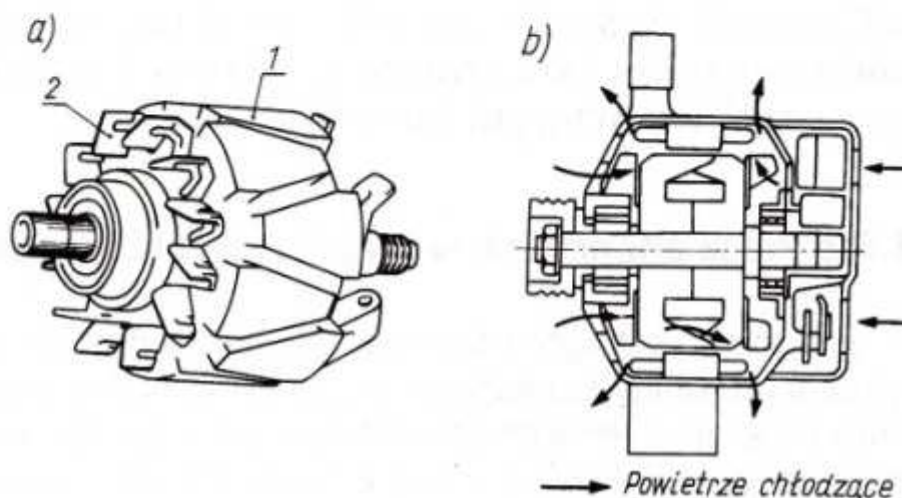


Rys. 4.16. Przekrój alternatora kompaktowego – wg [4]:

1 – wirnik, 2 – pokrywa tylna, 3 – prostownik, 4 – pierścień ślizgowy, 5 – szczotka, 6 – sprężyna, 7 – regulator napięcia, 8 – złącze, 9 – zacisk, 10 – stojan, 11 – obudowa części tylnej, 12 – obudowa części napędowej, 13 – rowkowane koło pasowe, 14 – łożysko

wzbudzenia, polegającej na zmniejszeniu wielkości szczeliny i kształtu rdzeni biegunowych. Ponadto znacznie zwiększono jego prędkość obrotową, przenosząc wentylator usytuowany na zewnątrz obudowy do wewnątrz, gdzie stanowi on integralną część wirnika. Takie rozwiązanie polepszyło efektywność chłodzenia.

Zespół wirnika składa się z rdzeni magnetycznych, cewek uzwojenia, pierścieni ślizgowych, wału oraz wentylatorów. W przeciwieństwie do alternatorów tradycyjnych, na wale są zamontowane dwa wentylatory integralne po obu stronach wirnika. W obudowach (rys. 4.16) znajdują się otwory umożliwiające przepływ powietrza, podwyższając w ten sposób efektywność chłodzenia. Stosując koło pasowe rowkowe można zwiększyć przełożenie przekładni pasowej o ok. 2,5%, poprawiając sprawność przy większych prędkościach obrotowych.



Rys. 4.17. Alternator kompaktowy – wg [4]: a) wirnik; b) drogi przepływu powietrza chłodzącego
1 – rdzeń biegunowy,
2 – wentylator

Na rysunku 4.17 przedstawiono wirnik oraz drogi przepływu powietrza chłodzącego w alternatorze kompaktowym.

4.5. Niekonwencjonalna praca alternatora

4.5.1. Uwagi wstępne

Zanieczyszczenie atmosfery stanowi poważny problem obecnych czasów, jest wynikiem rozwoju cywilizacji i uprzemysłowienia krajów. Szacuje się, że ponad 60% zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego pochodzi z silników spalinyowych pojazdów samochodowych. Jednym ze skutecznych sposobów ochrony przed realnymi zagrożeniami, jakie niosą toksyczne gazowe składniki spalin, jest stosowanie samochodowych urządzeń ekologicznych.

Do współczesnych urządzeń skutecznie zmniejszających emisję toksycznych gazowych składników spalin należą **reaktory katalityczne**. Toksyczne gazowe składniki spalin to tlenek węgla (CO), węglowodory (HC) i tlenki azotu (NO_x). Analizując funkcje i zachowanie się reaktorów katalitycznych w różnych temperaturach, można stwierdzić, że w temperaturze 0°C do 250°C , tj. w czasie tzw.

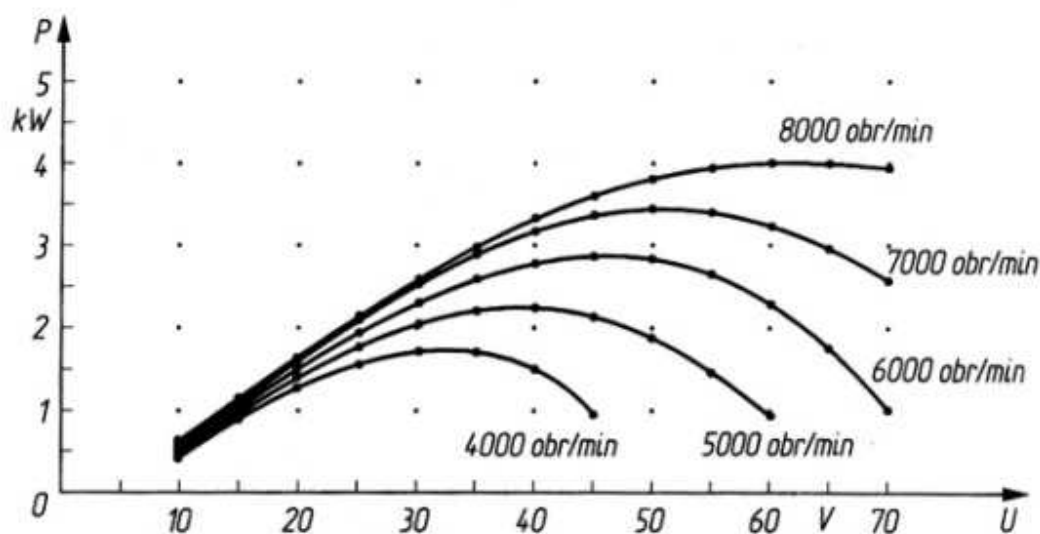
zimnego rozruchu silnika spalinowego, reaktory katalityczne nie wykazują aktywności. Jest to okres znikomej skuteczności neutralizacji toksycznych gazowych składników spalin przez katalizator. Testy jezdne, rozpoczynające się od fazy biegu jałowego i umiarkowanych przyspieszeń, wykazały, że reaktor osiągnie wymaganą temperaturę roboczą po upływie ok. 120 s. W tym czasie spaliny nie są oczyszczane. Usprawnienie pracy reaktorów katalitycznych w czasie tzw. zimnego rozruchu silnika spalinowego wymaga dostarczenia dodatkowej energii. Można do tego celu stosować pojazdowe źródło energii elektrycznej w postaci alternatora, który może być zasilany energią powstałą z nadwyżki mocy silnika spalinowego stanowiącego jego pierwotne źródło energii. W proponowanym systemie nośnikiem energii jest prąd elektryczny, który może być pozyskiwany z alternatora pracującego w warunkach kontrolowanego przeciążenia. Z dostępnej literatury wynika, że należy dostarczyć moc elektryczną ok. 5 kW, która zasilając rezystory pieca grzewczego reaktora katalitycznego znacznie skraca czas osiągnięcia wymaganej temperatury roboczej.

4.5.2. Praca alternatora w warunkach kontrolowanego przeciążenia

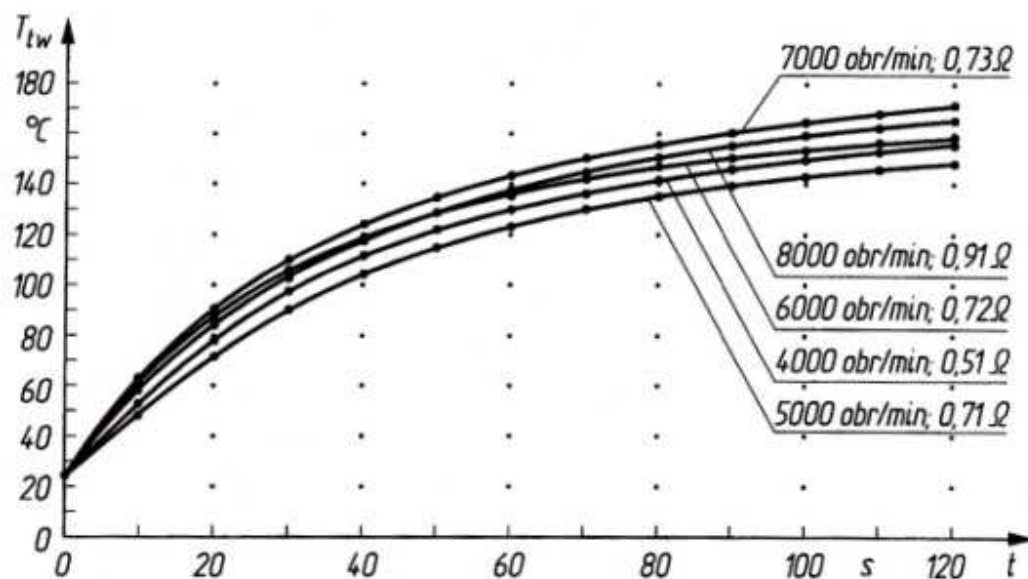
Alternator, pełniący w samochodzie normalne funkcje, współpracuje z regulatorem utrzymującym napięcie ok. 14 V. Natomiast alternator pracujący w warunkach kontrolowanego przeciążenia, aby jego moc osiągnęła wartość 5 kW, powinien współpracować z regulatorem utrzymującym napięcie nawet 60 V. W tego typu układach jest stosowane urządzenie przełączające alternator do pracy z regulatorem utrzymującym napięcie 14 V lub 60 V. Urządzenie to ma za zadanie skutecznie włączać i wyłączać alternator, zależnie od jego pracy w warunkach kontrolowanego przeciążenia.

Na rysunku 4.18 przedstawiono schemat układu przełączającego alternator do pracy z regulatorem napięcia 14 V i 60 V, współpracujący z elementem grzejmym reaktora katalitycznego sterowanym regulatorem temperatury. Alternator ma wyprowadzone na zewnątrz zaciski $+B$ i $+D$ (z układu mostkowego prostowników) oraz zaciski F i DF (z uzwojenia wzbudzenia). Regulator napięcia alternatora na napięcie 14 V ma wyprowadzone na zewnątrz zaciski, oznaczone $+D$ i DF , umożliwiające połączenie go z alternatorem, akumulatorem i odbiornikami instalacji wyposażenia elektrycznego samochodu. Regulator napięcia 60 V, którego wyprowadzone na zewnątrz zaciski oznaczono $+B$ i DF , nie wchodzi w skład typowego wyposażenia samochodu. Po włączeniu (chwilowym) przycisku S regulator temperatury RT-30 jest włączony zgodnie z zaprogramowaną temperaturą na 250°C . Regulator ten ma zakres temperatury od -50°C do 1000°C . Regulator jest połączony z termoelektrycznym czujnikiem temperatury, wykonanym z termopary płaszczonej pojedynczej. Styki regulatora temperatury z pozycji 3-4 są przełączane do pozycji 3-5. Jednocześnie są przełączane styki przekazników P_1 , P_2 i P_3 z pozycji 30-87a do pozycji 30-87. Zmiana pozycji tych styków powoduje włączenie alternatora do współpracy z regulatorem napięcia 60 V.

uzwojenie twornika maszyny może osiągnąć temperaturę do 200°C , a dioda prostownicza do 175°C . Podczas badań eksperymentalnych trwających 120 s temperatura badanych elementów nie przekroczyła wartości dopuszczalnych. Alternator samowzbudny w zakresie prędkości obrotowych od 4000 do 8000 obr/min (rys. 4.19) uzyskał maksymalną moc obciążenia w granicach od 1,740 do 3,960 kW. Ponieważ moc znamionowa badanego alternatora była równa 0,9 kW, przeto dla badanego zakresu obciążeń stanowi to $(1,9 \div 4,4)$ -krotne przekroczenie mocy znamionowej.



Rys. 4.19. Zależności mocy obciążenia alternatora samowzbudnego od napięcia na zaciskach maszyny, przy różnych prędkościach obrotowych



Rys. 4.20. Przebiegi temperatury uzwojenia twornika alternatora samowzbudnego w funkcji czasu, przy takich prędkościach obrotowych wirnika i rezystancjach obciążenia, przy których alternator uzyskiwał maksymalną moc obciążenia

4.6. Badania diagnostyczne alternatorów samochodowych

4.6.1. Zakres pomiarów

W trakcie badań można określić:

- **Charakterystykę prądu obciążenia** alternatora w funkcji jego prędkości obrotowej $I_{obc} = f(n)$ przy $U = \text{const}$.
- **Charakterystyki regulacyjne** $I_f = f(n)$ przy $U = \text{const}$, przy pracy maszyny w stanie jałowym i przy obciążeniu, szczególnie znamionowym.

4.6.2. Stanowisko badawcze

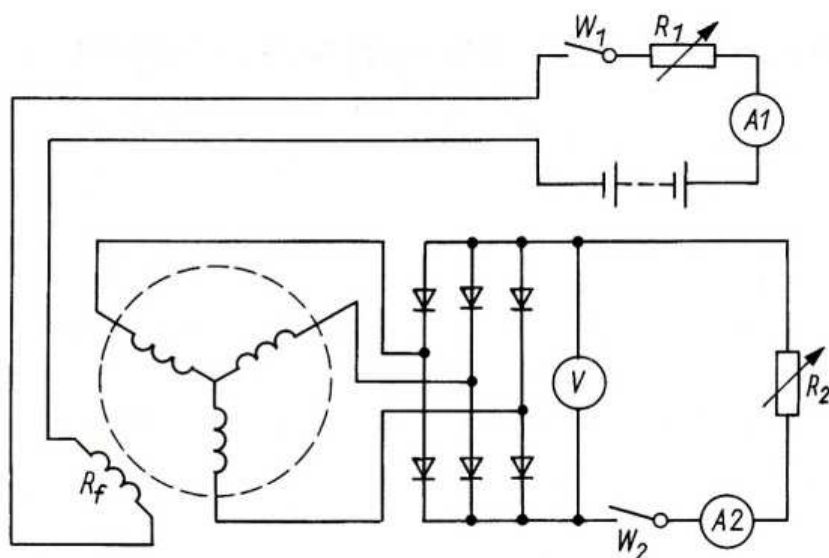
Na rysunku 4.21 przedstawiono schemat połączeń alternatora. Napęd alternatora może być wykonany np. w układzie zestawu ze sterownikiem częstotliwości, silnikiem indukcyjnym i specjalną przekładnią mechaniczną.

4.6.3. Wykonanie badań

Charakterystykę prądu obciążenia alternatora w funkcji jego prędkości obrotowej $I_{obc} = f(n)$ wyznacza się przy stałych wartościach napięcia na zaciskach maszyny i stałej wartości prądu w obwodzie wzbudzenia. Schemat połączeń alternatora do wyznaczenia charakterystyki $I_{obc} = f(n)$ przedstawiono na rys. 4.21. Dla badanego alternatora należy założyć stałą wartość napięcia, np. równą 14,4 V, którą w praktyce przyjmuje się jako średnią wartość napięcia regulowanego. Wartość prądu wzbudzenia utrzymuje się taką, jaka wynika z zależności między założonym napięciem i rezystancją uzwojenia wzbudzenia, przy czym źródłem napięcia wzbudzenia jest akumulator (rezystor R_1 zwarty). *Alternator uruchamia się w stanie jałowym, doprowadzając jego prędkość obrotową do takiej wartości, przy której osiągnie on założoną wartość napięcia regulowanego – jest to pierwszy punkt pomiaru. Następnie należy włączyć obciążenie (zamknąć wyłącznik W_2). Zmieniając wartość prądu obciążenia (regulacja rezystorem R_2), należy tak dobierać prędkość obrotową, aby napięcie było stałe. Pomiary wykonuje się w całym zakresie prędkości obrotowej badanego alternatora.*

Wyznaczenie **charakterystyk regulacyjnych** $I_f = f(n)$ przy pracy alternatora w stanie jałowym i przy obciążeniu wymaga korzystania ze schematu przedstawianego na rys. 4.21.

Zależność $I_f = f(n)$ w określonym stanie pracy maszyny wyznacza się przy założonej stałej wartości napięcia na zaciskach alternatora, np. równej 14,4 V. Uzwojenie wzbudzenia alternatora zasila się z baterii akumulatorów. Włączony w obwód wzbudzenia rezystor regulacyjny R_1 umożliwia dokonywanie zmian wartości prądu wzbudzenia. W celu określenia charakterystyki regulacyjnej przy pracy alternatora **w stanie jałowym**, pomiary należy rozpocząć w chwili doprowadzenia



Rys. 4.21. Schemat połączeń – alternatora do wyznaczania charakterystyk obciążenia i regulacyjnych:

$A1$, $A2$, V – amperomierze i woltomierz magnetoelektryczne; R_1 – rezystor do regulacji prądu wzbudzenia, R_2 – rezystor do regulacji prądu obciążenia; W_1 , W_2 – wyłączniki w obwodzie prądu wzbudzenia i w obwodzie prądu obciążenia

napięcia na zaciskach alternatora do założonej wartości napięcia regulowanego, równej 14,4 V. Podczas dalszych pomiarów zwiększa się stopniowo prędkość obrotową alternatora, tak regulując rezystorem R_1 wartość prądu wzbudzenia, aby napięcie na zaciskach maszyny miało założoną wartość regulowaną.

Pomiary **przy obciążeniu** (wyłącznik W_2 zamknięty) wykonuje się w podobny sposób, jak poprzednio z tym, że pierwszy punkt charakterystyki ustala się przy takiej prędkości obrotowej, która przy określonym prądzie obciążenia daje założoną wartość napięcia regulowanego (14,4 V).

Ponieważ charakterystyki regulacyjne, szczególnie przy pracy maszyny w stanie jałowym, stanowią przebiegi zbliżone do hiperboli, to początkowo pomiary wykonuje się zwiększając prędkość obrotową o małe przedziały.