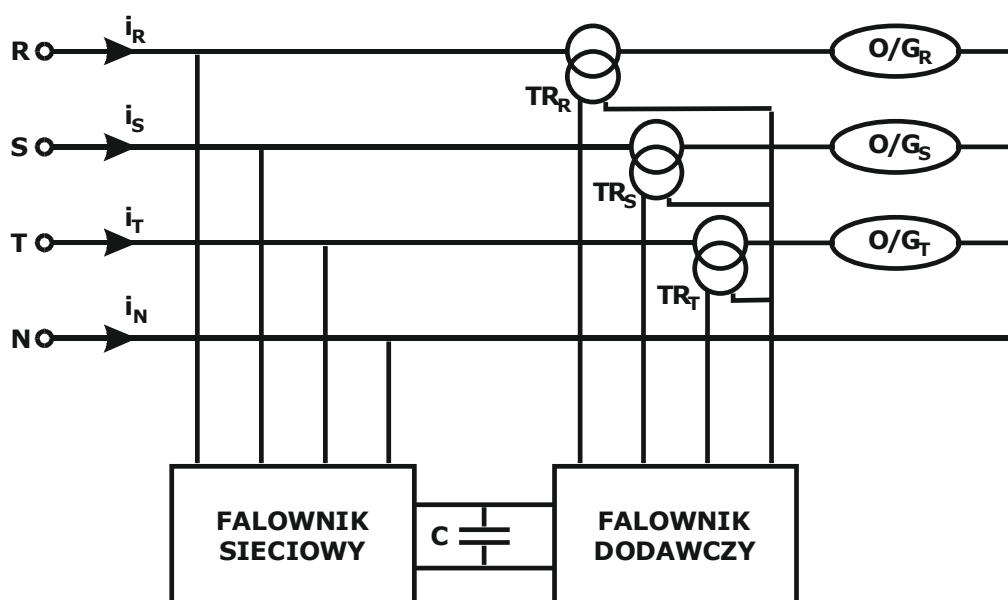


Automatyczny Regulator Napięcia MMB-ARN-1

Przepływy energii w regulatorze napięcia

Zbigniew Krzemiński
MMB Drives sp. z o.o.



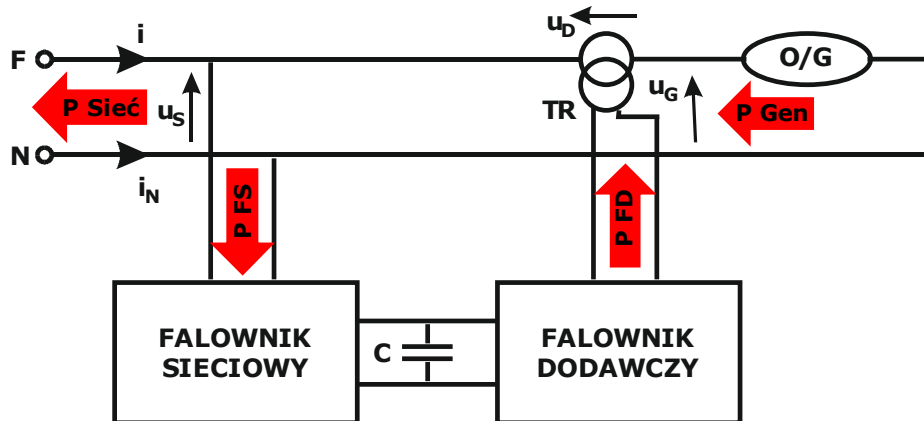
Rys. 1. Schemat regulatora napięcia

Regulator napięcia pokazany na rysunku 1 zbudowany jest z falownika sieciowego, falownika dodawczego i transformatorów dodawczych TR_R , TR_S , TR_T . Centralną częścią regulatora są transformatory dodawcze z wtórnymi uzwojeniami włączonymi w szereg z każdą z faz. Pierwotne uzwojenia transformatorów są połączone w gwiazdę i zasilane są z falownika dodawczego zapewniającego dwukierunkowy przepływ energii. Obwód prądu stałego z kondensatorem C łączy falownik dodawczy z dwukierunkowym falownikiem sieciowym. Działanie falownika sieciowego zapewnia, poza dostarczaniem energii do falownika dodawczego, symetryzację prądów pobieranych przez odbiorniki/generatory O/G.

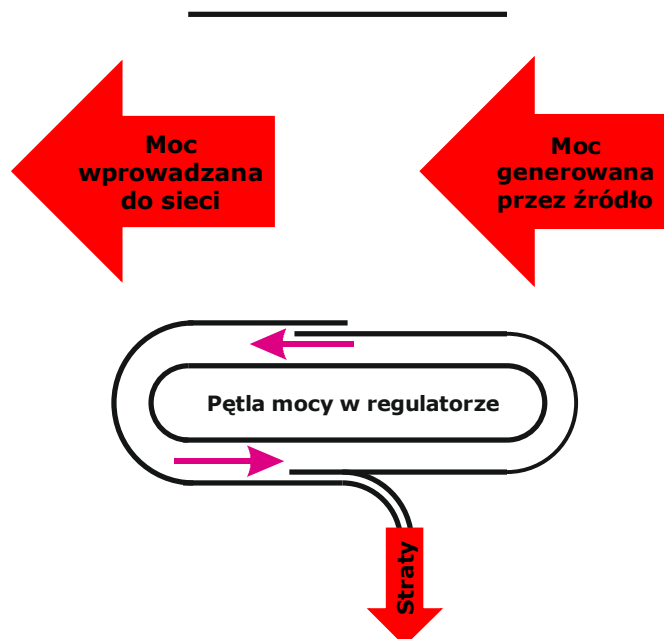
Transformatory dodawcze wykonane są jako jednofazowe transformatory toroidalne. Alternatywą jest transformator trójfazowy pięciokolumnowy lub transformator czterokolumnowy o specjalnej konstrukcji. Trójkolumnowy transformator nie może być zastosowany ze względu na brak zamkniętego ferromagnetycznego obwodu magnetycznego dla składowej zerowej.

Falownik dodawczy i falownik sieciowy są czteroprzewodowymi falownikami sterowanymi za pomocą oryginalnego algorytmu modulacji szerokości impulsów z niezależnym sterowaniem składowej zerowej.

Działanie regulatora polega na dodawaniu napięcia, jeżeli w miejscu włączenia regulatora napięcie sieci jest niższe od zadanego i odejmowaniu napięcia, jeżeli napięcie sieci jest wyższe od zadanego. Związane jest to z przepływem energii z sieci do transformatora dodawczego przy obniżonym napięciu sieci i przepływem energii z transformatora dodawczego do sieci przy podwyższonym napięciu w sieci. Regulacja przepływu energii odbywa się w każdej z faz niezależnie. Analiza działania regulatora może być zatem przeprowadzona dla jednej fazy.



Rys. 2. Moce podczas wprowadzania energii do sieci



Rys. 3. Schemat zależności między mocami w regulatorze podczas wprowadzania energii do sieci

Na rysunku 2 pokazano moce podczas wprowadzania energii do sieci, a na rysunku 3 uproszczony schemat zależności pomiędzy mocami. Napięcie u_s jest wyższe od napięcia u_G ze względu na kierunek spadków napięć w sieci zasilającej. Za pomocą transformatora dodawczego dodawane jest napięcie u_D do napięcia u_G . Z falownika dodawczego dostarczana jest energia do transformatora TR. Falownik dodawczy zasilany jest przez

obwód pośredniczący z kondensatorem C z falownika sieciowego. Moc falownika dodatkowego jest równa:

$$P_{FD} = P_{FS} - \Delta P,$$

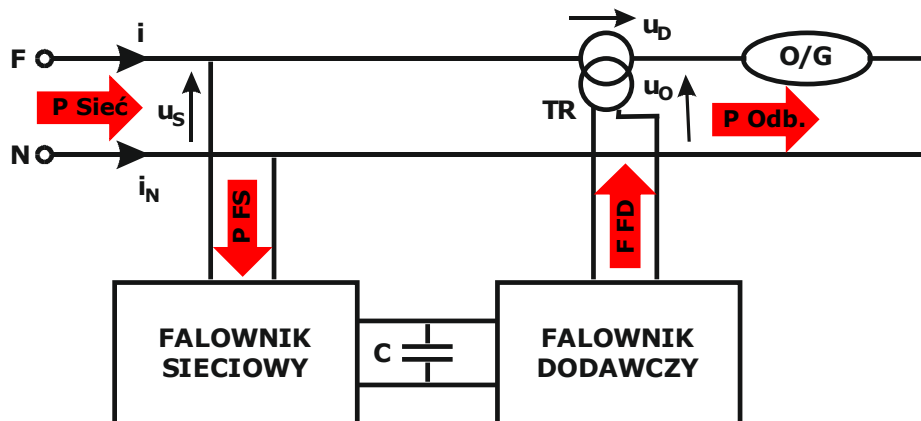
gdzie P_{FD} jest mocą falownika dodatkowego, P_{FS} jest mocą falownika sieciowego, a ΔP są stratami w falownikach dodatkowym i sieciowym.

Z analizy rysunku 2 wynika, że moc oddawana do sieci jest równa:

$$P_{SIEC} = P_{GEN} - \Delta P_p,$$

gdzie ΔP_p są stratami mocy w regulatorze.

Do sieci wprowadzana jest energia wytwarzana przez generator pomniejszona o straty w falownikach i transformatorze dodatkowym wynikające z przekształcania energii. Dodatkowa energia krąży w zamkniętej pętli składającej się z falownika dodatkowego, falownika sieciowego i obwodu pośredniczącego z kondensatorem C. Straty energii w falownikach uzupełniane są z generatora wprowadzającego energię do sieci.



Rys. 4. Moce podczas poboru energii z sieci

Na rysunku 4 pokazano przepływy mocy podczas odbioru energii z sieci. Napięcie u_S jest niższe od napięcia u_G ze względu na kierunek spadków napięć w sieci zasilającej. Za pomocą transformatora dodatkowego do napięcia u_S dodawane jest napięcie u_D . Z falownika dodatkowego dostarczana jest energia do transformatora TR. Falownik dodatkowy zasilany jest przez obwód pośredniczący z kondensatorem C z falownika sieciowego. Moc falownika dodatkowego jest równa:

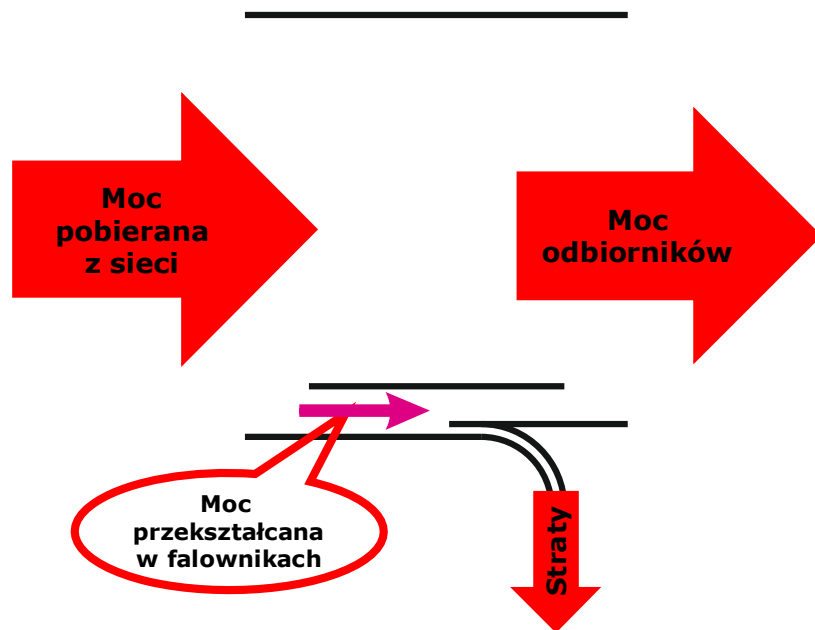
$$P_{FD} = P_{FS} - \Delta P,$$

gdzie P_{FD} jest mocą falownika dodatkowego, P_{FS} jest mocą falownika sieciowego, a ΔP są stratami w falownikach dodatkowym i sieciowym.

Z analizy rysunku 4 wynika, że moc pobierana z sieci jest równa:

$$P_{ODB} = P_{SIEC} - \Delta P_p$$

gdzie ΔP_p są stratami mocy w regulatorze.



Rys. 5. Schemat zależności między mocami w regulatorze podczas odbioru energii z sieci

Z sieci pobierana jest energia pomniejszona o straty w falownikach i transformatorze dodatkowym wynikające z przekształcania energii w regulatorze. Część energii przepływa bezpośrednio do odbiorów, a część przez falownik sieciowy, obwód pośredniczący z kondensatorem C i falownik dodatkowy. Straty energii w falownikach uzupełniane są z sieci. Pętla mocy nie występuje.

Na rysunkach 1, 2, 4 falownik sieciowy podłączony jest pomiędzy siecią a transformatorami dodatkowymi. Możliwa jest również konfiguracja, w której falownik zasilający obwód pośredniczący podłączony jest od strony odbiorów. Pętla mocy występuje w takim przypadku poboru energii z sieci.