

Regulatory mocy biernej MRM-12 firmy Twelve Electric

Krzysztof Dąbrowski

Rodzina regulatorów mocy biernej MRM-12 jest produkowana przez firmę Twelve Electric od 1991 roku. Konstrukcja urządzeń była wielokrotnie modernizowana. Poza standardowo obecnymi rozwiązaniami, jak cyfrowy wyświetlacz mierzonych wartości, wskaźniki zadziałania czy możliwość pracy ręcznej, regulatory posiadają dodatkowo trzy charakterystyki pomiarowe, siedem algorytmów sterowania, trzy odrębnie ustawiane czasy regulacji dostosowane do różnych charakterów sieci, możliwość pracy sterowanej zegarem oraz samodiagnostykę sygnalizującą niepoprawną pracę. Wykonania specjalne regulatorów, oznaczone jako seria 2xI, umożliwiają prowadzenie kompensacji w układach zasilania złożonych z dwóch i więcej transformatorów.

Regulatory mocy biernej MRM-12c i MRM-12cs są urządzeniami do regulacji współczynnika mocy $\cos \varphi$ w zastosowaniach profesjonalnych. Ich konstrukcja jest zwarta, lekka i ma niewielkie gabaryty, mimo przewidzianych piętnastu wyjść sterujących. Urządzenia są proste w montażu, podłączaniu, uruchamianiu i obsłudze. Uniwersalna obudowa, o typowych, znormalizowanych wymiarach 144 x 144 mm (DIN 43700), umożliwia łatwy montaż w drzwiach lub wewnątrz baterii kondensatorów. Budowa

i funkcjonalności urządzeń zapewniają poprawną pracę bez nadzoru służb energetycznych. Wysoka czułość układu pomiarowego (50 mA – po stronie wtórnej przekładnika) umożliwia współpracę nawet z przewymiarowanym przekładnikiem prądowym. Wbudowany zegar (wersja MRM-12c) pozwala na spełnienie nietypowych wymagań, np. prowadzenie kompensacji biegu jałowego transformatora w czasie braku obciążenia za pomocą kondensatora wchodzącego w skład baterii kondensatorów. Regulatory produkowane są w wer-

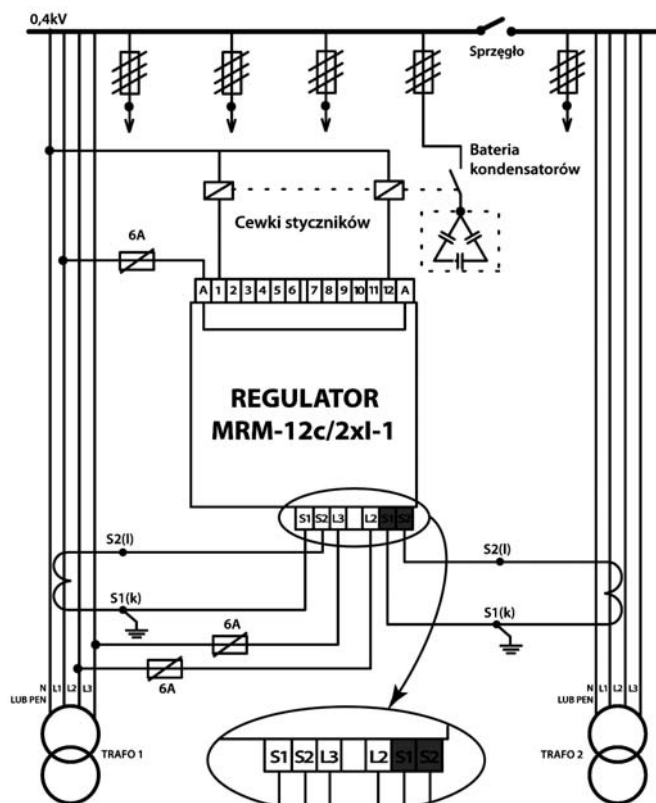
sjach 4, 6, 9, 12 i 15-stopniowych, co pozwala na ich precyzyjne dobranie w zależności od ilości stopni kondensatorowych i mocy projektowanej baterii. Poza podstawowymi wariantami regulatorów produkowane są również wersje specjalne, wyposażone w podwójne wejście prądowe, oznaczone jako MRM-12c/2xI-1 lub MRM-12c/2xI-2. Regulatory te przeznaczone są do prowadzenia kompensacji w układach dwutransformatorowych.

Zastosowanie

Zaawansowane algorytmy działania regulatora minimalizują liczbę łączeń, pozwalają optymalnie wykorzystać posiadane przez użytkownika kondensatory mocy oraz umożliwiają automatyzację procesu kompensacji mocy biernej. Zastosowany mikroprocesor zapewnia możliwość inteligentnego sterowania procesem regulacji mocy biernej, pozwalając jednocześnie zachować dużą czułość i precyzję działania. Przy prawidłowo dobranej baterii kondensatorów mocy i właściwych nastawach w regulatorze, możliwe jest uzyskanie bardzo dużej skuteczności procesu kompensacji, np. $\tan \varphi = 0,15$. Efektem poprawnego działania regulatora jest wyeliminowanie opłat za energię bierną. Dodatkowo, w pewnych warunkach, możliwe jest też zmniejszenie od 3 do 7% opłat za zużycie energii czynnej. Średni okres zwrotu kosztów poniesionych na zakup regulatora MRM-12 wynosi maksymalnie sześć do ośmiu miesięcy. Regulatory serii MRM-12



Rys. 1. Regulatory mocy biernej firmy Twelve Electric

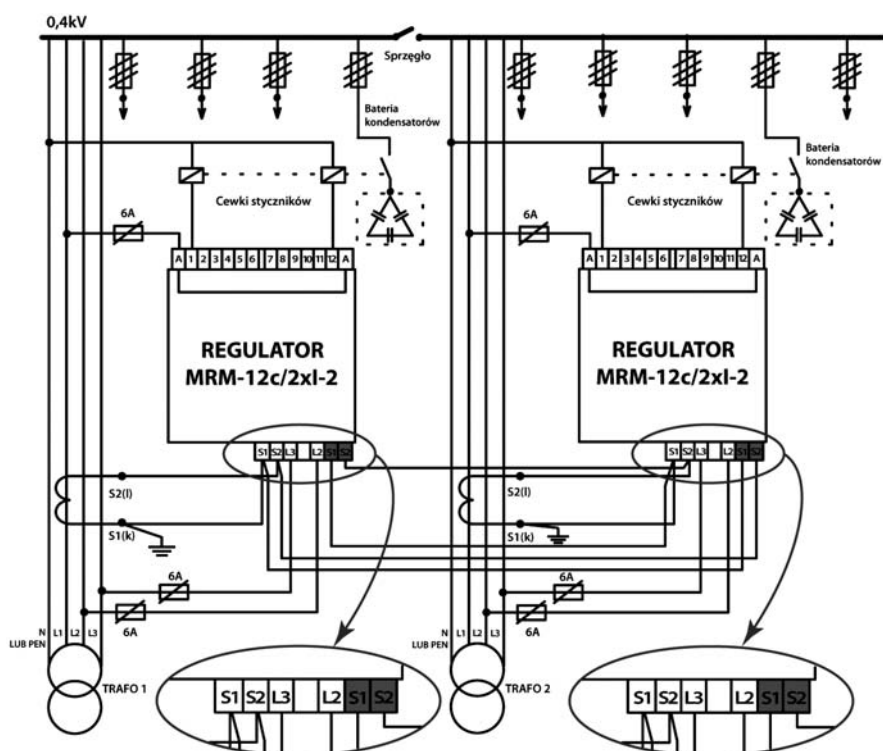


Rys. 2. Schemat podłączenia regulatora MRM-12c/2xI-1 w układzie zasilania i sterowania

mogą być stosowane (bez dodatkowej modernizacji baterii kondensatorów) jako zamienniki regulatorów mocy biernej innych producentów. Regulator MRM-12 przewidziany jest do kompensacji mocy biernej w obciążonych symetrycznie sieciach prądu trójfazowego. Sterowanie stopniami baterii w zależności od dynamiki zmian obciążeń następuje zgodnie z nastawionym czasem reakcji na załączenie i wyłączenie. W zależności od wielkości obciążeń i wartości określonego w umowie tangensa, w procesie regulacji można zastosować jedną z trzech charakterystyk pomiarowych. Regulator posiada algorytm sterowania zabezpieczający przed załączeniem nierozładowanego kondensatora, który samoczynnie kontroluje moment ponownego załączenia danego kondensatora i nie zezwoli na załączenie go przed upływem czasu koniecznego na jego rozładowanie.

Czasy reakcji

Użytkownik ma możliwość nastawienia trzech czasów reakcji regulatora: czas na załączenie, czas na wyłączenie przy indukcyjnym charakterze obciążenia i czas na wyłączenie przy charakterze pojemnościowym. Reakcje regulatora będą uzależnione od charakteru sieci. Kiedy sieć będzie miała charakter indukcyjny, załączanie i wyłączenie będzie odbywać się według czasów dobranych do dynamiki zmian mocy. Jeśli jednak charakter sieci zmieni się na pojemnościowy, praca regulatora będzie odbywała się według czasu wyłączenia pojemnościowego, którego ustawiona wartość powinna być bardzo niska, np. 2 s. Wybór odpowiednich czasów reakcji pozwala na optymalne wykorzystanie posiadanych kondensatorów i dostosowanie parametrów kompensacji do wielkości i dynamiki zmian obciążenia mocą bierną, tak aby uzyskać wysoką skuteczność regulacji. Należy jednak pamiętać, że ustawiając krótkie czasy pracy dla charakteru indukcyjnego, np. 1 s, użytkownik uzyskuje szybkie dochodzenie do stanu skom-



Rys. 3. Schemat podłączenia regulatora MRM-12c/2xI-2 w układzie zasilania i sterowania

91 pensowania, lecz w czasie regulacji może powstać konieczność ponownego załączenia wyłączonego kondensatora, który nie zdążył się rozładować. Taki stan, często powtarzany, znacznie spowalnia proces regulacji i zmniejsza skuteczność procesu kompensacji. Ostateczną wartość czasów reakcji regulatora należy zaprogramować po dłuższym okresie obserwacji działania baterii kondensatorów w konkretnym układzie zasilania. Automatycznie kontrolowany czas rozładowania kondensatorów, pozwala na stosowanie regulatora w systemach o szybkich zmianach obciążeń, bez groźby uszkodzenia kondensatorów mocy. Tryby pracy nr 6 i 7 oraz indywidualnie nastawiany czas reakcji na wyłączenie pojemnościowe minimalizuje powstanie opłąt z tytułu przekompensowania. Dokładna charakterystyka wszystkich dostępnych w regulatorze MRM-12 algorytmów sterowania znajduje się na stronie internetowej www.twelvee.com.pl.

Prawidłowo ustawione nastawy w regulatorze MRM-12 i właściwie dobrana bateria, np. BK-T-95 – czyli odpowiednia moc całkowita i moc pierwszego stopnia dobrana do wartości minimalnych zmian w poborze mocy biernej, oraz zoptymalizowana ilość stopni pozwalają uzyskać $\text{tg } \varphi$ rzędu 0,15. Oznacza to, że proces kompensacji przez cały czas będzie miał dużą skuteczność, a inwestycja w regulator będzie miała wysoką rentowność. W warunkach nor-

malnej eksploatacji regulator MRM-12 nie wymaga zabiegów konserwacyjnych.

Wykonania specjalne

Regulator na napięcie 100 V

W sytuacjach, gdy system zasilania jest nierozproszony, tzn. użytkownik posiada jeden lub kilka nieoddalonych od siebie transformatorów (rozdzielni nn) zasilanych jedną linią elektroenergetyczną SN, optymalne staje się prowadzenie kompensacji całego systemu jedną baterią zainstalowaną w wybranej rozdzielni nn. Rozwiązanie to polega na „podaniu” do regulatora sygnałów pomiarowych ze strony SN, a zasilanie baterii i proces regulacji, czyli załączanie kondensatorów, odbywa się po stronie nn. Zastosowany w baterii regulator musi być w wersji na napięcie 100 V, czyli przystosowany do pracy z napięciem strony wtórnej przekładnika napięciowego. Ważne jest, aby zarówno sygnał prądowy, jak i napięciowy, pochodził ze strony SN (transformator wprowadza własne przesunięcie fazowe), a bateria usytuowana była w takim miejscu, aby przepływ energii biernej wewnątrz systemu zasilania użytkownika był zminimalizowany. Trzeba jednak zaznaczyć, że jest to rozwiązanie korzystne ekonomicznie, gdyż znacznie redukuje koszty wykonania systemu kompensacji mocy biernej, jednak niezalecane technicznie, ponieważ wpro-

wadza dodatkowe przepływy mocy biernej po wewnętrznych liniach elektroenergetycznych układu zasilania. Dlatego projektując takie układy zasilające, mimo że są one znacznie tańsze, zaleca się stosować je po bardzo dokładnym sprawdzeniu obciążalności poszczególnych linii zasilających i po oszacowaniu możliwości ich obciążenia. Ważne jest też, by rozdzielnia nn, z której będzie zasilana taka bateria, miała odpowiednią wartość mocy dysponowanej.

Regulator 15-stopniowy

Jest to wersja regulatora o 15 niezależnych wyjściach sterujących, wykorzystywana do sterowania baterii o znacznych mocach i dużej ilości stopni baterii. Regulator ten jest przydatny do prowadzenia kompensacji odbiorów szybkozmiennych tradycyjnym sposobem, tzn. bateria statyczna, np. BK-T-95, lub do sterowania bateriami o dużych mocach, np. ponad megawatt.

Regulatory typu MRM-12/2xI (z podwójnym prądem)

Regulatory te znajdują zastosowanie w bateriach przeznaczonych do kompensacji mocy biernej w systemach zasilania, które składają się z co najmniej dwóch transformatorów, a zasilane przez nie układy spięte są układem Samoczynnego Załączania Rezerwy (SZR) – czyli w systemach z zasilaniem dwustronnym lub rezerwowanym. Po zaniku napięcia na jednym transformatorze układ SZR automatycznie przełączy zasilanie odbiorników na transformator, na którym jest napięcie. Regulatory serii 2xI przeznaczone są do pracy z dwoma przekładnikami prądowymi, które znajdują się w dwóch różnych polach doptywowych. Wybór sygnału sterującego uzależniony jest od hierarchii przekładnika, którą określa sposób jego podłączenia do regulatora, oraz od stanu napięciowego pola, w którym zainstalowano dany przekładnik. Uwaga: regulator w danej chwili mierzy współczynnik mocy na podstawie sygnału z jednego przekładnika prądowego. Ze względu na to, że regulator serii 2xI ma dwa wejścia pomiarowe, przy większej ilości transformatorów należy stosować przekładniki sumujące.

Regulator MRM-12c/2xI-1

Baterie wyposażone w ten regulator przeznaczone są do prowadzenia kompensacji w układzie z rezerwą jawną, tzn. gdy jeden transformator jest głównym źródłem

zasilania, natomiast drugi stanowi rezerwę włączaną w przypadku awarii transformatora głównego. W tym przypadku dobrą skuteczność kompensacji uzyska się instalując tylko jedną baterię kondensatorów wyposażoną w ten właśnie regulator. Schemat podłączenia tego regulatora w układzie zasilania i sterowania przedstawia rys. 2. Wartość mocy baterii dobrana jest dla całego obciążenia. Sygnał prądowy sterujący do regulatora doprowadzony jest z dwóch przekładników do jego dwóch wejść prądowych. Aktywne jest zawsze to wejście, które podłączone jest do przekładnika, przez który aktualnie płynie prąd. Rozwiązanie to daje konkretne efekty ekonomiczne, eliminując montaż dodatkowej baterii zasilanej z transformatora rezerwowego.

Regulator MRM-12c/2xI-2

Baterie wyposażone w ten regulator przeznaczone są do prowadzenia kompensacji w układzie z rezerwą ukrytą, tzn. gdy dwa transformatory pracują jednocześnie. W przypadku zaniku napięcia na jednym z transformatorów, układ SZR przełącza obciążenie i drugi transformator przejmuje całkowite zasilanie wszystkich odbiorów. Schemat podłączenia tego regulatora w układzie zasilania i sterowania przedstawia rys. 3. Rozwiązanie to umożliwia instalowanie baterii dobranych do obciążeń zasilanych przez poszczególne transformatory. Pozwala też uzyskać konkretne efekty ekonomiczne, gdyż moc pojedynczej baterii nie musi być dobrana do sumy mocy odbiorników zasilanych z dwóch transformatorów. Po powrocie napięcia regulator automatycznie przejmuje sterowanie sygnałem z wejścia nadrzędnego „s1” i „s2” i wraca do „normalnego” procesu regulacji. Pozwala to zastosować baterie o mocach dobranych do poszczególnych sekcji i eliminuje przewymiarowanie wymuszone w rozwiązaniu tradycyjnym sumą mocy odbiorników zasilanych z obu sekcji.

Program Demo-Twelve

Narzędziem pozwalającym zapoznać się ze wszystkimi możliwościami funkcjonalnymi i regulacyjnymi regulatora MRM-12 jest oprogramowanie Demo-Twelve. Jest to bezpłatnie dostępna aplikacja, umożliwiająca naukę programowania regulatora na komputerze, poznanie jego możliwości regulacyjnych oraz przeprowadzenie symulacji skuteczności procesu kompensacji zaprojektowanej programem baterii kondensatorów. Program pozwala też zapoznać się z samym procesem kompensacji mocy biernej. Oprogramowanie Demo-Twelve można pobrać ze strony www.twelvee.com.pl lub otrzymać po wysłaniu wiadomości e-mail na adres twelvee@twelvee.com.pl.

Krzysztof Dąbrowski

Autor jest w-ce prezesem zarządu
firmy Twelve Electric



KONTAKT

Twelve Electric Sp. z o.o.

ul. Wał Miedzeszyński 162

04-987 Warszawa

tel. (22) 872 20 20

fax (22) 612 79 49

e-mail: twelvee@twelvee.com.pl

www.twelvee.com.pl

