

KOMPENSACJA MOCY BIERNEJ

MRM - 12

Regulator mocy biernej



Wprowadzenie

Racjonalna gospodarka mocą bierną w przedsiębiorstwie polega na utrzymaniu współczynnika mocy $\cos\varphi$ na poziomie określonym w umowie na dostawę energii elektrycznej. W efekcie skutkuje to minimalizacją opłat za nieskompensowaną moc bierną. Urządzeniem, które pomaga zachować właściwą wartość współczynnika mocy w sieciach trójfazowych niskiego i średniego napięcia jest produkowany przez firmę Twelve Electric regulator mocy biernej MRM – 12.

Zastosowanie

Regulator MRM – 12 może być stosowany do sterowania pracą baterii kompensacji mocy biernej w trójfazowej symetrycznej sieci zasilającej, w której występuje moc bierna mająca charakter:

- Wyłącznie indukcyjny - regulator steruje baterią złożoną z kondensatorów kompensacyjnych,
- Wyłącznie pojemnościowy - regulator steruje baterią złożoną z dławików kompensacyjnych,
- Mieszany indukcyjno/pojemnościowy - regulator steruje baterią zawierającą zarówno stopnie pojemnościowe jak i indukcyjne.

Specjalne wersje regulatora wyposażone w dwa wejścia prądowe, pozwalają na automatyczną regulację mocy biernej w praktycznie każdej spotykanej konfiguracji układu zasilania z dwoma transformatorami (dwustronnym lub rezerwowanym) z zastosowaniem jednej lub dwóch baterii.

Z uwagi na sposób pomiaru mocy biernej, zastosowanie regulatora w sieci o silnej asymetrii obciążenia może nie przynieść oczekiwanego efektu finansowego kompensacji.

Budowa

Rodzina regulatorów mocy biernej serii MRM – 12 to nowoczesne, profesjonalne urządzenia mikroprocesorowe przeznaczone do regulacji współczynnika mocy $\cos\varphi$. Zastosowanie nowoczesnego mikrokontrolera typu ARM i przetwornika $\Sigma\Delta$ dedykowanego do pomiarów energetycznych daje możliwość inteligentnego sterowania procesem regulacji mocy biernej przy czym cechami wiodącymi są duża czułość i precyzja działania. Dostępne wersje wykonania regulatora o zróżnicowanej liczbie wyjść sterujących, umożliwiają sterowanie zarówno bateriami o małej liczbie stopni regulacji (rozwiązanie typowe dla małych i średnich firm), jak również złożonymi, wielostopniowymi systemami kompensacji mocy biernej, pracującymi w dużych zakładach przemysłowych.

Regulator jest prosty w montażu i obsłudze oraz niezawodny w eksploatacji. Uniwersalna obudowa o typowych, znormalizowanych wymiarach, umożliwia łatwy montaż w drzwiach baterii kondensatorów lub w jej wnętrzu "na tablicy".

Zasada działania

Regulator cyklicznie wykonuje dokładne pomiary obciążenia sieci mocą bierną i określa jej charakter. Pomiar mocy dokonywany jest w uproszczonym układzie Arona bazującym na pomiarze prądu w jednej fazie np. L1 i napięcia w dwóch pozostałych fazach, czyli L2 i L3 (patrz rys. 1 – 3). Dane pomiarowe analizowane są przez mikroprocesor, który na ich podstawie wylicza aktualną moc bierną, a następnie po uwzględnieniu zaprogramowanych przez użytkownika nastaw, podejmuje decyzję o włączeniu, bądź wyłączeniu odpowiedniego stopnia w baterii kondensatorów.

Układ pomiarowy charakteryzuje się dużą czułością. Regulator pracuje prawidłowo przy prądzie z przekładnika rzędu 40 mA, dzięki czemu możliwe jest skuteczne prowadzenie kompensacji przy bardzo niskim obciążeniu lub przy źle dobranym przekładniku prądowym. Proces regulacji można przystosować do charakteru i dynamiki zmian poboru mocy biernej. Dopasowanie to pozwala na wybór jednej z trzech możliwych charakterystyk regulacji, co zwiększa jego uniwersalność i skuteczność działania.

Zastosowane algorytmy przetwarzania danych i metoda pomiaru, zapewniają prawidłową pracę regulatora przy znacznym poziomie odkształceń napięcia i prądu wyższymi harmonicznymi ($THDu \leq 8\%$ lub $THDi \leq 10\%$).

W celu zmniejszenia ilości procesów łączeniowych występujących przy znacznych i częstych wahaniami mocy, regulacja prowadzona jest z uwzględnieniem zaprogramowanego czasu reakcji. Regulator MRM – 12 umożliwia niezależne zaprogramowanie trzech czasów reakcji. Osobno na załączenie i wyłączenie stopnia oraz dodatkowo na wyłączenie, gdy charakter obciążenia systemu zmienia się na pojemnościowy, co pozwala maksymalnie skrócić czas pracy w warunkach przekompensowania. Możliwość nastawiania czasów reakcji w szerokim zakresie pozwala wykorzystać regulator do kompensacji zmian mocy biernej o różnej dynamice, a w szczególności do kompensacji odbiorników szybkozmiennych o bardzo krótkich interwałach (np. 500 ms) poboru mocy biernej, w przypadku których konieczne jest zastosowanie szybkich łączników elektronicznych np. BŁT – 4 lub specjalnych układów do szybkiego rozładowywania kondensatorów tj. dławików szybko rozładowczych.



Każdy regulator MRM – 12 posiada fabrycznie zaprogramowaną czasową blokadę ponownego załączenia wyłączonego kondensatora przed jego całkowitym rozładowaniem (zakłada się sprawny układ rozładowania kondensatora). W wersji przeznaczonej do sterowania łącznikiem tyrystorowym, blokada ponownego załączenia jest wyłączona. Możliwe jest również indywidualne zaprogramowanie czasu rozładowania dla każdego stopnia baterii. Pozwala ta na umieszczenie w jednej baterii stopni z klasycznym układem rozładowania w postaci rezystora oraz stopni z dławikami szybko rozładowczymi np. dla stopni o najmniejszej mocy.

Regulator pozwala także na zaprogramowanie wartości mocy nieskompensowanej, co umożliwia odczulenie reakcji regulatora na małe (co do wartości) zmiany poboru mocy biernej, które nie pogarszają wartości rozliczeniowego $\text{tg}\varphi$, a uwzględnione w procesie regulacji, wymusiłyby zwiększoną liczbę łączy, przyspieszając tym samym zużycie styczników

i kondensatorów. W niektórych przypadkach bardzo czuła reakcja regulatora na nieistotne, a często zachodzące zmiany sprawia, że wszystkie kondensatory znajdują się w fazie rozładowania, co uniemożliwia ich załączenie, a w konsekwencji znacznie pogarsza skuteczność kompensacji.

Kolejną istotną funkcją regulatora MRM – 12 jest możliwość wykorzystania jednego z dwunastu predefiniowanych trybów pracy regulatora ułatwiających optymalizację procesu kompensacji w zależności od specyfiki obciążenia systemu i szeregu stopniowania mocy kondensatorów zainstalowanych w baterii.

Nowa funkcjonalność regulatora daje możliwość sterowania zarówno stopniami kondensatorowymi, jak i stopniami dławikowymi umieszczonymi w jednej baterii. Dostępne dwa rodzaje regulacji mogą być wykorzystane w kompensacji coraz częściej spotykanej sytuacji, że Użytkownik płaci zarówno za ponadnormatywny pobór energii biernej indukcyjnej, jak i energii biernej pojemnościowej. Opłaty takie ponoszą odbiorcy, którzy mają duże, niedociążone UPS'y, źle dobrane oświetlenie ledowe oraz rozbudowane systemy wentylacji i klimatyzacji. Nowa funkcjonalność regulatora MRM-12 umożliwia przyporządkowanie charakteru członu wykonawczego baterii do danego wyjścia regulatora. Regulator „pamięta”, co zostanie załączone przez konkretne wyjście, czy będzie to kondensator mocy czy dławik kompensujący. Taki sposób załączania stopni sprawia, że człony wykonawcze nie pracują „na siebie”, co zmniejsza straty cieplne oraz redukuje do minimum możliwość powstania rezonansu w sieciach, gdzie poziom wyższych harmonicznych w napięciu zasilania jest znaczny. Ten algorytm załączania stopni sprawi, że dławiki kompensacyjne nigdy nie będą załączane razem z kondensatorami mocy, a poszczególne rodzaje członów wykonawczych będą „używane” w zależności od konieczności kompensacji konkretnego charakteru sieci zasilającej. W przypadku, gdy prawdopodobieństwo powstania rezonansu jest niskie (niski poziom zawartości wyższych harmonicznych), a wartość mocy biernej pojemnościowej do skompensowania jest zawsze większa od mocy biernej indukcyjnej i aby proces kompensacji miał wysoki poziom skuteczności, możliwe jest takie załączenie członów wykonawczych o różnych charakterach (pojemnościowy i indukcyjny), by pracowały „na siebie”. Po wybraniu w regulatorze MRM-12 dodatkowego trybu regulacji, w przypadku pobierania energii biernej pojemnościowej, zostanie załączony dławik kompensujący o mocy dobranej do max. wartości mocy biernej pojemnościowej, co sprawi, że charakter sieci zostanie zmieniony na indukcyjny. Niestety w godzinach normalnej pracy (załączone odbiorniki indukcyjne) możliwy będzie taki stan, że suma indukcyjności dławika i załączonych odbiorów indukcyjnych np. klimatyzacji sprawi, że wypadkowy tangens φ nieznacznie przekroczy wartość umowną, np. 0,4. Wyłączenie dławika jest niemożliwe, bo przy niedostatecznie dużej wartości mocy biernej indukcyjnej dalej będzie pobierana energia bierna pojemnościowa, czyli stan niekorzystny dla sieci zasilającej i poziomu kosztów. Aby utrzymać tangens zadany i by nie płacić za przekompensowanie, regulator przy załączonym dławiku kompensacyjnym załączy max. dwa człony z kondensatorami mocy. Opcja ta pozwala na bardzo precyzyjną regulację mocy biernej w godzinach normalnej pracy w tych przypadkach, gdy poziom mocy biernej pojemnościowej jaki musi być skompensowany, np. w godzinach nocnych jest tak duży, że wymaga to stosowania dławików kompensujących o bardzo dużych mocach.

Podłączenie regulatora do systemu nadrzędnego np. komputera PC pozwala, poza możliwością zdalnego śledzenia jego działania, na przełączenie regulatora w tryb pracy zdalnej. W tym trybie zostaje wyłączona regulacja na podstawie współczynnika mocy, a w to miejsce stopnie załączane są na

zdalne polecenie systemu nadrzędnego, przy czym sekwencja załączania odbywa się zgodnie z aktualnie ustawionym trybem pracy z zachowaniem czasów rozładowania kondensatorów. W przypadku braku komunikacji z systemem regulator samoczynnie powraca do pracy autonomicznej.

Rodzaje regulatorów

Regulator mocy biernej MRM – 12 jest produkowany w wielu wersjach, które uwzględniają różnorodne potrzeby i wymagania Klientów. Każda wersja, w zależności od potrzeb, może być wyposażona w 4, 6, 9, 12 lub 16 wyjść sterujących. Regulator w wykonaniu standardowym dostosowany jest do pracy z napięciem 400 V. Na zamówienie wykonywane są regulatory o innych wartościach napięcia: 100 V, 230 V, 500 V.

Wersje regulatorów

– podstawowa: MRM – 12e

Cyfrowy wskaźnik $\cos\varphi$, procentowy wskaźnik wartości prądu, możliwość pracy ręcznej, automatyczna blokada załączenia kondensatora nierozładowanego, trzy ustawiane w szerokim zakresie czasy reakcji, czternaście algorytmów pracy dostosowanych do różnych szeregów kondensatorów, wskaźnik awarii, wskaźnik ilości załączonych stopni.



– wyposażona w zegar sterujący: MRM – 12ec

W stosunku do wersji MRM – 12e wzbogacony o dodatkową funkcję sterowania w oparciu o czas. O ustalonej porze regulator wyłącza sterowanie automatyczne na podstawie aktualnego współczynnika $\cos\varphi$ i włącza jeden wcześniej ustalony stopień, dobrany do potrzeb obiektu. Powrót regulatora do trybu pracy automatycznej następuje w zaprogramowanym przez użytkownika czasie. Funkcja ta umożliwi zachowanie cosinusa naturalnego, np. w godzinach nocnych, pozwala także na kompensację niewielkich przepływów mocy biernej, jakie występują w czasie, gdy nie są zasilane linie technologiczne np. w godzinach nocnych kompensację oświetlenie terenu lub biegu jałowego transformatora.

– z podwójnym wejściem prądowym: MRM – 12ec / 2 x I

Standardowo wyposażone w zegar sterujący, przeznaczone do pracy z dwoma przekładnikami prądowymi zainstalowanymi w dwóch różnych polach dopływowych. Regulatory te mają zastosowanie w systemach z zasilaniem dwustronnym lub rezerwowanym, czyli wszędzie tam, gdzie występują dwa transformatory z zapewnionym rezerwowaniem mocy, realizowanym poprzez układ SZR. Wykorzystanie regulatorów o podwójnym

wejściu prądowym pozwala na skuteczne prowadzenie procesu kompensacji, nie tylko w normalnym stanie pracy systemu, ale również w sytuacji awaryjnej pracy systemu zasilania.

Regulator MRM – 12ec / 2 x I przeznaczony jest do prowadzenia kompensacji w układach z rezerwą jawną lub ukrytą:

- układ z rezerwą jawną (rys.2)

tnz. gdy jeden transformator jest głównym źródłem zasilania, natomiast drugi stanowi rezerwę włączaną w przypadku awarii transformatora głównego. Regulator o podwójnym wejściu prądowym prowadzi proces kompensacji dla aktualnie pracującego transformatora i automatycznie przełącza sterowanie w przypadku uruchomienia i obciążenia transformatora rezerwowego.

- układ z rezerwą ukrytą (rys.3)

wykorzystując dwa regulatory z podwójnym wejściem prądowym można prowadzić kompensację, gdy dwa transformatory pracują jednocześnie. W przypadku zaniku napięcia na jednym z transformatorów, układ SZR przełącza obciążenie i drugi transformator przejmuje całkowite zasilanie wszystkich odbiorców. W takiej sytuacji regulator automatycznie przełącza sterowanie na sygnał z pola odpływowego aktualnie pracującego transformatora. Regulator ten można również stosować w układzie z dwoma transformatorami pracującymi równolegle – sprzęgło jest stale zwarte. W takim przypadku regulator sumuje prądy z przekładników dla każdego transformatora i zdarzenia takie jak rozłączenie sprzęgła, wyłączenie jednego transformatora nie będą miały wpływu na kompensację.

Wyżej wymienione możliwości regulatorów dają konkretne efekty ekonomiczne, gdyż zastosowanie tego typu urządzeń pozwala prowadzić kompensację albo jedną baterią (regulator MRM – 12ec / 2 x I do kompensacji w układzie z rezerwą jawną) albo bateriami bez ukrytej rezerwy mocy, tzn. dobranymi do wartości obciążenia danej sekcji (regulator MRM – 12ec / 2 x I do kompensacji w układzie z rezerwą ukrytą).

- z komunikacją RS485(Bluetooth*): MRM – 12ec / 2 x I

Regulatory w tej wersji są wyposażone w układ transmisji szeregowej w standardzie RS485 z zaimplementowanym protokołem Modbus RTU. Po podłączeniu do komputera możliwa jest zdalna obserwacja procesu regulacji jak również zmiana nastaw regulatora.

*) w opracowaniu

Zalety użytkowania

System kompensacji mocy biernej sterowany regulatorem MRM – 12 skutecznie kompensuje moc bierną do poziomu wymaganego przez dostawcę energii. Odpowiednie zaprojektowanie stopniowania i całkowitej mocy baterii oraz właściwy dobór nastaw regulatora, pozwala na uzyskanie współczynnika mocy $\cos\phi$ w granicach 0,98 przy braku znaczących stanów przekompensowania sieci. Dzięki temu możliwe jest znaczne obniżenie bądź całkowite wyeliminowanie opłat za pobór energii biernej, gdy rozliczenie następuje według różnicy pomiędzy $\text{tg}\phi$ uzyskanym w miesięcznym cyklu rozliczeniowym, a $\text{tg}\phi$ określonym w umowie z dostawcą energii.

Regulator MRM – 12 pozwala na w pełni automatyczne, bezobsługowe prowadzenie kompensacji mocy biernej. Wyróżnia się prostym montażem i łatwą obsługą, może być wykorzystywany jako zamiennik starszych regulatorów mocy biernej, bez potrzeby dokonywania dodatkowej modernizacji baterii kondensatorów.

Wyposażony jest w szereg wskaźników sygnalizujących aktualny stan pracy urządzenia. Wbudowany wyświetlacz umożliwia podgląd aktualnego współczynnika mocy $\cos\phi$, pozwalając na weryfikację skuteczności procesu kompensacji.

Szereg możliwych do zaprogramowania parametrów

pozwala na współpracę regulatora z wieloma rodzajami przekładników prądowych, przy wykorzystaniu różnego stopniowania baterii kondensatorów. Natomiast programowalne nastawy regulatora dają możliwość optymalizacji procesu regulacji, w zależności od specyfiki systemu zasilania i posiadanego obciążenia. Bezpłatnie dostępne oprogramowanie Demo Twelve umożliwia naukę programowania regulatora na komputerze oraz dobór i weryfikację wartości przewidywanych nastaw tak, aby skuteczność kompensacji rzeczywistych obciążeń przy wykorzystaniu posiadanej baterii była jak najwyższa.

Parametry techniczne

Obwód napięciowy:

znamionowe napięcie międzyfazowe 100, 230, 400, 500 V
(do określenia w zamówieniu)

tolerancja napięcia -10 % ÷ +15 %

częstotliwość znamionowa 50 Hz

pobór mocy 15 VA

Obwód prądowy:

prąd znamionowy 5 A lub 2 x 5 A

dopuszczalne ciągłe przeciążenie 6 A

min. prąd mierzony 40 mA

pobór mocy 2,5 VA

Obwód wyjściowy:

liczba stopni 4°, 6°, 9°, 12° lub 16°
(do określenia w zamówieniu)

napięcie sterujące stycznikami 230 V

Obciążalność wyjścia 5 A przy 250 V AC

Stopień ochrony IP: od czola: IP40; ze specjalną osłoną: IP54 od strony zacisków: IP20

Temperatura pracy: -20°C ÷ +50°C

Klasa dokładności: 1,5

Zakres regulacji:

mocy biernej nieskompensowanej 0 ÷ 250 %
%Q/n

czułość 0,001 ÷ 0,99

$\cos\phi$ 0,3 ind. ÷ 0,7 poj.

czas ZAŁ., WYŁ ind., WYŁ poj. 1 ÷ 99 s skok 1 s

liczba trybów pracy automatycznej 12

okres pracy zegara bez zasilania urządzenia nie mniej niż 6 miesięcy

Wskaźniki:

wskaźnik $\cos\phi$ cyfrowy, czteropozycyjny

procent prądu płynącego przez przekładnik cyfrowy, dwupozycyjny

bieżący czas godzina i minuta

sygnalizacja załączenia stopnia dioda LED

Inne:

sposób programowania klawiatura, zdalny PC

sposób podłączenia przewód 2,5 mm²

masa <1,5 kg

wymiary urządzenia [mm] 144x144x85 mm (DIN 43700)

wymiary otworu montażowego [mm] 138x138 mm

Normy:

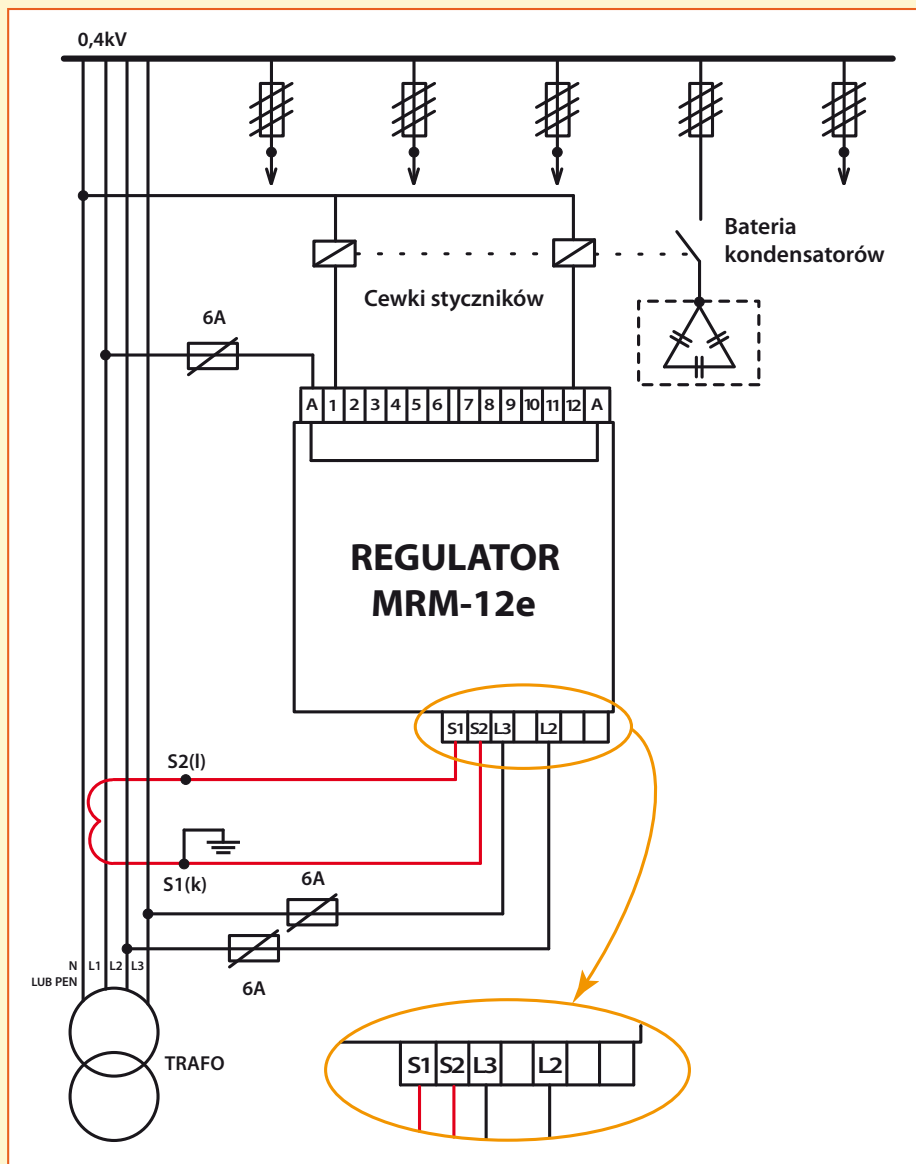
PN – EN 5501; PN – EN 61000 – 4 – 2; PN – EN 61000 – 4 – 4;

PN – EN 61000 – 4 – 5; PN – EN 61000 – 4 – 6;

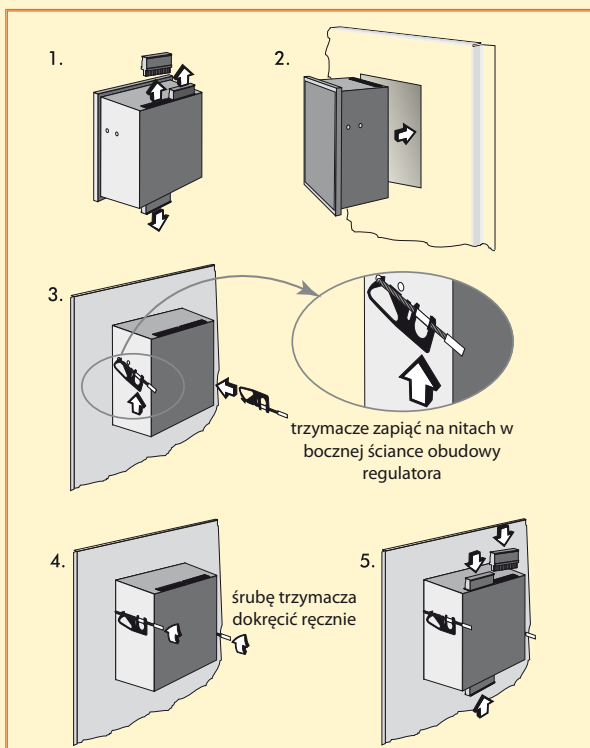
PN – EN 61000 – 4 – 8; PN – EN 61000 – 4 – 11

Certyfikaty:

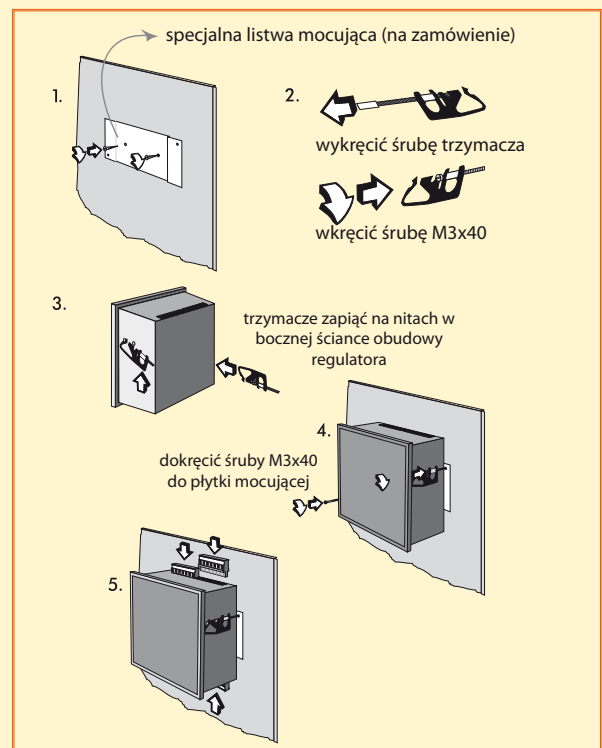
Atest nr 30/NBR/11 wydany przez Instytut Elektrotechniki
Świadectwo Ekspertyzy GUM.



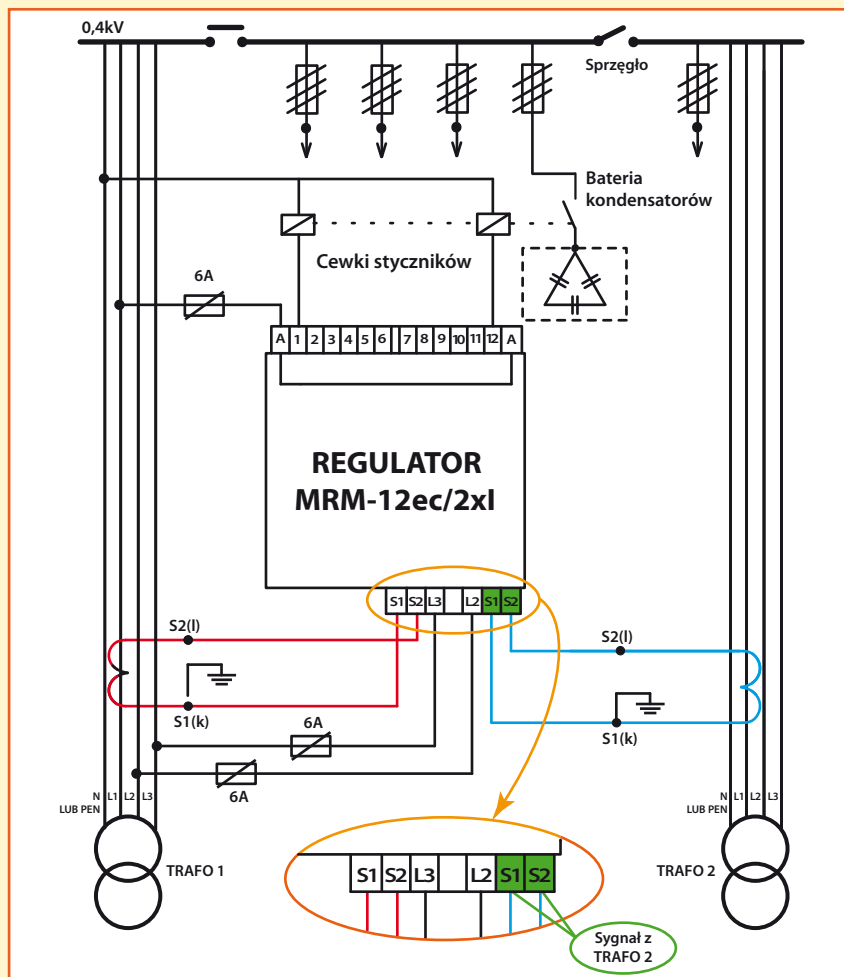
Rys.1. Schemat ideowy podłączenia regulatora MRM - 12e



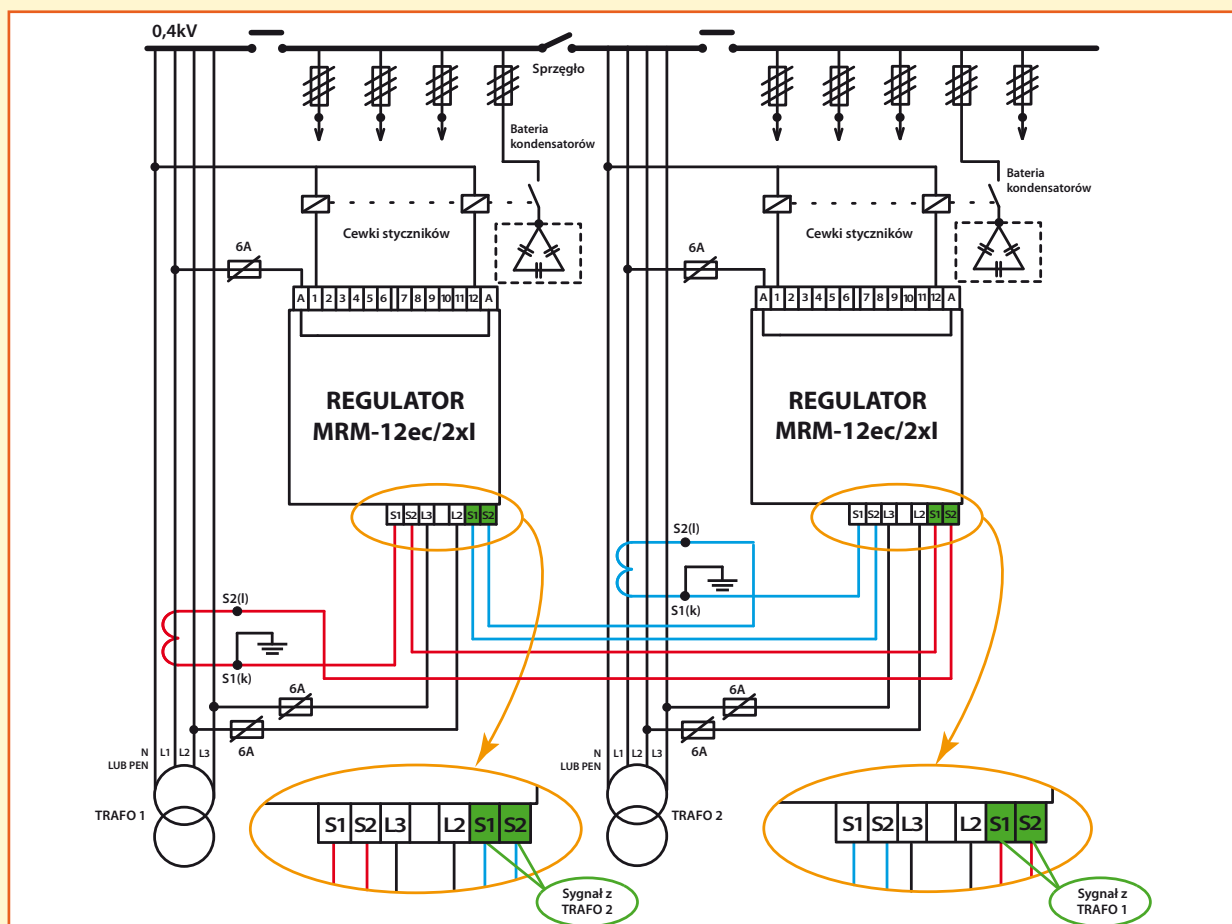
Montaż regulatora w otworze na drzwiach baterii



Montaż regulatora wewnątrz baterii kondensatorów



Rys.2. Schemat ideowy podłączenia regulatora MRM - 12ec / 2 x I (układ z rezerwą jawną)



Rys.3. Schemat ideowy podłączenia regulatora MRM - 12ec / 2 x I (układ z rezerwą ukrytą)

POZOSTAŁA OFERTA TWELVE ELECTRIC 2012

KOMPENSACJA MOCY BIERNEJ



Kondensatory mocy nn
K.99/3



BK – T – 95
baterie kondensatorów mocy



BK – T – 3f
baterie kondensatorów mocy do kompensacji obciążeń niesymetrycznych



IKT – 12
kompensator indywidualny

JAKOŚĆ ENERGII ELEKTRYCZNEJ

- **AS – 3plus**
analizator parametrów sieci z dużym wyświetlaczem graficznym LCD
- **AS – 3mini**
analizator parametrów sieci montowany na szynie DIN
- **AS – 3energia**
urządzenie do analizy kosztów pobranej energii z elementami kontroli jakości zasilania
- **AS – 3diagnoza**
przenośny analizator parametrów sieci
- **AS – 3minidiagnoza »NOWOŚĆ«**
przenośny komplet pomiarowy do diagnostyki systemów zasilania
- **AS – Multi**
oprogramowanie systemowe do przesyłu, wizualizacji, raportowania i alarmowania



Twelve Electric Sp. z o.o.
04 - 987 Warszawa, ul. Wał Miedzeszyński 162
tel. +48 22 872 20 20, fax +48 22 612 79 49
skype: t12e_1, t12e_2, t12e_3
e - mail: twelvee@twelvee.com.pl
www.twelvee.com.pl