

Dławiki

- filtrujące
- szybkorozładowcze



Dławiki filtrujące

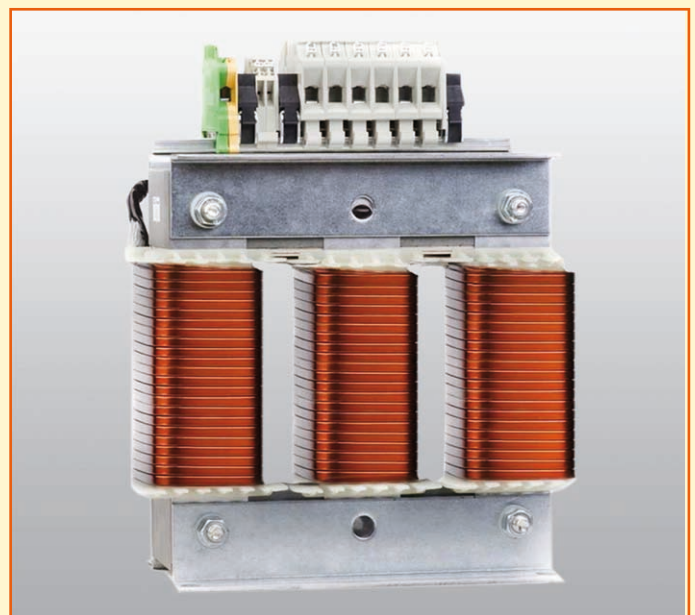
Budowa

Wprowadzenie

Zastosowanie w przemyśle całej gamy urządzeń energoelektronicznych spowodowało znaczne pogorszenie się parametrów jakościowych napięcia zasilania. Wykorzystywane do regulacji częstotliwości i formowania kształtu napięcia, nieliniowe układy przekształtnikowe, znalazły masowe zastosowanie w urządzeniach do „miękkiego rozruchu” dużych napędów oraz w urządzeniach do precyzyjnego sterowania prędkościami obrotowymi silników dużej mocy. Pod koniec XX wieku udział odbiorników nieliniowych w ogólnym bilansie mocy zainstalowanej u pojedynczego odbiorcy wzrósł do takiego poziomu, że w napięciu zasilającym pojawiły się niespotykane dotąd zjawiska i problemy, np.: przeciążenie przewodu zerowego, wyższe harmoniczne czy niesymetria obciążenia. Ten stan pogorszył się dodatkowo, gdy masowo zaczęto zastępować tradycyjne źródła światła – energooszczędnymi. W konsekwencji, prowadzenie kompensacji mocy biernej metodą tradycyjną, czyli kondensatorami mocy, stało się wręcz niemożliwe, gdyż kondensatory mocy zasilane napięciem odkształconym ulegają uszkodzeniu w bardzo krótkim czasie. Występujące w sieciach zasilających zniekształcenia są mierzalne i można je zobrazować w postaci widma wyższych harmonicznych, czyli jako składowe napięcia/prądy o częstotliwościach będących całkowitymi wielokrotnościami częstotliwości podstawowej (50 Hz). Odkształcony przebieg napięcia/prądu jest określany przez sumę wszystkich składowych harmonicznych. Ze względu na fakt, że reaktancja kondensatora zależy od częstotliwości odwrotnie proporcjonalnie, to wartość ta maleje wraz z pojawieniem się wyższych harmonicznych. W przybliżeniu dla 5 – tej harmonicznej (częstotliwość 250 Hz) kondensator ma pięciokrotnie niższą reaktancję niż dla częstotliwości 50 Hz. Dzięki temu prąd płynący wówczas przez kondensator jest większy niż prąd wynikający z jego reaktancji dla 50 Hz. Przepływ większego prądu powoduje wzrost temperatury pracy kondensatora, co związane jest ze zwiększeniem strat mocy. Ze względu na silną zależność żywotności kondensatorów mocy od temperatury pracy, występowanie wyższych harmonicznych wpływa na znaczne obniżenie ich żywotności.

Z podanych wyżej zależności wynika, iż należy chronić kondensator przed szkodliwym wpływem wyższych harmonicznych. Pozwala to na uniknięcie awarii kondensatora, a tym samym kosztów związanych z koniecznością częstej jego wymiany. Ochrona kondensatora przed szkodliwym wpływem wyższych harmonicznych jest istotna również z tego względu, że w umowie na dostarczanie energii, dostawca energii zawarł wymagania dotyczące utrzymania w systemie zasilania zadanego $\text{tg}\phi$. Wobec tego, proces kompensacji mocy biernej musi być prowadzony w sposób ciągły, nawet w warunkach, gdy w napięciu zasilającym występują wyższe harmoniczne. Urządzeniem, które umożliwia baterii kondensatorów prowadzenie ciągłego procesu kompensacji mocy biernej przy zasilaniu napięciem odkształconym, jest dławik filtrujący. Układ składający się z kondensatora i dławika (odpowiednio dobranych co do wartości) tworzy filtr dolnoprzepustowy, który zabezpiecza kondensator i umożliwia prowadzenie kompensacji przy obecności wyższych harmonicznych w napięciu/prądzie.

Dławiki filtrujące oferowane są przez firmę Twelve Electric w wykonaniu jedno i trójfazowym. Typ i szereg dobrany jest do zakresu mocy kondensatorów z którymi współpracują, czyli od 2,5 kvar do 60 kvar. Na indywidualne zamówienie Klienta dławiki wykonywane są na mniejsze lub większe wartości mocy. Rdzeń dławika wykonany jest z blach ferromagnetycznych. Uzwojenia nawinięte są miedzianym drutem nawojowym (taśmą) o odpowiednio dobranym przekroju i kształcie. Niektórzy producenci dławików zastępują taśmę miedzianą taśmą aluminiową. Rozwiązanie to jest mniej trwałe, pochłania większe straty mocy. Całość konstrukcji zabezpieczona jest przed oddziaływaniem czynników zewnętrznych poprzez impregnację w warunkach wysokiej próżni. Jako impregnat zastosowano wysokiej klasy specjalną żywicę, która posiada właściwość podwyższonej emisji cieplnej, wysoką wytrzymałość napięciową i zapewnia bezpieczeństwo pracy. W konstrukcję dławika wbudowany jest wyłącznik termiczny, który w przypadku przekroczenia ustalonej temperatury pracy spowoduje otwarcie styków i odłączenie dławika od zasilania. Zapobiega to uszkodzeniom uzwojenia przy niekontrolowanym wzroście temperatury. Podłączenie zasilania do dławików o małej mocy odbywa się przez łączówkę, a do dławików o wyższej mocy przez zaciski śrubowe na szynie Cu.



Zasada działania

Zapewnienie prawidłowej i długotrwałej pracy kondensatorom do kompensacji mocy biernej zasilanych napięciem odkształconym jest możliwe jedynie dzięki instalacji dławików filtrujących, pracujących w układzie filtra dolnoprzepustowego LC. Dławik filtrujący sprzęgnięty z kondensatorem mocy korygującym współczynnik sprawia, że prąd płynący przez kondensator jest nominalny. Zasada działania filtra polega na takim zestawieniu układu dławik – kondensator, aby dla określonej częstotliwości, zwanej częstotliwością rezonansową, uzyskać możliwie niską impedancję. Dla częstotliwości przekraczających częstotliwość rezonansową układ ten będzie posiadał większą impedancję, a więc będzie tłumił wyższe częstotliwości. Podstawowym parametrem dławika do filtracji wyższych harmonicznych jest współczynnik tłumienia określany na podstawie zależności:

$$p\% = 100 * \frac{U_L}{U_C} = 100 * \left(\frac{f}{f_r}\right)^2$$

gdzie:

- U_L – napięcie na indukcyjności
- U_C – napięcie na pojemności
- f – częstotliwość sieciowa
- f_r – częstotliwość rezonansowa

Określenie współczynnika tłumienia identyfikuje również jego częstotliwość rezonansową, a więc określa zakres filtracji widma poddany tłumieniu. Na przykład dla dławika o współczynniku tłumienia $p = 7\%$, częstotliwość rezonansowa wynosi 189 Hz, co w praktyce oznacza, że skutecznie filtrowane będą składowe przebiegu, począwszy już od piątej harmonicznej. Dla prawidłowego doboru dławika filtrującego współpracującego z kondensatorem mocy, konieczne jest wykonanie specjalistycznych pomiarów pozwalających określić widmo harmonicznych, czyli poziom odkształcenia przebiegów napięcia i prądu poszczególnymi harmonicznymi. Ze względu na specyfikę układu dławik – kondensator metoda wykonania analizy wyższych harmonicznych dla potrzeb doboru baterii kondensatorów odbiega od tradycyjnej.

Rodzaje dławików

Oferowane przez firmę Twelve Electric dławiki filtrujące charakteryzują się szerokim zakresem dostępnych mocy i współczynnikiem tłumienia na poziomie 7% lub 14%. Odpowiada to częstotliwościom rezonansowym na poziomie odpowiednio 223 Hz, 189 Hz i 133 Hz. Dla danego dławika skutecznie tłumione są te harmoniczne, których częstotliwość jest wyższa od częstotliwości rezonansowej. Na przykład zastosowanie dławika o współczynniku tłumienia $p = 14\%$ zapewnia szerokie pasmo filtracji i dobre tłumienie już od trzeciej harmonicznej (150 Hz). Indukcyjności oferowanych przez Twelve dławików filtrujących dobrane są do typowych wartości kondensatorów mocy, których sprzedaż oferuje nasz firma. W zamówieniu należy określić tylko wartość mocy kondensatora, z jakim będzie współpracował dławik, oraz uwzględnić wynikający z potrzeb, współczynnik tłumienia i napięcie nominalne układu zasilania.

Zalety użytkowe

Filtracja wyższych harmonicznych poprzez stosowanie dławików filtrujących wnosi wiele korzyści. Wyższe harmoniczne występujące w systemie zasilania, powodują zwiększenie przepływu mocy i poboru energii przy częstotliwościach wyższych niż częstotliwość zasilania. Wiąże się to z większymi przepływami prądów, a tym samym i z większymi stratami mocy, co prowadzi do znacznie intensywniejszego nagrzewania się transformatorów, kabli i przewodów elektroenergetycznych.

Dodatkowo powstaje niekorzystny dla przepływu energii efekt naskórkowości. Z tego powodu powstają też większe straty w transformatorach i niekorzystne zjawiska w silnikach elektrycznych. Wobec wyżej wymienionych przyczyn należy wszelkimi racjonalnymi technicznymi metodami dążyć do obniżania, a w najgorszym wypadku do zapobiegania wzrostowi poziomu wyższych harmonicznych w układzie zasilania. Z rozważań teoretycznych, a przede wszystkim z rzeczywistych pomiarów wynika, że załączanie pojemności przy obecności odkształceń w napięciu, zwłaszcza w systemach

zasilania o małej mocy zwarciowej, prowadzi do powstania zjawiska „zasysania wyższych harmonicznych” przez kondensator, co jest związane ze zmniejszeniem wypadkowej impedancji układu obciążenia. Zasilanie kondensatora napięciem odkształconym skutkuje wzrostem wartości odkształceń w prądzie, a następnie „podbiciem” wartości odkształceń w napięciu całego układu zasilania. Gdy wartość współczynnika odkształceń THD w napięciu jest na granicy określonej w przepisach, to instalacja baterii bez dławików może spowodować, że poziom THD przekroczy wartość dozwoloną, co skutkuje koniecznością składania wyjaśnień dostawcy energii o powodach wprowadzania do sieci zniekształceń nieliniowych.



Zasady montażu

Prawidłowa instalacja dławików powinna uwzględniać konieczność odprowadzenia znacznej ilości ciepła wytwarzanego przez dławiki. Baterie kondensatorów, w których zainstalowano dławiki, powinny posiadać odrębny układ automatycznej wentylacji sterowany poziomem temperatury panującej w komorze dławików. Ze względu na szkodliwe zjawiska, jakie powstają podczas wzajemnego przenikania się pola magnetycznego (wytwarzanego przez dławiki) i pola elektrycznego (wytwarzane przez kondensatory), należy rozdzielić w baterii obszary montażu dławików i kondensatorów. Dławiki jako elementy o wyższej temperaturze pracy ($80^{\circ}\text{C} \div 120^{\circ}\text{C}$) zawsze powinny być montowane nad kondensatorami. Z wartości napięć w układzie dławik – kondensator wynika, co najlepiej widać na wykresie wektorowym dla napięć, że dla tego typu połączeń należy stosować kondensator o podwyższonym napięciu znamionowym ($440\text{ V} \div 480\text{ V}$). Dławik widziany jest przez system jako indukcyjność. Każda próba rozwarcia obwodu zawierająca indukcyjność, pociąga za sobą nagły wzrost napięcia na końcach obwodu. Ten nieustalony stan może być powodem zadziałania zabezpieczeń nadprądowych lub uszkodzeń elementów energoelektrycznych. Dlatego wskazane jest, aby na dławikach filtrujących montowanych w bateriach kondensatorów instalować ochronniki przepięciowe, które zabezpieczą system przed przepięciami wywołanymi wyłączeniem układu dławik – kondensator.

Normy:

VDE 0550, PN – IEC 61558, PN – IEC 60938

Tabela 1. Parametry techniczne dławików filtrujących DWD.

Q [kvar]	p [%]	L (na fazę) [mH]	I dla 50 Hz [A]	Podłączenie	a ₁ [mm]	b ₁ [mm]	c [mm]	a ₂ [mm]	b ₂ [mm]	a ₃ [mm]	b ₃ [mm]	Waga [kg]
5	14	16,59	7,65	zaciski	180	106	207	106	66	7	13	7,5
10	14	8,29	15,3	zaciski	228	110	260	176	71	7	13	16,0
12,5	14	6,64	19,12	zaciski	228	110	260	176	71	7	13	16,0
15	14	5,53	22,95	zaciski	228	134	260	176	95	7	13	20,0
20	14	4,15	30,6	szyny Cu	264	140	240	200	76	10	18	23,0
25	14	3,32	38,25	szyny Cu	264	140	240	200	76	10	18	23,0
30	14	2,76	45,9	szyny Cu	264	167	240	200	102	10	18	26,0
40	14	2,07	61,2	szyny Cu	300	155	290	224	94	10	18	33,0
50	14	1,66	76,5	szyny Cu	300	180	290	224	119	10	18	48,0
60	14	1,44	88,5	szyny Cu	300	200	270	224	154	10	18	52,0

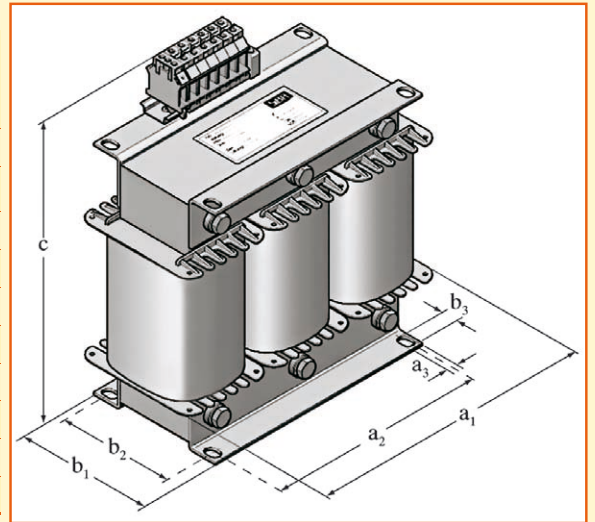
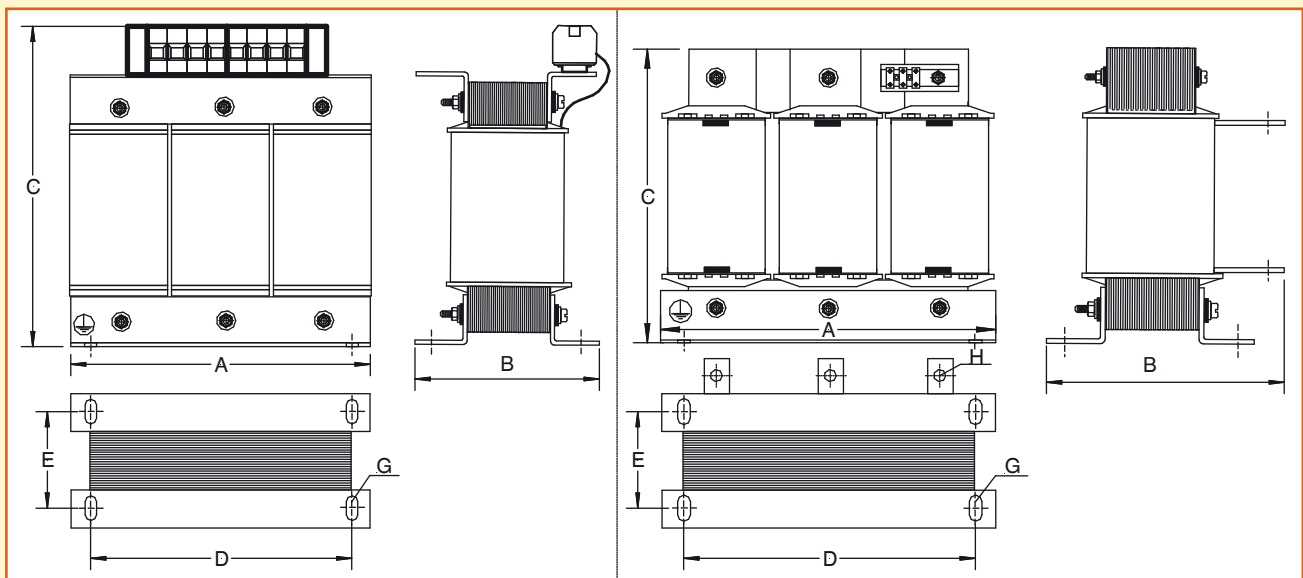


Tabela 2. Parametry techniczne dławików filtrujących Noratel.

Q [kvar]	p [%]	L (na fazę) [mH]	I dla 50 Hz [A]	Wykonanie	A[mm]	B[mm]	C[mm]	D[mm]	E[mm]	G[mm]	H[mm]	Waga [kg]
1,5	7	29,6	1,98	1	125	61	130	100	45	5x8	-	1,5
2,5	7	17,3	3,4	1	125	71	130	100	55	5x8	-	2,0
5	7	8,64	6,79	1	155	76	150	130	56	8x12	-	3,3
	14	7,34	7,34	2	190	108	155	170	57	8x12	8,5	6,0
10	7	13,6	13,6	2	190	108	155	170	57	8x12	8,5	6,0
	14	14,7	14,7	2	230	113	198	176	71	9x13	8,5	13,5
15	7	20,4	20,4	2	190	128	155	170	77	8x12	8,5	10,0
20	7	27,2	27,2	2	230	118	198	176	71	9x13	8,5	13,0
	14	29,4	29,4	2	230	142	198	176	95	9x13	8,5	23,0
25	14	36,8	36,8	2	265	126	227	200	76	10x18	8,5	24,0
30	7	38,5	38,5	2	230	142	198	176	95	9x13	8,5	17,0
40	7	54,4	54,4	2	230	142	198	176	95	9x13	8,5	22,0
	14	58,8	73,5	2	300	175	260	224	119	10x18	8,5	47,0
50	7	76,5	76,5	2	265	145	227	200	90	10x18	8,5	29,0
	14	73,5	73,5	2	300	175	260	224	119	10x18	8,5	50,0
60	7	81,4	81,4	2	300	150	260	224	94	10x18	8,5	36,0
	14	88	88	2	300	190	260	224	134	10x18	8,5	55,0



Dławiki szybkorozładowcze

Wprowadzenie

Rosnące ceny energii elektrycznej, a w tym znaczny wzrost opłat za nieskompensowaną moc bierną sprawiły, że odbiorcy zaczęli wymagać od systemów kompensacji mocy biernej dużej skuteczności. W praktyce oczekuje się, że sprawnie działający system powinien wyzerować lub znacząco zminimalizować opłatę za energię bierną. Dla większości układów zasilania oczekiwania te są wykonalne i możliwe do spełnienia. Jednak coraz częściej pojawiają się przypadki w których kompensacja mocy biernej realizowana tradycyjnymi metodami nie zapewnia oczekiwanej skuteczności, zwłaszcza, gdy w układzie rozliczeniowym zainstalowane są liczniki elektroniczne. Tą grupę odbiorników, którą charakteryzuje duża dynamika zmian poboru mocy biernej nazywamy niespokojnymi, a charakter obciążenia jakie wnoszą do systemu obciążeniem dynamicznym. Obowiązująca aktualnie norma PN – EN 60831 – 1:2000 dopuszcza ponowne załączenie kondensatorów mocy po czasie 3 minut od momentu jego wyłączenia. Drugim wymogiem jest by po tym czasie napięcie na kondensatorze było niższe niż 75 V. Jak widać zastąpienie dawnej normy polskiej, która dopuszczała załączenie kondensatora odpowiednio po 1 minucie i spadku napięcia poniżej 50 V, normą europejską jeszcze bardziej spowolniło proces kompensacji. Dla obciążeń dynamicznych, przy ciągle rosnących opłatach za moc nieskompensowaną, określona aktualną normą dynamika łączenia kondensatora jest nie do przyjęcia. Aby użytkownicy, którzy eksploatują odbiorniki niespokojne nie ponosili opłat za energię bierną, w ofercie Twelve Electric pojawiły się urządzenia które umożliwiają prowadzenie kompensacji dynamicznej, czyli takiej w której procesy łączeniowe nadążają za szybkimi zmianami mocy biernej. Pierwszą grupę urządzeń stanowią elektroniczne baterie kondensatorów w których specjalnie opracowane algorytmy pracy załączają kondensatory w ściśle określonych momentach czasowych. Jest to rozwiązanie kosztowne, przeznaczone do kompensacji urządzeń o milisekundowych czasach zmian poboru mocy biernej. Baterie te wyposażone są w specjalne łączniki energoelektroniczne, których zasada działania sprawia, że praca baterii nie oddziałuje negatywnie na napięcie zasilania.

Niestety mimo tego, że baterie te dają szerokie możliwości szybkiego łączenia kondensatorów np. po upływie kilkunastu okresów w sieci (ok. 200 ms) od wyłączenia, to ich główną wadą jest bardzo wysoka cena i bardzo długi czas realizacji dostaw. Powyższe wady wpłynęły niekorzystnie na popularność zastosowania baterii dynamicznych do załączania kondensatorów.

Drugą grupę urządzeń które umożliwiają prowadzenie kompensacji dynamicznej stanowią dławiki szybkorozładowcze, które w układzie ze stycznikiem wyposażonym w układ „miękkiego załączania” pozwalają załączyć ponownie kondensator już po upływie 1 s od momentu jego wyłączenia. Tak krótki czas reakcji umożliwia kompensację większości odbiorników niespokojnych takich jak: suwnice, dźwigi, windy, windy oraz linie złożone z kilku lub kilkunastu zgrzewarek o wysokim współczynniku jednoczesności. Cena tych urządzeń jest znacznie niższa od cen baterii dynamicznych, a prostota rozwiązania sprawia, że urządzenia te są skuteczne i bardzo niezawodne, gdyż nie ulegają uszkodzeniom wywołanym anomaliami napięcia zasilającego.



Budowa

Dławiki szybkorozładowcze oferowane są przez Twelve Electric w wykonaniu jedno i trójfazowym. Typoszerzeg tych dławików dobrany jest do wartości mocy w jakich oferuje się kondensatory mocy, od 2,5 do 60 kvar. Odpowiednio dobrana do kondensatora indukcyjność dławików jest równolegle podłączana do oporników rozładowczych trójfazowego kondensatora mocy. Dławiki umieszczone są w estetycznej, niepalnej obudowie z poliestru. Dławiki jednofazowe (do 10 kvar) przystosowane są do montażu na szynę DIN, natomiast dławiki trójfazowe są przystosowane do montażu tablicowego.

Podłączenie przewodów do dławika odbywa się poprzez zaciski łączówki umieszczone w obudowie, przewodem o przekroju 4 mm².

Dławiki szybkorozładowcze jednofazowe do 10 kvar

Napięcie zasilające	400 V
Częstotliwość	50Hz
Test izolacji	3kV AC
Klasa izolacji	B
Stopień ochrony	IP20
Maksymalna temperatura	40°C (przy mocy nominalnej)
Waga	0,34kg
Rozmiary (szer. x gł. x wys.)	68 x 84 x 61 mm
Norma	EN61558-2-20

Dławiki szybkorozładowcze trójfazowe do 20 kvar, do 60 kvar

Napięcie zasilające	3x400 V
Częstotliwość	50Hz
Test izolacji	3kV AC
Klasa izolacji	B
Czas rozładowania	1,1 s (do 20 kvar) 1,8 s (do 40 kvar) 2,5 s (do 60 kvar)
Stopień ochrony	IP20
Maksymalna temperatura	40°C (przy mocy nominalnej)
Waga	1,7 kg (do 20kvar) 2,1 kg (do 60kvar)
Rozmiary (szer. x gł. x wys.)	88 x 96 x 103 mm (do 20kvar) 117 x 104 x 106 mm (do 60kvar)
Norma	EN61558-2-20

POZOSTAŁA OFERTA TWELVE ELECTRIC 2012

KOMPENSACJA MOCY BIERNEJ



MRM – 12
regulatory mocy biernej



BK – T – 95
baterie kondensatorów mocy



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



Kondensatory mocy nn
K.99/3

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