

KOMPENSACJA MOCY BIERNEJ

DWD - 12

Dławiki filtrujące



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 niesymetrie. Ten stan pogorszył się dodatkowo, gdy masowo zaczęto zastępować tradycyjne źródła światła – energooszczędny. W konsekwencji, prowadzenie kompensacji mocy biernej metodą tradycyjną, czyli standardową baterią kondensatorów mocy, przy zasilaniu jej napięciem odkształconym, stało się wręcz niemożliwe. Występujące w sieciach zasilających zniekształcenia są mierzalne i podlegają rozkładowi na wyższe harmoniczne, czyli na składowe napięcia/prądu 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 odwrotnie proporcjonalnie od częstotliwości, to wartość ta maleje wraz z pojawieniem się wyższych rzędów harmonicznych. W ten sposób np. 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 suchych od temperatury pracy, występowanie wyższych harmonicznych wpływa na znaczne obniżenie czasu ich poprawnego działania.

Z podanych wyżej zależności wynika, iż należy chronić kondensator przed szkodliwym wpływem wyższych harmonicznych. Pozwala to na uniknięcie awarii kondensatora, a tym samym znacznych obciążeń finansowych związanych z koniecznością częstej jego wymiany. Ochrona kondensatora przed szkodliwym wpływem wyższych harmonicznych jest istotna również z tego względu, że w umowie na dostarczenie energii, dostawca zawarł wymagania dotyczące utrzymania w systemie zasilania zadanego tgφ. 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 prowadzenie ciągłego procesu kompensacji mocy biernej w systemie zasilania z odkształconym napięciem, jest dławik filtrujący. Układ składający się z kondensatora i dławika (odpowiednio dobranych co do wartości) tworzy filtr, który zabezpiecza kondensator i umożliwia prowadzenie kompensacji przy obecności wyższych harmonicznych w napięciu/prądzie.

Budowa

Dławiki typu DWD – 12 oferowane są przez firmę Twelve Electric w wykonaniu 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 zakresy mocy. Rdzeń dławika wykonany jest z blach ferromagnetycznych. Uzwojenia nawinięte są miedzianym drutem nawojowym o odpowiednio dobranym przekroju i kształcie. W tańszej wersji dławika miedz zastąpiono taśmą aluminiową. Całość konstrukcji zabezpieczona jest przed oddziaływaniem środowiska poprzez impregnację w warunkach wysokiej próżni. Jako impregnat zastosowano wysokiej klasy sztuczną, czarną 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 wytopieniu się jego 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 kondensatorów do kompensacji mocy biernej, pracujących w warunkach silnych zniekształceń napięcia zasilania, możliwe jest jedynie dzięki instalacji dławików filtrujących, pracujących w układzie filtra dolnoprzepustowego LC. Dławik filtrujący sprzęgnięty z kondensatorem korygującym współczynnik mocy zapewnia separację wyższych harmonicznych przed przenikaniem ich do układu kondensatora. Zasada działania filtra polega na takim zestrojeniu 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 wykonywane pomiary różnią się od tradycyjnej analizy wyższych harmonicznych wykonywanych dla potrzeb określenia jakości zasilania.

Rodzaje dławików

Oferowane przez firmę Twelve Electric dławiki typu DWD – 12 charakteryzują się szerokim zakresem dostępnych mocy i współczynnikiem tłumienia na poziomie 5,67 %, 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 dławików DWD – 12 dobrane są do typowych wartości kondensatorów mocy. 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, powodują zwiększenie przepływów 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 technicznie 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. 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.



Q [kvar]	p [%]	L (na fazę) [mH]	I dla 50 Hz [A]	I_{th} [A]	Stratność dla 50 Hz [W]	Stratność całkowita [W]	Waga [kg]
5	5,67	6,13	7,65	9,2	21	40	6,0
	7	7,67		8,4	32	49	5,0
	14	16,59		8,1	51	53	7,5
10	5,67	3,06	15,3	18,4	31	68	12,0
	7	3,84		16,9	47	65	7,5
	14	8,29		16,2	77	78	16,0
12,5	5,67	2,45	19,12	23,0	34	80	16,0
	7	3,07		21,1	47	69	12,0
	14	6,64		20,2	89	93	16,0
15	5,67	2,04	22,95	27,6	43	100	16,0
	7	2,56		25,3	54	76	16,0
	14	5,53		24,3	81	89	20,0
20	5,67	1,53	30,6	36,8	38	101	20,0
	7	1,92		33,7	68	100	16,0
	14	4,15		32,3	108	118	23,0
25	5,67	1,22	38,25	46,0	42	114	20,0
	7	1,53		42,2	90	130	20,0
	14	3,32		40,4	111	120	23,0
30	5,67	1,02	45,9	55,2	58	142	23,0
	7	1,28		50,6	80	116	20,0
	14	2,76		48,5	129	140	26,0
40	5,67	0,77	61,2	73,6	65	162	26,0
	7	0,96		67,5	93	138	23,0
	14	2,07		64,6	166	181	33,0
50	5,67	0,61	76,5	92,0	69	200	48,0
	7	0,77		84,3	101	160	33,0
	14	1,66		80,8	167	190	48,0

Tabela 1. Parametry techniczne dławików filtrujących.

Zasady montażu

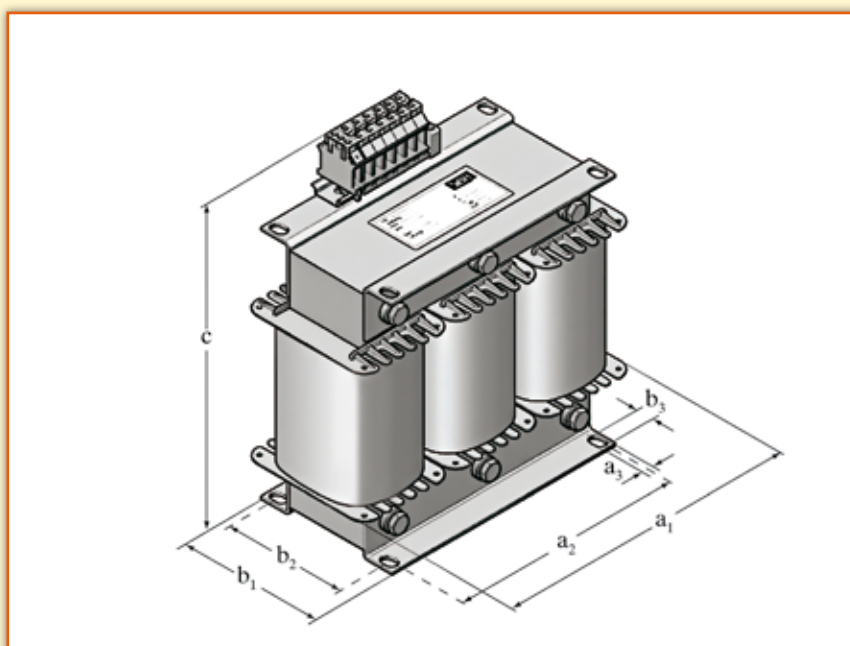
Prawidłowa instalacja dławików powinna uwzględniać konieczność odprowadzenia znacznej ilości ciepła wytwarzanego przez dławiki. Baterie kondensatorów, w których zainstalowano dławiki, powinny posiadać odrębny układ automatycznej wentylacji sterowany poziomem temperatury panującej w komorze dławików. 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 energoelektronicznych. 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

Q [kvar]	p [%]	Podłączenie	a ₁ [mm]	b ₁ [mm]	c [mm]	a ₂ [mm]	b ₂ [mm]	a ₃ [mm]	b ₃ [mm]
5	5,67	zaciski	150	115	190	106	76	7	13
	7	zaciski	150	101	190	106	61	7	13
	14	zaciski	180	106	207	106	66	7	13
10	5,67	zaciski	180	125	207	106	86	7	13
	7	zaciski	180	106	207	106	66	7	13
	14	zaciski	228	110	260	176	71	7	13
12,5	5,67	zaciski	228	110	260	176	71	7	13
	7	zaciski	180	125	207	106	86	7	13
	14	zaciski	228	110	260	176	71	7	13
15	5,67	zaciski	228	110	260	176	71	7	13
	7	zaciski	228	110	260	176	71	7	13
	14	zaciski	228	134	260	176	95	7	13
20	5,67	szyny Cu	228	150	210	176	95	7	13
	7	szyny Cu	228	125	210	176	71	7	13
	14	szyny Cu	264	140	240	200	76	10	18
25	5,67	szyny Cu	228	150	210	176	95	7	13
	7	szyny Cu	228	150	210	176	95	7	13
	14	szyny Cu	264	140	240	200	76	10	18
30	5,67	szyny Cu	264	140	240	200	76	10	18
	7	szyny Cu	228	150	210	176	95	7	13
	14	szyny Cu	264	167	240	200	102	10	18
40	5,67	szyny Cu	264	167	240	200	102	10	18
	7	szyny Cu	264	140	240	200	76	10	18
	14	szyny Cu	300	155	290	224	94	10	18
50	5,67	szyny Cu	300	180	290	224	119	10	18
	7	szyny Cu	300	155	290	224	94	10	18
	14	szyny Cu	300	180	290	224	119	10	18

Tabela 2. Wymiary dławików filtrujących.



Rys.1. Podstawowe wymiary dławika.

POZOSTAŁA OFERTA TWELVE ELECTRIC 2011

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