

ASTAT

KOMPATYBILNOŚĆ ELEKTROMAGNETYCZNA



EMC - TECHNIKA FILTROWANIA I POMIARÓW ZABURZEŃ

Tylko w firmie Astat:

- dobór filtrów na podstawie pomiarów w naszym laboratorium EMC
- bezpłatne pomiary dla stałych klientów
- optymalizacja kosztów produkcji
- własny dział serwisu i napraw

ASTAT

Spis treści:

I. WPROWADZENIE.....	4
1. Źródła sygnałów elektromagnetycznych.....	4
1.1. Naturalne i techniczne źródła sygnałów elektromagnetycznych.....	4
1.2. Definicja zaburzenia.....	4
1.2.1. Zakresy częstotliwości.....	4
1.2.2. Zaburzenia różnicowe - symetryczne (differential-mode).....	5
1.2.3. Zaburzenia wspólne – asymetryczne (common-mode).....	5
1.3. Propagacja zaburzenia.....	5
1.3.1. Metody sprzężeń.....	5
1.3.2. Promieniowanie (radiacja).....	6
2. Wymagania prawne.....	6
2.1. Legislacje światowe.....	6
2.1.1. Oznakowanie CE dla Unii Europejskiej.....	6
2.2. Normy dotyczące EMC.....	7
2.2.1. Klasyfikacja norm.....	7
2.2.2. Dopuszczalne limity poziomów zaburzeń.....	9
2.2.3. Pomiary EMC jako usługa.....	9
2.2.4. Testy.....	9
3. Pomiary EMC.....	9
3.1. Emisja.....	9
3.1.1. Emisja promieniowania dla wysokich częstotliwości (HF).....	10
3.1.2. Emisja przewodzona dla wysokich częstotliwości.....	10
3.1.3. Zaburzenia nieciągłe (trzaski).....	12
3.1.4. Harmoniczne sieci zasilającej.....	12
3.1.5. Wahania i migotanie napięcia.....	13
3.2. Odporność.....	13
3.2.1. Odporność RF.....	13
3.2.2. Odporność przewodzona.....	14
3.2.3. Odporność promieniowana.....	15
3.2.4. Odporność na szybkie stany przejściowe.....	15
3.2.5. Wyładowania elektrostatyczne (ESD).....	16
3.2.6. Szybkie stany przejściowe (Burst).....	16
3.2.7. Impulsy Surge.....	17
3.2.8. Pole magnetyczne o częstotliwości sieciowej.....	17
3.2.9. Sieć zasilająca.....	18
4. Tłumienie zaburzeń.....	19
4.1. Koncepcja EMC.....	19
4.2. Ekranowanie.....	19
4.2.1. Obudowy ekranowane.....	19
4.2.2. Ekranowanie przewodów.....	19
4.3. Masa.....	20
4.3.1. Projektowanie masy.....	20
4.3.2. Uziemienie.....	20
4.4. Komponenty tłumiące.....	21
4.4.1. Dławiki.....	21
4.4.2. Kondensator.....	22
4.4.3. Filtry.....	23
4.5. Tłumiennosc filtrów.....	23
5. Jakość energii.....	24
5.1. Definicja współczynnika PF.....	24
5.1.1. Zakresy częstotliwości.....	25

5.2. Dławiki w układach napędowych.....	25
5.2.1. Potrzeba ochrony.....	25
5.2.2. Przegląd zastosowań.....	25
5.2.3. Wejście.....	26
5.3. Rozwiązania wyjściowe dla napędów.....	27
5.3.1. dv/dt – stromość narastania impulsu.....	27
5.3.2. Przepięcia i piki napięciowe.....	27
5.3.3. Dodatkowe straty w silniku.....	27
5.3.4. Ekran kablowe oraz prądy pasożytnicze ziemi.....	28
5.3.5. Uszkodzenia łożysk.....	28
5.3.6. Poziomy zakłóceń akustycznych.....	29
5.3.7. Rozwiązania dla problemów na wyjściu.....	29
II. ADNOTACJE DO SPECYFIKACJI FILTRÓW.....	30
1. Parametry filtrów.....	30
1.1. Parametry Elektryczne.....	30
1.1.1. Prąd.....	30
1.1.2. Napięcie.....	31
1.1.3. Częstotliwość.....	31
1.1.4. Rezystancja DC.....	32
1.1.5. Rezystory rozładowcze.....	32
1.1.6. MTBF.....	32
1.2. Parametry mechaniczne.....	32
1.2.1. Tolerancje mechaniczne.....	32
1.2.2. Złącza filtrów i przekroje przewodów.....	32
1.2.3. Charakterystyka momentu.....	34
1.3. Wymagania środowiskowe.....	34
1.3.1. RoHS.....	34
1.3.2. Test na wibracje i uderzenia.....	34
1.3.3. Klasyfikacja klimatyczna.....	34
2. Wymagania bezpieczeństwa.....	35
2.1. Test typu.....	35
2.2. Test wysokonapięciowy (Hipot).....	35
2.3. Prąd upływu.....	35
2.4. Klasa palności.....	36
2.5. Bezpieczniki.....	37
3. Rodzaje sieci zasilających.....	37
3.1. Przeznaczenie sieci zasilających.....	37
3.2. Sieci TN.....	37
3.2.1. Instalacje TN-S.....	37
3.2.2. Instalacje TN-C-S i TN-C.....	37
3.3. Sieci TT.....	38
3.4. Sieci IT.....	38
3.5. Sieci zasilające z uziemioną jedną fazą.....	38
4. Instrukcje montażowe.....	38
4.1. Instalacja filtru.....	38
4.2. Połączenia i prowadzenie przewodów.....	39
4.2.1. Podłączenia ekranów.....	39
4.2.2. Prowadzenie przewodów.....	39
4.3. Planowanie EMC.....	39
Przykłady zastosowań.....	40
Karty katalogowe.....	42



WPROWADZENIE

1. Źródła sygnałów elektromagnetycznych

Sygnały elektromagnetyczne są rezultatem przepływu prądów elektrycznych i napięć. Pojawiają się w każdym miejscu, w którym sprzęt jest zasilany energią elektryczną. Sygnały te mogą być używane do przesyłania informacji z jednego punktu do kolejnego lub po prostu do zasilania urządzeń. Tam gdzie sygnały powstają w sposób nie zamierzony, mówimy o zaburzeniach elektromagnetycznych. Są to szумы, które mogą powodować błędy w działaniu sprzętu, dlatego też producenci są zmuszeni przedsięwziąć kroki w celu zmniejszenia zaburzeń i ich efektów.

W tym rozdziale głównie zwrócimy uwagę na sygnały niechciane, a w celu lepszego zrozumienia, będziemy również odnosić się do sygnałów pożądaných.

1.1. Naturalne i techniczne źródła sygnałów elektromagnetycznych

W pewnym stopniu, sygnały elektromagnetyczne są zjawiskiem naturalnym. Jednym z najbardziej znanych jest wyładowanie atmosferyczne, które jest niczym innym, niż przepływem ogromnego prądu z chmur do Ziemi. Prąd ten tworzy duże pole elektromagnetyczne. Innym zjawiskiem jest promieniowanie atmosferyczne.

Wyżej wymienione rodzaje sygnałów pochodzenia naturalnego są porównywalnie małe i generalnie nie są rozważane na poziomie EMC. Ważniejszymi, z naszego punktu widzenia, są sztuczne źródła sygnałów elektromagnetycznych. Jednym z takich źródeł jest właśnie energia elektryczna zasilająca sprzęt.

W kategorii tej możemy rozróżnić dwa główne źródła zaburzeń elektromagnetycznych: zasilacze i systemy napędowe.

Z drugiej strony, sygnały elektromagnetyczne generujemy również celowo. Służą one do transmisji na odległość, np. w telewizji.

Wraz z rozwojem komunikacji, w szczególności usług bezprzewodowych, sygnały te stają się coraz większym i ważniejszym problemem, który z punktu widzenia EMC nie może zostać pominięty.

1.2. Definicja zaburzenia

Podczas generowania sygnałów pożądaných w transmisji informacji, zaburzenie nie jest rozważane, ale ma ono wpływ na EMC urządzenia i jego działanie. Wrócimy do tego w późniejszym rozdziale. Natomiast w tym, skupimy się na sygnałach zaburzeniowych i ich charakterystykach.

1.2.1. Zakresy częstotliwości

Kluczowym parametrem zaburzenia elektromagnetycznego jest jego częstotliwość. Zasadniczo normy EMC pokrywają zakres od 0 Hz do 400 GHz. Obecnie, jednak nie wszystkie zakresy częstotliwości są całkowicie uregulowane prawnie.

Pierwszym ważnym zakresem jest zakres w okolicach częstotliwości sieciowej (w Europie 50 Hz). Większość obciążeń podłączonych do sieci zasilającej ma charakter nieliniowy. Stwarza to poważny problem, ponieważ obciążenia te mają skłonność do generowania dodatkowych prądów o częstotliwości będącej wielokrotnością częstotliwości sieciowej.

Prądy te, nazywane harmonicznymi, są generalnie rozważane do 40 lub 50 wielokrotności częstotliwości sieciowej. Innymi słowy, nasz pierwszy zakres częstotliwości rozpoczyna się na 50 Hz i kończy się na 2 kHz lub 2,5 kHz. Dla sieci 60-hercowej – od 60 Hz do 2,4 kHz lub 3 kHz.

Od końca zakresu harmoniczných do 9kHz mamy zakres częstotliwości, który nie jest obecnie regulowany żadnymi normami. Wrócimy do tego w rozdziale „Jakość energii”. Powyżej 9 kHz rozpoczyna się zakres wysokoczęstotliwościowy. Ten zakres jest często nazywany częstotliwością radiową lub zakresem RF (Radio Frequency).

Częstotliwość radiowa to zbiór częstotliwości od kilku kiloherców do kilku gigaherców. Przepisy EMC ograniczają ten zakres częstotliwości do 400 GHz, pomimo że metody pomiarowe dla tych zakresów nie zostały jeszcze zdefiniowane. Obowiązujące normy definiują metody testów od 9 kHz do 1 GHz, nowsze wersje nawet do 2 GHz i wyżej.

Dzisiejszy postęp techniczny jest niestety szybszy niż rozwój regulacji prawnych. Komputery i sprzęt komunikacyjny używają częstotliwości, które ostatnio przekraczają już 2 GHz. Spoglądając na częstotliwości harmoniczných, nawet powyżej 2 GHz, przepisy nie rozwiązują dostatecznie problemów RF.

Zakres RF jest ogólnie dzielony na dwa podzakresy: przewodzony i promieniowany. Dla niższych zakresów RF, zaburzenie jest rozpatrywane jako szum przewodzony drogą przewodową, a nie drogą promieniowaną. Głównym tego powodem jest budowa anteny, która wymaga większych dipoli dla niższych częstotliwości. Innymi słowy, fizyczny rozmiar większości urządzeń jest po prostu nie wystarczający do radiacji zaburzeń.

W momencie, kiedy dokładna częstotliwość nie jest zdefiniowana, standardy ustalają zakres przewodzony RF na przedział pomiędzy 150 kHz, a 30 MHz. Częstotliwość górna – 30 MHz, jest wtedy początkiem zakresu promieniowanego RF. Granica górna ograniczająca pasmo promieniowane RF zależy od normy, ale generalnie jest to około 1GHz, dla niektórych produktów – 2-3 GHz.

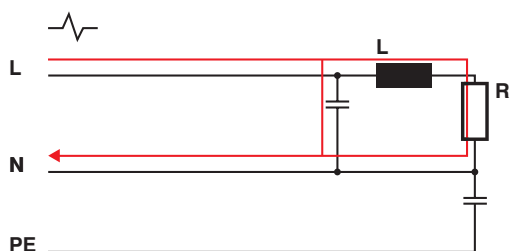
Podsumowując, mamy następujące zakresy:

Harmoniczne	LF	Przewodzony zakres RF		Promieniowany zakres RF	
50 Hz – 2/2,5 kHz	(2/2,5 - 9)kHz	9 kHz – 150 kHz	150 kHz – 30 MHz	30 MHz – 1/2/3 GHz*	Powyżej 3GHz
60 Hz – 2,4/3 kHz	(2,4/3 - 9)kHz				
	Zakres regulowany przepisami				
	Zakres nieregulowany przepisami				
	Zakres regulowany dla niektórych produktów				
*	Zależy od produktu				

Metody testowe dla tych zakresów częstotliwości są zdefiniowane w późniejszych rozdziałach.

1.2.2 Zaburzenia różnicowe - symetryczne (differential-mode)

Patrząc na sygnały przewodzone zauważamy, że zaburzenie może się pojawiać pomiędzy dowolnymi dwoma liniami układu. W systemach jednofazowych – pomiędzy fazą L i przewodem neutralnym N. W układach trójfazowych – pomiędzy dwoma fazami, np. L1 i L2. W układach stałoprądowych zaburzenia przenoszą się od zacisku plusa do minusa. Taki typ zaburzeń nazywa się zaburzeniem różnicowym lub symetrycznym. Rysunek poniżej przedstawia zaburzenie symetryczne w układzie jednofazowym.



Rysunek przedstawia zaburzenia symetryczne w układzie jednofazowym.

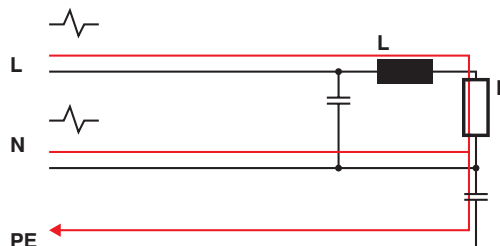
Zaburzenia symetryczne są rezultatem istnienia składowych pasożytniczych, takich jak równoważna indukcyjność szeregową (ESL) lub równoważna rezystancja szeregową (ESR).

W układach elektronicznych, zaburzenie symetryczne zazwyczaj pojawia się przy niższych częstotliwościach i zwykle jest związane z częstotliwością przełączania zasilaczy impulsowych lub układów napędowych.

1.2.3 Zaburzenia wspólne – asymetryczne (common-mode)

Zaburzenie może być również przewodzone od jednej linii obwodu do ziemi. W układach jednofazowych, sygnały mogą przebiegać od fazy L i przewodu P do ziemi. Ten typ zaburzenia umownie nazywa się asymetrycznym lub wspólnym. Główną cechą tego sygnału jest sposób roz-

chodzenia się po systemie, który propaguje się we wszystkich liniach w tym samym kierunku i kieruje się do ziemi.



Rysunek przedstawia zaburzenie asymetryczne w układzie jednofazowym.

Sygnał ten jest rezultatem przypadkowych pojemności w układzie. Pojawia się często pomiędzy półprzewodnikami i połączonymi z nimi radiatorami. Efekt ten jest zauważalny przy wyższych częstotliwościach.

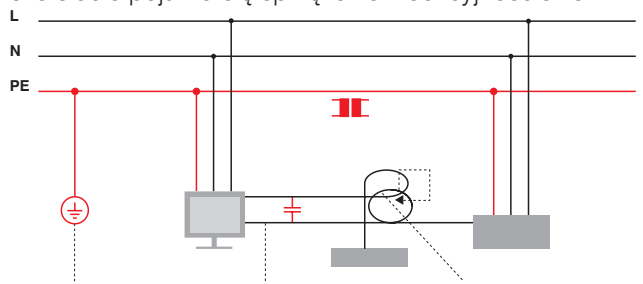
Kiedy spojrzymy później na pomiary, zauważymy, że ich wyniki nie odzwierciedlają różnicy pomiędzy dwoma typami zaburzeń. Jednakże w celu redukcji tych sygnałów, krytycznym jest zrozumienie, który właściwie typ zaburzenia zaistniał w systemie.

1.3. Propagacja zaburzenia

Sygnały elektromagnetyczne są generowane w układach elektrycznych i elektronicznych. Mogą rozchodzić się wewnątrz lub na zewnątrz systemu. Propagacja może przebiegać drogą przewodzoną po przewodach lub drogą radiacji. Ścieżki rozchodzenia się sygnałów są wyjaśnione w poniższych paragrafach.

1.3.1 Metody sprzężeń

Spoglądając na połączenia w systemach elektrycznych i elektronicznych, możemy rozróżnić trzy różne ścieżki sprzężenia zaburzeń. Jednym z typów jest sprzężenie galwaniczne, które wymaga bezpośredniego połączenia pomiędzy pojedynczymi częściami układu. Drugim jest sprzężenie pojemnościowe. Może ono zaistnieć, gdy dwa przewody w układzie są prowadzone blisko siebie, tworząc pojemność pasożytniczą. W sytuacji, gdy pętle pochodzące od różnych przewodów są ułożone zbyt blisko siebie pojawia się sprzężenie indukcyjnościowe.



Sprzężenie galwaniczne, np. poprzez wspólną masę Sprzężenie pojemnościowe, np. pomiędzy dwoma równoległymi liniami Sprzężenie indukcyjnościowe, np. poprzez pętle przewodów

Galwaniczne sprzężenia wynikają często z połączenia z ziemią poprzez wspólne przewody.

Sprężenia pojemnościowe są zjawiskiem typowym dla aplikacji przemysłowych, gdzie przewody sygnałowe i przewody mocy są położone względem siebie równolegle na długich dystansach.

1.3.2. Promieniowanie (radiacja)

Zaburzenie może propagować się nie tylko poprzez bezpośrednie połączenie, ale również poprzez powietrze drogą radiacji. W sytuacji, gdy sygnały HF są generowane wewnątrz układu, ich droga propagacji będzie przebiegać po ścieżce najmniejszego oporu. Natomiast, gdy struktura i budowa układu stwarza dobre cechy antenowe, sygnały będą używać tych pasożytniczych anten i będą wypromieniowywane w powietrze. W ten sposób sygnały elektromagnetyczne w postaci fal są transportowane do innych urządzeń drogą radiacji.

2. Wymagania prawne

2.1. Legislacje światowe

Zjawiska elektromagnetyczne i ich efekty w działaniu sprzętu elektrycznego i elektronicznego, zmuszają wiele krajów do wprowadzenia w życie pomiarów, które zapewnią prawidłowe jego działanie. Pierwotnie większość wymagań pochodziło z sektorów wojskowych i z lotnictwa cywilnego, gdzie bezawaryjne działanie sprzętu jest wysoce związane z bezpieczeństwem ludzi. Dopiero później, kiedy urządzenia elektroniczne, transmisja bezprzewodowa i systemy komunikacyjne zostały zastosowane prawie we wszystkich dziedzinach naszego życia, wymagania kompatybilności elektromagnetycznej zostały rozszerzone także o sektor cywilny. Legislacja prawna w różnych państwach tworzy regulacje i normy, z którymi urządzenia mogą być stosowane. Niestety, ustawy zmieniają się od państwa do państwa i w zależności od kraju mamy różne normy prawne regulujące zagadnienie kompatybilności elektromagnetycznej.

2.1.1 Oznakowanie CE dla Unii Europejskiej

Wprowadzenie oznakowania CE miało za zadanie zredukować ogromną ilość narodowych oznakowań i dopuszczeń oraz zharmonizować zasady oznaczeń. Przepisy te są zawarte w dyrektywach UE. Dyrektywy te nie są prawnie wiążące w stosunku do producentów, natomiast wszystkie kraje członkowskie są zobligowane do zaadaptowania tych przepisów w prawie narodowym z ustalonym okresem czasu. Jakikolwiek zaniedbanie jest bezpośrednim pogwałceniem prawa europejskiego i w stosunku do państwa członkowskiego będzie wyegzekwowana kara.

Oznaczenie CE w innym kontekście jest oznakowaniem producenta, wskazującym, że produkt jest zgod-

ny z wszystkimi stosowanymi dyrektywami. Dodatkowo, producent znakujący swój produkt znakiem CE, jest zobowiązany przygotować pisemną deklarację zgodności stwierdzającą, że opisywany produkt jest zgodny z obowiązującą dyrektywą.



Oznaczenie zostało wprowadzone po to, aby ułatwić prowadzenie interesów pomiędzy producentami z różnych państw. Produkt posiadający znak CE nie musi być badany pod kątem dopuszczeń obowiązujących w danym kraju. Jednakże, producent musi wiedzieć, jakie istnieją dyrektywy i jakie muszą być zastosowane do danych produktów. Unia Europejska nie dysponuje wyczerpującymi informacjami w tym temacie. Z tego powodu europejski system jest odbierany jako wyjątkowo trudny.

Jak wspomniano wcześniej, zasady są zdefiniowane w dyrektywach europejskich, które są następnie aplikowane w prawie narodowym, np. Dyrektywa EMC o numerze 89/336/EU została przekonwertowana w prawie każdego z państw członkowskich, np. w German EMC Act z listopada 1992r. Każda dyrektywa definiuje także procedurę badania zgodności, która może być użyta do przedstawienia zgodności z dyrektywą.

Przepisy zawarte w dyrektywach nie mówią natomiast nic na temat wprowadzania dyrektyw i egzekwowania kar. W związku z tym, w jednym kraju producent urządzenia niezgodnego prawnie może zostać obciążony grzywną, a w innym natomiast nawet karą więzienia.

Unia Europejska stworzyła pewną ilość podstawowych dyrektyw, jak np. dyrektywę regulującą zasady znakowania symbolem CE, która z kolei definiuje procedury stosowane w wielu innych dyrektywach. Dyrektywa definiuje wszystkie istniejące procedury sprawdzania zgodności. Jednakże nie wszystkie procedury mogą być używane przez wszystkie dyrektywy.

Typowymi ścieżkami zgodności są moduły: A (samodeklaracje producentów), B (jednostki kompetentne) oraz H (jednostki notyfikowane).

Zakres dyrektyw EMC jest bardzo ogólny. Pokrywają one obszar wszystkich możliwych produktów emitujących i pochłaniających energię elektromagnetyczną. Aby produkty te były zgodne z dyrektywą, nie mogą emitować energii elektromagnetycznej w ilości, która może oddziaływać na inne urządzenia. W tym samym czasie, każda część urządzenia musi być dostatecznie odporna na sygnały elektromagnetyczne pochodzące z innych źródeł.

Problem ten pozostawia sporo możliwości interpretacji i spekulacji. Z tego powodu Unia Europejska wypuściła nieoficjalny dokument dostarczający porad na temat dy-

rektyw EMC. Nowa wersja dyrektywy EMC ma za zadanie wyjaśnić, nieklarowne strefy dyrektywy początkowej.

Pomimo, że dyrektywy wydają się skomplikowane, nadal spełniają swój główny cel. Likwidują konieczność przeprowadzania testów według narodowych standardów i gwarantują zgodność z przepisami i normami we wszystkich państwach członkowskich UE.

Ścieżki zgodności dopuszczone przez dyrektywę EMC to: samodeklaracja, jednostki kompetentne oraz dopuszczenia wydawane przez jednostki notyfikowane.

Ścieżka samodeklaracji pozwala producentom zaoszczędzić się o ich dopuszczenia bez konieczności ingerencji osób trzecich. Dla dyrektywy EMC, zgodność może zostać przyjęta jeśli produkt spełnia istniejące standardy EMC. System zharmonizowanych standardów wyjaśnimy w następnym rozdziale. Producenci mogą więc testować swój produkt w stosunku do tych standardów i deklorować zgodność.

Jeśli przepisy nie istnieją lub stosowanie samodeklaracji jest nieopłacalne, producenci mogą skorzystać z opcji współpracy z jednostką kompetentną. Producent przygotowuje wtedy dokumentację techniczną, która powinna zawierać wszystkie, związane z EMC informacje, w tym także wyniki i dane badań. Dokumentacja jest następnie sprawdzana przez jednostkę kompetentną i jeśli zagadnienia EMC są spełnione i klarowne, jednostka wydaje stosowny certyfikat. Dla urządzeń radiotransmisji, np. radiotelefony, w tryb uzyskiwania zgodności musi być włączona jednostka notyfikowana. Producent ma wtedy obowiązek złożyć dokumenty oraz jedną próbkę w urzędzie jednostki notyfikującej na badanie i zatwierdzenie.

Jak wspomniano wcześniej, sytuacja z jednostkami kompetentną i notyfikującą ulegną wkrótce zmianie. Nowa dyrektywa nie będzie dłużej zawierać drogi otrzymywania uprawnień poprzez jednostkę kompetentną, której zadania przejmie jednostka notyfikująca. Dopuszczenia dla urządzeń radiotransmisji nie znajdą się dłużej w zakresie dyrektywy EMC. Zasady te zostaną wkrótce zawarte w nowej dyrektywie telekomunikacji. Zmiany w nowej dyrektywie EMC weszły w życie 20 lipca 2007 r. Obowiązywać będzie również dwuletni okres przejściowy.

2.2. Normy dotyczące EMC

W przeszłości większość krajów miała swoje własne przepisy i normy regulujące zakres zakłóceń elektromagnetycznych (EMI) i zakłóceń częstotliwości radiowych (RFI). Po czym, z dniem 1. stycznia 1992r. weszła w życie Europejska Dyrektywa 89/336/EEC o kompatybilności elektromagnetycznej. Przepisy te przyniosły wspólną strategię EMC dla wszystkich krajów członkowskich UE. Wspólne normy będą używane na terenie całej Europy zapewniając usunięcie technicznych barier w handlu międzynarodowym.

Dyrektywa określa poziomy emisji urządzeń, jak również wymaga, aby urządzenia były odporne na zewnętrzne zakłócenia elektromagnetyczne.

Zadaniem opracowania norm zajęła się europejska organizacja nazwana CENELEC. Większość europejskich przepisów będzie bazować na międzynarodowych normach CISPR i IEC. System nazewniczy użyty w tych dokumentach prezentuje się następująco:

EN xxyyy

gdzie:

EN = Norma Europejska (European Norm),

xx = 50 – symbolizuje normę opracowaną przez CENELEC,

yyy = to po prostu numer dodatkowy.

Dobrym przykładem jest norma produktowa dla obrabiarzy – EN 50370.

Jeśli xx = 55, to norma bazuje na przepisach CISPR. Dlatego też norma CISPR 13 ma odpowiednika w EN 55013.

Normy oznaczone przez xx = 60 pochodzą od norm IEC. System numeracji tych przepisów został stworzony z nazw obu norm. W rezultacie dokumenty te są często oznaczane podwójną nazwą, np. IEC/EN 61800-3 (norma produktów dla rodziny urządzeń napędowych). Gdy tylko normy europejskie zostały ukończone, państwa członkowskie UE zaczęły tworzyć własne narodowe normy, które są zjednoczone z przepisami europejskimi. Nowo powstała norma otrzymuje dopisek oznaczający kraj, w którym ją stworzono, np. polską PN-EN 55011, która jest odpowiednikiem EN 55011.

2.2.1 Klasyfikacja norm

Normy w systemie międzynarodowym zostały podzielone na trzy kategorie:

1. Normy podstawowe – opisują ogólne i fundamentalne zasady spełniania wymagań. Są w nich zawarte również przepisy i pojęcia dotyczące: terminologii, zjawisk, poziomów kompatybilności, pomiarów, techniki pomiarowej oraz klasyfikacji środowisk elektromagnetycznych. Seria norm EN-61000-4 to najbardziej znane przykłady norm podstawowych.
2. Normy ogólne – nawiązują do konkretnych środowisk. Określają minimalne poziomy EMI, które urządzenia w tych środowiskach muszą spełnić. Normy ogólne są używane w każdej sytuacji, gdy nie są określone konkretne normy produktów. Opisują środowiska EMI: domowe i przemysłowe. Przykładami norm ogólnych są EN 61000-6-1/2/3/4. Normy produktów są definiowane dla konkretnych produktów lub grup produktów. Przepisy te są koordynowane z ormami ogólnymi.

3. Normy produktów – zawsze biorą pierwszeństwo nad normami ogólnymi. Jeśli istnieje norma dla produktu lub rodziny produktów, producent musi użyć właśnie

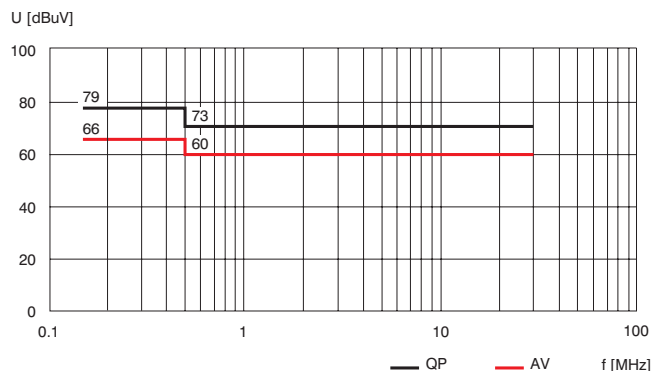
tego przepisu. Jedynie w przypadku braku normy produktowej, producent jest zobligowany do zastosowania normy ogólnej.

Przegląd norm produktów (wyjątki)

Typ produktu	Emisja	Odporność
Urządzenia gospodarstwa domowego i sprzęt przenośny	EN 55014-1	EN 55014-2
Odkurzacze	EN 61000-3-2	
Pralki automatyczne	EN 61000-3-3	
Ogrzewanie		
Sprzęt do gotowania		
Oświetlenie	EN 55015	EN 61547
Lampy wyładowcze	EN 61000-3-2	
Lampy fluorescencyjne	EN 61000-3-3	
Elektronika domowa	EN 55013	EN 55020
Wzmacniacze	EN 61000-3-2	
Odtwarzacze audio	EN 61000-3-3	
Radio, odbiorniki TV oraz dekodery		
Wyposażenie komputerowe	EN 55022	EN 55024
Komputery	EN 61000-3-2	
Urządzenia peryferyjne PC	EN 61000-3-3	
Drukarki		
Urządzenia do transmisji danych i dźwięku w sieciach niskonapięciowych (3 to 148.5kHz)	EN 50065-1	EN 61000-6-1/-2
Komunikacja sieci energetycznych		
Zasilacze z wyjściem stałoprądowym DC	EN 61204-3	EN 61204-3
Zasilacze impulsowe	EN 61000-3-2	
Przetwornice DC/DC	EN 61000-3-3	
Zasilacze UPS	EN 50091-2	EN 50091-2
	EN 61000-3-2	
	EN 61000-3-3	
Urządzenia kontroli prędkości obrotowej silników	EN 61800-3	EN 61800-3
Inwertery częstotliwości		
Konwertery prądu		
Serwonapędy		
Elektryczne urządzenia medyczne	EN 60601-1-2	EN 60601-1-2
Urządzenia promieni rentgenowskich X-ray		
Skanery CAT		
Obrabiarki	EN 61000-6-4	EN 50370-2
Tokarki	(zamieniona przez EN 50370-1)	
Kruszarki		
Maszyny CNC		
Wyposażenie naukowe	EN 55011	EN 61000-6-1
Sprzęt pomiarowy	EN 61000-6-2	
Urządzenia laboratoryjne		
Normy ogólne (jeśli nie są dostępne normy produktów)	Emisja	Odporność
Mieszkania, biura i środowisko przemysłu lekkiego	EN 61000-6-3	EN 61000-6-1
Środowisko przemysłowe	EN 61000-6-4	EN 61000-6-2

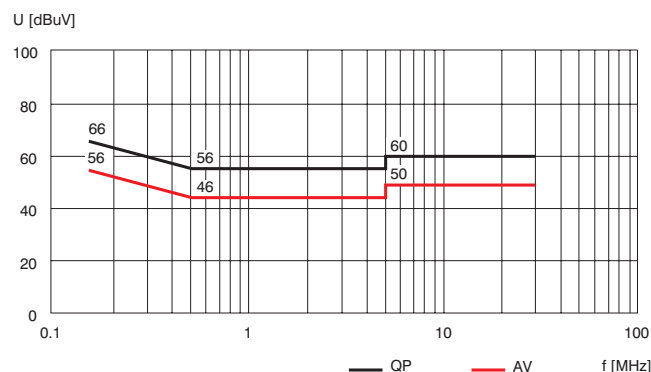
2.2.2. Dopuszczalne limity poziomów zaburzeń

Różne normy wprowadziły dopuszczalne poziomy dla zaburzeń przewodzonych i emisji promieniowanej. Limity te są podawane w dB μ V dla napięcia przewodzonego i w dB μ V/m dla pola promieniowanego. Wielkościami wzorcowymi są: 1 μ V dla 0 dB μ V oraz 1 μ V/m dla 0 dB μ V/m.

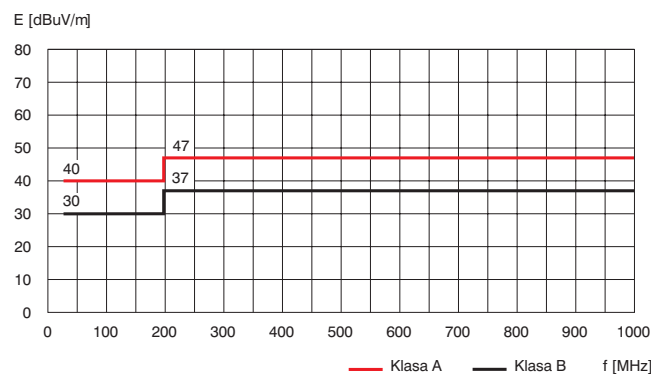


Limity dopuszczalnych zaburzeń emisji przewodzonej dla klasy A (EN 55011/22)

Zazwyczaj limity dopuszczalnych poziomów są definiowane oddzielnie dla środowiska domowego i przemysłowego. Oba środowiska są reprezentowane przez dwie klasy dopuszczalnych poziomów: klasę A dla środowisk przemysłowych i klasę B dla domowych.



Limity dopuszczalnych zaburzeń emisji przewodzonej dla klasy B (EN 55011/22)



Limity dopuszczalnych zaburzeń emisji promieniowanej dla klasy A i B (EN 55011/22)

Poszczególne metody pomiaru dla emisji przewodzonej i promieniowanej są opisane w późniejszych rozdziałach.

2.2.3. Pomiary EMC jako usługa

W pełni wyposażone laboratorium kompatybilności elektromagnetycznej firmy Schaffner z jego przeszkolonym personelem było pierwotnie dedykowane do badania i pomiarów produktów własnych Schaffner'a. Jednakże centrum akredytowane Schaffnera ISO/IEC 17025 dostarcza także usług na poziomie badań kompatybilności elektromagnetycznej. Zakres usług pokrywa nawet przenośne pomiary pojazdów.

2.2.4. Testy

Prototypy należą do produktów, które objęte są najbardziej rygorystycznymi normami. W laboratoriach EMC badane są różne parametry należące do zagadnień kompatybilności elektromagnetycznej, m.in. prowadzi się pomiary skutków przepięć oraz przeprowadza się testy działania ochrony zwarciowej. Kompatybilność środowiskowa produktu rozpoczyna się od wyboru i pomiarów materiałów, użycia przyjaznego dla środowiska, procesu produkcji i wpływa na zgodność z najnowszymi normami światowymi.

3. Pomiary EMC

3.1. Emisja

Emisja jest każdym zaburzeniem elektromagnetycznym wytwarzanym przez urządzenia testowe (EUT). Na przykład patrząc na komunikację telefonu komórkowego i stacji bazowej. Telefon komórkowy emituje sygnał komunikacyjny do stacji bazowej. Ten rodzaj emisji jest mierzalny i potrzebny do prawidłowego funkcjonowania urządzenia. Władze państwowe mają za zadanie kontrolowania emisji przez kontrolę częstotliwości pracy urządzeń oraz wprowadzanie odpowiednich przepisów ochronnych.

Jednakże każdy elektroniczny i elektryczny sprzęt wytwarza dużo nie kontrolowanej emisji nie potrzebnej dla prawidłowej pracy urządzeń - emisja ta jest niepożądanym „odpadem”.

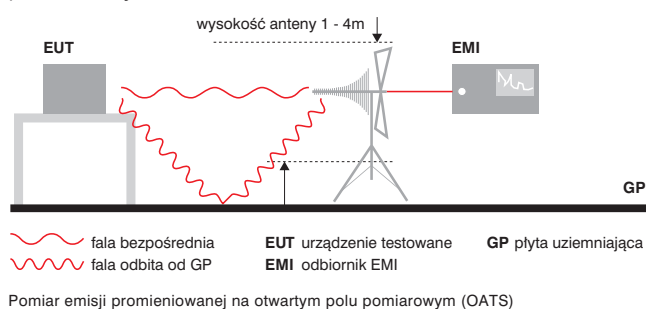
Aby zagwarantować, że urządzenie nie będzie zakłócać innych urządzeń w sąsiedztwie, należy ograniczyć emisję zaburzeń tego urządzenia. Niepożądana emisja pokrywa szeroki zakres częstotliwości, zaczynając od zakresu sieci energetycznej (50 Hz dla Europy) kończąc na kilku GHz. Ogólnie sygnały mogą być przesyłane przez powietrze na drodze promieniowanej lub przewodami na drodze przewodzonej. Skutkiem takiej transmisji jest promieniste rozchodzenie się emisji zaburzeń.

3.1.1. Emisja promieniowania dla wysokich częstotliwości (HF)

Ponieważ nie ma jednoznacznej definicji od jakiej częstotliwości zaczynają się wysokie częstotliwości (ang. high frequency, HF), naukowcy z dziedziny EMC przyjmują, że częstotliwości HF zaczynają się od kilku kHz. W środowisku osób związanych z EMC często używa się terminu częstotliwości radiowe (ang. Radio frequency, RF).

Transmisja powietrzna, nazywana emisją promieniowania, może być mierzona za pomocą anteny odbiorczej na odpowiednim miejscu pomiarowym.

Poniższy rysunek pokazuje przykładowy układ pomiarowy :



Klasyczny pomiar emisji promieniowanej według powszechnych norm przeprowadzany jest na otwartym polu pomiarowym OATS (ang. open area test site).

Minimalny obszar płyty uziemiającej, zgodnie z CISPR22, należy traktować wyłącznie jako wskazówkę. Prawdziwy pomiar OATS jest jego skalibrowaną znormalizowaną tłumiennością pola (NSA, Normalized Site Attenuation). Bardzo ważne jest również umiejscowienie obszaru pomiarowego z dala od zabudowań (z wyjątkiem drewnianych budynków).

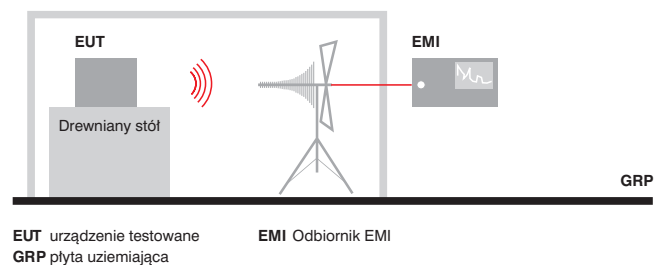
Płyta uziemiająca jest niezbędna do unormowania odbić od powierzchni ziemi, a wysokość ustawień anteny odpowiada wartościom zerowym, które w sposób nieuchronny są wynikiem obecności płyty uziemiającej.

Zmiana wysokości ustawień anteny nie ma na celu pomiaru emisji z EUT w kierunku pionowym. Mierzona jest tylko emisja w płaszczyźnie poziomej poprzez obracanie EUT.

Każdy pomiar na otwartym polu pomiarowym jest obciążony występowaniem niepożądanych sygnałów. Sygnały te są generowane w sąsiedztwie i nie pochodzą z badanego EUT. Sygnały z sąsiedztwa mogą przewyższać emisję z EUT lub mogą przekroczyć założone przez normy dopuszczalne poziomy emisji. Wynik pomiaru emisji zawiera wówczas sygnał zewnętrzny, który jest trudny do interpretacji. Zewnętrzny sygnał maskuje i zniekształca wyniki emisji od EUT, przez co pomiar dla pewnych częstotliwości jest niemożliwy. Obecnie nie istnieje wiarygodna metoda, która pozwalałaby na oddzielenie sygnałów zewnętrznych od mierzonej emisji obiektu. Kolejnym pro-

blemem OATS mogą być niepożądane odbicia sygnału od obiektu, ale który co prawda leży poza określonymi granicami, który ciągle może odbijać sygnał EUT z powrotem do anteny. Należy również wspomnieć, że obiekt, który normalnie nie odbija sygnału w pewnych okolicznościach może zacząć. Przykładowo drzewo normalnie nie odbija fali elektromagnetycznej, jednakże kiedy jest mokre po deszczu świetnie odbija falę elektromagnetyczną.

Aby pozbyć się problemów z OATS naukowcy próbują wymyślić alternatywną metodę pomiarów. Pierwszą zaakceptowaną przez normy EMC metodą była komora bezekowa. Zewnętrzny stalowy kadłub komory stanowi doskonały ekran dla sygnałów RF i umożliwia oddzielenie od sygnałów zewnętrznych. Pomiar jednak w takiej komorze byłby niemożliwy, ponieważ odbicia wewnątrz komory nie mogą być w żaden sposób kontrolowane i pomiary nie byłyby porównywalne z pomiarami OATS.



Aby zapobiec odbiciu fali elektromagnetycznej od ścian komory są one wykładane materiałem pochłaniającym. Materiałem pochłaniającym są najczęściej płytki ferrytowe. Są to nieduże płytki ferrytów mocowane do ścian komory, na które mocowane są z kolei piankowe absorbery w kształcie stożka. Płytki ferrytowe doskonale pracują dla zakresu niskich częstotliwości (przy wyższych częstotliwościach ich osiągi maleją). Stożkowe absorbery doskonale pracują dla każdego zakresu częstotliwości. Wielkość stożków uzależniona jest od długości fali tzn. dla niskich częstotliwości stożki muszą być bardzo długie. Wynikiem wydłużenia stożków jest powiększanie gabarytów komory. Jednoczesne zestawienie w komorze stożków absorbujących oraz płytek ferrytowych jest bardzo efektywne i tanie.

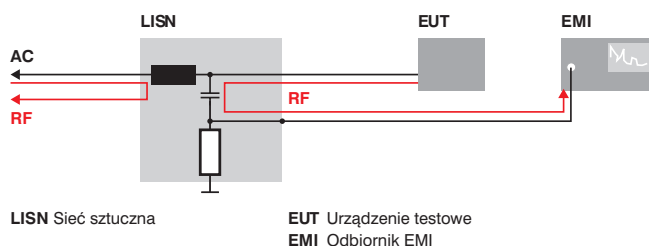
3.1.2. Emisja przewodzona dla wysokich częstotliwości

Emisja przewodzona to emisja zaburzeń z urządzenia do otoczenia po przewodach. Główny nacisk w pomiarach emisji przewodzonej położony jest na emisję z EUT do sieci zasilającej.

Aby zmierzyć emisję przewodzoną należy wstawić pomiędzy sieć zasilającą a EUT układ stabilizacji impedancji sieci (Line Impedance Stabilization Network, LISN). Aktualne normy nazywają ten układ siecią sztuczną (Ar-

tificial Mains Network, AMN). LISN wyprowadza sygnały RF od EUT do wejścia pomiarowego odbiornika zaburzeń. W tym samym czasie separuje napięcie wejściowe AC od odbiornika. Zgodnie z normami mierzona powinna być największa emisja na każdej z faz. W praktyce preferowany jest pomiar wartości szczytowej dla pojedynczej fazy.

Jeżeli zmierzona emisja znajduje się poza określonymi granicami przeprowadzany jest pomiar na wszystkich fazach detektorem wartości średniej (AV) i oraz detektorem wartości quasi-peak (QP).



Zasada pomiaru emisji przewodzonej

Zgodnie z CISPR detektory wartości quasi-peak i średniej wliczają wskazaną wartość według ich częstotliwości powtarzania impulsu (Pulse Repetition Frequency, PRF).

Zaburzenia o charakterze ciągłym nie mają wpływu na wartość; wskazany poziom zaburzeń o charakterze impulsowym jest pomniejszony o określony stopień bazujący na stałej czasowej i szerokości pasma zdefiniowanego w CISPR 16. Pomiarowy odbiornik zaburzeń (ang. receiver) skalibrowany jest za pomocą impulsów o ściśle zdefiniowanym obszarze, gęstości widma i częstotliwości powtórzeń.

Powszechną praktyką przy wykonywaniu wstępnych pomiarów emisji jest pomiar tylko detektorem wartości szczytowej (Peak).

Zakładając, że odbiornik „zatrzymuje” się przez dłuższy czas na każdej częstotliwości mierząc emisję w taki sposób, że zawsze zmierzy maksimum emisji. Zależy to w pewnym stopniu od EUT, ale detektor szczytowy zawsze zmierzy maksymalny poziom emisji. Tworzona jest lista częstotliwości, dla których występowała maksymalna emisja. Następnie częstotliwości te sprawdzane są indywidualnie za pomocą detektora quasi-peak (oraz dodatkowo detektorem wartości średniej dla emisji przewodzonej). Zmierzone wartości są porównywane z przyjętymi dopuszczalnymi poziomami.

Płyta uziemiająca (GRP) jest ważną częścią badań emisji przewodzonej. Właściwy pomiar jest niemożliwy bez GRP. Dla badanych urządzeń drugiej klasy izolacji bez połączenia uziemiającego pomiar musi się odbywać na GRP.

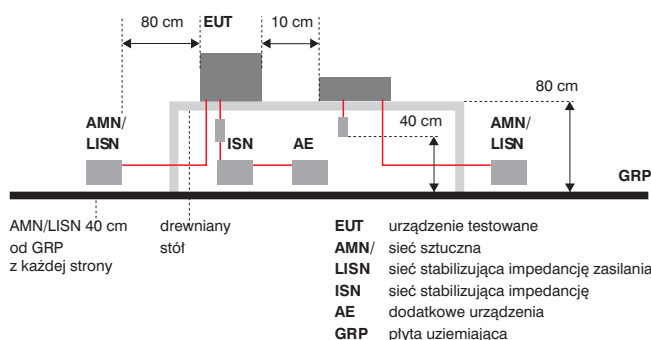
Płyta uziemiająca powinna:

- posiadać wymiary przynajmniej 2 m x 2 m i przynajmniej o 0,5 m większe od EUT
- być zrobiona z aluminium, stali lub miedzi (grubość nie jest istotna)
- być podłączona do uziemienia (ważne ze względu na bezpieczeństwo, nie ma wpływu na pomiary)
- podłączona bardzo krótką taśmą o małej pojemności do zacisku w AMN/LISN; długie przewody nie są właściwe z punktu widzenia powtarzalności pomiaru dla wysokich częstotliwości; AMN/LISN powinna być zamontowana bezpośrednio na GRP.

W niektórych normach można znaleźć, że GRP może być postawione poziomo lub pionowo. Natomiast we wszystkich normach można znaleźć, że EUT powinno być umieszczone w odległości 40 cm od GRP oraz minimum 80 cm od innych powierzchni przewodzących.

W celu spełnienia tych wymagań stosuje się drewniany stół pomiarowy o wysokości 40 cm stojący na metalowej płaszczyźnie GRP. Drugą opcją może być zastosowanie stołu o wysokości 80 cm i ściany w odległości 40 cm jako GRP. Duże EUT stojące normalnie na podłodze powinny być ustawione bezpośrednio na przewodzącej powierzchni, aczkolwiek nie powinny mieć z nią styku elektrycznego. Odległość pomiędzy krawędzią EUT, a najbliższą powierzchnią AMN/LISN musi wynosić 80 cm. Główny przewód zasilania EUT podłączony do AMN/LISN powinien mieć długość 1 m i powinien być ułożony przynajmniej 10 cm od GRP. Dłuższe przewody mogą mieć wpływ na poprawność pomiarów.

Poniższy rysunek pokazuje przykładową konfigurację stanowiska pomiarowego.



Urządzenia peryferyjne podłączone do EUT, które są niezbędne do jego poprawnej pracy i które nie są poddawane testom powinny być zasilane z oddzielnej sieci sztucznej AMN/LISN. Inne przewody łączące powinny być podłączone do konkretnych wejść w odległości nie mniejszej niż 40 cm od GRP. Pomiar powinien odbywać się bez zewnętrznych zakłóceń. AMN/LISN zmniejsza zaburzenia przychodzące z sieci zasilającej i stabilizuje impedancję sieci. Nie jest to jednak idealne rozwiązanie, dlatego należy dodatkowo zastosować filtr sieciowy RF.

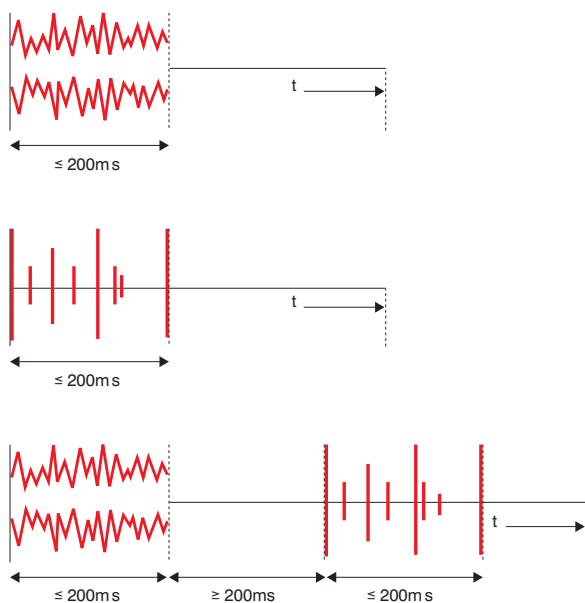
Zewnętrzne źródła promieniowania powinny zostać wytłumione, dlatego zaleca się przeprowadzanie pomiarów w pomieszczeniu ekranowanym. Warto jednak zaznaczyć, że w pełni ekranowane pomieszczenie nie jest koniecznością.

3.1.3. Zaburzenia nieciągłe (trzaski)

Urządzenia domowe, elektronarzędzia i kilka innych urządzeń muszą być badane na zaburzenia nieciągłe w paśmie częstotliwości od 150 kHz do 50 MHz. Ponieważ zaburzenia wytwarzane przez te urządzenia nie są cykliczne, dopuszczalne poziomy emisji zostały zmienione na mniej restrykcyjne w porównaniu z pomiarami zaburzeń ciągłych.

Stosowany standard został zaprojektowany tak, aby każdy poziom zakłóceń został stłumiony.

Poprawne dopuszczalne poziomy można określić tylko wtedy, gdy zostanie określona ilość zaburzeń przewidywanych. Taki proces jest bardzo złożony, trudny i skłonny do błędów, gdy pomiary są zrobione ręcznie. Dla uzyskania powtarzalnego pomiaru, konieczna jest analiza zautomatyzowana. Norma określa rodzaj zaburzenia: nieciągłe (trzaski) lub ciągłe.

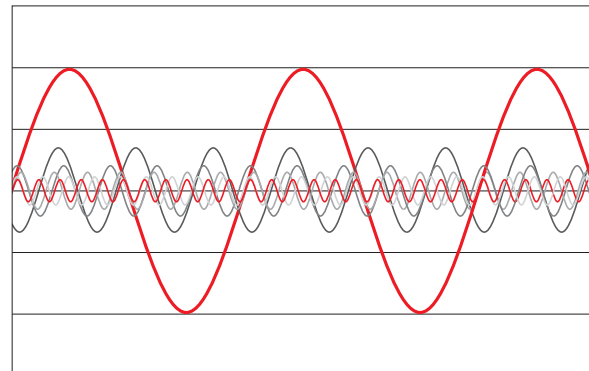


Definicja trzasków

3.1.4. Harmoniczne sieci zasilającej

Napięcie zasilania ma kształt sinusoidy co oznacza, że zawiera tylko jedną częstotliwość podstawową (50 lub 60Hz) bez jakichkolwiek harmonicznych będących wielokrotnością częstotliwości podstawowej. Czysto rezystancyjne odbiorniki (linowe), takie jak lampy żarowe albo grzejniki zasilane z sieci pobierają prąd proporcjonalny do napięcia i nie generują żadnych harmonicznych.

Z drugiej strony odbiorniki nieliniowe nie pobierają z sieci prądu sinusoidalnego (pomimo iż są zasilane napięciem sinusoidalnym) i generują harmoniczne prądu, które są całkowitą wielokrotnością częstotliwości podstawowej.



Prąd sieci z harmonicznymi

Do niedawna harmoniczne rozważane były tylko w układach dużych mocy, szczególnie w energetyce oraz w przemyśle ciężkim. Jednakże udoskonalenie i powszechność małych elektronicznych urządzeń o mocy od kilku do kilkuset watów, zasilanych głównie z jednej fazy (np. komputery) zmusiły gremia normatywne do przyjrzenia się harmonicznym również w aplikacjach domowych. Najwięcej problemów stwarza powszechność zasilaczy DC, które są elementem zasilającym dla różnych urządzeń elektronicznych takich jak TV i komputery oraz napędów o regulowanej prędkości.

Problemy spowodowane przez zanieczyszczenie harmonicznymi mogą być podzielone na dwie grupy: problemy spowodowane przez same harmoniczne prądów oraz problemy związane z odkształceniem napięcia w wyniku przepływu prądów harmonicznych przez skończoną impedancję sieci.

Głównym problemem związanym z harmonicznymi prądów jest przegrzewanie się transformatorów rozdzielczych w lokalnych sieciach zasilających. Z tego samego powodu przegrzewają się również kondensatory do poprawy współczynnika mocy (mają mniejszą impedancję przy wyższych częstotliwościach). Harmoniczne prądu mogą również przegrzewać źle dobrane przewody neutralne w układach trójfazowych. W wielu nowoczesnych instalacjach używa się przewodów neutralnych o tym samym przekroju co przewody fazowe. Niestety w wielu starych instalacjach stosowane są przewody neutralne o znacznie mniejszym przekroju niż przewody fazowe. Emisja harmonicznych będących wielokrotnością 3 (3-cia, 6-ta, 9-ta, 12-ta, itd.) sumuje się w przewodzie neutralnym i może osiągnąć 1,7 wartości prądu fazowego. Efekt przegrzania przewodu neutralnego potęgowany jest zjawiskiem naskórkowości, które polega na tym, że prądy wyższej częstotliwości płyną bliżej powierzchni

przewodnika. Oznacza to większą rezystancję dla harmonicznym i większy wzrost temperatury.

Kolejnym problemem związanym z prądami harmonicznymi, szczególnie tymi płynącymi do ziemi, jest zwiększenie zakłóceń magnetycznych wokół wrażliwych urządzeń pracujących w paśmie akustycznym.

Ponieważ indukcyjność linii zasilającej zwiększa impedancję sieci wraz ze wzrostem rzędu harmonicznym, to niesinusoidalny prąd pobierany z sieci powoduje odkształcenia napięcia zasilania. Odkształcone napięcie może negatywne skutki na zasilane urządzenia np. na zasilane bezpośrednio silniki indukcyjne zaczynając od zwiększenia temperatury, poprzez głośną pracę i drgania, a kończąc na uszkodzeniu. Zasilacze impulsowe mogą mieć problemy z poprawną pracą (zwiększony prąd upływu przez kondensatory filtru EMI spowodowany ich niższą reaktancją przy wyższych częstotliwościach).

Przy częstotliwościach harmonicznym istnieje ryzyko wystąpienia rezonansów w systemie, co może skutkować „obszarami” w sieci zasilającej, gdzie napięcie będzie znacznie odkształcone (za niskie lub za wysokie).

Normy regulujące emisję harmonicznym to IEC/EN 61000-3-2, a w Stanach Zjednoczonych IEEE 519. Norma IEC/EN 61000-3-2 określa dopuszczalne poziomy emisji na poziomie urządzenia. Oznacza to, że norma określa dopuszczalne poziomy emisji, które muszą być spełnione przez każde urządzenie. Norma IEEE 519 przyjmuje za odniesienie nie pojedyncze urządzenie tylko miejsce w instalacji (miejsce, gdzie przykładowo jedna instalacja zaczyna oddziaływać na urządzenie z innej instalacji).

3.1.5 Wahania i migotanie napięcia

Kiedy obciążenie jest w sposób ciągły załączane i wyłączane, pojawiają się zmiany (wahania) napięcia, które nie mogą być wystarczająco szybko skompensowane.

Pomimo iż tego typu wahania nie wpływają na poprawną pracę urządzeń, powodują bardzo uciążliwe migotania źródeł światła podłączonych do tej samej sieci. Subiektywne odczucie takich migotań światła nazywane są z angielskiego „flicker”. Powyżej pewnego poziomu flickery stają się bardzo uciążliwe, a nawet szkodliwe dla zdrowia.

W celu uniknięcia tego typu problemów należy ograniczyć zmiany napięcia spowodowane pracą urządzeń lub wyposażyć urządzenia w elementy zapobiegające powstawaniu flickerów.

Flickery to skutek zmian napięcia. Naturalne zatem jest, że wszystkie urządzenia z zegarem lub termostatem, które często przełączają obciążenie będą również powodować wahania napięcia. Przykładowymi urządzeniami mogą być drukarki laserowe, ksera, grzejniki, klimatyzatory itp.

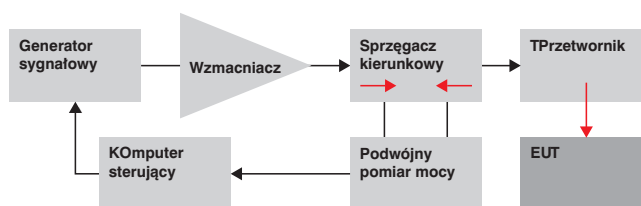
3.2. Odporność

Producent urządzeń nie może przewidzieć i nie ma możliwości kontroli nad miejscem użycia ich produktu. Urządzenia powinny pracować poprawnie w każdym środowisku.

Każdy produkt wprowadzany na rynek powinien charakteryzować się odpowiednim poziomem odporności na zaburzenia, ponieważ jest to wymagane przez dyrektywy EMC i R&TTE. Każdy producent, który chce zachować wysoką jakość swojego produktu musi zatroszczyć się o zapewnienie odpowiedniego poziomu odporności swojego urządzenia

3.2.1 Odporność RF

Aby przetestować odporność urządzenia na sygnały RF, należy wygenerować określony sygnał i doprowadzić go do EUT. Z powodu natury sygnałów i sposobów ich przemieszczania odpowiednie normy definiują wiele przetworników dla różnych metod badania. Podstawowym sygnałem dla wszystkich testów RF jest sygnał sinusoidalny, który jest modulowany na kilka sposobów i doprowadzany do EUT. Zakres badań rozciąga się od 0,15 do 1000MHz z tendencją do rozszerzenia górnej granicy. Generator sygnału musi zatem umożliwić generowanie sygnałów w tym zakresie częstotliwości. Ponieważ wyjście generatorów ma najczęściej znacznie ograniczoną moc i sygnał wyjściowy nie może pokryć wymagań stawianych przez normy, niezbędny jest dodatkowy wzmacniacz. Wzmacniacz musi również pokryć cały zakres częstotliwości, ale ponieważ wymagania odnośnie mocy zmieniają się wraz z częstotliwością, większość układów pomiarowych bazuje na dwóch wzmacniaczach – większej mocy dla niższych częstotliwości i mniejszej mocy dla wyższych częstotliwości.

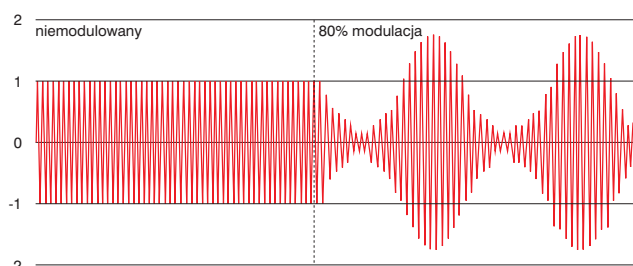


Test odporności RF

EUT może być podatny na modulowany sygnał RF, ale nie musi być podatny na sygnał niemodulowany. Obwody elektroniczne EUT będą narażone na sygnały RF, zatem będą odpowiadały na ich amplitudę. Niemodulowana fala może spowodować nieszkodliwe przesunięcie DC w sprzężonych z nią obwodach AC, podczas gdy fala modulowana może nałożyć się na sygnał AC. EUT może być odporny na wysoki poziom RF, co niekoniecznie oznacza odporność na niski poziom RF. Większość norm nakazuje użycie sygnałowych modulowanych am-

plitudowo (AM). Stosowanie sygnałów modulowanych częstotliwościowo (FM) tylko w nielicznych wypadkach wpływa na EUT.

Dla modulacji amplitudowej AM najczęściej stosuje się sygnał 1kHz, chociaż istnieje kilka wyjątków w normach. Normy te nawiązują do określonego poziomu sygnału niemodulowanego, który jest następnie modulowany z głębokością 80%. Zwiększeniu ulegnie wartość szczytowa sygnału o ponad 5dB. Z drugiej strony, niektóre normy odporności RF układów samochodowych odnoszą poziom narażeń do wartości szczytowej po modulacji. Alternatywną metodą modulowania sygnału jest modulacja impulsowa, w której sygnał jest w odpowiedni sposób załączany i wyłączany. Metoda ta służy do symulacji sygnałów GSM o częstotliwościach 900 MHz, gdzie występują 200-hercowe pakiety informacji modulowane impulsowo.



Modulacja 80% daje wartość szczytową 1,8 razy wartość szczytowa sygnału niemodulowanego

Modulacja AM sygnału RF

Wysłanie do EUT sygnału zaburzeniowego jest bardzo ważną częścią przeprowadzonych testów, jednakże jest to tylko połowa całego testu. Równie ważna jest poprawna ocena reakcji EUT na zaburzenie. Badane urządzenie można uznać za odporne tylko wtedy, gdy podczas całego testu pracowało poprawnie. Istnieje kilka sposobów obserwowania zachowania EUT podczas testu. Pewne normy produktów podają bardzo szczegółowe metody monitorowania. Dla urządzeń posiadających funkcje audio, często stosuje się dodatkowe pomiary sprawdzające poprawność działania urządzenia. Urządzenia wyposażone w transmisję danych i przetwarzanie cyfrowe sygnałów często monitorowane są za pomocą analizatorów stanów logicznych lub innych podobnych urządzeń. Najczęstszą metodą jest jednak prosta obserwacja EUT i jego funkcji kamerą video. Kamera musi być zamontowana wewnątrz komory w taki sposób, aby jej obecność nie wpływała na pomiary. Kamera przeważnie jest zamknięta w obudowie wyłożonej płytkami ferrytowymi.

Jeżeli norma produktu wyraźnie nie określa kryterium poprawnej pracy EUT, producent może odwołać się do ogólnych kryteriów zawartych w wielu normach podstawowych, jak również normach ogólnych EN. Ta ostatnia mówi, że urządzenie powinno pracować zgodnie z przeznaczeniem bez ingerencji użytkownika. Przy użytkowa-

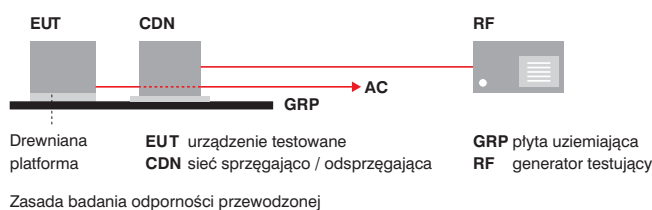
niu urządzenia zgodnie z przeznaczeniem nie dopuszcza się pogorszenia parametrów pracy poniżej poziomu określonego przez producenta.

Przed rozpoczęciem testów należy zawsze jasno określić wymagane kryteria parametrów pracy. Jeśli urządzenie nie przejdzie pozytywnie testów nie należy łagodzić założonych kryteriów tak, aby urządzenie przeszło testy, ponieważ oznaczać to będzie, że kryteria zostały źle określone za pierwszym razem.

3.2.2 Odporność przewodzona

Dla częstotliwości, przy których wymiary EUT zbliżają się do jednej czwartej długości fali, podstawową drogą sprzęgania EUT jest wprowadzenie zaburzeń asymetrycznych do przyłączonych przewodów. Metoda badania przewodów jest zatem ważnym punktem sprawdzania wrażliwości na RF. Metody badania określa norma IEC/EN 61000-4-6. Każda metoda wprowadzania RF do przewodów wymaga, aby impedancja asymetryczna (common mode) na końcach przewodów EUT była określona. Każdy rodzaj przewodu na jego końcu powinien mieć asymetryczną sieć odsprzęgającą gwarantującą tę impedancję w odniesieniu do płaszczyzny GRP oraz izolującą każde urządzenie pomocnicze od wpływu przepływu prądu RF w przewodzie. Urządzenie, które ma być używane i testowane w systemie, gdzie długości przewodów i zakończenia na każdym z końców są podłączone, zakończenia te zapewniają odpowiednią impedancję asymetryczną.

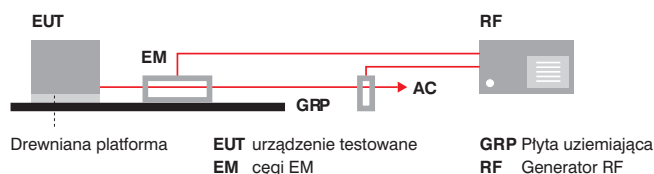
W przeciwnym przypadku, gdy zakończenie przewodu nie jest określone, stosuje się impedancję 150 omów jako średnią impedancję większości instalacji, która może się wahać w przedziale od kilku omów do kilkuset omów w zakresie częstotliwości testowych od 150 kHz do 80 MHz. Jeżeli urządzenia pomocnicze i dodatkowe nie są izolowane od sygnału za pomocą sieci odsprzęgającej lub filtru, to muszą wytrzymać narażenia RF bez pogorszenia ich parametrów pracy.



Najprostszą metodą sprzęgania jest połączenie pojemnościowe z testowanym przewodem. Sygnał zaburzeniowy jest podzielony poprzez sieć sprzęgającą pomiędzy wszystkie przewody, zatem zaburzenie pojawia się jako asymetryczne we wszystkich przewodach razem. Oprócz sieci sprzęgającej wymagana jest również sieć odsprzęgająca, która zapobiega przedostaniu się zaburzenia RF do urządzeń innych niż EUT lub sieci zasilającej. Połączenie szeregowej rezystancji 100

omów i wyjścia wzmacniacza o impedancji 50 omów daje asymetryczną impedancję 150 omów na przyłączu EUT. Sieć sprzęgająca i odsprzęgająca najczęściej jest zamknięta w jednej obudowie i nazywana jest siecią sprzęgająco-odsprzęgającą (ang. coupling-decoupling network, CDN).

Alternatywą dla CDN umożliwiającą wprowadzenie sygnału RF są cęgi EM. Urządzenie to składa się z rurki zbudowanej z dzielonych pierścieni ferrytowych dwóch typów, które można zamknąć na badanym przewodzie. Jest to metoda nie inwazyjna, nadająca się do każdego typu przewodu. Sygnał jest dostarczany za pomocą jednozwojowej pętli rozciągającej się na całej długości cęgów i zakończonej na każdym końcu impedancją. Powoduje to powstawanie zarówno napięcia, dającego sprzężenie pojemnościowe, jak i prądu, dającego sprzężenie indukcyjne. Kombinacja różnych ferrytów i sprzęgania pojemnościowego/indukcyjnego daje klamrze znaczący zysk kierunkowy, szczególnie powyżej 10 MHz, zatem znacznie mniejszy sygnał jest przyłożony do końcówki przewodu AE i impedancja asymetryczna widziana przez EUT wynosi blisko 150 omów w szerokim paśmie częstotliwości sygnałów testowych.



Zasada badania odporności przewodzonej przy użyciu cęgów pojemnościowych

Podobnie jak CDN, cęgi EM powinny być poprawnie przymocowane do uziemionej płaszczyzny po to, by zapewnić powtarzalną impedancję. Należy również, podobnie jak w przypadku CDN, minimalizować wahania spowodowane ułożeniem przewodów po stronie AE i samym AE.

3.2.3 Odporność promieniowana

3. Norma pomiarów emisji promieniowanej to IEC/EN 61000-4-3. Wymaga ona wytworzenia pola RF za pomocą anteny w ekranowanej bezekowej komorze za pomocą wcześniej skalibrowanego pola. Pasma przemiatania wynosi od 80 MHz do 1000 MHz z krokiem nie przekraczającym 1% częstotliwości podstawowej i czasem trwania pozwalającym na reakcję EUT. Antena kierowana jest na każdą z czterech stron EUT w każdej polaryzacji (jak również od góry i od dołu jeśli może to wpływać na EUT), skutkiem czego mamy w sumie 8 (lub 12) testów. Poprawka 1:1998 dodaje również testy od 800 do 960 MHz oraz 1,4 do 2 GHz w celu zabezpieczenia przed transmisją cyfrową telefonów komórkowych.

EUT jest umieszczony na drewnianym stole o wysokości 0,8m (dla urządzeń stołowych) frontem do wcześniej skalibrowanej płaszczyzny pola jednorodnego. Zarówno pozycja anteny jak i obszaru jednorodnego pola jest stała w odniesieniu do komory. Norma wymaga, aby przynajmniej 1m długości przewodu był wystawiony na działanie pola. Ponadto zalecane jest stosowanie dławika ferrytowego w celu odsprzężenia dłuższych przewodów. Układ przewodów nie może być ogólnie określony, ale przynajmniej fragment przewodu powinien być w tej samej polaryzacji co jedna z polaryzacji anteny.



Zasada badania odporności promieniowanej

EUT obracany jest na stole tak, aby każdy z czterech boków (ewentualnie również góra i dół jeśli to możliwe) skierowany był frontem do anteny i był współpłaszczyznowy z polem jednorodnym. Dla każdego ustawienia wykonuje się dwa badania w pełnym zakresie częstotliwości: dla każdej polaryzacji anteny. Jeśli częstotliwość jest przemiatana w zakresie od 80 do 1000MHz z krokiem 1% z tradycyjnym minimalnym czasem narażenia 3 sekundy na krok, to jedno przemiatanie zajmie około 15 minut, a całość testu ponad dwie godziny.

3.2.4 Odporność na szybkie stany przejściowe

Dodatkowo, aby pokryć zakres zjawisk związanych z częstotliwościami radiowymi o charakterze ciągłym, należy badać odporność na zjawiska, których źródłem są różne stany przejściowe. Zjawiska te mogą mieć pochodzenie naturalne (jak wyładowania elektrostatyczne ESD lub udary wywołane wyładowaniami atmosferycznymi) lub pochodzić od innych urządzeń. Zjawiska te charakteryzują się krótkim czasem trwania (nanosekundy lub mikrosekundy), ale ich amplituda jest na tyle wysoka, że mogą spowodować niepoprawną pracę obwodów elektronicznych. W niektórych przypadkach zjawiska te niosą tak wysoką energię, że mogą zniszczyć element.

Za wyjątkiem ESD, źródło zaburzeń przejściowych jest zazwyczaj blisko zagrożonego urządzenia, a energia jest prawie w całości sprzęgana poprzez przewody.

Dlatego testy odporności polegają na przyłożeniu powtarzalnego impulsu o określonym kształcie i amplitudzie do odpowiednich złączy przewodów w określony i powtarzalny sposób. Oprócz rzadko stosowanych norm na impulsowe pole magnetyczne oraz falę oscylacyjną tłumioną IEC 61000-4-9 i -10, nie ma cywilnych testów na promieniowane stany przejściowe. ESD jest wyjąt-

kiem od tej zasady: impuls przykładany jest ze specjalnego symulatora, którego zadaniem jest naśladowanie zjawisk świata rzeczywistego i który wprowadza do EUT zarówno składowe przewodzone jak i promieniowane.

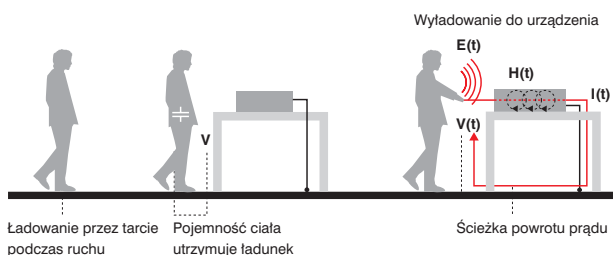
Wprowadzenie serii impulsów przejściowych do EUT powiązane jest z obserwacją jego funkcjonalności w celu określenia czy i w jakim stopniu jest odporny na dane zjawisko.

3.2.5 Wyładowania elektrostatyczne (ESD)

Wszystkie przewodzące elementy mają swoją pojemność w odniesieniu do uziemienia oraz pojemność wzajemną w odniesieniu do innych ciał. Pojemność ta może naładować się ładunkiem DC względem uziemienia. Przy założeniu idealnie izolujących materiałów, ładunek ten pozostałby nieusuwalnie na obiekcie. Jednak w rzeczywistości niektóre powierzchnie posiadają rezystywność skośną oraz dryft wolnych elektronów, który może stopniowo zneutralizować zgromadzony ładunek. Takie zjawisko nazywane jest wyładowaniem elektrostatycznym.

Na poruszającą się osobę oddziałują wszystkie te czynniki razem powodując ciągłą zmianę napięcia na tej osobie. W najgorszym przypadku (materiały wysoce izolujące, niska wilgotność powietrza, energiczny ruch) napięcie może osiągnąć wysoki poziom rzędu 25 kV. Wyższe potencjały są ograniczone przez wyładowania koronowe (ulot) W większości przypadków napięcie osiąga poziom pomiędzy 2 a 8 kV.

Jeżeli naładowany obiekt będzie miał kontakt z innym obiektem różniącym się potencjałem, wtedy ładunek wyrówna się między obiektami, co skutkuje pojawieniem się przejściowego napięcia $V(t)$ oraz prądu $I(t)$. Układy cyfrowe w szczególności są podatne na takie wyładowanie, co powoduje ich uszkodzenie.



Typowy schemat wyładowywania elektrostatycznego z udziałem człowieka

Norma IEC 61000-4-2 oraz jej odpowiednik EN jest podstawową normą do badania odporności na wyładowania elektrostatyczne. Za pomocą ręcznego generatora podawany jest impuls o określonym kształcie prądu i amplitudzie. Impuls generowany jest na zasadzie rozładowania naładowanego wysokim napięciem kondensatora poprzez określoną impedancję szeregowo połączoną z uziemieniem. Rozróżnia się dwie metody badań: wyładowanie dotykowe i wyładowanie powietrzne.

W metodzie z wyładowaniem dotykowym zaburzenie może być bezpośrednio podane na EUT lub płaszczyzną sprzęgającą położoną blisko EUT. Przed każdym impulsem testowym kondensator ładowany jest do danego poziomu napięcia. Po przyłożeniu próbника do danego miejsca na EUT lub płaszczyźnie sprzęgającej wyzwalany jest impuls. Procedura ta jest powtarzana dla różnych miejsc, przy różnych polaryzacjach i poziomach napięcia.

Ten sam generator używany jest do metody wyładowań powietrznych (zakłada się wówczas okrągłą końcówkę zamiast ostrej). Podobnie jak poprzednio kondensator ładowany jest do danego napięcia, ale napięcie od razu pojawia się na próbniku, który jest trzymany z dala od EUT. Dla każdego punktu testowego zbliża się stopniowo próbnik do EUT aż do dotknięcia. Tuż przed dotknięciem następuje przebicie małej szczeliny powietrznej i płynie prąd wyładowczy ograniczony jedynie impedancją sieci rozładowczej generatora, szczeliny i EUT. Procedura ta jest powtarzana dla różnych miejsc, przy różnych polaryzacjach i poziomach napięcia.

Pośrednie wyładowanie polega na przyłożeniu impulsu do dwóch płaszczyzn innych niż GRP, nazywanych poziomą płaszczyzną sprzęgającą (HCP) i pionową płaszczyzną sprzęgającą (VCP). Wyładowanie do tych płaszczyzn symuluje pole wypromieniowane przez rzeczywiste obiekty do otaczających obiektów. Każda płaszczyzna sprzęgająca podłączona jest do GRP za pomocą rezystora w celu zapewnienia odpływu ładunku w ciągu kilku mikrosekund.

3.2.6 Szybkie stany przejściowe (Burst)

Kiedy obwód jest rozłączany, prąd płynący przez przełącznik jest bezzwłocznie przerywany. Innymi słowy, w chwili przełączania mamy nieskończoną wartość di/dt . Wynikiem tego jest natychmiastowe pojawienie się impulsu napięcia, które dodaje się do napięcia roboczego występującego na rozwierających się zestykach przełącznika. Pojawia się mała, ale zwiększająca się szczelina powietrzna między stykami, która pod wpływem napięcia ulega przebiciu, co powoduje ponowny przepływ prądu powodujący zniwelowanie impulsu napięcia i ugaszenie powstałego łuku. Ugaszenie łuku oznacza ponowne przerwanie prądu, zatem znowu pojawi się impuls napięcia powodujący powstanie kolejnego łuku. Proces ten trwa dopóki przerwa powietrzna będzie na tyle duża by wytrzymała bez przebicia przyłożone napięcie. Dopiero w tym momencie można powiedzieć, że obwód został odłączony. Widocznym efektem jest pojawienie się iskry między zestykami, co w rzeczywistości odpowiada całej serii małych iskieł.

Nieskuteczne filtrowanie lub ekranowanie przewodów pozwala na przedostanie się wyżej opisanych stanów przejściowych do wrażliwych obwodów elektronicznych jako sygnału zakłócenia. Elektroniczne obwody cyfrowe są najbardziej podatne na zakłócenia typu Burst, ponieważ są one interpretowane jako sygnał cyfrowy lub jako sygnał zegarowy (taktujący). Elektroniczne obwody analogowe są również wrażliwe na tego typu zakłócenia prowadzące do nasycenia wzmacniaczy. Wszystkie układy liczące impulsy mogą zwiększać stan liczników pod wpływem zakłóceń Burst.

Norma IEC 61000-4-4 oraz jej odpowiednik EN jest podstawową normą do badania odporności na szybkie stany przejściowe (Burst). Badanie polega na przyłożeniu impulsu Burst o określonym kształcie poprzez określoną sieć sprzęgającą do zacisków zasilających lub poprzez określone cęgi do zacisków sygnałowych. Stosuje się tylko badanie odporności na drodze przewodzenia – nie istnieje badanie odporności na szybkie stany przejściowe na drodze promieniowanej. Wybór złącza do przyłożenia impulsu Burst zależy od wytycznych w normie. Najczęściej są to złącza zasilania AC i DC oraz złącza sygnałowe i sterowania, które mogą być przyłączone do przewodów dłuższych niż 3 m.

Impulsy Burst składają się z impulsów o wysokiej częstotliwości. Zwykle filtry EMI będą zatem pozytywnie oddziaływać na problemy związane z Burst. Z drugiej jednak strony należy zaznaczyć, że filtry EMI nie są specjalnie projektowane do tłumienia Burst. Składowa HF impulsów sięga tak wysokich częstotliwości, że możliwe stają się oscylacje obwodu filtra.

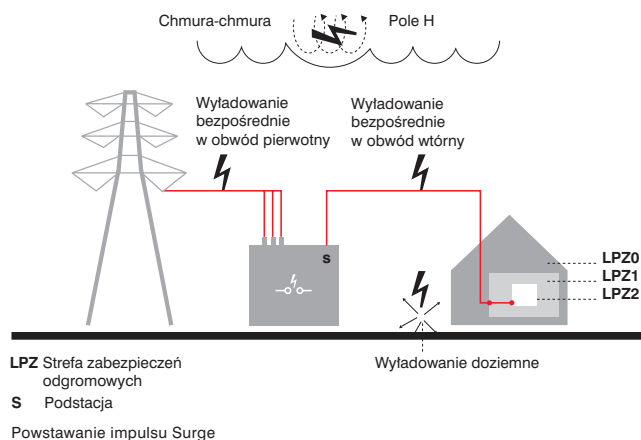
3.2.7 Impulsy Surge

Wysoko energetyczne stany przejściowe pojawiające się na złączach urządzeń elektronicznych są najczęściej skutkiem pobliskich wyładowań atmosferycznych albo spowodowane przełączeniami w publicznej sieci zasilającej (zwarcia, załączenia kondensatorów). Wyładowania atmosferyczne mogą generować impulsy Surge o energii kilku dżuli w następujący sposób:

- bezpośrednie wyładowanie w obwód pierwotny lub wtórny: drugi najczęściej uszkadza elementy zabezpieczające i podłączone urządzenia, pierwszy przechodzi przez transformator poprzez sprzężenie pojemnościowe i indukcyjne,
- pośrednie wyładowanie chmura-ziemia lub chmura-chmura powoduje powstanie pól, które indukują napięcia we wszystkich przewodach,
- prąd doziemny płynący na skutek wyładowania od najbliższej chmury do ziemi sprzęga się z siecią uzie-

miającą i powoduje różnice potencjałów w różnych punktach uziemienia,

- zadziałanie ochronników przepięciowych lub przeskok iskry powoduje stany przejściowe napięcia.



Impuls typu Surge uderzający w urządzenie elektroniczne może spowodować całkowite jego uszkodzenie, rzadziej zakłócenie w jego pracy. Poniżej pewnego poziomu zależnego od projektu urządzenia nie można zaobserwować żadnych skutków Surge. Powyżej tego poziomu zaobserwować można zmianę stanu pracy urządzenia, ale bez uszkodzeń. Przy wysokich poziomach Surge, energia impulsu może być na tyle duża, że doprowadzi do przebicia i uszkodzeń obwodów. Maksymalne napięcie jakie może się pojawić jest ograniczone przez zjawisko przeskoku iskry. Przykładowo w typowej domowej sieci zasilającej okablowanie wytrzymuje nie więcej niż 6kV. Najczęściej obwody zabezpiecza się dołączając równolegle ograniczniki przepięć takie jak diody poziomujące, warystory lub iskierniki. Celem stosowania tych elementów jest kontrolowanie przebicia i rozproszenie energii przy poziomach napięcia, które jest niższe niż chronione urządzenie może wytrzymać. Zatem elementy te muszą być odpowiednio zwymiarowane, aby wytrzymać maksymalną energię impulsu Surge.

Filtry Schaffner wykazują niską tłumienność dla impulsów Surge, chyba że zostaną wyposażone w dodatkowy element przystosowany do tłumienia tego typu zakłóceń (wersje Z). Pomimo tego, filtry Schaffner badane są na przepięcia, zatem mogą być bezpiecznie stosowane bez ryzyka uszkodzenia przez impulsy Surge.

3.2.8 Pole magnetyczne o częstotliwości sieciowej

Pole magnetyczne o częstotliwościach sieciowych to pole magnetyczne generowane przez przewody zasilające. Pole jest ciągłe i proporcjonalne do płynącego prądu w przewodzie. Częstotliwość pola związana jest z częstotliwością sieci, czyli 50 Hz w Europie. Pola magne-

tyczne są zawsze obecne wokół przewodników, przez które płynie prąd. Jeśli przewód tworzy pętlę, koliste pola magnetyczne dodają się i tworzy się pole ukierunkowane. W obu przypadkach utworzone pole jest wprost proporcjonalne do płynącego prądu. Innymi słowy, im wyższy prąd, tym większe pole magnetyczne.

Pola magnetyczne o częstotliwościach sieciowych mogą osiągnąć, w zależności od warunków, natężenia rzędu 100 A/m. Logika wskazuje, że im wyższy prąd, tym większe zagrożenie ze strony pól magnetycznych dla urządzeń. Aplikacje przemysłowe i wysoko napięciowe systemy dystrybucji energii są bardziej narażone na pola magnetyczne niż aplikacje domowe. Pola magnetyczne o dużym natężeniu występują w otoczeniu silników, prądnic i innych urządzeń dużej mocy.

Pola magnetyczne oddziałują tylko na bardzo wąską grupę urządzeń elektrycznych, przykładowo urządzenia, których funkcjonalność bazuje na polu magnetycznym. Najlepszym przykładem tego typu urządzeń jest klasyczny kineskop CRT, chociaż w dzisiejszych czasach problemy z CRT zostały zminimalizowane z uwagi na technologię LCD. Wpływ pola magnetycznego na wyświetlacz jest łatwy do zauważenia, zatem pomyłka człowieka przy odczycie jest mało prawdopodobna. Jednakże wyświetlacz może być mało czytelny, co ma ogromne znaczenie w aplikacjach, gdzie odczytana informacja ma kluczowe znaczenie. Przykładem takiego sprzętu może być wyposażenie medyczne, gdzie wyświetlana jest informacja o pacjencie.

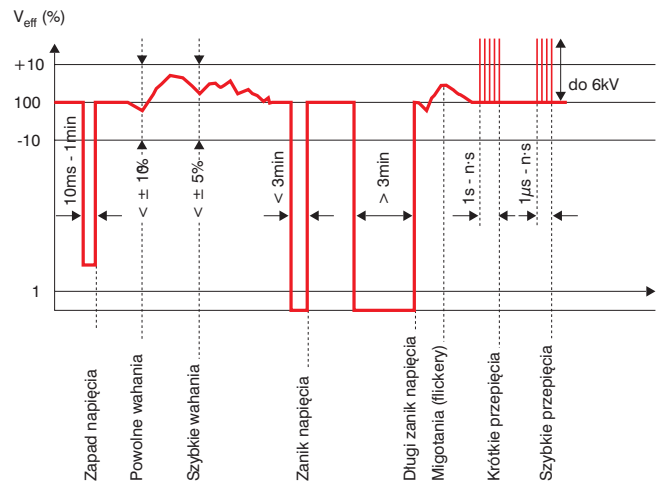
O wiele bardziej krytyczny jest wpływ pola magnetycznego na czujniki, które wykorzystują pole magnetyczne do pomiaru. Jeśli pomiar będzie posiadał składową przemienną lub wyniki będą nieproporcjonalne do zakładanego, użytkownik może z łatwością rozpoznać zaburzenie. Jednakże wpływ pól magnetycznych nie zawsze jest zauważony, co może powodować błędy w pomiarach. Z tego powodu odporność na pola magnetyczne jest bardzo ważna.

3.2.9 Sieć zasilająca

Gdy urządzenie jest podłączone do sieci zasilającej jego praca zależy od napięcia. Wyjaśniliśmy już jaki wpływ mają harmoniczne napięcia jako skutek nieliniowego prądu.

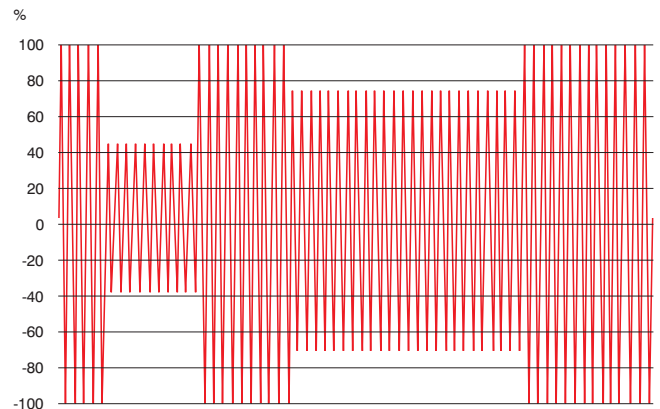
Poniższy rysunek pokazuje typowe rodzaje zaburzeń w sieciach zasilających.

Aktualnie obowiązujące normy opisują głównie zapady i zaniki napięcia. Zapad napięcia jest zaburzeniem w sieci zasilającej, polegającym na zmianach lub całkowitym zaniku napięcia zasilania. Takie zaburzenie może w poważny sposób wpłynąć na działanie urządzenia. Zapad napięcia może wpłynąć na procesory, które mogą zresetować urządzenie i uruchomić je ponow-



Zmiany zasilania w typowych sieciach zasilania

nie w niedopuszczalnych ze względu na bezpieczeństwo warunkach. Zapad napięcia to krótkotrwałe obniżenie napięcia do pewnego poziomu, np. do 50% wartości znamionowej. Czas trwania zapadu wynosi od połowy okresu częstotliwości sieci do kilku sekund (najczęściej są one jednak krótkie).

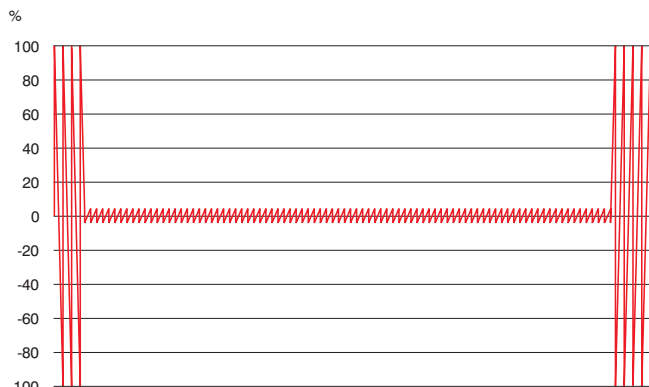


Przykład zapadów napięcia

Zaniki napięcia to zapady napięcia do 0%. Czas trwania tego typu zaburzeń może wynosić kilkanaście sekund, ale najczęściej nie przekracza jednej minuty.

Zapady napięcia nie tylko wpływają niekorzystnie na przemysłowe sieci zasilające, ale również bardzo często na środowiska domowe. Zapady napięcia pojawiają się bardzo często, ale nie zawsze stanowią problem. W wielu przypadkach wewnętrzne obwody mogą skompensować takie zjawiska. Zaniki napięcia najczęściej powodują pogorszenie parametrów pracy urządzenia. Należy wówczas zatroszczyć się, by po ustąpieniu zaburzenia urządzenie wyłączyło się i nie uruchomiło ponownie w niedopuszczalnych ze względu na bezpieczeństwo warunkach.

W celu przeprowadzenia badania odporności na zaniki i zapady napięcia, EUT należy podłączyć do wzorcowego źródła napięcia, następnie umożliwić bardzo dokładne przetłoczenie i synchronizację zapadu z kątem fazowym zasilania. Kluczowym urządzeniem do testów jest specjalny generator, co do którego normy mają bar-



Przykład zaników napięcia

dzo restrykcyjne wymagania. Generatory muszą być w stanie przenosić prądy ciągłe przy poziomach napięcia 100%, 70% i 40% napięcia znamionowego.

O wiele trudniejsze do spełnienia są wymagania odnośnie czasu narastania i prądu rozruchowego. Przy zasilaniu 230 V generator musi przełączyć (zrobić zapad) w czasie 1 do 5 μ s i w tym samym czasie przenieść prąd rozruchowy do 500 A. Te dwa wymagania są bardzo trudne do spełnienia, dlatego wiele generatorów do dziś dzień nie spełniają wymagań normy.

4. Tłumienie zaburzeń

Wraz z gwałtownym wzrostem popularności urządzeń elektronicznych, utworzone zostały niezliczone standardy oraz procedury postępowania przeciw zburzeniom. Standardy te są nie tylko potrzebne do testowania, lecz również do prawidłowego zaprojektowania urządzeń.

W tym rozdziale poruszymy pewne wspólne cechy projektowania urządzeń zgodnie ze standardami EMC oraz zagadnienia związane z tłumieniem zaburzeń.

4.1. Koncepcja EMC

Przed spojrzeniem na różne metody tłumienia zaburzeń, ważne jest aby właściwie określić koncepcję EMC. Zaczynamy od pierwszego projektu, kończąc na wyprodukowaniu urządzenia. Bardzo często EMC jest ostatnim krokiem podczas procesu projektowania. Kiedy wszystkie cechy urządzenia zostały wprowadzone w życie i funkcjonalność produktu jest już określona wtedy dopiero są rozwiązywane problemy EMC. Na tym etapie problemy EMC stają się bardzo kosztowne, czasochłonne oraz trudne do rozwiązania. Dlatego producenci powinni od początku procesu projektowania urządzenia myśleć o problemach EMC.

4.2. Ekranowanie

Z punktu widzenia legislacji oraz standardów problemy EMC znajdują się na zewnątrz urządzenia. Ekranowa-

wanie redukuje zaburzenia pola elektromagnetycznego na zewnątrz urządzenia zatrzymując je wewnątrz obudowy. Ekranowanie dotyczy także kabli oraz złączy.

4.2.1. Obudowy ekranowane

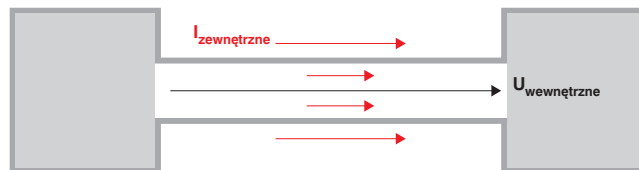
Dla wielu rodzajów urządzeń, ekranowane obudowy stały się doskonałym rozwiązaniem do redukcji zaburzeń. Obudowy te powinny być wykonane z metalu lub przewodzącego materiału (plastik przewodzący np. PREMIER). Obudowa powinna być dobrze uziemiona, ponieważ nieziemione obudowy posiadają minimalne właściwości tłumienia. Nałożenie nieodpowiedniej farby na powierzchni obudowy neutralizuje efekt ekranowania (do malowania powinno się używać farby przewodzącej). Dla niektórych aplikacji stosowane są uszczelnienia, które w większości wykonane są z gumy, które gwarantują odpowiednią klasą IP. Stosowanie przewodzących farb oraz uszczelnień jest kosztowne, ale zapewnia odpowiedni, konieczny poziom ochrony.

Każde szczeliny powodują, że obudowy zachowują się jak anteny. Poziome szczeliny mogą zachowywać się jak pionowa antena i odwrotnie. Szczeliny mogą być tworzone dla celów wentylacji ale również jako punkty kontaktu nie przewodzącego elementu obudowy (farba).

Jeżeli charakterystyka EMC jest już krytyczna, należy rozpatrywać relację pomiędzy rozmiarem otworu oraz długością fali zaburzenia. Zastosowanie, specjalnych szczelin EMC, farb przewodzących oraz uszczelnień powinno przynieść zamierzony efekt.

4.2.2. Ekranowanie przewodów

Aby zredukować emisję, ekranowanie przewodów powinno być bardzo skuteczne. Jednakże złe zainstalowanie może spowodować ograniczenie skuteczności, a nawet całkowity zanik wpływu ekranowania. Zewnętrzne napięcia i prądy nie oddziałują bezpośrednio na linie sygnałową, tylko na ekran dookoła przewodu. Skuteczność ekranowania może zostać opisana jako relacja między prądem na ekranie a napięciem indukowanym wewnątrz przewodu.

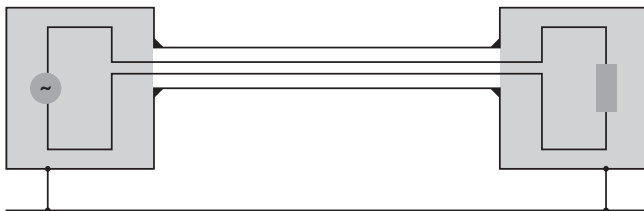


Idea skuteczności ekranowania

Tłumienność ekranu zależy od materiału, z którego jest wykonany oraz metody jego instalacji. Metalowa otoczka lub splot drutów zapewnia dobre ekranowanie dla wielu popularnych aplikacji. Dla wielu z nich można

użyć podwójne sploty drutów lub dwa oddzielne ekrany. Jeżeli używane są ekranowane przewody, końce ekranu powinny być podłączone do uziemienia. Skuteczność ekranowania jest niewielka jeżeli ekran nie jest podłączony do uziemienia. Indukowane pole nie może być kierunkowe i prądy uziemienia nie mogą być zmniejszone. Jeżeli ekran podłączony jest tylko z jednej strony wtedy jest skuteczny tylko przeciw polu elektrycznemu. Jeżeli jednak ekran osiągnie rezonans częstotliwości wtedy skuteczność ekranowania spada.

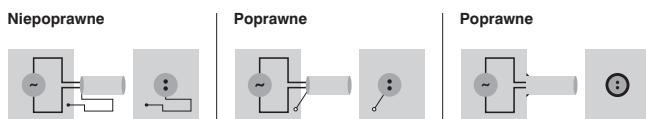
Jeżeli oba końce ekranu podłączone są do uziemienia wtedy mamy najlepszą skuteczność ekranowania. Pole magnetyczne i elektryczne jest skutecznie redukowane. Różnice potencjałów nie oddziałują na linie sygnałowe.



Poprawne połączenie końców ekranów

Powyższy rysunek przedstawia poprawne podłączenie ekranu. W momencie kiedy zastosowanie jednego ekranu między urządzeniami nie dało zamierzonego efektu należy zastosować dodatkowy ekran.

Właściwe podłączenie do uziemienia jest bardzo ważne dla skuteczności ekranowania. Najbardziej popularnym problemem połączenia ekranu jest występowaniem tzw. „warkoczy” jak pokazane jest na rysunku po lewej. Ekran jest przymocowany do jednej strony i następnie podłączony w jednym punkcie do uziemienia. Powoduje to wzrost rezystancji sprzęgania ekranu oraz redukcję jego wydajności. Najlepszym podłączeniem ekranu jest jego podłączenie wokół przewodu (360°) na obu końcach jak pokazano na rysunku po prawej.



Niepoprawne i poprawne podłączenie ekranów

4.3. Masa

Z punktu widzenia EMC podłączenie masy jest bardzo ważne. Typ połączenia oraz koncepcja ma zasadniczy wpływ na funkcjonowanie oraz wydajność systemu. Zasadniczo masa powinno spełniać następujące wymagania:

- sprzężenie pomiędzy podatnymi ścieżkami oraz ścieżką z wysoką emisją powinno być zredukowane,

- sprzężenie z zewnętrznego promieniującego pola powinno być zredukowane, wraz z emisją samego urządzenia

Należy unikać różnic potencjałów między kilkoma jednostkami.

4.3.1 Projektowanie masy

Jak wspomniano wyżej masa nie jest miarą skuteczności ekranowania. Optymalny skutek może być osiągnięty razem z innymi projektowanymi elementami takimi jak ekranowanie oraz filtrowanie. Wśród wielu środków zaradczych EMC, powinno się wybrać najbardziej ekonomiczne rozwiązanie. Dla masy należy przestrzegać poszczególnych zasad:

- Każdy układ elektryczny powinien mieć niezależną masę, aby uniknąć różnych potencjałów.
- Metoda ekranowania zależy od częstotliwości sygnału - dla niskich częstotliwości wymiary obwodu powinny być porównywalne do długości fali, niepożądane jest występowanie rezonansów. Podłączenie masy od strony odbiornika jest wystarczające do prawidłowego funkcjonowania ekranu. Metoda zwana jest masą punktową.
 - dla wysokich częstotliwości długość fali jest mała w porównaniu do wymiarów obwodu, więc uniknięcie rezonansu jest trudne. Aby mieć odpowiednie warunki, należy używać przewodów o dobrej charakterystyce impedancji i należy podłączyć do masy oba końce przewodów. W niektórych przypadkach przewody posiadają dodatkową masę w wielu punktach dla różnych ścieżek sygnału. Masa taka nazywana jest wielopunktową.
- Dla obwodów z sygnałami z niskimi jak i z wysokimi częstotliwościami należy do podłączenia zastosować kabel z podwójnym ekranem. Jednakże wysoka cena i waga wyklucza ich zastosowanie w wielu przypadkach. Stosuje się zatem mieszane koncepcje, łączące kombinacje masy ze skrętkami przewodów lub stosuje się inne metody.
- Masa jest koniecznie nie tylko dla pojedynczego urządzenia, ale dla całego systemu. Wszystkie pojedyncze urządzenia powinny być podłączone do jednego punktu masy. Jeżeli więcej niż jeden system masy jest używany, istotna jest niska rezystancja połączenia ich punktów jest istotny.

4.3.2 Uziemienie

Uziemienie i masa mają oddzielne funkcje w urządzeniach i istnieją różne sposoby ich doboru.

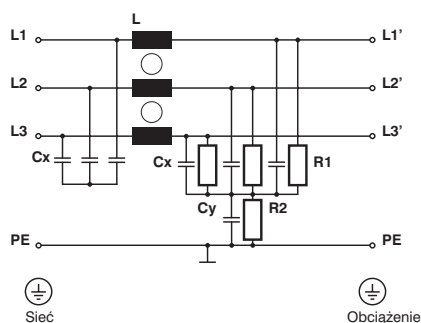
Uziemienie jest wyłącznie dla bezpieczeństwa, więc rezystancja tego połączenia jest bardzo istotna. Większość standardów bezpieczeństwa wymaga testowania

połączeń uziemienia. Masa przeważnie jest używana z powodów EMC. Ważniejsza dla połączenia masy jest impedancja a nie rezystancja, szczególnie dla wysokich częstotliwości. Połączenie przez dużą powierzchnię ma większą skuteczność niż połączenie punktowe. Uziemienie nigdy nie powinno być mieszane z masą. Uziemienie jest podłączone do całego systemu z powodów bezpieczeństwa. Masa jest używana do poprawienia funkcjonalności oraz charakterystyki EMC.

4.4. Komponenty tłumiące

Aby zniwelować zaburzenia sieci zasilania należy włączyć elementy LC. Powstrzymuje to energię zaburzenia wychodzącą z urządzenia i wchodzącą do sieci zasilającej. Zastosowanie układu cewka-kondensator skutecznie zatrzymuje zaburzenia sieci zasilania - widać to na poniższym rysunku :

- szeregowo indukcyjność w torze zasilania
- Cx – kondensatory pomiędzy fazą a przewodem neutralnym
- Cy – kondensatory pomiędzy fazą a masą



Typowy schemat filtra EMI

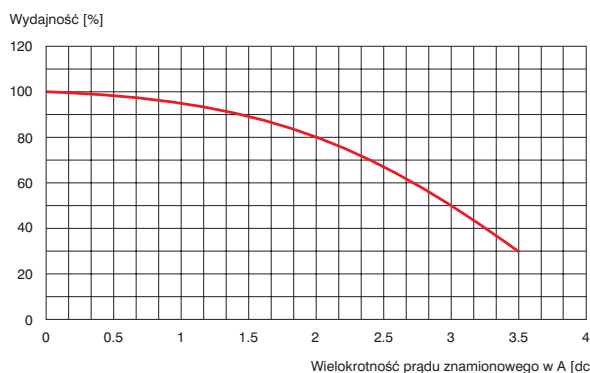
4.4.1 Dławiki

Dławik składa się z magnetycznego rdzenia, na którym nawinięte jest uzwojenie z materiału przewodzącego prąd. Istnieją różne kształty wykonania rdzenia: rdzeń pierścieniowy, rdzeń-D, rdzeń- E, rdzeń-I itp. Bez względu na kształt rdzenia, dławiki zawsze używają właściwości magnetycznych do przeciwstawiania się zaburzeniom RF.



Rdzenie typu pierścieniowego, D, E oraz I

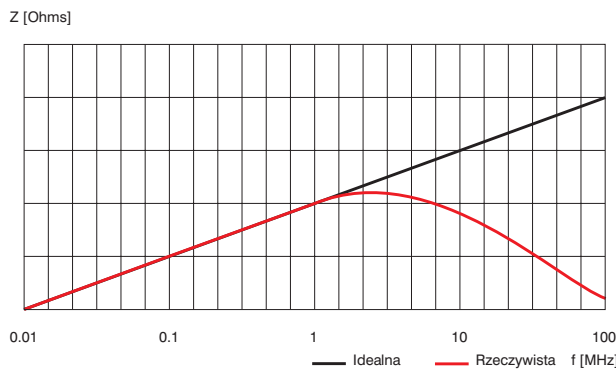
Materiał, z którego wykonany jest rdzeń, wpływa na wydajność dławika. Podnosi to właściwości magnetyczne dławików, ulepsza właściwości tłumienia i powoduje, że komponenty są bardziej uniwersalne. Dobór materiału rdzenia zależy od warunków pracy (takich jak temperatura oraz prąd). Kiedy dławik zostanie użyty niezgodnie z jego przeznaczeniem może dojść do jego nasycenia, doprowadzając do utraty właściwości tłumiących (jego impedancja będzie za niska).



Nasycenie się dławików spowodowane przepływem prądu

Zakres prądu jest jednym z głównych czynników powodujących nasycenie się dławika, Również wystąpienie wysokich asymetrycznych prądów zaburzeń może być tego przyczyną.

Można uniknąć nasycenia przez użycie dławika zgodnie z jego przeznaczeniem albo przez specjalną technikę nawinięcia zwaną kompensacją prądu. Zjawisko to będzie wyjaśnione nieco później. Charakterystyka impedancji dławika w relacji z częstotliwością tworzy bardzo interesujące zjawisko dla redukcji zaburzeń. Impedancja rośnie dla wysokich częstotliwości. Teoretycznie wraz ze wzrostem częstotliwości impedancja powinna również rosnąć. Kiedy zostanie osiągnięty punkt rezonansu, impedancja dławika odwraca się i powoli spada. Pokazane jest na poniższym rysunku.



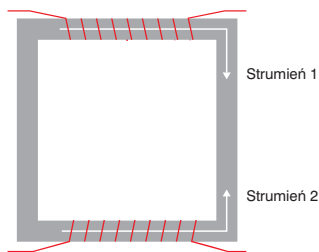
Typowa charakterystyka impedancji dławników

Do tłumienia zaburzeń mogą być używane trzy główne typy dławników:

- dławiki skompensowane prądowo – z wielokrotnymi zwojami na rdzeniu, aby uniknąć nasycenia,
- dławiki nasycające się – idealne do redukcji do szybkich zmian prądów
- dławiki z wydrążonym rdzeniem walcowym – prezentują stałą indukcyjność nawet dla wysokich prądów

Dławiki skompensowane prądowo (RN, RD oraz EV/EH) są używane do łagodzenia asymetrycznych zaburzeń sygnałów. Podłączone są szeregowo między fazą a przewód neutralny sieci zasilającej AC. Wytworzone pola magnetyczne całkowicie się znoszą dzięki technice nawijania uzwojenia.

Pełna indukcyjność jest widoczna tylko dla sygnałów zaburzeniowych, które płyną asymetrycznie z fazy/przewodu neutralnego do masy.

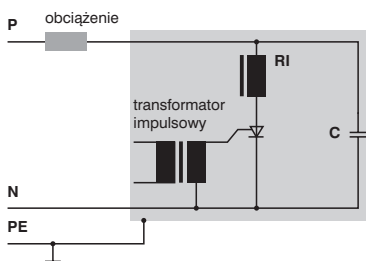


Zasada kompresji prądu

Składowe symetryczne są również tłumione, ponieważ występuje indukcyjność rozproszenia. Impedancja dławików dla częstotliwości linii zasilającej jest bez znaczenia, w praktyce sięga się praktycznie zerowy spadek napięcia. Dławiki te są połączone z kondensatorem i używane do:

- w obwodach sterowanych fazowo, gdzie sam dławik nie zapewnia odpowiedniego poziomu zaburzeń
- wygładzenia wysokich poziomów zakłóceń od ultradźwiękowych generatorów, szybkich prostowników, oraz urządzeń przełączających itp.
- tłumienia urządzeń nie podłączonych do masy
- filtrów wejściowych, do ochrony cyfrowych układów przeciwko zaburzeniom występującym w sieci zasilającej

Dławiki nasycające się (typ RI) zmieniają impedancję w momencie przełączenia i mogą zostać użyte do łagodzenia symetrycznych zaburzeń (P -> N), generowanych przez urządzenia sterowane fazowo takie jak tyrystor lub triak. Poziomy zaburzeń mogą być określone przez limity krajowe jak i międzynarodowe. Dla optymalnego tłumienia, dławiki powinny być podłączone jak najbliższej półprzewodnikowego urządzenia przełączającego. Prosty jednostopniowy układ jest przedstawiony na poniższym rysunku. Wykonany filtr może być dwustopniowy przez dodanie jednego dodatkowego kondensatora.

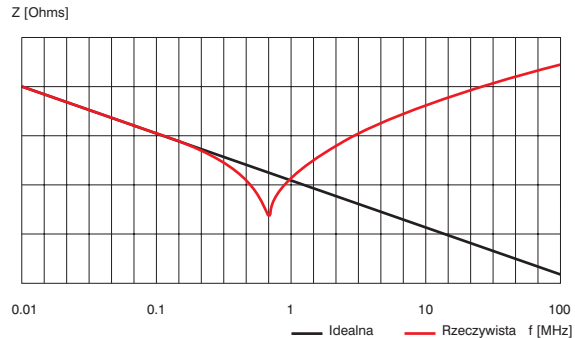


Nasycające się dławiki z tyrystorami

4.4.2 Kondensator

Kondensatory są to dwie metalowe płytki oddzielone nieprzewodzącym materiałem najczęściej powietrzem, ale częściej są używane silniejsze materiały w celu zwiększenia pojemności. Większość rozwiązań opisanych w tym katalogu to samonaprawiająca się błona dielektryka. Wszystkie materiały dielektryczne występujące

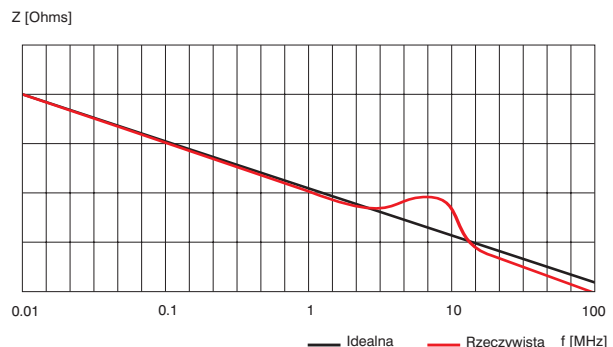
w kondensatorach zawierają otwory i inne niedoskonałości. W czasie produkcji, wysokie napięcie jest przyłożone do dielektryka aby metalizować obszar dookoła otworów, tworząc w ten sposób wysokiej klasy kondensatory. Impedancja kondensatorów spada dla wysokich częstotliwości. Z powodu indukcyjnego zachowania się przewodu, kondensatory osiągają punkt rezonansu, po którym następuje wzrost impedancji.



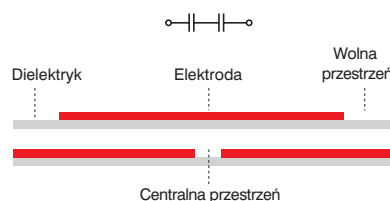
Typowa charakterystyka impedancyjna kondensatorów RFI

Rezonanse mogą zostać prawie całkowicie usunięte przez bezpośrednie podłączenie przepustowych kondensatorów. Zamiast podłączenia przewodu do zwojów kondensatora przewód jest skierowany do centrum zwojów cewki. Jedna strona kondensatora jest wtedy podłączona bezpośrednio do linii zasilania. Natomiast drugi koniec jest podłączony do ekranu. Rezultatem tego są kondensatory bez znaczącego wpływu wyprowadzeń. W ten sposób uniknąć można punkt rezonansu.

Kondensatory podłączone są pomiędzy fazami lub fazą a masą. Wszystkie kondensatory Schaffnera posiadają taką konstrukcję. Redukują one narażenia napięciowe na każdym elemencie kondensatora, co pozwala na doskonałą ochronę dla wysokich napięć stanów przejściowych oraz minimalizuje jonizację co skutkuje zwiększeniem żywotności elementu.



Typowa charakterystyka impedancyjna kondensatorów przepustowych



Konstrukcja kondensatora przepustowego

4.4.3 Filtry

Filtry podłączone do linii zasilającej są kluczowym elementem stosowanym do eliminacji zaburzeń sieciowych. Filtry te nie tylko muszą spełniać wymagania EMC, ale także aspekty bezpieczeństwa. Dla niektórych aplikacji filtry muszą zapobiegać promieniowaniu tajnych danych z linii sygnałowych (aplikacje TEMPEST). Inne aplikacje wymagają od filtrów ochrony urządzeń przed destrukcyjnymi skokami napięć występującymi w liniach zasilania.

Filtry dostarczane są z elektryczną i mechaniczną specyfikacją. Filtry PCB są zaprojektowane tak, aby zajmowały jak najmniej miejsca. W konsekwencji standardowo oferowane są filtry jednostopniowe z ograniczeniem maksymalnej mocy. Filtry te stały się idealne dla przedsiębiorstw, które podczas projektowania urządzeń elektronicznych planują ochronę EMC. Kompletnie urządzenie jest chronione za pomocą nie drogich komponentów. Podczas montażu tych elementów, należy zwrócić uwagę na to, aby połączenie do masy miało niską impedancję.



Filtr PCB FN 409 firmy Schaffner

Filtr IEC jest używany do ograniczenia zaburzeń w komputerach, monitorach, w drukarkach oraz kserach i sprzęcie medycznym.

Filtr ten zbudowany jest z gniazda IEC oraz niewielkich rozmiarach filtra o doskonałych parametrach tłumiących. Jest on doskonałym wyborem do urządzeń z zasilaczem impulsowym (SMPS). W dodatku do klasycznej funkcji filtru IEC dodany jest przelącznik włączający zasilanie lub bezpiecznik.



Filtr IEC FN 9222 firmy Schaffner

Filtry do montażu wewnętrznego są wydajne dzięki swojej konstrukcji. Zabudowane w metalowych obudowach dla lepszej optymalizacji połączenia z masą oraz dla większej wydajności dla wysokich częstotliwości. Posiadamy szeroką gamę filtrów, które pozwalają na rozwiązanie wielu skomplikowanych problemów EMC.

Zasilane urządzenia elektroniczne, takie jak przemysłowe konwertery częstotliwości (falownik) i obrabiarki są doskonałymi aplikacjami do zastosowania filtrów trójfazowych.



Filtr do montażu wewn. FN 2410 firmy Schaffner

Dodatkowo takie filtry na rynku przemysłowym są używane do systemów komputerowych oraz w urządzeniach medycznych takich jak rentgeny. Filtry do montażu wewnętrznego posiadają metalową obudowę, dzięki temu występuje bardzo dobre połączenie z uziemieniem dla optymalizacji wydajności dla wysokich częstotliwości.

Dostępne są również wersje trójfazowe z przewodem neutralnym dla napięcia zasilania 690 VAC.



Trójfazowy filtr FN 3270 firmy Schaffner

Filtry i kondensatory przepustowe oferują szczególnie wysoką skuteczność tłumienia przeciw zaburzeniom za niewielką cenę. Oferując również wysoką tłumienność wtrąceniową dla wysokich częstotliwości - od kilku kHz do kilku GHz. Komponenty te są montowane na pojedynczej fazie, dzięki czemu są łatwe do montażu. Dla układów o wielu wejściach oraz wyjściach zasilania doskonale spełniają swoje zadanie.



Filtr przepustowy FN 7611 firmy Schaffner

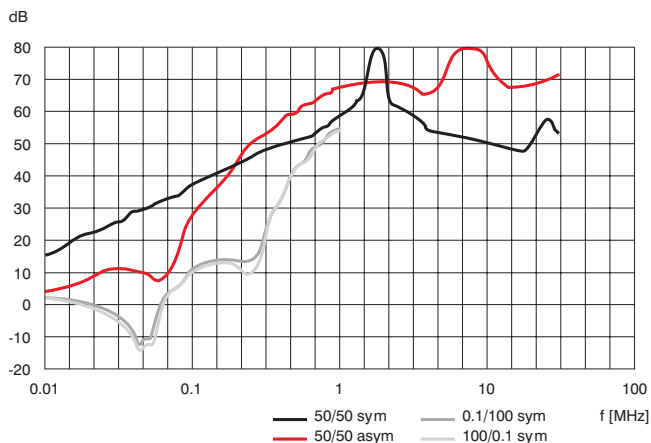
4.5. Tłumienność filtrów

Parametrem charakterystycznym opisującym filtr jest jego tłumienność. Aby zdefiniować tłumienność, należy określić źródło, podłączone obciążenie oraz należy dokonać pomiaru sygnału ze źródła. Następnie powinniśmy zamontować filtr, dokonać pomiaru ponownie. Tłumienność jest wyliczana z dwóch składowych zgodnie ze wzorem:

$$A[\text{dB}] = 20 \cdot \log \frac{V_2}{V_1}$$

gdzie V_2 i V_1 są rezultatem pomiaru bez i z filtrem. Dokładny pomiar jest opisany w CISPR 17. Impedancja

obciążenia i źródła musi wynosić po 50 Ω. Wyniki takiego pomiaru pokazane są na poniższej charakterystyce.



Charakterystyka tłumienia

Charakterystyka tłumienia produktów firmy Schaffner posiada dodatkowo dwie linie. Tłumienie symetryczne dla obciążenia 0,1/100 Ω oraz 100/0,1 Ω. Wykres tłumienności danego filtra nie pokazuje realnych wyników, ponieważ pomiar jest przeprowadzany w warunkach laboratoryjnych.

Pomiary dla różnych impedancji pokazują, że wraz ze zmienną tłumienności zmienia się impedancja. Filtry Schaffner są dodatkowo testowane dla różnych obciążeń aby zagwarantować wysokie parametry (bez nasycenia) w aplikacjach końcowych.

5. Jakość energii

Jakość energii jest zagadnieniem o rosnącym znaczeniu i w wielu miejscach użyteczności publicznej zasilanych elektrycznie jest wymagane dostarczenie zasilania elektrycznego o odpowiednich parametrach (harmoniczne i granice napięcia). Aby to osiągnąć, muszą zostać wprowadzone ograniczenia w stosowaniu różnych typów obciążeń, szczególnie tych, które powodują zniekształcenia przebiegu prądowego.

5.1. Definicja współczynnika PF

W poprzednich rozdziałach dotyczących pomiarów kompatybilności elektromagnetycznej, prezentowaliśmy skutki harmonicznych i odchyień napięcia w urządzeniach podłączonych do sieci zasilających. Skutki te mogą być potęgowane przez fluktuacje częstotliwości oraz podobne im zaburzenia związane z sieciami zasilania i częstotliwością.

Sprawność w sieciach zasilających jest generalnie opisywana poprzez współczynnik mocy PF (power factor). Poniższa formuła prezentuje wzór, według którego obliczany jest współczynnik mocy:

$$PF = \frac{I_{1,rms}}{I_{rms}} \cdot \cos\varphi$$

gdzie:

$I_{1,rms}$ – wartość RMS składowej podstawowej prądu

I_{rms} – wartość RMS wszystkich harmonicznych, wliczając podstawową i wyższe harmoniczne prądu.

Im współczynnik PF jest bliższy 1, tym sieć zasilająca jest wydajniejsza.

Kiedy nasze rozważania sprowadzimy na poziom urządzeń i spróbujemy rozpatrywać jakość energii, często napotykamy na inwertery (przetwornice, falowniki) częstotliwości. Układy te są najpowszechniej stosowanymi elementami sterowania silników prądu zmiennego. Obecnie są spotykane we wszystkich strefach przemysłu, np. w aplikacjach takich, jak: różnego rodzaju pompy, systemy wentylacji powietrza, windy i dźwigi, podnośniki, obrabiarki, w alternatywnych źródłach energii oraz w szerokim zakresie innych gałęzi gospodarki i automatyki domowej.

W poszukiwaniu ultra-małych, wydajnych elementów konwersji, producenci inwerterów zastosowali bardzo szybkie układy przelączające półprzewodnikowe (IGBT) oraz układy modulacji szerokości impulsu (PWM). Umożliwiło to wygenerowanie szybko narastających impulsów napięciowych o określonym czasie trwania i polaryzacji. Niestety stworzyło to dużą ilość problemów w urządzeniach (OEM) i układach integratorów, począwszy od czysto funkcjonalnych trudności, po bardziej znaczące kłopoty i zjawiska takie, jak:

- na wejściu inwertera (falownika):
 - problemy EMC,
 - harmoniczne,
 - zapady komutacyjne,
 - udary i piki prądowe,
 - zakłócenia niskiej częstotliwości.
- na wyjściu inwertera (falownika):
 - nadmierny stosunek dv/dt,
 - piki i przepięcia,
 - prądy pasożytnicze ziemi,
 - straty na prądy wirowe w silniku,
 - prądy przesunięcia w cewkach,
 - dodatkowe impulsy na obciążeniu inwertera (falownika),
 - szumy akustyczne silnika,
 - inne problemy EMC.
- obwód pośredniczący falownika (DC link):
 - narażenia kondensatora obwodu DC link,
 - harmoniczne,
 - różne inne problemy.
- w całym systemie:
 - niska sprawność / niski współczynnik mocy PF,
 - niska odporność układu,

- niedopuszczalne emisje zaburzeń,
- niepewne bezpieczeństwo usług wykonywanych przez urządzenie.

5.1.1 Zakresy częstotliwości

Według definicji w normach, kompatybilność elektromagnetyczna związana jest z zakresem częstotliwości od 0 Hz do 400 GHz. Jednakże, obecnie zdefiniowane pozostaje tylko jej wąskie pasmo. Poniżej przedstawiono zakresy określone w normach:

- 50/60 Hz - 2,5/3 kHz – dla głównych harmonicznych w zależności od częstotliwości sieciowej,
- 150 kHz - 30 MHz – dla emisji przewodzonej,
- 30 MHz - 1 GHz - dla emisji promieniowanej,
- 9 – 150 kHz – dla pewnych urządzeń (emisja przewodzona),
- 1 GHz – 18 GHz – dla niektórych urządzeń przemysłowych (emisja promieniowana) ,
- 1 GHz – 40 GHz – dla niektórych urządzeń telekomunikacyjnych (emisja promieniowana).

W powyższych punktach opuszczono niezdefiniowaną strefę od 2,5/3 kHz do 150 kHz. Nie mniej jednak, zakres ten nie jest wolny od zaburzeń; nie jest po prostu regulowany w normach. W chwili, gdy nadmierne zaburzenia będą doprowadzane do nieodpornego urządzenia – będą one, z pewnością, prowadzić do problemów z jego funkcjonowaniem.



Pasma niższych częstotliwości zazwyczaj jest rozumiane jako zakres jakości energii (PQ – Power Quality). Jednakże, warto zauważyć, że na powyższym rysunku oba zakresy: PQ i EMC nachodzą na siebie. Jest to powodem tego, że zakres EMC jest tylko pewną częścią całkowitego pasma PQ.

Ta sama sytuacja jest dla różnych rozwiązań. Filtr dla zakresu emisji przewodzonej od 150kHz do 30MHz nie będzie wprost pokrywał tylko tego pasma; będzie natomiast także łagodził skutki zakłóceń dla częstotliwości niższej i nieco wyższej. Powoduje to, że rozwiązania proponowane przez Schaffner mogą służyć producentom do pokrycia tego pasma PQ i EMC, który jest w danej aplikacji wymagany, pokrywając również małe zakresy poniżej i powyżej tych zakresów. Zwiększa to pewność bezawaryjnego funkcjonowania urządzeń zabezpieczonych rozwiązaniami firmy Schaffner.

5.2. Dławiki w układach napędowych

5.2.1 Potrzeba ochrony

Obecnie producenci napędów bezstopniowych (VSD – variable-speed drives) operują na wyjątkowo konkurencyjnych rynkach. Panuje tendencja do oferowania produktów napędowych bez dławików wejściowych, chyba że klient końcowy zażyczy sobie, aby element ten został zastosowany. Użytkownicy często nie są świadomi korzyści, jakie niesie zastosowanie dławika, zarówno dla elektroniki napędowej, jak i zasilacza układu.

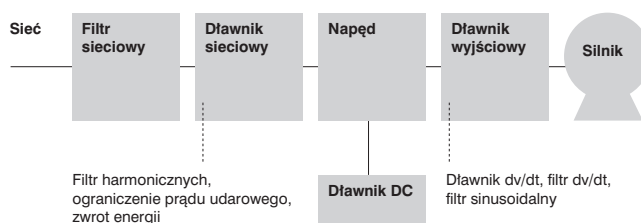
Wprowadzenie dławika wejściowego do układu może zaowocować następującymi korzyściami:

- zabezpieczeniem elektroniki przed nieokreślonymi impulsami wejściowymi powodowanymi przez ładunki generowane w innych miejscach zasilania,
- zapobiega skutkom wysokich prądów udarowych i redukuje nieokreślone ładunki pochodzące od komponentów wejściowych,
- zwiększa współczynnik szczytu VSD, zmniejsza straty linii zasilającej,
- kontroluje emisję harmonicznych prądu wejściowego,
- kontroluje wpływ zapadów komutacyjnych w zasilaczach,
- chroni i wydłuża życie kondensatorów obwodu pośredniczącego falownika VSD,
- redukuje zakłócenia różnicowe zjawisk niskoczęstotliwościowych do kilkuset kHz.

5.2.2 Przegląd zastosowań

Dławiki i filtry mogą być stosowane w wielu różnych aplikacjach układów napędowych: w linii z wejściem zasilania (dławiki sieciowe), w obwodach DC link pomiędzy prostownikiem, a kondensatorem (dławik obwodu pośredniczącego falownika) oraz na wyjściu napędu silnika (dławiki silnikowe).

Dławik w każdym z tych układów powoduje określone skutki, które wzajemnie się wykluczają. Ogólnie rzecz biorąc, nie jest niezbędnym zastosowanie dławika, zarówno na wejściu zasilania, jak i po stronie obwodu DC link, dlatego warto pamiętać, że funkcje wejściowego dławika sieciowego są zupełnie różne, niż filtra na wyjściu napędu i pozostaje bardzo sensownym zastosowanie obu w powyższym układzie napędowym.



rys. Możliwe umiejscowienie dławików w układzie napędowym.

5.2.3 Wejście

Zastosowanie dławika na wejściu zasilacza będzie miało dwie zasadnicze korzyści: ochroni elektronikę napędu przed zaburzeniami mocy oraz ochroni zasilacz od zaburzeń generowanych przez sam napęd.

Tłumienie harmonicznych.

Trójfazowe wejście prostownika z kondensatorem powoduje nieciągłości prądu. Kiedy napięcie wejściowe na którejkolwiek parze diod jest większe, niż napięcie w obwodzie pośredniczącym falownika utrzymywane na kondensatorze przez element ten przepływa prąd i powoduje jego ładowanie. Kiedy napięcie wejściowe jest mniejsze, diody blokują prąd wejściowy i kondensator dostarcza prąd z linii DC link. Powoduje to charakterystyczny „podwójny puls” prądu wejściowego od każdej z trzech faz, które z kolei akumulują się w obwodzie pośredniczącym i dają serię unipolarnych pulsów prądu na sześć cykli częstotliwości wejścia (300Hz w aplikacjach EU).

Nieciągły prąd fazowy jest pełen zakłóceń, w tym harmonicznych 50Hz. Współczynnik zawartości harmonicznych THD jest zazwyczaj w zakresie od 90% do 150%. Dominujący wpływ na współczynnik THD mają harmoniczne: 5-ta, 7-ma, 11-sta i 17-sta.

Skutki tych harmonicznych w zasilaczach i ostatecznie w innych aplikacjach użytkowników są różnorodne:

- przeciążenia transformatorów i przewodów neutralnych spowodowane przez nadmierne prądy pomiędzy przewodem zerowym i fazowym,
- przegrzewanie kondensatorów korekcji współczynnika mocy powodowane przez prądy wysokiej częstotliwości,
- straty przewodzone będące skutkiem efektu naskórkowości przy wyższych częstotliwościach,
- zniekształcenia napięcia, wzmocnione w odległych punktach sieci w wyniku rezonansów,
- problemy bezpośredniego rozruchu silników indukcyjnych w częstotliwościach harmonicznych,
- zakłócenia akustyczne i elektryczne w częstotliwościach audio,

- zwiększenie prądów upływu do uziemienia spowodowane przez pojemności filtrów EMI.

W energii dostarczanej w przemyśle powyższe skutki są oczywiście mocno zredukowane. Obecnie w wielu krajach wymaga się od dostawców energii elektrycznej zapewnienia energii o gwarantowanej jakości. Możliwe jest to tylko w przypadku kontroli emisji zakłóceń użytkownika.

Wyjątkowo ważnym aspektem pozostaje poznanie międzynarodowych norm dla urządzeń działających na różnych prądach fazowych, m.in. normy IEC 61000-3-2 (<16 A na fazę), normy IEC 61000-3-12 (prąd fazy w przedziale 16-75A). W Stanach Zjednoczonych zakres harmonicznych pokryty jest przez normę IEEE 519. Wymagania te dla układów wejściowych obwodów trójfazowych są interesujące z punktu widzenia działania dławików sieciowych. Indukcyjność dławika zmniejsza tempo narastania każdego indywidualnie prostowanego pulsu oraz kontynuuje dostarczanie prądu (kilka ms), gdy poziom napięcia wejściowego spadnie poniżej poziomu napięcia linii DC link. Sześć-pulsowy przebieg prądu jest zatem „wygładzany” i staje się ciągły nawet, jeśli indukcyjność jest zbyt duża.

W tym samym czasie zredukowany jest szczyt amplitudy prądu. Oznacza to, że współczynnik szczytu fali jest również zredukowany, a co za tym idzie, stosunek wartości szczytowej do wartości RMS jest niższy. Ma to wiele korzyści, wliczając mniejsze narażenia kondensatora pojemnościowego oraz większą niezawodność. Tłumienie harmonicznych jest wprost związane z wartością indukcyjności w obwodzie. Odkąd dławiki Schaffnera określane są jako procentowy spadek napięcia, możemy powiązać tenże spadek z tłumieniem harmonicznych, co przedstawiono w poniższej tabeli. Jak możemy zobaczyć, czteroprocentowa indukcyjność daje znacznie lepszą tłumienność harmonicznych, niż dwuprocentowa, ale uzyskane jest to kosztem większego spadku napięcia i większych gabarytów elementów. Dla uzupełnienia standardowych dławików sieciowych i filtrów harmonicznych, Schaffner oferuje także różne mieszane rozwiązania dla redukcji harmonicznych.

Relacje pomiędzy uk i redukcją harmonicznych

Numer harmonicznej	Impedancja wejściowa uk w % vs pozostałe harmoniczne										
	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	80	60	46	40	34	32	30	28	26	24	23
7	60	37	22	16	13	12	11	10	9	8.3	7.5
11	18	12	9	7.4	6.3	5.8	5.2	5	4.3	4.2	4
13	10	7.5	5.8	4.9	4.2	3.9	3.6	3.3	3.15	3	2.8
17	7.3	5.2	3.6	3	2.4	2.2	2.1	0.9	0.7	0.5	0.4
19	6	4.2	2.8	2.2	2	0.8	0.7	0.4	0.3	0.25	0.2
THID	102.5	72.2	52.3	44.13	37.31	34.96	32.65	30.35	28.04	25.92	24.68

5.3. Rozwiązania wyjściowe dla napędów

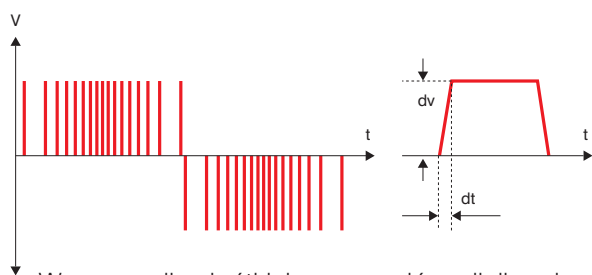
Poniżej przedstawione trendy na rynku napędów mogą mieć olbrzymie skutki na niezawodność całych systemów napędowych oraz sposobów jej zapewnienia. Są to m.in.:

- miniaturyzacja silników i ich napędów, często kosztem oszczędności izolacji w uzwojeniach silnika,
- modernizacja napędów silników w istniejących układach złożonych ze starszych silników i nieekranowanych przewodów,
- dążenie w kierunku wysoko-obrotowych prędkości maszyn o małej masie,
- innowacyjna technologia silników nisko-prędkościowych z dużą ilością biegunów.

Napędy są znanym źródłem zaburzeń, dlatego też zostają zazwyczaj wyposażane w filtr wejściowy. Nie mniej jednak, większość projektantów nie jest świadomych problemów po stronie wyjścia, na które to falownik dostarcza sygnał zmodulowany. Niektóre z typowych problemów na wyjściu zostały opisane poniżej.

5.3.1 dv/dt – stromość narastania impulsu

Aby utrzymać straty w przetwornicy częstotliwości na odpowiednim poziomie konieczne jest utrzymanie czasów przełączania układów półprzewodników mocy na tak niskim poziomie, jak jest to możliwe. W rezultacie w najnowszych układach IGBT czasy narastania są czasami większe niż $12 \text{ kV}/\mu\text{s}$, podczas gdy – w zależności od silnika – stosunek dv/dt jest dozwolony na poziomie do $1000 \text{ V}/\mu\text{s}$ (VDE 0530: 500 do $1000 \text{ V}/\mu\text{s}$).



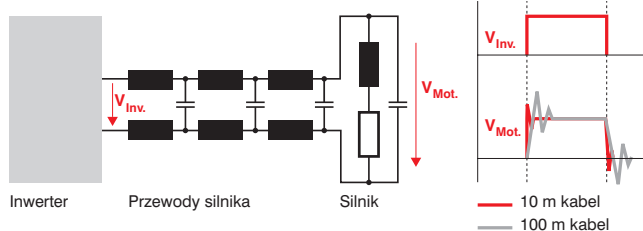
W przypadku krótkich przewodów silnika do około 20m, czasy narastania – z powodu małej indukcyjności przewodów – zależą w pełni od izolacji uzwojeń silnika. W zależności od struktury cewek silnika przewody, które są przewodnikiem, są usytuowane równolegle i kolejno, jeden za drugim.

Ponieważ nawet bardzo krótkie, równoległe położone przewody wykazują cechy pojemnościowe, stałe skoki potencjału powodują w przebiegunowaniu (pole reversal) straty poprzez izolację uzwojenia. Jeśli izolacja emaliowa jest zanieczyszczona nawet w niewielkim stopniu, powoduje to powstanie tak zwanych „hot-spot” (gorących punktów), które wcześniej lub później znisz-

czą izolację uzwojenia. W każdym razie, nieprawidłowy stosunek dv/dt prowadzi do przedwczesnego starzenia się i dalej do skrócenia żywotności silnika.

5.3.2. Przepięcia i piki napięciowe

Przepięcia i piki napięciowe mogą pochodzić od wysokich wartości dv/dt , ale są także problemem dla samego stosunku dv/dt . Struktury uzwojeń powodują, że silnik działa w układzie ekwiwalentnym jak kondensator, narażony na szybkie impulsy napięciowe o częstotliwości przełączania. Z każdym dodatkowym metrem przewodu silnika zwiększa się indukcyjność przewodu, działając jak dławik (według zasady zachowania energii). Jeśli dławiki są wystawione na działanie impulsów napięciowych, wartości szczytowe wypadają zawsze podczas załączania i wyłączania. Większa pojemność energetyczna (indukcyjność) dławika powoduje zwiększenie wartości szczytowych napięcia. Innymi słowy, dłuższe przewody silnika zwiększają maksimum amplitudy napięcia, a co za tym idzie – amplituda może sięgnąć w pewnym momencie wartości, które spowodują zagrożenie dla izolacji uzwojenia podłączonego silnika. Z powodu indukcyjności przewodów, zbyt duży stosunek dv/dt – w przypadku dłuższych kabli – jest redukowany do mniejszych wartości. Na podstawie teorii linii długiej, wartości szczytowe rzędu 1600 V lub większe (w zależności od napięcia obwodu DC link) mogą być powodowane przez odbicia w przewodach. Mogą one mieć bardzo strome zbocza dv/dt . Według VDE 0530 zalecane są wartości szczytowe mniejsze od 1000V.



Uproszczony równoważny obwód przewodów ekranowanych.

Proszę zauważyć, że rysunek powyżej prezentuje obwód równoważny tylko dla jednej fazy.

5.3.3. Dodatkowe straty w silniku

Oprócz problemów z izolacją uzwojeń, duże stromości przełączania tworzą inne zjawisko: harmoniczne sygnały wyjściowe. Stosując analizę Fouriera można matematycznie udowodnić, że spektrum harmonicznych prądów silnika ogólnie zależy od stromości pulsów, a dokładniej - zawartość harmonicznych wzrasta. Tętnienia prądu (PWM i harmoniczne) powodują dodatkowe straty magnetyczne w silniku. Żywotność silnika jest systematycznie skracana poprzez stały wzrost temperatury działania.

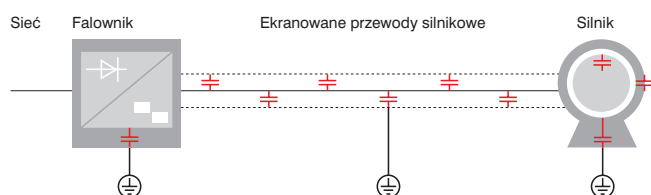
5.3.4. Ekran kablowe oraz prądy pasożytnicze ziemi

Z punktu widzenia tłumienia EMI, aby uniknąć ponownego sprzężenia zaburzeń promieniowanych do przewodu zasilającego w zakresie częstotliwości od 1 do 30 MHz, wymagane są ekranowane przewody silnikowe. Ten sposób poprawy EMC może być uważany za skuteczny wyłącznie, jeśli końce przewodu ekranu silnika są uziemione, co sprawia, że prądy zaburzeniowe mogą płynąć z powrotem do źródła najkrótszą drogą.

Konwertery częstotliwości zazwyczaj pracują w sieciach uziemionych i nie mają żadnej separacji potencjałowej. Geometryczne rozmieszczenie falownika oraz tych ekranowanych przewodów silnika tworzą pojemności pasożytnicze pomiędzy elektrycznie przewodzącymi komponentami, a potencjałem ziemi. Jeśli napięcie DC jest „pocięte” w falowniku, wówczas podczas skoków napięcia, znaczne impulsy prądowe płyną poprzez pojemności pasożytnicze do ziemi. Poziom zaburzeń prądowych w przewodach ekranowanych zależy wprost proporcjonalnie od stosunku dv/dt , podobnie jak wartość pojemności pasożytniczych ($I = C \cdot dv/dt$).

Widmo harmonicznych tych prądów może sięgnąć zakresu wielu MHz. Ekran przewodu silnikowego, który jest w formie splotu oferuje bardzo dużą powierzchnię i wystarczający przekrój, aby umożliwić przenoszenie tych prądów. W rezultacie impedancja ekranu dla szerokiego zakresu częstotliwości ma naturę niskoimpedancyjną. Straty powodowane przez efekt naskórkowości dzięki dużej powierzchni są ograniczone do minimum. Niedostateczne (niepełne) połączenia uziemiające przewodu ekranu (tzw. „warkocze”) posiadają dużą rezystancję dla rozpatrywanego zakresu częstotliwości i często likwidują zakładany efekt ekranowania. Jeśli równoległe położone przewody sterujące lub elektroniczne komponenty są umiejscowione w sąsiedztwie przewodów silnikowych, przepływ wysokoczęstotliwościowego prądu poprzez te przewody, może skutkować powstawaniem pojemności pasożytniczych, które z kolei mogą mieć niekorzystny wpływ na to sąsiadujące urządzenie (droga sprzężenia pojemnościowego).

Jeśli sąsiadujące komponenty są umiejscowione w bezpośrednim otoczeniu przewodów silnikowych, pętle przewodników oraz wysokie wartości di/dt prądów ekranowanych skutkują także w sprzężeniach magnetycznych, które dalej mogą wpływać niekorzystnie na inne elementy obwodu.



Pojemności pasożytnicze w układach napędowych.

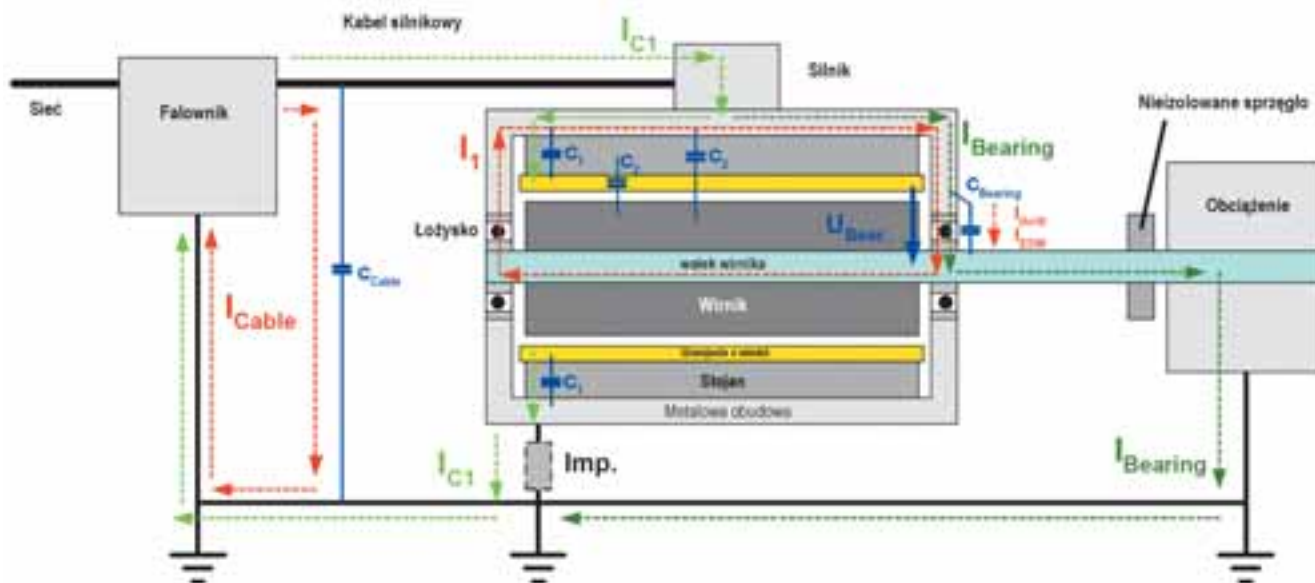
Prądy płynące poprzez ekran muszą przechodzić również przez falownik częstotliwości. Nie zależą od mocy napędu lecz tylko od geometrycznej struktury rozmieszczenia elementów napędu.

Działanie wielu silników połączonych równoległe do jednego konwertera może być problematyczne. Równoległe połączenie wielu ekranowanych przewodów skutkuje stosunkowo wysoką pojemnością całkowitą oraz w takim samym stopniu dużymi prądami ekranu. Zatem połączenie równoległe wielu napędów jest związane z jeszcze większą ilością problemów. Prądy pasożytnicze płyną poprzez silnik i mogą znacznie wpłynąć na niezawodność pracy całego układu (prądy te muszą być pokryte przez falownik, zatem musi on być przewymiarowany).

5.3.5. Uszkodzenia łożysk

Na uszkodzenia łożysk wpływają dwa różne zjawiska fizyczne:

- napięcie wirnika jest napięciem indukowanym, które tworzy się na wirniku silnika w wyniku różnic w gęstości strumienia stojana i wirnika. Głównym parametrem, który wpływa na jego poziom jest długość silnika. Tak długo, jak smar w łożyskach pozostaje nienaruszony, napięcie rośnie i ostatecznie, kompensuje prądy płynące do ziemi. W tym przypadku, ścieżka najmniejszej rezystancji wypada przez łożyska silnika. Prąd łożyskowy płynący przez dłuższy okres czasu przez łożyska wysusza smar, powodując w następstwie uszkodzenie silnika. Istnieje sposób na przeciwdziałanie temu zjawisku. Stosuje się wtedy łożyska ceramiczne (nieprzewodzące).
- Napięcie łożyskowe jest napięciem asymetrycznym (common-mode), które pojawia się w wyniku sprzężeń pojemnościowych pomiędzy obudową, stojanem i wirnikiem silnika ($C1$, $C2$ i $C3$). W rezultacie powoduje powstanie dv/dt i elektrostatycznych prądów rozładowczych ($I_{dv/dt}$ oraz I_{edm}), które płyną przez łożyska ($C_{bearings}$, $U_{bearings}$). Patrząc na problem dokładniej, napięcie łożyskowe tworzy dwa różne prądy: w pierwszych minutach działania, tak długo jak smar jest zimny, prądy w zakresie 5-200 mA ($I_{dv/dt}$) indukowane przez dv/dt płyną przez $C_{bearing}$. Są to raczej nieistotne prądy, które nie powodują żadnych uszkodzeń w łożyskach silnika. Po pewnym krótkim czasie, gdy smar zostaje podgrzany, prądy sięgają poziomów szczytowych rzędu 5-10 A (I_{edm}). Przeskoki prądu pozostawiają po sobie małe dziurki w powierzchni łożyska. Pracujące kulki łożyska stają się coraz bardziej szorstkie, zmniejszając tym samym żywotność samego łożyska. Typowe napięcie łożyskowe jest w zakresie od 10 do 30 V. Niestety wartość tego parametru zależy od napięcia sieciowego, zatem również uszkodzenia łożysk będą zależęły wprost proporcjonalnie do napięcia w sieci.



W przypadku przewodów silnikowych nieekranowanych, pojemność kablowa (C_{cable}) oraz związany z nią prąd (I_{cable}) są relatywnie małe. Znacznie większe są od nich pojemności pasożytnicze wewnątrz silnika. W idealnym przypadku prądy pasożytnicze płyną przez obudowę silnika do ziemi (I_{c1}). Jednakże, gdy uziemienie silnika jest nieodpowiednie, wprowadza to dodatkową impedancję, która ogranicza prąd (I_{c1}). Innym skutkiem dodatkowej impedancji jest gwałtowny wzrost potencjałów na kondensatorach C_2 , C_3 i C_{bearing} . Wartości prądów łożyskowych również znacznie wzrastają, płynąc całą swoją wartością poprzez łożyska do ziemi, zmniejszając czas życia łożysk kulkowych oraz całego silnika do kilku godzin.

5.3.6 Poziomy zakłóceń akustycznych

W porównaniu z poprzednio opisywanymi problemami, zakłócenia akustyczne w postaci świstów w silniku – powodowane przez częstotliwość przełączającą, będą wydawać się mało istotne. Jednakże, w aplikacjach związanych z grzaniem, podgrzewaniem, wentylacją i technologią klimatyzacyjną (air-conditioning technology HVAC), w których hałas jest rozprowadzany intensywniej po całym budynku poprzez kanały powietrzne i rury grzejne, ten punkt nie może zostać pominięty i musi być wzięty pod szczególną uwagę w trakcie projektowania układu.

5.3.7 Rozwiązania dla problemów na wyjściu

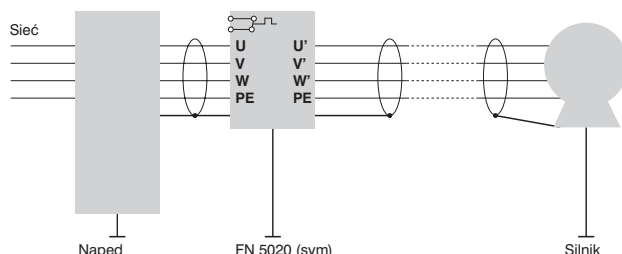
Z powodu kosztów, czasu i przestrzeni pierwszym sposobem rozwiązania problemów jest próba bez dodatkowych komponentów. Jednakże, późniejsze koszty spowodowane uszkodzeniami silnika i układu są często całkowicie nieproporcjonalne do dużo niższych, początkowych kosztów prewencyjnych pomiarów zaburzeń.

Aby zwiększyć niezawodność i bezpieczeństwo działania urządzeń, Schaffner proponuje na rynku poniższe typy komponentów:

- dławiki dv/dt oraz filtry (niższa indukcyjność),
- dławiki silnikowe (zwiększona indukcyjność, lepsze wygładzanie sygnału, ale brak możliwości stosowania w dowolnych układach kontroli napędów),
- sinusoidalne filtry wyjściowe (duża indukcyjność i pojemność, optymalizujące sygnał wyjściowy, ale również brak uniwersalności zastosowań).

Tradycyjne symetryczne sinusoidalne filtry wyjściowe – FN 520, FN 5010 i FN 5020

Wyżej wymienione tradycyjne filtry wyjściowe są dolnoprzepustowymi filtrami LC, które przekształcają sygnał PWM przetwornicy częstotliwości między fazami w wygładzony przebieg sinusoidalny. Tętnienia szczytkowe sygnału mogą zostać dostrojone manewrując wartościami L i C . Optymalny stosunek kosztów-korzyści jest często osiągnięty dla tętnień napięcia od 3 – 5%.



Napęd z symetrycznym filtrem wyjściowym

Symetryczne sinusoidalne filtry wyjściowe połączone bezpośrednio do wyjściowego konwertera mają, przede wszystkim, poniższe zalety:

- kompletna ochrona silnika od dv/dt i przepięć,
- redukcja dodatkowych strat magnetycznych oraz strat prądów wirowych w silniku,

- redukcja zakłóceń akustycznych,
- redukcja zniekształceń potencjału pochodzących od ekranowanych przewodów silnikowych,
- zwiększenie niezawodności i bezpieczeństwa działania całego układu.

Dla większości aplikacji, zastosowanie sinusoidalnego filtra wyjściowego będzie idealnym sposobem skutecznie rozwiązującym większość problemów oraz kształtującym sygnał sinusoidalny przy wykorzystaniu proporcjonalnie niedużych kosztów pieniężnych.

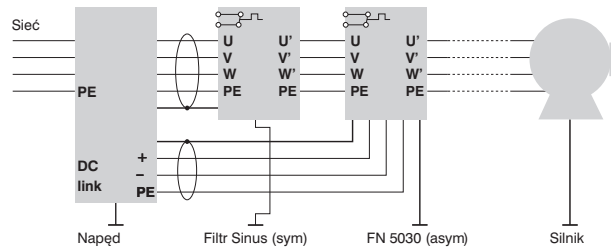
W niektórych przypadkach konieczne są dodatkowe pomiary. Symetryczne filtry wyjściowe, pomimo wszystkich swoich zalet, nie są zdolne rozwiązać niektórych problemów, które pomimo zastosowania filtra, nadal będą występować. Są to przede wszystkim:

- uszkodzenia spowodowane przez prądy łożyskowe,
- pasożytnicze prądu ziemi,
- konieczność stosowania kabli ekranowanych,
- ograniczenie maksymalnej długości przewodów silnikowych.

Sinusoidalne filtry wyjściowe – asymetryczne i symetryczne Sinus Plus – FN 530, FN 5020 z dodatkowym modułem FN 5030.

Sinus Plus to wysoko rozwinięty modułowy filtr sinusoidalny produkcji Schaffner, który na obecną chwilę jest unikatowy na rynku filtrów przeciwzakłóceniovych. Składając się z tradycyjnego filtra symetrycznego oraz z dodatkowego asymetrycznego modułu sinusoidalnego, może zostać dokładnie przystosowany do różnych wymagań. Dzięki nowatorskim obwodom oraz dodatkowemu połączeniu do sieci pośredniczącej DC link, dodatkowy moduł jest zdolny do wysyłania asymetrycz-

nych zaburzeń dokładnie do miejsc, w których zostały one zapoczątkowane.



Napęd z modułami filtra symetrycznego i asymetrycznego

Filtr Sinus Plus powinien być rozpatrywany zawsze jako system modułowy, w którym część filtra symetrycznego (FN 5020) może być podłączona autonomicznie, a część asymetryczna może być podłączona tylko razem z modułem symetrycznym. Filtr FN 530 łączy oba rozwiązania w jednej obudowie. Rozwiązanie to daje następujące korzyści:

- całkowitą eliminację wpływu prądów łożyskowych,
- możliwość użycia nieekranowanych przewodów bez jakichkolwiek uszczerbków w odporności,
- praktycznie brakiem ograniczeń w maksymalnej długości przewodów,
- prawie zupełną eliminacją impulsów prądowych do ziemi,
- brakiem jakiegokolwiek wpływu zakłóceń na sąsiadujące kable i urządzenia,
- eliminacją dodatkowych strat w przetwornicy częstotliwości,
- redukcją skutków zakłóceń na stronie wejścia.

Odkąd przetwornice częstotliwości zaczęły pracować w płaszczyznach odniesienia ziemi, każdy pomiar po stronie wyjścia wpływa także na stronę wejściową (i odwrotnie).



ADNOTACJE DO SPECYFIKACJI FILTRÓW

1. Parametry filtrów

1.1. Parametry Elektryczne

Wszystkie wartości elementów podane przez katalog są wartościami znamionowymi. Rzeczywiste wartości mogą się różnić od podanych w katalogu zgodnie z tolerancją podaną przez producenta elementu. Tolerancje i warunki testu elementów podane są w tabeli poniżej.

Parametr	- tolerancja	+ tolerancja	Warunki testu
Indukcyjność	30%	50%	1kHz
Pojemność	20%	20%	1kHz
Rezystancja	10%	10%	DC

1.1.1 Prąd

Parametry prądowe filtrów EMI wynikają z elementów filtra. Ponieważ płynący prąd powoduje wzrost temperatury elementów biernych, temperatura otoczenia w miejscu docelowego zainstalowania filtra ma bezpośredni wpływ na parametry prądowe.

Prądy znamionowe podane w katalogu i na obudowie filtra odnoszą się do temperatury otoczenia $\theta_N = 40^\circ\text{C}$ lub $\theta_N = 50^\circ\text{C}$. Maksymalny prąd roboczy filtra dla dowolnej temperatury otoczenia można wyliczyć z poniższego wzoru:

$$I = I_N \cdot \sqrt{\frac{\theta_{\max} - \theta_{\text{act}}}{\theta_{\max} - \theta_N}}$$

Gdzie I_N Prąd znamionowy przy θ_N
 θ_{act} Aktualna temperatura otoczenia
 θ_N Temperatura, do której odnosi się prąd znamionowy
 θ_{max} Maksymalna dopuszczalna temperatura pracy filtru

Jeśli filtr o prądzie $I_N = 7\text{ A}$ w $\theta_N = 50^\circ\text{C}$ i maksymalnej dopuszczalnej temperaturze pracy $\theta_{max} = 100^\circ\text{C}$ ma zostać zainstalowany w miejscu, gdzie temperatura otoczenia $\theta_{act} = 65^\circ\text{C}$, to jego prąd znamionowy należy zredukować do wartości $I_{N,65^\circ\text{C}} = 5,9\text{ A}$.

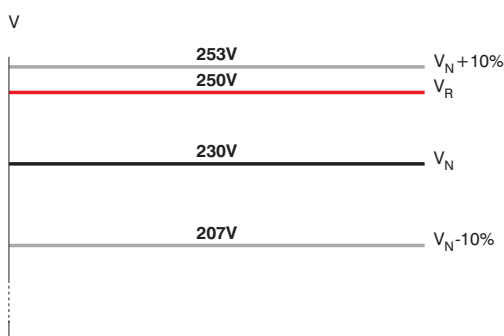
Rzeczywisty prąd może również przekroczyć wartość prądu znamionowego w pewnym okresie czasu. Dokładną specyfikację można znaleźć w kartach katalogowych każdego z filtrów.

1.1.2 Napięcie

Analizując parametry napięciowe należy zwrócić szczególną uwagę aby nie pomylić parametrów napięciowych filtrów z napięciem znamionowym sieci zasilającej.

Najbardziej popularne poziomy napięć znamionowych opisane są w normie IEC 60038. Przykładowo w Europie sieć zasilająca ma określone napięcie znamionowe na poziomie $230\text{ V} \pm 10\%$. Zatem maksymalne napięcie na zaciskach będzie wynosiło $230\text{ V} + 10\% = 253\text{ V}$.

Napięcie znamionowe filtru określa maksymalne ciągłe napięcie zasilania (czyli maksymalne napięcie, przy którym filtr może pracować w sposób ciągły). Krótkie przepięcia są dozwolone zgodnie z normą IEC 60939, ale aby uniknąć uszkodzenia kondensatorów filtru napięcie ciągłe w długim okresie czasu nie powinno przekroczyć napięcia znamionowego.



V_N znamionowe napięcie sieci V_R znamionowe napięcie filtru

Zależności między napięciem znamionowym sieci zasilającej i filtru

Napięcie znamionowe sieci (+10%) może przekroczyć napięcie znamionowe filtru, jak pokazano na wykresie powyżej. Warto jednak zaznaczyć, że napięcie znamionowe sieci określa się na odpowiednim poziomie

w granicach $\pm 10\%$, a nie na poziomie granicznym. Można zatem stwierdzić, że sieć zasilająca nie będzie pracować przy napięciu 253 V w sposób ciągły.

Parametry napięciowe zazwyczaj podawane są dla częstotliwości sieciowych 50/60 Hz. Jeśli filtr pracuje przy wyższych częstotliwościach (np. 400 Hz) należy ograniczyć napięcie. Szczegółowy opis znajduje się w kolejnym rozdziale.

Napięcie znamionowe filtrów trójfazowych, które można odczytać z tabliczki znamionowej filtru lub z katalogu, czasem prowadzi do nieporozumień w przypadku, gdy podane jest tylko jedno napięcie (np. 480 VAC). Wartość tą należy zawsze rozumieć jako napięcie międzyfazowe (napięcie faza-faza). Odpowiadające mu napięcie fazowe jest $\sqrt{3}$ razy mniejsze, np. $480\text{ VAC}/\sqrt{3} = 277\text{ VAC}$.

Napięcia znamionowe najnowszych produktów są oznaczone zarówno napięciem międzyfazowym, jak i przewodowym np. 480/277 V.

1.1.3 Częstotliwość

W zależności od rodzaju filtru możemy wyróżnić trzy różne zakresy częstotliwości:

Częstotliwości sieciowe. Częstotliwości sieci zasilającej AC, zazwyczaj 50 lub 60 Hz. Częstotliwość robocza filtru określona jest przez odpowiednio dobrane kondensatory. W zależności od charakterystyki napięciowo-częstotliwościowej kondensatora, istnieje możliwość pracy filtru przy wyższych częstotliwościach, ale przy zmniejszonym napięciu.

Częstotliwości przełączania (kluczowania). Częstotliwości używane do przełączania tranzystorów IGBT w stopniu wyjściowym przemienników częstotliwości (falowników) lub zasilaczy impulsowych (SMPS). Częstotliwość ta jest bezpośrednio powiązana ze stratami mocy w przemienniku i w elementach na jego wyjściu. Ogólnie rzecz ujmując, niższa częstotliwość przełączania oznacza mniejsze straty. Dla filtrów wyjściowych należy również wziąć pod uwagę związek między częstotliwością przełączania, a częstotliwością rezonansową filtru. Nasze filtry są zawsze tak projektowane, aby częstotliwość rezonansowa była przynajmniej 2,5 razy niższa, niż najniższa częstotliwość przełączania.

Częstotliwości silnikowe. Symulowana przez przemiennik częstotliwość zasilająca napęd elektryczny. Częstotliwość ta określa prędkość obrotową silnika. Większość aplikacji pracuje przy częstotliwościach silnikowych 50/60 Hz (częstotliwość wirowania pola), ale istnieją również napędy o większej częstotliwości silnikowej (np. wysokoobrotowe napędy wrzecion pracują do 200 Hz).

1.1.4. Rezystancja DC

Rezystancja DC filtru jest rezystancją zmierzoną przy odpowiedniej częstotliwości sieci zasilającej (50 Hz w Europie) w danej temperaturze (najczęściej 25°C).

1.1.5. Rezystory rozładowcze

Rezystory rozładowcze są podłączone równolegle z kondensatorami filtra w celu ich rozładowania po odłączeniu od sieci zasilającej i usunięcia zgromadzonego ładunku na zaciskach filtra. Zgromadzony ładunek może powodować śmiertelne zagrożenie życia, dlatego rezystory rozładowcze są wymagane przez normy bezpieczeństwa. Ogólnie mówiąc, rezystory o wysokiej rezystancji powoli rozładują kondensatory po odłączeniu filtra od sieci.

Jeżeli filtr docelowo ma być używany w sieciach typu IT, rezystory rozładowcze nie są zalecane. W sieciach IT stan izolacji jest zazwyczaj monitorowany w celu wykrycia uszkodzenia. Rezystory rozładowcze mogą zakłócić pracę układu pomiarowego powodując mylne zadziałanie zabezpieczeń.

1.1.6. MTBF

Współczynnik MTBF (Mean Time Between Failures) oznacza średni czas między awariami. Wskazuje nam jak często dany element ulega uszkodzeniu. Współczyn-

nik określa statystyczny udział procentowy urządzeń, które uległy uszkodzeniu w pewnym okresie czasu. Zatem współczynnik MTBF zmienia się w czasie, ponieważ niezawodność elementu maleje wraz ze starzeniem się elementu. Podane w tym katalogu współczynniki MTBF obliczone są zgodnie z normą MIL-HB-517F.

Współczynnik MTBF nie powinien być mylony z czasem życia produktu. Współczynnik MTBF określa prawdopodobieństwo uszkodzenia w działającym układzie. Obrazowym przykładem może być poduszka powietrzna w samochodzie. Współczynnik MTBF musi być bardzo wysoki, ponieważ w razie konieczności poduszka musi zadziałać nawet w 20 letnim samochodzie. Czas życia poduszki jest jednak znacznie krótszy: rozwinięcie trwa milisekundy i czas życia się kończy.

1.2. Parametry mechaniczne

1.2.1. Tolerancje mechaniczne

Tolerancje mechaniczne na rysunkach z tego katalogu są zgodne z EN 22768-2 (ISO 2768-2). Wszystkie wymiary na rysunkach powinny mieć podane tolerancje. Zamiast określać dla każdego wymiaru tolerancję, wystarczy podać odniesienie do kategorii tolerancji w wyżej wymienionej normie. Ogólne tolerancje podzielone są na kategorie: „dokładna”, „średnia”, „zgrubna” i „bardzo zgrubna”. Tabela poniżej pokazuje tolerancje zgodnie z tymi kategoriami.

Tolerancje mechaniczne

Kategoria	Pomiar w mm							
	≥ 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120	> 400	> 1000	> 2000
	... 3	... 6	... 30	... 120	... 400	... 1000	... 2000	... 4000
Kategoria	Tolerancja mierzona w mm							
dokładna f (fine)	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-
średnia m (medium)	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
zgrubna c (coarse)	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4
bardzo zgrubna v (very coarse)	-	±0.5	±1	±1.5	±2.5	±4	±6	±8

1.2.2. Złącza filtrów i przekroje przewodów

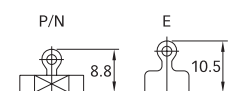
Filtry firmy Schaffner mogą być wyposażone w szereg różnych złącz. Poniżej znajduje się przegląd dostępnych

standardowych typów złącz. Na życzenie filtry można wyposażyć w inne rodzaje złącz.

Rodzaje złącz

Typ -01

Uszko do lutowania z otworem umożliwiające przełożenie kilku cienkich przewodów



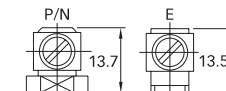
Typ -02

Pin przystosowany do bezpośredniego montażu przewlekanego na płytce drukowanej.



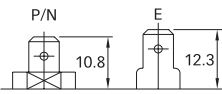
Typ -03

Złączka śrubowa na śrubę M4, Maksymalny moment: 1,3Nm



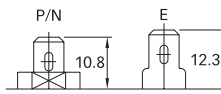
Typ -05

Przemysłowa płaska wsuwka 6,3 x 0,8mm



Typ -06

Przemysłowa płaska wsuwka 6,3 x 0,8mm która może służyć również jako uszko do lutowania



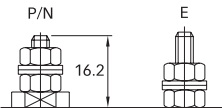
Typ -07

Izolowany przewód, z odizolowanym końcem gotowy do lutowania, różna grubość przewodu dobrana do mocy filtru



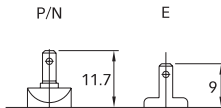
Typ -08, -09, -10

08: śruba M4 (1,3Nm)
09: śruba M5 (2,2Nm)
10: śruba UNC 8-32 (1,3Nm)



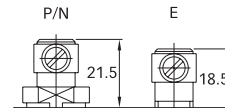
Typ -13

Wsuwka 2,8 x 0,5mm



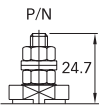
Typ -23

Złączka śrubowa ze śrubą M5
Maksymalny moment: 2,2Nm



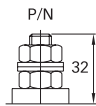
Typ -24

Śruba M6
Maksymalny moment: 4Nm



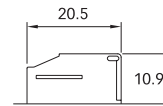
Typ -28

Śruba M10
Maksymalny moment: 18Nm



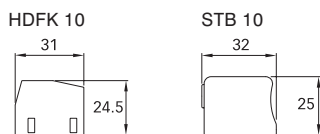
Typ -29

Bezpieczna złączka śrubowa na przewód lity 6mm², linka 4mm² lub 10 AWG
Maksymalny moment: 0,8Nm



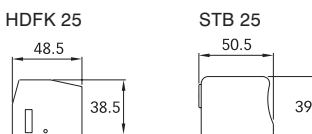
Typ -33

Bezpieczna złączka śrubowa na przewód lity 16mm², linka 10mm² lub 6 AWG
Maksymalny moment: 1,8Nm



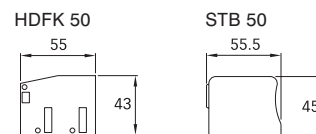
Typ -34

Bezpieczna złączka śrubowa na przewód lity 35mm², linka 25mm² lub 2 AWG
Maksymalny moment: 4,5Nm



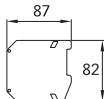
Typ -35

Bezpieczna złączka śrubowa na przewód lity i linkę 50mm² lub 1/0 AWG
Maksymalny moment: 8Nm



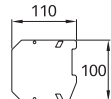
Typ -36

Bezpieczna złączka śrubowa na przewody 50mm² lub 4/0 AWG
Maksymalny moment: 20Nm



Typ -37

Bezpieczna złączka śrubowa na przewody 150mm² lub 6/0 AWG
Maksymalny moment: 30Nm



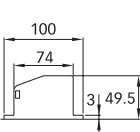
Typ -16, -38

16: wsuwka do lutowania 2,8 x 0,5mm
38: wsuwka 2,8 x 0,5mm



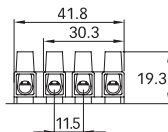
Typ -40

Bezpieczna złączka śrubowa na przewód lity i linkę 95mm² lub 4/0 AWG
Maksymalny moment: 20Nm



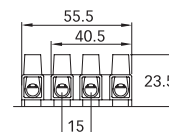
Typ -45, -46

Zestaw złączek śrubowych na przewód lity 6mm², linka 6mm² lub 12 AWG
Maksymalny moment: 0,8Nm



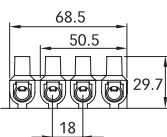
Typ -47

Zestaw złączek śrubowych na przewód lity 16mm², linka 10mm² lub 8 AWG
Maksymalny moment: 2,2Nm



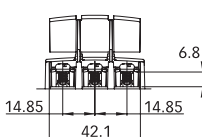
Typ -52

Zestaw złączek śrubowych na przewód lity 25mm², linka 16mm² lub 4 AWG
Maksymalny moment: 2,2Nm



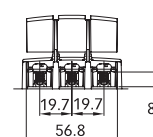
Typ -71

Złączka śrubowa M4 na oczko lub widelczyk do lutowania, z dźwignią podnoszącą
Maksymalny moment: 1,2Nm



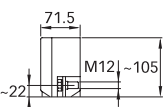
Typ -72

Złączka śrubowa M5 na oczko lub widelczyk do lutowania, z dźwignią podnoszącą
Maksymalny moment: 2,2Nm



Typ -99

Złączka wysoko prądowa na przewody linkowe 150mm² lub 6/0 AWG
Maksymalny moment: 30Nm



Poniższa tabela pokazuje pole przekroju poprzecznego przewodu w systemie metrycznym i AWG.

Charakterystyka przewodów w systemie metrycznym i AWG

Liczba AWG	Cu mm ²
22	0.33
20	0.54
18	0.83
16	1.34
14	2.15
12	3.44
11	4.17
10	5.26
9	6.63
8	8.37
7	10.5
6	13.3

1.2.3. Charakterystyka momentu

Charakterystyka momentu w tabeli powyżej pozwala na uzyskanie gwarancji poprawnego połączenia przy jednoczesnej ochronie złącza przed uszkodzeniem. Odpowiedni moment na złączu powinien być utrzymywany przez cały czas.

1.3. Wymagania środowiskowe

1.3.1 RoHS

Przyjęcie dyrektywy unijnej 2002/95/EC zabrania używania pewnych niebezpiecznych związków chemicznych. Dyrektywa weszła w życie 1 lipca 2006 i od tego dnia żaden nowy element elektryczny lub elektroniczny nie może zawierać zabronionych substancji:

- Ołów (Pb)
- Sześciowartościowy chrom (Cr(VI))
- Rtęć (Hg)
- PBB (polibromowane bifenyle) i PBDE (polibromowane etery bifenylu)
- Kadm (Cd)

Ponieważ całkowite wyeliminowanie tych związków jest praktycznie niemożliwe, decyzją Komisji Europejskiej z dnia 18 sierpnia 2005 (2005/618/EC) dopuszcza się następujące wagowe zawartości w jednorodnym materiale:

- 0,1 % wagi dla a, b, c, d
- 0,01 % wagi dla e

Aneks do dyrektywy 2002/95/EC definiuje następujące wyjątki:

- Ołów jako materiał do produkcji stopów
 - w stali może się zawierać do 0,35% wagi

- w aluminium może się zawierać do 0,4% wagi
- w miedzi może się zawierać do 0,4% wagi
- Ołów w szkłe używanym w elementach elektronicznych

Schaffner jako uznana światowa firma projektuje i produkuje wszystkie elementy zgodnie z powyższymi wymogami. Wprowadzenie dyrektywy i zgodność z nią jest kluczowym warunkiem i wszędzie tam, gdzie jest to możliwe Schaffner osiągnął dużo niższe poziomy niż wymagane.

Firma Schaffner markuje swoje wyroby znakiem „zgodny z RoHS” oraz „Bezołowiowy” w kartach technicznych, na stronach internetowych i na opakowaniach filtrów.



Znaki „Zgodny z RoHS” oraz „Bezołowiowy”

1.3.2 Test na wibracje i uderzenia

Filtry firmy Schaffner zachowują swoje parametry mechaniczne pod warunkiem, że będzie prawidłowo zamontowany. Procedura testowa polega na poddaniu filtrów badaniom na wibracje składającego się z sinusoidalnego przemieszczania od 10 Hz do 55 Hz i z powrotem do 10 Hz przez czas 120 minut. Test przeprowadzony jest w trzech głównych osiach z odchyłką ±0,75mm lub 10 stopni. Test na wibracje przeprowadzony jest zgodnie z normą IEC 60068-2-6.

Filtry Schaffner zachowują również swoje wszystkie właściwości po poddaniu testom na uderzenia. 1000 uderzeń po 10g każde, trwające przez 16 ms w trzech osiach odpowiednio do instrukcji montażu. Badanie na uderzenia zgodnie z normą IEC 60068-2-29.

1.3.3 Klasyfikacja klimatyczna

Wszystkie elementy muszą pracować w ściśle określonych warunkach klimatycznych. Norma IEC 60068-1 definiuje kategorie klimatyczne i odpowiadające im metody badań. Zazwyczaj kategoria klimatyczna jest oznaczana za pomocą trzech cyfr przedzielonych ukośnikiem, jak pokazano poniżej.

25/100/21

25	Test A: zimno (niższa kategoria temperaturowa) -25°C (zgodnie z IEC 60068-2-1)
100	Test B: suche ciepło (wyższa kategoria temperaturowa) -100°C (zgodnie z IEC 60068-2-2)
21	Test B: wilgotne ciepło (czas trwania testu) 21 dni (zgodnie z IEC 60068-2-78)

Dla środowisk, gdzie standardowe wymagania nie są spełnione (np wojskowe), Schaffner może zaoferować rozwiązania specjalne przystosowane do bardziej wymagających środowisk.

2. Wymagania bezpieczeństwa

Większość filtrów podłączana jest do linii zasilającej w powszechnej sieci dystrybucji energii, co pociąga za sobą konieczność spełnienia odpowiednich wymagań bezpieczeństwa. Podczas projektowania filtru należy rozważyć następujące problemy.

2.1. Test typu

Test typu przeprowadzany jest na próbce filtru w celu weryfikacji wszystkich wymagań bezpieczeństwa założonych na etapie projektu. Wszystkie testy typu przeprowadzane są zgodnie z odpowiednimi normami. Przy niektórych testach zostały usunięte rezystory rozładowcze.

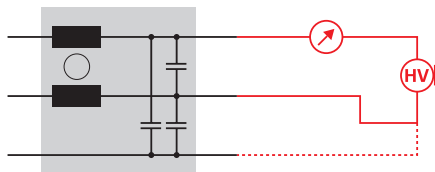
Gdy filtr zabudowany jest już w urządzeniu i przeprowadzany jest test typu należy zwrócić uwagę na poniższe punkty:

- Niektóre z testów mogą przeciążyć rezystory narażając je na uszkodzenia.
- W niektórych przypadkach urządzenie wymaga badania rezystancji izolacji, np EN 60204. Ten rodzaj testu nie może być przeprowadzony z rezystorami rozładowczymi.

W niektórych wyjątkowych przypadkach Schaffner dostarcza próbny filtr bez rezystorów rozładowczych.

2.2. Test wysokonapięciowy (Hipot)

Do budowy filtrów wykorzystuje się elementy, które są włączone między fazy sieci zasilającej lub między fazę a uziemienie. Z tego powodu ważne jest sprawdzenie w jakim stopniu filtr odporny jest na wysokie napięcia. Dlatego przeprowadzany jest test wysoko napięciowy (Hipot test) polegający na włączeniu między obudowę a zacisk lub między zaciski napięcia przez określony czas. Mierzy się prąd płynący między tymi samymi punktami. Jeśli prąd płynie, oznacza to uszkodzenie izolacji – filtr nie przeszedł testu pozytywnie.



Idea testów wysoko napięciowych (hipot)

Podczas certyfikowania filtru test jest zazwyczaj przeprowadzany przez dłuższy czas (zazwyczaj jedna

minuta) z określonym poziomem napięcia. Wiele norm bezpieczeństwa wymaga przeprowadzania badania na 100% wszystkich produktów, ale w celu zaoszczędzenia czasu dopuszcza się przeprowadzenie testu wyższym napięciem w krótszym czasie. Należy zaznaczyć, że wielokrotne powtarzanie badania wysokim napięciem może doprowadzić do uszkodzenia izolacji.

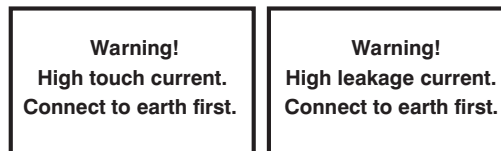
Poziomy napięcia testowego dla 100% produktów zaznaczone są w kartach katalogowych każdego z filtrów. Należy pamiętać, że test wysokim napięciem jest testem znacznie narażającym kondensatory wewnątrz filtru i skracającym ich żywotność. Firma Schaffner wychodzi z założenia, że liczba testów wysokim napięciem powinna być ograniczona do minimum, a poziomy napięć testowych nigdy nie powinny przekraczać wartości podanych w katalogu.

2.3. Prąd upływu

Podczas normalnej pracy urządzeń elektrycznych, pewien prąd płynie przez przewód ochronny do ziemi. Taki prąd, zwany prądem upływu, stwarza potencjalne zagrożenie dla użytkownika i dlatego jest ograniczany do minimum przez aktualne normy bezpieczeństwa. Przykładową normą bezpieczeństwa w urządzeniach techniki informatycznej jest EN 60950-1 lub norma UL 1286 dla pasywnych filtrów EMI. Normy zawierają maksymalny dopuszczalny prąd upływu.

W większości obecnych instalacji znajdują się wyłączniki różnicowo-prądowe zabezpieczające obwód przed skutkami nadmiernego prądu upływu. Typowe wartości wyzwalania wyłączników to 30 mA (ochrona człowieka przed porażeniem bezpośrednim) do 500mA (zabezpieczenia przeciwpożarowe).

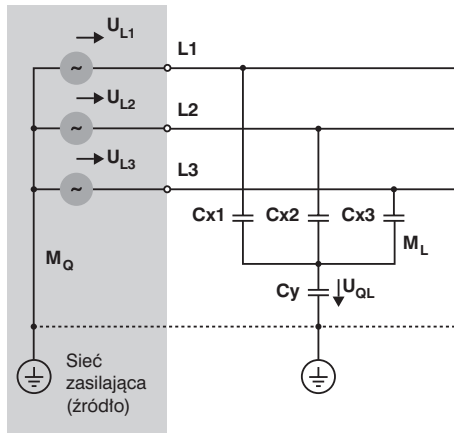
Urządzenia, które z zasady działania posiadają stosunkowo duży prąd upływu muszą być wyposażone w specjalną etykietę „Uwaga! Wysoki prąd dotykowy. Najpierw podłącz do uziemienia.”.



Etykieta ostrzegawcza dla urządzeń o dużym prądzie upływu

Dla pasywnych filtrów EMI bardzo często wylicza się prąd upływu na podstawie wartości kondensatorów połączonych z ziemią i innych elementów pasożytniczych. Poniższy rysunek pokazuje standardową konfigurację kondensatorów. W przypadku symetrycznej struktury kondensatorów prąd upływu będzie pomijalnie mały. Z drugiej strony prąd upływu osiągnie maksymalną wartość przy

możliwie największej asymetrii między fazami. Przyczyny asymetrii leżą zarówno w tolerancji wartości kondensatorów jak również asymetrii faz w sieci zasilającej.



Standardowa konfiguracja kondensatorów w filtrze trójfazowym

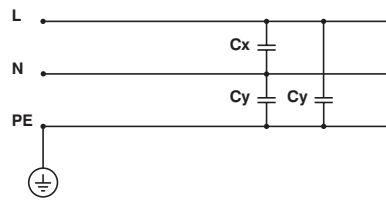
Większość kondensatorów w pasywnym filtrze jest produkowana z tolerancją $\pm 20\%$. Największy spadek napięcia na C_y pojawi się, gdy dwa z kondensatorów C_x będą miały najmniejszą, wynikającą z tolerancji wartość, a pozostałe największą. Dodatkowo zakładamy, że C_y ma największą, wynikającą z tolerancji wartość. Aby zobrazować teorię posłużymy się przykładem obliczeniowym na bazie trójfazowego filtra 480V. Pojemności kondensatorów wynoszą $C_x = 4,4\mu F$ i $C_y = 1,8\mu F$, tolerancje wszystkich kondensatorów wynoszą $\pm 20\%$. Pomijając w rozważaniach asymetrię sieci zasilającej wyliczony prąd upływu wyniesie około 23mA.

Praktyczne doświadczenie pokazuje jednak, że tolerancje kondensatorów nigdy nie są tak skrajne. Bardziej realne jest założenie tolerancji -20% do 0. Przy takim założeniu w analogicznym jak powyżej przypadku prąd upływu wyniesie zaledwie 10mA. Należy jednak wyraźnie zaznaczyć, że do dziś nie ma zgody i ujednoczenia metody obliczeń prądu upływu filtrów. Można zatem znaleźć różne prądy upływu dla pozornie takich samych filtrów, o takim samym schemacie i wartościach elementów.

W powyższych rozważaniach niebrano pod uwagę asymetrii sieci zasilającej. W praktyce każda sieć zasilająca ma pewną asymetrię. Aby uwzględnić asymetrię w obliczeniach posłużymy się normą EN 50160, która określa parametry publicznej sieci zasilającej. Zgodnie z tą normą asymetria sieci zasilającej nie może być większa niż 3%. Uwzględniając ten fakt w powyższych obliczeniach otrzymujemy zwiększony prąd upływu do 26mA dla kondensatorów o tolerancji $\pm 20\%$ oraz 13mA dla $+0/-20\%$.

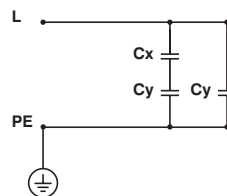
Obliczenia prądu upływu w układach jednofazowych są znacznie prostsze niż w układach trójfazowych. Przy danym napięciu zasilania i częstotliwości, prąd upływu zależy wyłącznie od całkowitej pojemności. Poniższy ry-

sunek obrazuje typowy układ kondensatorów w układzie jednofazowym.



Standardowy układ kondensatorów w układzie jednofazowym

Dla danych pojemności $C_x = 100nF$ i $C_y = 2,2nF$, o tolerancji 20%, prąd upływu zbliży się do $190\mu A$. Najgorszy przypadek wystąpi wówczas, gdy przerwany zostanie przewód neutralny. Całkowita pojemność będzie się składała z dwóch równoległych kondensatorów: z jednej strony C_{yL} , z drugiej strony szeregowo połączonych C_x i C_{yN} . Przypadek ten ilustruje poniższy schemat zastępczy.



Schemat zastępczy całkowitej pojemności w układzie z przerwanym przewodem neutralnym

Wspomniano wcześniej, że prąd upływu jest niższy w przypadku symetrycznej sieci zasilającej. Każda asymetria zwiększa prąd upływu. Mając to na uwadze, oczywistym jest że topologia sieci zasilającej ma znaczący wpływ na wartość prądu upływu urządzenia. Topologie sieci zasilającej opisane są w rozdziale „Rodzaje sieci zasilających”. Innym potencjalnym źródłem asymetrii jest moment włączenia urządzenia.

2.4. Klasa palności

Amerykańska agencja certyfikująca UL wymaga testów palności dla wszystkich plastikowych materiałów użytych w urządzeniu po to, by zapewnić, że materiał nie zapłonie w przypadku awarii urządzenia. Dokładne wytyczne opisane są w normie UL 94. Podczas testów próbka plastiku wystawiona jest dwukrotnie na działanie otwartego płomienia. Dokładny opis procedury testowej znajduje się w wyżej wymienionej normie. Podczas trwania testu obserwuje się następujące rzeczy:

- Czas płonienia próbki po pierwszym przyłożeniu otartego płomienia, t_1
- Czas płonienia próbki po drugim przyłożeniu otartego płomienia, t_2
- Czas żarzenia próbki po drugim przyłożeniu otartego płomienia, t_3
- Czy próbka upaliła się aż do klamry mocującej?
- Czy z próbki spadały płonące fragmenty, które rozpalily bawełniany wskaźnik?

Kryteria przypisania materiału do klasy palności według UL

Kryterium	V-0	V-1	V-2
Czas płonienie próbki dla pojedynczej próbki t_1 lub t_2	10s	30s	30s
Całkowity czas płonienia próbki w dowolnych warunkach ($t_1 + t_2$ dla 5 próbek)	50s	250s	250s
Czas płonienia plus czas żarzenia próbki dla pojedynczej próbki po drugim przyłożeniu otartego płomienia (t_2+t_3)	30s	60s	60s
Czas płonienia lub czas żarzenia próbki dowolnej próbki aż do kłamy mocującej	Nie	Nie	Nie
Bawelniany wskaźnik zapalony przez spadające płonące fragmenty	Nie	Nie	Tak

Bazując na wynikach testu materiał jest klasyfikowany jak pokazano w tabeli powyżej.

2.5. Bezpieczniki

Wszystkie filtry zawierające oprawki na bezpieczniki dostarczane są bez bezpieczników z powodu szeregu różnych rodzajów bezpieczników w różnych krajach. Poniżej opisanych zostało kilka zaleceń dotyczących bezpieczników.

Maksymalny prąd znamionowy w specyfikacji nie zawsze jest wymaganą wartością bezpiecznika. Użytkownik powinien wziąć pod uwagę parametry prądowe w powiązaniu z temperaturą otoczenia. Bezpiecznik musi być dobrany przez użytkownika w zależności od temperatury otoczenia, parametrów wyzwalania, czasu zadziałania (szybki, średni, wolny) i innych parametrów elektrycznych. Oprawki bezpieczników przystosowane są do montażu bezpieczników rurkowych 5 x 20 mm w Europie i 6,3 x 32 mm w USA. Należy sprawdzić w kartach katalogowych jaki typ bezpiecznika pasuje do danego filtra. Po uzgodnieniu z klientem możemy dostarczyć filtr razem z bezpiecznikiem.

3. Rodzaje sieci zasilających

3.1. Przeznaczenie sieci zasilających

Na świecie spotkać można szereg różnych sieci zasilających. Najbardziej popularne opisane są w normie IEC 60364-1. Rodzaj sieci zasilającej bardzo często ma wpływ na parametry filtra, a niektóre filtry są nawet specjalnie zaprojektowane dla konkretnych rodzajów sieci zasilających po to, aby zapewnić maksimum wydajności i niezawodności. Rodzaje sieci opisane są za pomocą poniższych kodów:

AB (-C -D)

A	Uziemienie źródła zasilania I: izolowany T: uziemiony
B	Podłączenie instalacji N: podłączony do PE T: bezpośrednio uziemiony
C	Połączenie N i PE C: połączone S: osobne
D	Oznacza, że część systemu ma osobne przewody N i PE

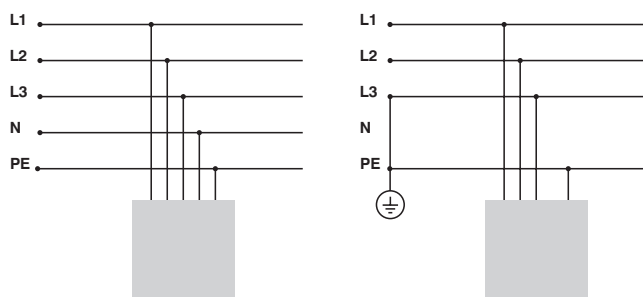
Przykład: Sieć TN-C-S to uziemiona sieć zasilająca, w której instalacja podłączona jest do PE. Przewód PE i N są połączone w PEN, ale w niektórych częściach sieci istnieją osobne przewody PE i N.

3.2. Sieci TN

W sieciach TN jeden punkt sieci jest bezpośrednio połączony z ziemią. Każda instalacja jest podłączona do tego wspólnego punktu uziemienia za pomocą przewodów PE. Istnieją trzy różne odmiany sieci TN

3.2.1. Instalacje TN-S

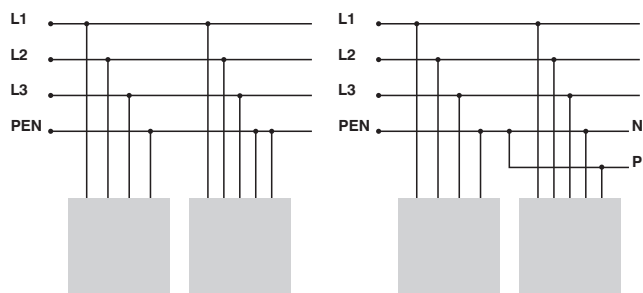
Litera S oznacza, że w całej instalacji musi być osobny przewód PE. Rysunki poniżej pokazują możliwe konfiguracje.



Sieci rozdzielcze typu TN-S

3.2.2 Instalacje TN-C-S i TN-C

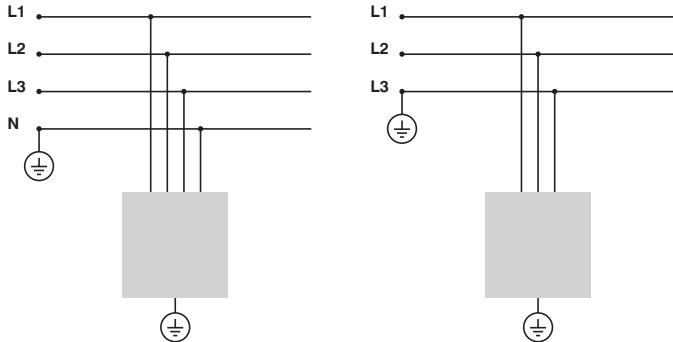
W instalacjach TN-C przewód ochronny i neutralny prowadzone są jednym przewodem w całej instalacji. Instalacje gdzie PE i N są częściowo prowadzone osobnymi przewodami nazywamy TN-C-S.



Sieci rozdzielcze typu TN-C (po lewej) i TN-C-S (po prawej)

3.3. Sieci TT

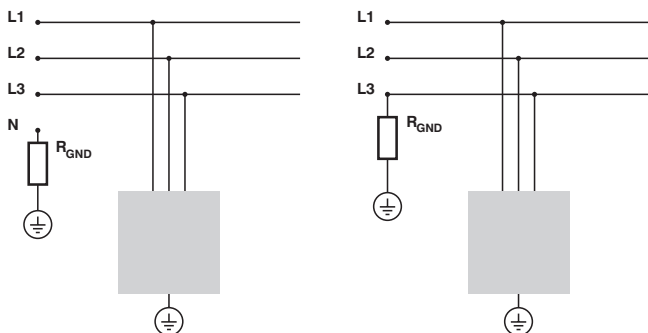
W sieciach TT punkty uziemienia systemu i instalacji są galwanicznie odseparowane. Obie części są bezpośrednio uziemione i niezależne.



Sieć rozdzielcza typu TT

3.4. Sieci IT

W sieciach IT istnieją dwie możliwości: albo wszystkie aktywne elementy są odseparowane od ziemi, albo tylko jeden punkt jest uziemiony przez ściśle określoną wysoką impedancję (R_{GND}).



Sieć rozdzielcza typu IT

Różne rodzaje sieci zasilających posiadają różne właściwości dotyczące filtrów. Dla sieci zasilających najczęściej rozważa się awarię, w której jedna z faz jest zwarta do uziemienia. Zaletą sieci IT jest fakt, że w przypadku takiej awarii ryzyko wystąpienia wysokich prądów dotykowych jest niewielkie. Jednakże wewnątrz filtru napięcie na kondensatorach znacznie wzrośnie. Jeśli filtr nie jest specjalnie przystosowany do pracy w sieciach IT, istnieje bardzo duże ryzyko uszkodzenia filtru już przy pierwszej awarii sieci.

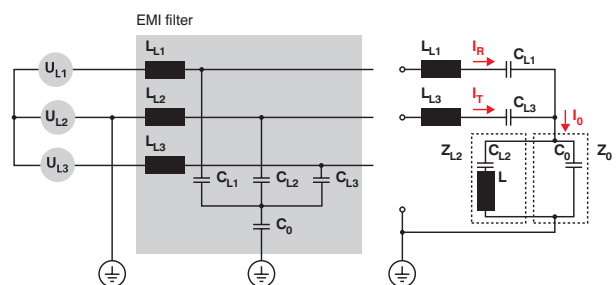
Sieć IT z pojedynczym zwarcie staje się siecią TN, ale o zwiększonym napięciu fazowym. Sieć w dalszym ciągu działa, ale wymaga jak najszybszej naprawy ze względów bezpieczeństwa. Dlatego też w sieciach IT izolacja przewodów fazowych w stosunku do ziemi jest monitorowana w sposób ciągły. Jeśli zostanie podłączona między fazę, a uziemienie dodatkowa rezystancja znajdująca się wewnątrz jakiegoś urządzenia, system monitorujący może wykryć fałszywą awarię. W konsekwencji tego kondensatory rozładowcze nie są dozwolone w sieciach IT.

Schaffner oferuje szeroką gamę filtrów przeznaczonych specjalnie do pracy w sieciach IT, przykładowo FN258HVIT lub FN 3359HV.

3.5. Sieci zasilające z uziemioną jedną fazą

W niektórych rejonach świata jak np. w Japonii sieć zasilająca posiada bezpośrednio uziemiona jedną fazę.

W takim układzie impedancja w kierunku ziemi jest zupełnie inna, co skutkuje różnymi spadkami napięcia i prądami upływu. W przypadku sieci z uziemioną fazą standardowe podawane przez katalogi parametry prądu upływu nie mogą być bezpośrednio zastosowane. Dla takich aplikacji Schaffner oferuje specjalne rozwiązania filtrów.



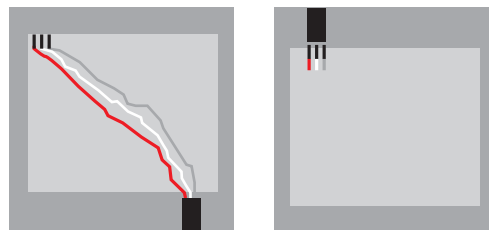
Sieć zasilająca z uziemioną jedną fazą i filtrem (po lewej) oraz schemat zastępczy (po prawej)

4. Instrukcje montażowe

Wszystkie filtry EMI są zaprojektowane tak, by zapewnić zgodność produktu końcowego z wymaganiami EMC. Jednak to czy będą naprawdę skuteczne w dużej mierze zależy od właściwego ich montażu. Instalacja filtru, oprócz odpowiedniego ich doboru, jest jedną z najważniejszych czynności. Ponadto na skuteczność filtru ma wpływ ogólne rozplanowanie i wdrażanie projektu urządzenia zgodnie z wymogami EMC.

4.1. Instalacja filtru

Zadaniem filtru jest zablokowanie niepożądanych sygnałów przed dostaniem się do pewnego elektrycznego obszaru. Aby tak się stało filtr powinien być zamontowany tak blisko tego obszaru, jak to możliwe. Połączenie filtru z obwodem źródła powinno być również możliwie krótkie.



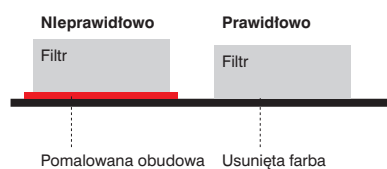
Niewłaściwe (po lewej) i właściwe (po prawej) umiejscowienie filtru.

Instalacji pokazanej na rysunku po lewej powinno się unikać za wszelką cenę. Chociaż połączenie między filtrem a obwodem ochronnym jest możliwie najkrótsze, co

wynika z projektu filtru, to przewody od filtru do płytki drukowanej znajdują się na możliwie najdłuższej drodze wewnątrz obudowy. Mogą one „zbierać” wszystkie sygnały z płytki i promieniować jak antena, czyli będą się zachowywać jak niepożądane źródło emisji zaburzeń. Jeśli połączenie byłoby możliwe krótkie, wszystkie zaburzenia z płytki będą wyeliminowane już u źródła. W takich warunkach filtr może osiągnąć swoje maksymalne osiągi.

Ważniejsze niż miejsce instalacji filtru jest jego podłączenie do uziemienia. Właściwe uziemienie jest kluczowe dla pracy filtru. Bez połączenia z uziemieniem filtr traci możliwość tłumienia zaburzeń asymetrycznych (wspólnych) za pomocą kondensatorów Y. Jeden z najczęstszych problemów polega na zamocowaniu filtru do obudowy, która jest pomalowana lub w inny sposób obrabiona. W ten sposób obwód uziemienia jest przerwany i filtr staje się bezużyteczny. Aby zapobiec takim zdarzeniom część powierzchni przeznaczanej na montaż filtru powinna być zeszlifowana.

Zeszlifowanie obudowy bardzo często nie jest możliwe.



Właściwe uziemienie filtrów

W zależności od warunków środowiskowych niezbędna może być obróbka powierzchni zabezpieczająca przed korozją, a zatem powierzchnia będzie nieprzewodząca.

Podczas uziemiania filtru należy zwrócić uwagę, aby połączenie miało możliwie dużą powierzchnię zestyku. Panuje błędna opinia, że standardowy przewód PE będzie wystarczający do celów uziemienia RF. Zamiast okrągłych należy stosować przewody płaskie, ponadto lepsze są plecionki niż przewody lite. W celu uzyskania optymalnej filtracji płaski przewód powinien być prowadzony prosto od zacisku filtru do zacisku uziemienia.

4.2. Połączenia i prowadzenie przewodów

Mówi się, że odpowiedni filtr to jedynie 50% całkowitej ochrony EMC. Pozostałe 50% można osiągnąć poprzez prawidłowy projekt urządzenia. Dwie sprawy są szczególnie istotne: podłączenia przewodów ekranowanych oraz prowadzenie przewodów.

4.2.1. Podłączenia ekranów

4.2.2. Prowadzenie przewodów

Podłączenia ekranów zostały już omówione w poprzednich rozdziałach. Podsumowując, ekrany przewo-

dów należy podłączyć na obu końcach, najlepiej za pomocą dławnicy lub obejmy na obwodzie 360°.

Za każdym razem, gdy przewody są pozostawione dłuższe niż to konieczne lub gdy prowadzone są blisko siebie, tworzą się dodatkowe anteny i obszary sprzężeń. Skutkuje to zwarciami RF elementu tłumiącego. Za niepowodzenie w skuteczności tłumienia zaburzeń winę ponosi błędne prowadzenie przewodów, a nie niewłaściwy filtr.

Aby polepszyć sytuację, przewody powinny być docięte dokładnie na wymaganą długość i prowadzone według ściśle określonych reguł. Jeśli nie da się uniknąć skrzyżowania przewodów należy to zrobić pod kątem 90°. Aby zapobiec zwarceniu sygnału RF filtra nie należy nigdy prowadzić i krzyżować przewodów wejściowych i wyjściowych filtru.

4.3. Planowanie EMC

Problematyka EMC musi zawsze iść w parze z projektowaniem urządzenia. Na samym początku etapu projektowania możemy wyszczególnić potencjalne źródła zaburzeń i najbardziej wrażliwe obwody w urządzeniu. Stwarza to możliwość ich fizycznego odseparowania i uniknięcia problemów już na początku, zamiast borykać się z nimi przy końcowych testach urządzenia.

Następnie należy zastanowić się nad rozprawianiem przewodów, mając na uwadze wskazówki z poprzedniego rozdziału. O wiele łatwiej projektować okablowanie od początku, niż modyfikować w razie problemów już istniejące. Ostatecznie należy się zastanowić nad doбором elementów filtrujących. Filtry nie są elementem dodawanym na samym końcu, aby pozbyć się problemów związanych z EMI - są integralną częścią projektu uwzględniającego problematykę EMC.

Filtr powinien być umieszczony najbliżej jak to możliwe źródła zaburzeń. Stosując filtry w układach napędowych, filtr powinien być jak najbliżej falownika, a w niektórych rozwiązaniach nawet bezpośrednio pod falownikiem (tzw. footprint). Filtry sieciowe powinny być umieszczone możliwie najbliżej gniazda zasilającego urządzenie.

Stosując filtry lub dławniki należy zawsze mieć na uwadze rozproszenie ciepła z elementów filtrujących. Aby zapobiec przegrzaniu należy zostawić odpowiednią ilość miejsca wokół elementu i zapewnić cyrkulację powietrza.

Schaffner pomaga producentom już na wczesnym etapie projektowania nowych produktów.

Zastosowanie	Motoryzacja	Biuro	Napędy i Sterowanie	Automatyzacja produkcji	Windy i Dźwigi
Produkty	<ul style="list-style-type: none"> pojazdy hybrydowe przetwornice dc/dc 42V ładowarki dla pojazdów elektrycznych nadajniki i odbiorniki czujników 	<ul style="list-style-type: none"> komputery osobiste drukarki urządzenia peryferyjne faksy kopiarki monitory plotery komputery główne 	<ul style="list-style-type: none"> przełączniki częstotliwości przetwornice prądu serwomechanizmy falowniki z odzyskiwaniem energii przetwornice ac/dc przetwornice słoneczne regulatory tyrystorowe 	<ul style="list-style-type: none"> roboty przenośniki taśmowe linie montażowe pompy jednostki sterowania przemysł górniczy przemysł chemiczny produkcja paliw procesy metalurgiczne 	<ul style="list-style-type: none"> windy dla ludzi i towaru dźwigi ruchome schody podnośniki urządzenia rozładujące
Filtry przepustowe 	Indywidualne rozwiązania według wymagań klienta	FN 756x FN 766x	×	FN 751X FN 761X	×
Filtry PCB 	Indywidualne rozwiązania według wymagań klienta	FN 401 FN 402 FN 405 FN 406 FN 410	×	×	×
Filtry gniazdkowe – IEC 	×	FN 9222 FN 9226 FN 9260 FN 280 FN 390	×	×	×
Filtry 1- fazowe 	Indywidualne rozwiązania projektu według wymagań klienta	FN 343 FN6XX FN 2020 FN 2060 FN 23X0	FN 350 FN 2070 FN 2080 FN 967X	FN 350 FN 2070 FN 2080 FN 2415	FN 670 FN 680 FN 685 FN 2070 FN 2080
Filtry 3- fazowe 	×	FN 3258	FN 351 FN 3100 FN (3)258 FN 3270 FN 3359	FN 3100 FN 3120 FN (3)258 FN 3275 FN 3359	FN 258 FN 3100 FN 3258
Filtry 3- fazowe z przewodem neutralnym 	×	FN 256 FN 354 FN 355 FN 3256	FN 256 FN 356 FN 3256d FN 3280	FN 356 FN 3256 FN 3280	×
Układy wyjściowe 	×	×	RWK 305 FN 5X0 FN 50XX F 5100	RWK 305 FN 510 FN 5010 FN 5020 FN 5030	RWK 305 FN 510 FN 520 F 5010
Dławiki liniowe i filtry harmonicznych 	Indywidualne rozwiązania według wymagań klienta	FN 3400	RWK 212 RWK 213 FN 3400	RWK 212 FN 3400	RWK 212 FN 3400
Dławiki RFI 	RN Indywidualne rozwiązania według wymagań klienta	EV/EH RD RF RN	RD RF RI	RD	RD
Transformatory impulsowe 	Indywidualne rozwiązania według wymagań klienta	Seria - IT	Seria- IT	×	×

Urządzenia domowe	Medycyna	Wojsko	Budownictwo	Źródła energii i generatory	Telekomunikacja	Maszyny
<ul style="list-style-type: none"> • audio i wideo • telewizory • odbiorniki i enkodery • pralki • odkurzacze • kuchenki elektryczne • ogrzewanie indukcyjne • ekspresy do kawy 	<ul style="list-style-type: none"> • promieniowanie X • defibrylatory • urządzenia laboratoryjne • analizatory • urządzenia pomiarowe • EKG, USG 	<ul style="list-style-type: none"> • systemy ochrony nadzór • łączność • lotniskowce, okręty, tankowce, okręty podwodne 	<ul style="list-style-type: none"> • ogrzewanie • wentylacja • klimatyzacje • systemy ochrony • systemy dostępu • pompy • oświetlenie • żaluzje automatyczne 	<ul style="list-style-type: none"> • SMPS/UPS • przetwornice dc/dc • systemy generatorów • turbiny wiatrowe • panele słoneczne • ogniwa paliwowe • turbiny gazowe 	<ul style="list-style-type: none"> • stacje bazowe GSM, UMTS, GRPS • sieci telefoniczne • technologie sieciowe • serwery • bramki dostępowe 	<ul style="list-style-type: none"> • maszyny drukujące • maszyny pakujące • prasy • tartaki • maszyny do segregacji listów • maszyny zgrzewające • młyny
×	FN 751X FN 756X FN 761X FN 766X	FN 751X FN 756X FN 761X FN 766X	×	FN 751X FN 756X FN 761X FN 766X	FN 751X FN 756X FN 761X FN 766X	FN 761X FN 751X
FN 401 FN 402 FN 405 FN 406 FN 410	FN 402B FN 406B	FN 406 FN 410	FN 406 FN 410	FN 402 FN 405 FN 406 FN 409 FN 410	FN 409	×
FN 32X FN 9222 FN 9260 FN 280 FN 3X0	FN 329B FN 9222B FN 9246B FN 9260B FN 280B	Indywidualne rozwiązania według wymagań wojska	FN 9246	FN 922X FN 9246 F 9260 FN 280 FN 3X0	FN 9246	×
FN 332 FN 420 FN 6XX FN 20X0 FN 23X0	FN 332 FN 20X0B FN 2360 FN 700Z	FN 352Z FN 700Z	FN 350 FN 660 FN 670 FN 2060 FN 2070	FN 660 FN 670 FN 2060 FN 2070 FN 967X	FN 700Z FN 6020 Indywidualne rozwiązania dla filtrów telekomunikacyjnych	FN 350 FN 2070 FN 2080 FN 2415
FN 3258	FN 258P FN 258L	FN (3)258 FN 3359	F 351 FN (3)258	FN (3)258 FN 3100 FN 3120 FN 3359	FN 6030 Indywidualne rozwiązania 3 fazowych filtrów dla telekomunikacji	FN 3100 FN 3120 FN (3)258 FN 3275 FN 3359
FN 256 FN 354 FN 355	FN 256 FN 354 FN 355	FN 354	FN 265 FN 3256	FN 256 FN 356 FN 3256 FN 3280	FN 256 FN 354	FN 356 FN 3256 FN 3280
×	×	RWK 305 FN 510 FN 520 FN 530	RWK 305 FN 510 FN 5010 FN 5100	Indywidualne rozwiązania według wymagań klienta	×	RWK 305 FN 510
FN 3400	FN 3400	RWK 212	FN 3400	Indywidualne rozwiązania według wymagań klienta	×	RWK 212 RWK 213 FN 3400
×	EV/EH RD RN	RD RN RF	EV/EH RD RI RN	EV/EH RD RI RN	EV/EH RN	RD
EV/EH RD RF RN	Seria-IT	Seria -IT	Seria-IT	Seria-IT	Seria-IT	×

1-fazowy filtr ogólnego przeznaczenia



- zakres prądowy: 1..60A
- wysokie tłumienie składowych symetrycznych
- dostępna wersja medyczna (typ B)
- dostępna wersja z mniejszymi wartościami kondensatorów w gałęziach poprzecznych (typ A)

FN 2020

Dopuszczenia

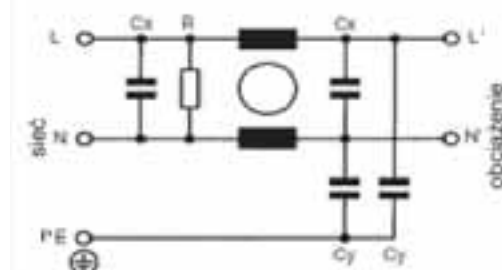


Specyfikacja techniczna

Maksymalne napięcie pracy:	250VAC dla 50/60Hz
Częstotliwość:	DC..400Hz
Test wysokonapięciowy:	L,N→PE 2000VAC L,N→PE 2500VAC (typ A, typ B) L→N 1700VDC
MTBF @ 40°C/230V (Mil-HB-217F):	1 000 000 godzin 1 750 000 godzin (typ B)
Maksymalny prąd upływu:	0,4mA na fazę 1mA na fazę (30A, 60A) 0,002mA na fazę (typ B) 0,04mA na fazę (typ A)

Schemat elektryczny

FN 2020



Tłumienność wtrąceniowa filtrów serii FN 2020

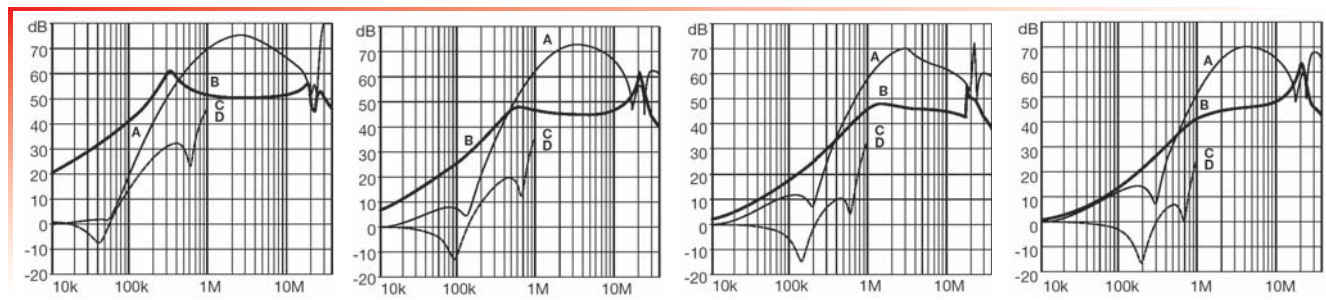
wg CISPR 17; A = 50 Ω/50 Ω sym, B = 50 Ω/50 Ω asym, C=0,1 Ω/100 Ω sym, D= 100 Ω/0,1 Ω sym

Model 1A

Model 3A

Model 6A

Model 10A(12A*)

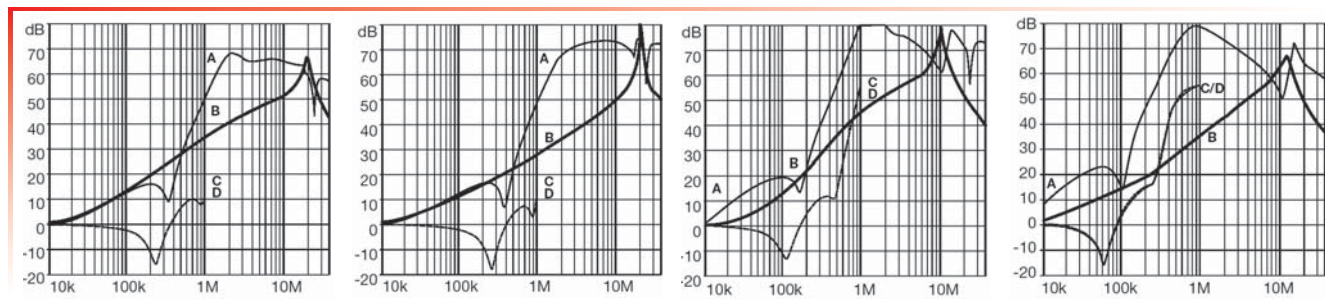


Model 16A

Model 20A

Model 30A

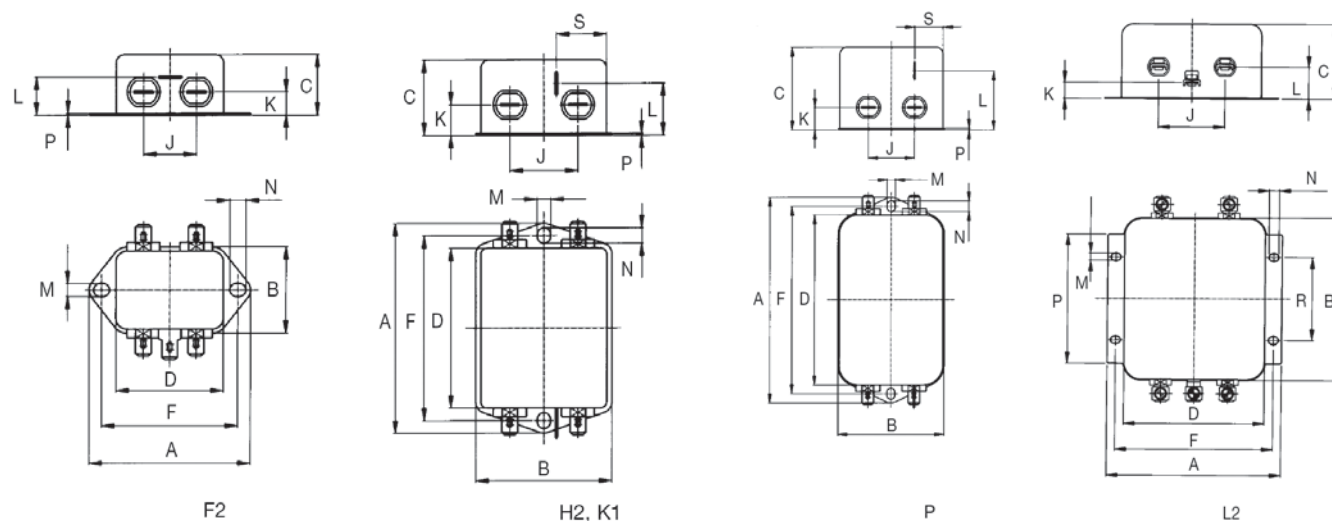
Model 60A



Tablica doboru filtru

Model	Prąd [A] dla t=40°C (25°C)	Typ złącza 	Typ obudowy	Waga [g]	Indukcyjność L [mH]	Pojemność		Rezystancja R [MΩ]
						Cx [μF]	Cy [μF]	
FN 2020-1 /??	1 (1,15)	/06 /07 -	F2	80	12	0,15	4,7	1
FN 2020-3 /??	3 (3,45)	/06 /07 -	F2	80	2,5	0,15	4,7	1
FN 2020-6 /??	6 (6,9)	/06 /07 -	F2	80	1	0,15	4,7	1
FN 2020-10 /??	10 (11,5)	/06 /07 -	F2	85	0,8	0,15	4,7	1
FN 2020-12 /??	12 (13,8)	/06 /07 -	F2	85	0,7	0,15	4,7	1
FN 2020-16 /??	16 (18,4)	/06 /07 -	H2	140	0,65	0,15	4,7	1
FN 2020-20 /??	20 (23)	/06 - /08	K1	210	0,6	0,15	4,7	1
FN 2020-30 /??	30 (34,5)	- - /08	P	470	0,67	0,47	10	0,47
FN 2020-60 /??	60 (69)	- - /24	L2	1100	1	1,5	10	0,47

Dane mechaniczne



Wymiary

Typ obudowy	F2	H2	K1	Tol. [mm]
A	64± 0,3	71	85	±0,5
B	35	46,6	54	±0,5
C	29,3	29,3	30,3	±0,5
D	43,5	50,5	64,8	±0,5
F	54	61	75	±0,3
J	21	21	27	±0,2
K	8,3 ^s /9,3	10,8/8,3 ^s	12,3/8,3 ^s	±0,5
L	15,3	19,3	20,8/23,3	±0,5
M	5,3	5,3	5,3	±0,1
N	6,3	6,3	6,3	±0,1
P	0,7	0,7	0,7	±0,1
S	-	20,1/30,5 ^s	19,9/34,9 ^s /21,4 ^t	±0,5

Typ obudowy	P	L2	Tol. [mm]
A	113,5	105±0,5	±1
B	57,5	99,5	±1
C	45,4±1,2	57,6	±1
D	94	84,5	±1
F	103	95	±0,3
J	25	40	±0,2
K	12,4	10,1	±0,5
L	32,4	20	±0,5
M	4,4	4,4	±0,1
N	6	6	±0,1
P	0,9	79	±0,1
R	-	51	±0,2
S	15,5	-	±0,5

*Wszystkie wymiary podane są w mm.

1-fazowy filtr wielostopniowy ogólnego przeznaczenia



- zakres prądowy: 1..36A
- wysokie tłumienie składowych symetrycznych i asymetrycznych
- dobra tłumienność zakłóceń o wysokich częstotliwościach
- dostępna wersja medyczna (typ B)

FN 2070

Dopuszczenia

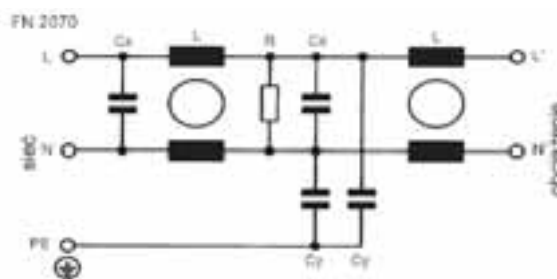


Specyfikacja techniczna

Maksymalne napięcie pracy:	250VAC dla 50/60Hz
Częstotliwość:	DC..400Hz
Test wysokonapięciowy:	L,N→PE 2000VAC L,N→PE 2500VAC (typ A, typ B) L→N 1700VDC
MTBF @ 40°C/230V (Mil-HB-217F):	1 550 000 godzin (typ A) 1 600 000 godzin (typ B)
Maksymalny prąd upływu:	0,4mA na fazę 0,002mA na fazę (typ B) 0,04mA na fazę (typ A)

Schemat elektryczny

FN 2070



Tłumienność wtrąceniowa filtrów serii FN 2070

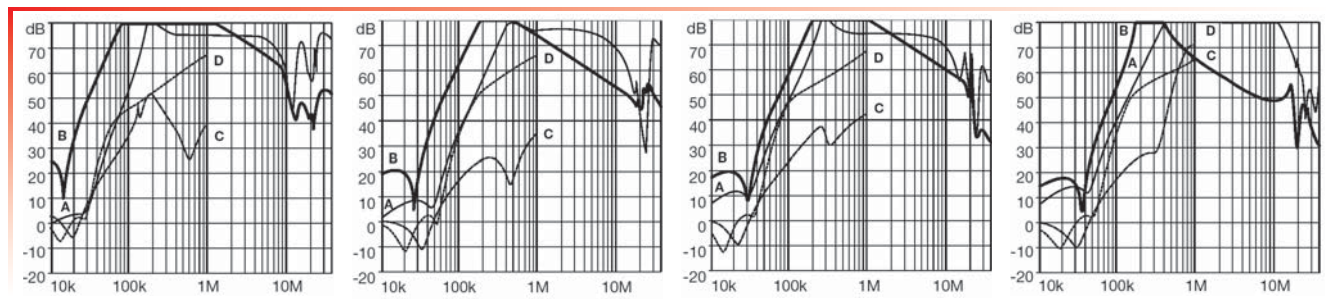
wg CISPR 17; A = 50 Ω/50 Ω sym, B = 50 Ω/50 Ω asym, C=0,1 Ω/100 Ω sym, D= 100 Ω/0,1 Ω sym

Model 1A

Model 3A

Model 6A

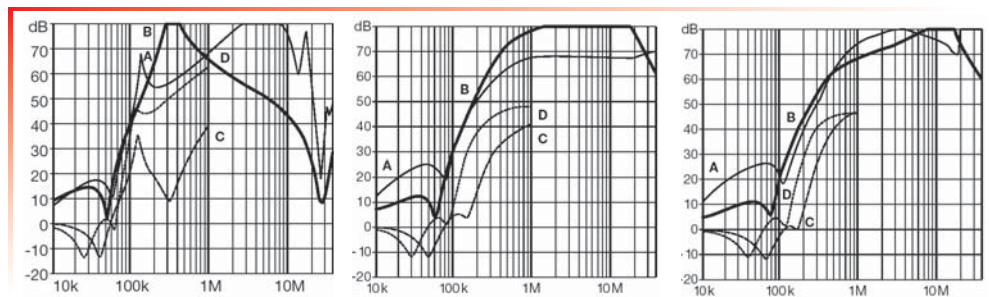
Model 10A(12A*)



Model 16A

Model 25A

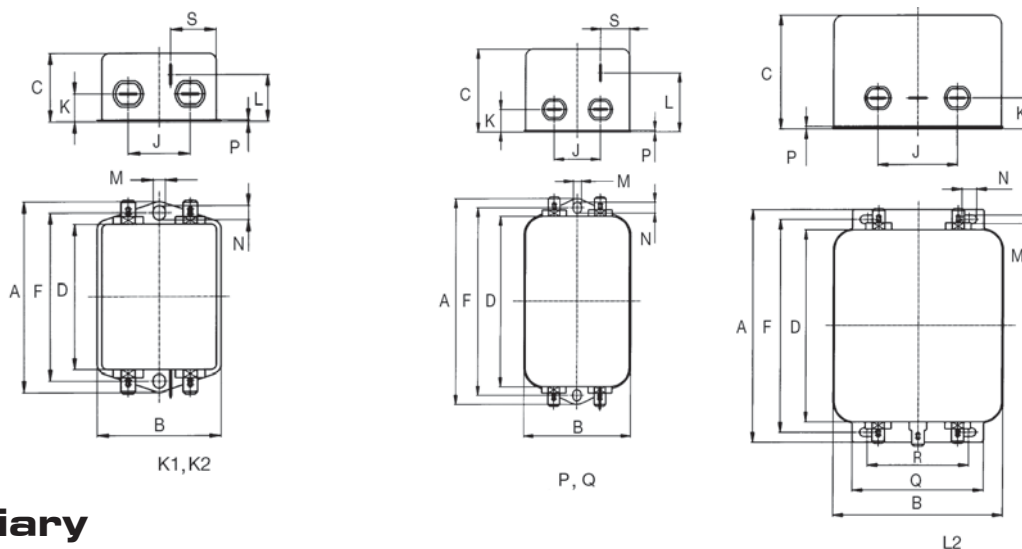
Model 36A



Tablica doboru filtra

Model	Prąd [A] dla t=40°C (25°C)	Typ złącza 	Typ obudowy	Waga [g]	Induktancja L [mH]	Pojemność		Rezystancja R [MΩ]
						Cx [μF]	Cy [μF]	
FN 2070-1 /??	(1,15)	/06 /07 -	K1	190	22	0,33	4,7	1
FN 2070-3 /??	3 (3,45)	/06 /07 -	K2	250	9,8	0,47	4,7	0,47
FN 2070-6 /??	6 (6,9)	/06 /07 -	P	450	7,8	1	4,7	0,22
FN 2070-10 /??	10(11,5)	/06 /07 -	Q	730	4,5	1	4,7	0,22
FN 2070-12 /??	12 (13,8)	/06 /07 -	Q	730	3,25	1	4,7	0,22
FN 2070-16 /??	16 (18,4)	/06 /07 /08	L2	1000	2,8	1	4,7	0,22
FN 2070-25 /??	25 (28,75)	- - /08	Q	760	2	2,2	4,7	0,22
FN 2070-36 /??	36 (41,4)	- - /08	Q	790	1,23	2,2	4,7	0,22

Dane mechaniczne



Wymiary

Typ Obudowy	K1	K2	Tol. [mm]
A	85	85	±0,5
B	54	54	±0,5
C	30,3	40,3	±0,5
D	64,8	64,8	±0,5
F	75	75	±0,3
J	27	27	±0,2
K	12,3/8,3 ¹	12,3/8,3 ¹	±0,5
L	20,8/23,3	29,8	±0,5
M	5,3	5,3	±0,1
N	6,3	6,3	±0,1
P	0,7	0,7	±0,1
S	19,9/34,9 ¹	11,4/34,9 ¹	±0,5

¹ złącze /07; długość przewodu : 140 +5mm

Typ Obudowy	P	Q	L2	Tol. [mm]
A	113,5	156	119±0,5	±1
B	57,5	57,5	85,5	±1
C	45,4±1,2	45,4±1,2	57,6	±1
D	94	130,5	98,5	±1
F	103	143	109	±0,3
J	25	25	40	±0,2
K	12,4/8,4 ¹	12,4/8,4 ¹	15,6/8,6 ¹	±0,5
L	32,4	32,4		±0,5
M	4,4	5,3	4,4	±0,1
N	6	6	7,4	±0,1
P	0,9	0,9	1,2	±0,1
Q	-		66	±0,3
R			51	±0,2
S	15,5/38§	15,5/38§		±0,5

¹ złącze /07; długość przewodu : 140 +5mm

*Wszystkie wymiary podane są w mm.

1-fazowy filtr dla układów przemysłowych



- Filtr przeznaczony do aplikacji o wysokim poziomie zaburzeń
- Dostępna możliwość podłączenia napięcia przewodowego 2x 520VAC
- Szybki i wygodny montaż na szynie DIN 35 filtrów do 45A
- Przemysłowy zacisk przewodów zapewniający bezpieczeństwo elektryczne

FN 2410 / 2412

Dopuszczenia

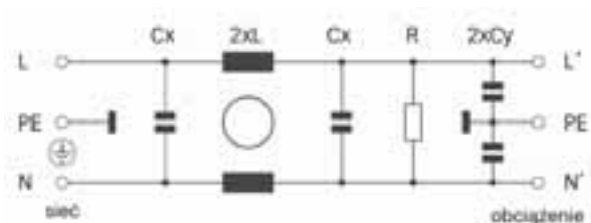


Specyfikacja techniczna

Maksymalne napięcie pracy:	1X 250 VAC (FN 2410 / FN 2412) 2X 520 VAC (FN 2410H / FN 2412H)
Częstotliwość:	DC do 400 Hz (z wyjątkiem FN2410H-60/-80/-100:250Hz)
Prąd znamionowy:	8 do 100 A @ 50 °C (FN 2410) 8 do 45 A @ 50 °C (FN2412)
Test wysokonapięciowy	L→PE 2000 VAC dla 2s L→N 1100 VDC dla 2s L→PE 2700 VDC dla 2s (typ-H) L→PE 2250 VDC dla 2s (typ-H)
Klasa ochrony:	IP 20
Przeciążalność:	4-krotny prąd znamionowy dla momentu załączania, 1,5-krotny prąd znamionowy przez jedną minutę w ciągu każdej, jednej godziny pracy.
Temperatura pracy:	-25°C do + 100 °C (25/100/21)
Klasa palności:	UL94V-2
Konstrukcja zgodna z:	UL1283, CSA22.2 No. 8 1986, EN 133'200
MTBF@50°C/250V (MIL-HB-217F):	1.200.000 godzin
MTBF@50°C/250V (MIL-HB-217F):	250.000 godzin (typ-H)

Schemat elektryczny

FN 2410 / 2412



Parametry i właściwości:

- Filtr FN 2410 w zakresie do 100A został zaprojektowany do tradycyjnego montażu.
- Filtr FN 2412 w zakresie do 45A jest przeznaczony do szybkiego montażu, montowany jest na standardowej szynie DIN 35, która jest spotykana w większości szaf sterowniczych.
- Obydwie wersje FN 2410 i FN 2412 są również dostępne jako wersje wysokonapięciowe (wersja -H). Filtry w wersji wysokonapięciowej są idealnym rozwiązaniem do pracy na dwóch fazach sieci trójfazowej o napięciu do 520 VAC.
- Wykonanie filtrów zapewnia bardzo dobrą tłumienność zaburzeń na drodze przewodzonej, wynika to z wykorzystania dławików o wysokiej odporności na nasycenie i dobrych właściwościach przy podwyższonych temperaturach. Sprawia to że filtry serii FN2410/FN2412 sprawdzają się w środowisku o wysokim stopniu zaburzeń nawet dla pełnego obciążenia.
- Złączka przemysłowa przewodów zapewnia pełne bezpieczeństwo i ochronę przed przypadkowym kontaktem z elementami pod napięciem.
- Małe oraz średnie maszyny przemysłowe
- Jednofazowe zasilacze impulsowe
- Jednofazowe układy napędowe o regulowanej prędkości, falowniki oraz przetwornice częstotliwości
- Do szaf sterowniczych oraz paneli sterowniczych polecana wersja filtra przystosowanego do montażu na szynie DIN
- Do aplikacji o wysokim poziomie zaburzeń zasilanych wysokim napięciem z jednej lub dwóch faz.

Typowe aplikacje:

Tłumienność wtrąceniowa filtrów serii FN 2410 / FN 2412

wg CISPR 17; A = 50 Ω/50 Ω sym, B = 50 Ω/50 Ω asym, C = 0,1 Ω/100 Ω sym, D = 100 Ω/0,1 Ω sym

Modele od 8 do 45 A

Modele od 60 do 100 A

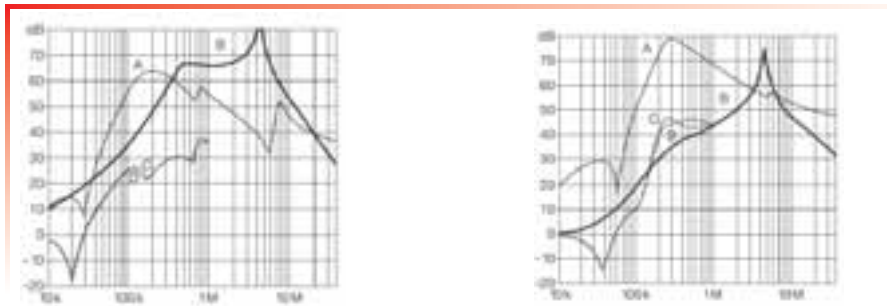


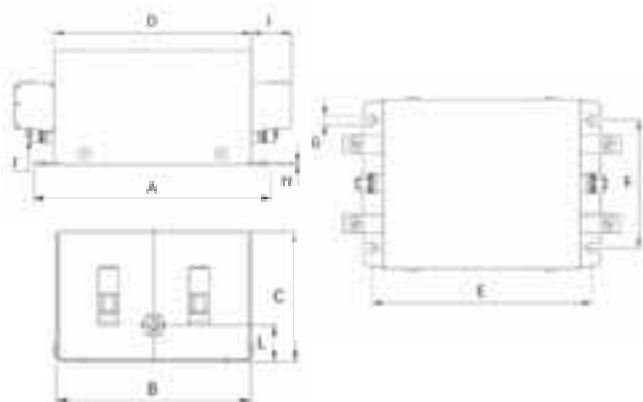
Tabela doboru filtra

Filtr	Prąd znamionowy @50°C (40°C) [A]	Prąd upływu* @ 230VAC/50Hz [mA]	Moc strat @25°C / 50Hz [W]	Złączka Wejście/Wyjście	Waga [kg]
FN 2410 / 2412 -8-44	8 (8,8)	3,4	2,6	-44	0,4 / 0,4
FN 2410 / 2412 -16-44	16 (17,5)	3,4	3,5	-44	0,5 / 0,6
FN 2410 / 2412 -25-33	25 (27,4)	3,4	5,5	-33	0,6 / 0,7
FN 2410 / 2412 -32-33	32 (35,0)	3,4	5,6	-33	0,7 / 0,8
FN 2410 / 2412 -45-33	45 (49,3)	3,4	7,4	-33	0,7 / 0,8
FN 2410-60-34	60 (65,7)	3,4	5,5	-34	1,8
FN 2410-80-34	80 (87,6)	3,4	9,9	-34	1,8
FN 2410-100-34	100 (109,5)	3,4	15,4	-34	1,8

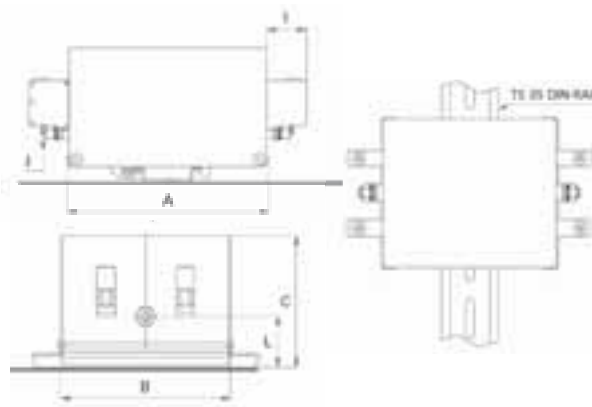
* Maksymalny prąd upływu podczas normalnej pracy układu. W przypadku przerwania przewodu neutralnego prąd upływu może wzrosnąć dwukrotnie.

Dane techniczne

FN 2410(H)



FN 2412(H)



Wymiary

	FN 2410(H)								FN 2412(H)				
	8A	16A	25A	32A	45A	60A	80A	100A	8A	16A	25A	32A	45A
A	130	130	130	130	130	165	165	165	110	110	110	110	110
B	93	93	93	93	93	115	115	115	93	93	93	93	93
C	62	62	76	76	76	100	100	100	73	73	87	87	87
D	108	108	108	108	108	140	140	140					
E	120	120	120	120	120	155	155	155					
F	70	70	70	70	70	90	90	90					
G	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3					
H	1	1	1	1	1	1,2	1,2	1,2					
I	22	22	25	25	25	39	39	39	22	22	25	25	25
J	M6	M6	M6	M6	M6	M8	M8	M8	M6	M6	M6	M6	M6
L	17,5	17,5	31,5	31,5	31,5	39,2	39,2	39,2	28,5	28,5	42,5	42,5	42,5

Wszystkie wymiary podane są w mm; 1 cal = 25,4mm Tolerancje zgodne z : ISO2768 / EN22768

Filtr 1-fazowy trzystopniowy



- zakres prądowy: 6..20A
- dla wersji 6A i 10A dostępny model z gniazdem IEC
- TEMPEST/NEMP
- Tłumienie do 3GHz
- ochrona przed udarami napięciowymi

FN 700Z

Specyfikacja techniczna

Maksymalne napięcie pracy: 250VAC dla 50/60Hz

 Częstotliwość: DC..400Hz (6A, 10A)
DC..60Hz (20A)

 Test wysokonapięciowy: L,N→P 590VAC
L→N 590VAC

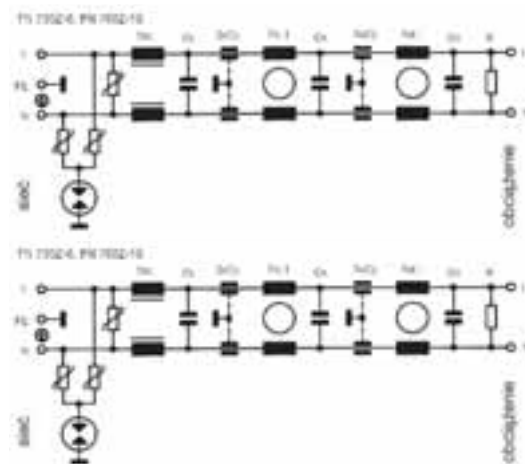
MTBF @ 40°C/230V (Mil-HB-217F): 450 000 godzin

 Pojemność Cx: 1 μF (6A, 10A)
Cx/Cx1: 1 μF/2.2 μF (20A)

 Pojemność Cy: 2.5 nF (6A, 10A)
Cy/Cy1: 5 nF/10nF (20A)

 Maksymalny prąd upływu: 440 μA na fazę (6A, 10A)
2600 μA na fazę (20A)

Schemat elektryczny

FN 700Z


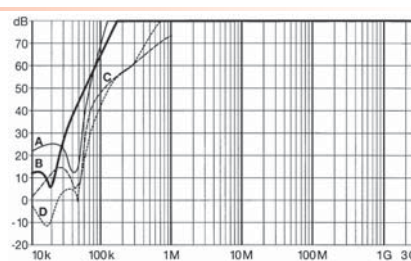
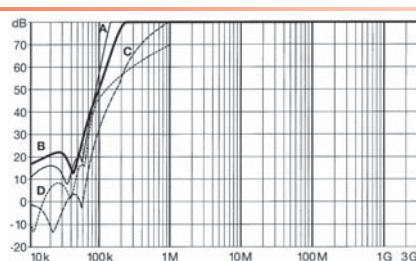
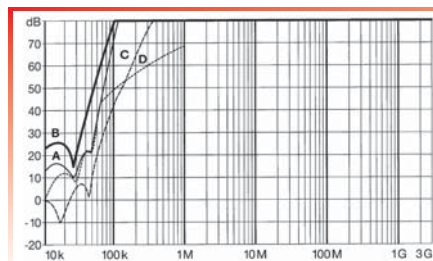
Tłumienność wtrąceniowa filtrów serii FN 700Z

wg CISPR 17; A = 50 Ω/50 Ω sym, B = 50 Ω/50 Ω asym, C=0,1 Ω/100 Ω sym, D= 100 Ω/0,1 Ω sym

Model 6A

Model 10A

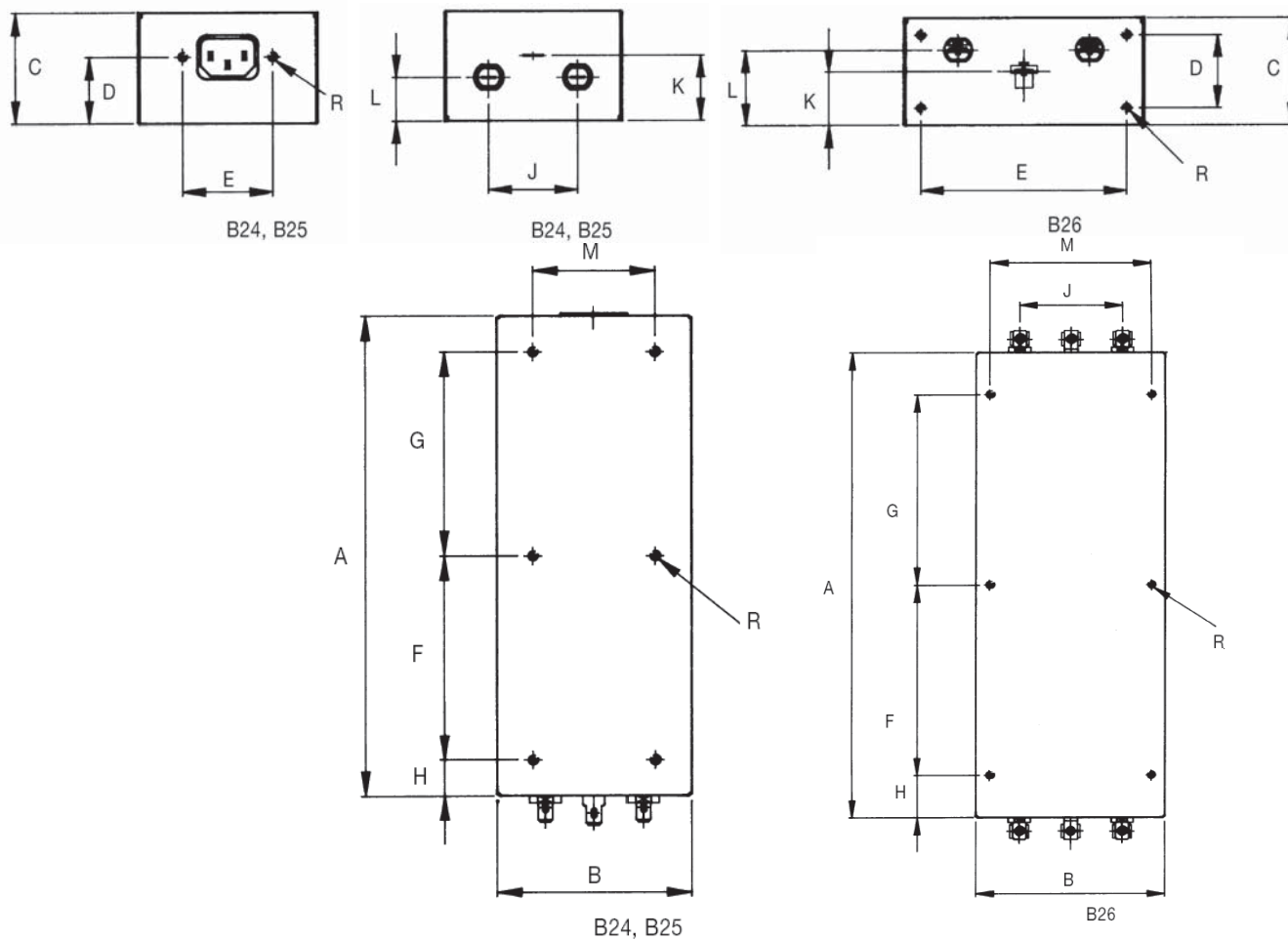
Model 20A



Tablica doboru filtru

Model	Prąd [A] dla t=40°C (25°C)	Typ złącza	Typ obudowy	Waga [g]	Indukcyjność		
					Rezystancja R [M]	L [μH]	L1 [mH]
FN 700Z -6 /??	6 (6,9)	- /06	B24	2000	0,33	50	17,1
FN 700Z -10 /??	10 (11,6)	- /06	B25	2300	0,33	50	9,4
FN 700Z -20 /??	20 (23)	/03 -	B26	3500	0,33	60	5,5

Dane mechaniczne



Wymiary

Typ obudowy	FN 700Z-6 B24	FN 700Z-10 B25	FN 700Z-20 B26	Tol. [mm]
A	200	250	275	±0,3
B	80	80	110	±0,3
C	50	50	50	±0,2
D	30	30	34±0,2	±0,3
E	40	40	94±0,2	±0,1
F	85	100	112,5	±0,2
G	85	100	112,5	±0,2
H	15	25	25	±0,3
J	40	40	60±0,5	±0,3
K	30	30	25±0,3	±0,5
L	20	20	35±0,5	±0,3
M	50	50	94±0,1	±0,2
R	M4	M4	M4	-

*Wszystkie wymiary podane są w mm.

3-fazowy filtr do napędów/układów przekształtnikowych



- zakres prądowy: 7..250A
- napięcie 480V/50 °C
 - wg większości specyfikacji
- wąska obudowa książkowa
- zaprojektowane do aplikacji z długimi kablami (50 m)

FN 258

Dopuszczenia



do 180 A do 180 A
(z wyjątkiem –180-07)
Dla typów HV i HVIT (600VAC)

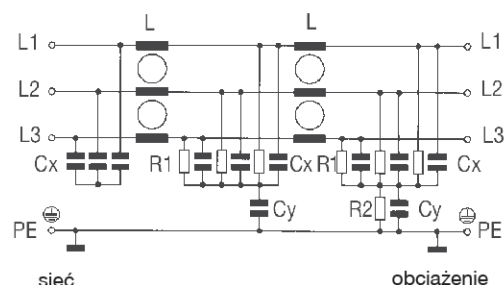
Specyfikacja techniczna

Maksymalne napięcie pracy:	480VAC dla 50°C 690VAC dla 50°C (typy HV) do 130A 690VAC dla 50°C (typy HVIT) do 130A
Częstotliwość:	DC..60Hz w temp. 50°C
Test wysokonapięciowy:	L→PE 2900VDC L→L 2800VDC
MTBF @ 50°C/400V (Mil-HB-217F):	220 000 godzin (8/16 A)
Klasa ochrony:	IP20
Przebieżalność:	4x prąd znamionowy dla momentu załączenia 1,5x prąd znamionowy przez 1 min. w ciągu każdej, 1 godzinie pracy

Schemat elektryczny

FN 258

FN 258



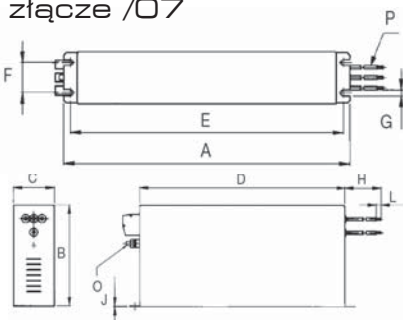
Tablica doboru filtra

Model	Prąd [A] dla t=50°C (40°C)	Prąd upływu* [mA] (480V/50Hz)	Moc strat [W]	Wartość elementów / fazę					Złącze wejściowe			Złącze wyjściowe			Waga [g]
				ΣL [mH]	ΣCx [μF]	ΣCy [μF]	R1 [MΩ]	R2 [MΩ]							
FN 258 – 7 / ??	7 (8)	18,0	9	4,5	4	1,5	1,5	0,68	/29	/07	/29	1,0			
FN 258 – 16 / ??	16 (18)	20,0	20	3,0	5,9	1,5	1,5	0,68	/29	/07	/29	1,4			
FN 258 – 30 / ??	30 (34)	26,5	19	2,0	6,6	2,2	1,5	0,68	/33	/07	/33	1,7			
FN 258 – 42 / ??	42 (47)	28,2	30	1,5	6,6	2,3	1,5	0,68	/33	/07	/33	2,5			
FN 258 – 55 / ??	55 (62)	28,2	31	1,1	6,6	2,3	1,5	0,68	/34	/07	/34	2,9			
FN 258 – 75 / ??	75 (85)	28,2	23	0,9	6,6	2,3	1,5	0,68	/34	-	/34	3,9			
FN 258 – 100 / ??	100 (113)	28,2	41	0,9	6,6	2,3	1,5	0,68	/35	-	/35	5,5			
FN 258 – 130 / ??	130 (145)	32,8	50	0,6	11	2,3	1,5	0,68	/35	-	/35	6,9			
FN 258 – 180 / ??	180 (204)	32,8	68	0,13	11	2,3	1,5	0,68	/40	/07	/40	11			
FN 258 – 250 / ??	250 (280)	32,8	75	0,13	26,4	2,3	1,5	0,68	/40	/07	/40	12			

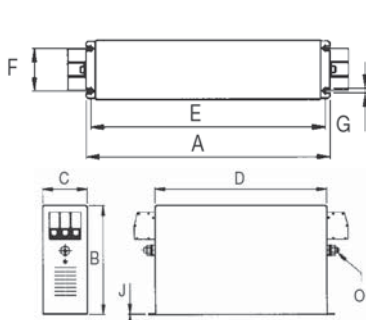
*maksymalny prąd upływu w znamionowych warunkach pracy; w najgorszym przypadku (przerwanie dwóch faz) może wzrosnąć 5.6 razy. Filtry z mniejszym prądem upływu (P [3.5mA] i L [0.8mA]) są dostępne na zamówienie.

Dane mechaniczne

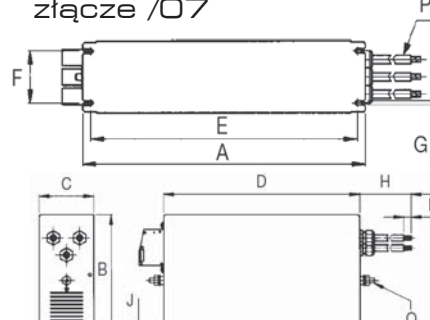
Model 7A do 55A
złącze /07



Model 7A do 250A



Model 180A do 250A
złącze /07



Tłumienność wtrąceniowa filtrów serii FN 258

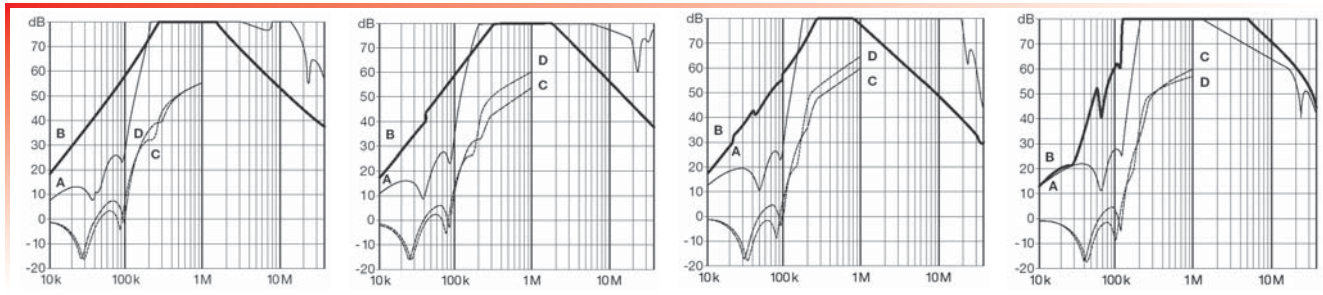
wg CISPR 17; A = 50 Ω/50 Ω sym, B = 50 Ω/50 Ω asym, C=0,1 Ω/100 Ω sym, D= 100 Ω/0,1 Ω sym

Model 7A

Model 16A

Model 30A

Model 42A

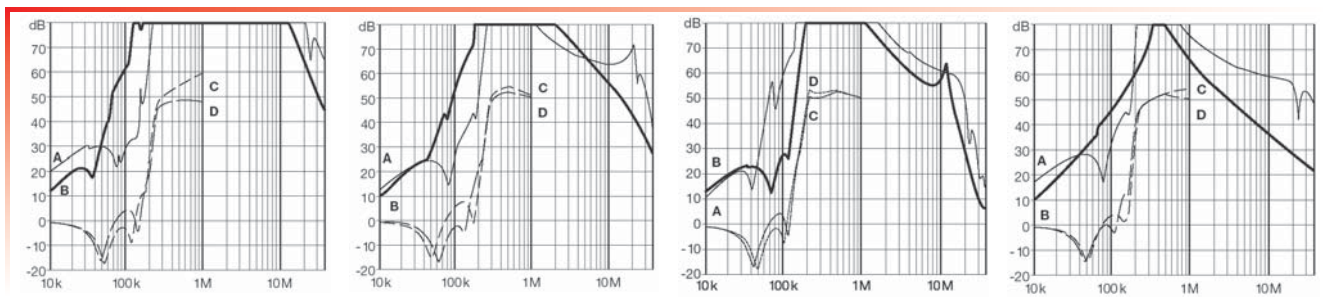


Model 55A

Model 75A

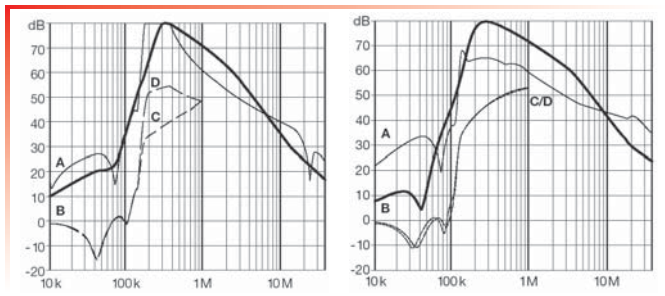
Model 100A

Model 130A



Model 180A

Model 250A



Wymiary

	-7	-16	-30	-42	-55	-75	-100	-130	-180	-250	Tol. [mm]
A	255	305	335	329		329	379±1,5	439±1,5	438±1,5	478±1,5	±1
B	126±0,8	142±0,8	150±1	185±1		220	220	240	240		±1,5
C	50	55	60	70	80	80	90±0,8	110±0,8	110±0,8		±0,6
D	225±0,8	275±0,8	305	300	300	300	350±1,2	400±1,2	400±1,2	440±1,2	±1
E	240	290	320	314	314	314	364	414	413	453	±0,5
F	25	30	35	45	55	55	65	80	80	80	±0,3
G	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	±0,2
H	300	300	400	500	500				500	500	±15
J	1±0,1	1±0,1	1±0,1	1,5	1,5	1,5	1,5	3	4	4	±0,2
L	9	9	9	12	12				15	15	±1
O	M5	M5	M5	M6	M6	M6	M10	M10	M10	M10	-
P	AWG 16	AWG 14	AWG 10	AWG 8	AWG 6				50 mm ²	70mm ²	-

*Wszystkie wymiary podane są w mm.

3-fazowy filtr w wykonaniu czteroprzewodowym



- zakres prądowy: 8..160A
- wysoka tłumienność
- mała wartość prądu upływu
- zwarte wymiary

FN 256

Dopuszczenia

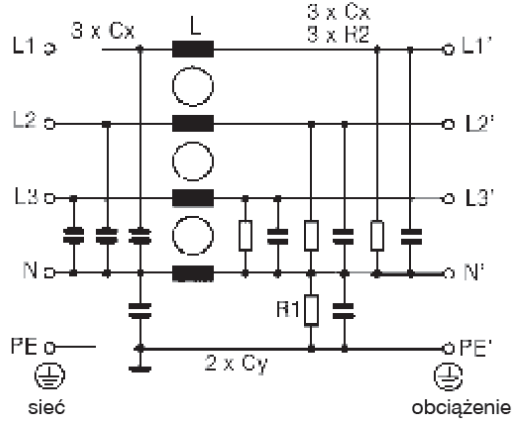


Specyfikacja techniczna

Maksymalne napięcie pracy:	480VAC dla 50°C. (520VAC – na życzenie)
Częstotliwość:	DC..60Hz w temp. 50°C
Test wysokonapięciowy:	L/N→PE 3000VDC dla 2s L,N→L 2100VDC dla 2s
MTBF @ 50°C/400V (Mil-HB-217F):	1 300 000 godzin (8/16 A) 600 000 godzin (25/36/64 A)
Klasa ochrony:	IP20
Przebieżalność:	4x prąd znamionowy dla momentu załączenia 1,5x prąd znamionowy przez 1 min. w ciągu każdej 1 godzinie pracy
Zakres temperatury:	-25°C do +100°C
Klasa ognioodporności	UL 94V2

Schemat elektryczny

FN 256



Tłumienność wtrąceniowa filtrów serii FN 256

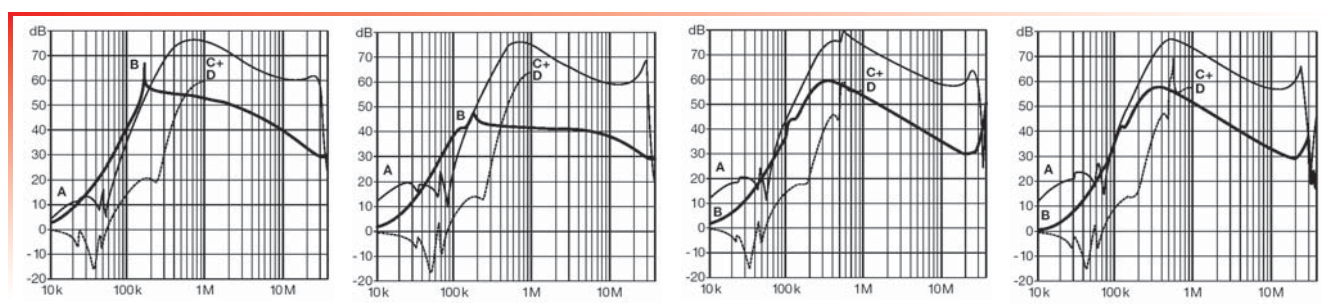
wg CISPR 17; A = 50 Ω/50 Ω sym, B = 50 Ω/50 Ω asym, C=0,1 Ω/100 Ω sym, D= 100 Ω/0,1 Ω sym

Model 8A

Model 16A

Model 25A

Model 36A

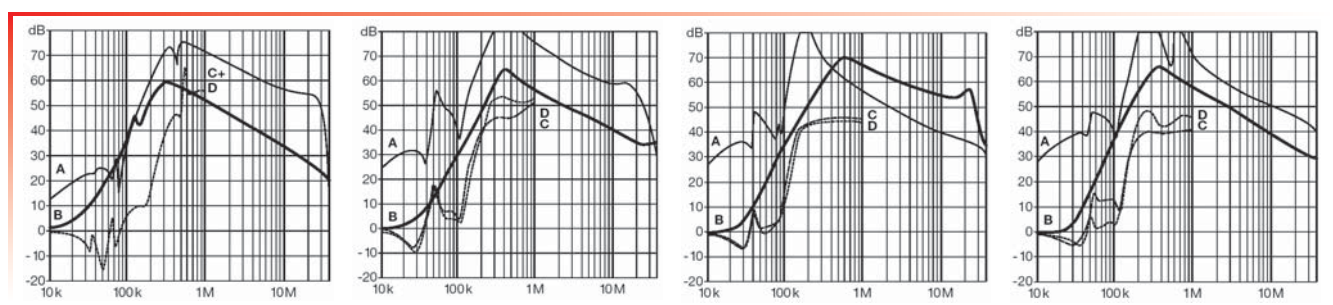


Model 64A

Model 80A

Model 120A

Model 160A



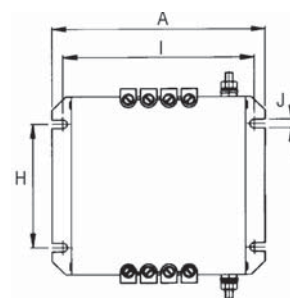
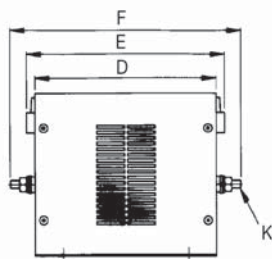
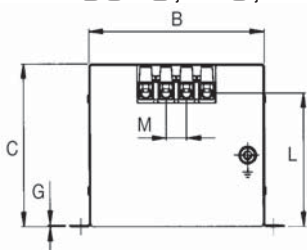
Tablica doboru filtra

Model	Prąd [A] dla t=50°C (40°C)	Prąd upływu* [mA] (480V/50Hz)	Moc strat [W]	Wartość elementów/fazę					Typ złącza	Waga [g]
				ΣL [mH]	ΣCx [μF]	ΣCy [μF]	R1 [MΩ]	R2 [MΩ]		
FN 256 - 8 / ??	8 (9,1)	3,4	2,9	1,78	2,20	0,19	0,68	1,50	/46	1,0
FN 256 - 16 / ??	16 (18,1)	3,4	5,6	1,14	2,20	0,19	0,68	1,50	/46	1,1
FN 256 - 25 / ??	25 (28,3)	3,4	9,8	1,57	4,40	0,19	0,68	0,82	/47	1,4
FN 256 - 36 / ??	36 (40,8)	3,4	10,9	1,10	4,40	0,19	0,68	0,82	/47	1,5
FN 256 - 64 / ??	64 (72,6)	3,4	17,2	1,00	4,40	0,19	0,68	0,82	/52	2,2
FN 256 - 80 / ??	80 (90,4)	3,4	18,8	0,77	9,90	0,20	0,68	1,00	/28* /34	4,5
FN 256 - 120 / ??	120 (135,6)	5,0	25,1	0,65	13,20	0,29	0,68	1,00	/28* /35	6,1
FN 256 - 160 / ??	160 (180,8)	6,8	30,7	0,46	13,20	0,39	0,68	1,00	/28* /40	8,0

*maksymalny prąd upływu w znamionowych warunkach pracy; w najgorszym przypadku (przerwanie dwóch faz) może wzrosnąć 5.6 razy. Filtry z mniejszym prądem upływu (P [3.5mA] i L [0.8mA]) są dostępne na zamówienie.

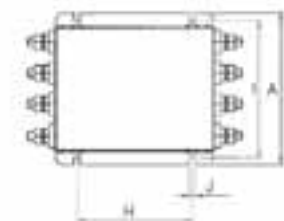
Dane mechaniczne

FN 256 -8, -16, -25, -36, -64



FN 256 -80, -120, -160
złącze śrubowe

FN 256 -80, -120, -160
złącze blokowe



Wymiary

	-8, -16	-25, -36	-64	-80	-120	-160	Tol. [mm]
A	143	153	153	170	170	170	±1
B	115	125	125	140	140	140	±0,5
C	80	115	125	110	130/140	130/160	±0,5
D	120	130	140	160	180	200	±0,5
E	141,2	154,2	175	220/237	240/266	260/299	±1
F	156	166	176	-	-	-	±1
G	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	±0,1
H	80	90	100	110	130	150	±0,3
I	127,5	137,5	137,5	153,5	153,5	153,5	±0,5
J	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	±0,1
K	M6	M6	M6	M10	M10	M10	-
L	60,5	93	99,25	85	105	105	±1
M	11,5	15	18	35/30	35/30	35/30	±1

*Wszystkie wymiary podane są w mm.

3-fazowy filtr dla układów ze zwrotem energii do sieci



- zakres prądowy: 35..300A
- bardzo dobre tłumienie w zakresie od 150 kHz do 30MHz
- doskonałe nasycenie rezystancji
- przeznaczony dla układów ze zwrotem energii

FN 3100 / 3110

Dopuszczenia



EN 133'200

IEC 60'939

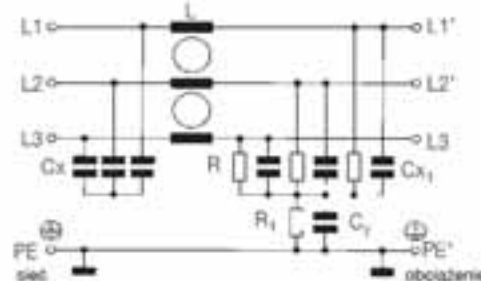
FN 3100 do 150 A

Specyfikacja techniczna

Model:	FN3100	FN3110
Maksymalne napięcie pracy:	520VAC dla 50°C	480VAC dla 50°C
Częstotliwość:	DC do 60HZ	DC do 60HZ
Test wysokonapięciowy:	L→PE 3000VDC przez 2s L→L 2900VDC przez 2s	L→PE 2700VDC przez 2s L→L 2100VDC przez 2s
Klasa ochrony:	IP 20	IP20
Przebieżalność:	4x prąd znamionowy dla momentu załączenia 1,5x prąd znamionowy przez 1 min. w ciągu każdej godzinny pracy	
Zakres temperatury:	-25°C do +100°C	-25°C do +100°C
Klasa ognioodporności:	UL 94V-2	ul. 94V-2

Schemat elektryczny

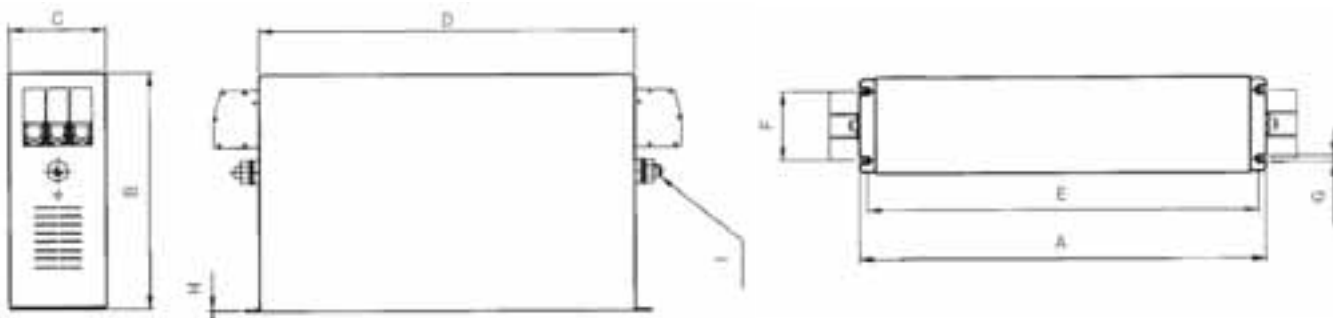
FN 3100



Tablica doboru filtra

Rodzina	Prąd [A] dla t=50°C (40°C)	Prąd upływu* [mA] (400V/50Hz)	Moc strat [W]	Rodzaj złącza I/O	Waga [g]
FN 3100 -35 -33	35 (39,5)	48,9	11,8	33	2,3
FN 3100 -50 -34	50 (56,5)	66,1	18	34	3,4
FN 3100 -80 -35	80 (90,4)	71,5	25,9	35	5,3
FN 3100 -110 -35	110 (124,3)	71,5	32,7	35	5,4
FN 3100 -150 -40	150 (169,5)	71,5	50,6	40	8,5
FN 3100 -200 -40	200 (226)	71,5	60	40	9,1
FN 3100 -230 -40	230 (230)	71,5	36,5	40	9,2
FN 3100 -300 -99	300 (335)	71,5	54	99	11,8
FN 3110 -50 -52	50 (55)	66,1	19,5	52	2,7
FN 3110 -80 -35	80 (88)	71,5	36,5	35	4,4

Dane mechaniczne



Tłumienność wtrąceniowa filtrów serii FN 3100

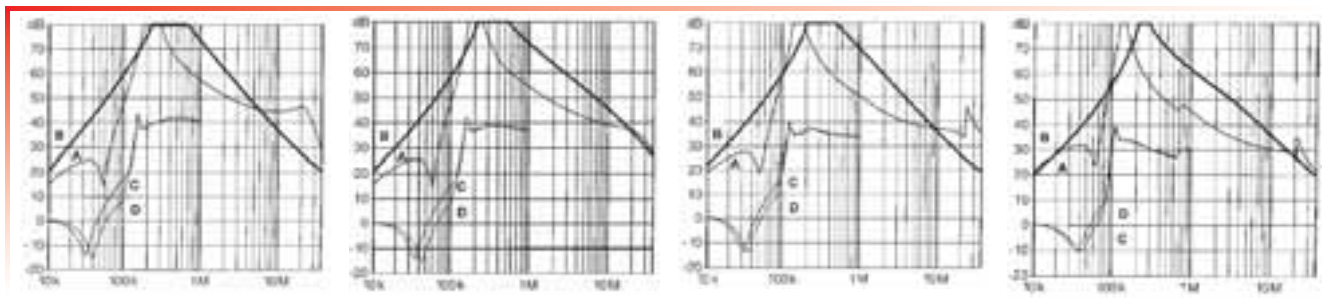
wg CISPR 17; A = 50 Ω/50 Ω sym, B = 50 Ω/50 Ω asym, C=0,1 Ω/100 Ω sym, D= 100 Ω/0,1 Ω sym

Model 35A

Model 50A

Model 80A

Model 110A

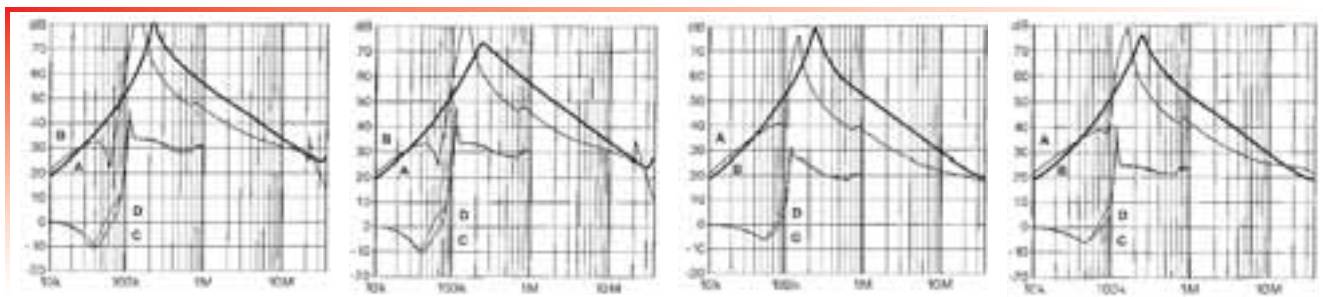


Model 150A

Model 200A

Model 230A

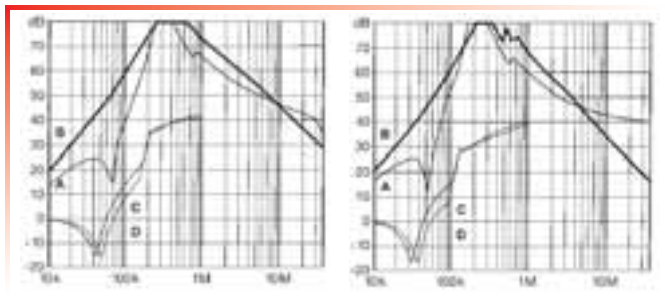
Model 300A



FN 3110

Model 50A

Model 80A



Wymiary

	FN 3100								FN 3110		Tol. [mm]
	35A	50A	80A	110A	150A	200A	230A	300A	50A	80A	
A	335	329	379	379	438	438	438	440	270	310	± 1,0
B	150	185	220	220	240	240	240	200	135	170	± 1,0
C	60	80	90	90	110	110	110	200	80	110	± 0,8
D	305	300	350	350	400	400	400	400	240	280	± 1,0
E	320	314	364	364	413	413	413	420	255	295	± 0,5
F	35	55	65	65	80	80	80	160	60	80	± 0,3
G	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	8	6,5	6,5	± 0,2
H	1	1,5	1,5	1,5	4	4	4	1,5	1,5	1,5	± 0,2
I	M5	M6	M10	M10	M10	M10	M10	M12	M6	M10	-

*Wszystkie wymiary podane są w mm.

3-fazowy filtr dla przemysłowych układów napędowych



- zakres prądowy: 10..1000A
- małe wymiary i waga
- opcjonalnie osłona ochronna
- tłumienność zgodna z EN61800-3/A11

FN 3270

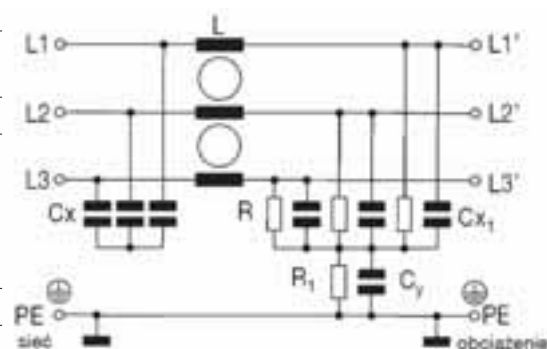
Dopuszczenia



Specyfikacja techniczna

Maksymalne napięcie pracy:	3x520VAC (480VAC +10%)
Częstotliwość:	DC..60Hz w temp. 50°C
Test wysokonapięciowy:	L→PE 2750VDC dla 2s L→L 2250VDC dla 2s
Klasa ochrony:	IP 20
Przebieżalność:	4-krotny prąd znamionowy dla momentu załączania, 1,5-krotny prąd znamionowy przez jedną minutę w ciągu każdej, jednej godziny pracy.
Zakres temperatury otoczenia:	-25°C do +100°C
Klasa ognioodporności:	UL94V2

Schemat elektryczny

FN 3270


Tablica doboru filtra

Model	Prąd [A] dla t=40°C (25°C)	Typowa moc silnika* [kVA]	Prąd upływu* [mA] (480V/50Hz)	Moc strat [W]	Typ złącza	Waga [g]	Typ osłony ochronnej***
FN 3270H-10-29	10 (11)	5,5	26,4	2,1	29	0,4	-
FN 3270H-20-29	20 (22)	11	26,4	3,6	29	0,5	-
FN 3270H-35-33	35 (38)	22	29,4	5,9	33	0,7	-
FN 3270H-50-34	50 (55)	30	29,4	11,2	34	1,2	-
FN 3270H-65-34	65 (71)	37	29,4	11,8	34	1,3	-
FN 3270H-80-35	80 (88)	45	29,4	11,8	35	2,2	-
FN 3270H-100-35	100 (110)	55	29,4	15,0	35	2,6	-
FN 3270H-150-99	150 (164)	75	59,5	8,1	99	6,1	1151-047
FN 3270H-200-99	200 (219)	110	59,5	14,4	99	6,1	1151-047
FN 3270H-250-99	250 (274)	132	59,5	22,5	99	6,1	1151-047
FN 3270H-320-99	320 (350)	160	59,5	12,2	99	7,2	1151-047
FN 3270H-400-99	400 (438)	220	59,5	19,2	99	7,2	1151-047
FN 3270H-600-99	600 (657)	315	59,5	35,6	99	7,7	1151-047
FN 3270H-1000-99	1000 (1095)	560	59,5	81,0	99	15,8	1151-049

Cechy i zalety

Małe gabaryty oraz mała waga filtra pozwalają na oszczędność miejsca w miejscu instalacji.

Łatwa i szybka instalacja zapewniona dzięki bardzo dobrej dostępności elementów montażowych.

Solidne i bezpieczne złącza wejściowe i wyjściowe zapewniające skuteczne przyłączenie filtra do układu spełniające normy EN60204-1.

Opcjonalnie jest dostępna przezroczysta osłona na filtr chroniąca instalatora, operatora lub inspektora przed nieumyślnym dotknięciem części będących pod napięciem. Zakładanie jak i zdejmowanie osłony jest łatwe, nawet jeżeli filtr jest już zainstalowany i połączony.

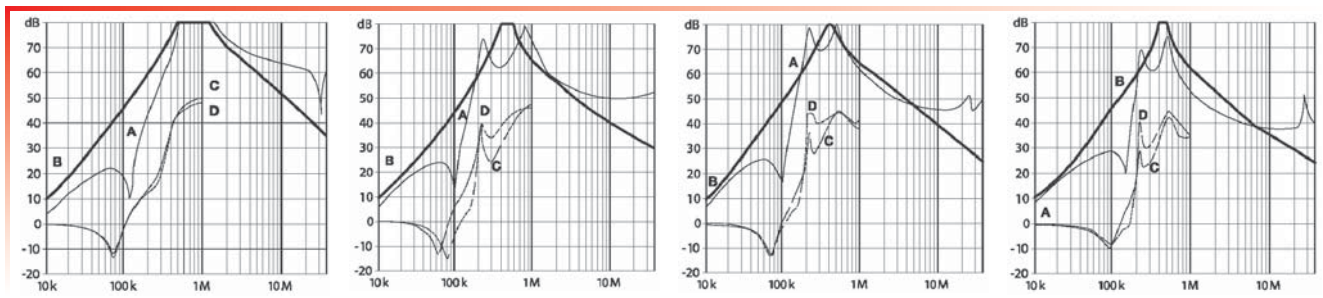
Filtr tłumy zgodnie z założeniami normy EN61800-3/A11. Gwarantowane parametry nawet przy pełnym obciążeniu.

Tłumienność wtrąceniowa filtrów serii FN 3270

wg CISPR 17; A = 50 Ω/50 Ω sym, B = 50 Ω/50 Ω asym, C = 0,1 Ω/100 Ω sym, D = 100 Ω/0,1 Ω sym

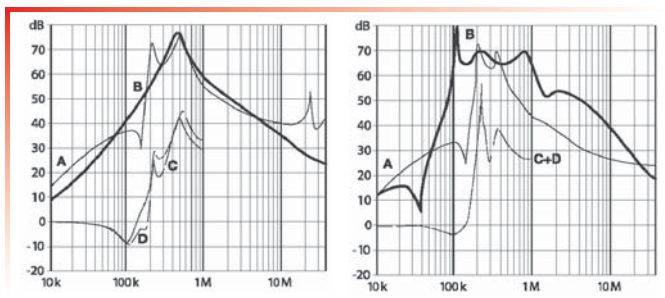
Model 10A i 20A Model 35A

Model 50A i 65A Model 80A

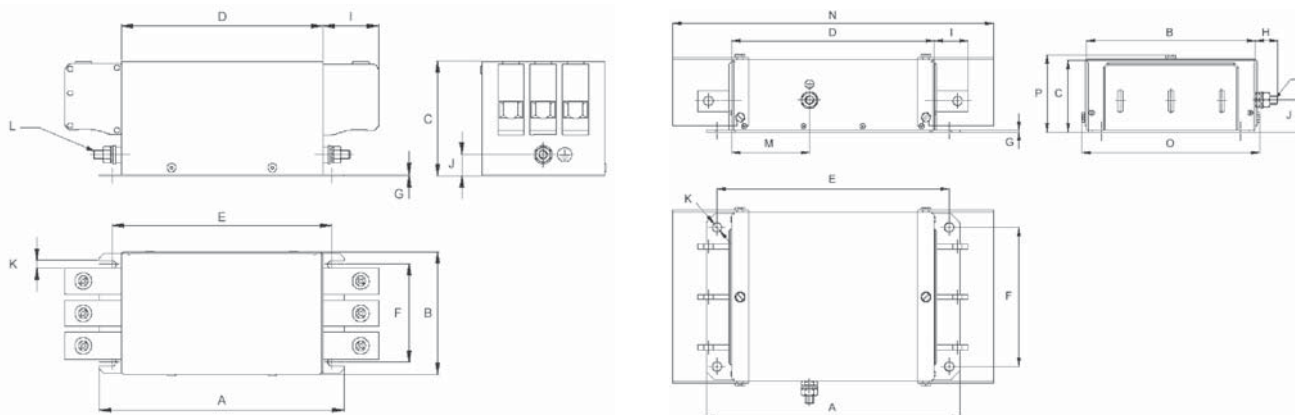


Model 100A

Model 150A i 1000A



Dane mechaniczne



Wymiary

	10A 20A	35A	50A 65A	80A	100A	150A 200A 250A 320A 400A 600A	1000A
A	150	160	170	200	230	300	370
B	58	70	85	95	95	200	190
C	58	68	80	90	90	86	125
D	120	130	140	170	200	240	310
E	132,5	142,5	152,5	182,5	212,5	275	345
F	28	50	65	75	75	165	155
G	1	1	1	1,5	1,5	2	3
H	-	-	-	-	-	26,5	29
I	11,5	25	39	45	45	40	50
J	20,5	20	15	16	16	37	67
K	4,5	5,5	5,5	5,5	5,5	11	11
L	M4	M5	M6	M8	M8	M10	M12
M	-	-	-	-	-	92	138
N	-	-	-	-	-	380	610
O	-	-	-	-	-	211	201
P	-	-	-	-	-	93	132

*Wszystkie wymiary podane są w mm.

3-fazowy filtr najwyższej klasy



- zakres prądowy: 10..1000A
- małe wymiary i waga
- opcjonalnie osłona ochronna
- tłumienność zgodna z EN61800-3/A11

FN 3359

Dopuszczenia

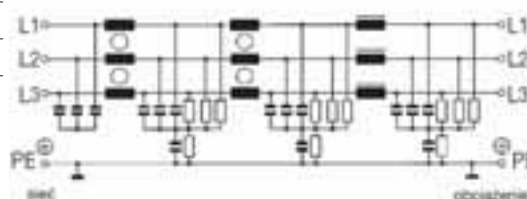


Specyfikacja techniczna

Maksymalne napięcie pracy:	520VAC, 690VAC dla wersji HV.
Częstotliwość:	DC..60Hz w temp. 50°C
Test wysokonapięciowy:	L→PE 2700VDC dla 2s L→L 2150VDC dla 2s
Przebieżalność:	4-krotny prąd znamionowy dla momentu załączania, 1,5-krotny prąd znamionowy przez jedną minutę w ciągu każdej, jednej godziny pracy.
Zakres temperatury otoczenia:	-25°C do +100°C
Klasa ognioodporności:	UL 1283, CSA 22.2 No. 8 1986, EN 133200

Schemat elektryczny

FN 3359



Tablica doboru filtru

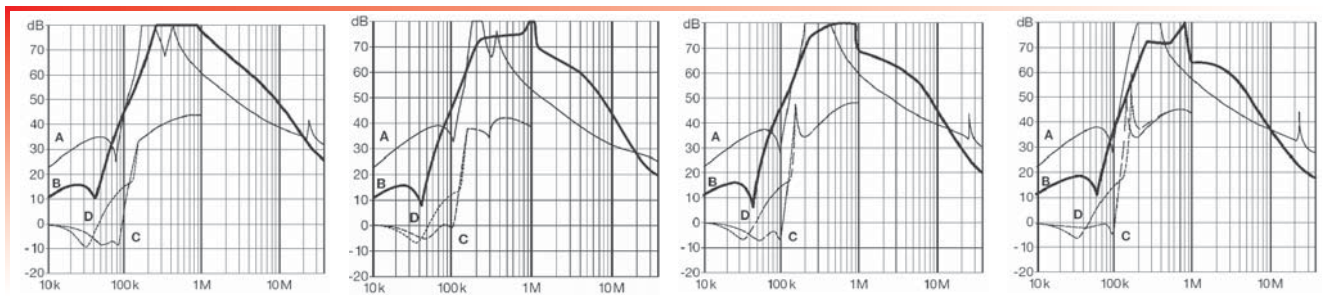
Model	Prąd [A] dla t=40°C (25°C)	Prąd upływu [mA] (480V/50Hz)	Moc strat [W]	Typ złączy	Waga [g]	Typ osłony ochronnej
FN 3359-150-28	150	<6	28	/28	6,5	1151-050
FN 3359HV-150-28	150	<6	28	/28	6,5	1151-050
FN 3359-180-28	180	<6	38	/28	6,5	1151-050
FN 3359HV-180-28	180	<6	38	/28	6,5	1151-050
FN 3359-250-28	250	<6	57	/28	7	1151-051
FN 3359HV-250-28	250	<6	57	/28	7	1151-051
FN 3359-320-99	320	<6	40	/99	10,5	1151-052
FN 3359HV-320-99	320	<6	40	/99	10,5	1151-052
FN 3359-400-99	400	<6	50	/99	10,5	1151-052
FN 3359HV-400-99	400	<6	50	/99	10,5	1151-052
FN 3359-600-99	600	<6	65	/99	11	1151-053
FN 3359HV-600-99	600	<6	65	/99	11	1151-053
FN 3359-1000-99	1000	<6	91	/99	18	1151-054
FN 3359HV-1000-99	1000	<6	91	/99	18	1151-054
FN 3359-1600-99	1600	<6	180	/99	27	-
FN 3359HV-1600-99	1600	<6	180	/99	27	-
FN 3359-2500-99	2500	<6	400	/99	55	-
FN 3359HV-2500-99	2500	<6	400	/99	55	-

Tłumienność wtrąceniowa filtrów serii FN 3359

wg CISPR 17; A = 50 Ω/50 Ω sym, B = 50 Ω/50 Ω asym, C = 0,1 Ω/100 Ω sym, D = 100 Ω/0,1 Ω sym

Model 150A i 180A Model 250A

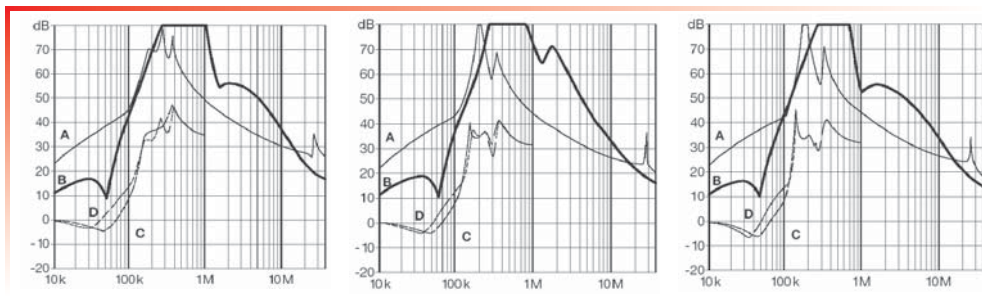
Model 320A i 400A Model 600A



Model 1000A

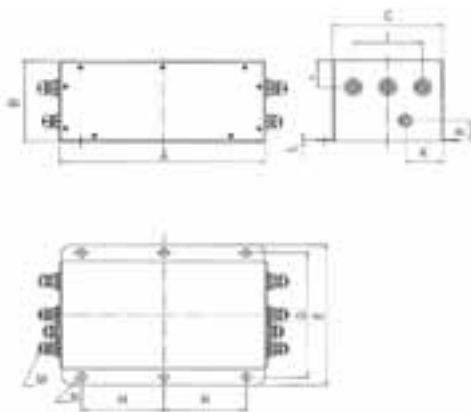
Model 1600A

Model 2500A

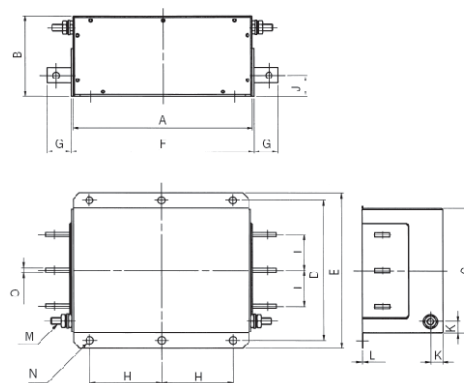


Dane mechaniczne

Model od 150A do 250A



Model od 320A do 2500A



Wymiary

	150A 180A	250A	320A 400A	600A	1000A	1600A	2500A	Tol. mm
A	300	300	300	300	350	400	600	±1,5
B	120	125	115	135	170	160	200	±1,0
C	160	180	210	210	230	250	300	±1,0
D	185	205	235	235	255	275	330	±0,5
E	210	230	260	260	280	300	370	±1,0
F	-	-	306	306	356	406	606	±1,5
G	-	-	40	40	50	90	95	±1,5
H	120	120	120	120	145	170	250	±0,5
I	100	110	60	60	60	60	100	±0,5
J	40	40	35	35	64	64	80	±2,0
K	55	62,5	20	20	25	25	25	±1,0
L	2	2	2	2	3	3	3	±0,2
M	M10	M10	M12	M12	M12	M12	M16	-
N	12	12	12	12	12	12	14	±0,2
O	-	-	6	8	8	10	15	±0,1
P	30	35	-	-	-	-	-	±1,0

*Wszystkie wymiary podane są w mm.

Filtr 1-fazowy dwustopniowy w wykonaniu PCB



- zakres prądowy: 0,5..6A
- bardzo dobre tłumienie
- przystosowany do montażu na płytce drukowanej

FN 410

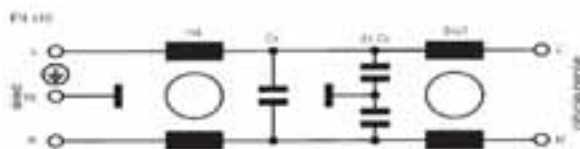
Dopuszczenia



Specyfikacja techniczna

Maksymalne napięcie pracy:	250VAC dla 50/60Hz
Częstotliwość:	DC..400Hz w temp. 50°C
Test wysokonapięciowy:	L,N→PE 2000VAC L→N 1700VDC
MTBF @ 40°C/230V (Mil-HB-217F):	675 000 godzin
Pojemność Cx:	33 nF
Pojemność Cy:	2,2 nF
Maksymalny prąd upływu:	190 μA na fazę

Schemat elektryczny FN 410



Tłumienność wtrąceniowa filtrów serii FN 410

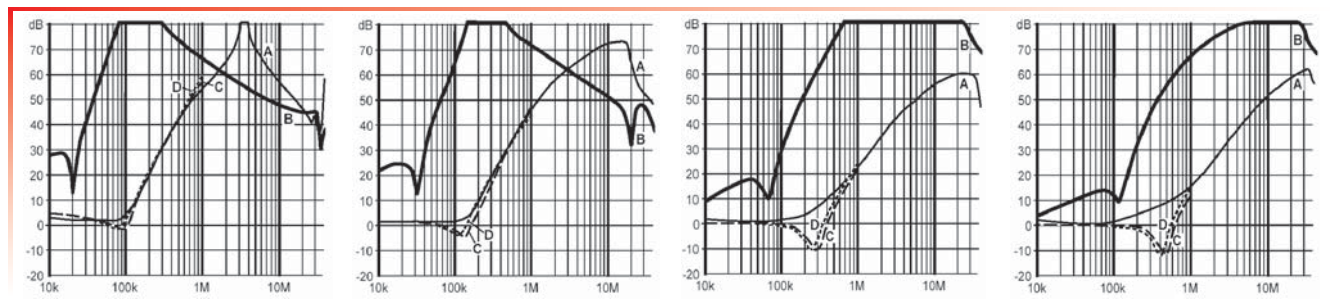
wg CISPR 17; A = 50 Ω/50 Ω sym, B = 50 Ω/50 Ω asym, C=0,1 Ω/100 Ω sym, D= 100 Ω/0,1 Ω sym

Model 0,5A

Model 1A

Model 3A

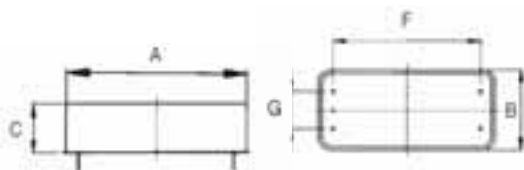
Model 6A



Tablica doboru filtru

Rodzina	Typ złącza	Prąd [A] dla t=40°C (25°C)	Indukcyjność L/L1 [mH]	Typ obudowy	Waga [g]
FN 410 -0.5 /??	/02	0,5 (0,6)	24 / 24	E1	85
FN 410 -1 /??	/02	1 (1,2)	10 / 10	E1	85
FN 410 -3 /??	/02	3 (3,6)	2 / 2	E1	85
FN 410 -6 /??	/02	6 (6,9)	0,8 / 0,8	E1	85

Dane mechaniczne



Wymiary

	-0,5, -1, -3, -6	Tol. [mm]
A	72	±0,8
B	33	±1
C	19	±0,5
F	60	±0,2
G	15	±0,2

*Wszystkie wymiary podane są w mm.

Filtr wykonaniu PCB o małych wymiarach



- zakres prądowy: 0,5..8,4A
- aluminiowa obudowa
- idealny do montażu na płytkę drukowaną
- małe wymiary

FN 406

Dopuszczenia

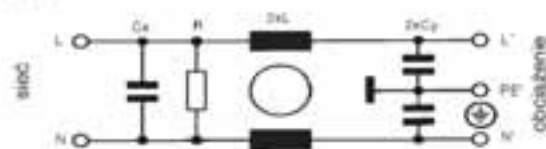


EN 133200
IEC 60939

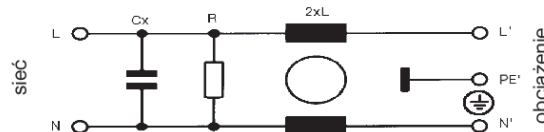
Specyfikacja techniczna

Maksymalne napięcie pracy:	250VAC dla 50Hz
Częstotliwość:	DC..400Hz w temp. 50°C
Test wysokonapięciowy:	L,N→PE 2000VAC L→N 1700VAC L,N→PE 2500VAC (wersja medyczna, typ B)
MTBF @ 40°C/230V (Mil-HB-217F):	1 900 000 godzin
Pojemność Cx:	100 nF
Pojemność Cy:	2.2 nF
Rezystencja R:	1 MΩ
Maksymalny prąd upływu:	190 μA na fazę 2 μA na fazę (wersja medyczna, typ B)

Schemat elektryczny FN 406



FN 406 B



Tłumienność wtrąceniowa filtrów serii FN 406

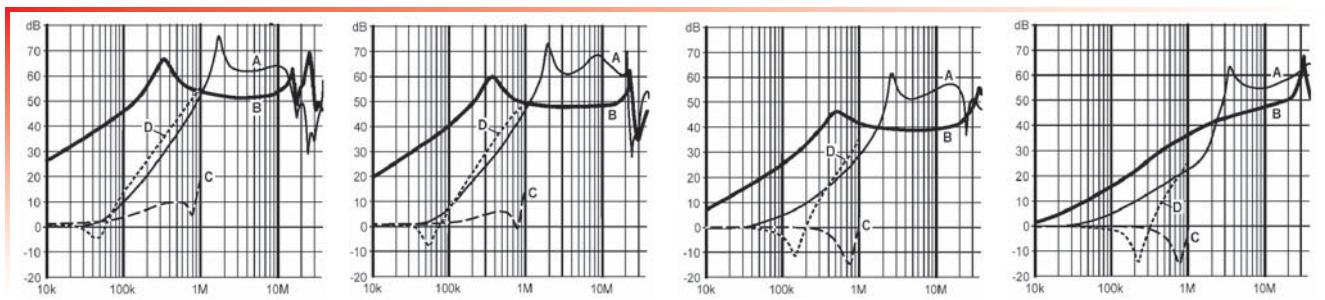
wg CISPR 17; A = 50 Ω/50 Ω sym, B = 50 Ω/50 Ω asym, C=0,1 Ω/100 Ω sym, D= 100 Ω/0,1 Ω sym

Model 0,5A

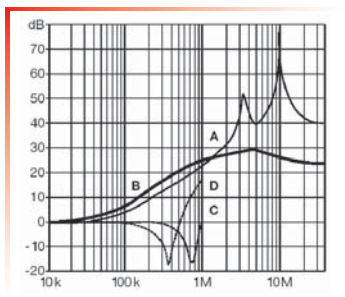
Model 1A

Model 3A


Model 6A



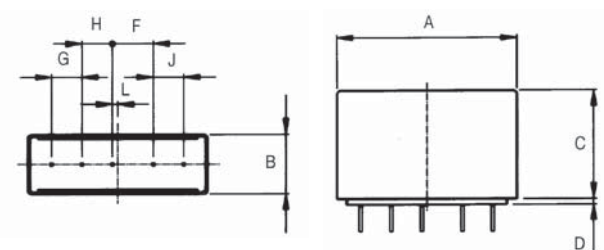
Model 8,4A



Tablica doboru filtru

Rodzina	Typ złącza 	Prąd [A] dla t=40°C (25°C)	Indukcyjność L [mH]	Typ obudowy	Waga [g]
FN 406 -0.5/??	/02	0,5 (0,6)	24	A6	36
FN 406 -1 /??	/02	1 (1,2)	12	A6	36
FN 406 -3 /??	/02	3 (3,5)	2,5	A6	36
FN 406 -6 /??	/02	6 (6,9)	0,78	A6	36
FN 406 -8.4/??	/02	8,4 (9,6)	0,3	A6	36

Dane mechaniczne



Wymiary

	-0,5, -1, -3, -6, -8,4	Tol. [mm]
A	45	±0,2
B	15	±0,5
C	28	±0,3
D	1,5	±0,3
F	10,16	±0,1
G	7,62	±0,1
H	7,62	±0,1
J	7,62	±0,1
L	1,27	-

*Wszystkie wymiary podane są w mm.

Filtr z wtykiem IEC, wyłącznikiem i bezpiecznikiem



- zakres prądowy: 1..10A
- zgodny z normą IEC950
- szerokie zastosowanie
- z jednym lub dwoma bezpiecznikami (Ø5 x 20mm)

FN 280

Dopuszczenia



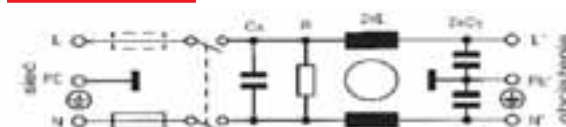
EN 133200
IEC 60939

Specyfikacja techniczna

Maksymalne napięcie pracy:	250VAC dla 50°C
Częstotliwość:	50..400Hz w temp. 50°C
Test wysokonapięciowy:	L,N→PE 2000VAC 2500 VAC (dla B) L→N 760VAC
MTBF @ 40°C/230V (Mil-HB-217F):	1 500 000 godzin

Schemat elektryczny

FN 280



FN 281/283/285

FN 282/284/286 (wersja z dwoma bezpiecznikami)

Tłumienność wtrąceniowa filtrów serii FN 280

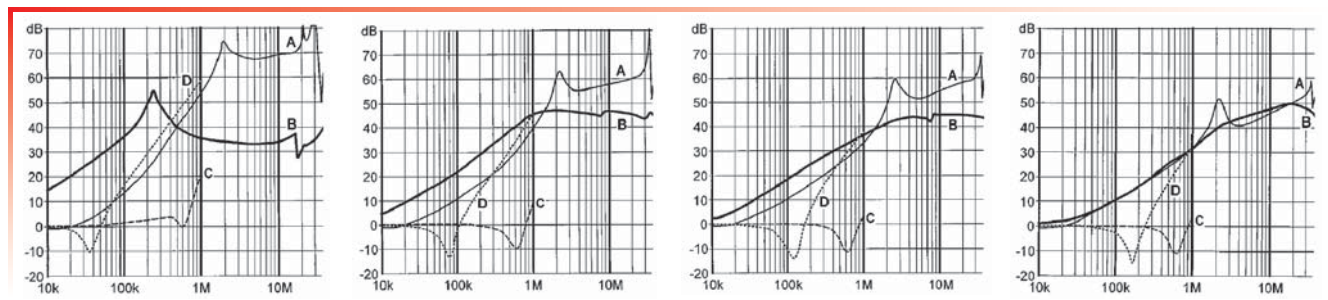
wg CISPR 17; A = 50 Ω/50 Ω sym, B = 50 Ω/50 Ω asym, C = 0,1 Ω/100 Ω sym, D = 100 Ω/0,1 Ω sym

Model 1A

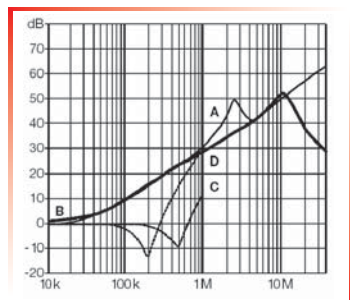
Model 2A

Model 4A

Model 6A



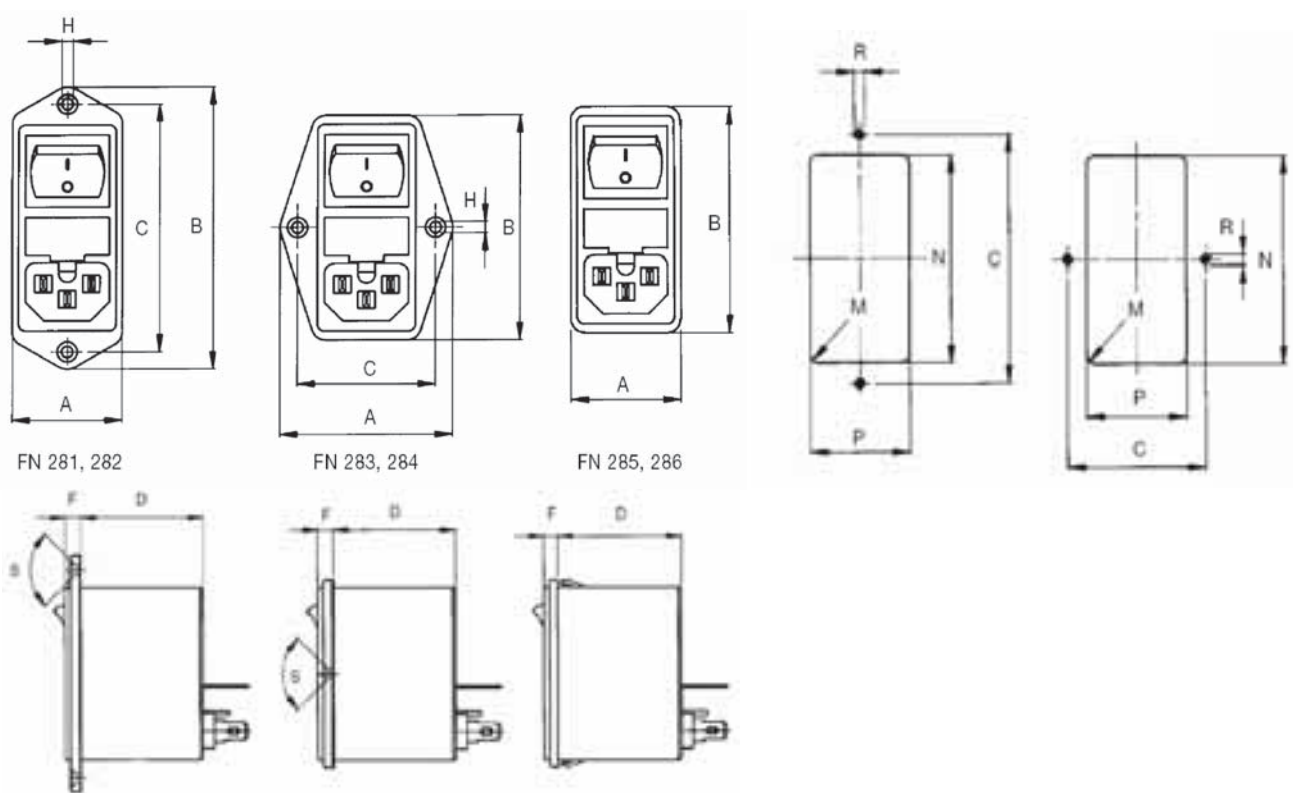
Model 10A



Tablica doboru filtra

Model	Prąd [A] dla t=40°C (25°C)					Typ złącza wyjściowego	Typ obudowy	Liczba bezpieczników
	1 (1,2)	2 (2,4)	4 (4,8)	6 (7,2)	10 (12)			
FN 281 -?? /??	-1	-2	-4	-6	-10	/06	√	1
FN 282 -?? /??	-1	-2	-4	-6	-10	/06	√	2
FN 283 -?? /??	-1	-2	-4	-6	-10	/06	√	1
FN 284 -?? /??	-1	-2	-4	-6	-10	/06	√	2
FN 285 -?? /??	-1	-2	-4	-6	-10	/06	√	1
FN 286 -?? /??	-1	-2	-4	-6	-10	/06	√	2
Indukcyjność L [mH]								
	7,5	2	1	0,45	0,34			

Dane mechaniczne



Wymiary

	FN 281 FN 282	FN 283 FN 284	FN 285 FN 286	Tol. (mm)
A	32	50	32	± 0,3
B	82	65	65	± 0,3
C	72	40	-	± 0,1
D	43,1	43,1	43,6	± 0,3
F	5,5	5,5	5	± 0,3
H	∅3,3	∅3,3	-	-
M	R<=2,5			-
N	60,8	60,8	61,6	± 0,1
P	29,3	29,3	29,3	± 0,2
R	M3	M3	-	-
S	90°	90°	-	-

*Wszystkie wymiary podane są w mm.

1-fazowy filtr najwyższej klasy



- zakres prądowy do 20A
- zgodny z normą IEC-950
- dostępna wersja medyczna (typ B)
- dostępna wersja obudowy z zatrzaskami (typ S i S1)

FN 9222

Dopuszczenia



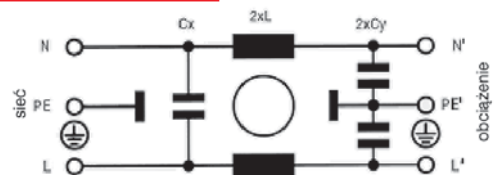
VDE i ENEC do 15 A

Specyfikacja techniczna

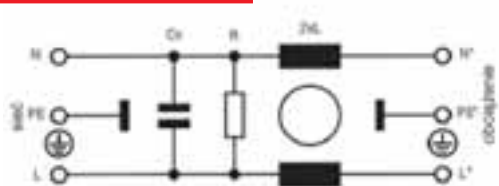
Maksymalne napięcie pracy:	250 VAC przy 50/60 Hz
Częstotliwość:	DC..400Hz
MTBF @ 40°C/230V (Mil-HB-217F):	1 800 000
Zakres temperatury pracy:	-25°C do +85°C
Test wysokonapięciowy:	L,N→PE 2000VAC L,N→PE 2500VAC (wersja B) L→N 1700VDC
Maksymalny prąd upływu:	190 μA na fazę 2μA na fazę (typ B)
Pojemność: Cx Cy	100 nF, 330 nF (typ 16A i 20A) 2,2 nF
Waga:	40 g (do 15 A) 120 g (typ 16 A i 20 A)

Schemat elektryczny

FN 9222



FN 9222B



Tłumienność wtrąceniowa filtrów serii FN 9222

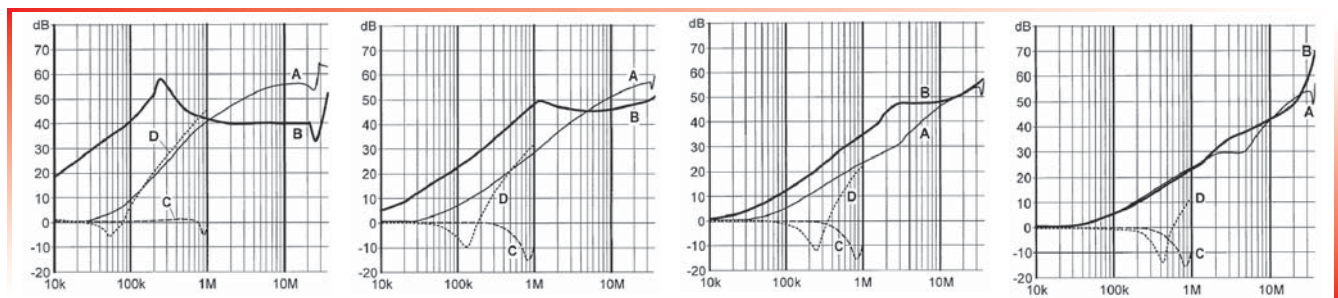
wg CISPR 17; A = 50 Ω/50 Ω sym, B = 50 Ω/50 Ω asym, C = 0,1 Ω/100 Ω sym, D = 100 Ω/0,1 Ω sym

Model 1A

Model 3A

Model 6A

Model 10A

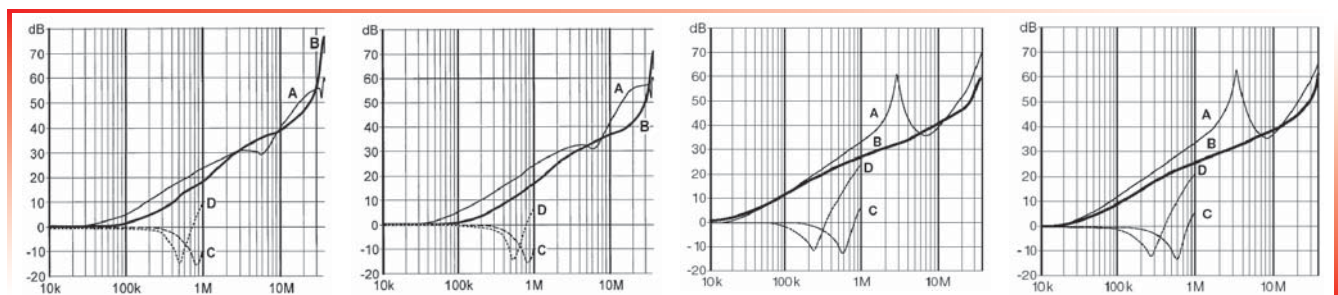


Model 12A

Model 15A

Model 16A

Model 20A



Tablica doboru filtra

Wybierz odpowiednią rodzinę filtra FN xxx która spełnia Twoje oczekiwania, następnie dodaj symbol -?? określający wartość prądu, a na końcu dodaj symbol /?? informujący o typie złącza wyjściowego.
Przykład: FN 9222-1/06 jest to standardowy filtr z gniazdem IEC mocowany za pomocą konektorów, prąd znamionowy 1A.

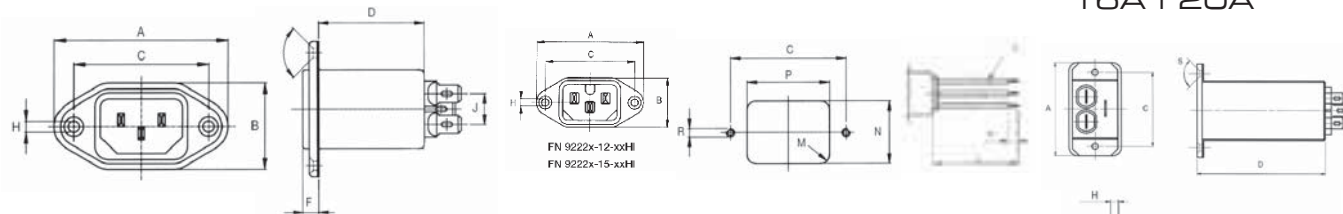
Rodzina	Prąd [A] dla t=50°C (40°C)								Typ złącza wyjściowego	Typ obudowy
	1 (1,2)	3 (3,5)	6 (7,2)	10 (11,6)	10 (12)	10 (15)	16 (18,5)	20 (23)		
FN 9222 -?? /??	-1	-3	-6	-10	-12	-15	-16	-20	/06 /07	√
FN 9222S -?? /??	-1	-3	-6	-10	-12	-15	-16	-20	/06 /07	√
FN 9222S1 -?? /??	-1	-3	-6	-10	-12	-15	-16	-20	/06 /07	√
Indukcyjność L [mH]										
	12	2,5	0,78	0,225	0,11	0,075	0,45	0,4		

Dane mechaniczne

FN 9222 do 15 A

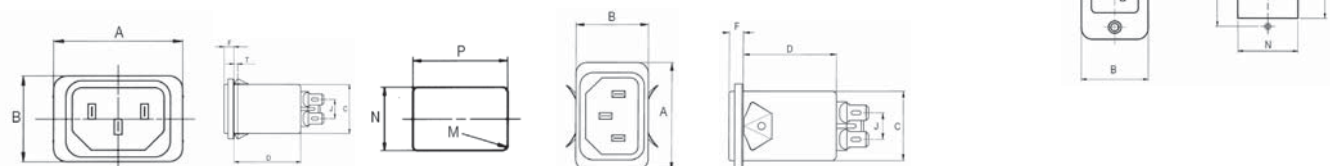
FN 9222 12A i 15A

FN 9222R
16A i 20A



FN 9222S

FN 9222S1



Wymiary

	FN 9222 do 15A	FN 9222 16A-20A	FN 9222S do 15A	FN 9222S1 do 15A
A	48	53	29,9	29,9
B	22,5	30	22,4	22,4
C	40	42	27,8	27,8
D	38,4	73	38,4	38,4
F	5,5	5,5	5,5	5,5
H	Ø 3,3	Ø 3,5	-	-
J	13,3	-	13,3	13,3
M	R<3	-	R<1,5	R<1,5
N	21,5-0+0,5	27	20,8-0+0,1	21,9-0+0,1
P	28,5-0+0,5	34,7	29,4-0+0,1	28,5-0+0,1
R	M3	M3	-	-
S	90°	90°	-	-
T	-	-	0,6-2mm	0,6-2mm
W	6	-	6	6
Y	AWG 18	-	AWG 18	AWG 18
Z	160	-	160	160

*Wszystkie wymiary podane są w mm.

Dławik wyjściowy typu du/dt



- zakres prądowy od 2,1 do 2300A
- redukuje stromości przebiegu du/dt
- zwiększa żywotność silnika
- zmniejsza poziom emisji zaburzeń promieniowanych

RWK 305

Dopuszczenia
Materiały użyte do produkcji
klasyfikowane wg UL

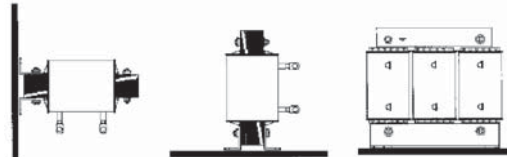
Specyfikacja techniczna

Maksymalne napięcie pracy:	3x400 VAC w temp. 40°C
Zakres prądowy	2,1..2300A w temp. 40°C
Częstotliwość:	50..60Hz
Częstotliwość przełączania	2..16kHz
Długość przewodu do silnika	3..30m (współpraca z dłuższymi przewodami na zamówienie)
Zakres temperatury pracy:	-25°C do +85°C
Test wysokonapięciowy:	P→E 3000VAC przez ~10s (test producenta) P→P 3000VAC przez ~10s (test producenta)
Napięcie zwarcia	0.8%
Typowa redukcja du/dt	współczynnik ≥5
Klasa ochronności	IP00, typ KL zgodny z VBG4
Klasa izolacji	T40/B (130°C)→RWK 305 < 110A T40/F (155°C)→RWK 305 > 110A
Zakres temperatury pracy	-25°C do +100°C (konieczna redukcja obciążenia powyżej 40°C)

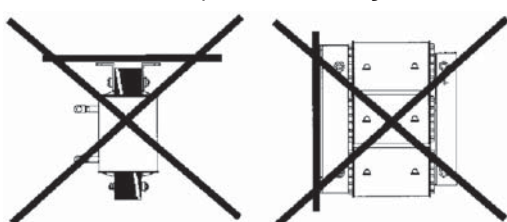
Schemat montażowy

RWK 305

Montaż prawidłowy



Montaż nieprawidłowy



Sposób montażu

Aby zapewnić odpowiednią wentylację i odprowadzanie ciepła z uzwojeń dławika należy go zamontować w odpowiedniej odległości od innych urządzeń i otaczających go ścian.

Odległości te są definiowane jak następuje:

- w kierunkach poziomych – 100% szerokości dławika
- w kierunku pionowym – 100% wysokości dławika

Na rysunku powyżej przedstawiono prawidłowy i nieprawidłowy sposób montażu dławika. Należy zwrócić uwagę, że sposób instalacji dławika pokazany do płaszczyzny pionowej dotyczy dławików o wadze do 25 kg. Sposób montażu oraz minimalne odległości innych elementów otaczających dławik muszą być bezwzględnie przestrzegane w celu uniknięcia uszkodzeń wywołanych na drodze przegrzania lub w wyniku mechanicznym.

Maksymalna temperatura otoczenia oraz klasa izolacji są umieszczone na tabliczce znamionowej.

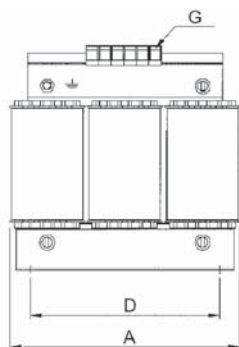
Parametry elektryczne i wymiary

Typ	Prąd [A]	Ind. L [mH]	Waga			Wymiary							Typ złącza	Rys.
			Całkowita	Miedź	Alu.	A	B	C	D	E	F	G*		
			[kg]			[mm]								
RWK 305-2,1-KL	2,1	2,8	1,2	0,1	-	100	57	120	56	34	4,8x8	1,5	złączka	D1
RWK 305-4-KL	4	1,47	1,2	0,14	-	100	57	120	56	34	4,8x8	1,5	złączka	D1
RWK 305-7,8-KL	7,8	0,754	1,2	0,28	-	100	57	120	56	34	4,8x8	1,5	złączka	D1
RWK 305-10-KL	10	0,588	1,8	0,22	-	100	65	120	56	43	4,8x8	2,5	złączka	D1
RWK 305-14-KL	14	0,42	2,2	0,35	-	125	70	140	100	45	5x8	2,5	złączka	D1
RWK 305-17-KL	17	0,346	2,5	0,5	-	125	80	140	100	55	5x8	2,5	złączka	D1
RWK 305-24-KL	24	0,245	2,5	0,5	-	125	80	140	100	55	5x8	4	złączka	D1
RWK 305-32-KL	32	0,184	3,9	0,56	-	155	95	195	130	56	8x12	10	złączka	D1
RWK 305-45-KL	45	0,131	6,1	0,7	-	155	110	195	130	70	8x12	10	złączka	D1
RWK 305-60-KL	60	0,098	6,1	1,3	-	155	110	195	130	70	8x12	10	złączka	D1
RWK 305-72-KL	72	0,082	6,1	1,6	-	155	110	205	130	70	8x12	16	złączka	D2
RWK 305-90-KL	90	0,065	7,4	2,4	-	190	100	240	130	57	8x12	35	złączka	D2
RWK 305-110-KL	110	0,053	8,2	2,4	-	190	110	240	130	67	8x12	35	złączka	D2
RWK 305-124-KS	124	0,047	8,2	2,4	-	190	150	170	130	67	8x12	8	pierścieniowe	D3
RWK 305-143-KS	143	0,041	10,7	2,7	-	190	160	170	130	77	8x12	8	pierścieniowe	D3
RWK 305-156-KS	156	0,038	10,7	2,85	-	190	160	170	130	77	8x12	10	pierścieniowe	D3
RWK 305-170-KS	170	0,035	10,7	3,8	-	190	160	170	130	77	8x12	10	pierścieniowe	D3
RWK 305-182-KS	182	0,032	16	2,8	-	210	160	185	175	95	8x12	10	pierścieniowe	D3
RWK 305-230-KS	230	0,026	22	3,5	-	240	220	220	190	119	11x15	12	pierścieniowe	D3
RWK 305-280-KS	280	0,021	39	2,8	-	240	235	220	190	133	11x15	12	pierścieniowe	D3
RWK 305-330-KS	330	0,018	32	3,5	-	240	240	220	190	135	11x15	12	pierścieniowe	D3
RWK 305-400-S	400	0,015	34	3,8	2	240	220	325	190	119	11x15	11	szyna miedziana	D4
RWK 305-500-S	500	0,012	35	5,4	3,3	240	220	325	190	119	11x15	11	szyna miedziana	D4
RWK 305-600-S	600	0,01	37	5,4	3,3	240	230	325	190	128	11x15	11	szyna miedziana	D4
RWK 305-680-S	680	0,009	38	7,2	3,5	240	230	325	190	128	11x15	11	szyna miedziana	D4
RWK 305-790-S	790	0,007	43	10,5	3,5	300	218	355	240	136	11x15	11	szyna miedziana	D4
RWK 305-910-S	910	0,006	49	12	3	300	228	355	240	148	11x15	11	szyna miedziana	D4
RWK 305-1100-S	1100	0,005	66	12	3,5	360	250	380	310	144	11x15	11	szyna miedziana	D4
RWK 305-1500-S	1500	0,004	97	20,3	4,7	360	265	485	310	159	11x15	11	szyna miedziana	D4
RWK 305-1920-S	1920	0,003	105	26	7,7	360	265	485	310	159	11x15	11	szyna miedziana	D4
RWK 305-2300-S	2300	0,002	108	38	8,5	360	260	595	310	144	11x15	11	szyna miedziana	D4

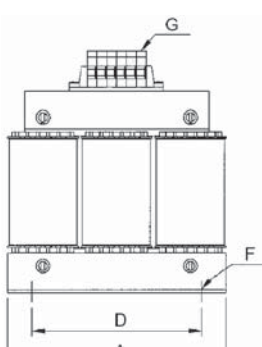
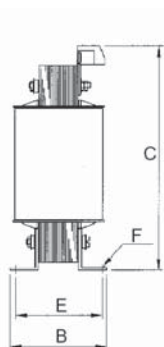
*Na rys. D1 i D2 wymiar G jest podany [mm²]; na rys. D3 i D4 wymiar G jest podany [mm]

Wszystkie wymiary i tolerancje zgodnie z normami: ISO2768-m / EN22768-m

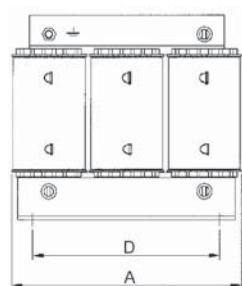
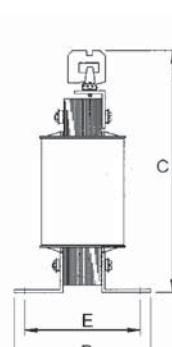
Dane mechaniczne



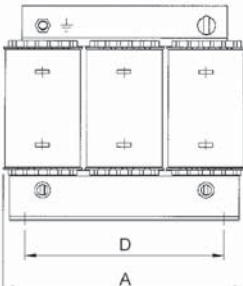
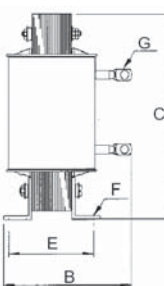
Rysunek D1



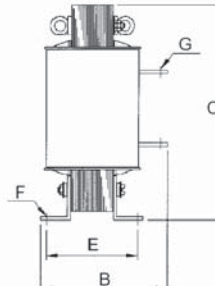
Rysunek D2



Rysunek D3



Rysunek D4



*Wszystkie wymiary podane są w mm.

Dławik wejściowy



- zakres prądowy od 2,1 do 2300A
- redukcja harmoniczných i wahań napięcia
- dostępny z dwoma wartościami napięcia zwarcia 2% i 4%
- poprawia współczynnik mocy systemu napędowego

RWK 212 / 213

Dopuszczenia
Wykonany zgodnie z norami UL

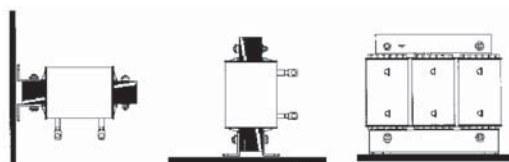
Specyfikacja techniczna

Maksymalne napięcie pracy:	3x400 VAC w temp. 40°C
Zakres prądowy	2,1..2300A w temp. 40°C
Częstotliwość:	50..60Hz
Test wysokonapięciowy:	P→E 3000VAC przez ~10s (test producenta) P→P 3000VAC przez ~10s (test producenta)
Napięcie zwarcia	4% dla RWK 212, 2% dla RWK 213
Klasa ochronności	IP00, na żądanie wykonanie o wyższej klasie ochronności
Klasa izolacji	T40/B (130°C)→RWK 212 do 95A i w całym zakresie RWK 213 T40/F (155°C)→RWK 212 powyżej 95A
Zakres temperatury pracy	-25°C do +100°C (konieczna redukcja obciążenia powyżej 40°C)

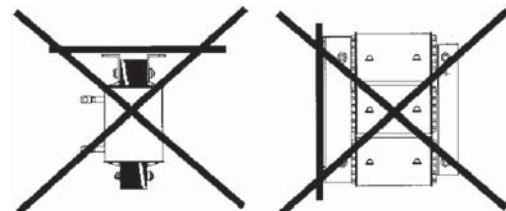
Schemat montażowy

RWK RWK 212 / 213

Montaż prawidłowy



Montaż nieprawidłowy



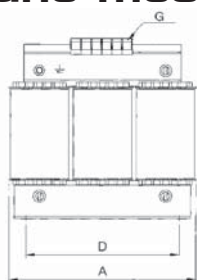
Parametry elektryczne i wymiary

Typ	Prąd [A]	Ind. L [mH]	Waga			Wymiary							Typ złącza	Rys.
			Całkowita	Miedź	Alu.	A	B	C	D	E	F	G*		
			[kg]			[mm]								
RWK 212-2.1-KL	2,1	14	1,9	0,14	–	80	70	120	50	38	5x8	2,5	złączka	D1
RWK 212-4-KL	4	7,3	2,1	0,21	–	100	75	125	56	43	5x8	2,5	złączka	D1
RWK 212-7-KL	7	4,2	2,5	0,31	–	125	75	130	100	55	5x8	2,5	złączka	D1
RWK 212-11-KL	11	2,6	2,5	0,7	–	125	75	130	100	55	5x8	2,5	złączka	D1
RWK 212-16-KL	16	1,8	3,9	0,85	–	155	80	150	130	55	8x12	2,5	złączka	D1
RWK 212-21-KL	21	1,4	5,4	0,95	–	155	95	150	130	70	8x12	4	złączka	D1
RWK 212-29-KL	29	1	5,4	1,63	–	155	95	150	130	70	8x12	4	złączka	D1
RWK 212-35-KL	35	0,84	5,9	2,25	–	155	110	175	130	70	8x12	10	złączka	D1
RWK 212-46-KL	46	0,64	11	2,3	–	190	120	200	170	78	8x12	10	złączka	D1
RWK 212-60-KL	60	0,49	15	2,35	–	210	135	220	175	95	8x12	16	złączka	D1
RWK 212-75-KL	75	0,39	15	3,7	–	210	150	225	175	95	8x12	16	złączka	D2
RWK 212-75-KS	75	0,39	15	3,95	–	210	160	185	175	95	8x12	8	pierścieniowe	D3
RWK 212-95-KL	95	0,3	22	3,4	–	230	210	275	180	122	8x12	35	złączka	D2
RWK 212-95-KS	95	0,3	22	5,1	–	230	180	210	180	122	8x12	8	pierścieniowe	D3
RWK 212-124-KL	124	0,23	25	3,92	–	240	215	285	190	130	8x12	35	złączka	D2
RWK 212-124-KS	124	0,23	25	3,4	–	240	210	210	190	130	11x15	10	pierścieniowe	D3
RWK 212-156-KS	156	0,19	25	5,1	–	240	210	210	190	130	11x15	10	pierścieniowe	D3
RWK 212-182-KS	182	0,16	32	7,45	–	265	210	240	215	114	11x15	10	pierścieniowe	D3
RWK 212-230-KS	230	0,13	35	9,55	–	300	210	270	240	134	11x15	12	pierścieniowe	D3
RWK 212-230-S	230	0,13	35	1,6	5,6	300	210	270	240	134	11x15	11	szyna miedziana	D4
RWK 212-280-KS	280	0,1	41	8,5	–	300	218	270	240	142	11x15	12	pierścieniowe	D3
RWK 212-280-S	280	0,1	41	1,6	5,8	300	218	270	240	142	11x15	11	szyna miedziana	D4
RWK 212-330-KS	330	0,09	56	9,25	–	300	255	270	240	179	11x15	12	pierścieniowe	D3
RWK 212-330-S	330	0,09	56	2,25	5,1	300	255	270	240	179	11x15	11	szyna miedziana	D4
RWK 212-400-S	400	0,073	57	3,4	4,7	420	205	390	370	134	11x15	11	szyna miedziana	D4
RWK 212-500-S	500	0,058	67	4,5	5,74	420	215	390	370	140	11x15	11	szyna miedziana	D4
RWK 212-600-S	600	0,049	76	4,5	6,6	420	225	390	370	157	11x15	14	szyna miedziana	D4
RWK 212-680-S	680	0,043	80	5,6	8	420	225	390	370	157	11x15	14	szyna miedziana	D4
RWK 212-790-S	790	0,037	90	6,8	8,7	420	240	390	370	162	11x15	18	szyna miedziana	D4
RWK 212-910-S	910	0,032	107	6,8	8,7	420	255	390	370	177	11x15	2x11	szyna miedziana	D4
RWK 212-1100-S	1100	0,026	138	9,2	9,6	420	290	390	370	200	11x15	2x11	szyna miedziana	D4
RWK 212-1500-S	1500	0,02	167	13,3	10,1	480	350	490	430	214	13x18	4x11	szyna miedziana	D4
RWK 212-1920-S	1920	0,015	185	19,3	15,3	480	350	540	430	214	13x18	4x11	szyna miedziana	D4
RWK 212-2300-S	2300	0,0128	198	23,8	22,2	480	360	540	430	217	13x18	4x11	szyna miedziana	D4
RWK 213-60-KL	60	0,25	8,5	1,3	–	190	110	200	130	60	8x12	16	złączka	D1
RWK 213-182-KS	182	0,081	22	3,5	–	230	210	210	180	122	8x12	10	pierścieniowe	D3
RWK 213-500-S	500	0,03	39	3,3	5,2	300	218	270	240	142	11x15	11	szyna miedziana	D4

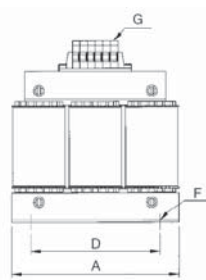
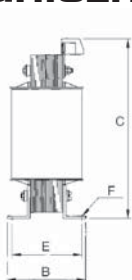
*Na rys. D1 i D2 wymiar G jest podany [mm²]; na rys. D3 i D4 wymiar G jest podany [mm]

Wszystkie wymiary i tolerancje zgodnie z normami: ISO2768-m / EN22768-m

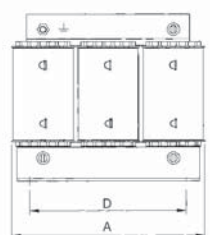
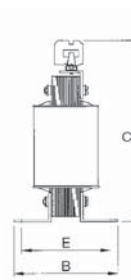
Dane mechaniczne



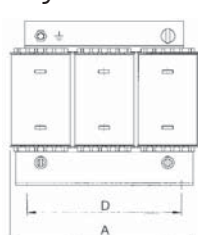
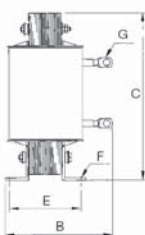
Rysunek D1



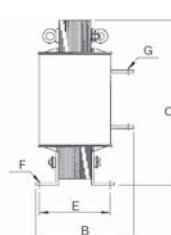
Rysunek D2



Rysunek D3



Rysunek D4



*Wszystkie wymiary podane są w mm.

PREZENTACJA DZIAŁU EMC FIRMY ASTAT

Skonfigurujemy system pomiarowy dokładnie taki, jakiego szukasz, spełniający wszystkie Twoje wymagania, posiadający wymagane certyfikaty i zawsze zgodny z aktualnie obowiązującymi normami. Uruchomienie przyrządów zawsze połączone jest ze szkoleniem Personelu laboratorium. Prowadzimy serwis gwarancyjny i pogwarancyjny oferowanych urządzeń, a w nagłych przypadkach zapewniamy sprzęt zastępczy.

SYSTEMY POMIAROWE POD KLUCZ:

- Pełna kompatybilność, niezawodność i harmonijna współpraca urządzeń w ramach jednego systemu

INSTRUMENTY DO POMIARÓW EMISJI:

- Pomiarowy odbiornik zaburzeń (9kHz..1GHz..2,75GHz..18GHz)
- Sieć sztuczna (1 lub 3 fazowa)
- Antena odbiorcza
- Sonda napięciowa



INSTRUMENTY DO BADAŃ ODPORNOŚCI:

- Generator sygnałowy/generator wielofunkcyjny
- Sieć sprzęgająca zaburzenia z torem zasilania
- Sieć sprzęgająca zaburzenia z torem transmisji danych
- Wzmacniacz mocy
- Miernik mocy
- Sprzęgacz kierunkowy
- Antena nadawcza
- Sonda pola



AKCESORIA:

- Maszt antenowy
- Stół obrotowy
- Panel przejściowy z filtrami, przepustami, falowodami,...
- System monitorujący
- Manipulator do odpowiedniego ustawienia EUT w komorze
- Sterownik PC odpowiednio skonfigurowany i wyposażony

OPROGRAMOWANIE:

- Intuicyjna obsługa, zadeklarowane biblioteki testów, kompletny raport i wiele przydatnych narzędzi

Nasze atuty to doświadczona kadra (tylko prawdziwi inżynierowie) współpraca z najlepszymi partnerami/dostawcami (Schaffner, EMC Partner, Maschek, IFI, Schwarzbeck, INN-CO, Erika Fiedler, ...) i wiele lat doświadczeń na rynku EMC.

**Twój pewny partner w EMC.
Kompleksowa oferta EMC z jednego źródła.**

Pewne i powtarzalne badania w zakresie sygnałów promieniowanych wymagają odpowiedniej przestrzeni pomiarowej. Kabina ekranowana zapewnia szczelność elektromagnetyczną w szerokim spektrum częstotliwości. Wyłożona materiałami absorbującymi (płytki ferrytowe, absorbery piankowe, hybrydy) niweluje odbicia po to, aby uzyskać właściwą jednorodność pola. Montaż wykonywany jest przez naszą wykwalifikowaną kadrę, zgodnie ze sztuką EMC, na bazie najnowocześniejszych rozwiązań. Komora jest elementem większego systemu i ważna jest jej pełna integracja z pozostałymi urządzeniami. Jesteśmy gotowi, by spełnić Twoje indywidualne życzenia. Prowadzimy również w ramach projektu prace budowlano-montażowe. Posiadamy listę referencyjną i bogatą dokumentację techniczno-zdjęciową z wykonanych projektów.



KOMORY BEZODBICIOWE



KOMORY GTEM



KABINY EKRANOWANE



POMIESZCZENIA TAJNE

**Twój pewny partner w EMC.
Kompleksowa oferta EMC z jednego źródła.**

Właściwy wybór odpowiednich środków redukujących zaburzenia przewodzone (filtrowanie) i promieniotworne (ekranowanie, uszczelnianie) to prawdziwa wiedza a nie magia. Posiadamy ją nie od dziś i dlatego pomożemy Ci dobrze zdecydować tak, abyś nie stracił nakładów finansowych i czasu. Zapewnienie odpowiednio niskiej emisji i wystarczającej odporności na zaburzenia elektromagnetyczne wprost wynika z zastosowanych komponentów EMC. Współczesne urządzenia elektroniczne bazują na układach wysokiej skali integracji, pracują z dużymi częstotliwościami przetwarzania sygnałów i korzystają z transmisji bezprzewodowej. To pociąga za sobą konieczność uwzględniania problematyki EMC już na etapie projektowania i stosowanie właściwych środków. Dostarczamy najpełniejszą na rynku ofertę akcesoriów z zakresu filtrowania i ekranowania zaburzeń. W każdej chwili możemy dostarczyć Ci próbki do zastosowania w prototypach. Wybierz właściwie – skorzystaj z naszej wiedzy, doświadczenia i poznaj produkty EMC.

Technika filtrowania zaburzeń:

- Filtry sieciowe jednofazowe (montaż: chassis, PCB, IEC)
- Filtry sieciowe trójfazowe
- Dławiki jedno i trójfazowe
- Filtry i dławiki wyjściowe (du/dt, sinus)
- Rdzenie ferrytowe



Technika ekranowania, uszczelniania zaburzeń:

- Uszczelnienia elastyczne (piankowe) i sprężyste (BeCu)
- Uszczelnienia kombi (łącznie funkcje ochrony EMC i środowiskowej)
- Uszczelnienia kombi nanoszone automatycznie na obudowy klienta - **nowość w Polsce !!!**
- Uszczelnienia ze splotów drucianych
- Farby, kleje i masy przewodzące
- Przepusty wentylacyjne (honey comb)
- Okna, folie ekranowane do wyświetlaczy i monitorów
- Ekranowane panele dotykowe
- Ekranująco-absorbujące obudowy układów i przetwornic scalonych do montażu na płytce PCB - **nowość w Polsce !!!**
- Elastomery i silikonu przewodzące
- Elastomery z poprzeczną siatką drucianą



**Twój pewny partner w EMC.
Kompleksowa oferta EMC z jednego źródła.**



Komory pomiarowe i kabiny ekranowane

Pierwsza część trylogii EMC opisuje współczesne techniki projektowania i budowy komór pomiarowych i kabin ekranowanych. Podstawą wszystkich tych obiektów jest klatka Faraday'a. Firma Astat montuje je z odpowiednio przygotowanych paneli blaszanych skrzyżowanych po uprzednim uszczelnieniu dla fali elektromagnetycznej. Inną grupą są komory typu GTEM, przy budowie których korzystamy z technologii firmy Schaffner - światowego potentata tej branży. Ostatnie strony broszury zawierają kartę techniczną, w której punkt po punkcie można przygotować się do inwestycji wybudowania kabiny ekranowanej.

Technika ekranowania i uszczelniania

Druga część trylogii EMC zawiera doskonale połączenie teorii (ekranowanie, uszczelnianie sygnałów elektromagnetycznych) oraz praktycznych wskazówek - rozwiązań rzeczywistych problemów. Wiedza jest przedstawiona w sposób przystępny za pomocą grafów i przykładów. Autorzy bazowali na materiale partnera Astatu, firmy Tecknit - niekwestionowanego lidera rynku wojskowych metod redukowania zaburzeń promieniowanych. Publikacja opisuje wszystkie najnowocześniejsze produkty, jakie można zdobyć dając konstruktorom wskazówki co do ostatecznych rozwiązań. Przebojem na pewno stanie się usługowe nanoszenie uszczelnienia typu kombi (łączy funkcje ochrony EMC i środowiskowej) na urządzenia i obudowy dostarczone przez Klienta. Jako jedyni w Polsce już to robimy - sprawdź naszą jakość, bądź nowoczesny !!!



Technika filtrowania zaburzeń

Trzecia część trylogii EMC dotyczy filtrowania zaburzeń w sieci zasilającej za pomocą wielostopniowych filtrów L, C i indukcyjnych elementów dyskretnych. Całość publikacji zawiera 3 części: analizę źródeł zaburzeń, charakterystykę metod pomiarowych i wymagań aktualnych norm, a wreszcie sugeruje konkretne rozwiązania przeciwzaburzeniowe. Wszelobecność zaburzeń, ich negatywny wpływ na urządzenia i systemy elektroniczne, wymaga znajomości zasad redukowania zaburzeń. Astat od kilkunastu lat współpracuje z największym europejskim producentem filtrów i dławików - firmą Schaffner. Wiedza i doświadczenie w zakresie sygnałów RF nie pojawia się z dnia na dzień - skorzystaj z tego i współpracuj z nami!

Testy odporności w układach wojskowych i lotniczych

Niniejsza publikacja opisuje podstawowe zjawiska elektromagnetyczne pojawiające się w obiektach wojskowych, na pokładzie pojazdów specjalnych, w samolotach itp. Punktem wyjścia do określenia zakresu badań jest analiza możliwych źródeł zaburzeń (wyładowania atmosferyczne, procesy łączeniowe, itp) i ich propagacji. Próba przedmiotowego ujęcia tych zjawisk są obowiązujące normy - również zawarte w katalogu. Jednak najważniejszą częścią jest prezentacja systemów, urządzeń i akcesoriów do wykonania tego typu testów w pełnej zgodności z wymaganiami norm. Każde z opisywanych urządzeń zostało specjalnie zaprojektowane do aplikacji wojskowych a nie zaadaptowane w prosty sposób z urządzeń cywilnych. Publikacja powstała w porozumieniu z firmą EMC Partner, którą oficjalnie w Polsce reprezentujemy. Zapraszamy do składania zapytań - Przygotujemy projekt wyposażenia stanowiska pomiarowego dokładnie według wymagań norm/wytucznych Klienta, uruchomimy je i przeszkolimy personel laboratorium.



NOWE KATALOGI



Technika odprowadzania ciepła - katalog materiałów termoprzewodzących

Odprowadzenie ciepła z półprzewodników znacznie poprawia żywotność i niezawodność urządzeń. Polecamy nowe produkty termoprzewodzące do których zaliczamy: taśmy termoprzewodzące, podkładki izolacyjne, wypełniacze szczelin, mieszanki utwardzalne, materiały zmieniające fazę, itp. Katalog jest dodatkowo wzbogacony o obszerny wstęp teoretyczny.

Technika elektrotestów w transporcie i przemyśle - katalog urządzeń do badania w zakresie prawidłowego działania systemów elektrycznych i elektronicznych

Wzrost złożoności systemów oraz wymagań bezpieczeństwa i niezawodności m. in. w pojazdach i samolotach sprowadza się do badania prawidłowego działania okablowania, tablic sterujących, połączeń elektrycznych, podzespołów elektronicznych i elektromechanicznych. Propozycja Electrotest sięga od prostych testerów wiązek kablowych po złożone systemy symulacji, które zawierają kompletne kabiny samochodów ciężarowych w tym również autobusów, kadłuby wagonów, tramwajów oraz samolotów.



EMC - Technika absorbowania/filtrowania zaburzeń

Absorbowanie i filtrowanie zaburzeń elektromagnetycznych staje się coraz bardziej istotnym zagadnieniem we współczesnej technice. Do realizacji tych funkcji służą m. in. materiały ferrytowe w różnorodnej postaci: rdzeni, mat, płytek, jak i różnorodne absorbery. Całość produktów dobrana jest pod kątem skuteczności redukowania zaburzeń w pełnym zakresie częstotliwości wymagań konkretnej aplikacji. Katalog zawiera wstęp teoretyczny.

Zamów już dziś! Bezpłacie dla firm i uczelni.

ASTAT - szeroka oferta z zakresu automatyki i elektroniki przemysłowej, niskiego napięcia, kompatybilności elektromagnetycznej oraz taśm i materiałów samoprzylepnych. Proponujemy między innymi:



Przełączniki elektromagnetyczne

- miniaturowe
- przemysłowe
- czasowe
- instalacyjne
- nadzorcze
- gniazda i akcesoria



Nowoczesne zasilacze impulsowe

- montaż na szynie DIN
- lekka i zwarta obudowa z metalu lub plastiku
- zabezpieczone przed przeciążeniem i zwarcim
- napięcia wejściowe: 1 lub 3-fazowe lub napięcie stałe
- nastawialne napięcie wyjściowe
- zgodność z normami EMC
- wysoka sprawność



Przekładniki prądowe nn:

- uniwersalne na szynę płaską i okrągłą
- na szynę płaską i okrągłą
- z uzwojeniem pierwotnym
- do rozliczeń z energetyką (własny punkt legalizacyjny!!!)
- i inne

**Przekładniki napięciowe nn: jedno- i dwubiegunowe
Izolatory nn: wsporcze, przelotowe i inne**



Systemy oznaczeń na kable, przewody, złączki, styczniki i inne elementy wyposażenia szaf sterowniczych. Oznaczanie ręczne, za pomocą plotera, drukarki laserowej lub termicznej



- Łączniki krzywkowe
- Przyciski
- Lampki
- Przełączniki



Złącza:

- śrubowe jednorzędowe lub wielorzędowe
- sprężynowe jednorzędowe lub wielorzędowe
- funkcyjne
- wysoko-prądowe
- akcesoria



Produkty do utrzymania właściwej temperatury w szafach z aparaturą elektryczną

- wentylatory (wydajność 60-700m³/h)
- wentylatory dachowe (wydajność 600 i 1000m³/h)
- termostaty
- higrotermostaty
- grzejniki (od 15W-125W)
- grzejniki z wentylatorem (25W i 500W)



Obudowy również z Ex do stref zagrożonych wybuchem, zgodnie z ATEX 100a

- aluminiowe ZAG
- poliestrowe BPG
- z poliwęglanu-ZP
- z ABS-u ZPS
- ze stali nierdzewnej SX



- koryta kablowe grzebieniowe proste i elastyczne
- separatory
- osłony spiralne
- znaczniki przewodów i wiele innych akcesoriów
- zgodność z międzynarodowymi normami i standardami



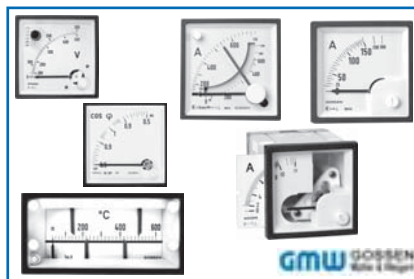
Liczniki:

- impulsów
- czasu pracy

Enkodery (przetworniki pomiarowe obrotów)

- inkrementalne
- absolutne jednoobrotowe lub wieloobrotowe

Systemy liniowego pomiaru długości



Analogowe mierniki natablicowe:

- mierniki elektromagnetyczne
- mierniki magnetoelektryczne
- mierniki magnetoelektryczne do pomiaru mocy czynnej zapomogą przetwornika
- mierniki do pomiaru cos μ ; częstotliwości
- mierniki wąsko profilowe

Mierniki z serii Basic oraz serii Vario jedyne mierniki analogowe wypełniające normy bezpieczeństwa



Taśmy

- aluminiowe gładkie i zbrojone oraz wysokotemperaturowe
- uniwersalne „duct tape”
- dwustronnie klejące, piankowe, na bębnoch przemysłowych
- rozprężne
- do łączenia folii dachowych
- miedziane
- elektroizolacyjne: PET, Normex, Kapton
- opakowaniowe z nadrukiem