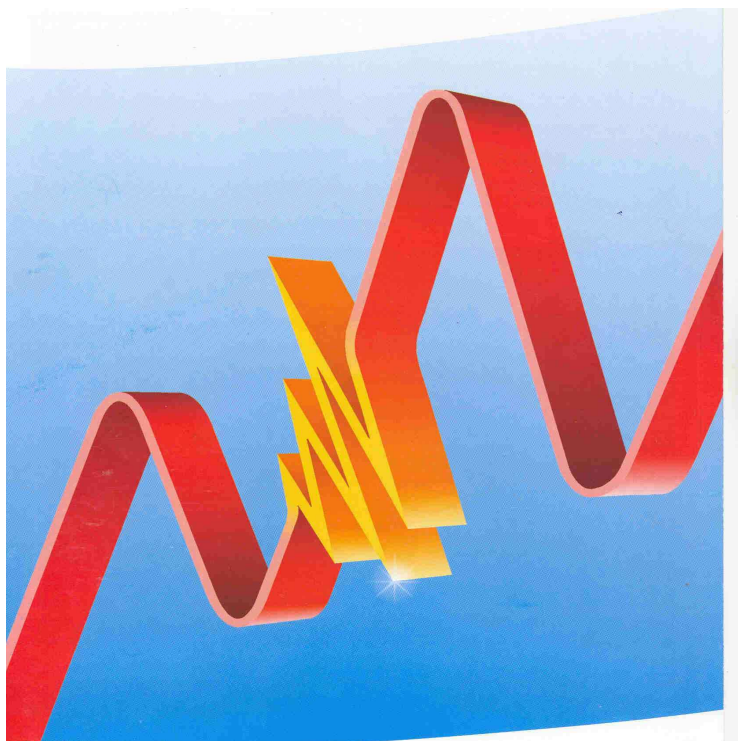


EMC

w instalacjach z przetwornicami częstotliwości

poradnik dla projektanta i instalatora



Opracowanie i redakcja: Andrzej Gizicki, Biuro Inżynierskie ANAP, wydanie 2 poprawione - 2011

Copyright @Biuro Inżynierskie ANAP

www.anap.pl

anap@anap.pl

ZAWARTOŚĆ

Rozdział 1 - Wprowadzenie	4
Cel	4
Przedmiot.....	4
Dyrektywy.....	4
Kto to jest producent ?	4
Odpowiedzialność producenta.....	5
Klient producenta jako producent.....	5
Wytwórca szaf i integrator systemów jako producent.....	5
Instrukcje producentów oryginalnego wyposażenia	6
Rozdział 2 - Definicje.....	7
Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC)	7
Odporność	7
Emisja.....	8
System napędowy.....	8
Rodzaje wyposażenia.....	9
Wyposażenie.....	9
Składniki wyposażenia bezpośredniego działania.....	10
Składniki wyposażenia bez funkcjonalności bezpośredniego działania.....	10
Aparaty i systemy	11
Instalacje	11
Oznakowanie CE dla kompatybilności elektromagnetycznej (EMC).....	11
Środowiska instalacji	12
“1 środowisko”	12
“2 środowisko”	12
Propagacja zakłóceń.....	13
Dystrybucja napędów regulowanych do użytkownika	14
Dystrybucja nieograniczona.....	14
Dystrybucja ograniczona	14
EMC – ograniczenia emisji	14

Plan EMC.....	14
Rozdział 3 – Rozwiązania poprawiające EMC.....	17
Wstęp.....	17
Rozwiązania dla zgodności EMC.....	17
Rodzaje zakłóceń.....	17
Zakłócenia przewodzone.....	18
Zakłócenia radiowe (promieniowania).....	18
Część “brudna” i część “czysta” system napędowego.....	20
Filtracja RFI.....	21
Dobór filtra RFI.....	23
Napędy regulowane w sieci IT.....	24
Układy przebiegiowe.....	24
Wybór dodatkowej obudowy.....	25
Otwory w obudowach.....	27
Uziemienia 360°.....	28
Uziemienie przepustów / dławików kablowych.....	28
Uziemienie 360° z tulejką przewodzącą.....	29
Uziemienie 360° na przyłączy silnika.....	30
Uszczelki przewodzące dla przewodów sterowniczych.....	31
Instalacja wyposażenia dodatkowego.....	33
Wewnętrzne okablowanie.....	34
Okablowanie sygnałów kontroli i sterowania.....	37
Okablowanie silnopiętne.....	38
Impedancja przejściowa (transfer impedance).....	39
Pierścienie ferrytowe.....	42
Uziemienia przy pomocy odcinków przewodu (pig-tail).....	43
Rozdział 4 – Praktyczne przykłady.....	45
Podstawowa instalacja zgodna z wymaganiami EMC.....	45
Układ z by-pass dla urządzeń < 100kVA.....	45
Typowe rozwiązania dla przetwornic z 12-to pulsowymi prostownikami.....	48
Rozdział 5 - Bibliografia.....	52

ROZDZIAŁ 1 – WPROWADZENIE

CEL

Celem opracowania jest systematyzacja zagadnień kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) w instalacjach napędów z regulacją częstotliwościową i wskazanie projektantom i personelowi odpowiedzialnemu za produkcję, instalację i uruchomienie metod spełnienia wymogów dyrektyw EMC w systemach i urządzeniach wykorzystujących napięciowe przemienniki częstotliwości.

Poradnik może być również przydatny zaawansowanym użytkownikom instalacji z napędami z częstotliwościową regulacją prędkości obrotowej silników elektrycznych jako narzędzie weryfikacji poprawności wykonania tego typu instalacji.

PRZEDMIOT

Poradnik ma stanowić pomoc dla producentów maszyn (OEM), integratorów i projektantów systemów napędowych oraz producentów i wykonawców instalacji w poprawnym doborze urządzeń podstawowych i wyposażenia uzupełniającego (styczniki, osprzęt elektroinstalacyjny, bezpieczniki itp.) dla instalacji z napięciowymi przemiennikami częstotliwości (przetwornicami częstotliwości). Wypełnienie podanych dalej zaleceń prawdopodobnie pozwoli że, zostaną spełnione wymagania dyrektyw EMC pozwalające na nadanie oznakowania CE, jeżeli będzie to konieczne.

Poradnik nie wyczerpuje wszystkich zagadnień EMC w instalacjach z napędami regulowanymi. Koncentruje się głównie na zagadnieniach ograniczenia wpływu i podniesienia odporności układów w kontekście zakłóceń elektromagnetycznych.

DYREKTYWY

Zgodnie z obowiązującymi przepisami obowiązują trzy dyrektywy, które dotyczą regulowanych napędów prądu przemiennego. Są to: dyrektywa maszynowa, dyrektywa niskonapięciowa oraz dyrektywa EMC (kompatybilności elektromagnetycznej). W poradniku skoncentrowano na spełnieniu wymagań dyrektywy EMC.

KTO TO JEST PRODUCENT ?

Komisja Europejska opublikowała wytyczne w sprawie stosowania dyrektywy EMC. Wytyczne te dają następujące definicje producenta: "to jest osoba odpowiedzialna za projektowanie i budowę urządzeń objętych dyrektywą w związku z wprowadzaniem ich na rynek Unii Europejskiej (EU) działająca w swoim własnym imieniu. Kto w celu wprowadzenia na rynek

Unii Europejskiej znacząco modyfikuje urządzenie w rezultacie czego zmodyfikowane urządzenie może być zakwalifikowane jako „nowy produkt” także staje się producentem”.

ODPOWIEDZIALNOŚĆ PRODUCENTA

Zgodnie z dyrektywą EMC (89/336/EEC) Artykuł 10 część 1 producent jest odpowiedzialny za dołączanie znaku CE do każdej jednostki wytwarzanego urządzenia. Zgodnie z częścią 2 producent jest odpowiedzialny również za przygotowanie i aktualizowanie dokumentacji techniczno-ruchowych (DTR) i instrukcji użytkownika. Przynajmniej jeden z tych dokumentów musi być dołączony do urządzenia w procesie sprzedaży (dostawy) do użytkownika lub dalszego przetwarzania.

KLIENT PRODUCENTA JAKO PRODUCENT

Jest dość szeroko stosowaną praktyką, że klienci producentów (OEM) wprowadzają na rynek oryginalny produkt lub produkt przetworzony (uszlachetniony), używając własnych znaków towarowych lub marki. Zmiana znaku towarowego, marki, etykiety lub oznakowania typu jest przykładem zmiany powodującej „przekształcenie” oryginalnego produktu w "produkt nowy".

W przeważającej części przetwornice częstotliwości sprzedawane jako produkty OEM są stosowane jako składniki kompletnych rozwiązań, które obejmuje obowiązek wyposażenia w niezbędną dokumentację (DTR, instrukcja użytkownika) tak jak by były przeznaczone dla konsumenta końcowego. W związku z tym to na kliencie producenta (OEM) → integratorze systemów, firmie montażowej itp., spoczywa ostateczna odpowiedzialność dotycząca EMC urządzeń, i to on wystawia deklarację zgodności i instrukcję użytkownika. Firma montażowa lub integrator systemu są zgodnie wyżej podaną dyrektywą traktowani jako producenci urządzenia końcowego. Dlatego bardzo istotne jest by producenci przetwornic częstotliwości zapewnili swoim klientom właściwe rekomendacje aplikacyjne oraz spełnienie wymagań EMC (włączając w to oznakowanie CE) tak by finalne rozwiązania mogły spełnić również wymagania EMC.

WYTWÓRCA SZAF I INTEGRATOR SYSTEMÓW JAKO PRODUCENT

Zgodnie z dyrektywą EMC system jest zdefiniowany jako połączenie kilku rodzajów wyposażenia, produktów gotowych i/lub w połączeniu, zaprojektowane i/lub wykonane przez tę samą osobę (producent systemu), które mają być wprowadzane do obrotu lub do dystrybucji jako pojedyncza jednostka funkcjonalna dla użytkownika końcowego i przeznaczona do zainstalowania i obsługi razem z przeznaczeniem do wykonywania określonych zadań.

Konstruktor panelu lub integrator systemu zazwyczaj jest zobowiązany do spełnienia tych ramowych wymagań. W związku z tym konstruktor panelu lub integrator systemu ma wyłączną i ostateczną odpowiedzialność dotyczącą EMC systemu. Nie może on przekazać tej odpowiedzialności dostawcy/dostawcom wyposażenia.

W dobrze pojętym interesie producentów wyposażenia powinno być przygotowanie wytycznych dotyczących każdego produktu, jak również ogólnych wytycznych EMC tak aby pomóc konstruktorom / integratorom systemów w poprawnym wykonaniu kompleksowych rozwiązań. Niniejsze opracowanie ma charakter ogólny i jest kompilacją rekomendacji dotyczących aplikacji z napięciowymi przemiennikami częstotliwości i ich zastosowań w złożonych systemach sterowania pod kątem spełnienia wymagań EMC.

Podstawową normą EMC dla systemów/paneli sterowania przetwornic częstotliwości jest norma PN-EN 61800-3 (lub IEC 61800-3). Terminy i definicje określone w normie używane w tym poradniku odwołują się do odpowiednich zapisów tej normy.

Poradnik zawiera praktyczne przykłady EMC i rozwiązania, które nie są opisywane w instrukcjach poszczególnych produktów z grupy napędów regulowanych. Podane rozwiązania mogą być stosowane bezpośrednio przez producentów urządzeń (OEM) lub przez producentów, integratorów systemów czy też konstruktorów / wykonawców paneli/szaf sterowania.

W poradniku opisano zasady uziemiania i okablowania rekomendowane w systemach sterowania z zastosowaniem napięciowych przemienników częstotliwości. Opis obejmuje również krótki opis zjawisk interferencji jakie występują w systemach zasilania i sterowania w tego typu systemach.

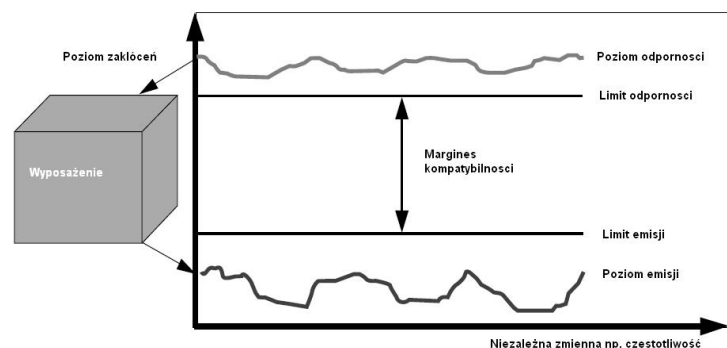
INSTRUKCJE PRODUCENTÓW ORYGINALNEGO WYPOSAŻENIA

Szczegółowe informacje w sprawie montażu i zastosowania produktów, przekrojów i rodzajów okablowania itp można znaleźć w instrukcjach przedmiotowych produktów. Zalecenia i rekomendacje podane w poradniku należy stosować zawsze w połączeniu z rekomendacjami producentów podanymi w przedmiotowych dokumentach dotyczących konkretnych urządzeń z grupy napięciowych przemienników częstotliwości

KOMPATYBILNOŚĆ ELEKTROMAGNETYCZNA (EMC)

EMC oznacza kompatybilność elektromagnetyczną. Opisuje ona zdolność działania urządzeń elektrycznych/elektronicznych w środowisku elektromagnetycznym. EMC definiuje dopuszczalne poziomy emisji zakłóceń wytwarzanych przez urządzenie/system tak by ich praca nie zakłócała pracy innych urządzeń określając jednocześnie minimalny poziom odporności urządzenia/systemu na zakłócenia pochodzące z innych źródeł. Dopuszczalne poziomy emisji i odporności są zależne od środowiska elektromagnetycznego, w którym dane urządzenie/system ma docelowo funkcjonować. Szczegóły dotyczące rodzajów środowisk pracy pokazane są w dalszej części poradnika.

Limity odporności i emisji są wymogiem prawnym dla wszystkich urządzeń/systemów wprowadzanych na rynek Unii Europejskiej. Na rys. 2-1 pokazano poglądowo warunki brzegowe dla określenia kompatybilności elektromagnetycznej.



Rys. 2-1. Poziomy emisji i odporności EMC

Przetwornice częstotliwości są postrzegane jako źródła zakłóceń i jest naturalne, że wszystkie elementy wyposażenia, połączeń elektrycznych włączając w to samą przetwornicę stanowią składniki systemu, który podlega ocenie w kontekście zgodności EMC. Ważne jest tutaj przyjęcie do wiadomości, że system jest tak słaby jak słaby jest jego najsłabszy punkt.

ODPORNOŚĆ

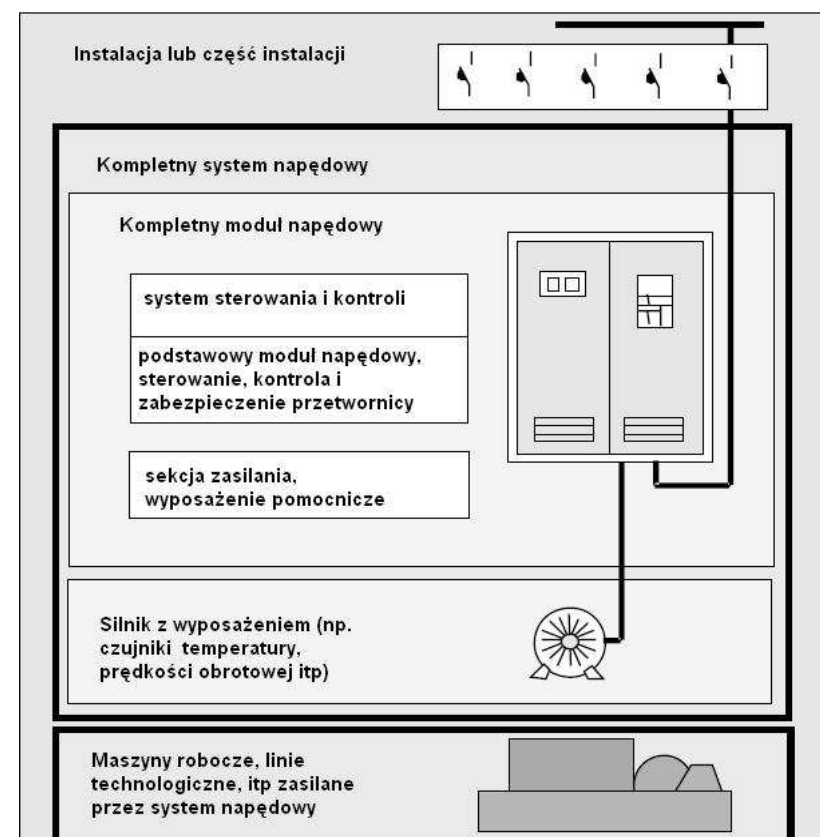
Urządzenia elektryczne powinny być odporne na zjawiska wysokiej i niskiej częstotliwości. Zjawiska wysokiej częstotliwości obejmują wyładowania elektrostatyczne, szybko narastające sygnały impulsowe, promieniowanie elektromagnetyczne w tym zakłócenia w zakresie częstotliwości radiowych. Typowe zjawiska niskiej częstotliwości są to występowanie harmonicznych napięcia zasilania związane z funkcjonowaniem odbiorników

o nieliniowej charakterystyce obwodu wejściowego, asymetrią obciążeń systemu zasilania i asymetria samego systemu.

EMISJA

Źródłem emisji wysokiej częstotliwości w przetwornicach częstotliwości jest szybkie przełączanie komponentów mocy, takich jak tranzystory IGBT i elektroniki sterującej. Emisja wysokiej częstotliwości może mieć zarówno charakter promieniowania jak przewodzony.

SYSTEM NAPĘDOWY



Rys. 2-2. Poglądowy schemat kompletnego systemu napędowego

Podzespoły przetwornicy częstotliwości odpowiedzialne za przełączanie komponentów mocy i same te komponenty mocy (tranzystory IGBT) mogą być traktowane jako część instalacji napędowej opisanej w normie PN-EN61800-3. W kontekście analizy EMC może to być analizowane oddzielnie jako tzw podstawowy moduł napędowy albo łącznie z innymi blokami funkcjonalnymi przetwornicy – w tym przypadku mówimy o kompletnym urządzeniu jaki jest przetwornica częstotliwości.

Zalecane jest, by personel odpowiedzialny za projektowanie i wykonawstwo tego typu systemów był zapoznany z podstawowymi rekomendacjami tej normy.

Systemy wykonywane przez producenta (OEM) lub producenta/integratora systemów mogą opierać się na pojedynczym urządzeniu z grupy napędów regulowanych ale również mogą się składać z wielu urządzeń skonfigurowanych do realizacji bardziej złożonych zadań.

Rozwiązania opisane w tym poradniku odnoszą się do systemów sterowania napędami regulowanymi ale niektóre z proponowanych rozwiązań mogą być rozszerzone na kompletne instalacje. Poradnik przedstawia podstawowe zasady i praktyczne przykłady poprawnych rozwiązań pod kątem spełnienia wymagań EMC, które mogą być zastosowane do systemów użytkownika.

RODZAJE WYPOSAŻENIA

Dyrektywy EMC odnoszą się do "wszystkich urządzeń elektrycznych i elektronicznych wraz z instalacją, które zawierają elektryczne i / lub elektroniczne części składowe mogące powodować zakłócenia elektromagnetyczne lub której działanie może takie zakłócenia powodować". Interpretacja dyrektywy EMC dla różnych konfiguracji w obszarze napędów regulowanych można podzielić na kilka poziomów:

WYPOSAŻENIE

W zależności od funkcjonalności urządzeń wyposażenia możemy podzielić go na dwie grupy

- urządzenia bezpośredniego działania
- urządzenia działania pośredniego (bez funkcjonalności bezpośredniego działania)

Pod pojęciem bezpośredniego działania rozumiemy dowolną funkcjonalność składnika wyposażenia, która spełnia cele zamierzonego wykorzystania, określone przez producenta w instrukcji stosowania dla użytkownika końcowego.

SKŁADNIKI WYPOSAŻENIA BEZPOŚREDNIEGO DZIAŁANIA

Składniki wyposażenia bezpośredniego działania można podzielić na dwie podgrupy

Funkcja bezpośredniego działania jest dostępna bez dodatkowej regulacji lub połączenia innego niż proste takie, które mogą być wykonywane przez osoby nie pełni świadome konsekwencji EMC. Taki składnik wyposażenia jest kwalifikowany jako "aparat" i jest włączony do wszystkich przepisów dyrektywy EMC.

Bezpośrednia funkcja nie jest dostępna bez dodatkowej regulacji lub połączenia innego niż proste takie, które mogą być wykonywane przez osobę nie pełni świadome konsekwencji EMC. Taki składnik wyposażenia nie jest kwalifikowany jako "aparat". Jedynie wykorzystanie (zainstalowanie) go zgodnie z instrukcją użytkownika przez profesjonalny personel lub producenta przyrządu końcowego, do którego składnik zostanie włączony, pozwala na wykorzystanie jego funkcjonalności. Taki składnik wyposażenia powinien być wyposażony przez jego producenta w stosowne instrukcje pozwalające na zastosowanie go w zgodzie z dyrektywami EMC. Instrukcje powinny również określać zakres stosowalności takiego wyposażenia pod kątem spełnienia wymagań EMC.

Jeśli składnik wyposażenia wykonuje funkcję bezpośrednio bez dalszej regulacji innej niż prosta, uważa się go za równoważny do aparatu – tak jak w przypadku 1. Niektóre przetwornice częstotliwości można zaliczyć do tej kategorii, np. przetwornicy zainstalowanej w szafce lub w dedykowanej obudowie i sprzedawanej jako kompletne urządzenie. Stosuje się wtedy wszystkie przepisy dyrektywy EMC (oznakowanie CE, deklaracja zgodności).

Jeśli składnik wyposażenia jest przygotowany do realizacji swojej funkcji która nie jest dostępna bez dalszej regulacji innej niż prosta, uważa się za składnik opisany jako przypadek 2. Niektóre produkty grupy przetwornic częstotliwości należą do tej kategorii, np. podstawowy moduł napędowy. Wymagają one instalacji przez profesjonalnego wykonawcę (np. producenta systemu lub konstruktora panelu) i nie leżą w zakresie dostawy producenta podstawowego modułu napędowego. Zgodnie z dyrektywą EMC dostawca podstawowego bloku mocy musi zapewnić stosowne instrukcje dotyczące instalowania i użytkowania takich urządzeń.

Zgodnie z dyrektywą EMC producent systemu lub konstruktor panelu jest odpowiedzialny za nadanie znaku CE, wystawienie deklaracji zgodności i instrukcji użytkownika lub dokumentacji techniczno-ruchowej.

SKŁADNIKI WYPOSAŻENIA BEZ FUNKCJONALNOŚCI BEZPOŚREDNIEGO DZIAŁANIA

Składniki wyposażenia bez funkcjonalności bezpośredniego działania nie traktuje się jako aparaty w rozumieniu dyrektywy EMC. Nie stosuje się do nich dyrektywy EMC. Składniki te obejmują m.in. rezystory, kable, listwy zaciskowe, itp.

APARATY I SYSTEMY

Produkt gotowy to produkt zawierający komponenty elektryczne i/lub elektroniczne, który ma być wprowadzany do obrotu i / lub do eksploatacji jako pojedyncza jednostka handlowa.

Kilka aparatów połączonych w celu osiągnięcia określonego celu i przeznaczona do wprowadzenia do obrotu też należy traktować jako pojedynczą jednostkę funkcjonalną.

INSTALACJE

Pod pojęciem instalacji rozumiemy kombinację elementów aparatury, wyposażenia lub części umieszczonych razem w danym miejscu w celu spełnienia szczególnego celu, która nie będzie wprowadzana do obrotu rynkowego jako pojedyncza jednostka funkcjonalna.

OZNAKOWANIE CE DLA KOMPATYBILNOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNEJ (EMC)

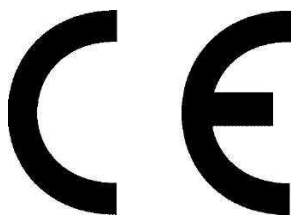
Składnik wyposażenia z funkcją bezpośredniego działania bez nie wymagający dalszego dostosowania niż prosta adaptacja obiektowa musi nosić oznakowanie dla EMC (przypadek 1).

Dla składnika wyposażenia z cechami pozwalającymi na bezpośrednie działanie, ale które są niedostępne bez dalszej regulacji innej niż prosta nie jest konieczne przeprowadzenie oznakowania dla EMC (przypadek 2).

Uwaga: Produkty mogą posiadać oznakowania dla innych dyrektyw niż EMC.

Aparaty i systemy muszą być oznakowane znakiem CE.

Instalacje muszą spełniać wymagania różnych dyrektyw lub ich części ale nie jest wymagane znakowanie ich znakiem CE.



Rys. 2-3. Oznakowanie CE.

ŚRODOWISKA INSTALACJI

Przetwornice częstotliwości (systemy regulacji prędkości obrotowej silników prądu przemiennego) mogą być zasilane zarówno z do sieci zasilającej obiekty przemysłowe jak z sieci publicznej. Klasa środowiskowa instalacji zależy od sposobu zasilania systemu napędu regulowanego. Klasy środowiskowe dzielimy na pierwszą (1 środowisko) i drugą (2 środowisko).

„1 ŚRODOWISKO”

„1 środowisko” generalnie obejmuje tzw odbiorców bytowych . Obejmuje również pewną część obiektów produkcyjnych (rzemiosło, mikro przedsiębiorstwa produkcyjne) które są zasilane z publicznej sieci zasilania niskiego napięcia.

Specyfiką tego środowiska jest to, że z jednego transformatora niskiego napięcia mogą być zasilani odbiorcy o różnym charakterze obciążenia – od typowego wyposażenia mieszkań po specjalizowane maszyny produkcyjne.

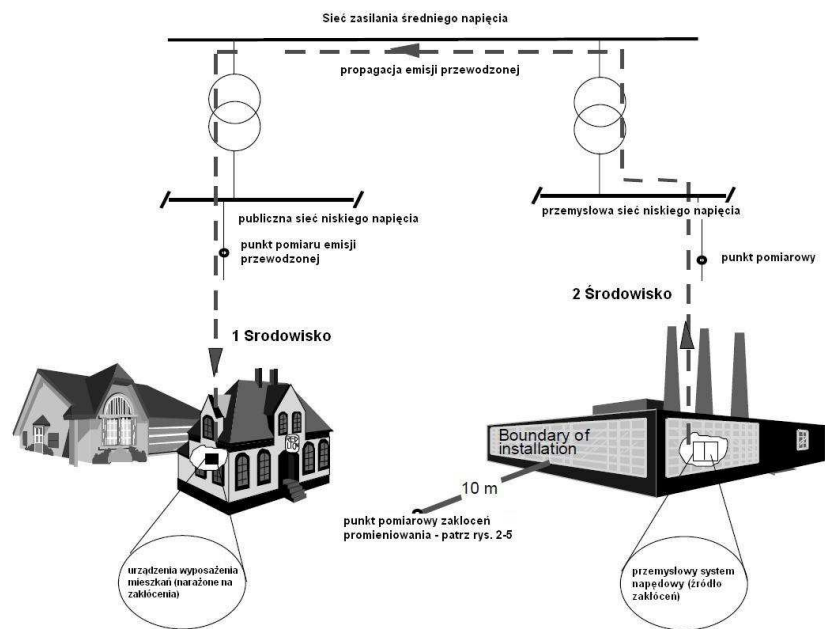
Istotne w tym jest by najślabszy w tym gronie – odbiorca bytowy nie był narażony na zbyt wysoki poziom zakłóceń wytwarzanych przez odbiorcę grupy przemysłowej.

„2 ŚRODOWISKO”

„2 środowisko” obejmuje wszelkie pozostałe obiekty z wyłączeniem obiektów bezpośrednio połączonych do sieci niskiego napięcia, używanej do celów wewnętrznych

„2 środowisko” to w domyśle duży odbiorca przemysłowy, który jest podłączony do sieci średniego napięcia przed dedykowany do jego potrzeb transformator niskiego napięcia.

Do grupy odbiorców „2 środowiska” nie zalicza się obiektów użyteczności publicznej, centrów handlowych, hoteli, szpitali, które również mogą korzystać z dedykowanego dla ich potrzeb przyłącza średniego napięcia. Te obiekty ze względu na charakter użytkowania są zaliczane do „1 środowiska” i obowiązuje ich regulacje EMC dotyczące tego środowiska.



Rys. 2-4 Ilustracja klas środowiskowych i propagacji zakłóceń

PROPAGACJA ZAKŁÓCEŃ

"Dla przemysłowego systemu napędowego zainstalowanego w drugim środowisku, użytkownik musi zapewnić taki poziom zakłóceń by nie przekraczać dopuszczalnych poziomów określonych dla sieci niskiego napięcia nawet wtedy gdy „pośrednikiem” ich propagacji średniego napięcia."

Oznacza to, że na użytkowniku zakwalifikowanym do drugiego środowiska leży obowiązek zadbania o maksymalny poziom zakłóceń tak by nie zakłócać pracy urządzeń które pośrednio korzystają z tej samej sieci średniego napięcia, ale są urządzeniami pracującymi w warunkach określonych dla pierwszego środowiska.

Uwaga: Na rys. 2-4 pokazano sytuację gdy odbiorca narażony na nadmierny poziom zakłóceń znajduje się w pierwszym środowisku. Sytuacja jest taka sama, jeżeli narażenie dotyka odbiorcę formalnie będącego obszarze drugiego środowiska ale innej części instalacji. Pomiary w takich przypadkach są przeprowadzane tylko w sytuacji pojawienia się wątpliwości lub sporu stron (patrz rysunek 2-5).

DYSTRYBUCJA NAPĘDÓW REGULOWANYCH DO UŻYTKOWNIKA

Standardy EMC dla urządzeń grupy regulacji częstotliwościowej silników prądu przemiennego w zależności od obszaru i sposobu ich zastosowań określają dwie kategorie dystrybucji tych produktów - „dystrybucję nieograniczoną” i „dystrybucję ograniczoną”

DYSTRYBUCJA NIEOGRANICZONA

Kategoria „dystrybucji nieograniczonej” dotyczy dostaw sprzętu do użytkownika, który nie posiada specjalnych kompetencji w zakresie EMC urządzeń i aplikacji napędów regulowanych.

Produkty takie mogą być instalowane i użytkowane przez personel bez jakichkolwiek doświadczeń w zakresie EMC.

DYSTRYBUCJA OGRANICZONA

Kategoria „dystrybucji ograniczonej” dotyczy dostaw sprzętu, dla którego producent ogranicza dostawy jedynie do klientów lub użytkowników, którzy oddzielnie lub łącznie posiadają kompetencje techniczne pozwalające na prawidłową ich instalację i użytkowanie i spełnienie wymagań dyrektyw EMC

Oznacza to, że urządzenia kwalifikowane w kategorii “dystrybucji ograniczonej” wymagają niezbędnych kompetencji personelu (dotyczy zarówno etapu projektowania, jak i instalacji i użytkowania) by można było mówić o spełnieniu wymagań EMC.

EMC – OGRANICZENIA EMISJI

Limity emisji EMC dla energoelektronicznych urządzeń napędowych zależą od typu środowiska (pierwsze lub drugie) i rodzajów sieci zasilania. Limity dla różnych kombinacji tych warunków pokazano na rys. 2-5.

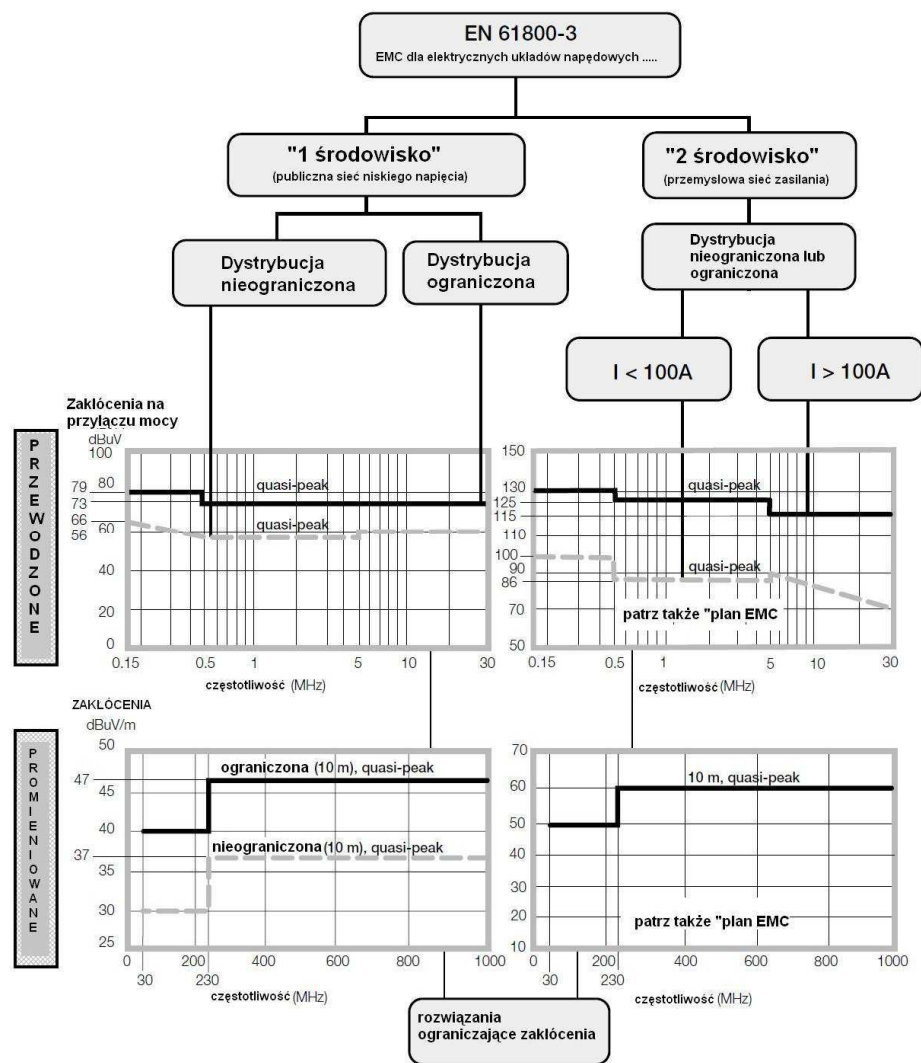
PLAN EMC

W niektórych sytuacjach nie jest możliwe spełnienie wymagań dla drugiego środowiska z tytułu ograniczeń instalacji i innych przyczyn technicznych. Dotyczy to niżej podanych przypadków:

- sieć IT
- prądy zasilania pojedynczych urządzeń powyżej 400A
- napięcie zasilania urządzeń powyżej 1000V
- wymaganie wysokiej dynamiki napędu regulowanego przy ograniczonych możliwościach filtrowania zakłóceń

W takich sytuacjach użytkownik wspólnie z producentem powinni ustalić sposoby umożliwiające ograniczenie emisji zakłóceń do takiego poziomu by nie powodować problemów pracy innych odbiorników pracujących w tym samym środowisku.

Takie działanie określamy mianem uzgodnienia „planu EMC”



Rys. 2-5. Limity emisji zakłóceń dla elektrycznych układów napędowych z regulacją częstotliwościową – wg PN-EN 61800-3

ROZDZIAŁ 3 – ROZWIĄZANIA POPRAWIAJĄCE EMC

WSTĘP

W niniejszym rozdziale przedstawiono rozwiązania stosowane do spełnienia wymagań dyrektyw EMC zarówno w zakresie odporności jak i emisji zakłóceń w elektrycznych układach napędowych mocy z częstotliwościową regulacją prędkości obrotowej.

ROZWIĄZANIA DLA ZGODNOŚCI EMC

Istnieją pewne podstawowe zasady, których należy przestrzegać podczas projektowania, budowy i korzystania z systemów w skład których wchodzi napędy regulowane wykorzystujące przetwornice częstotliwości. Są to te same zasady, które są wykorzystywane w procesie projektowania i produkcji tych urządzeń m.in. zasady projektowania i wytwarzania płytek drukowanych, projektu i formy mechanicznej, okablowania, przepustów kablowych oraz innych zagadnień konstrukcyjno-wykonawczych, które mogą mieć wpływ na parametry EMC urządzenia.

Spełnienie tych zasad może mieć wpływ na spełnienie wymagań określonych w dyrektywach EMC i pozwoli na bezpieczne (pod względem EMC) korzystanie z tego typu systemów.

RODZAJE ZAKŁÓCEŃ

Przetwornice częstotliwości są zwykle odporne na większość zakłóceń, bo gdyby tak nie było to byłyby narażone na zakłócenia, które same wytwarzają. Tak więc w tym kontekście powinniśmy się skoncentrować jedynie na zakłóceniach wytwarzanych przez przetwornice, które mogą mieć wpływ na poprawną pracę innych urządzeń pracujących w danym środowisku.

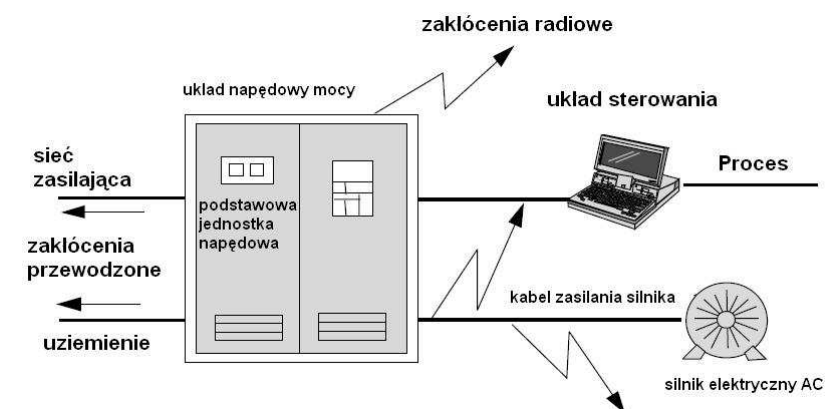
Zakłócenia, których przyczyną mogą być urządzenia regulacji prędkości obrotowej (przetwornice częstotliwości) można podzielić na dwie grupy. Są to zjawiska związane z zakłóceniami przewodzonymi i zakłóceniami promieniowania (zakłócenia tzw. radiowe). Zakłócenia te mogą emitowane na różne sposoby i w różnych miejscach systemu napędowego. Schemat potencjalnych źródeł zakłóceń pokazano na rys. 3-1.

ZAKŁÓCENIA PRZEWODZONE

Zakłócenia przewodzone są to zakłócenia, które mogą być propagowane do innych urządzeń przez wszelkiego rodzaju wyposażenie przewodzące prąd, takie jak okablowanie, uziemienie, metalowe części obudów itp.

Zakłócenia przewodzone mogą być redukowane następującymi drogami:

- filtrowanie sygnałów wysokiej częstotliwości przy pomocy filtrów RFI
- stosowanie układów „gaszących” przepięcia występujące w układach przekaźnikowych, stycznikowych, sterowaniu pracą urządzeń elektromechanicznych,
- stosowanie dodatkowych pierścieni ferrytowych w liniach zasilania



Rys. 3-1. Rodzaje zakłóceń w rozwiązaniach z układami napędowymi z regulacją częstotliwościową

ZAKŁÓCENIA RADIOWE (PROMIENIOWANIA)

Są to wszelkiego rodzaju zakłócenia, które mogą być emitowane w formie promieniowania. Źródłem takich zakłóceń mogą być wszelkiego rodzaju przewodzące elementy wyposażenia elektrycznego, które będą narażone na przepływ prądów wysokiej częstotliwości.

Aby uniknąć wpływu zakłóceń, których źródłem jest promieniowanie wszystkie części systemu napędu regulowanego powinny stanowić swego rodzaju „klatkę Faradaya” chroniącą otoczenie przed wpływem emisji radiowej systemu. Dotyczy to wszystkich elementów systemu takich jak szafy sterownicze, obudowy wszelkiego wyposażenia uzupełniającego, okablowanie, silniki itp.

Poniżej podano kilka zasad, pozwalających na realizację „klatki Faradaya” dla system napędowego:

Obudowy

- W punktach przewidywanych połączeń poszczególnych elementów konstrukcyjnych obudowy (płyty montażowe, ścianki boczne, drzwi itp.) nie powinno być żadnych powłok lakierniczych oraz miejsca te powinny być zabezpieczone przed korozją.
- Dla zapewnienia wyrównania potencjałów elektrostatycznych wszelkie połączenia metal – metal powinny, w miarę możliwości, być uzupełniane uszczelkami wykonanymi z materiałów przewodzących.
- Stosować jeden wspólny punkt uziemienia instalacji; zapewnić skuteczne połączenie elektryczne wszystkich elementów metalowych obudów i innego wyposażenia wchodzących w skład „klatki Faradaya” systemu.
- Stosować przewodzące uszczelki dla drzwi i innych zdejmowanych osłon obudów; Odległości pomiędzy poszczególnymi punktami połączeń przewodzących (wyrównywanie potencjałów) nie powinny być większe niż 100 mm.
- Oddzielić metalowymi osłonami część „brudną” systemu od części „czystej” (część „brudna” – obszar systemu napędowego, gdzie prawdopodobieństwo wytwarzania zakłóceń jest wysokie; część „czysta” – obszar systemu napędowego lub jego otoczenia, który powinien być chroniony przed wpływem zakłóceń promieniowania)
- Wszelkie otwory w obudowie powinny być minimalizowane
- Stosować materiały z wysokim współczynnikiem tłumienia emisji radiowej np. w przypadku niemożności zastosowania obudów metalowych stosować należy obudowy z tworzywa sztucznego dodatkowym przewodzącym pokryciem.

Okablowanie

- Dla kabli silnikowych ekranowanych stosować przepusty kablowe (i/lub dławice) dedykowane do uziemiania sygnałów wysokiej częstotliwości
- Dla kabli sterowania stosować uszczelki przewodzące dedykowane dla sygnałów wysokiej częstotliwości
- Zarówno dla okablowania silnoprądowego jak sygnałów sterowania stosować przewody ekranowane. W szczegółach należy się opierać na rekomendacjach producentów przetwornic częstotliwości.
- Zapewnić niezbędną separację prowadzenia okablowania silnoprądowego i okablowania sterującego
- W miarę możliwości stosować przewody sterowania w formie „skrętki”

- W miarę potrzeb stosować pierścienie ferrytowe jako jedną metod redukcji zakłóceń wysokiej częstotliwości.
- Prowadzić wewnętrzne trasy kablowe zgodnie z rekomendacjami ograniczania ich wzajemnego wpływu na siebie

Instalacja

- Osprzęt używany przy realizacji kompletnych systemów napędów regulowanych powinien spełniać wymagania zarówno dyrektywy EMC jak również dyrektywy niskonapięciowej (LVD) - ich deklaracja zgodności powinna odwoływać się od obydwu tych dyrektyw a nie tylko dyrektywy niskonapięciowej. Jedynym wyłączeniem może być osprzęt, który nie jest w myśl dyrektywy „aparatem bezpośredniego działania”
- Wszelkiego rodzaju wyposażenie uzupełniające i akcesoria powinny być zgodne z rekomendacjami producentów
- Zapewnić 360° uziemienie ekranu kabla silnikowego.
- Stosować dobre praktyki inżynierskie w realizacji wewnętrznego okablowania
- Zwrócić szczególną uwagę na poprawność wykonania uziemień.

Uwaga: Kluczową sprawą jest by w procesie doboru i konfiguracji wyposażenia kierować się wymogami spełnienia dyrektywy EMC zarówno w zakresie zakłóceń przewodzonych jaki zakłóceń promieniowania

CZĘŚĆ „BRUDNA” I CZĘŚĆ „CZYSTA” SYSTEM NAPĘDOWEGO

Pod pojęciem części „czystej” rozumiemy ta część całej instalacji, która jest związana z dystrybucją zasilania systemu aż do elementów filtracji potencjalnych zakłóceń pochodzących od systemu napędowego. Jako część „brudna” instalacji jest traktowana ta część instalacji, która jest bezpośrednio związana z układem mocy napędu regulowanego, który jest traktowany jako potencjalne źródło zakłóceń.

Konstrukcja obudów własnych przetwornic częstotliwości jest tak zaprojektowana, że tylko zaciski wyjściowe mocy (zaciski zasilania i silnikowe) są jedyną „brudną” ich częścią. Z tego powodu w poradniku skoncentrujemy się na tych obszarach styku części „brudnej” i części „czystej”.

Aby móc utrzymać ograniczony wpływ zakłóceń na stronę „czystą”, strona „brudna” musi być w swego rodzaju „klatce Faradaya”. Można to zrealizować albo przez separację z zastosowaniem płyty separującej albo przez separację okablowaniem.

Dla separacji z zastosowaniem płyty separującej należy kierować się zasadami, które zostały podane w sekcji „otwory w obudowach” niniejszego poradnika.

Dla realizacji „klatki Faradaya” przez separację okablowaniem należy stosować zasady i rekomendacje opisane w sekcji „okablowanie” poradnika oraz kierować się wskazówkami podawanymi w szczegółowych instrukcjach producentów przetwornic.

Użycie dodatkowych elementów wyposażenia, np.: styczników, izolatorów, bezpieczników, itp. w niektórych przypadkach powoduje to trudność w wyznaczeniu wyraźnego rozdziału na część „czystą” i „brudną”. Szczególnie wtedy gdy np. styczniki lub innego rodzaju elementy przełączające same będąc zainstalowane w części „czystej” są wykorzystywane sterowania obwodami w części „brudnej”.

Przykłady rozwiązań dla takich przypadków pokazano w rozdziale 4 poradnika – Praktyczne przykłady.

FILTRACJA RFI

Wejściowe filtry RFI są stosowane do złagodzenia zjawiska zakłóceń przewodzonych w linii zasilającej przetwornicy powodując zamykanie ich obwodu do uziemienia w punkcie uziemienia filtra.

Filtry wyjściowe służące do tłumienia zakłóceń na wyjściu przetwornicy częstotliwości np. filtry du/dt i filtry składowej wspólnej w pewnej części mają wpływ na redukcję emisji zakłóceń wysokiej częstotliwości (RFI) mimo, że nie są projektowane do tego celu.

Uwaga !!!

Filtrów RFI nie można używać w sieci z izolowanym punktem zerowym (sieć IT), w której pomiędzy przewodami fazowymi i uziemieniem występuje bardzo wysoka impedancja lub brak fizycznego połączenia.

Rysunek 3-2 przedstawia przykład filtracji, która stanowi integralne wyposażenie obwodu wejściowego przetwornicy. Niektórzy producenci proponują rozwiązania filtrem wejściowym, który stanowi zewnętrzne wyposażenie. Szczegóły tych rozwiązań można znaleźć w szczegółowych instrukcjach produktowych.

Jeśli jesteś zainteresowany otrzymaniem pełnej wersji przewodnika

zapraszamy do zakładki <http://anap.pl/kontakt.php>

ROZDZIAŁ 6 - BIBLIOGRAFIA

- PN-EN 61800-3:2008 - Elektryczne układy napędowe mocy o regulowanej prędkości -- Część 3: Wymagania dotyczące EMC i specjalne metody badań
- Guidelines by the Commission on the application of Council Directive 89/336/EEC, European Commission DGIII - Industry
- W.Czuchra – Metody analizy i obniżania zaburzeń elektromagnetycznych przewodzonych występujących w obwodach wskutek oddziaływania przekształtników energoelektronicznych pojazdów trakcyjnych – Politechnika Krakowska –2006
- A.Kempski – Elektromagnetyczne zaburzenia przewodzone w układach napędów przekształtnikowych – Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego – 2005
- M.Pietranik - Kompatybilność elektromagnetyczna i bezpieczeństwo funkcjonalne w kopalniach – Instytut Łączności 2006
- W. Berkan i inii – Analiza prądów zasilania i prądów upływu w przewodach ochronnych przekształtnika częstotliwości z falownikiem tranzystorowym w układzie napędowym prądu przemiennego – Prace Instytutu Elektrotechniki – 2003
- Charoy - Kompatybilność elektromagnetyczna. Zakłócenia w urządzeniach elektronicznych - Wydawnictwa Naukowo-Techniczne -2000
- A.Gizicki - Kompatybilność elektromagnetyczna w aplikacjach z przetwornicami częstotliwości – wybrane zagadnienia ograniczania zakłóceń w obwodach zasilania – 8 Seminarium „Problemy eksploatacyjne elektroenergetyki, elektromechaniki i energoelektroniki” - 2007
- A.Gizicki - Kompatybilność elektromagnetyczna - przetwornice częstotliwości – Napędy i Sterowanie 6/2005
- Dokumentacje produktowe i zalecenia projektowe firm ABB, Danfoss, Vacon, Schneider Electric, Siemens, Schaffner, REO-Croma,