

Rozwiązania „Clean Grid”

Jak zadbać o jakość swojego zasilania sieciowego.
Planowanie i projektowanie rozwiązań w celu
poprawy jakości zasilania

8%

tyle wynosi górne
ograniczenie dla
odkształceń napięcia
zasilania umożliwiające
stabilną pracę instalacji.

Spis treści

Wzrost wydajności energetycznej poprzez korzystanie z energoelektroniki — czy doprowadzi do paraliżu naszych sieci zasilających?	5
Zrozumienie wpływu oddziaływań elektromagnetycznych ... 6	
<i>Urządzenia elektryczne i ich wpływ na środowisko</i>	6
<i>Czynniki elektromagnetyczne działają w obie strony</i>	6
<i>Odpowiedzialność za system spoczywa na operatorze</i>	6
<i>Dwie możliwości ograniczania</i>	6
Rozróżnianie pomiędzy emisjami przewodzonymi a promieniowanymi	7
<i>Podstawowe zasady dotyczące skutków zakłóceń</i>	7
<i>Ścieżki przenoszenia zakłóceń</i>	7
<i>Mechanizmy sprzęgające pomiędzy obwodami elektrycznymi</i>	7
Decydujące znaczenie ma miejsce eksploatacji Pierwsze i drugie środowisko	8
<i>Środowisko pierwsze: obszary mieszkalne, handlowe oraz przemysł lekki</i>	8
<i>Drugie środowisko: środowisko przemysłowe</i>	8
<i>Środowiska szczególne</i>	8
Zakłócenia radiowe wysokiej częstotliwości — wartości graniczne uzależnione od lokalizacji roboczej	9
<i>Zakłócenia o częstotliwościach radiowych</i>	9
<i>Normy i dyrektywy określające wartości graniczne</i>	9
Ocena oraz zapewnianie określonej jakości energii	10
<i>Idealne napięcie zasilania</i>	10
<i>Jakość energii — jakie są jej kluczowe czynniki?</i>	10
<i>Rozwiązania techniczne zapewniające niezawodne zasilanie o wymaganej jakości</i>	11
Ocena oraz zapewnianie określonej jakości energii	12
Zakłócenia w sieci zasilającej i związane z nimi zagrożenia . 13	
<i>Sieci zasilające w niebezpieczeństwie</i>	13
<i>Jakość gwarantowana podstawą prawną</i>	13
<i>Jak powstają harmoniczne zasilania</i>	13
Skutki odkształceń harmonicznych zasilania	14
<i>Czy istnieją przetwornice częstotliwości o zerowej emisji harmonicznych?</i>	14
Analiza napięcia sieci zasilającej oraz środki zaradcze	15
<i>W jaki sposób dobrać optymalne rozwiązanie łagodzące harmoniczne?</i>	15
<i>Jak warunki sieci zasilającej wpływają na odkształcenia harmoniczne?</i>	15
<i>Które aspekty aplikacji należy wziąć pod uwagę?</i>	15
Analiza napięcia sieci zasilającej oraz środki zaradcze	16
<i>Zgodność z odpowiednimi normami</i>	16
<i>Czynniki ekonomiczne przy wyborze rozsądnych środków</i>	16
<i>Obliczanie emisji harmonicznych</i>	16
Aspekty praktyczne	
— wybór właściwych środków	17
<i>Opcje redukcji emisji harmonicznych</i>	17
<i>Określenie zaleceń podstawowych nie jest możliwe</i>	17
Dławiki sieciowe AC lub obwodu pośredniego DC	18
Obwód pośredni DC typu Slim	19
Filtry pasywne — trwałe i wydajne	20
Prostowniki wielopulsowe 12-pulsowe lub większe	21
<i>Prostowniki 12-pulsowe w obwodach równoległych lub szeregowych</i>	21
Filtry aktywne — dokładność filtrowania i duże możliwości instalacyjne	22
<i>Wybór filtrów aktywnych</i>	23
Active Front End oraz aktywne przetwornice częstotliwości ..	24
<i>Zalety przetwornic wykorzystujących technologię AFE/AIC</i>	24
Aspekty specjalne: wykorzystanie zdolności transformatora i generator rezerwowego	25
<i>Maksymalne wykorzystanie zdolności transformatora</i>	25
<i>Obciążenie transformatora</i>	25
<i>Jakość zasilania</i>	25
HCS oprogramowanie do obliczeń harmonicznych	26
<i>Obecna sytuacja</i>	26
<i>Symulacja zniekształceń zasilania wraz z filtrami lub bez</i>	26
<i>Obliczenia wykonywane online za pośrednictwem Internetu</i>	27
<i>Zróznicowane poziomy obliczeń</i>	27
<i>Poziom Basic</i>	27
<i>Poziom Expert</i>	27
<i>Wygodny sposób dokumentacji</i>	28
Uzyskiwanie efektywności energetycznej poprzez łagodzenie emisji harmonicznych	29
Podsumowanie: Nie istnieje pojedyncze najlepsze rozwiązanie	30
Od teorii do praktyki	31
<i>Środki łagodzące</i>	31
Droga do rozwiązań efektywnych kosztowo	32
<i>Zgodność z normami</i>	33
<i>Sprawność systemu</i>	33
<i>Zajmowana przestrzeń</i>	33
VLT® Advanced Harmonic Filters AHF 005 / 010	34
<i>Niezawodne łagodzenie harmonicznych</i>	34
<i>Wykorzystaj sprawdzone zalety filtrów AHF:</i>	34
VLT® Advanced Active Filter AAF 006	36
<i>Łagodzenie harmonicznych, poprawa jakości energii oraz zwiększenie dostępności systemu</i>	36
<i>Opcja autonomiczna lub w kombinacji z przetwornicami częstotliwości VLT®</i>	36
<i>Zakres napięcia</i>	36
<i>Zakres mocy</i>	36
<i>Dane techniczne osiągalnego współczynnika THDi*</i>	36
<i>Klasa ochrony obudowy</i>	36
<i>Odpowiednie do:</i>	36
Przetwornice częstotliwości VLT® z wejściem 12-pulsowym ..	38
<i>Niższa emisja harmonicznych i wyższa jakość energii</i>	38
<i>Chłodzenie za pośrednictwem zestawów tylnego kanału chłodzenia</i>	38
<i>Zakres mocy</i>	38
<i>Zakres napięcia</i>	38
<i>Obudowa</i>	38
<i>Dostępne platformy VLT®</i>	38
<i>Odpowiednie dla:</i>	38
<i>Pomaga uzyskać zgodność z normami</i>	38

Przetwornice częstotliwości VACON® z wejściem 12-pulsowym	39
<i>Niższa emisja harmonicznych i wyższa jakość energii</i>	39
<i>Chłodzenie za pośrednictwem układu tylnego chłodzenia z VACON®100 Enclosed</i>	39
<i>Przedział sterowniczy drzwi przednich</i>	39
<i>Szeroki zakres mocy dzięki VACON® NXC</i>	39
<i>Zakres mocy</i>	39
<i>Zakres napięcia</i>	39
<i>Obudowa</i>	39
<i>Dostępne platformy VLT®</i>	39
<i>Odpowiednie dla:</i>	39
<i>Pomaga uzyskać zgodność z normami</i>	39
Przetwornice VLT® Low Harmonic Drive.....	40
<i>Rozwiązanie idealne dla:</i>	40
<i>Zakres napięcia</i>	40
<i>Zakres mocy</i>	40
<i>Klasa ochrony</i>	40
<i>Oprogramowanie do konfiguracji parametrów MCT 10</i>	40
<i>Oprogramowanie HCS 2.0</i>	40
<i>Zgodność z dyrektywą RoHS</i>	40
<i>Opcje</i>	40
VACON® NXC AFE Low Harmonic.....	41
<i>Czysta energia to oszczędność pieniędzy</i>	41
<i>Funkcje</i>	41
<i>Korzyści</i>	41
Indeks	42

Wzrost wydajności energetycznej poprzez korzystanie z energoelektroniki — czy doprowadzi do paraliżu naszych sieci zasilających?

Rosnące ceny energii zmuszają klientów do efektywniejszego wykorzystywania energii, co niejako wymusza opracowywanie nowych rozwiązań mających na celu zmniejszenie jej zużycia. Prawdopodobnie najlepszym przykładem będą tu lampy energooszczędne, które obecnie znajdują szerokie zastosowanie zarówno w gospodarstwach domowych, jak i w handlu. Co więcej, regulacja prędkości obrotowej silników z wykorzystaniem przetwornic częstotliwości stała się obecnie rozwiązaniem powszechnie stosowanym w inteligentnych budynkach oraz produkcji przemysłowej, ponieważ w zdecydowanej większości przypadków przyczynia się do drastycznego zmniejszenia zużycia energii. Jednak podobnie jak energoelektronika stosowana w telewizorach, komputerach, zasilaczach impulsowych i podobnych urządzeniach mają one również swoje wady, mianowicie obciążają sieć zasilającą zakłóceniami harmonicznymi, znanymi po prostu jako harmoniczne. W związku z powyższym zarówno w perspektywie średnio-, jak i długofalowej coraz częstsze stosowanie takich urządzeń we wszystkich dziedzinach życia stanowi poważne zagrożenie dla bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej do naszych sieci dystrybucyjnych.

Lecz to nie wszystko — harmoniczne mogą również doprowadzić do wadliwego działania, niższej dostępności, a nawet całkowitej awarii urządzeń w budynkach lub instalacjach bez wyraźnego

rozpoznania przyczyny tego problemu. Dzieje się tak dlatego, że harmoniczne zasilania są obecne wszędzie, ale niestety nie można ich wykręć bez odpowiednich urządzeń pomiarowych. Dlatego należy zrozumieć, że prawdziwym problemem nie jest generowanie harmonicznymi zasilania przez pojedyncze urządzenia, lecz to, że liczba tych urządzeń stale i dramatycznie rośnie. Niemniej jednak jest to nieunikniona konsekwencja zapotrzebowania na większą wydajność energetyczną. Tylko odpowiednie środki zaradcze mogą zapobiec całkowitemu załamaniu się sieci zasilających.

Z technicznego punktu widzenia harmoniczne zasilania wkraczają w obszar kompatybilności elektromagnetycznej (EMC). W przeciwieństwie do bardziej znanego zjawiska, jakim są zakłócenia promieniowane wysokiej częstotliwości pochodzące z sygnałów radiowych i tym podobnych, opisane powyżej efekty są spowodowane zakłóceniami przewodzonymi niskiej częstotliwości.

Niniejsza broszura składa się z dwóch części: pierwsza część zawiera podstawowe informacje na temat generowania harmonicznymi (w znacznej mierze niezależnego od producentów), związanych z nimi zagrożeń i odpowiednich środków zaradczych, natomiast druga część skupia się na rozwiązaniach — jest to część techniczna prezentująca szeroką gamę produktów VLT® i VACON® firmy Danfoss.

Część podstawowa rozpoczyna się od zdefiniowania i klasyfikacji harmonicznymi w obrębie obszaru EMC oraz opisuje, w jaki sposób harmoniczne zasilania są generowane. W dalszej części wyjaśniono zagrożenia dla sieci zasilających i podłączonych urządzeń, opisano procedurę przeprowadzania analizy przyczyn oraz przedstawiono metodę analizy do praktycznego zastosowania. Część podstawowa kończy się przedstawieniem możliwych środków zaradczych oraz nakreśleniem ekonomicznych oraz technicznych potrzeb wdrożenia odpowiednich działań.

Część techniczna prezentuje rozwiązania indywidualne oraz dostarcza ogólnych danych technicznych, które ułatwią wybór i porównanie potencjalnych rozwiązań. Należy od samego początku zauważyć, że nie istnieje jedno uniwersalne rozwiązanie. Istnieje wiele sposobów radzenia sobie z tym problemem, a ogólne warunki takie jak struktura instalacji, dostępna przestrzeń i czynniki ekonomiczne wpływają na wybór właściwych, bądź idealnych komponentów dla konkretnego przypadku.



Zrozumienie wpływu oddziaływań elektromagnetycznych

Urządzenia elektryczne i ich wpływ na środowisko

Każde urządzenie elektryczne wytwarza pole elektryczne i magnetyczne, które w mniejszym lub większym stopniu wpływa na jego bezpośrednie otoczenie. Skala oraz skutki oddziaływania tych czynników zależą od mocy i konstrukcji danego urządzenia. W przypadku maszyn i systemów elektrycznych interakcje pomiędzy elementami elektrycznymi lub elektronicznymi mogą zakłócać lub uniemożliwiać niezawodne i bezproblemowe działanie. Z tego powodu ważne jest, aby operatorzy, konstruktorzy oraz inżynierowie zrozumieli mechanizmy tych wzajemnych oddziaływań. W przeciwnym razie podjęcie odpowiednich i opłacalnych działań jeszcze na etapie planowania nie będzie możliwe. Dlatego też należy pamiętać, że długie zwlekanie z podjęciem odpowiednich działań nierozważalnie wiąże się z większymi wydatkami.

Czynniki elektromagnetyczne działają w obie strony

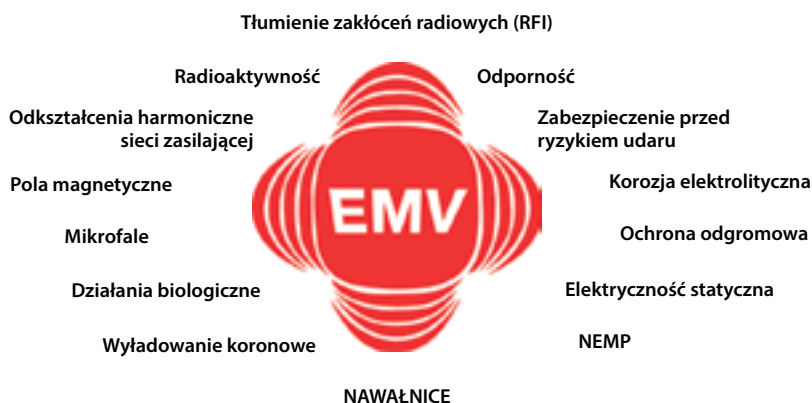
Elementy instalacji lub systemu wzajemnie na siebie oddziałują: każde urządzenie generuje emisje i jest narażone na wpływ emisji pozostałych urządzeń. W związku z tym kluczową cechą każdego elementu jest nie tylko charakter oraz zakres jego emisji, ale również jego odporność na emisje z otoczenia generowane przez sąsiednie urządzenia.

Odpowiedzialność za system spoczywa na operatorze

Producenci urządzeń lub podzespołów do przetwornic elektrycznych muszą podejmować odpowiednie działania w celu zagwarantowania zgodności z zalecanymi wartościami ustawowymi. W przypadku normy produktu EN 61800-3 dotyczącej aplikacji przetwornic odpowiedzialność ta została dodatkowo ograniczona wyłącznie do jednostki napędowej, podczas gdy cała odpowiedzialność za instalację została wyraźnie przypisana użytkownikowi końcowemu lub operatorowi instalacji. W związku z tym producenci zobowiązani są oferować rozwiązania zapewniające zgodność z odnośną normą, lecz odpowiedzialność za wyeliminowanie wszelkich zakłóceń oraz związane z tym koszty spoczywają na operatorze.

Dwie możliwości ograniczania

Użytkownicy lub inżynierowie mają dwie możliwości zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej. Pierwszą z nich jest tłumienie zakłóceń u źródła poprzez minimalizację lub eliminację emisji zakłóceń. Drugą jest zwiększenie odporności urządzeń lub systemów na zakłócenia poprzez zapobieganie zakłóceniom lub znaczne ograniczenie ich odbioru.



Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) dotyczy szerokiej gamy zjawisk. W przypadku technologii dotyczącej przetwornic główny nacisk kładzie się na harmoniczne zasilania, tłumienie i odporność na zakłócenia radiowe (RFI).



Rozróżnianie pomiędzy emisjami przewodzonymi a promieniowanymi

Podstawowe zasady dotyczące skutków zakłóceń

W przypadku kilku systemów zawsze dochodzi do interakcji. W związku z powyższym specjaliści dokonują rozróżnienia pomiędzy źródłem zakłóceń a urządzeniem zakłócanym, innymi słowy: pomiędzy urządzeniem powodującym zakłócenia a urządzeniem, które jest na nie narażone. Zakłócenia mogą być powodowane przez dowolne wielkości elektryczne lub magnetyczne, które wywołują niepożądane skutki. Mogą one przybierać formę harmonicznych zasilania, wyładowań elektrostatycznych, raptownych zmian napięcia, napięć zakłócających o wysokiej częstotliwości lub pól interferencyjnych. W praktyce harmoniczne zasilania często nazywane są zniekształceniami harmonicznymi lub po prostu „harmonicznymi”.

Ścieżki przenoszenia zakłóceń

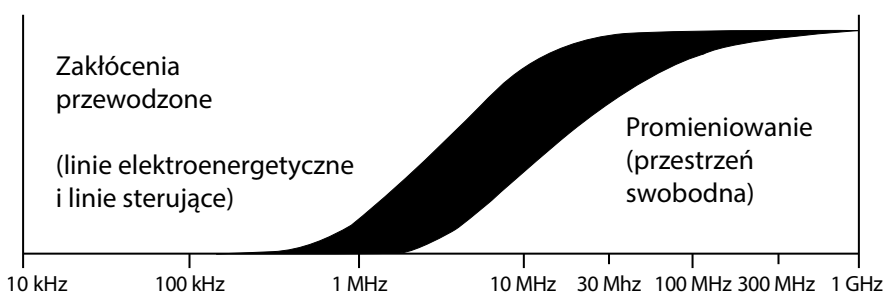
W jaki sposób zakłócenia są przenoszone? W przypadku emisji elektromagnetycznej zakłócenia mogą być przenoszone za pośrednictwem przewodników, pól elektrycznych i/lub pojemnościowych bądź fal elektromagnetycznych. Specjaliści określają je mianem sprzężeń galwanicznych, pojemnościowych, indukcyjnych lub radiacyjnych. W praktyce te zróżnicowane zjawiska występują pojedynczo lub w różnych kombinacjach.

Mechanizmy sprzęgające pomiędzy obwodami elektrycznymi

W praktyce sprzężenie zawsze oznacza interakcję pomiędzy różnymi obwodami elektrycznymi związaną z transferem energii elektromagnetycznej pomiędzy tymi obwodami. W tym przypadku rozróżniamy cztery ścieżki:

- Sprzężenie galwaniczne występuje wtedy, gdy dwa lub więcej obwodów połączonych jest wspólnym przewodem (na przykład kablem do wyrównywania potencjałów).
- Sprzężenie pojemnościowe występuje wtedy, gdy pomiędzy różnymi obwodami występuje wspólna pojemność, która łączy / sprzęga te obwody..
- Sprzężenie indukcyjne występuje pomiędzy dwoma obwodami, których pola magnetyczne tworzą jedno wspólne pole, które przenika oba te obwody (np. zwoje w transformatorze).
- Sprzężenie elektromagnetyczne występuje, gdy izolacja przeciwzakłóceńowa znajduje się w dużej odległości od źródła promieniowania generowanego przez źródło zakłóceń (na przykład nadajnik radiowy).

W przypadku wielu sytuacji rzeczywistych granica pomiędzy sprzężeniem przewodzonym a promieniowanym wynosi 30 MHz, co odpowiada długości fali wynoszącej 10 metrów. Poniżej tej częstotliwości zakłócenia rozprzestrzeniają się głównie na przewodach lub za pośrednictwem sprzężenia pola elektrycznego lub magnetycznego. Z kolei w przypadku częstotliwości przekraczających 30 MHz kable i przewody działają jak anteny, emitując energię elektromagnetyczną lub odbierając ją za pośrednictwem powietrza.



Zakłócenia elektromagnetyczne występują w obrębie całego spektrum częstotliwości, jednak posiadają różne formy i ścieżki propagacji.

Źródło zakłóceń

np.
Zasilacze impulsowe
Przetwornice mocy
Przetwornice częstotliwości
Urządzenia zapłonowe
Telefony komórkowe

Połączenie zakłóceń
(przewodzących, pojemnościowych, indukcyjnych, elektromagnetycznych)

Wpływ na zakłócenia

np.
Systemy sterowania
Przetwornice napięcia
Przetwornice częstotliwości
Ogólne odbiorniki radiowe

Omówienie dróg propagacji zakłóceń elektromagnetycznych i typowe przykłady

Decydujące znaczenie ma miejsce eksploatacji Pierwsze i drugie środowisko

Wartości graniczne dla danego środowiska określają odpowiednie normy. Lecz w jaki sposób klasyfikuje się różne rodzaje środowisk? W przypadku napędów i podzespołów elektrycznych odpowiednie informacje zostały ujęte w normie EN 55011 i EN 61800-3.

Dalsze informacje oraz rozróżnienia zakresów mocy znajdują się w normach EN 61000.

Środowisko pierwsze: obszary mieszkalne, handlowe oraz przemysł lekki

Wszystkie obiekty podłączone bezpośrednio do publicznej sieci zasilającej niskiego napięcia uważane są za środowiska mieszkalne, handlowe oraz przemysłu lekkiego. Nie posiadają one dedykowanych transformatorów rozdzielczych wysokiego ani średniego napięcia dla oddzielnego zasilania. Środowiska te obejmują zarówno wnętrza, jak i strefy na zewnątrz budynków, tj.: lokale biurowe, budynki mieszkalne lub przestrzenie mieszkalne, obiekty gastronomiczne i rozrywkowe, parkingi, obiekty rekreacyjne i sportowe.

Drugie środowisko: środowisko przemysłowe

Środowiska przemysłowe to miejsca, w których urządzenia elektryczne nie są podłączone bezpośrednio do publicznej sieci zasilającej niskiego napięcia, lecz posiadają własne transformatory rozdzielcze wysokiego lub średniego napięcia. Ponadto zostały one również zdefiniowane w rejestrach katastralnych i są charakteryzowane na podstawie określonych warunków elektromagnetycznych, takich jak:

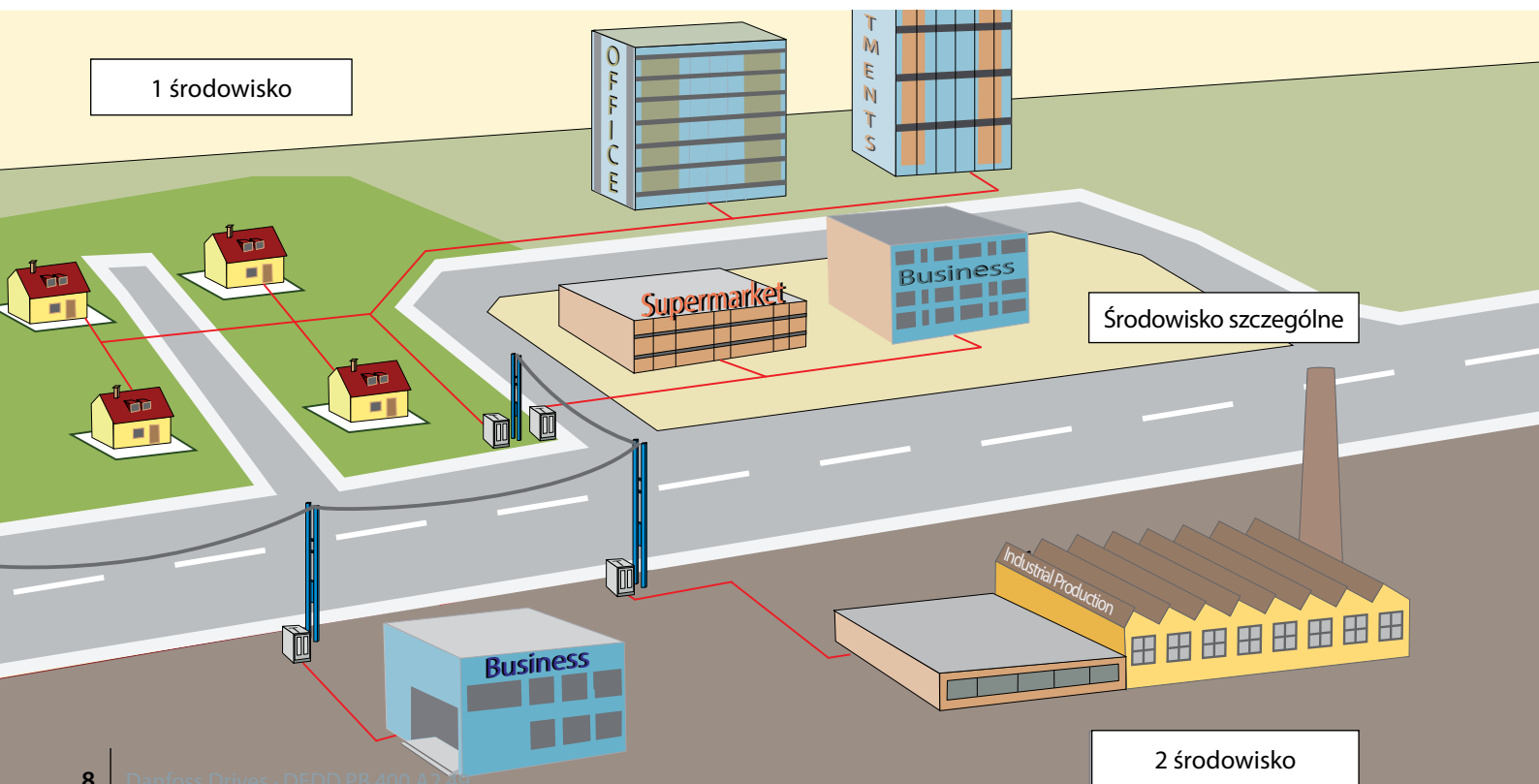
- Obecność aparatury badawczej, urządzeń medycznych i przemysłowych
- Przelączenie pomiędzy dużymi obciążeniami indukcyjnymi i pojemnościowymi
- Obecność silnych pól magnetycznych (np. w związku z dużymi prądami obciążeniowymi)

Środowiska te obejmują zarówno wnętrza, jak i strefy na zewnątrz budynków.

Środowiska szczególne

W przypadku takich środowisk użytkownik sam może zdecydować o klasyfikacji środowiskowej danej instalacji. Warunkiem jest posiadanie własnego zasilania transformatorowego średniego napięcia oraz wyraźne oddzielenie takiej instalacji od pozostałych środowisk. W takim środowisku użytkownik ponosi bezpośrednią odpowiedzialność za zapewnienie zgodności elektromagnetycznej w celu zagwarantowania bezawaryjnej pracy wszystkich urządzeń. Przykładem mogą być powierzchnie usługowe centrów handlowych, supermarkety, stacje benzynowe, budynki biurowe i magazyny.

Klasyfikacja obszarów roboczych w obrębie pierwszego i drugiego środowiska oraz w przypadku środowisk specjalnych, w których operator dysponuje swobodą wyboru.



Zakłócenia radiowe wysokiej częstotliwości — wartości graniczne uzależnione od lokalizacji roboczej

Zakłócenia o częstotliwościach radiowych

Przetwornice częstotliwości wykorzystują prostokątne impulsy napięcia o zmiennej szerokości do generowania pól wirujących o zmiennej częstotliwości przy odpowiednich napięciach silnika. Strome zbocza tych impulsów generują pola o wysokiej częstotliwości, które są wypromieniowywane przez kabel silnika i przetwornicę częstotliwości, a następnie doprowadzane do sieci zasilającej poprzez przewód zasilający. Aby zmniejszyć wpływ tych zakłóceń na zasilanie sieciowe, producenci stosują filtry tłumiące zakłócenia częstotliwości radiowej (znane również jako filtry RFI lub filtry sieciowe). Chronią one urządzenie przed zakłóceniami przewodzonymi o wysokiej częstotliwości (odporność na zakłócenia) oraz redukują współczynnik emisji zakłóceń o wysokiej częstotliwości z urządzenia emitującego. Zadaniem tych filtrów jest zmniejszanie emisji zakłóceń do ustawowo określonego poziomu, w związku z czym powinny być instalowane jak najbliżej punktu podłączenia zasilania urządzenia. Podobnie jak w przypadku dławików wejściowych niezbędne jest jasne określenie jakości

filtrów RFI, które mają zostać wykorzystane. W normach tych zdefiniowano konkretne wartości graniczne dla poziomów zakłóceń; dotyczy to również normy produktu EN 61800-3 i normy ogólnej EN 55011.

Normy i dyrektywy określające wartości graniczne

Jakie są obowiązujące ograniczenia dotyczące oceny kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) w instalacjach wyposażonych w napędy o zmiennej prędkości (VSD)?

W celu dokonania kompleksowej oceny zakłóceń promieniowanych o wysokiej częstotliwości należy uwzględnić dwie normy. Pierwszą z nich jest norma EN 55011, która określa ograniczenia w zależności od warunków otoczenia; klasy A1 i A2 dla środowiska przemysłowego lub klasa B dla środowiska mieszkalnego. Druga to norma produktu EN 61800-3 dotycząca elektrycznych układów napędowych, która weszła w życie w czerwcu 2007 roku i definiuje własne kategorie (od C1 do C4) dotyczące miejsca eksploatacji napędu bezstopniowego.

Pomimo tego, że pod względem limitów są one porównywalne z poprzednimi klasami, posiadają one szerszy zakres w kontekście normy produktu.

W przypadku wystąpienia zakłóceń inspektorzy opierają swoje zalecenia dotyczące ich ograniczania o ogólną normę instalacyjną, jak wartości graniczne dla klas A1/A2 i kategorii B normy EN 55011. Ostatecznie jednak to na użytkownika spoczywa odpowiedzialność za dokonanie odpowiedniej klasyfikacji w kontekście dwóch wspomnianych wyżej norm.

Norma produktu EN 61800-3 dla elektrycznych układów napędowych

Podział według kategorii	C1	C2	C3	C4
Kanał sprzedaży	Ogólnodostępna	Ograniczona dostępność	Ograniczona dostępność	Ograniczona dostępność
Środowisko	Pierwsze środowisko	Pierwsze lub drugie środowisko (decyduje operator)	Drugie środowisko	Drugie środowisko
Napięcie/prąd	< 1000 V			> 1000 V Prąd znamionowy > 400 A Podłączenie do sieci zasilającej IT
Specjalistyczna EMC	Brak wymogów	Instalacja i uruchomienie przez osobę kompetentną w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej (EMC)		Wymagany plan EMC
Wartości graniczne zgodne z EN 55011	Klasa B	Klasa A1 (z ostrzeżeniem)	Klasa A2 (z ostrzeżeniem)	Wartości wykraczające poza Klasę A2
Klasyfikacja kategorii C1 do C4 normy produktu EN 61800-3				

Ocena oraz zapewnianie określonej jakości energii

Idealne napięcie zasilania

Energia elektryczna w przypadku gospodarstw domowych, przemysłu i handlu stała się obecnie najważniejszym zasobem. Do tego nietypowym: musi być nieustannie dostępna, chociaż trudno ją przechowywać, a dokonanie kontroli jej jakości przed wykorzystaniem jest praktycznie niemożliwe. Co więcej, wytwarzana jest w sporej odległości od punktu wykorzystania i wprowadzana do sieci zasilającej wraz z mocą wyjściową pochodzącą z dużej liczby innych generatorów.

Energia dociera do użytkowników za pośrednictwem szeregu transformatorów oraz wielu kilometrów linii napowietrznych oraz kabli podziemnych. Urządzenia sieciowe są własnością wielu różnych organów. Podobnie rzecz się ma w przypadku odpowiedzialności za te urządzenia, która również została rozłożona na różne organy. W związku z tym zapewnienie użytkownikowi końcowemu odpowiedniej jakości produktu nastęrcza sporych trudności, gdyż wycofanie, naprawa czy odzyskanie niewystarczającej jakości napięcia zasilania nie jest możliwe. Dane statystyczne dotyczące jakości napięcia zasilającego pochodzą w większości od samych dostawców.

Z punktu widzenia dostawcy tolerowany poziom zniekształceń może być zupełnie inny od tego, który klienci będą uznawać za możliwy do zaakceptowania. Wydaje się, że jedynymi sytuacjami, które stanowią dla klienta poważny problem w kwestii jakości, są przerwy w dostawach (od ułamka sekundy po nawet kilka godzin) lub krótkotrwałe spadki napięcia. Niestety na takie zakłócenia wrażliwych jest wiele procesów. Oto przykłady niektórych z nich:

- Procesy ciągłe lub równoległe, w których maszyny pracujące synchronicznie przestają działać w sposób zsynchronizowany.
- Procesy etapowe, w których przerwa w zasilaniu niszczy wyniki wszystkich poprzednich etapów, takie jak produkcja żywności
- Przerwy w dostawach prądu w systemach przetwarzania danych w branży bankowej mogą spowodować ogromne straty finansowe.

Nawet w życiu codziennym nieustannie polegamy na możliwie największym bezpieczeństwie w zakresie dostaw energii.

Jakość energii — jakie są jej kluczowe czynniki?

Aby energia elektryczna była perfekcyjna, musiałaby być nieustannie dostępna, podstawowe parametry napięcia zasilania takie jak wartość skuteczna, częstotliwość oraz wymagania odnośnie kształtu napięcia nie mogły by przekraczać ustalonych limitów. W zależności od określonych wymagań zdanie każdego klienta na temat dopuszczalnych odstępstw od ideału jest rzecz jasna inne. Istnieje pięć czynników oceny jakości zasilania sieciowego:

1. Zniekształcenia przebiegu (kształtu) spowodowane np. harmonicznymi lub migotaniem
2. Całkowita przerwa w dostawie prądu trwająca od kilku sekund do kilku godzin
3. Napięcie poniżej wartości minimalnej lub przepięcia w postaci długotrwałych odchyień poza 10% zakresem tolerancji
4. Krótkie przerwy w zasilaniu i przepięcia, np. w wyniku niezrównoważonych napięć zasilania lub procedur przełączania w obrębie sieci
5. Stany nieustalone — wysokie wartości szczytowe impulsów napięciowych w zakresie kilowoltów, których czasy trwania wynoszą kilka milisekund

Znormalizowane metody pomiarowe do weryfikacji jakości napięcia

Parametr	Metoda pomiaru	Przedział	Okres obserwacji
Wahania napięcia	Średnia wartość 20-ms RMS	Przedziały 10-minutowe	1 tydzień
Przysiady napięcia	Czas trwania i amplituda	Rejestrowane jako pojedyncze zdarzenie	1 dzień
Przerwy w dostawie napięcia	Czas trwania	Rejestrowane jako pojedyncze zdarzenie	1 dzień
Napięcie harmoniczne i interharmoniczne	Średnia wartość 200-ms RMS (zgodnie z normą IEC 1000-4-4)	Przedziały 10-minutowe	1 tydzień
Migotanie	Migotanie krótkotrwałe (wartości Pst) w ciągu 10 minut (zgodnie z normą IEC 868)	Średnie wartości 12 Pst (przedziały 2-godzinne)	1 tydzień
Asymetria napięcia	Wyznacza się dla składowej podstawowej stosunek wartości skutecznej napięcia kolejności przeciwnej do wartości skutecznej napięcia kolejności zgodnej i wyraża się w %	Przedziały 10-minutowe	1 tydzień
Napięcia sygnału	Klasyfikacja obejmuje średnią z 3 sekund	Przedziały 3-sekundowe	1 dzień
Częstotliwość	Klasyfikacja obejmuje średnią z 10 sekund	Przedziały 10-sekundowe	1 tydzień

Każdy z wymienionych powyżej problemów dotyczących jakości zasilania posiada inną przyczynę. Na przykład stan przejściowy, którego przyczyną jest przepalenie się bezpiecznika może spowodować problemy u innego klienta. Harmoniczne mogą być generowane przez urządzenia w obrębie lokalizacji klienta końcowego i przenoszone przez sieć do innych użytkowników.

Przedsiębiorstwa energetyczne stoją na stanowisku, że odbiorcy posiadający zasadnicze wymagania dotyczące jakości dostaw energii elektrycznej muszą sami podjąć wysiłek i ponieść koszty związane z zapewnieniem odpowiedniej jakości energii, zamiast gwarantować wszystkim odbiorcom bardzo wysoką dostępność w każdym miejscu i przez cały czas. Zapewnienie dostaw energii elektrycznej w całej sieci w każdych warunkach jest ekonomicznie niewykonalne i praktycznie niemożliwe. Wymagałoby to od dostawców uwzględniania wyjątkowych warunków pogodowych w pobliżu napowietrznych linii przesyłowych lub przypadkowego uszkodzenia kabli podczas prac ziemnych. Dlatego też to na klientach spoczywa odpowiedzialność za podjęcie odpowiednich działań w celu dopilnowania, aby dostawy energii elektrycznej wykorzystywanej

na ich własne potrzeby były niezawodne i wystarczające do ich zaspokojenia. Oznacza to, że mogą oni również ustanowić wyższe standardy jakości niż te, które są zapewniane i gwarantowane przez dostawcę.

Rozwiązania techniczne zapewniające niezawodne zasilanie o wymaganej jakości

W związku z powyższym klienci sami muszą zdecydować o charakterze i zakresie dodatkowego wyposażenia oraz zasobów niezbędnych do uzyskania niezbędnej jakości zasilania. Problem jednak polega na tym, że informacje, których potrzebują, nie zawsze są dostępne. Niewiele jest danych statystycznych dotyczących przerw w dostawach prądu. To bardzo utrudnia klientom określenie kosztów środków zapobiegawczych. Jednakże stosunkowo wysoką pewność zasilania, wynoszącą około 99,98%, można osiągnąć w sposób ekonomiczny bez znacznego wzrostu cen energii elektrycznej.

Dość częstym zjawiskiem są krótkie przerwy wynoszące od 0,2 do 5 sekund. Ich przyczyną mogą być, między innymi, drzewa przewracające się na linie napowietrzne podczas burz. W większości

przypadków dostawca energii elektrycznej nie ponosi bezpośredniej odpowiedzialności za te usterek. Jedynie kompensuje on wynikające z tego faktu straty na poziomie kosztów związanych z przerwami w dostawach energii elektrycznej. Niemniej jednak klient ponosi straty w obrębie dochodu bezpośrednio wynikające z zatrzymania produkcji.

Dłuższe przerwy mogą wynikać również z zakłóceń po stronie dostawcy lub zakłóceń w sieci zasilającej takich jak uszkodzenia linii przesyłowych spowodowane czynnikami zewnętrznymi. Jedynym środkiem zaradczym w tym zakresie są systemy rezerwowe takie jak zapasowe generatory lub zasilacze UPS. Jednak zważywszy na fakt, że systemy rezerwowe (UPS-y) są systemami złożonymi i kosztownymi, niezbędne jest zaplanowanie ich wykorzystania na możliwie jak najwcześniejszym etapie. Jest to jedyny sposób umożliwiający precyzyjne zdefiniowanie słabych punktów oraz zaplanowanie niezbędnych rezerw w obrębie całego systemu zasilania.



Ocena oraz zapewnianie określonej jakości energii

Problemy z harmonicznymi prądami zawsze leżą w zakresie odpowiedzialności użytkownika. Ich przyczyną są nieliniowe prądy wejściowe odbiorników elektrycznych.

Ze względu na fakt, że sieć zasilająca posiada określoną impedancję, powstałe na niej spadki napięcia od każdej harmonicznej prądu nakładają się na napięcie zasilania i są rozprowadzane w obrębie całej sieci. Najczęstszymi przyczynami powstawania odkształconych prądów wejściowych są obwody prostowników i sterowania fazowego. Tego typu prostowniki są niezwykle rozpowszechnione, przez co można je znaleźć m.in. w lampach energooszczędnych, komputerach, monitorach, przetwornicach częstotliwości, ładowarkach akumulatorów i innych systemach wyposażonych w energoelektronikę. Oznacza to, że zakłócenia spowodowane harmonicznymi napięciami mogą występować w systemie w wyniku oddziaływania harmonicznych prądów generowanych przez sam system. Środki zaradcze można implementować zarówno w obrębie samych urządzeń generujących do sieci harmoniczne prądy, jak i w miejscu przyłączenia innych odbiorników energii. Operator instalacji sam musi zdecydować, które rozwiązanie będzie najkorzystniejsze z ekonomicznego punktu widzenia.

Stany nieustalone to zdarzenia o wysokiej częstotliwości trwające krócej niż jeden cykl sieci zasilającej. Mogą one być spowodowane procedurami przełączania, przepaleniem się bezpieczników, zadziałaniem wyłączników awaryjnych lub uderzeniem pioruna w obrębie sieci. Stany nieustalone osiągają poziom kilku kilowoltów i w przypadku braku odpowiednich środków zaradczych powodują znaczne szkody. Producenci urządzeń zobowiązani są do zapewniania określonego stopnia ochrony przed stanami nieustalonymi, przy czym liczba zdarzeń zależy od częstotliwości uderzeń pioruna oraz okresu eksploatacji produktu. Jeżeli stany przejściowe występują znacznie częściej w obrębie określonego odcinka sieci, urządzenia ochronne starzeją się znacznie szybciej, a ochrona urządzenia zostaje utracona stosunkowo szybko. Systemy ochrony odgromowej zabezpieczają sieć przed stanami nieustalonymi za pomocą ochronników przepięciowych i warystorów, tak aby napięcie zasilania w momencie obciążenia zostało ograniczone do określonego maksymalnego napięcia szczytowego.

Czy dobre zawsze oznacza wystarczająco dobre?

Problemy z jakością zasilania sieciowego nieustannie stawiają przed projektantami powyższe pytanie, na które niestety nie

ma prostej odpowiedzi. Zalecamy tutaj zapoznanie się z odnośnymi normami krajowymi lub międzynarodowymi. Określają one poszczególne zjawiska i ograniczenia kompatybilności, które służą producentom urządzeń oraz dostawcom sieciowym jako punkt odniesienia. Nie uwzględniają one jednak natężenia tych zdarzeń ani łącznych skutków kilku incydentów mających miejsce w tym samym czasie. Warto więc pamiętać, że incydenty te nie muszą wcale wynikać wyłącznie z winy dostawcy energii.

A więc najistotniejszym pytaniem jest: czy urządzenia robocze oraz zasilanie elektryczne są wzajemnie kompatybilne?

Dlatego też użytkownik końcowy musi określić wymaganą jakość energii i wdrożyć środki niezbędne do zapewnienia takiej jakości. Wymaga to dobrego planowania, skutecznych środków zaradczych, współpracy z dostawcą energii elektrycznej, częstego monitorowania i bieżącej konserwacji.



Zakłócenia w sieci zasilającej i związane z nimi zagrożenia

Sieci zasilające w niebezpieczeństwie

Wraz z nadejściem zintegrowanej europejskiej sieci zasilającej, większym wykorzystaniem zasilania i mniejszymi nakładami inwestycyjnymi jakość zasilania sieciowego pogarsza się, niestety z tendencją wzrostową. Odchylenia od idealnego sinusoidalnego kształtu są więc nieuniknione i w pewnych granicach, również dopuszczalne. Planiści i operatorzy mają obowiązek minimalizowania takich zniekształceń w obrębie sieci zasilającej. Jednak jakie są te ograniczenia i kto je określa?

Jakość gwarantowana podstawą prawną

W przypadku rozmów prowadzonych na temat czystego, wysokiej jakości zasilania sieciowego przydatne okazują się normy, dyrektywy, a także poszczególne rozporządzenia. Na przykład w Niemczech podstawą do obiektywnej oceny jakości zasilania sieciowego jest dyrektywa dotycząca kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń (EMVG). Normy europejskie EN 61000-2-2, EN 61000-2-4 oraz EN 50160 określają ograniczenia napięcia zasilania w publicznych i przemysłowych rozdzielczych sieciach elektroenergetycznych. Normy EN 61000-3-2 i EN 61000-3-12 regulują emisję harmonicznych prądu przez urządzenia podłączone do sieci zasilającej. W przypadku oceny ogólnej

operatorzy systemów muszą również uwzględnić normę EN 50178 oraz warunki przyłączenia przedsiębiorstwa energetycznego.

Podstawowym założeniem jest, że zgodność z tymi normami umożliwi bezproblemową i prawidłową pracę wszystkich urządzeń i systemów w rozdzielczych sieciach elektroenergetycznych.

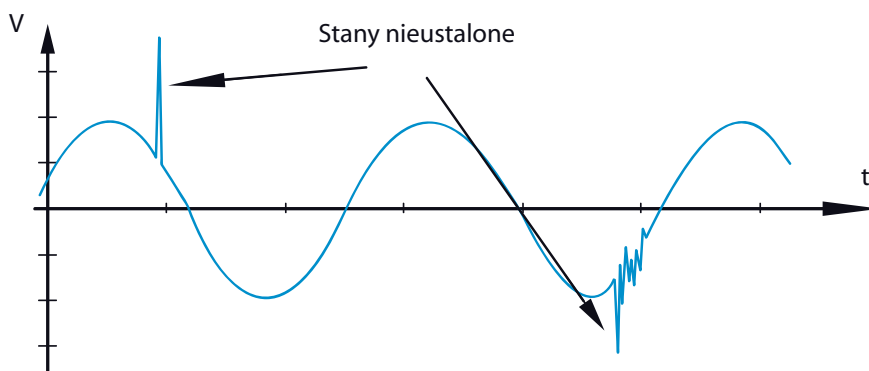
Jak powstają harmoniczne zasilania

Jak już wspomniano, harmoniczne tworzone są przez obciążenia nieliniowe, na przykład przetwornice częstotliwości, lampy energooszczędne i zasilacze impulsowe w odbiornikach telewizyjnych, monitorach i komputerach. Wszystkie te urządzenia, jak również wiele innych, posiadają odkształcone / impulsowe prądy wejściowe. Specjalistycznym terminem określającym zniekształcenia sinusoidalnego kształtu napięcia sieci zasilającej powstałe w wyniku obecności odkształconych / impulsowych prądów wejściowych podłączonych urządzeń, są „harmoniczne niskich częstotliwości” lub „zniekształcenia harmoniczne”. Na podstawie analizy kształtu fali Fouriera specjaliści opisują to zjawisko również pod kątem zawartości harmonicznych w sieci zasilającej, które analizują przy częstotliwościach do 2,5 kHz, co odpowiada 50. harmonicznej 50 Hz. Ze względu na istnienie impedancji

sieci zasilającej harmoniczne prądów wejściowych urządzeń powodują spadki napięcia na tej impedancji, powodując odkształcenia fali napięcia zasilającego, których wielkość zależy od wielkości tej impedancji.

Prostowniki wejściowe przetwornic częstotliwości również generują typową postać zniekształceń harmonicznych w sieci zasilającej. W przypadku przetwornic częstotliwości w sieciach 50 Hz główny nacisk kładzie się na trzecią (150 Hz), piątą (250 Hz) i siódmą (350 Hz) harmoniczną. To one wywołują najsilniejsze skutki. Całkowitą zawartość harmonicznych określa współczynnik zawartości harmonicznych (THD). Z reguły w danym miejscu poziom zniekształceń zasilania wzrasta wraz z liczbą zainstalowanych urządzeń z wbudowaną energoelektroniką.

W idealnym przypadku fala napięcia zasilania posiada czysty sinusoidalny kształt o częstotliwości podstawowej wynoszącej 50 lub 60 Hz. Wszystkie urządzenia i sprzęt elektryczny są projektowane w taki sposób, aby działały jak najlepiej przy częstotliwości podstawowej napięcia zasilania.



Uderzenia piorunów należą do najczęstszych przyczyn stanów nieustalonych sieci zasilającej w systemach HVAC.

Skutki odkształceń harmonicznych zasilania

Zniekształcenia zasilania takie jak harmoniczne i wahania napięcia są klasyfikowane jako zakłócenia zasilania o niskiej częstotliwości. Ten rodzaj zakłóceń wygląda inaczej w punkcie wyjściowym niż w jakimkolwiek innym punkcie podłączenia obciążenia w obrębie sieci. W przypadku dokonywania oceny zakłóceń zasilania należy wziąć pod uwagę zarówno zasilanie sieciowe i topologie sieci, jak i obciążenia. Odkształcenia harmoniczne napięcia zasilania oznaczają, że napięcie posiada nie tylko składową podstawową o częstotliwości 50Hz czy 60Hz, ale że w jego widmie znajdują się też inne częstotliwości. Te harmoniczne nie przenoszą mocy czynnej do urządzeń elektrycznych, a przy okazji wywierają również następujące negatywne skutki:

- Ograniczają zdolność przesyłową sieci zasilającej
- Powodują większe straty
- Powodują nagrzewanie się transformatorów, silników i kabli
- Skracają żywotność urządzenia
- Powodują kosztowne i niepożądane przestoje w produkcji
- Zakłócają pracę przyrządów i systemów sterowania
- Powodują tętniący i ograniczony moment obrotowy
- Podnoszą poziom hałasu

Innymi słowy, harmoniczne zmniejszają niezawodność, pogarszają jakość produktu i zwiększają koszty eksploatacyjne.

Uwaga: nadmierne poziomy harmonicznych obciążają lub prowadzą do uszkodzenia systemów korekcji współczynnika mocy oraz powodują usterki takich systemów. Z tego powodu kondensatory korekcji współczynnika mocy powinny być zawsze używane wraz dławikami.

Czy oznacza to, że każda przetwornica częstotliwości powoduje problemy z harmonicznymi?

Przyczyną występowania problemów z reguły nie są pojedyncze przetwornice częstotliwości, a duża ogólna liczba urządzeń z energoelektroniką oraz duża ilość małych urządzeń elektronicznych w obrębie systemu.

Niemal wszystkie przetwornice częstotliwości VLT® i VACON® są standardowo wyposażane w dławiki w celu obniżania emisji harmonicznych. W wielu przypadkach takie środki są wystarczające do utrzymania odkształceń napięcia zasilania w obrębie dopuszczalnych granic. Jednak niekiedy zdarza się, że niezbędne jest dodatkowe obniżenie harmonicznych. W tym celu firma Danfoss wprowadziła do swojej oferty szeroką gamę specjalnych rozwiązań w zakresie ograniczania harmonicznych, w tym przetwornice częstotliwości Danfoss VLT® i VACON® z 12-pulsowymi prostownikami wejściowymi, przetwornice Low Harmonic Drive (ze zintegrowanym filtrem aktywnym)

oraz autonomiczne aktywne lub pasywne filtry wyższych harmonicznych. Filtry aktywne mogą również kompensować harmoniczne pochodzące od innych nieliniowych odbiorników energii. W przypadku nieskomplikowanych sytuacji darmowe oprogramowanie VLT® lub Vacon Harmonics można wykorzystać do określenia poziomu emisji harmonicznych w obrębie systemu lub wykorzystać oprogramowanie HCS Harmonic Simulation Software w przypadku bardziej złożonych systemów. Programy te pomagają zdecydować, czy potrzebne są dodatkowe środki redukujące harmoniczne. Dodatkowo uwzględniają one także obowiązujące normy i są w stanie obliczyć rozwiązania umożliwiające złagodzenie skutków.

Czy istnieją przetwornice częstotliwości o zerowej emisji harmonicznych?

Każda przetwornica częstotliwości generuje harmoniczne. Niemniej jednak bieżąca norma uwzględnia jedynie zakres częstotliwości do 2,5 kHz. Pomimo tego, że w przypadku częstotliwości od 2 kHz do 9 kHz i od 9 kHz do 150 kHz na chwilę obecną nie zostały ustanowione żadne wiążące wartości graniczne, zaleca się zwracanie uwagi na istniejące zakłócenia instalacji mieszczące się w tych zakresach częstotliwości, a także na tendencje do występowania rezonansów. W chwili obecnej międzynarodowe grupy normalizacyjne dyskutują na temat przyszłych poziomów granicznych dla tego zakresu częstotliwości.



Analiza napięcia sieci zasilającej oraz środki zaradcze

W jaki sposób dobrać optymalne rozwiązanie łagodzące harmoniczne?

Istnieje wiele sposobów na łagodzenie harmonicznych. Wszystkie one mają swoje plusy i minusy. Nie ma jednego rozwiązania, które idealnie nadaje się do wszystkich wariantów aplikacji i warunków sieci zasilającej. Aby znaleźć optymalne rozwiązanie dla łagodzenia harmonicznych, użytkownicy muszą wziąć pod uwagę szereg parametrów. Czynniki te możemy podzielić na cztery grupy:

- Warunki zasilania, w tym również inne obciążenia
- Aplikacje i procesy
- Zgodność z przepisami
- Ekonomiczność rozwiązania w kontekście danej aplikacji

Jak warunki sieci zasilającej wpływają na odkształcenia harmoniczne?

Najważniejszym czynnikiem dotyczącym określania zniekształceń harmonicznych sieci zasilającej jest jej impedancja. W głównej mierze jest uzależniona od wielkości transformatora w odniesieniu do całkowitego poboru mocy zainstalowanych odbiorników. Im większy transformator w stosunku do obciążeń powodujących emisje harmonicznych, tym mniejsze odkształcenie napięcia zasilania. Sieć zasilania elektrycznego to system składający się z zasilania sieciowego i podłączonych do niego odbiorników połączonych ze sobą za pomocą transformatorów. Wszystkie odbiorniki o nie-sinusoidalnym prądzie wejściowym przyczyniają się do zniekształceń harmonicznych sieci zasilającej — nie tylko w niskonapięciowej sieci rozdzielczej, ale także na wyższych poziomach napięcia.

Oznacza to, że podczas pomiarów w punkcie połączenia zawsze występuje pewna ilość istniejących zniekształceń, które specjaliści nazywają „harmonicznymi tła”. Ponieważ odbiorniki podłączone do sieci mogą być urządzeniami jedno- lub trójfazowymi, zniekształcenia harmoniczne poszczególnych faz bywają różne. Skutkiem tego są różne poziomy napięcia w obrębie poszczególnych faz, co prowadzi do nierównoważenia napięcia zasilania. Warto zauważyć, że poszczególne rozwiązania w zakresie łagodzenia harmonicznych różnią się wrażliwością na harmoniczne tła oraz na samo nierównoważenie. Z tego względu w przypadku podejmowania decyzji dotyczącej najodpowiedniejszego rozwiązania w obrębie łagodzenia harmonicznych konieczne jest dokonanie oceny tych czynników.

Które aspekty aplikacji należy wziąć pod uwagę?

Całkowita zawartość harmonicznych wzrasta wraz z ilością pobieranej przez odbiorniki nieliniowej energii. Z tego powodu zarówno liczba zainstalowanych przetwornic częstotliwości, jak i ich indywidualne moce znamionowe oraz profile obciążenia mają znaczący wpływ na zawartość harmonicznych. Łączna liczba przetwornic częstotliwości i innych obciążeń nieliniowych w danym segmencie sieci wpływa na całkowite zniekształcenie harmoniczne prądu w tym segmencie, opisane współczynnikiem THDi, który jest stosunkiem wartości skutecznej wszystkich wyższych harmonicznych prądu do wartości

skutecznej jego składowej podstawowej. Współczynnik obciążenia przetwornic częstotliwości jest istotny, ponieważ wartość procentowa THDi wzrasta w przypadku obciążeń częściowych. Oznacza to, że przewymiarowane przetwornice częstotliwości będą zwiększać zniekształcenia harmoniczne sieci zasilającej. Ponadto użytkownicy muszą również wziąć pod uwagę warunki ogólne, takie jak dostępna powierzchnia ścian, powietrze chłodzące (stopień zanieczyszczenia), drgania, temperatura otoczenia, wysokość, wilgotność względna i tak dalej, ponieważ poszczególne rozwiązania różnią się pod względem skuteczności zastosowania w określonych warunkach środowiskowych.



Analiza napięcia sieci zasilającej oraz środki zaradcze

Zgodność z odpowiednimi normami

W celu zagwarantowania minimalnego poziomu jakości energii elektrycznej dostawcy energii elektrycznej wymagają od swoich odbiorców przestrzegania obowiązujących norm i przepisów. Wytyczne wprowadzają różnicę w zależności od kraju i środowiska instalacji, jednak wszystkie mają ten sam cel: ograniczenie zakłóceń harmonicznnych w sieci zasilającej. Sposoby dotyczące zachowywania zgodności z przepisami zależą od określonych warunków sieciowych. Dlatego też nie jest możliwe zapewnienie zgodności z normami i ograniczeniami bez posiadania wiedzy na temat struktur i warunków poszczególnych sieci. Ponadto żadna z norm nie określa konkretnych rozwiązań w zakresie łagodzenia harmonicznnych.

Z tego powodu ważne jest, aby znać normy, przepisy i zalecenia oraz poziom zniekształceń harmonicznnych sieci w celu znalezienia optymalnego rozwiązania dla danej sytuacji.

Czynniki ekonomiczne przy wyborze rozsądnych środków

Użytkownicy, aby upewnić się, że znaleźli najbardziej opłacalne rozwiązanie, powinni oczywiście uwzględnić wszelkie koszty zakupu oraz koszty operacyjne. Koszty zakupu różnych rozwiązań do łagodzenia skutków harmonicznnych zależą od danego poziomu mocy. Rozwiązanie, które jest najbardziej opłacalne dla danego poziomu mocy, niekoniecznie musi być najbardziej opłacalne dla całego zakresu mocy. Koszty eksploatacyjne wynikają ze strat spowodowanych przez same środki

zapobiegawcze w obrębie całego profilu obciążeń oraz kosztów konserwacji w całym okresie ich użytkowania. W przeciwieństwie do rozwiązań aktywnych rozwiązania pasywne często nie wymagają okresowej konserwacji. Z drugiej jednak strony rozwiązania aktywne są w stanie utrzymać współczynnik mocy bliski 1 w całym zakresie obciążeń, co skutkuje lepszym wykorzystaniem mocy przy częściowym obciążeniu. Ponadto użytkownicy podczas planowania powinni uwzględnić przyszłe możliwości rozwoju instalacji lub obiektu, ponieważ rozwiązanie, które jest optymalne dla systemu na etapie planowania, niekoniecznie musi się sprawdzić w przypadku późniejszej rozbudowy. W takich przypadkach inne środki zaradcze mogą okazać się bardziej wszechstronne, a co za tym idzie również korzystniejsze, a w dłuższej perspektywie czasowej także i mniej kosztowne.

Obliczanie emisji harmonicznnych

Opracowano różne metody łagodzenia, zapobiegania lub kompensowania emisji harmonicznnych z instalacji lub urządzeń w celu zapewnienia odpowiedniej jakości energii. Programy do obliczania harmonicznnych zasilania takie jak HCS (program do symulacji harmonicznnych) umożliwiają wykonywanie obliczeń dla instalacji lub systemów jeszcze na etapie planowania. Dzięki temu operator systemu ma możliwość wcześniejszego sprawdzenia i rozważenia konieczności wykonania dodatkowych pomiarów. Należy pamiętać, że odpowiednie pomiary zwiększają i zabezpieczają gotowość instalacji.



Aspekty praktyczne — wybór właściwych środków

Opcje redukcji emisji harmonicznych

Ogólnie rzecz biorąc, emisje harmonicznych mogą zostać zmniejszone poprzez zastosowanie różnych metod redukcji harmonicznych po stronie zasilania urządzeń w celu zmniejszenia amplitudy impulsów prądowych. Poprawia to również współczynnik mocy λ (lambda). Dostępne są różne metody łagodzenia skutków, unikania lub ich kompensacji:

- Dławiki na wejściach lub obwodach pośrednich DC przetwornic częstotliwości
- Obwody pośrednie DC zredukowane lub typu Slim
- Prostowniki 12-, 18- lub 24-pulsowe
- Filtry pasywne
- Filtry aktywne
- Przetwornice częstotliwości z aktywnym prostownikiem - AFE
- Napędy typu „Low Harmonic Drives” wyposażone w którąś z wymienionych powyżej technologii

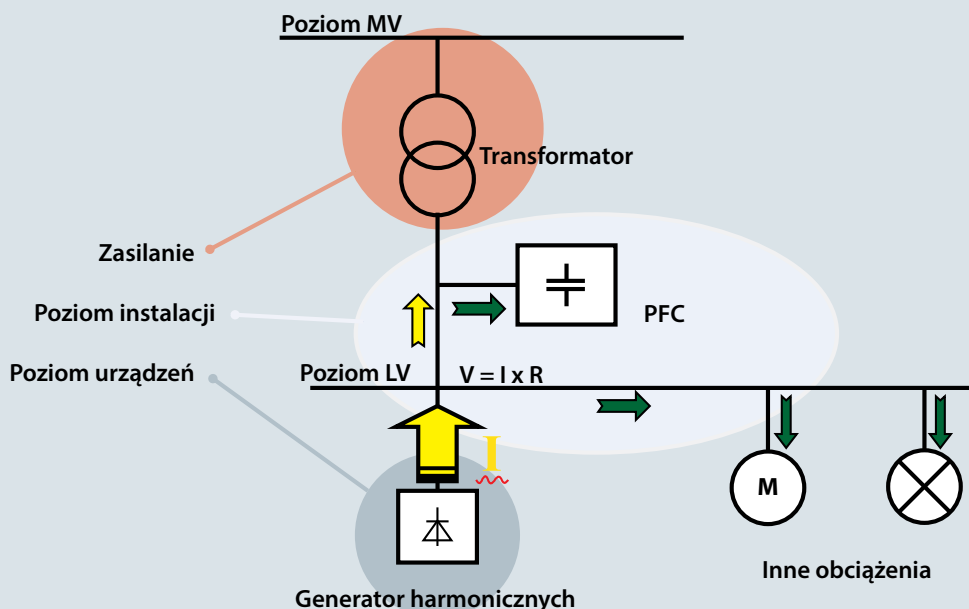
Środki te można sklasyfikować jako pasywne lub aktywne, a różnią się one w szczególności pod względem inżynierii projektu. W niektórych przypadkach decyzje dotyczące konkretnego środka zaradczego muszą zostać podjęte jeszcze na etapie projektowania instalacji lub systemu, ponieważ późniejsze doposażenie jeszcze bardziej zwiększyłoby koszty środków zaradczych, które w przypadku osobnego zakupu byłyby drogie.

Różne rozwiązania z zakresu łagodzenia harmonicznych.

Określenie zaleceń podstawowych nie jest możliwe

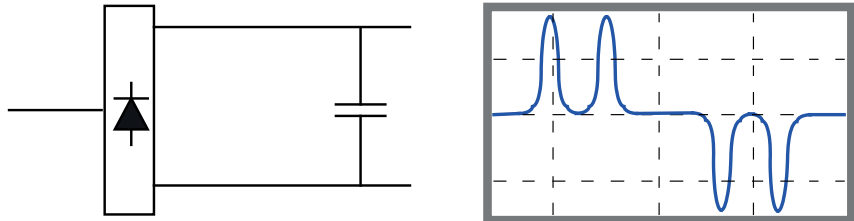
Nie ma możliwości sformułowania podstawowych zaleceń dla któregokolwiek z opisanych tutaj środków zaradczych z zakresu łagodzenia harmonicznych. Należy jednak pamiętać, aby właściwego wyboru dokonać już na etapie planowania i projektowania w celu uzyskania systemu przetwornic o wysokiej dostępności, niskiej emisji harmonicznych i zakłóceń radiowych (RFI). Każdorazowo przed podjęciem decyzji dotyczącej wykorzystania dowolnego z wyżej wymienionych środków zaradczych należy dokładnie rozważyć następujące czynniki:

Czynnik
Wymagane THDu
Normy wewnętrzne/zewnętrzne
Napięcie zasilania i tolerancja
Maks. asymetria napięcia
Wstępne zniekształcenia sieci zasilającej
Praca ciągła czy backup generatora
Wymagany tryb gotowości
Wsp. mocy przesunięcia / sterowanie fazowe
Ilość odbiorników podlegających korekcie
Dynamika aplikacji/odbiorników
Ochrona obudowy
Wymagany podział powietrza chłodzenia
Maks. temperatura otoczenia
Dostępna przestrzeń fizyczna
Docelowy poziom sprawności
Koszty początkowe a koszty eksploatacyjne
Hałas
Potrzeba odzyskiwania energii



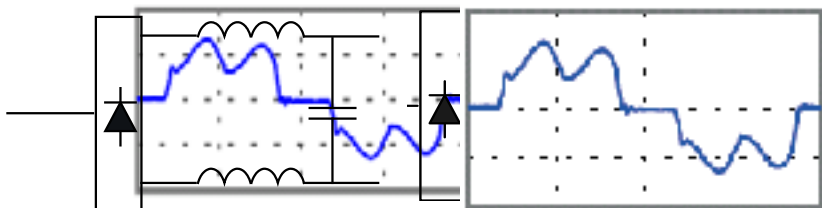
Dławiki sieciowe AC lub obwodu pośredniego DC

Niektóre modele przetwornic częstotliwości dostarczane są bez żadnych dławików. Eksploatacja takich urządzeń bez żadnych środków łagodzących harmoniczne powoduje poważne zniekształcenia kształtu fali prądowej po stronie sieci zasilającej ze względu na impulsowe prądy ładowania kondensatorów obwodów pośrednich DC. Przebieg chwilowy prądu wejściowego składa się z krótkich impulsów o wysokim współczynniku szczytu. Współczynnik szczytu może nawet przekraczać 10, co daje bardzo wysoki poziom współczynnika zawartości harmonicznych (THDi) kształtu fali prądowej przy współczynniku zawartości harmonicznych (THDi).



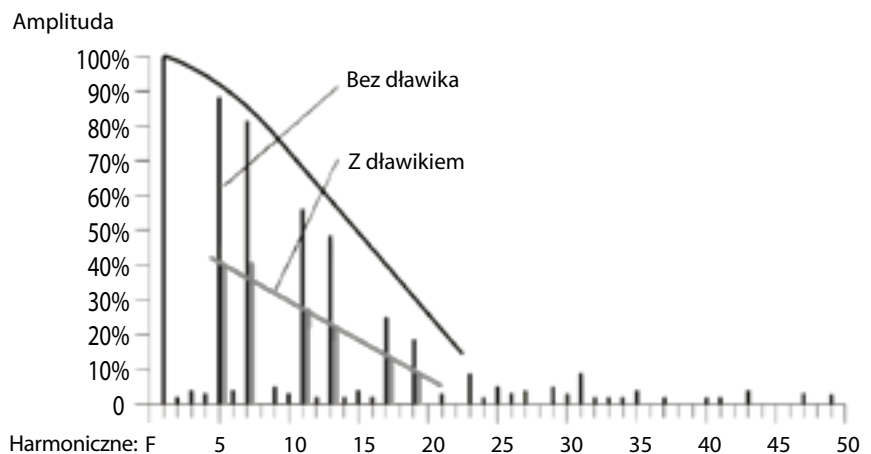
Przetwornica bez dławika (THDi > 100%).

Dławiki (cewki indukcyjne) redukują zniekształcenia harmoniczne zasilania z prostownika, poprawiając w ten sposób współczynnik mocy λ (lambda). Na przykład współczynnik zawartości harmonicznych (THDi) przetwornicy częstotliwości bez dławika wejściowego wynosi około 80%. Wartość ta może zostać zredukowana nawet poniżej 40% za pomocą dławików wewnętrznych lub zewnętrznych. Użytkownicy mogą dokonać oddzielnego zakupu dławików wejściowych, a następnie zamontować je po stronie zewnętrznej. Ponoszenie takich kosztów nie będzie konieczne, jeśli dławiki będą już wbudowane w samo urządzenie. Dodatkowo dławik obwodu pośredniego DC o takim samym działaniu będzie mniejszy, lżejszy, a tym samym również mniej kosztowny.



Przetwornica z dławikiem obwodu pośredniego DC (THDi ~40%).

Poziom harmonicznych tła w sieci zasilającej, który przetwornica częstotliwości powinna tolerować, został określony normą EN 60146-1-1 (wymagania ogólne dotyczące prostowników półprzewodnikowych). Dławik w obwodzie wejściowym przetwornicy może zapewnić dodatkową ochronę w przypadku wysokiego poziomu harmonicznych tła.



Łagodzenie emisji harmonicznych z przetwornic częstotliwości.

Obwód pośredni DC typu Slim

Innym sposobem zmniejszenia emisji harmoniczných w obrębie przetwornic częstotliwości jest korzystanie z obwodów pośrednich DC typu Slim. Konwencjonalne przetwornice posiadają kondensatory podłączone za prostownikiem wejściowym w celu wygładzania napięcia wyprostowanego. Takie wygładzanie napięcia DC odbywa się jednak kosztem emisji harmoniczných. W celu ograniczenia emisji harmoniczných niektórzy producenci redukują lub całkowicie eliminują pojemność kondensatorów obwodu pośredniego DC. Zaletą takich przetwornic jest to, że pozwalają one na mniej kosztowne projektowanie bardziej kompaktowych urządzeń, a także powodują zmniejszenie harmoniczných w zakresie częstotliwości do 2 kHz w porównaniu z urządzeniami konwencjonalnymi bez dławików. Jednak harmoniczne w powyższym zakresie są silniejsze niż w przypadku porównywalnej architektury konwencjonalnej.

Spektrum częstotliwości przetwornic z obwodami pośrednimi DC typu Slim jest stosunkowo trudne do oszacowania. Niemniej jednak producenci są w stanie określić poziom emisji zakłóceń określonego modelu w obrębie całego zakresu częstotliwości. Należy jednak pamiętać, że wcześniejsze obliczenie poziomu zniekształceń w sieci zasilającej nie będzie możliwe, jeśli w obrębie danej aplikacji wykorzystywane są różne urządzenia z obwodem pośrednim DC typu Slim. Harmoniczne pochodzące z różnych urządzeń mogą się wzajemnie wzmacniać lub znosić. Im większe spektrum harmoniczných, tym większe prawdopodobieństwo wzbudzenia częstotliwości rezonansowej innego komponentu.

Nie można z góry określić, jakie rezonanse powstaną w sieci zasilającej. Szerokie spektrum częstotliwości emisji harmoniczných z tych urządzeń może również zwiększyć ryzyko rezonansów z innymi elementami w obrębie sieci, takimi jak lampy fluorescencyjne, transformatory lub kondensatory w systemach korekcji współczynnika mocy. Emisje harmoniczných stają się dla użytkowników problemem, gdy zaczynają powodować zakłócenia lub

nieprawidłowe działanie ich systemów. Przy rosnącym poziomie zniekształceń sieci zasilającej wynikających z różnych obciążeń nieliniowych, wzrasta wysiłek niezbędny do ich zmniejszania. Może on wzrosnąć jeszcze bardziej, kiedy generowane widmo częstotliwości jest bardzo szerokie.

Wraz ze zniekształceniami sieci zasilającej powodowanymi przez prądy wejściowe, przetwornice z obwodem pośrednim DC obciążają sieć częstotliwością przełączania inwertera po stronie silnika. Jest to szczególnie widoczne po stronie sieci zasilającej ze względu na niską lub nieistniejącą pojemność obwodu pośredniego DC. Częstotliwość ta jest zazwyczaj stała i w razie potrzeby może być łatwo tłumiona za pomocą filtrów.

Użytkownicy, którzy zastosują tę metodę, nie powinni jednak korzystać z funkcji zmieniających częstotliwość przełączania, takich jak zarządzanie akustyczne silnikiem lub automatyczne obniżanie wartości znamionowych. Poniższa tabela przedstawia porównanie przetwornic z obwodem pośrednim DC w wersji Slim i konwencjonalnej. Istnieją również napędy bezstopniowe z tzw. „zredukowanym obwodem pośrednim DC”, które cechuje zachowanie z pogranicza obu tych technologii.

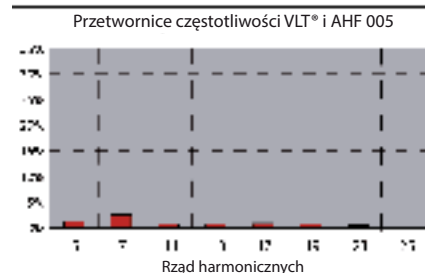
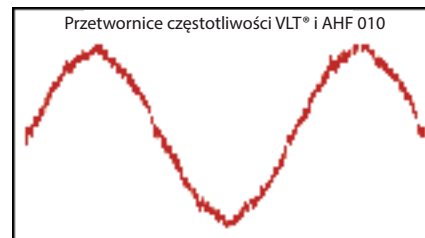
	Obwód pośredni DC typu Slim	Konwencjonalny obwód pośredni DC
Harmoniczne zasilania poniżej 2 kHz	Niska zawartość	Średnia zawartość
Harmoniczne zasilania powyżej 2 kHz	Średnia zawartość	Niska zawartość
Wielkość kondensatora	Mały	Średni
Cena kondensatora	Niska	Średnia
Częstotliwość przełączania inwertera	Doskonała możliwość pomiaru po stronie zasilania	Bardzo słaba możliwość pomiaru po stronie zasilania
Koszt filtrów	Wysoki	Zwykle niski
Kombinacje różnych produktów	Mogą powodować problemy	Brak problemów
Nagrzewanie silnika	Ogólnie cieplejszy	W zakresie tolerancji
Płynność pracy silnika	Chwilowe tętnienia powodujące obciążenia mechaniczne	Standardowe obciążenie
Awaria zasilania	Minimalny zakres buforowania	Buforowanie do 10 razy dłuższe
Charakterystyka obciążenia	Sklonność do drgań w przypadku zmiany obciążenia	Szybki powrót do normy
Krokowe zmiany obciążenia/ odciążanie	Wrażliwy	Odporny
Obciążenia o dużej bezwładności	Trudne	Odporny

Filtry pasywne — trwałe i wydajne

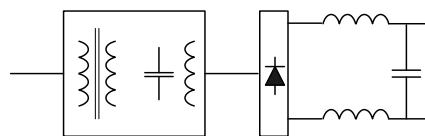
Filtry pasywne składają się zasadniczo z cewek indukcyjnych i kondensatorów niedostrojonych do indywidualnych częstotliwości, działają jak filtr środkowo-zaporowy, znacząco obniżając wszystkie niskie harmoniczne do 50. Takie filtry są instalowane pomiędzy zasilaniem a przetwornicą częstotliwości i redukują zniekształcenia harmoniczne generowane do sieci zasilającej znacznie skuteczniej niż same cewki indukcyjne. Zazwyczaj filtry pasywne dołączane są do przetwornic częstotliwości wraz ze (zintegrowanymi) dławikami AC lub DC w celu zmniejszania całkowitych zniekształceń prądów zawierających wyższe harmoniczne do pożądanego poziomu. Ponieważ filtry pasywne generalnie zniekształcają kształt fali napięciowej na wejściu przetwornicy częstotliwości, stosowanie filtrów innego producenta wraz z przetwornicą częstotliwości jest ryzykowne ze względu na możliwość wystąpienia zakłóceń lub uszkodzenia samej przetwornicy. Filtry pasywne wytwarzają niemal sinusoidalną falę prądową, czego wynikiem jest zazwyczaj THDi wynoszące poniżej 10% lub 5%, w zależności od konstrukcji takiego filtru. Filtr ten może być z reguły stosowany również z kilkoma małymi przetwornicami częstotliwości podłączonymi równolegle. Wpływa to na obniżenie kosztów. Filtry mogą być również instalowane

na odcinkach poprzedzających przetwornice częstotliwości. W wielu przypadkach wystarczy po prostu zamontować filtry na dużych urządzeniach znajdujących się w zakładzie. Należy jednak uwzględnić prąd bierny pojemnościowy filtra w warunkach częściowego obciążenia. Prąd pojemnościowy może wynosić nawet 30% prądu znamionowego. Nowoczesne układy napędowe wyposażone w specjalną technologię filtrów pasywnych pozwalają w przypadku aplikacji, w których zbyt wysoki prąd bierny jest niedopuszczalny, na odłączenie baterii kondensatorów przy określonym poziomie obciążenia częściowego za pomocą stycznika.

Zasadniczo skuteczność filtrów pasywnych uzależniona jest od obciążenia, co zazwyczaj nie stanowi problemu, ponieważ całkowity wpływ harmonicznych na odkształcenia napięcia jest również redukowany przy mniejszym prądzie obciążeniowym. Rozwiązania obejmujące elementy bierne stanowią na ogół dość solidną, wysoce wydajną ($\eta > 98\%$) i łatwą w obsłudze technologię. Ponadto nie obciążają one sieci zasilającej dodatkowymi częstotliwościami przełączania, jak to się czasami zdarza w przypadku niektórych rozwiązań aktywnych.



Filtry pasywne redukują zniekształcenia prądu zawierającego wyższe harmoniczne do wartości poniżej 5% lub 10%.



Pasywne filtry wyższych harmonicznych na wejściu przetwornicy częstotliwości.

Filtry pasywne mogą być również podłączone równolegle w celu uzyskania kompensacji przy stosunkowo dużej mocy.

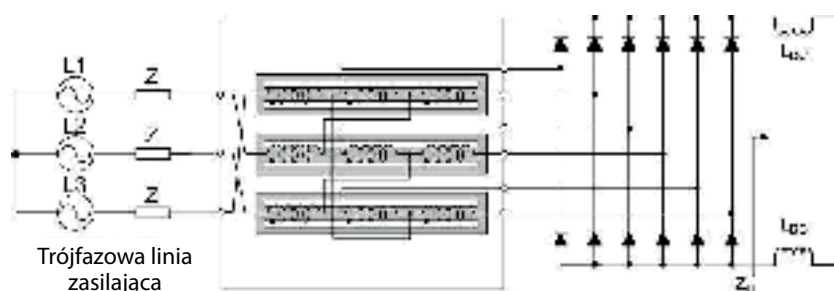


Prostowniki wielopulsowe 12-pulsowe lub większe

Eliminacja lub kompensacja harmonicznych zmniejszająca zniekształcenia sieci zasilającej może mieć miejsce nie tylko pomiędzy urządzeniami o innych schematach przełączania, ale również pomiędzy różnymi grupami połączeń transformatorów. W przypadku dużych przetwornic transformator trójzwojowy Dy5d6 jest sprawdzonym sposobem na wyeliminowanie piątej i siódmej harmonicznej. W tym przypadku uzwojenie podstawowe w konfiguracji D dostarcza moc całkowitą, podczas gdy każde z uzwojeń wtórnych jest przeznaczone dla połowy mocy całkowitej. Taki układ powoduje 12-pulsowe prostowanie dzięki 30-stopniowemu przesunięciu fazowemu pomiędzy uzwojeniami wtórnymi d i y. Ich piąte harmoniczne posiadają przesunięcie fazowe wynoszące 150° ($5 \times 30^\circ$), co skutkuje eliminacją spowodowaną całkowitą różnicą fazową wynoszącą 180° .

Układ ten zapewnia po stronie zasilania zawartość harmonicznych rzędu 10-15%. Możliwe jest uzyskanie jeszcze niższych wartości THDi w przypadku zastosowania prostowników pulsowych wyższego rzędu dla około 5-8% THDi z obwodem 18-pulsowym. W takim przypadku należy jednak pamiętać, że stosowanie transformatorów wielozwojowych należy do zastosowań specjalnych, które

pociągają za sobą dodatkowe koszty związane z transformatorem oraz z dodatkowymi przewodami. W rezultacie takie podejście staje się opłacalne jedynie przy wysokich poziomach mocy.

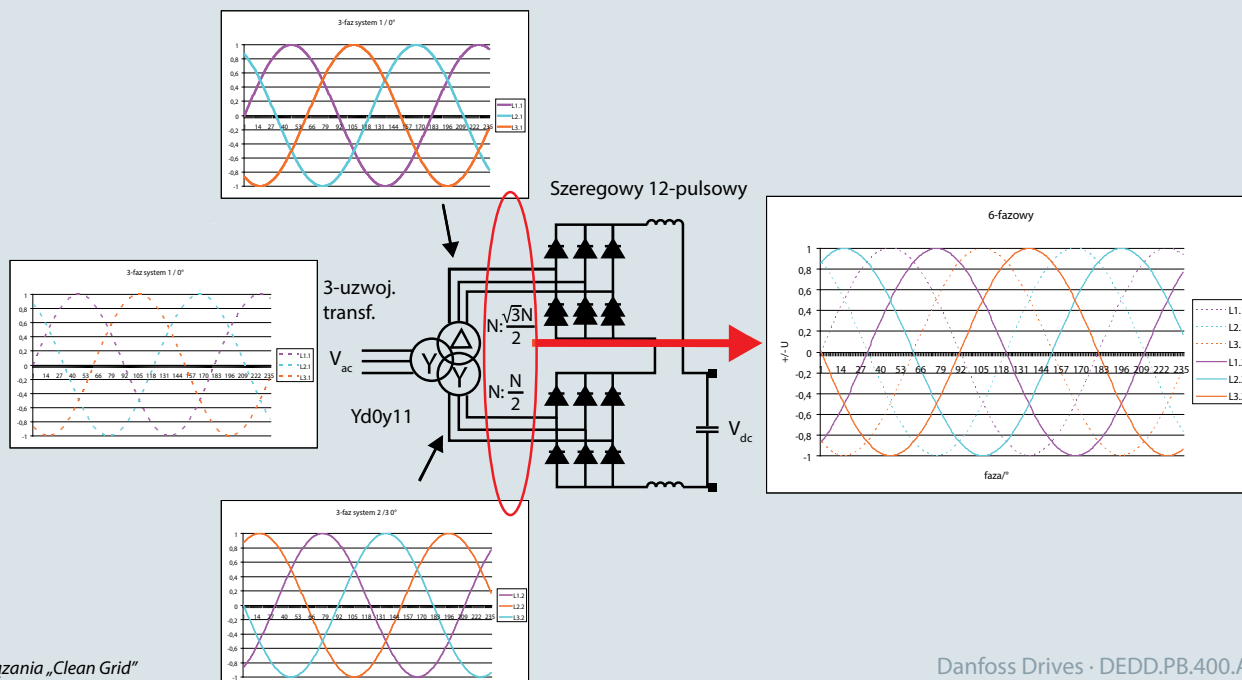


Prostownik 12-pulsowy (THDi 14,1%).

Prostowniki 12-pulsowe w obwodach równoległych lub szeregowych
Prostownik 12-pulsowy może zostać skonfigurowany jako obwód równoległy lub szeregowy. Obwód równoległy wymaga mniejszej mocy transformatora niż obwód 12-pulsowy. Ponieważ uzwojenia wtórne są pływające, obwód szeregowy jest korzystny

w przypadku inwerterów trójstanowych lub trójpoziomowych o wysokim napięciu w obwodzie pośredniczącym DC, które jest zrównoważone względem uziemienia i generuje bardziej sinusoidalne napięcie silnika. Do uzwojenia wtórnego można podłączyć również kilka konwencjonalnych (6-pulsowych) przetwornic napięcia. W takim przypadku,

jeśli celem jest zminimalizowanie emisji harmonicznych, użytkownik musi zapewnić, że obciążenia przetwornicy będą zrównoważone.



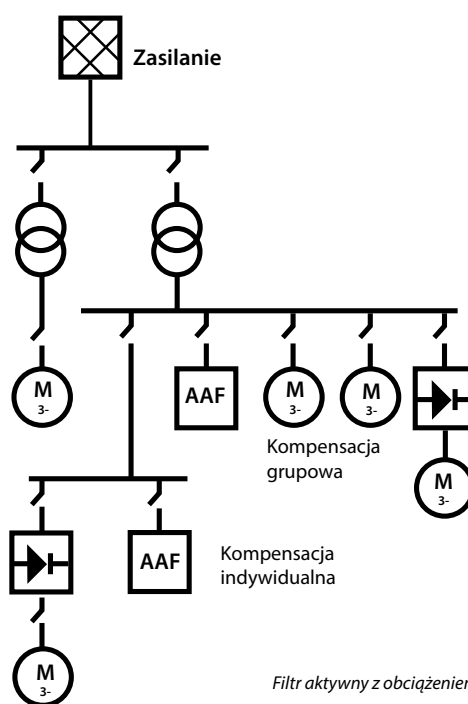
Filtry aktywne — dokładność filtrowania i duże możliwości instalacyjne

Aktywne filtry wyższych harmonicznych stanowią nowoczesne podejście do łagodzenia harmonicznych. W porównaniu z konwencjonalnymi filtrami pasywnymi są one mniejsze i lżejsze, zwłaszcza w przypadku większych zakresów mocy. Dzięki bardzo krótkiemu czasowi odpowiedzi w zakresie mikrosekund aktywne filtry eliminują zakłócenia, zanim doprowadzą one do uszkodzeń. Filtry aktywne to w zasadzie zmodyfikowane przetwornice częstotliwości, które są w stanie zwracać energię z powrotem do sieci zasilającej. Wykonują one pomiar prądów wyższych harmonicznych w przewodach fazowych i generują prądy harmoniczne w przeciwfazie, kompensując w ten sposób zmierzone wyższe harmoniczne w przewodach fazowych. Zazwyczaj harmoniczne do 50ej mogą zostać zmniejszone albo w trybie kompensacji szerokopasmowej albo selektywnej, w której można regulować poziom kompensacji poszczególnych harmonicznych. Dodatkowo aktywne filtry mogą regulować $\cos \phi$. Urządzenia te zwykle pracują z częstotliwością przełączania w zakresie od 4 kHz do 16 kHz. Są one dostępne dla niskiego poziomu napięcia z prądami kompensacyjnymi od 30 A do 500 A i mogą być rozszerzane.

Zasada działania filtra aktywnego opiera się na dokonywanej w razie potrzeby celowej iniekcji prądu zamiast absorpcji prądu. Zniekształcenia kompensowane są przez generowanie prądów wyższych har-

monicznych w przeciwfazie. Prądy potrzebne do kompensacji prądów zawierających wyższe harmoniczne są obliczane poprzez stałe monitorowanie jakości energii. Źródło prądu czynnego wykorzystywane jest do doprowadzania prądu, tak aby w rezultacie uzyskać falę prądową o kształcie sinusoidalnym. Wprowadzony prąd posiada dokładnie taką samą kolejność harmonicznych o takich samych

amplitudach, jednakże prąd wprowadzony jest ze 180-stopniowym przesunięciem względem fazy prądu obciążeniowego. Suma prądu z obciążenia oraz wprowadzonego prądu filtrującego eliminuje harmoniczne. W wyniku powyższego sieć zasilająca będzie posiadać jedynie częstotliwość podstawową.



Filtr aktywny z obciążeniem za urządzeniem.

Swoboda instalacji

W zależności od obciążenia filtry aktywne mogą dostarczać mniej lub więcej prądu kompensacyjnego. Dzięki temu są one bardzo elastyczne w odniesieniu do zmian poziomów harmonicznych, prądów obciążeniowych i struktury sieci. W przypadku tłumionej sieci filtr podłączany jest równolegle, a nie szeregowo. Daje to użytkownikom większą swobodę w wyborze miejsca instalacji, dzięki czemu nie ma konieczności umieszczania filtra bezpośrednio przy urządzeniu generującym harmoniczne. Filtr można fizycznie zainstalować tam, gdzie jest po prostu wystarczająca ilość miejsca. Może on pracować w sposób ciągły przy maksymalnym obciążeniu znamionowym. W celu zwiększenia

wydajności kompensacji istnieje możliwość równoległego podłączenia kilku filtrów aktywnych. Efekty rezonansowe z impedancją sieciową są praktycznie wykluczone.

Filtr tego typu ma oczywiście bardziej złożoną budowę niż filtr pasywny. Wymaga szybkiego gromadzenia wysokiej rozdzielczości danych dla mierzonych wartości, a także dużej mocy obliczeniowej w sekcji sterowania, jak również energoelektroniki o dużej szybkości przełączania. Filtr aktywny składa się zasadniczo z inwertera, który dostarcza zasilanie do sieci zasilającej, stabilizowanej obwodem pośrednim DC. Elementem wykorzystywanym do magazynowania energii jest

kondensator. Podłączenie do sieci zasilającej odbywa się za pomocą tzw. filtra LCL. Zapobiega to przenoszeniu zauważalnych zakłóceń dla częstotliwości przełączania do sieci zasilającej. Im lepszy filtr LCL, tym lepsze tłumienie zakłóceń zasilania wynikającego z częstotliwości przełączania filtra.

Wybór filtrów aktywnych

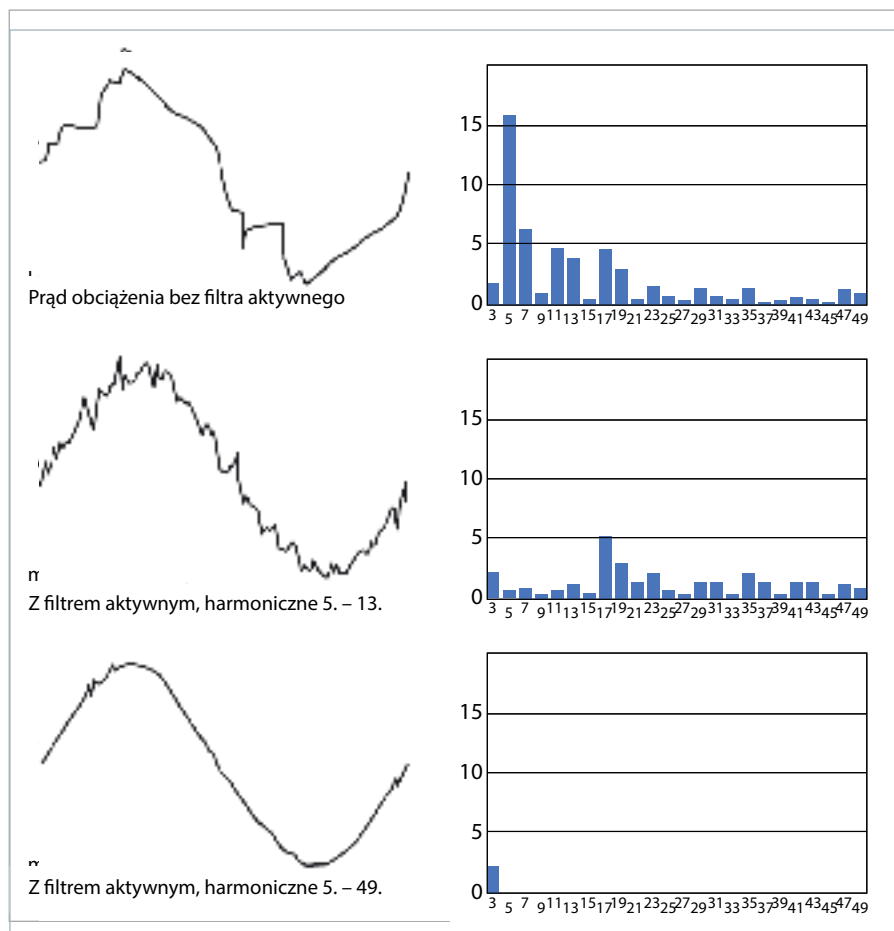
W przypadku wyboru filtra aktywnego należy znać co najmniej współczynnik zawartości harmonicznych prądu, który ma być skompensowany. Ponadto dobrze jest również wiedzieć, z którym spektrum częstotliwości mamy do czynienia, aby upewnić się, że filtr posiada wystarczające rezerwy w przypadku każdego rzędu harmonicznych. Spektrum można znaleźć, wykorzystując do tego celu analizę sieci zasilającej. Całkowita eliminacja źródła zakłóceń jest możliwa jedynie wtedy, gdy pełne spektrum harmonicznych zostanie wystarczająco osłabione, w szczególności dotyczy to harmonicznych wyższego rzędu. Jak widać na rysunku, nawet w przypadku kompensacji do 13ej harmonicznej nadal występują znaczne zniekształcenia. Im szersze spektrum kompensacji, tym będziemy bliżej uzyskania idealnego, sinusoidalnego kształtu fali.

Filtr może również pracować w sposób ciągły przy maksymalnej mocy znamionowej. Niemniej jednak należy pamiętać, że w przypadku maksymalnej mocy znamionowej kompensacja harmonicznych będzie zmniejszona. Aby zwiększyć wydajność kompensacji, w tym samym punkcie przyłączenia do sieci można równolegle podłączyć kilka filtrów aktywnych o różnych mocach znamionowych.

Filtry aktywne można zintegrować z układami sterowania za pomocą wbudowanych interfejsów. Umożliwia to zewnętrzną aktywację filtra, gdy zajdzie konieczność kompensacji. Istnieje jednak również możliwość prostej wymiany sygnałów między centrum sterowania instalacją a filtrem. W centrum sterowania można następnie przetwarzać informacje o usterkach lub statusie pracy.

Filtry aktywne są zaliczane do energoelektroniki, dlatego mogą powodować emisje o wysokiej częstotliwości. Częstotliwość przełączania powoduje nałożenie na sieć zasilającą szumów o wysokiej częstotliwości, które muszą zostać stłumione przez pasywny filtr LCL. Należy jednak pamiętać, że po stronie zasilania zawsze wykrywalna jest pewna ilość szumów resztkowych. Ostrożność należy zachować w przypadku, gdy kilka filtrów aktywnych jest podłączonych równolegle, szczególnie

jeśli pochodzą one od różnych producentów, ponieważ mogą tworzyć równoległe obwody rezonansowe. Instalacje, w których zainstalowane są bezdławikowe systemy kompensacji mocy biernej, nie powinny być wykorzystywane wraz z filtrami aktywnymi, ponieważ możliwe jest wystąpienie poważnych zjawisk rezonansowych. Zastosowanie filtra zwiększa rzeczywistą moc zwarciovą sieci. Kształt fali napięcia zasilania staje się bardziej sinusoidalny. Sieć staje się bardziej stabilna, co pozwala na zwiększenie poboru prądu przez odbiorniki. Dzięki kompensacji centralnej prądy zawierające wyższe harmoniczne w punkcie przyłączenia (miejsce przyłączenia odbiorników energii PCC) zostają zredukowane, jednak wewnątrz instalacji mogą wzrosnąć odkształcenia harmoniczne.



Active Front End oraz aktywne przetwornice częstotliwości

Napędy ze zwrotem energii do sieci zasilającej (AFE) lub aktywne przetwornice częstotliwości (AIC) składają się z mostka inwertera podłączonego do zasilania poprzez filtr LCL. IGBT na mostku inwertera są kontrolowane w taki sposób, że prąd sinusoidalny może być pobierany z lub doprowadzony do sieci zasilającej. Dzięki temu AFE/AIC mają również potencjał zwracania energii z powrotem do zasilania. Mimo że funkcja ta jest bardzo przydatna w przypadku ruchu pionowego lub aplikacji wymagających częstego hamowania, niektórzy producenci blokują tę funkcję w swoich przetwornicach ze zintegrowanym filtrem aktywnym opartych na AFE.

Podobnie jak w przypadku technologii filtrów aktywnych zmieniany może być również współczynnik mocy prądu wejściowego, dzięki czemu AFE może być również wykorzystywany do

kompensacji przesunięć fazowych spowodowanych innymi obciążeniami sieci zasilającej — w zakresie wartości znamionowej prądu. W porównaniu z filtrem aktywnym AFE zawsze wymaga odpowiedniego dobrania względem prądu pełnego obciążenia, co powoduje zazwyczaj gorszą sprawność energetyczną.

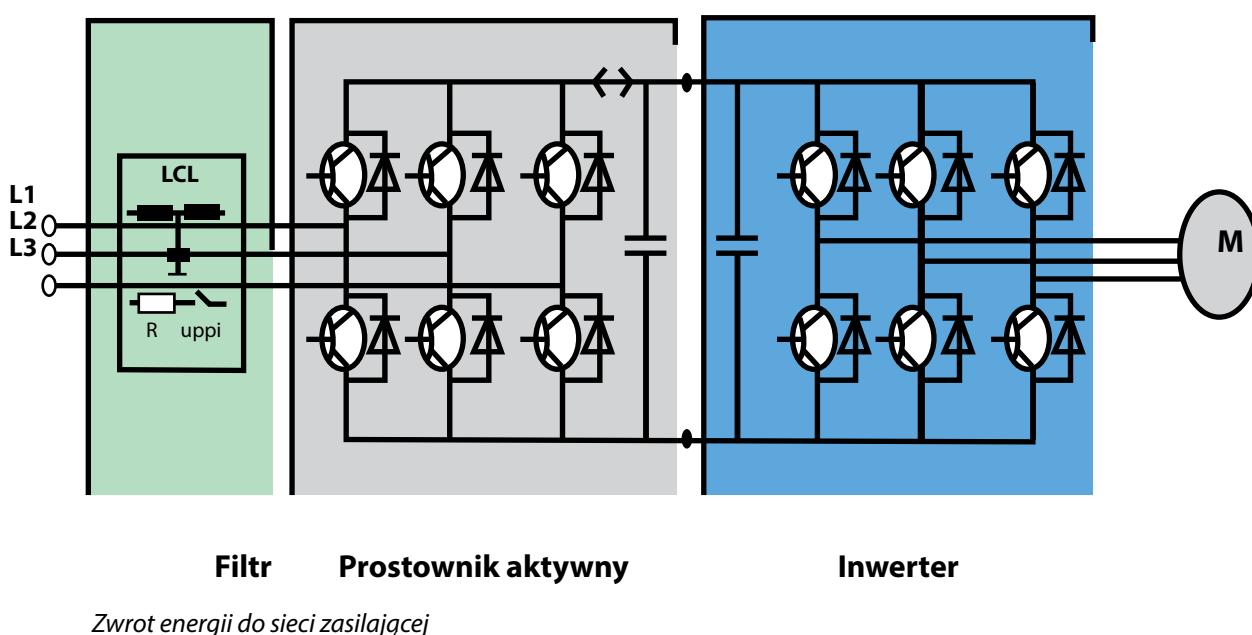
Zalety przetwornic wykorzystujących technologię AFE/AIC

Zawartość prądu zawierającego wyższe harmoniczne spada do wartości THDi poniżej 5% w zakresie harmonicznych 3-50. Jeśli producent przetwornicy zapewnił taką możliwość, dostępna będzie opcja pracy w czterech kwadrantach.

Przetwornice AFE są w stanie zwiększyć („dodatkowo skompensować”) napięcie w obwodzie pośrednim DC, co może być

bardzo przydatne w przypadku aplikacji o niskim napięciu zasilania z długimi przewodami silnikowymi i filtrem silnika, wymagającej uzyskania napięcia znamionowego na zaciskach silnika. Eksploatacja silnika poza zakresem jego napięcia znamionowego może skutkować zwiększonym prądem silnika, dodatkowym nagrzewaniem się silnika oraz jego zmniejszoną sprawnością.

Konwencjonalne urządzenia AFE składają się zasadniczo z dwóch przetwornic częstotliwości, z których jedna zasila silnik, a druga sieć zasilającą. Dzięki dodatkowym tranzystorom i elementom LCL po stronie wejścia wydajność całego urządzenia jest niższa w trybie napędzania silnikiem. Ponieważ napięcie w obwodzie pośredniczącym DC przetwornicy AFE może zostać zwiększone, należy zwrócić uwagę, aby izolacja uzwojenia silnika była odpowiednia, szczególnie jeśli silnik jest podłączony bezpośrednio, bez filtra wyjściowego. Dobre, niezbyt złożone urządzenia odfiltrowują tę częstotliwość przełączania przed doprowadzeniem zasilania z powrotem do sieci zasilającej.



Aspekty specjalne: wykorzystanie zdolności transformatora i generatora rezerwowego

Maksymalne wykorzystanie zdolności transformatora

W sieciach zasilających niskonapięciowych (400 V, 500 V i 690 V) operatorzy instalacji mogą stosować przetwornice z regulacją prędkości obrotowej o wartości znamionowej do kilku MW. Transformator przekształca napięcie z sieci zasilającej średniego napięcia na wymaganą wartość napięcia.

W publicznej sieci zasilającej (środowisko pierwsze: obszar mieszkalny) zajmuje się tym przedsiębiorstwo energetyczne. W sieciach zasilających przemysłowych (drugie środowisko: obszar przemysłowy; zwykle 500 V lub 690 V) transformatory należą do użytkowników końcowych, którzy są następnie bezpośrednio odpowiedzialni za zasilanie swoich instalacji.

Obciążenie transformatora

W przypadku transformatorów zasilających przetwornice częstotliwości należy pamiętać, że przetwornice częstotliwości i inne obciążenia prostownikowe generują harmoniczne zwiększające obciążenie w obrębie mocy biernej transformatora. Prowadzi to do większego rozproszenia mocy i generowania dodatkowego ciepła. W najgorszym przypadku może to doprowadzić do awarii transformatora. Inteligentne grupy połączeń (obwody z kilkoma transformatorami) mogą jednak w pewnych warunkach eliminować harmoniczne.

Jakość zasilania

W związku z zapewnianiem odpowiedniej jakości zasilania w obrębie obowiązujących norm pojawia się pytanie: ile przetwornic częstotliwości jest w stanie obsłużyć transformator? Programy obliczeniowe, takie jak oprogramowanie HCS www.danfoss-hcs.com, dostarczają informacji o tym, ile obciążonych przetwornic częstotliwości może być zasilanych przez transformator w obrębie danej instalacji.

Praca z wykorzystaniem generatorów rezerwowych Operatorzy instalacji wykorzystują systemy zasilania rezerwowego, gdy muszą być w stanie obsługiwać podłączone urządzenia nawet w przypadku zaniku napięcia zasilania. Wykorzystuje się je również wtedy, gdy dostępne podłączenie zasilania nie jest w stanie zapewnić wystarczającego zasilania.

W celu uzyskania większego zasilania sieciowego możliwa jest również praca równoległa z publiczną siecią elektroenergetyczną. Jest to powszechna praktyka w przypadku zapotrzebowania na ciepło wytwarzane przez elektrociepłownię. Pozwala to użytkownikom na korzystanie z wysokiej wydajności, którą można osiągnąć dzięki tej technologii konwersji energii. W przypadku zasilania rezerwowego zapewnianego przez generatory impedancja sieci zasilającej jest zwykle wyższa niż w przypadku zasilania z publicznej sieci energetycznej. Prowadzi to do zwiększenia zawartości harmonicznych napięcia. Dzięki odpowiedniej konstrukcji generatory mogą pracować w sieci zasilając urządzenia generujące wyższe harmoniczne. W praktyce oznacza to:

- Wyższych odkształceń harmonicznych można zwykle oczekiwać przy przełączaniu z sieci zasilającej na zasilanie generatora.
- Planiści i operatorzy instalacji powinni obliczać lub mierzyć wzrost odkształceń harmonicznych w celu zagwarantowania, że napięcie jest zgodne z danymi technicznymi, a tym samym uniknięcia nieprawidłowego działania i awarii.

- Należy unikać nierównomiernego obciążenia generatora, ponieważ powoduje ono większe rozproszenie mocy i może prowadzić do wyższej zawartości harmonicznych.
- Uzwojenie generatora o współczynniku uzwojenia wynoszącym 5/6 tłumi piątą i siódmą harmoniczną, lecz zwiększa trzecią.
- Współczynnik uzwojenia 2/3 tłumi trzecią harmoniczną.
- Operatorzy powinni w miarę możliwości odłączyć układy korekcji współczynnika mocy, aby uniknąć potencjalnych rezonansów w sieci zasilającej.
- Harmoniczne mogą być tłumione przez dławiki lub filtry absorpcyjne. Obciążenia rezystancyjne działające równoległe również mogą wywierać skutek tłumiący, podczas gdy kondensatory pracujące równoległe powodują dodatkowe odkształcenia z powodu nieprzewidywalnych efektów rezonansowych.

Jeśli weźmie się pod uwagę te czynniki, sieć zasilająca zasilana przez generator może obsługiwać określoną liczbę przetwornic częstotliwości, a jednocześnie spełniać standardy jakości energii. Niemniej jednak nadal zaleca się dokonanie dokładnych obliczeń dotyczących bieżącej sytuacji podczas pracy generatora, np. przy pomocy oprogramowania HCS.

www.danfoss.de/hcs.com

Prostowniki B2 i B6	➡	maks. 20% obciążenia generatora
Prostownik B6 z dławikiem	➡	maks. 20-35% obciążenia generatora, w zależności od danych technicznych
Mostek sterowany B6	➡	maks. 10% obciążenia generatora

Powyższe wartości obciążenia maksymalnego są zalecanymi wartościami orientacyjnymi dla bezawaryjnej pracy instalacji, opartymi na doświadczeniu.

HCS oprogramowanie do obliczeń harmonicznych

Obecna sytuacja

Niezbędne jest monitorowanie sieci zasilającej pod kątem rosnących odkształceń harmonicznych. Wynika to z rosnącego wykorzystania nowoczesnych urządzeń elektrycznych i elektronicznych, z których coraz więcej posiada obwody wejściowe prostowników, które zazwyczaj generują prądy zawierające wyższe harmoniczne. W wyniku obecności w sieci zasilającej harmonicznych o wysokiej częstotliwości obecnie osiągane są wartości odkształceń bliskie dopuszczalnym wartościom granicznym. W przypadkach krytycznych ma to zauważalny wpływ na podłączone odbiorniki energii, co może prowadzić do nieprawidłowego działania lub awarii.

Symulacja odkształceń zasilania wraz z filtrami lub bez

Projektanci i inżynierowie instalacji, firmy projektowe, dystrybutorzy energii i elektrycy są odpowiedzialni za przestrzeganie określonych ograniczeń dotyczących zakłóceń harmonicznych sieci zasilającej. Obowiązek ten obejmuje znajomość odpowiednich norm (EN 50160, seria EN 61000 itd.) oraz odpowiedzialność za zapewnienie

ich przestrzegania. W tym celu należy przeanalizować wytwarzanie prądów zawierających wyższe harmoniczne przez poszczególne typy urządzeń i na podstawie tych informacji określić odkształcenia napięcia zasilania. Wymaga to posiadania gruntownej wiedzy technicznej, ponieważ amplitudy i kąty fazowe prądów zawierających wyższe harmoniczne zależą od kształtu fali napięcia zasilania.

W celu uniknięcia nadmiernego pogorszenia jakości zasilania sieciowego można stosować różne metody łagodzenia, zapobiegania lub kompensacji w odniesieniu do instalacji i urządzeń wytwarzających prądy zawierające wyższe harmoniczne. Obliczenie tego należy do zadań praktycznych, które można wykonać łatwo i szybko. Dzięki oprogramowaniu do symulacji sieci HCS już na etapie planowania można wziąć pod uwagę konkretne środki zaradcze, a tym samym zapewnić odpowiednią dostępność instalacji. Emisje harmonicznych z urządzeń elektronicznych mogą być obliczane z uwzględnieniem konfiguracji instalacji i ograniczeń standardowych

do 2,5 kHz. Praca instalacji zasilanej przy użyciu generatora także może być symulowana. Możliwe jest przełączenie zasilania sieciowego na generator, gdyż oprogramowanie bierze pod uwagę również sytuację dotyczącą zasilania rezerwowego. W ocenie tej uwzględniono aktualne normy (EN 50160, EN 61000 i IEEES19).

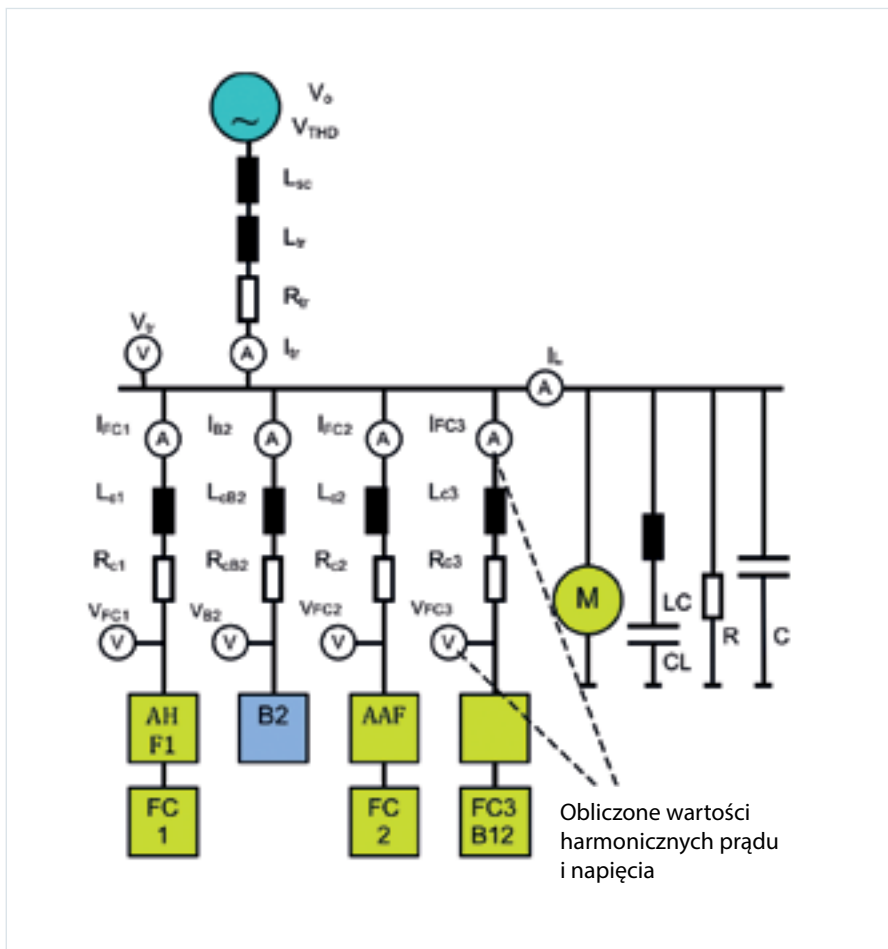


Obliczenia wykonywane online za pośrednictwem Internetu

Na stronie www.danfoss-hcs.com można szybko i łatwo uzyskać najnowszą wersję oprogramowania do przeprowadzania obliczeń HCS. Interfejs użytkownika kompatybilny z systemem Windows sprawia, że obsługa tego wysokowydajnego oprogramowania jest w pełni intuicyjna. Wystarczy wprowadzić do arkusza kalkulacyjnego elektroniczne urządzenia zasilające (takie jak przetwornice częstotliwości), komponenty zasilania sieciowego (transformatory i generatory rezerwowe), połączenia kablowe i napowietrzne, inne odbiorniki, silniki lub systemy korekcji współczynnika mocy.

Zróżnicowane poziomy obliczeń

Po rozpoczęciu obliczeń wewnętrzny program obliczeniowy importuje dane przez łącze internetowe, przetwarza obliczenia i wyświetla wyniki w postaci tabel, wykresów słupkowych i diagramów. Program ten porównuje wyniki obliczeń z wybranymi ograniczeniami nakładanymi przez normy. Jeśli poziomy harmonicznych są zbyt wysokie, po dokonaniu zmiany niektórych danych można dokonać ponownych obliczeń, a następnie porównać ze sobą wyniki. W przeciwieństwie do poprzednich programów, wykorzystujących dane tabelaryczne dla prądów zawierających wyższe harmoniczne, które są miarodajne tylko w warunkach laboratoryjnych, HCS może wziąć pod uwagę kąty fazowe harmonicznych i procesy komutacji dla całego systemu. Na przykład oprogramowanie HCS przedstawia krzywe napięcia i prądu dla głównych węzłów sieci. HCS może być wykorzystywane na całym świecie; instrukcje i pomoc są dostępne również w języku angielskim, a także dla częstotliwości sieci zasilającej 60 Hz. W celu ułatwienia obsługi jest ono dostępne także na różnych poziomach, od Basic — dla prostych sytuacji — do Expert dla złożonych obciążeń sieci zasilającej.



Poziom Basic

Na tym poziomie wystarczy podać jedynie wartość napięcia, częstotliwość, moc znamionową oraz impedancję transformatora zasilania sieciowego lub generatora. Przetwornice częstotliwości VLT oraz VACON można dobrać z listy według typu, ilości, a także poziomu obciążenia. Można również podać moc wału silnika, współczynnik obciążenia, indukcyjność komutacji sieciowej i/lub indukcyjność dławików obwodu pośredniego DC, aby umożliwić swobodny wybór urządzeń.

Poziom Expert

Na poziomie Expert oprogramowanie HCS może dostarczyć jeszcze dokładniejszych obliczeń, lecz wymaga to większej ilości danych wejściowych. Może na przykład określić spadek napięcia w przewodach instalacji elektrycznej na podstawie wartości wprowadzonych dla długości kabli i rozmiarów przewodów. Można określić moc zwarciovą lub poziom niekształceń harmonicznych sieci zasilających średniego napięcia oraz uwzględnić inne liniowe obciążenia sieci. Korzystając z tych informacji,

HCS poprawnie symuluje tłumienie przez obciążenia rezystancyjne i obciążenia silnika oraz efekty rezonansowe przez kondensatory korekcji fazy z oraz bez dławików. Uwzględnia się również eliminację harmonicznych w odniesieniu do przetwornic jednofazowych oraz jednofazowych elektronicznych urządzeń biurowych. Oprogramowanie może dodatkowo wykonywać symulacje dla środków łagodzących harmoniczne. Można to osiągnąć za pomocą dławików wejściowych wyposażonych w zaawansowany filtr wyższych harmonicznych (AHF) lub zaawansowany filtr aktywny (AAF) w obrębie zasilania lub za pomocą przetwornic z serii Low Harmonic Drive (LHD) (ze zintegrowanym filtrem aktywnym). Inną opcją jest zastosowanie przetwornic z prostownikami 12-pulsowymi.

Wygodny sposób dokumentacji

Wszystkie wprowadzone dane można grupować według projektu, zapisywać, a także przywoływać. Za naciśnięciem przycisku oprogramowanie dokumentuje wszystkie obliczone projekty w szczególności i zrozumiały sposób. Wyniki prezentowane są w postaci tabel i wykresów słupkowych dla różnych predefiniowanych punktów pomiarowych w systemie. Wartości przekraczające ograniczenia są wyraźnie oznaczone ostrzeżeniami.



Po wprowadzeniu określonych wartości, przed wykonaniem obliczeń, w przeglądzie można zapoznać się ze wszystkimi odnośnymi wartościami.

Wraz z prądami zawierającymi wyższe harmoniczne wyświetlane są napięcia harmoniczne oraz, w razie potrzeby, kształty fali prądowej i napięcia. W celu uzupełnienia dokumentacji dostarczany jest ogólny zapis zawierający schemat obwodu, zgodny ze specyfikacją według odnośnych norm EN.



Uzyskiwanie efektywności energetycznej poprzez łagodzenie emisji harmonicznych

W przeszłości przetwornice częstotliwości zazwyczaj charakteryzowały się wyższymi mocami znamionowymi bądź większą dokładnością i to te dwa czynniki stanowiły unikalny element, wokół którego skupiała się sprzedaż. Jednak dzisiejsi użytkownicy skupiają się na jeszcze jednej kluczowej funkcji: efektywności energetycznej całego układu napędowego. Ze względu na silne współzawodnictwo w obrębie wysoce konkurencyjnych rynków operatorzy instalacji i użytkownicy końcowi są zainteresowani minimalizowaniem całkowitych kosztów cyklu eksploatacyjnego oraz całkowitych kosztów posiadania (TOC) w celu poprawy efektywności kosztowej zakładu. Z tego powodu inżynierowie mechanicy i inżynierowie ds. instalacji, jak również producenci urządzeń napędowych, są zmuszeni do zmiany swojej strategii, a więc oferowania rozwiązań efektywnych w obrębie całego systemu.

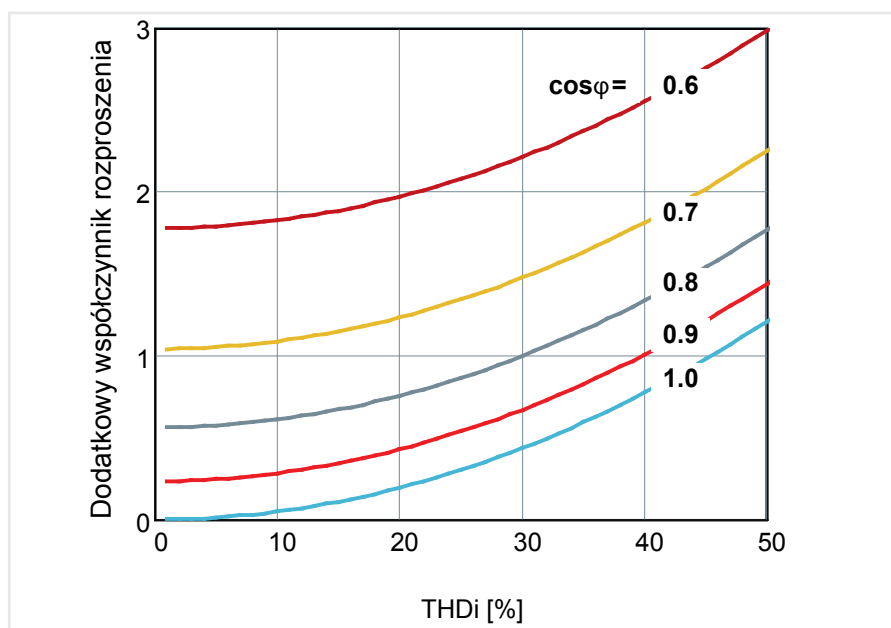
Koszty energii zużywanej przez przetwornice, szczególnie w układach napędowych, stanowią największą część całkowitego kosztu TOC, co sprawia, że stają się głównym czynnikiem kosztowym dla całego okresu eksploatacyjnego. Ponad 95% kosztów eksploatacyjnych przetwornic można przypisać zużyciu energii. W związku z tym specjaliści w dziedzinie automatyki i napędów muszą dążyć do tego, aby ich rozwiązania były dostosowane do potrzeb w zakresie efektywności energetycznej. Energooszczędne układy napędowe nie tylko zwiększają efektywność kosztową zakładu, ale także redukują emisję CO₂ dzięki mniejszemu zużyciu energii.

Zmniejszenie dodatkowych strat

Ograniczenie harmonicznych zasilania i mocy biernej w sieci elektroenergetycznej powoduje znaczny spadek dodatkowych strat w sieci, a tym samym obniżenie kosztów energii. Podzespoły elektryczne o wyższej częstotliwości powodują zwiększoną emisję ciepła i większe rozproszenie mocy w obrębie przewodów i samych urządzeń.

Ograniczanie emisji harmonicznych prądu oraz ograniczenie prądów biernych w sieci zmniejsza moc bierną i zwiększa udział mocy czynnej w mocy pozornej. Innymi słowy, urządzenia potrzebują mniej prądu sieciowego do zasilania danej przetwornicy. Ostatecznym celem stosowania środków łagodzących harmoniczne jest znaczne zmniejszenie dodatkowych strat w sieci elektroenergetycznej. Dodatkowe straty wynikające z prądów biernych ($\cos \varphi$) oraz prądów wyższych harmonicznych, określone poprzez współczynnik zawartości harmonicznych THDi, można oszacować na podstawie wykresu na sąsiednim rysunku.

Wykres oceny dodatkowych strat w sieci energetycznej spowodowanych prądami biernymi i zawierającymi wyższe harmoniczne. Z wykresu wynika, że obciążenie o THDi 30% i $\cos \varphi$ 0,8 prawie podwaja straty w sieci.

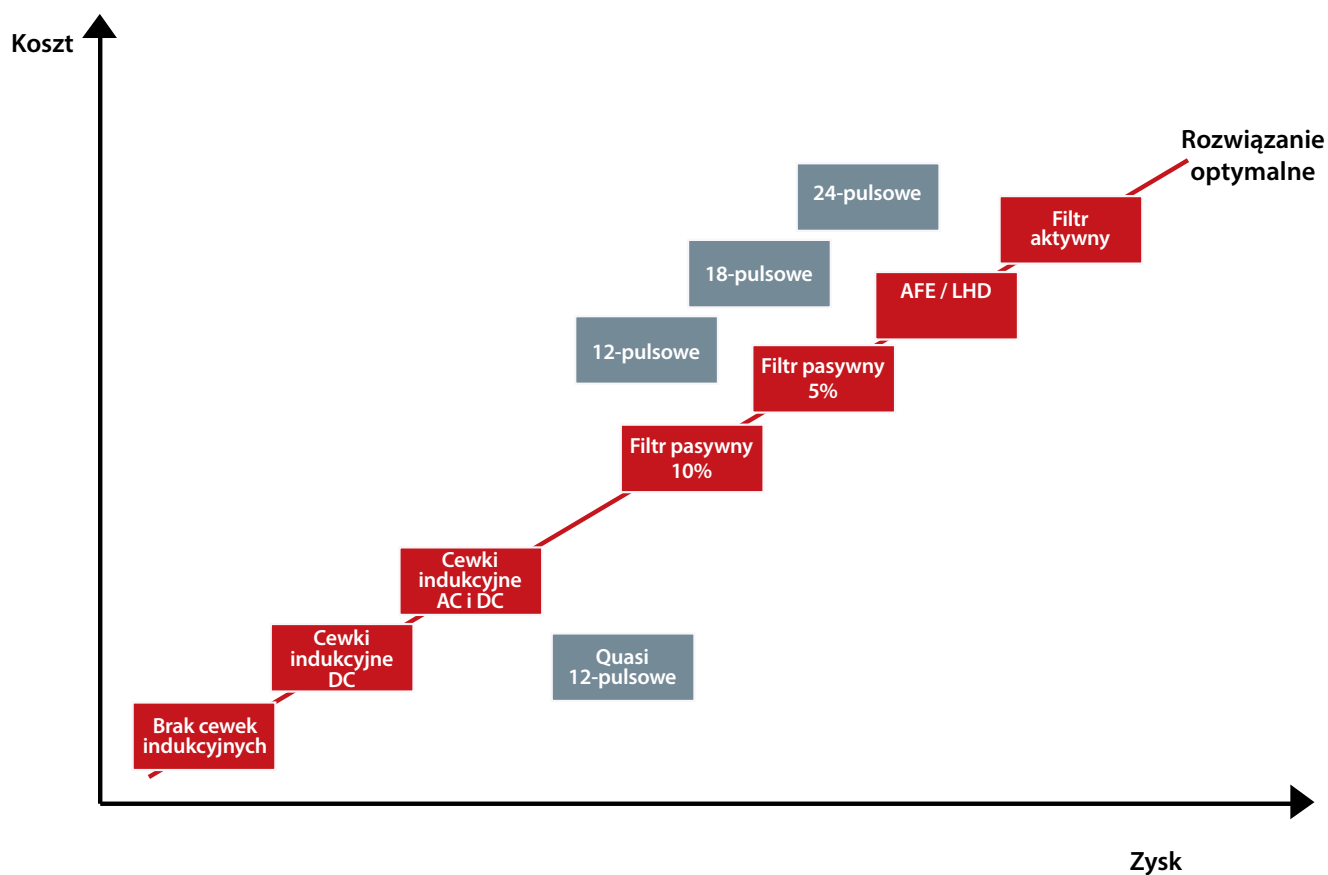


Podsumowanie: Nie istnieje pojedyncze najlepsze rozwiązanie

Każda z opisanych powyżej opcji sprawdza się w przypadku konkretnych obszarów zastosowań i zapewnia skuteczną ochronę przed nadmiernymi odkształceniami harmonicznymi w sieci zasilającej w odpowiednich warunkach. Metody te są wprawdzie sprawdzone i solidne, lecz większość z nich ma tę wadę, że modernizacja pociąga za sobą stosunkowo wysokie koszty. Nowoczesne technologie, takie jak filtry aktywne, prostowniki aktywne AFE i przetwornice typu „low harmonic” wydają się wyczerpywać znamiona prostych i tanich rozwiązań. Dzięki tym technologiom można jednak zaobserwować przejście na wyższy zakres częstotliwości wynoszący do 20 kHz. W tym zakresie nie zostały jeszcze określone żadne standardowe wartości, jednak intensyfikacja szkodliwych

skutków będzie coraz większa, jeżeli technologie te nie zostaną poddane krytycznej analizie pod kątem ich oddziaływania na sieć zasilającą. We wszystkich przypadkach należy rozważyć zastosowanie odpowiednich filtrów lub środków ochronnych. Ta technologia urządzeń będzie się stawała w przyszłości coraz powszechniejsza, dlatego musi być uwzględniana w obrębie inżynierii projektów.

Przegląd środków mających na celu łagodzenie harmonicznych.



Od teorii do praktyki

Z praktyki wiemy, że coraz powszechniej-
sze stosowanie odbiorników z obwodami
prostownikowymi nasila występowanie
emisji harmonicznych. Prostowniki
pobierają z sieci zasilającej prąd
nie-sinusoidalne. Emisja harmonicznych
z przetwornic częstotliwości pochodzi
głównie z kondensatorów obwodu
pośredniego DC, ze względu na ich
prądy ładowania. Prąd przepływa jedynie
w postaci krótkich impulsów w pobliżu
szczytu napięcia zasilania. Takie skoki
prądowe powodują zaniki napięcia
zasilania i znacznie zniekształcają jego
sinusoidalny kształt. Aby utrzymać
czystość sieci zasilającej, obecnie
standardową praktyką jest ograniczanie
piątej harmonicznej prądu do wartości
około 40% THD. Wymogi te zostały ujęte
w normie EN 61000-3-12. Wszystkie prze-
twornice częstotliwości traktowane są
jako szerokopasmowe źródła zakłóceń,
co oznacza, że emitują zakłócenia w
szerokim zakresie częstotliwości. Dzięki
zastosowaniu odpowiednich środków
operatorzy instalacji mogą ograniczyć
zakłócenia promieniowane z przetwornic
częstotliwości. Przykładowo mogą one
zapewnić bezproblemową pracę instalacji
poprzez zastosowanie filtrów RFI i dławików
wejściowych. Komponenty te są stan-
dardowo montowane w przetwornicach
częstotliwości firmy Danfoss. Wbudowane

dławiki redukują prądy zawierające
wyższe harmoniczne w urządzeniach
VLT® i Vacon® do wartości poniżej 40%
THDi.

W przypadkach, w których operator
instalacji musi złagodzić emisję harmo-
nicznych do mniej niż 10% lub 5% THDi,
możliwe jest zastosowanie opcjonalnych
filtrów, a także aktywnych środków
zaradczych w celu osiągnięcia
praktycznie całkowitego tłumienia
emisji harmonicznych.

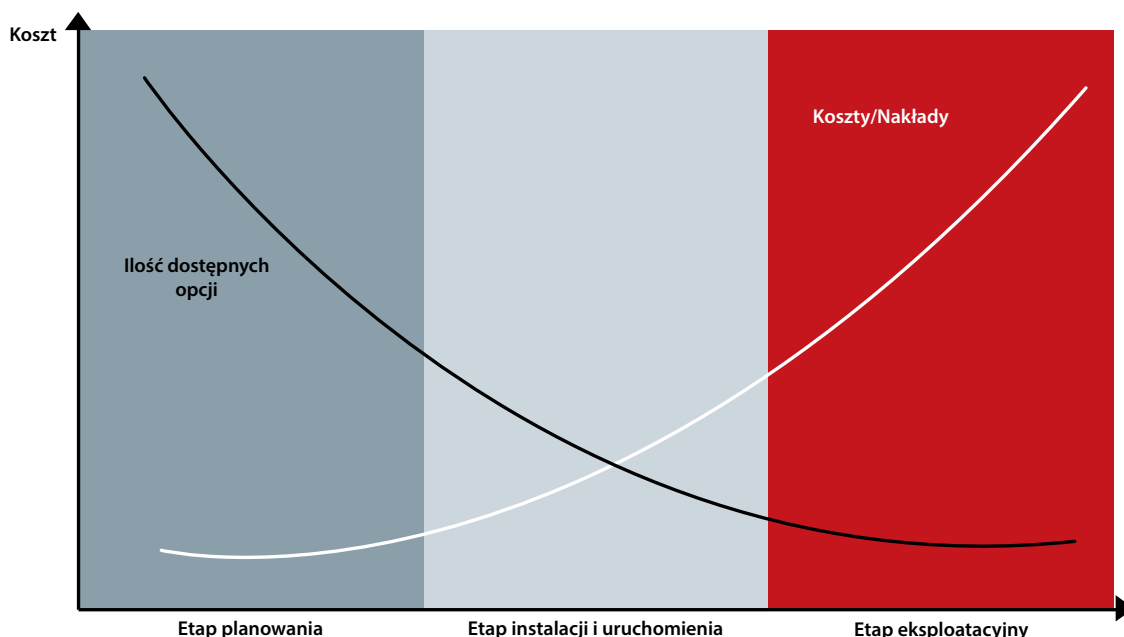
Środki łagodzące

Operatorzy instalacji, planiści i inżynie-
rowie zakładowi mają do dyspozycji
różne możliwości ograniczenia emisji
harmonicznych w fazie wstępnej.
Można je podzielić na działania pasywne
i aktywne, różnią się one między innymi
pod względem inżynierii projektowej.
Należy jednak pamiętać, aby właściwego
wyboru dokonać już na etapie planowania
i projektowania w celu dokonania praw-
idłowej konfiguracji układu napędowego,
który będzie charakteryzowała wysoka
dostępność, niska emisja harmonicznych
i niskie zakłócenia radiowe (RFI). Ogólnie
rечь biorąc, im dłużej użytkownik będzie
zwlekał z zajęciem się tą kwestią i podję-
ciem odpowiednich środków zaradczych,
tym większe będą tego koszty.

Nie ma możliwości sformułowania
podstawowych zaleceń dla którego-
kolwiek z opisanych tutaj środków
zaradczych z zakresu łagodzenia
harmonicznych. Każdorazowo przed
podjęciem decyzji dotyczącej wykorzy-
stania dowolnego z wyżej wymienionych
środków zaradczych użytkownik,
na którym spoczywa ostateczna
odpowiedzialność za zgodność z tymi
ograniczeniami, powinien dokładnie
rozważyć następujące czynniki:

- Przeprowadzenie analizy sieci
- Dokonanie dokładnego przeglądu
topologii danej sieci
- Skontrolowanie dostępnej przestrzeni
w pomieszczeniach dla urządzeń
elektrycznych
- Określenie możliwości rozbudowy
głównych sterowni rozdzielczych
i podrozdzielczych

Wysiłek i koszty związane ze środkami łagodzącymi harmoniczne



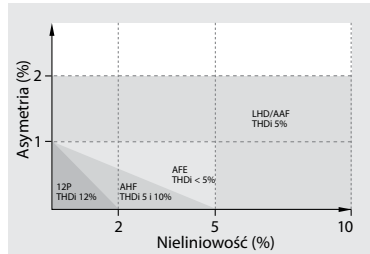
Droga do rozwiązań efektywnych kosztowo

Warunki sieci zasilającej

Parametry sieci zasilającej

Przed rozważeniem zastosowania urządzeń obniżających zawartość harmonicznych należy uzyskać informacje na temat impedancji systemu.

Żadna sieć zasilająca nie jest idealna, ponieważ zawsze występują w niej wstępne zniekształcenia napięcia oraz asymetria napięć zasilających, które należy uwzględnić podczas wyboru odpowiednich urządzeń.



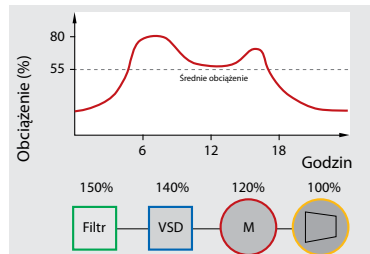
Asymetria i zniekształcenie wstępne

Skuteczność różnych rozwiązań do redukcji harmonicznych zależy od jakości sieci zasilającej. Im wyższa asymetria napięć w sieci i zniekształcenie wstępne, tym więcej harmonicznych muszą wyeliminować zastosowane filtry. Wykres pokazuje, przy jakim zniekształceniu wstępnym i poziomie asymetrii poszczególne technologie mogą utrzymać swoją gwarantowaną wydajność THiD.

Aplikacja

Aplikacja

Częstą pułapką jest przewymiarowanie komponentów znajdujących się pomiędzy odbiornikiem a siecią zasilającą. Konsekwencjami tego są słabe wyniki odnośnie harmonicznych, niska sprawność systemu i wyższe koszty początkowe.



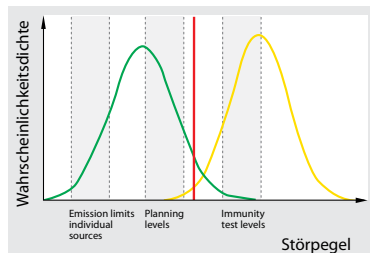
Przewymiarowanie

Wszystkie opublikowane dane filtrów są podane dla obciążenia 100%, ale filtry rzadko pracują przy pełnym obciążeniu z powodu przewymiarowania i profilu obciążenia. Sprzęt do ograniczania harmonicznych w konfiguracji szeregowej zawsze musi być sparametryzowany dla prądu maksymalnego, ale należy mieć świadomość czasu pracy przy częściowym obciążeniu i zgodnie z tym oceniać różne typy filtrów. Przewymiarowanie pogarsza sprawność, zwiększa zniekształcenia i skutkuje wysokimi kosztami pracy. Jest to również strata pieniędzy.

Zgodność z normami

Zgodność z normami

Całkowite odkształcenie napięcia THvD = 5% zaliczane jest do dobrych praktyk inżynierskich oraz pozwala w większości przypadków zapewnić zgodność instalacji z lokalnymi normami i zaleceniami. Gwarantuje ponadto, że niezamierzone wyłączenie lub awaria komponentu nie będą spowodowane harmonicznymi.



Zgodność z normami

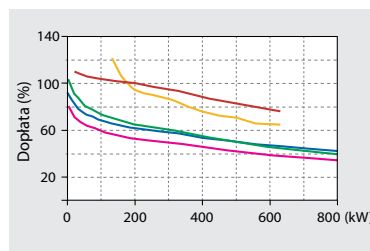
Utrzymywanie wyższej odporności sprzętu niż odkształcenia systemu zapewnia bezproblemową pracę. Większość norm nakłada ograniczenia dotyczące całkowitych odkształceń napięcia zgodnie z zaplanowanym poziomem, często między 5% a 8%. Odporność sprzętu jest jednak w większości przypadków o wiele wyższa: w przypadku przetwornic wynosi 15-20%. To jednak niekorzystnie wpływa na żywotność produktów i skracza czas eksploatacji.

Koszty

Koszt

Koszt początkowy różnych urządzeń filtrujących zależy od wielkości mocy.

Wydajność systemu decyduje o wydatkach eksploatacyjnych, niemniej należy również wziąć pod uwagę koszty serwisu.



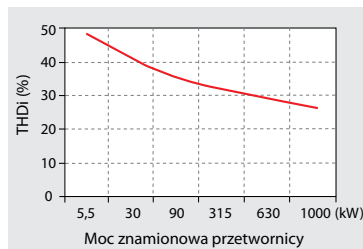
Wielkość mocy a koszty początkowe

W porównaniu z przetwornicą częstotliwości różne rozwiązania mają różne ceny skumulowane w zależności od mocy. Rozwiązania pasywne generalnie oferują najniższy koszt początkowy inwestycji, a w miarę wzrostu złożoności rozwiązań rośnie ich cena.



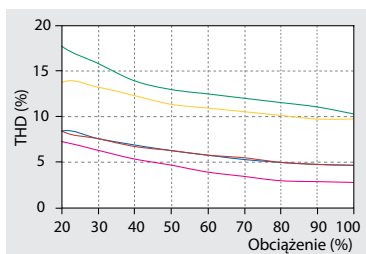
Impedancja systemu

Przykładowa przetwornica częstotliwości FC 102 400 kW na transformatorze 1000 kVA z impedancją 5% zapewnia ~5% THvD (całkowite odkształcenie harmonicznego napięcia) w idealnych warunkach sieci zasilającej, podczas gdy użycie tej samej przetwornicy częstotliwości na transformatorze 1000 kVA z impedancją 8% prowadzi do THvD wyższego o połowę, czyli ~7,5%.



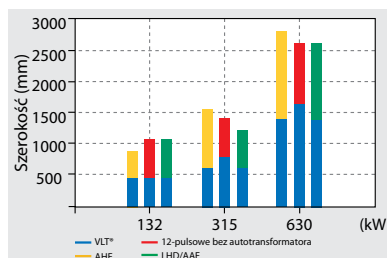
Współczynnik zawartości harmonicznych

Każda przetwornica częstotliwości generuje swoje własne całkowite odkształcenia harmonicznego prądu (THiD), których wartość zależy od parametrów sieci zasilającej. Im większa jest przetwornica w stosunku do transformatora, tym mniejsza wartość THiD.



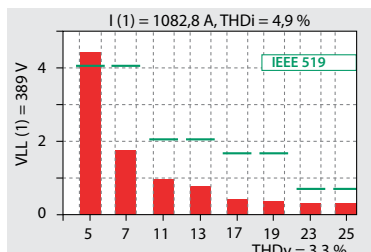
Harmoniczne

Każda technologia ograniczania harmonicznego posiada własną charakterystykę THiD, zależną od obciążenia. Charakterystyki te są określane przy idealnych parametrach sieci zasilającej, bez zniekształcenia wstępnego i z symetrycznym obciążeniem faz. Odchylenia będą skutkowały wyższymi wartościami THiD.



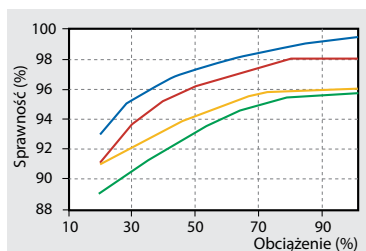
Zajmowana przestrzeń

W przypadku wielu aplikacji dostępna powierzchnia jest ograniczona i musi być wykorzystana w możliwie największym stopniu. Różne rozwiązania do redukcji harmonicznego oparte na różnych technologiach mają swój własny optymalny stosunek rozmiaru do mocy.



Zgodność z normami

W celu określenia, czy zawartość wyższych harmonicznych w przypadku danej aplikacji/sieci zasilającej przekracza określoną normę, konieczne jest wykonanie wielu złożonych obliczeń. Z pomocą darmowego oprogramowania do obliczania harmonicznego MCT 31 firmy Danfoss staje się to łatwe i mniej czasochłonne.



Sprawność systemu

Koszt eksploatacji jest determinowany głównie przez ogólną sprawność systemu. Zależy to od poszczególnych produktów, rzeczywistych współczynników mocy i sprawności. Rozwiązania aktywne utrzymują rzeczywisty współczynnik mocy niezależnie od wahań obciążenia i stanu sieci zasilającej. Z drugiej strony rozwiązania aktywne są mniej sprawne niż rozwiązania biernie.

VLT® Advanced Harmonic Filters AHF 005 / 010

Niezawodne łagodzenie harmonicznych

Przetwornice częstotliwości VLT® są zgodne z wymogami normy EN 61000-3-12 bez dodatkowych filtrów. Aby zminimalizować zniekształcenia sieci zasilającej, firma Danfoss oferuje zaawansowane filtry wyższych harmonicznych AHF 005 i AHF 010. Są one specjalnie przystosowane do przetwornic częstotliwości VLT® i VACON i wykorzystują opatentowaną technologię do uzyskiwania bardzo wysokiego poziomu tłumienia harmonicznych. Zastosowanie filtra AHF redukuje prądy zawierające wyższe harmoniczne odprowadzane z powrotem do sieci zasilającej do poziomu poniżej 10% lub 5% THDi (Total Harmonic Current Distortion — całkowite odkształcenie prądu zawierającego wyższe harmoniczne). Stanowi to tanią alternatywę dla złożonych 12- lub 18-pulsowych obwodów prostowników wejściowych.

W celu dokładnego obliczania odkształceń harmonicznych sieci zasilającej firma Danfoss oferuje oprogramowanie online do obliczeń harmonicznych HCS dostępne pod adresem www.danfoss.de/software.

Wykorzystaj sprawdzone

zalety filtrów AHF:

- Trwała obudowa
- Łatwy montaż i modernizacja
- Szybkie uruchomienie
- Pojedynczy moduł filtra umożliwia obsługę kilku przetwornic częstotliwości VLT®.
- Zabezpieczenie termiczne (przełącznik)
- Zaciski odłączające kondensator AHF dostępne w opcji standardowej
- Opcjonalnie dostępny jest również zestaw do rozbudowy IP21/NEMA 1 z wbudowanym stycznikiem odłączającym kondensator

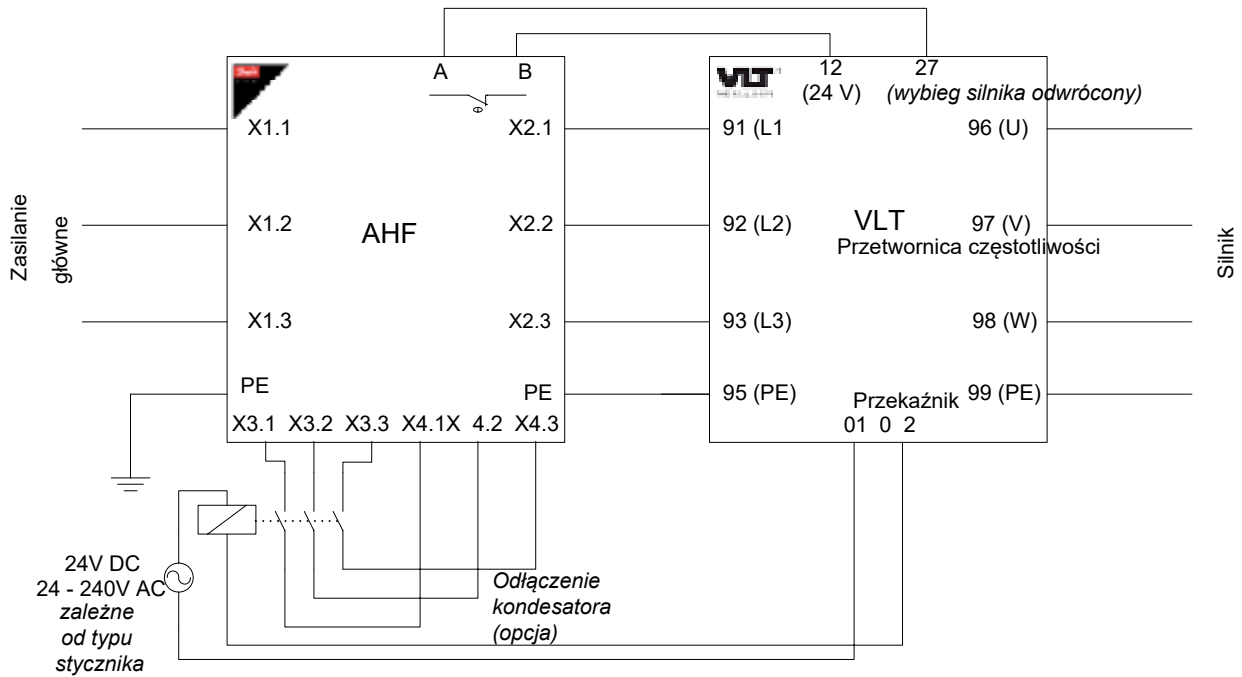


Dane techniczne

	AHF 010	AHF 005
THiD* przy:		
- 40% obciążenia	~ 12%	~ 7%
- 70% obciążenia	~ 11%	~ 6%
- 100% obciążenia	< 10%	< 5%
Sprawność* przy 100% obciążenia	> 98,5%	
Rzeczywisty współczynnik mocy* przy:		
- 40% obciążenia	~ 81%	~ 80%
- 70% obciążenia	~ 96%	~ 95%
- 100% obciążenia	> 99%	> 98%
Temperatura otoczenia	45°C bez obniżania wartości znamionowych	
Chłodzenie	Dla obudów o stopniu ochrony IP 20 z wbudowaną funkcją wymuszonego chłodzenia powietrzem. Dla obudów o stopniu ochrony IP 00 wraz z oddzielnymi elementami chłodzenia wchodzącymi w skład instalacji.	

* Pomiar dokonany w obrębie zrównoważonej sieci zasilającej bez zniekształceń wstępnych

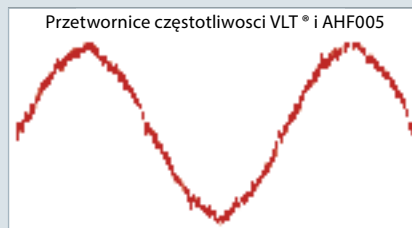
Schemat połączeń



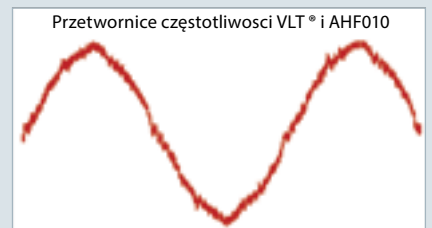
Przetwornica z prostownikiem
B6 z dławikiem DC



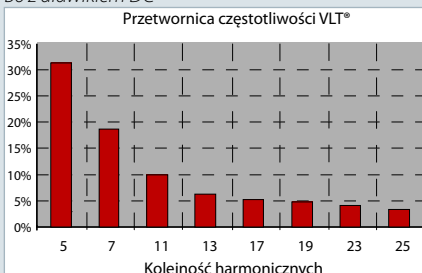
Przetwornica z prostownikiem
B6 + dławik DC + AHF 005



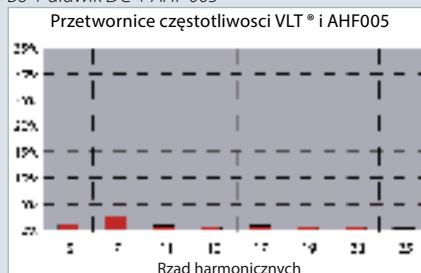
Przetwornica z prostownikiem
B6 + dławik DC + AHF 010



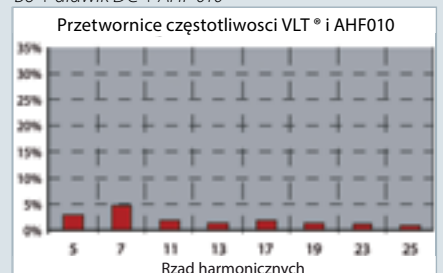
Przetwornica z prostownikiem
B6 z dławikiem DC



Przetwornica z prostownikiem
B6 + dławik DC + AHF 005



Przetwornica z prostownikiem
B6 + dławik DC + AHF 010



Filtry pasywne redukują odkształcenia prądu do wartości poniżej 5% lub 10%.

VLT® Advanced Active Filter AAF 006

Łagodzenie harmonicznych, poprawa jakości energii oraz zwiększenie dostępności systemu

W celu zapewnienia większej elastyczności w zakresie łagodzenia harmonicznych firma Danfoss oferuje VLT® Advanced Active Filter AAF 006. W oparciu o najnowsze urządzenia półprzewodnikowe oraz nowoczesną technologię mikroprocesorową firma Danfoss opracowała nowy aktywny system filtrów elektronicznych. Redukuje to współczynnik zawartości harmonicznych (THD) do 5%, co skutkuje przywróceniem prawidłowego sinusoidalnego kształtu fali prądowej.

Daje to użytkownikom realną alternatywę dla złożonych 12- lub 18-pulsowych obwodów prostowników wejściowych. Uwzględniona została również kompensacja współczynnika mocy (cosφ).

Opcja autonomiczna lub w kombinacji z przetwornicami częstotliwości VLT®

Modułowa architektura zaawansowanego filtra aktywnego VLT® Advanced Active Filter AAF 006 przypomina architekturę przetwornicy częstotliwości dużej mocy. Oferuje wysoką wydajność energetyczną, prosty i wygodny interfejs użytkownika, tylny kanał chłodzący i wysoki stopień ochrony obudowy.

Ten wysokowydajny filtr może złagodzić odkształcenia harmoniczne pochodzące z przetwornicy częstotliwości lub działać jako samodzielne rozwiązanie łagodzące zakłócenia harmoniczne pochodzące z innych źródeł. Kolejną zaletą jest to, że może on zostać podłączony w dowolnym miejscu w obrębie danej sieci.

Zakres napięcia

- 380 – 480 V ~, 50 – 60 Hz

Zakres mocy

- 190 A, 250 A, 310 A, 400 A
- Połączenie równoległe do czterech jednostek

Dane techniczne osiągalnego współczynnika THDi*

- obciążenie 50% < 10%
- obciążenie 100% < 5%
- Osiągalny współczynnik mocy λ*
- obciążenie 50% > 0,95
- obciążenie 100% > 0,98

Temperatura otoczenia 45°C

*Dane techniczne dotyczą sieci bez zniekształceń tła.

Klasa ochrony obudowy

- IP21, IP54

Odpowiednie do:

- Zwiększania dostępności instalacji
- Poprawy jakości zasilania w miękkich sieciach zasilających
- Lepszego wykorzystania przepustowości sieci zasilającej
- Efektywnego wykorzystania mocy generatora
- Zabezpieczenia wrażliwych instalacji i odbiorników

D14

E1



400 VAC (380-480 VAC)

Prąd sumaryczny [A]	Maks. bierny [A]	Maks. harmoniczne [A]	Obudowa	Wymiary W x SZ x G mm [cale]	Waga kg [funtów]
190	190	170	D14	1740 x 600 x 380 [68,2 x 33,5 x 15,0]	283 [623]
250 310	250 310	225 280	E1	2000 x 600 x 500 [78,8 x 33,5 x 19,4]	476 [1047]
400	400	360			498 [1096]

Cecha	Korzyści
<ul style="list-style-type: none"> Korekcja współczynnika mocy Selektywne łagodzenie poszczególnych harmonicznych Automatyczne dopasowywanie się do zmian w sieci 	– Zwiększona dostępność instalacji i niezawodność działania
<ul style="list-style-type: none"> Tryb niskiego zużycia energii/ tryb uśpienia 	– Oszczędność energii
<ul style="list-style-type: none"> Obniżone poziomy harmonicznych 	<ul style="list-style-type: none"> Lepsze wykorzystanie zdolności transformatora oraz wyższa wydajność Mniejsze straty na transformatorze Mniejsze straty na przewodach Mniejsze przekroje poprzeczne przewodów Mniejsze zapotrzebowanie na wydajność chłodniczą w pomieszczeniach z urządzeniami elektrycznymi
Wysoka niezawodność	Korzyści
<ul style="list-style-type: none"> Wysoka niezawodność działania Wysoka odporność na wahania napięcia Zintegrowane funkcje ochronne Utrzymanie działania w stanie przeciążenia 	– Lepsza dostępność instalacji i niezawodność działania
<ul style="list-style-type: none"> Opcjonalny wyłącznik główny, bezpieczniki i filtry RFI 	– Mniejsza liczba komponentów zewnętrznych i niższe koszty instalacji
<ul style="list-style-type: none"> Tylny kanał chłodzący 	– Niższe temperatury wydłużają żywotność komponentów
<ul style="list-style-type: none"> Płytki drukowane z pokryciem 	– Podwyższona odporność na agresywne warunki otoczenia
<ul style="list-style-type: none"> Modernizacja 	<ul style="list-style-type: none"> Oszczędność czasu i pieniędzy Możliwość przeprowadzenia modernizacji w dowolnej lokalizacji Brak konieczności modyfikowania istniejących urządzeń
Łatwość obsługi	Korzyści
<ul style="list-style-type: none"> Wielokrotnie nagradzany panel sterujący LCP 	– Łatwe uruchamianie i konfiguracja parametrów
<ul style="list-style-type: none"> Sprawdzona obudowa VLT® 	– Łatwa instalacja nawet w przypadku ograniczonej przestrzeni
<ul style="list-style-type: none"> Modułowa konstrukcja systemu 	– Szybki i niedrogi montaż
<ul style="list-style-type: none"> Kompatybilność z oprogramowaniem VLT® MCT10 	– Szybkie uruchamianie, konfiguracja parametrów i tworzenie kopii backup
<ul style="list-style-type: none"> Wysoka kompatybilność z elementami systemu przetwornicy częstotliwości VLT® 	<ul style="list-style-type: none"> Szybka i łatwa konserwacja Mniejsze zapotrzebowanie na części zamienne
<ul style="list-style-type: none"> Opcjonalny interfejs Profibus DP 	– Monitorowanie i regulacja aktywnych parametrów filtra, tj. odniesienia cos phi.

Prąd sumaryczny A	Maksymalna kompensacja pojedynczej harmonicznej [A]							
	I5	I7	I11	I13	I17	I19	I23	I25
190	119	85	55	48	34	31	27	24
250	158	113	72	63	45	40	36	32
310	196	140	90	78	56	50	45	40
400	252	180	115	100	72	65	58	50

Przetwornice częstotliwości VLT® z prostownikiem 12-pulsowym

Niższa emisja harmonicznych i wyższa jakość energii

Przetwornice częstotliwości dużych mocy VLT® High-Power Drive z wejściem 12-pulsowym redukują odkształcenia harmoniczne w instalacjach i poprawiają jakość zasilania sieciowego. Aby to osiągnąć, firma Danfoss wykorzystuje transformator z 30-stopniowym przesunięciem fazowym po stronie wtórnej, aby połączyć dwa 6-pulsowe prostowniki, które z kolei eliminują harmoniczne: 5, 7, 17 i 19.

Zmniejsza to odkształcenia harmoniczne sieci zasilającej do 10-12% THDi, w porównaniu do 30-50% w przypadku konwencjonalnych 6-pulsowych mostków prostownikowych i dławików wejściowych. Zaletą takiego podejścia jest to, że eliminuje ono konieczność stosowania dodatkowych środków, które często wymagają szczegółowej analizy sieci w celu uniknięcia rezonansu w obrębie całego systemu.

Urządzenia o wysokiej mocy z 12-pulsowymi stopniami wejściowymi również są w pełni zintegrowane z modułową platformą VLT®.

Firma Danfoss na przykład przywiązuje dużą wagę do stosowania sprawdzonych

komponentów w przypadku przetwornic częstotliwości o dużej mocy. Urządzenia te wykorzystują również wszystkie dostępne opcje rozszerzeń i posiadają ten sam, sprawdzony graficzny panel sterujący, umożliwiający łatwe, intuicyjne programowanie i konfigurowanie. Posiadają one również funkcję STO, zgodnie z normą EN 61800-5-2.

Chłodzenie za pośrednictwem zestawów tylnego kanału chłodzenia

Powietrze chłodzące przepływa przez radiatory kanału chłodzącego panelu tylnego, zmniejszając cyrkulację powietrza w przedziale elektroniki. Taki układ pozwala usuwać z obudowy do 85% ciepła. Zwiększa to niezawodność i wydłuża żywotność urządzenia poprzez zmniejszenie wzrostu temperatur i zanieczyszczenia elementów elektronicznych. Tylny kanał chłodzący jest oddzielony od podzespołów elektronicznych za pomocą zabezpieczenia o stopniu ochrony IP54.

Zakres mocy

250 kW – 1,4 MW

Zakres napięcia

380 – 690 V

Obudowa

IP21 / NEMA Typ 1

IP 54/NEMA Typ 12

Dostępne platformy VLT®

VLT® HVAC Drive FC 102

VLT® AQUA Drive FC 202

VLT® AutomationDrive FC 302

Odpowiednie dla:

- Słabej jakości zasilania sieciowego
- Ograniczania wyższych harmonicznych
- Aplikacji wymagających zasilania generatorowego
- Aplikacji typu step-up, step-down
- Aplikacje z izolacją galwaniczną

Pomaga uzyskać zgodność z normami

- IEEE-519 1992
- EN 61000-2-4
- G5/4

Funkcje	Korzyści
Spójna koncepcja robocza modułowych platform VLT®	Łatwa obsługa: jeśli jesteś w stanie wykorzystać jedną z nich, równie dobrze możesz wykorzystać wszystkie
Sprawdzona energoelektronika	Niezawodność działania.
Modułowa konstrukcja systemu	Wszystkie komponenty dostępne są po otwarciu przednich drzwi-czek. Szybsza i łatwiejsza wymiana uszkodzonych komponentów.
Układ chłodzenia tylnego	Zmniejsza nakłady na konserwację, zwiększa dostępność przetwornic i wydłuża ich żywotność.
Standardowa elektryczna szafa sterująca Rittal TS8 o stopniu ochrony IP21 lub IP54.	Łatwa rozbudowa.
Filtr RFI klasy C2 zgodny z normą EN 61800-3 odpowiadający kategorii A1 wg EN 55011.	Ogranicza emisję harmonicznych i zakłóceń elektromagnetycznych bez dodatkowych filtrów zewnętrznych.
Zintegrowane dławiki obwodu pośredniego DC	Redukują odkształcenia harmoniczne w całej sieci zasilającej. Wyższa ogólna sprawność systemu bez dodatkowych strat.
Bezpieczniki w obwodzie pośrednim DC	Poprawia ochronę poszczególnych przetwornic.
Wysokiej jakości płytki drukowane z pokryciem	Zwiększona ochrona przed trudnymi warunkami otoczenia i gazami agresywnymi.
Zmniejszona emisja harmonicznych	Mniejsze ryzyko wystąpienia rezonansów w systemie. Niezawodna praca innych instalacji elektronicznych. Mniejsza liczba usterek urządzeń.

Przetwornice częstotliwości VACON® z prostownikiem 12-pulsowym

Niższa emisja harmonicznych i wyższa jakość energii

Przetwornice częstotliwości VACON® Enclosed Drives z wejściem 12-pulsowym redukują odkształcenia harmoniczne w instalacjach i poprawiają jakość zasilania sieciowego.

Podobnie jak VLT Drives, VACON® wykorzystują dwa wejściowe mostki prostownikowe wraz z dostarczanym przez klienta transformatorem wejściowym z 30-stopniowym przesunięciem fazowym. Zmniejsza to odkształcenia harmoniczne sieci zasilającej do 10-12% THDi, w porównaniu do 30-50% w przypadku konwencjonalnych 6-pulsowych mostków prostownikowych i dławików wejściowych.

Urządzenia o dużej mocy z 12-pulsowymi stopniami wejściowymi również są w pełni zintegrowane z przetwornicami VACON.

Chłodzenie za pośrednictwem układu tylnego chłodzenia z VACON®100 Enclosed

Przetwornice VACON 100 Enclosed (FLOW oraz INDUSTRIAL) dostarczane są wraz z opcją chłodzenia powietrznego przepływającego przez radiatory tylnego kanału chłodzącego. Tylny kanał chłodzący jest oddzielony od podzespołów elektronicznych za pomocą zabezpieczenia o stopniu ochrony IP54.

Przedział sterowniczy drzwi przednich

Przetwornice VACON100 Enclosed posiadają unikalne drzwiczki wejściowe znajdujące się w przedziale drzwi elektronicznej sterującej niskiego napięcia oraz opcji. Dostęp do tego przedziału jest niezależny od głównych drzwi obudowy.

Szeroki zakres mocy dzięki VACON® NXC

Przetwornice VACON® NXC z wejściem 12-pulsowym są dostępne w szerokim zakresie mocy i napięć. W przypadku dużych mocy (2 MW) 12-pulsowe NXC stanowią wysoce ekonomiczne rozwiązanie dla przetwornic o dużej mocy z ograniczonymi harmonicznymi.

Zakres mocy

200 kW – 2,0 MW

Zakres napięcia

380 – 690 V

Obudowa

IP21 / NEMA Typ 1

IP 54/NEMA Typ 12

Dostępne platformy VLT®

VACON® 100 INDUSTRIAL

VACON® 100 FLOW

VACON® 100 Enclosed

VACON® NXC

Odpowiednie dla:

- Słabej jakości zasilania sieciowego
- Ograniczania wyższych harmonicznych
- Aplikacji wymagających zasilania generatorowego
- Aplikacji typu step-up, step-down
- Aplikacje z izolacją galwaniczną

Pomaga uzyskać zgodność z normami

- IEEE-519 1992
- EN 61000-2-4
- G5/4



Przetwornice VLT® Low Harmonic Drive

VLT® AutomationDrive, HVAC Drive i AQUA Drive z obniżoną emisją harmoniczną. W przeciwieństwie do łagodzenia harmonicznych za pośrednictwem innych technologii, które uzależnione są od stabilności zasilania i obciążenia lub mają wpływ na pracę silnika, nowe przetwornice Low Harmonic Drive firmy Danfoss utrzymują na niskim poziomie emisję harmoniczną do sieci zasilającej bez pogarszania parametrów pracy podłączonego silnika.

Zostały zaprojektowane w taki sposób, aby były szczególnie przyjazne dla pracy silników. Napięcia szczytowe w obrębie napięcia wyjściowego oraz składowe zmienne tętnień napięcia są kompatybilne z silnikami spełniającymi wymagania normy IEC 60034-17/25 i NEMAMG1-1998, część 31.4.4.2.

Przetwornice VLT® Low Harmonic Drive posiadają tę samą modułową architekturę co przetwornice VLT® High-Power Drive, a także te same funkcje obejmujące m.in. wysoką sprawność, chłodzenie za pośrednictwem tylnego kanału chłodzenia oraz przyjazną dla użytkownika obsługę. Przetwornice VLT® Low Harmonic Drive spełniają wszystkie wymagania dotyczące harmonicznosci.

Rozwiązanie idealne dla:

- Spełnienia wszystkich wymagań i norm dotyczących harmonicznosci
- Sieci zasilających z generatorami rezerwowymi
- Słabych sieci zasilających
- Instalacji przetwornic w sieciach o ograniczonej mocy zwarciowej

Zakres napięcia

- 380 – 480 VAC, 50 – 60 Hz

Zakres mocy

- 132 – 630 kW wysoka przeciążalność/
- 160 – 710 kW normalna przeciążalność (dotyczy obudów D, E i F)

Klasa ochrony

- IP21 / NEMA 1, IP54 / NEMA 12

Oprogramowanie do konfiguracji parametrów MCT 10

Idealne do uruchamiania, konserwacji, monitorowania i rejestrowania.

Oprogramowanie HCS 2.0

Oprogramowanie do wykonywania obliczeń harmonicznosci dla przetwornic VLT® Low Harmonic Drive i innych produktów.

Zgodność z dyrektywą RoHS

Przetwornice VLT® Low Harmonic Drive są przyjazne dla środowiska i zgodne z dyrektywą RoHS.

Opcje

- filtr dv/dt: chroni izolację silnika
- filtr sinusoidalny (filtr LC): redukuje hałas silnika



400 VAC (380-460 VAC)

Normalna przeciążalność		Wysoka przeciążalność		Obudowa	Wymiary W x SZ x G IP 21 [mm]	Waga kg
Moc kW	Prąd [A]	Moc kW	Prąd [A]			
160	315	132	260	D	1780 x 1022 x 378	380
200	395	160	315			380
250	480	200	395			406
315	600	250	480	E	2000 x 1200 x 494	596
355	658	315	600			623
400	745	355	658			646
450	800	400	695			646
500	880	450	800	F	2200 x 2792 x 600	2009
560	990	500	880			2009
630	1120	560	990			2009
710	1260	630	1120			2009

VACON® NXC AFE Low Harmonic

Przetwornica VACON® NXC Low Harmonic jest idealnym wyborem do zastosowań, w których wymagany jest niski poziom emisji harmonicznych. Przetwornica ta nie tylko spełnia najbardziej rygorystyczne wymagania w zakresie wysokiej jakości energii, ale również zapewnia inne istotne korzyści, takie jak zwrot energii hamowania i zwiększanie napięcia w celu uzyskania maksymalnej mocy wyjściowej.

Czysta energia to oszczędność pieniędzy

Przetwornica z szafą sterującą gwarantująca niskie harmoniczne stanowi doskonałe rozwiązanie spełniające nawet najbardziej rygorystyczne wymagania w zakresie jakości zasilania. Przetwornica ta jest także zgodna z normami harmonicznymi IEEE-519, G5/4. Niskie THDi obniża prądy zasilające i umożliwia odpowiedni dobór transformatorów zasilających, urządzeń zabezpieczających i przewodów

zasilających zgodnie z przesyłaną mocą czynną. Pozwala to na oszczędności zarówno w przypadku nowych, jak i modernizowanych projektów, ponieważ nie trzeba inwestować w drogie transformatory 12- lub 18-pulsowe.

Funkcje

- Wysoka jakość energii przy współczynniku harmonicznego prądu THDi < 5%
- Przewymiarowywanie transformatorów mocy lub kabli wejściowych nie jest wymagane
- Dostępna jest funkcja regeneracji
- Mniejsza złożoność systemu
- Brak konieczności korzystania ze specjalnych transformatorów 12-pulsowych
- Dostosowany do projektów modernizacyjnych.
- Większa wszechstronność dzięki szerokiej gamie opcji standardowych

Korzyści

- Nie jest wymagane przewymiarowywanie komponentów, niższe koszty całkowite
- Funkcja zwiększania napięcia w celu uzyskania maksymalnej mocy wyjściowej
- Moc hamowania może zostać zwrócona do sieci, co przekłada się na dodatkowe oszczędności i obniżenie kosztów
- Zmniejszenie ogólnych kosztów inwestycji i optymalizacja wykorzystania dostępnej powierzchni

Napięcie zasilania	Typ przetwornicy Low Harmonic Drive	Obciążalność				Maks. wartość prądu I _s [A]	Moc na wale silnika 400 V / 690 V		Wymiar obudowy	Wymiary i masa SZ x W x G (mm)/ kg
		Niska (+40°C)		Wysoka (+40°C)			10% przeciążenia P [kW]	50% przeciążenia P [kW]		
		Znamionowy prąd ciągły I _n [A]	Prąd przeciążenia 10% [A]	Znamionowy prąd ciągły I _n [A]	Prąd przeciążenia 50% [A]					
380-500 V 50/60 Hz	NXC 0261 5 A 2 L 0 RSF	261	287	205	308	349	132	110	AF9	1006 x 2275 x 605/680
	NXC 0300 5 A 2 L 0 RSF	300	330	245	368	444	160	132		
	NXC 0385 5 A 2 L 0 RSF	385	424	300	450	540	200	160	AF10	1006 x 2275 x 605/700
	NXC 0460 5 A 2 L 0 RSF	460	506	385	578	693	250	200		
	NXC 0520 5 A 2 L 0 RSF	520	572	460	690	828	250	250	AF12	2006 x 2275 x 605/1400
	NXC 0650 5 A 2 L 0 RSF	650	715	590	885	1062	355	315		
	NXC 0730 5 A 2 L 0 RSF	730	803	650	975	1170	400	355	AF13	2206 x 2275 x 605/1950
	NXC 0820 5 A 2 L 0 RSF	820	902	730	1095	1314	450	400		
	NXC 0920 5 A 2 L 0 RSF	920	1012	820	1230	1476	500	450	AF14	4406 x 2275 x 605/3900
	NXC 1030 5 A 2 L 0 RSF	1030	1133	920	1380	1656	560	500		
	NXC 1150 5 A 2 L 0 RSF	1150	1265	1030	1545	1854	630	560	AF9	1006 x 2275 x 605/680
	NXC 1300 5 A 2 L 0 RSF	1300	1430	1150	1725	2070	710	630		
	NXC 1450 5 A 2 L 0 RSF	1450	1595	1300	1950	2340	800	710	AF10	1006 x 2275 x 605/700
	NXC 1770 5 A 2 L 0 RSF	1770	1947	1600	2400	2880	1000	900		
NXC 2150 5 A 2 L 0 RSF	2150	2365	1940	2910	3492	1200	1100	AF12	2006 x 2275 x 605/1400	
NXC 2700 5 A 2 L 0 RSF	2700	2970	2300	3278	3933	1500	1200			
525-690 V 50/60 Hz	NXC 0125 6 A 2 L 0 RSF	125	138	100	150	200	110	90	AF9	1006 x 2275 x 605/680
	NXC 0144 6 A 2 L 0 RSF	144	158	125	188	213	132	110		
	NXC 0170 6 A 2 L 0 RSF	170	187	144	216	245	160	132	AF10	1006 x 2275 x 605/700
	NXC 0208 6 A 2 L 0 RSF*	208	229	170	255	289	200	160		
	NXC 0261 6 A 2 L 0 RSF	261	287	208	312	375	250	200	AF12	2006 x 2275 x 605/1400
	NXC 0325 6 A 2 L 0 RSF	325	358	261	392	470	315	250		
	NXC 0385 6 A 2 L 0 RSF	385	424	325	488	585	355	315	AF13	2206 x 2275 x 605/1950
	NXC 0416 6 A 2 L 0 RSF*	416	416	325	488	585	400	315		
	NXC 0460 6 A 2 L 0 RSF	460	506	385	578	693	450	355	AF14	4406 x 2275 x 605/3900
	NXC 0502 6 A 2 L 0 RSF	502	552	460	690	828	500	450		
	NXC 0590 6 A 2 L 0 RSF	590	649	502	753	904	560	500	AF9	1006 x 2275 x 605/680
	NXC 0650 6 A 2 L 0 RSF	650	715	590	885	1062	630	560		
	NXC 0750 6 A 2 L 0 RSF	750	825	650	975	1170	710	630	AF10	1006 x 2275 x 605/700
	NXC 0820 6 A 2 L 0 RSF*	820	902	650	975	1170	750	650		
	NXC 0920 6 A 2 L 0 RSF	920	1012	820	1230	1476	900	800	AF12	2006 x 2275 x 605/1400
	NXC 1030 6 A 2 L 0 RSF	1030	1133	920	1380	1656	1000	900		
	NXC 1180 6 A 2 L 0 RSF*	1180	1298	1030	1463	1755	1150	1000	AF13	2206 x 2275 x 605/1950
	NXC 1500 6 A 2 L 0 RSF	1500	1650	1300	1950	2340	1500	1300		
NXC 1900 6 A 2 L 0 RSF	1900	2090	1500	2250	2700	1800	1500	AF14	4406 x 2275 x 605/3900	
NXC 2250 6 A 2 L 0 RSF*	2250	2475	1900	2782	3335	2000	1800			

* Maks. temperatura otoczenia +35°C.

Indeks

Symbols

12-pulsowy	21
12-pulsowy stopień wejściowy	14, 38

A

Analiza Fouriera	13
Analiza zasilania	16, 17

B

B12	21
-----------	----

C

Całkowity koszt posiadania	29
cos φ	29
Częstotliwość przełączania	19, 22

D

Dławiki obwodu pośredniego DC	14, 18
Dławiki wejściowe	31
Dławik wejściowy	18
Dyrektywa EMC	13
Dyrektywa EMC 2004/108/WE	34
Dyrektywy	9

E

Eliminacja harmonicznych	21
Emisja zakłóceń	6
Emisje harmonicznych/ odkształcenia harmoniczne zasilania	5, 14, 16, 17, 24, 31, 38, 40
Emisje harmonicznych o niskiej częstotliwości/ odkształcenia harmoniczne zasilania	13
EN 50160	13
EN 50178	3
EN 55011	8
EN 61000-2-4	13
EN 61000-3-12	34, 35
EN 61800-5-2	38

F

Filtr aktywny	22, 23
Filtr pasywny	20
Filtr tłumienia zakłóceń radiowych (RFI)	31

G

Generatory zapasowe	11
Generator zapasowy	25

H

Harmoniczne	5, 7, 13, 14
Harmoniczne tła sieci zasilającej	15
Harmoniczne zasilania	5

I

Impedancja sieci zasilającej	12, 15
------------------------------------	--------

J

Jakość zasilania	10, 12, 22, 25, 26, 38
------------------------	------------------------

K

Klasa B	9
Klasy A1/A2	9
Kompatybilność elektromagnetyczna	14
Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC)	5
Kondensator obwodu pośredniego DC	18
Kondensatory obwodu pośredniego DC	19
Korekcja współczynnika mocy (PFC)	24
Koszty cyklu eksploatacyjnego	29
Krótką przerwa w zasilaniu	11

L

Lampy energooszczędne	5
Low Harmonic Drive (LHD)	24

M

Moc bierna	29
------------------	----

N

Napięcie zasilania	23, 25
Norma produktowa	6
Normy	9

O

Obciążenie sieci zasilającej	13
Oblicz	16
Obliczanie emisji harmonicznych/ odkształceń harmonicznych zasilania	16
Obliczanie harmonicznych	26
Odkształcenia harmoniczne	15, 20, 23, 36
Odkształcenia napięcia	14
Odkształcenia prądu zawierającego wyższe harmoniczne	15
Odporność na zakłócenia	6
Ograniczanie wyższych harmonicznych	15, 16
Ograniczenia	9
Oprogramowanie do obliczania harmonicznych HCS	14
Oprogramowanie HCS	26

P

Pełny obwód pośredni DC	34
Pole radiacji	7
Programy do obliczania parametrów zasilania	16, 25
Prostowanie	21
Prostowanie B12	21
Przetwornica częstotliwości	5
Przetwornica częstotliwości o niskich parametrach harmonicznych	14, 24
Przetwornice częstotliwości dla niskich harmonicznych	40
Przetwornice częstotliwości VLT®	14
Punkt przyłączenia (PCC)	23

R

Rezonans	19
Rzeczywisty współczynnik mocy	16

S

Ścieżki transmisji	7
Ścieżki transmisji zakłóceń	7
Sekunda	8
Sieć energetyczna	15
Sprawność energetyczna	29
Sprężenie	7
Sprężenie galwaniczne	7
Sprężenie indukcyjne	7
Sprężenie pojemnościowe	7
Sprężenie radiacyjne	7
Stany nieustalone	10, 12
Systemy korekcji współczynnika mocy ..	14

T

Transformator	15
Transformatory wielozwojeniowe	21

U

UPS	11
Urządzenia zakłócające	7

V

VLT® High-Power Drives	38
------------------------------	----

W

Warunki sieci zasilającej	15
W pierwszej kolejności	8
Współczynnik mocy λ	17
Współczynnik zawartości harmonicznych	13, 29
Współczynnik zawartości harmonicznych (THD)	13
Wykorzystanie zdolności transformatora	25

Z

Zaawansowane filtry wyższych harmonicznych AHF	35
Zaawansowany filtr aktywny AAF 006 ...	36
Zakłócenia częstotliwości radiowej (RFI) ...	9
zakłócenia radiowe (RFI) wysokiej częstotliwości	9
Zakłócenia/ wadliwe działanie/ usterki ...	7
Zakłócenia zasilania	14
Zasada działania filtra aktywnego	22
Zawartość harmonicznych	13, 15, 21
Zawartość harmonicznych prądu	36
Zniekształcenie kształtu fali	10
Znormalizowane metody pomiarowe dla monitorowania napięcia	10
Źródło zakłóceń	7
Źródło zakłóceń szerokopasmowych	31
Zużycie energii	5
Zwrot energii do sieci zasilającej (AFE) ..	24



A better tomorrow is **driven by drives**

Danfoss Drives jest światowym liderem w produkcji przetwornic częstotliwości wykorzystywanych do sterowania prędkością silników elektrycznych.

Oferujemy niezrównaną przewagę konkurencyjną dzięki wysokiej jakości produktom zoptymalizowanym pod kątem konkretnych zastosowań oraz szerokiemu wachlarzowi opcji serwisowych w okresie eksploatacji produktu.

Zawsze mamy na uwadze cele klientów. Staramy się zapewnić najwyższą możliwą wydajność instalacji. Osiągamy to, opracowując nowatorskie produkty i stosując naszą obszerną wiedzę w celu optymalizacji efektywności, podwyższania użyteczności i zmniejszania złożoności urządzeń.

Od zapewniania poszczególnych komponentów napędów po planowanie i dostarczanie kompletnych układów napędowych — nasi eksperci są przygotowani, aby wspierać klientów w każdym przedsięwzięciu.

Współpraca z nami funkcjonuje bardzo prosto. Działamy online oraz lokalnie w ponad 50 krajach. Nasi specjaliści zawsze są pod ręką, aby szybko reagować, gdy ich potrzebujesz.

Zyskujesz dzięki naszym dziesięcioleciom doświadczenia: działamy od 1968 roku. Nasze przetwornice częstotliwości AC niskiego i średniego napięcia są używane

z silnikami wszystkich najważniejszych marek i technologii oraz w pełnym zakresie mocy, od małych po duże.

Przetwornice częstotliwości VACON® łączą w sobie innowacyjność i wysoką trwałość dla zrównoważonego przemysłu jutra.

Aby uzyskać długi czas eksploatacji, najwyższą i pełną wydajność, wyposaż swoje wymagające procesy przemysłowe i aplikacje z branży morskiej w pojedyncze lub systemowe układy przetwornic częstotliwości VACON®.

- Przemysł morski i instalacje przybrzeżne
- Ropa i gaz
- Przemysł metalowy
- Górnictwo i minerały
- Przemysł papierniczy
- Przemysł energetyczny
- Windy i schody ruchome
- Przemysł chemiczny
- Pozostały przemysł ciężki

Przetwornice częstotliwości VLT® odgrywają kluczową rolę w warunkach szybkiej urbanizacji, zapewniając nieprzerwany ciąg chłodniczy, dostarczanie świeżej żywności i czystej wody, podnosząc komfort w budynkach i pomagając chronić środowisko.

Znacząco przewyższają inne precyzyjne przetwornice częstotliwości dzięki niezwyklej sprawności, funkcjonalności i szerokim możliwościom łączeniowym i komunikacyjnym.

- Żywność i napoje
- Woda i ścieki
- HVAC
- Chłodnictwo
- Dostawy materiałów
- Włókiennictwo

VLT® | VAGON®

Danfoss nie ponosi odpowiedzialności za możliwe błędy drukarskie w katalogach, broszurach i innych materiałach drukowanych. Dane techniczne zawarte w broszurze mogą ulec zmianie bez wcześniejszego uprzedzenia, jako efekt stałych ulepszeń i modyfikacji naszych urządzeń. Wszystkie znaki towarowe w tym materiale są własnością odpowiednich spółek. Danfoss, logotyp Danfoss są znakami towarowymi Danfoss A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.