

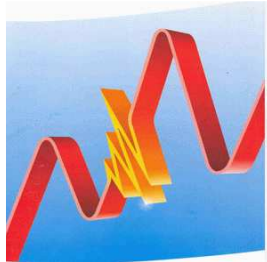
IX MIĘDZYNARODOWA  
KONFERENCJA  
NAUKOWO-TECHNICZNA

## **ELEKTROWNIE CIEPLNE**

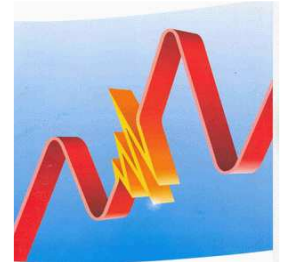
### **EKSPLOATACJA – MODERNIZACJE – REMONTY**

1-3 CZERWCA 2009  
SŁOK K/BELCHATOWA  
HOTEL WODNIK

### **NAPEŁDY VLT® DUŻYCH MOCY** – **NOWA STRATEGIA DANFOSS DRIVES**



Jeśli jesteś zainteresowany pogłębieniem wiedzy na temat zagadnień EMC w technice napędów regulowanych częstotliwościowo odwiedź [www.anap.pl](http://www.anap.pl)



Jeśli jesteś zainteresowany pogłębieniem wiedzy na temat zagadnień EMC w technice napędów regulowanych częstotliwościowo odwiedź [www.anap.pl](http://www.anap.pl)

**Andrzej Gizicki**

Streszczenie: Ruch w kierunku napędów dużych mocy nie jest czymś nowym w działalności Danfoss Drives, lecz tylko logiczną kontynuacją rozwoju obszarów biznesu, tych, w których od lat Danfoss jest na pozycji lidera wśród dostawców urządzeń dla przemysłu. Nowe produkty z grupy HPD (High Power Drives) wpisują się w powszechne dążenie do uzyskania wysokiej sprawności urządzeń, niskich kosztów eksploatacji, wysokiej elastyczności aplikacyjnej oraz ograniczenia wpływu przetwornic na parametry sieci zasilającej. Napędy VLT® LHD (Low Harmonic Drives), rozwiązania z wielopulsowymi prostownikami uzupełnione wejściowymi filtrami aktywnymi i filtrami pasywnymi pozwalają na spełnienie najbardziej ostrych wymagań dotyczących parametrów sieci zasilającej.

## **1. WSTĘP**

Jesienią w 2008 roku minęło 40 lat od momentu, gdy została sprzedana pierwsza na świecie seryjnie produkowana przetwornica częstotliwości. Była to przetwornica VLT® wyprodukowana przez Danfoss.

Od tego czasu nastąpił ogromny postęp technologiczny. Wraz z globalnym rozpowszechnieniem się technik sterowania i automatyzacji procesami produkcyjnymi znacząco zwiększyła się różnorodność zastosowań dla napędów elektrycznych. W przedsiębiorstwach, w sposób ciągły rośnie liczba zamontowanych silników oraz udział procentowy tych z regulacją prędkości obrotowej. W konsekwencji liczba wytwarzanych na świecie przetwornic częstotliwości wręcz eksplodowała.

Ruch w kierunku napędów dużych mocy nie jest czymś nowym w działalności Danfoss Drives, lecz tylko logiczną kontynuacją rozwoju obszarów biznesu, tych, w których od lat Danfoss jest na pozycji lidera wśród dostawców urządzeń dla przemysłu.

W dzisiejszych czasach rynek napędów regulowanych podąża w kierunku standaryzacji rozwiązań i obejmuje coraz to większy zakres mocy. W standardowych rozwiązaniach liczy się najwyższej jakości komponent spełniający wymogi specyfikacji. Przetwornice częstotliwości VLT® dużych mocy idealnie wpisują się w to zapotrzebowanie.

Ponad 60 różnych firm na całym świecie produkuje i sprzedaje przetwornice częstotliwości, jednak tylko nie więcej niż 15 z pośród nich oferuje te urządzenia w zakresie dużej mocy sięgając po Megawaty. Tylko zaledwie kilka z pośród tych 15 to firmy, dla których napędy elektryczne są głównym produktem oferty, dla których przetwornice częstotliwości znajdują się w centrum kompetencji. Danfoss Drives jest wśród tych kilku firm i może pretendować do pozycji lidera oferując wraz z produktem ogromne doświadczenie aplikacyjne i najnowszą, niezawodną, ekonomiczną technologię.

Z przeprowadzonych badań opinii użytkowników na temat, „co cenią w napędach najwyżej”, wynika, że kluczowymi kryteriami wyboru dostawcy są niezawodność oraz jakość i dostępność obsługi serwisowej. Są to obszary, w których Danfoss posiada, bardzo dobrą reputację i od 40 lat buduje na nich swoją markę - VLT<sup>®</sup> The Real Drive – markę będącą synonimem jakości i kompetencji. Te cechy dowodzą atrakcyjności oferty Danfoss w zakresie napędów dużej mocy.

W referacie przedstawiono dwa kierunki, w których zmierza Danfoss rozwijając produkty z grupy HPD (High Power Drives), a mianowicie:

- optymalizacja rozwiązań konstrukcyjnych pozwalająca na uzyskanie wysokiej elastyczności aplikacyjnej połączonej z wysoką sprawnością urządzeń pozwalającą na znaczącą redukcję kosztów eksploatacji
- nowe rozwiązania produktowe o obniżonym wpływie na parametry sieci zasilającej.

## **2. WYSOKA ELASTYCZNOŚĆ APLIKACYJNA I NISKIE KOSZTY EKSPLOATACJI**

### **Napęd dużej mocy najmniejszy w swojej klasie**

Oferta VLT<sup>®</sup> w zakresie dużej mocy to napędy dostępne w dwóch typach obudów: kompaktowe (wiszące do mocy 200kW, stojące do 400kW) oraz modułowe (szafowe) dla mocy powyżej 450kW /400-500V (630kW / 690V) sięgające aż do 1,2 MW.

We wszystkich przetwornicach Danfoss o mocy nominalnej powyżej 75/90 kW zastosowano nową platformę sprzętową pozwalającą na całkowite odseparowanie kanału radiatora od części energoelektroniki sterowniczej. Podzespoły o wysokiej sprawności i innowacyjna konstrukcja sprawiają, że przetwornice częstotliwości VLT<sup>®</sup> dużej mocy posiadają niezwykle małe wymiary oraz są łatwe w uruchomieniu i eksploatacji. Napędy kompaktowe mogą być montowane jeden obok drugiego, bez odstępu, w standardowych szafach sterujących. Sprawność tych przetwornic – powyżej 98% stawia je w czołówce światowej, w tej grupie napędów.

Wszystkie typy oferowanych obudów (IP00, IP21, IP54) mogą być fabrycznie wyposażane we wbudowane filtry RFI, szybkie bezpieczniki i odłącznik zasilania, chopper hamulca. Bezpośredni dostęp do szyny prądu stałego pozwala na realizację układów wielonapędowych pracujących w układach loadsharing (praca w trybie podziału obciążenia) lub współpracę z zewnętrznymi układami zwrotu energii do sieci zasilającej.

### **Elastyczność konfiguracji**

Modułowa (szafowa) konstrukcja największych napędów VLT<sup>®</sup> to maksymalna uniwersalność doboru konfiguracji do wielu specyficznych zastosowań. Inwerter przetwornicy częstotliwości w konfiguracji modułowej wykorzystuje te same elementy mocy, co mniejsze jednostki kompaktowe. Mniej podzespołów to większa niezawodność podczas eksploatacji i serwisowania. W napędach modułowych, wszystkie podzespoły urządzenia są dostępne od frontu szafy, co skraca czas diagnostyki, wymiany części, przestoju.

Jako platformę zabudowy modułu podstawowego przyjęto standard szaf sterowniczych Rittal. Szerokość zabudowy największych jednostek (moce powyżej 630kW/400V i 710 kW) wynosi 1800 mm). W skład modułu podstawowego wchodzi:

- wejściowe zaciski zasilania (dostęp od dołu)
- moduł prostownika
- dławiki obwodu DC
- chopper hamulca (opcjonalny)
- moduł zwrotu energii (opcjonalny)
- moduły inwertera, 2 lub 3 zależnie od mocy
- zaciski silnika

Podstawowy moduł może być uzupełniony o moduł opcji wejściowych (szerokość zabudowy

500 mm) może zawierać:

- rozłącznik zasilania
- bezpieczniki
- filtr harmoniczných
- dławiki sieciowe
- opcja dostępu z góry do zacisków zasilania



Rys. 1 Widok ogólny napędu modułowego (obudowa F3)

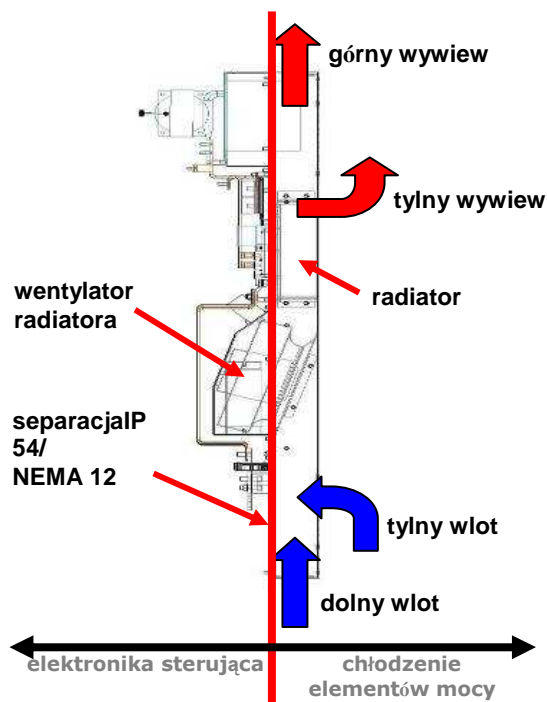
### **Pełna zgodność aplikacyjna w całym zakresie mocy**

Wszystkie przetwornice nowej generacji, niezależnie od zakresu mocy i wykonania sprzętowych zachowują pełną zgodność aplikacyjną w ramach każdej z rodzin. Oznacza to, że wyposażenie opcjonalne (moduły rozszerzeń magistral komunikacji cyfrowej, moduły rozszerzeń aplikacyjnych, wersja oprogramowania jednostki głównej) są identyczne niezależnie czy jest to napęd małej mocy czy największa przetwornica w rodzinie.

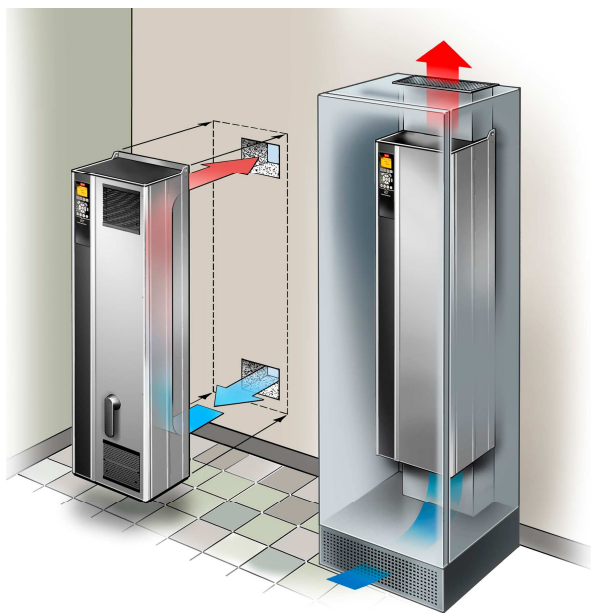
Pozwala to na bardzo elastyczne rozszerzanie funkcjonalności w miarę rozwoju aplikacji i dostosowanie jej do zmieniających się potrzeb.

### **Inteligentny układ chłodzenia optymalizuje pracę**

Zastosowana we wszystkich jednostkach o mocy powyżej 75/90 kW – zarówno kompaktowych jak i modułowych pełna separacja kanału przewietrzania radiatora (rys.2 ) od kanału wentylacji energoelektroniki sterującej pozwala na elastyczne kształtowanie sposobów montażu dla wszystkich wykonania (IP00, IP21, IP54). Konstrukcja urządzeń, sposób montażu półprzewodnikowych elementów mocy pozwolił na to, że w radiatorze przetwornicy koncentruje się ok. 85% strat cieplnych przetwornicy. Różne sposoby montażu przetwornic pozwalają na realizację skuteczną i niskonakładową realizację wentylacji radiatora z wykorzystaniem jedynie wentylatora wbudowanego w przetwornicy.



Rys. 2. Zasada separacji wentylacji w napędach HPD



Rys. 3. Różne sposoby wentylacji kanału radiatora dla przetwornic z grupy HPD

na swobodę wyboru wentylacji w zależności od możliwości obiektu i potrzeb instalacji. Możliwość wykorzystania wentylacji „przez plecy” jest możliwa do realizacji zarówno przy montażu przetwornic w szafach sterowniczych jak i samodzielnych wykonaw w obudowach IP21 i IP54 w pomieszczeniach rozdzielni elektrycznych jak i w bezpośrednim sąsiedztwie regulowanych maszyn roboczych (rys 3). Zużyte powietrze nie musi być traczone

Dla wykonaw napędów VLT® w wersji IP00 (wykonania kompaktowe do mocy 400/450 kW; 400V) wydzielony kanał chłodzenia pozwala na łatwą instalację w standardowych szafach sterowniczych Rittal TS8. Oferowane akcesoria dostępne są dla szaf o wysokościach 1800 mm oraz 2000 mm. Dla zainstalowania pojedynczej kompaktowej przetwornicy częstotliwości minimalna głębokość szafy to 500 mm, a szerokość 600 mm.

Przy montażu kilku urządzeń można zastosować szerszą szafę Rittal TS8 i wewnątrz nie trzeba zachowywać bocznych odstępów między napędami. Pełna wentylacja kanału radiatora nie wymaga żadnego dodatkowego wspomaganie wentylacją mechaniczną szafy. Jedynie dla 15% strat ciepłych przetwornicy wymagane jest zastosowanie stosownej wentylacji. Np. dla przetwornicy o mocy 400kW, której całkowita moc strat ciepłych w warunkach obciążenia nominalnego wynosi ok. 8 kW tylko 15% tej wartości (ok. 1,2 kW) Rys. wymaga zapewnienia doboru i instalacji mechanicznej wentylacji szafy sterowniczej – pozostałe ok. 6,8 kW jest „obsługiwane” separowanym kanałem wentylacyjnym przy pomocy własnego wentylatora przetwornicy zainstalowanego w kanale radiatora.

Ma to szczególne znaczenie dla przetwornic instalowanych w pomieszczeniach o szczególnie trudnych warunkach środowiskowych – duże zapylenie, wysoka wilgotność, wysoka temperatura otoczenia gdzie bilans termiczny szafy sterowniczej wymuszałby stosowanie bardzo forsownej wentylacji i specjalnych wkładów filtracyjnych w otworach wlotowych i wylotowych powietrza wentylacyjnego. Pełna separacja kanału wentylacji radiatora pozwala również

bezpowrotnie – może ono być skierowane do systemów rekuperacji tak by odzyskać część strat ciepłych przetwornic do np. ogrzewania innych pomieszczeń w obiekcie.

Wentylacja kanału radiatora „przez plecy” jest szczególnie korzystna dla montażu przetwornic w pomieszczeniach o niezbyt dużej kubaturze lub np. w kontenerach. Wentylacja „przez plecy” pozwala na wykorzystanie do wentylacji powietrza z pomieszczenia sąsiadującego z miejsce montażu przetwornicy lub z powietrza atmosferycznego. Przykład takiego rozwiązania pokazano na rys 4.

Instalacja została wykonana na ciągu węglowym w KWB Konin. Każda z siedmiu stacji roboczych jest wyposażona w 4 przetwornice VLT<sup>®</sup> o mocy 400kW każda. Przetwornice są zainstalowane w kontenerach. Dla wentylacji stopnia mocy wykorzystano wentylację „przez plecy” – do przewietrzania kanału radiatora pobierane jest powietrze atmosferyczne, które jest poddawane tylko wstępnej filtracji zabezpieczającej przed wprowadzaniem do kanału radiatora zanieczyszczeń o charakterze cząstek stałych. Powietrze zużyte jest wyrzucane na zewnątrz kontenera również przez plecy przetwornicy. Około 25 kW strat ciepłych przetwornic (w warunkach nominalnego obciążenia) w ten sposób nie wprowadza obciążenia termicznego dla kontenera zwalniając w ten sposób projektantów od konieczności zapewnienia właściwej wentylacji (lub klimatyzacji) dla stosunkowo niedużych kubaturowo kontenerów a użytkownika – KWB Konin – od nadmiernych nakładów eksploatacji tak dużych jednostek przetwornic częstotliwości.



Rys. 4 . Wentylacja „przez plecy” – przykład realizacji na podstawie kontenerowej stacji roboczej ciągu węglowego – odkrywka Drzewce KWB Konin.

Nowatorski sposób separacji zastosowany w napędach dużych mocy VLT<sup>®</sup> zapewnia:

- Szybką i łatwą instalację wykorzystującą standardowe opcje, oszczędzającą czas i koszty
- Wykorzystanie wewnętrznego wentylatora przetwornicy do odprowadzenia poza szafę ciepłego powietrza, eliminuje koszt dodatkowego wentylatora dla szafy Rittal
- Odprowadzenie 85% strat ciepłych napędu kanałem chłodzącym na zewnątrz i zachowanie niskiej temperatury dla innych komponentów w szafie
- Odseparowanie powietrza chłodzącego radiator od wnętrza przetwornicy częstotliwości i utrzymanie napędu czystym, i poza wpływem agresywnych środowisk z otoczenia
- Ochronność obudowy IP54/NEMA12 lub wyższa
- Jednolity wygląd instalacji w przypadku, gdy obok, inne podzespoły montowane są w standardowych szafach sterowniczych

## Wysoka sprawność zapewnia niskie koszty użytkowania

W napędach dużych mocy zasadniczą kwestią jest ich sprawność. Przetwornice częstotliwości nie są urządzeniami bezstratnymi i praktycznie wszystkie straty pochodzące głównie z strat przełączania wyjściowych tranzystorów IGBT są odprowadzane w formie strat cieplnych. Stanowi to zawsze problem i wyzwanie zarówno dla projektanta instalacji jak i użytkownika. Dla projektanta to przede wszystkim zaprojektowanie instalacji wentylacji szaf sterowniczych i pomieszczeń, w których są zainstalowane przetwornice tak by zapewnić wymagane warunki pracy w najbardziej skrajnych stanach obciążenia i najbardziej niekorzystnych warunkach otoczenia. Dla użytkownika to zarówno koszt takiej instalacji jak i późniejsza jej eksploatacja.

Danfoss zawsze w swoich konstrukcjach dążył do takich rozwiązań, które dawałyby efekt w postaci wysokiej sprawności urządzeń. Są działania zarówno w konstrukcji mechanicznej przetwornic jak optymalnym z poziomu potrzeb sterowanego napędu algorytmu syntezy napięcia wyjściowego. W tabeli 1 przedstawiono zestawienie sprawności dla przetwornic z grupy rozwiązań modułowych.

Tab. 1 Zestawienie sprawności przetwornic VLT w wykonaniach modułowych

VLT Model	Load Condition	Output Current	Power Loss	Efficiency [%]
P450	HO	730	8844	98,4%
	NO	780	9534	98,4%
P500	HO	780	9517	98,4%
	NO	890	11137	98,3%
P560	HO	890	10173	98,5%
	NO	1050	12476	98,4%
P630	HO	1050	12462	98,4%
	NO	1160	14178	98,4%
P710	HO	1160	13996	98,4%
	NO	1380	17335	98,3%
P800	HO	1380	15744	98,5%
	NO	1530	17930	98,4%
P630T7	HO	630	9674	98,5%
	NO	730	11315	98,5%
P710T7	HO	730	10965	98,5%
	NO	850	12903	98,5%
P800T7	HO	850	12890	98,5%
	NO	945	14533	98,5%
P900T7	HO	945	14457	98,5%
	NO	1060	16375	98,5%
P1M0T7	HO	1060	15899	98,5%
	NO	1260	19207	98,5%
P1M2T7	HO	1260	19105	98,5%
	NO	1415	21857	98,5%

daje to w efekcie kwotę bliską 40 000 zł. Jest kwota będąca równoważnością ok. 20-25% ceny początkowej przetwornicy o mocy 1 MW. Wynika z tego w ciągu 4-5 lat dodatkowo za zużytą energię elektryczną zapłacimy tyle ile za nowe urządzenie. Tylko z powodu tego, że nie zastosowano przetwornic o najwyższych dostępnych na rynku, sprawnościach.

Jak widać z zestawienia gwarantowana 98% sprawność tych jednostek jest dość znacznie przekroczone – średnia wartość sprawności wynosi 98,5%.

Co oznacza 1% sprawności przetwornicy łatwo się przekonać przekładając to na konkretne liczby wyrażające ilość strat cieplnych wyrażoną w Watach lub w kiloWatach, szczególnie dla urządzeń dużych mocy.

Dla zapewnienia właściwej wentylacji pomieszczenia, w którym będą pracować takie jednostki trzeba przyjąć, że na każdy 1 kW strat cieplnych trzeba przeznaczyć dodatkowo 1,2 kW w urządzeniach wentylacji i klimatyzacji zapewniających właściwe warunki pracy.

Rozpatrzmy przykład dla przetwornicy o mocy 1 MW użytkowanej przez 6000 godzin rocznie.

Straty spowodowane niższą o 1% sprawnością to ok. 60 000 kWh. Dodatkowe potrzeby systemu wentylacji i klimatyzacji to kolejne 72 000 kWh. Razem to daje 132 000 kWh dodatkowego zużycia energii elektrycznej dla realizacji tego samego zadania regulacyjnego. Przy średniej stawce na energię elektryczną równą 0,3 zł/kWh

### 3. ROZWIĄZANIA O OBNIŻONYM WŁYWIE NA PARAMETRY SIECI ZASILAJĄCEJ

Przetwornice częstotliwości ze względu na coraz powszechniejsze stosowanie i ich rosnącą liczbę w aplikacjach przemysłowych mogą być potencjalnie źródłem zaburzeń w sieci zasilającej, ponieważ pobierany przez nie z sieci prąd nie jest sinusoidalny i jego wyższe harmoniczne przenoszą dużą część mocy pobieranej z sieci zasilania. Wyższe harmoniczne niskich rzędów są przyczyną dużych strat i zaburzeń w poprawnej pracy sieci energetycznej. Działania techniczne lub stosowanie urządzeń o obniżonym wpływie na parametry sieci ma na celu jedynie minimalizowanie tych negatywnych skutków.

Zniekształcenia prądowe związane są z urządzeniami, natomiast zniekształcenia napięciowe związane są z układem pracy (środowiskiem) danego urządzenia.

Dla określenia poziomu zniekształceń napięciowych konieczna jest wiedza o poziomie zniekształceń prądowych i zwarciowej impedancji układu. Nie jest możliwe określenie zniekształceń napięciowych jedynie na podstawie znajomości parametrów napędu. Zniekształcenia napięciowe charakteryzują parametry układu zasilania. Zniekształcenia prądowe charakteryzują indywidualne cechy urządzenia.

Dla przedstawienia dopuszczalnych poziomów zawartości harmonicznych w przebiegach napięć lub prądów wprowadzono pojęcie współczynnika *THD* (*Total Harmonic Distortion*), tj. całkowitej zawartości harmonicznych. Jest on odpowiednio definiowany dla zawartości harmonicznych napięcia i prądu jako THDu i THDi.

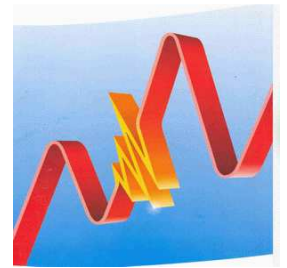
#### **Metody ograniczania zaburzeń przewodowych wprowadzanych do sieci zasilania przez przetwornice częstotliwości VLT<sup>®</sup>**

Danfoss od wielu lat standardowo wyposaża produkowane przetwornice w wbudowane w obwodzie pośrednim dławiki prądu stałego. Rozwiązanie to – najprostsze z możliwych sposobów ograniczania wpływu pracy nieliniowego obwodu wejściowego na parametry sieci zasilającej pozwala na ograniczenie THDi do poziomu 30-40% w zależności od zakresu mocy jednostek i ich aktualnego obciążenia. Wbudowane dławiki DC nie tylko zapewniają zgodność ograniczenia harmonicznych z dopuszczalnymi poziomami w większości aplikacji, ale także zapewniają wydłużoną żywotność kondensatorów obwodu DC przetwornic

Rozwiązanie to jest wystarczające dla przeważającej liczby aplikacji. Przy doborze urządzeń i analizie instalacji należy mieć na uwadze by sumaryczna moc urządzeń o nieliniowej charakterystyce obciążenia (w tym również przetwornic częstotliwości) nie przekroczyła wartości, która mogła by spowodować podniesienie wartości THDu powyżej poziomu określonego dla danego typu instalacji.

Przy założeniu, że jedynym rodzajem nieliniowych odbiorników są przetwornice częstotliwości to spełnienie wymagań dla THDu w przypadku instalacji przemysłowych (THDu < 8%) jest możliwe przy zapewnieniu, że sumaryczna moc zainstalowanych przetwornic nie przekroczy 60% mocy obciążeniowej transformatora niskiego napięcia.

Warunek ten z reguły spełniony dla zdecydowanej większości instalacji.



Jeśli jesteś zainteresowany pogłębieniem wiedzy na temat zagadnień EMC w technice napędów regulowanych częstotliwościowo odwiedź

[www.anap.pl](http://www.anap.pl)

Ale często ten „mniejszościowy” udział pozostałych instalacji może mieć bardzo istotny wpływ na prawidłowe funkcjonowanie zakładu przemysłowego. Niejednokrotnie nasycenie napędami regulowanymi w pewnych obszarach przemysłu lub na wydzielonych oddziałach technologicznych jest tak duże, że bardzo trudne staje się (często również niemożliwe) poprawne rozdzielenie obciążeń klasy falownikowej na kilka transformatorów niskiego napięcia. Wtedy trzeba sięgnąć po rozwiązania pozwalające na utrzymanie wymaganych parametrów sieci zasilającej nawet przy bardzo dużym udziale obciążeń falownikowych w ogólnym bilansie odbiorników.

Danfoss oferuje różne techniki i rozwiązania redukcji harmonicznych. Oprócz wcześniej wspomnianych standardowo wbudowanych dławików DC dostępne są następujące rozwiązania:

- wejściowe filtry pasywne
- wejściowe filtry aktywne
- przetwornice częstotliwości VLT<sup>®</sup> Low Harmonic Drive (LHD)

### **Wejściowe filtry pasywne**

Wejściowe filtry pasywne AHF010 i AHF005 dostępne jako wyposażenie uzupełniające dla instalacji z przetwornicami częstotliwości pozwalają na redukcję poziomu THDi odpowiednio do 10% (AHF010) i 5% (AHF005).

Filtry AHF005 i AHF010 są zaawansowanymi filtrami harmonicznych. Zostały zaprojektowane w szczególności do współpracy z przetwornicami firmy Danfoss.



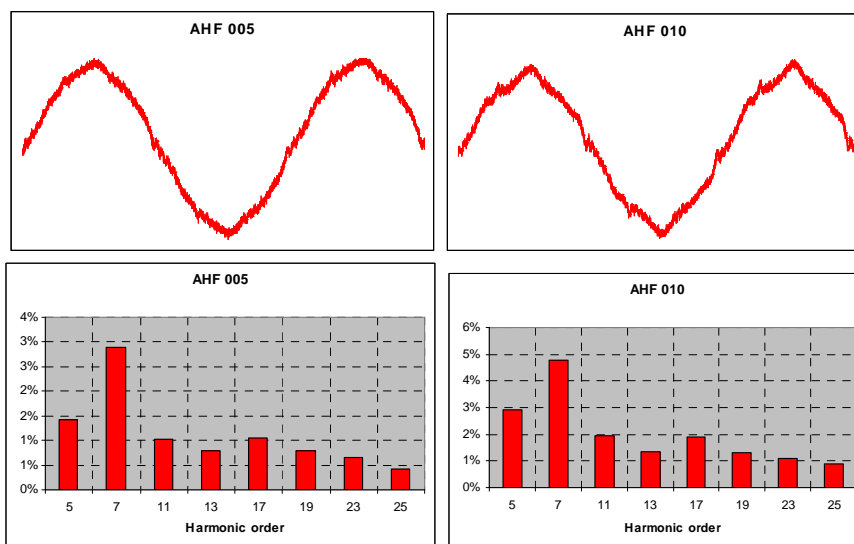
#### Podstawowe parametry

Napięcie zasilania: 360 - 500 Vac-50/60Hz; 3  
x600-690 Vac 50/60 Hz  
Prąd znamionowy filtra: 10-325A @ 400V; 43- 217 A @ 690V  
(dla wyższych mocy moduły mogą być połączone równolegle)

#### Charakterystyka filtrów AHF010 i AHF005.

- małe kompaktowe obudowy wyposażone w panel podłączeniowy,
- łatwe do zastosowania w aplikacjach z przetwornicami,
- możliwość równoległego łączenia dla zapewnienia obsługi przetwornic dużych mocy
- wysoka sprawność, powyżej 98%

Wiadomo, że idealne 3-fazowe napięcie zasilające praktycznie nie istnieje. Filtry harmoniczne Danfoss AHF005 i AHF010 są tak efektywne, że zapewniają wartość THDi do 10% i 5%, także, jeśli wcześniej w sieci współczynnik zawartości harmonicznych napięcia wynosił do 2% lub asymetria napięcia wyniosła do 2%. Należy pamiętać, że wszystkie inne filtry harmonicznych oraz prostowniki 12 i 18 pulsowe są podatne na nieidealne napięcie zasilające takie jak asymetria napięcia lub napięcie zniekształcone. Nieidealne parametry napięcia zasilania nie są i nie powinny być brane pod uwagę jako czynnik ograniczający zastosowania rozwiązań wykorzystujących filtry AHF010 i AHF005. Na rys. 5 przedstawiono typowe przebiegi i widmo harmonicznych dla filtrów AHF010 i AHF005.



Rys. 5. Kształt prądu i widmo dla filtrów AHF005/010 dla nominalnego obciążenia

## Wejściowe filtry aktywne

Wejściowe filtry aktywne AHF 004 są kolejnym rozwiązaniem pozwalającym na ograniczenie wpływu nieliniowego charakteru obwodów wejściowych przetwornic częstotliwości na parametry sieci zasilającej. W odróżnieniu do filtrów pasywnych AHF dobór filtra aktywnego jest dokonywany w oparciu o rzeczywisty (lub oczekiwany) poziom wprowadzanych zaburzeń a nie jak w przypadku AHF, który musi być dobrany do maksymalnej wartości prądu występującego w linii zasilania przetwornicy (lub przetwornic w przypadku zabezpieczenia grupowego). Dzięki temu dobór filtrów aktywnych może być zdecydowanie bardziej zoptymalizowany pod względem energetycznym niż filtrów pasywnych.



Proponowane filtry aktywne AHF 004 pozwalają na redukcję THDi do poziomu poniżej 5% i są oferowane w wykonaniach mechanicznych podobnych do wykonań przetwornic częstotliwości grupy HPD z zachowaniem inteligentnego sposobu chłodzenia zapewniającego pełną separację kanału wentylacji stopnia mocy od części elektroniki i energoelektroniki sterującej.

Wejściowe filtry aktywne są dedykowane głównie do instalacji, w których w grę wchodzi spełnienie wymagań najostrzejszych standardów i norm odnośnie harmonicznym, instalacji zasilanych z generatorów oraz dla napędów w sieciach z ograniczoną mocą dyspozycyjną zarówno dla „zabezpieczenia” indywidualnych jednostek napędowych jak grup przetwornic częstotliwości.

Zakres oferty Danfoss obejmuje filtry aktywne w zakresie mocy przetwornic (lub grup przetwornic) 132 – 630 kW dla napięcia zasilania 380-480V. Wykonania dla napięcia zasilania 600-690V będą dostępne w późniejszym okresie.

Standardowo filtry aktywne są wyposażone w wejściowe filtry RFI klasy A2 zapewniające ochronę przed nadmiernym poziomem zakłóceń przewodowych z zakresu radiowego. Opcjonalnie mogą być wyposażone w wbudowane filtry RFI klasy A1.

## VLT<sup>®</sup> Low Harmonic Drive (VLT<sup>®</sup> LHD)

Przetwornice Danfoss z nowej rodziny VLT<sup>®</sup> Low Harmonic Drives (LHD) są rozwiązaniem łączącym w sobie standardową przetwornicę częstotliwości dużych mocy z wbudowanymi fabrycznie systemami filtracji aktywnej i pasywnej gwarantującymi obniżenie poziomu THDi obwodu wejściowego do wartości < 5%.



Przetwornice VLT<sup>®</sup> Low Harmonic Drive są napędami przyjaznymi dla silników. Parametry impulsowych napięć wyjściowych i napięć wałowych odpowiadają silnikom spełniającym normy IEC60034-17/25 oraz NEMA-MG1-1998 część 31.4.4.2. Napędy VLT<sup>®</sup> Low Harmonic Drive przejęły od standardowych napędów dużych mocy oprócz budowy modułowej również bardzo wysoką sprawność, wydzielony tylny kanał chłodzący oraz prostą obsługę. Napędy VLT<sup>®</sup> Low Harmonic Drive spełniają najostrzejsze wymogi dotyczące ograniczenia wyższych harmonicznych, zapewniając jednocześnie użytkownikowi dostęp do pełnej informacji odnośnie bieżącej współpracy napędu z siecią, łącznie z graficznym podglądem wartości chwilowych parametrów sieci.

VLT<sup>®</sup> Low Harmonic Drive są dedykowane głównie na niżej podanych obszarów:

> Gdy w grę wchodzi spełnienie wymagań najostrzejszych standardów i norm odnośnie harmonicznych

> Dla instalacji zasilanych z generatorów

> Dla instalacji z rezerwowym generatorem

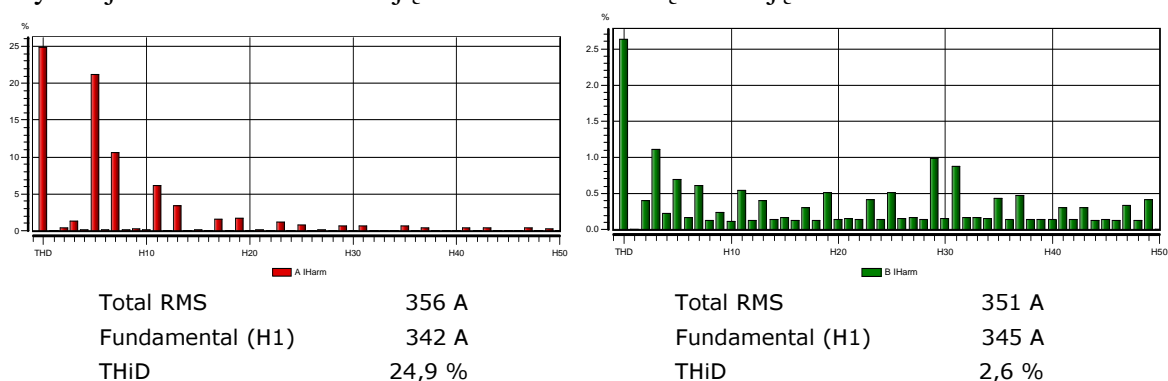
> Dla sieci „miękkich” o wysokiej wartości impedancji zwarcia

> Dla napędów w sieciach z ograniczoną mocą dyspozycyjną

Aktualnie VLT<sup>®</sup> LHD są dostępne dla zakresu mocy 132/160 – 630/710 kW (wysoka przeciążalność/normalna przeciążalność) – napięcie zasilania 380 – 460 V AC 50 – 60 Hz.

Wykonania mechaniczne w obudowach w stopniu ochrony IP 21 i IP 54.

Na rys. 7 pokazano wyniki testów porównawczych dla standardowej przetwornicy z 6-pulsowym prostownikiem i wbudowanym dławikiem DC oraz przetwornicy serii VLT<sup>®</sup> LHD. Wyniki jednoznacznie wskazują na blisko 10-krotną redukcję wartości THDi



Rys. 7. Wyniki testów porównawczych dla przetwornic serii VLT<sup>®</sup> LHD

Szczegółowe informacje dotyczące przetwornic częstotliwości i innych produktów oferty Danfoss Drives można znaleźć na stronie internetowej: [www.danfoss.pl/napedy](http://www.danfoss.pl/napedy).

Więcej o zagadnieniach EMC w technice napędów regulowanych : [www.anap.pl](http://www.anap.pl)