

ENGINEERING
TOMORROW

Danfoss

Waarom is **harmonischen-
reductie** belangrijk?

1,7%

verbeterde efficiën-
tie met VLT® AQUA
Drive en VLT®
Advanced Active
Filter voor harmoni-
schenreductie

www.vlt-drives.danfoss.com

VLT[®]
THE REAL DRIVE

Gebruik de beste oplossing voor harmonischnreductie!

De zogenoemde AFE (Active Front End) techniek is in korte tijd populair geworden voor het terugdringen van hogere harmonischen. In dit artikel wordt de veelgebruikte AFE techniek uitgedaagd en aangegeven waar extra winst gerealiseerd kan worden.

Moet u aandacht besteden aan hogere harmonischen?

Harmonischen kunnen in uw installatie de volgende problemen veroorzaken:

- transformator overbelasting en verhoogd geluidsniveau
- oververhitting van kabels
- versnelde veroudering van apparatuur zoals PLC's en beveiligingsrelais
- koppelrimpel bij direct-on-line motoren
- storingen of zelfs defecten bij elektronische apparatuur

Dus, samengevat is het antwoord:
- JA. Het is ook belangrijk aandacht te besteden aan de eisen van de netwerkbeheerder voor de maximaal toelaatbare stroomvorming aan de primaire zijde van de transformator. In een notendop, harmonischen zijn een belangrijk aandachtspunt – maar er zijn verschillende oplossingen.

Veel gebruikte oplossingen

De meeste fabrikanten van "premium" frequentieomvormers voorzien hun frequentieomvormers van standaard harmonischnreductie in de vorm van DC- of AC-smoorspoelen. Met deze techniek wordt de THDi (totale harmonische stroomvorming) gereduceerd van 100% (frequentieomvormers zonder DC- of AC-smoorspoelen) naar een niveau onder 40% THDi. Dit niveau is in de meeste situaties voldoende om de problemen met hogere

harmonischen te minimaliseren, mede afhankelijk van de totale belasting van de transformator en het aandeel frequentieomvormers dat door de transformator wordt gevoed.

Wanneer een belangrijk deel van de belasting bestaat uit frequentieomvormers is het verstandig een harmonischnberekening uit te voeren.

- Voor een snelle berekening kunt u een software-tool voor harmonischnberekening gebruiken zoals Danfoss VLT® Motion Control Tool MCT 31 dat gratis kan worden gedownload van: <http://vlt-drives.danfoss.com/products/engineering-software/> of
- Voor een nauwkeuriger berekening benadert u Danfoss of een andere gespecialiseerde onderneming voor on-site meting van de stroom- en spanningsharmonischen.

Alle bouwgroottes van de Danfoss VLT® AQUA Drive zijn voorzien van een ingebouwde DC-smoorspoel. Een van de voordelen van een DC-smoorspoel ten opzichte van een AC-smoorspoel is dat er geen spanningsverlies optreedt over de smoorspoelen in de DC-tussenkring. Frequentieregelaars met AC-smoorspoelen verliezen intern over het algemeen 3% van de voedingsspanning. Door dit verlies zal de elektromotor met een lagere spanning worden gevoed, en daardoor bij hetzelfde vermogen een hogere stroom opnemen.

AFE en vermogensverlies

Active Front End (AFE) frequentieomvormers zijn oorspronkelijk ontwikkeld voor het terugleveren van elektrisch vermogen aan de voeding in toepassingen waar vaak en langdurig wordt geremd zoals in kranen en andere hijstoepassingen. Aangezien een AFE frequentieregelaar een actieve gelijkrichter gebruikt, meestal in de vorm van een IGBT ingangsbrug, is de harmonische stroomvorming bijzonder laag. De AFE techniek kent ook nadelen:

- In een AFE frequentieregelaar is alle vermogenselectronica in serie geplaatst. Dit betekent dat wanneer één component faalt, bijvoorbeeld in het filter, de gehele aandrijving stopt, met stilstand als gevolg
- Een AFE drive bevat tweemaal zoveel vermogenselectronica als een standaard frequentieregelaar plus een noodzakelijk LCL filter, dat in een standaard drive niet wordt toegepast. Het verdubbeld aantal elektrische componenten leidt tot een verdubbeling van de faalkans.
- Een verdubbeling van de vermogenselectronica betekent ook een groter vermogensverlies in de frequentieregelaar:
 - Een standaard frequentieregelaar van een "premium" fabrikant heeft een vermogensverlies van ca. 2%. Voor exacte waardes, raadpleeg de VLT® AQUA Drive Design Guide.
 - De extra warmteafgifte van een AFE frequentieomvormer ten opzichte van een VLT® AQUA Drive kan 137% of meer zijn – zoals hieronder weergegeven in Tabel 1.

Frequency converter	Manufacturer	Heat loss
VLT® AQUA Drive FC 202 132 kW with DC choke	Danfoss	2.9 kW
Standard drive, 132 kW with AC choke	Other leading drives manufacturer	3.3 kW
AFE drive, 132 kW with AC choke	Other leading drives manufacturer	7.0 kW

Heat loss comparison

Wanneer de extra harmonischenreductie niet noodzakelijk is, is het niet zinvol om 150-200% van de aanschafprijs van een gewone frequentieomvormer te investeren in een alternatieve frequentieomvormer met lagere efficiëntie. De belangrijkste functie van een frequentieomvormer in een pomptoepassing is tenslotte het realiseren van energiebesparing.

Zijn er alternatieven?

Jazeker! Harmonischenreductie met een VLT® Advanced Active Filter (AAF) in een Danfoss Low Harmonic Drive, of als separaat filter, verdient in de meeste gevallen de voorkeur. In tegenstelling tot een AFE frequentieomvormer, wordt de AAF filteroplossing parallel aan de frequentieregelaar aangesloten, waardoor de stroom naar de frequentieomvormer(s) niet dóór het filter loopt.

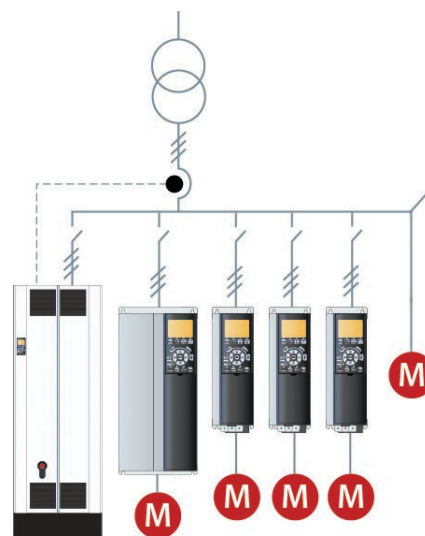
Op deze manier is de Danfoss Low Harmonic Drive (LHD) ontstaan, een combinatie van een standaard VLT® frequentieomvormer met bijpassend AAF filter, samengebouwd in één behuizing.

Een ander voordeel van het AAF is de ingebouwde "slaapmodus" functie die zowel toepasbaar is in de Low Harmonic Drive als in de standalone toepassing van de AAF. Wanneer de belasting laag is en het harmonischenniveau daardoor eveneens daalt (instelbare waarde in het AAF) zal het AAF in slaapmodus gaan om energie te besparen. Voor een vergelijkbare AFE oplossing, zijn de extra verliezen vanwege harmonischenfiltering continu aanwezig.

Zie onderstaande rekenvoorbeelden voor een fictieve waterzuiveringsinstallatie met meerdere frequentieomvormers.

Methode harmonischenreductie	Voordelen	Nadelen
AFE drive	<ul style="list-style-type: none"> ■ Uitstekende reductie harmonischen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Lage efficiëntie bij alle belastingniveau's ■ Alleen beschikbaar voor vermogens vanaf 55 kW ■ Verbinding in serie leidt tot uitval van de aandrijving in geval van een defect filtercomponent
Low Harmonic Drive / AAF Advanced Active Filter in combinatie met conventionele drives	<ul style="list-style-type: none"> ■ Excellent harmonic mitigation ■ Activering van "slaapmodus" bij lage belasting van de transformator wanneer de extra harmonischenreductie niet noodzakelijk is – bespaart nog meer energie ■ Het filter is parallel aan de hoofdstroom geïnstalleerd zodat een defect in het filter niet tot stilstand leidt. ■ Lagere verliezen dan een AFE 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Berekening van het harmonischenniveau op systeemniveau is vaak gewenst, bijvoorbeeld met VLT® Motion Control Tool MCT 31 van Danfoss.

Vergelijking van AFE en AAF oplossingen



Groepcompensatie met Danfoss VLT® Advanced Active Filter

Vergelijking van bedrijfskosten en efficiëntie

De vergelijking van totale kosten en efficiëntie is berekend aan de hand van een voorbeeld, een kleine waterzuivering bestaande uit:

- Transformator 1000 kVA, 400 V, 50 Hz
- Geïnstalleerde apparatuur:

Frequentieomvormer vermogen [kW]	Aantal	Verliezen per frequentieomvormer met standaard drives + AFE op 90 & 132kW van andere leverancier [kW]	Verliezen per frequentieomvormer met standaard Danfoss VLT® AQUA Drive + AAF 250 A [kW]
1,1	2	0,1	0,058
5,5	2	0,2	0,187
15	2	0,44	0,392
22	2	0,61	0,525
55	2	1,44	1,083
90	2	6,0	1,474
132	2	7,0	2,949
AAF 250A	1	-	7,0
Totaal geïnstalleerd vermogen 641,2 kW		Totale warmteafgifte 31,58 kW	Totale warmteafgifte 20,336 kW

Vergelijking bedrijfskosten

De bedrijfskosten zijn berekend op basis van 24/7 continubedrijf met gemiddeld 60% belasting.

1. AFE oplossing:

Geïnstalleerde apparatuur:

- 2 stuks 90 kW + 2 stuks 132 kW AFE drives.
- De overige aandrijvingen zijn standaard frequentie omvormers met een AC smoorspoel ($\approx 40\%$ THDi)

Totale warmteafgifte bij vollast, berekend op basis van cataloguswaarden: **31,58 kW**
Resultaat: THDi $\approx 13\%$, THDv $< 5\%$

Bedrijfskosten:

24 uur x 365 dagen x gemiddelde belasting
31,58 kW x 8760 h x 0,1 EUR/kWh x 0,6
= **16.598 EUR** jaarlijks.

2. Danfoss VLT® Advanced Active Filter compenseert meerdere frequentieomvormers:

Voor alle vermogens zijn VLT® AQUA Drives met DC-smoorspoel geïnstalleerd ($\approx 40\%$ THDi) +

1 stuks VLT® Advanced Active Filter 250 A
Totale warmteafgifte vollast: **20,336 kW**
Resultaat: THDi $\approx 14\%$, THDv $< 5\%$

Bedrijfskosten:

24 uur x 365 dagen x gemiddelde belasting
20,336 kW x 8760h x 0,1 EUR/kwh x 0,6 = 10.689 EUR jaarlijks.

Op jaarbasis is het verschil in bedrijfskosten tussen de AFE en de oplossing met Danfoss VLT® Advanced Active Filter: 16.598 EUR – 10.689 EUR = **5.909 EUR**.

Na een periode van 10 jaar is de totale besparing: 5.909 EUR x 10 = **59.090 EUR**.

Vergelijking van efficiëntie

Voor de vergelijking van efficiëntie vergelijken we de verhoudingen tussen warmteafgifte en het geïnstalleerd vermogen, voor respectievelijk AFE en AAF:

1. AFE oplossing:

Warmteafgifte / totaal vermogen
= 31,58/641,2 = **4,9%**

2. AAF oplossing:

Warmteafgifte/ totaal vermogen
= 20,336/641,2 = **3,2%**

Verskil in efficiëntie = 4,9 – 3,2 = **1,7%**

Het verschil in warmteafgifte leidt tot een verbetering van de energie-efficiëntie met 1,7% door het gebruik van Danfoss AAF in plaats van AFE.

Het voordeel van AAF

De berekeningen tonen aan dat een oplossing met AAF leidt tot reductie van harmonischen, minder kans op stilstand van de aandrijving, tegen lagere bedrijfskosten en met hogere efficiëntie, in vergelijking met een AFE oplossing.

Auteur: Peder Wale (Business Developer Water & Energy, Danfoss AB Sweden)

Technische inputs: Vasile Bucelea (Business Developer High Power Drives, Danfoss Power Electronics A/S)