ENGINEERING TOMORROW

Ontwerphandleiding | VLT® AQUA Drive FC 200

Facilitaire **dienstverlening**, ontwerp en projectengineering voor **drinkwater-** en **afvalwaterinstallaties**

4 stappen

naar een betrouwbare installatie. Danfoss ondersteunt uw projectplanning met jarenlange ervaring.



drives.danfoss.com | VLT®

Met de uitneembare checklist achterin deze handleiding in vier stappen naar een optimaal ontwerp.



Inhoud

Ontwerphulpmiddelen **6**

Deel 1: Basis **8**

Kostenreductie en meer gebruiksgemak 8

Toerenregeling bespaart energie 9

Vergroot kosteneffectiviteit 10

Realiseer potentiële besparingen in de praktijk 11

Deel 2: Vier stappen naar een optimaal systeem **12**

Stap 1: Praktische aspecten van de AC-voeding **12**

De configuratie van de voeding

Praktische aspecten van elektromagnetische compatibiliteit (EMC) **13**

Elektromagnetische effecten: tweerichtingsverkeer

De verantwoordelijkheden van de gebruiker

Twee mogelijkheden om storingen te beperken

Het onderscheid tussen interferentie door geleiding en door straling 14

Koppeling tussen elektrische schakelingen

Conductieve koppeling

Capacitieve koppeling

Koppeling door straling

Praktische aspecten van netkwaliteit **15**

Netverstoring door hogere harmonischen

Voedingsspanning

Kwaliteit vastgelegd in normen

Hoe netverstoring ontstaat

Praktische aspecten van netverstoring door hogere harmonischen (laagfrequente verstoring) **16**

Effecten van netverstoring

Onderspanningswaarschuwingen

Hogere verliezen

Bestaan frequentieregelaars zonder netverstoring?

Analyse van netverstoring

Praktische aspecten van reductie van netverstoringen **17**

Opties voor reductie van netverstoring

Smoorspoelen in de ingang of in de DC-tussenkring

Gelijkrichter met 12, 18 of 24 puls gelijkrichting

Passieve filters

Voordelen van passieve filters

Nadelen van passieve filters

Actieve filters 18

Voordelen van actieve filters

Nadelen van actieve filters

Stroom- en vervormingsspectrum bij vollast

"Slim" DC link 19

Active front end

Voordelen van AFE 20

Nadelen van AFE

Praktische aspecten van hoogfrequente verstoringen (RFI) **21**

Radiofrequente interferentie

Normen en richtlijnen definiëren de limieten

Praktische aspecten van 1st en 2nd environment **22**

De opstellingsplaats is bepalend

1st environment (Klasse B): huishoudelijke omgeving

2nd environment (Klasse A): industriële omgeving

Speciale omgevingen

Geen concessies

Praktische aspecten van netbeveiligingen **23**

Arbeidsfactor (cos φ) compensatie

Nettransiënten

Praktische aspecten van bedrijf met een transformator of stand-bygenerator **24**

Maximale benutting van de transformator

Transformatorbelasting

Netkwaliteit

Gebruik met stand-bygenerator

Inhoud

Stap 2: Praktische aspecten van omgevingsomstandigheden **25**
De juiste montageplaats:
Kastmontage versus wandmontage
Praktische aspecten van de IP-klasse **26**
IP-classificatie volgens IEC 60529
Praktische aspecten van het ontwerp van koeling **27**
Voldoen aan de gespecificeerde omgevingstemperatuur
Koeling
Relatieve vochtigheid
Praktische aspecten van speciale eisen **28**
Agressieve omgeving of gassen
Stofrijke omgeving 29
Minder koeling
Koelventilatoren
Stoffilters
Praktische aspecten van explosiegevaarlijke gebieden **30**
Potentieel explosiegevaarlijke gebieden
Stap 3: Praktische aspecten van motoren en kabels **31**
Minimale rendementsklassen voor elektromotoren
Verplicht minimumrendement
IE- en Eff-klassen: grote verschillen in de details
Driefasenmotoren waarvoor MEPS verplicht is
Praktische aspecten van IE-classificatie van motoren **32**
Schema voor MEPS-implementatie
Voldoen aan de gespecificeerde montageafmetingen van EN 50347
Kostenbesparing
Praktische aspecten van EC- en PM-motoren **33**
Verschillende technische benamingen
De technologie
Hoog rendement
Het Danfoss EC+-concept
Oversynchroon bedrijf 34
Standaard IEC-behuizing
Praktische aspecten van motoren die geschikt zijn voor frequentieregelaarbedrijf **35**
Selectiecriteria
Isolatiebelasting
Lagerbelasting
Thermische belasting
Praktische aspecten van uitgangsfilters **36**
Sinusfilters en du/dt-filters
Functies en taken van sinusfilters
Wanneer worden sinusfilters toegepast?
Renovatie
Praktische aspecten van motorkabels **37**
Nominale spanning
Kabeldimensionering
Lengte motorkabel
Energiebesparing
Kabels met geschikte afscherming
Praktische aspecten van aarding **38**
Het belang van aarding
Elektrisch geleidende materialen
Aarding in sterconfiguratie
Goed contact
Oppervlak van geleider

Praktische aspecten van afscherming **39**
Het belang van afscherming
Afgeschermde kabels en bedrading
Afwerking van de afscherming
Onderbrekingen in de afscherming
Aardverbinding 40
Motorkabel
Signaalkabel
Soorten afscherming
Stap 4: Praktische aspecten van de selectie van frequentieregelaars **41**
Basisontwerp
Constant of variabel koppel
Praktische aspecten van belastingskarakteristieken van werktuigen **42**
Karakteristieke curves en toepassingen
Praktische aspecten van multimotorbedrijf (speciale toepassing) **43**
Ontwerp
Bekabeling
Praktische implementatie van EMC-maatregelen **44**
De theorie in praktijk brengen
Radiofrequente interferentie
Praktische aanbevelingen
Twee benaderingswijzen voor RFI-filters
Netverstoring 45
De DC-tussenkring beïnvloedt netverstoring
Beperkende maatregelen
Netsmoorspoel
Gelijkrichters met 12, 18 of 24 pulsen per cyclus 46
Passieve filters
Actieve filters, "active front end" en "low harmonic drives"
Praktische aspecten van RCD, residual current devices **47**
AC/DC-reststroombeveiligingen, aardlekbeveiligingen
Lekstroomniveau
Praktische aspecten van aarding en motorbeveiliging **48**
Maatregelen voor aarding in de praktijk
Motorbeveiliging en motor PTC thermistor
Praktische aspecten van bediening en gegevensweergave **49**
Eenvoudig bedieningsconcept
Lokale bediening 50
Duidelijk display
Uniform concept
Bedieningspaneel in de kastdeur
Praktische aspecten van configuratie en parameterbeheer met een pc **51**
Extra opties
Praktische aspecten van datacommunicatie **52**
Bussystemen
Beter alarmmanagement
Beter installatiebeheer
Lagere installatiekosten
Eenvoudigere inbedrijfstelling
Praktische aspecten van aanvullende selectiefactoren **53**
Procesregelaar
Onderhoud
Opslag
VLT® AQUA Drive **54**
EU Richtlijnen voor frequentieregelaars **55**
Index **56**
Afkortingen **59**
Ontwerpchecklist **60**
Opmerkingen **62**

Hulpmiddelen voor concept- en detailontwerp Ontwerphandleiding voor drinkwater en afvalwater

De Danfoss Ontwerphandleiding voor drinkwater- en afvalwaterinstallaties is ontwikkeld voor ingenieursbureaus, overheden, project- en plant-engineers en electrical engineers die actief zijn in drinkwater- en afvalwatertechnologie. Het is een uitgebreide handleiding voor technisch ontwerpers van besturingen en elektrische installaties evenals voor projectmanagers die verantwoordelijk zijn voor projecten met frequentieregelaars.

Voor dit doel hebben onze specialisten de inhoud van deze ontwerphandleiding afgestemd met ontwerpers en gebruikers uit de praktijk om de onderwerpen zo praktisch mogelijk te behandelen. De omschrijvingen van technische fenomenen in de afzonderlijke secties zijn bewust beknopt gehouden. Ze zijn niet bedoeld als een uitputtende uitleg van de technische verschijnselen, maar als een checklist van relevante onderwerpen en eisen voor projectengineering. Op deze manier biedt de "Danfoss Ontwerphandleiding voor drinkwater- en afvalwaterinstallaties" ondersteuning in de projectengineering van toerenregelingen en de evaluatie van producten van verschillende fabrikanten van frequentieregelaars.

Projectengineering van toerengeregelde aandrijvingen leidt regelmatig tot vraagstukken die niet direct verband houden met de specifieke taken van een frequentieregelaar, maar veel meer met de integratie van deze producten in het gehele aandrijfsysteem en de rest van de technische installatie. Om deze reden is het belangrijk niet alleen de frequentieregelaar te beoordelen maar het gehele aandrijfsysteem, bestaande uit elektromotor, frequentieregelaar, bekabeling en het geheel aan omgevingsvariabelen, waaronder de voedingsspanning en de omgevingsomstandigheden.

Projectengineering en lay-out van een toerengeregelde aandrijving zijn van doorslaggevend belang. De besluiten van de projectengineer in de vroege projectstadia zijn cruciaal voor de kwaliteit van de aandrijving, de bedrijfs- en onderhoudskosten en storingsvrij bedrijf. Degelijke engineering in de vroege projectstadia voorkomt onplezierige verrassingen tijdens de bedrijfsvoering van het aandrijfsysteem.

Toepassing van frequentieregelaars vraagt om zorgvuldige afwegingen vanwege de technische eigenschappen van deze apparatuur.





Deze ontwerphandleiding en de ontwerp-checklist zijn ideale hulpmiddelen om het beste ontwerp te realiseren en zo de basis te leggen voor de operationele betrouwbaarheid van het gehele systeem.

De ontwerphandleiding voor drinkwater en afvalwater bestaat uit twee delen. Het eerste deel geeft informatie over het gebruik van frequentieregelaars in het algemeen. Dit omvat de onderwerpen: rendement, optimalisatie van totale gebruikskosten en langere levensduur. Het tweede deel van de ontwerphandleiding behandelt de vier essentiële stappen in het ontwerp van een aandrijfsysteem en geeft tips voor de toepassing van toerenregeling in bestaande installaties. De aandachtspunten voor betrouwbare bedrijfsvoering worden behandeld: selectie en dimensionering van de voeding, omgevingsomstandigheden, de motor en de motorkabels. Alsook de selectie en dimensionering van de frequentieregelaar plus relevante achtergrondinformatie van deze aspecten.

Achter in deze ontwerphandleiding treft u een checklist aan waar de afzonderlijke stappen afgevinkt kunnen worden. Wanneer alle genoemde factoren worden meegenomen realiseert u een optimaal systeemontwerp voor jarenlange betrouwbare bedrijfsvoering.



Deel 1: Basis Kostenreductie en meer gebruiksgemak

Vergeleken met een mechanische toerenregeling kan de toepassing van een elektronische toerenregeling met een frequentieregelaar leiden tot een aanzienlijke energiebesparing en verminderde slijtage. Deze factoren hebben grote invloed op de operationele kosten. Hoe vaker aandrijvingen in deellast draaien, des te groter is het besparingspotentieel op het gebied van energie- en onderhoudskosten. Vanwege het grote besparingspotentieel kan de extra investering in een elektronische toerenregeling vaak in enkele maanden worden terugverdiend. Toerenregeling heeft bovendien een buitengewoon positief effect op verschillende aspecten van de procesregeling en de totale beschikbaarheid van het systeem.

Groot potentieel voor energiebesparing

Met een elektronische toerenregeling kan debiet, druk of verschildruk worden afgestemd op de actuele vraag. In de praktijk functioneren de meeste systemen in deellast, niet in vollast. In het geval van ventilatoren, pompen of compressoren met een variabel koppelkarakteristiek is het energiebesparingspotentieel afhankelijk van het verschil tussen deellast- en vollastbedrijf. Hoe groter dit verschil is, hoe korter de benodigde tijd om de investering terug te verdienen. Meestal is deze periode 12 maanden.

Limitering van startstroom

Inschakeling van elektrische aandrijvingen die direct met het voedend net zijn verbonden leidt tot piekstromen die 6 tot 8 maal zo groot zijn als de nominale stroom. Frequentieregelaars beperken de startstroom tot de nominale motorstroom. Hiermee elimineren ze inschakelpieken en worden spanningsschommelingen als gevolg van tijdelijke overbelasting van de voeding voorkomen. Vanuit het gezichtspunt van de energieleverancier zal de aansluitwaarde van een pompset lager worden waardoor de vaste kosten van de aansluiting lager zullen zijn.

Verminderde slijtage

Frequentieregelaars kunnen elektromotoren rustig en beheerst starten en stoppen. In tegenstelling tot motoren die rechtstreeks op het net worden ingeschakeld, zullen motoren die door een frequentieregelaar worden gevoed geen koppel- of belastingsschokken veroorzaken. Dit verlaagt de belasting in de hele aandrijflijn (motor, tandwielkast, koppeling, pomp/ventilator/compressor), evenals het leidingsysteem inclusief de afdichtingen. Op deze manier zorgt toerenregeling voor verminderde slijtage en verlenging van de levensduur van het gehele systeem. Onderhouds- en reparatiekosten zijn lager dankzij langere onderhoudsintervallen en gereduceerde materiaalslijtage.

Optimale instelling van het bedrijfspunt

Het rendement van drinkwater- en afvalwaterverwerkende systemen is afhankelijk van het optimale bedrijfspunt. Dit bedrijfspunt varieert als de daadwerkelijke benutting van de aanwezige verwerkingscapaciteit varieert. Het gehele systeem zal efficiënter werken als het dichter bij het optimale bedrijfspunt functioneert. Met behulp van continue en traploze toerenregeling kunnen frequentieregelaars een aangedreven werktuig exact op het optimale bedrijfspunt laten draaien.

Groter regelbereik

Met frequentieregelaars kunnen motoren in het "oversynchroon" bereik worden gebruikt, met een frequentie boven 50 Hz. Hierdoor kan tijdelijk extra vermogen worden geleverd. De mate waarin oversynchroon bedrijf mogelijk is, is afhankelijk van de maximale uitgangsstroom en overbelastbaarheid van de frequentieregelaar. In de praktijk worden pompen regelmatig gebruikt op een frequentie van 87 Hz. De motorfabrikant moet worden geraadpleegd omtrent de geschiktheid van de motor voor oversynchroon bedrijf.

Lager geluidsniveau

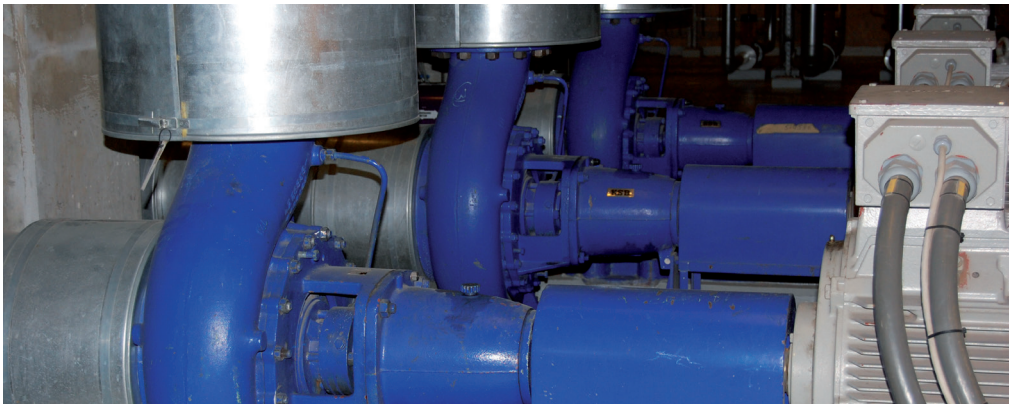
Systemen die in deellast draaien zijn stiller. Door toepassing van toerenregeling wordt de geluidsproductie aanzienlijk gereduceerd.

Verlengde levensduur

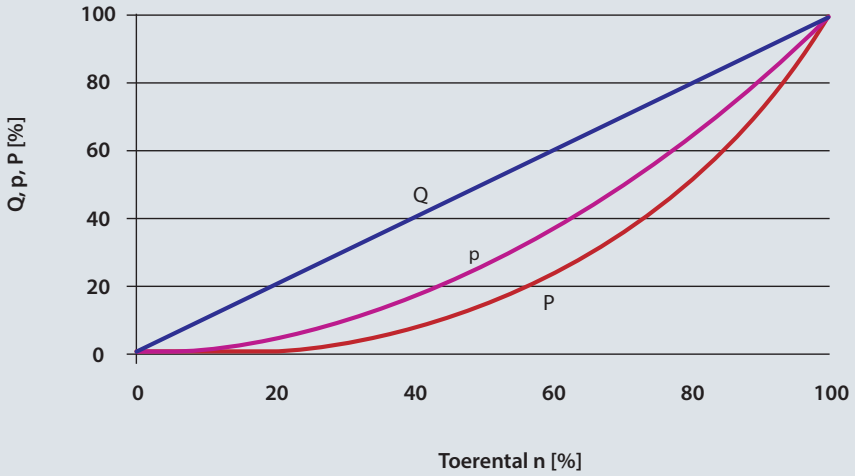
Aandrijvingen die in deellast draaien vertonen minder slijtage waardoor de levensduur wordt verlengd. De lagere, geoptimaliseerde bedrijfsdruk heeft daarnaast een positief effect op de leidingsystemen.

Renovatie

Frequentieregelaars kunnen meestal relatief eenvoudig in bestaande installaties worden toegepast.



Toerenregeling bespaart energie



Proportionaliteitsregels voor stromingsmachines. Vanwege de fysieke relaties zijn de doorvoersnelheid Q, druk p en vermogen P bij stromingsmachines rechtstreeks afhankelijk van de machinesnelheid.

Het energiebesparingspotentieel bij gebruik van een frequentieregelaar is afhankelijk van het belastingstype van de aangedreven last, de optimalisatie van het pomp- en motorrendement door de frequentieregelaar alsook de tijdsduur van het deellastbedrijf. Drinkwater- en afvalwatersystemen worden ontworpen voor pieksituaties die in de praktijk niet vaak voorkomen. In normaal bedrijf zullen de installaties daardoor voornamelijk in deellast werken.

Centrifugaalpompen en ventilatoren bieden het grootste potentieel voor energiebesparing. Deze belastingen vallen in de categorie van de stromingsmachines met variabel-koppelkarakteristiek. Deze hebben de volgende proportionaliteitswetten:

Het debiet neemt lineair toe met de toename van het toerental (rpm), de druk neemt kwadratisch toe en het benodigd vermogen neemt kubiek toe met het stijgen van het toerental (rpm).

De doorslaggevende factor in de energiebesparing is de kubieke relatie tussen toerental en opgenomen vermogen. Een pomp die bijvoorbeeld op half toerental draait zal slechts 1/8 deel van het vermogen nodig hebben, vergeleken met het nominale toerental. Ook kleine reducties van het toerental leiden al tot aanzienlijke energiebesparing. Een verlaging van het toerental met bijvoorbeeld 20% zal leiden tot 50% energiebesparing. Het grootste voordeel van toepassing van een frequentieregelaar is het gegeven dat toerenregeling geen energie verspilt (in tegenstelling tot bijvoorbeeld een regelklep of demper), maar het vermogen aanpast aan de werkelijke behoefte.

Extra energiebesparing kan worden gerealiseerd door optimalisatie van het pomp- of motorrendement door de frequentieregelaar. De uitgangsspanningskarakteristiek (u/f curve) levert de juiste spanning bij iedere frequentie en toerental. Op deze manier voorkomt de regelaar motorverliezen die anders zouden worden veroorzaakt door onevenredig grote blindstromen.

***Opmerking:** Danfoss VLT® AQUA Drive-frequentieregelaars optimaliseren het energieverbruik nog verder. De Automatische Energie Optimalisatie (AEO)-functie past de motorspanning continu aan zodat de motor altijd het hoogst mogelijke rendement heeft. De VLT® AQUA Drive past de motorspanning aan op basis van de actuele gemeten belasting. De extra energiebesparing bedraagt 3 tot 5%.*



Vergroot kosteneffectiviteit

Life Cycle Cost (LCC)-analyse

Tot enkele jaren geleden waren aanschafprijs en installatiekosten de enige criteria bij de selectie van een pompsysteem. Tegenwoordig is een volledige analyse van alle relevante kosten steeds meer gangbaar. Onder de noemer "life cycle cost" (LCC) worden de totale kosten beoordeeld die ontstaan gedurende de levensduur van de apparatuur.

Een "life cycle cost"-analyse omvat niet alleen de aanschaf- en installatiekosten, maar ook de energiekosten, operationele kosten, onderhoudskosten, kosten van stilstand, milieukosten en kosten van verwijdering en afvoer. Twee factoren – energiekosten en onderhoudskosten hebben een doorslaggevende invloed op de totale "life cycle cost". Gebruikers passen geavanceerde pompregelingen toe om deze kosten te reduceren.

LCC = Cic + Cin + Ce + Cop + Co + Cs + Cm + Cu

C_{ic} = initiële kapitaalkosten (aanschaf)

C_{in} = installatie- en inbedrijfnamekosten

C_e = energiekosten

C_s = stilstands- en productieverlieskosten

C_o = operationele kosten

C_{env} = milieukosten

C_m = onderhoudskosten

C_d = uitbedrijfneming- en verwijderingskosten

Berekening van totale kosten tijdens de levensduur

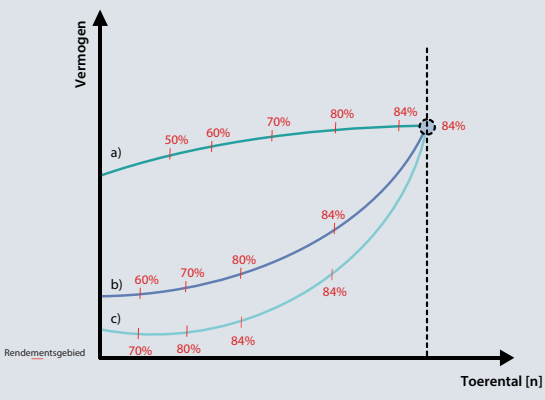
Reductie van energiekosten

Eén van de grootste factoren in de berekening van de levensduurkosten zijn de energiekosten. Dit geldt met name als een pompsysteem meer dan 2000 uren per jaar in bedrijf is.

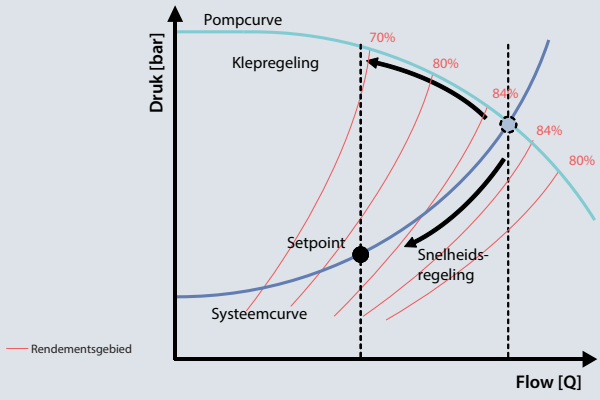
Veel bestaande pompsystemen hebben een groot potentieel voor energiebesparing dat nog niet wordt benut. Dit vloeit voort uit het feit dat de meeste pompaandrijvingen zijn overgedimensioneerd en ontworpen voor een "worst-case" situatie. Het debiet wordt vaak geregeld door een regelklep of smoorklep. In deze regelstrategie draait de pomp altijd op vol toerental en verbruikt onnodig veel energie.

Dit is vergelijkbaar met het besturen van een auto met het gaspedaal volledig ingedrukt en snelheidsregeling met het rempedaal.

Moderne, intelligente frequentieregelaars bieden ideale middelen om zowel energieverbruik als onderhoudskosten te reduceren.



a) Klepregeling: η neemt af
b) Regeling van het actuele toerental: η curve niet in lijn met de systeemcurve
c) Optimale toerenregeling: η curve komt bijna overeen met de systeemcurve



In aanvulling op pomp- en systeemcurves laat deze grafiek verschillende rendementsniveaus zien. Zowel klepregeling als toerenregeling verschuiven het werkpunt uit het optimale rendementsgebied.

Realiseer potentiële besparingen in de praktijk

De omschrijvingen in deel 1 van deze ontwerphandleiding richten zich primair op de principes en potentiële besparingen in drinkwater- en afvalwatertechnologie.

Hier gaat het onder andere om “life cycle cost”, verlaging van energieverbruik en terugbrengen van energie- en onderhoudskosten. Het is nu uw taak om zoveel mogelijk van deze potentiële voordelen door middel van een intelligent en afgewogen ontwerp realiteit te laten worden.

Om u daarbij behulpzaam te zijn leidt deel 2 van deze handleiding u door het ontwerpproces in vier stappen. De volgende hoofdstukken beschrijven de volgende stappen:

- Voedingsspanning
- Omgevingsomstandigheden
- Motoren en bekabeling
- Frequentieregelaars geven informatie over relevante kenmerken en de benodigde basisgegevens voor selectie en dimensionering om uiteindelijk te komen tot een betrouwbare installatie.

Waar het resultaat nog verder kan worden verbeterd door aanvullende informatie worden referenties vermeld naar documenten die de basisinformatie in deze handleiding aanvullen.

De bijgevoegde checklist achter in deze handleiding, die u kunt uitvouwen of verwijderen, is een hulpmiddel waar u de afzonderlijke stappen kunt afvinken. Dit geeft een snel en praktisch overzicht van de relevante ontwerpfactoren.

Deze factoren zijn de basis voor het ontwerp van een betrouwbaar aandrijfsysteem dat efficiënt met energie omgaat.



Deel 2: Vier stappen naar een optimaal systeem
Stap 1: Praktische aspecten van de AC-voeding

De configuratie van de voeding

Er kunnen verschillende AC-voedingsnetten worden gebruikt voor de voeding van frequentieregelaars. De diverse voedingssystemen hebben verschillende invloeden op de EMC-eigenschappen van het systeem. Het vijfdraads TN-S-systeem is in dit opzicht het beste systeem, terwijl het geïsoleerde IT-systeem het minst geschikt is.

TN-netsysteem

Er zijn twee uitvoeringen van dit voedingssysteem:
TN-S en TN-C.

TN-S

Dit is een vijfdraadssysteem met afzonderlijke geleiders voor nul (N) en aarde (PE – protective earth).
Dit systeem biedt de beste EMC-eigenschappen en voorkomt de verspreiding van storingen.

TN-C

Dit is een vierdraadssysteem met een gemeenschappelijke nul en aarde door het gehele voedingssysteem.
Door de combinatie van nul en aardgeleider heeft een TN-C-systeem geen goede EMC-eigenschappen.

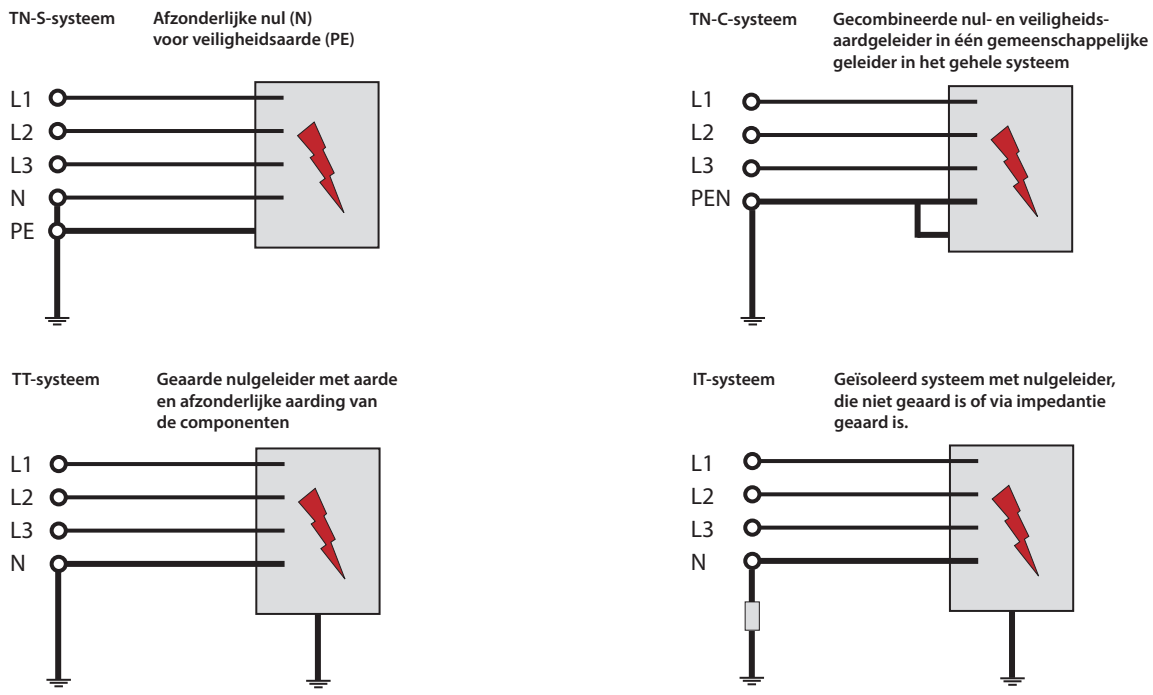
TT-netsysteem

Dit is een vierdraadssysteem met een geaarde nulgeleider en individuele lokale aarding van frequentieregelaars.
Mits correct uitgevoerd heeft dit systeem goede EMC-eigenschappen.

IT-netsysteem

Dit is een geïsoleerd vierdraadssysteem waarbij de nulgeleider niet geaard is, dan wel geaard via een impedantie.

Noot: *Alle EMC-voorzieningen van de frequentieregelaar (filters enz.) moeten uitgeschakeld of losgekoppeld worden bij gebruik in een IT-netsysteem.*



Elektrische netsystemen volgens EN 50310 / HD 384.3

Praktische aspecten van elektromagnetische compatibiliteit (EMC)

Ieder elektrisch apparaat genereert elektrische en magnetische velden die de directe omgeving meer of minder beïnvloeden.

De grootte en gevolgen van deze effecten zijn afhankelijk van het vermogen en ontwerp van het apparaat. In elektrische machines en systemen kan de interactie tussen elektrische of elektronische componenten de storingsvrije werking belemmeren of onmogelijk maken. Het is voor gebruikers en ontwerpers belangrijk om de mechanismen van deze interacties te doorgronden zodat reeds in het ontwerpstadium passende en kosten-efficiënte maatregelen getroffen kunnen worden.

De kosten van passende maatregelen zullen namelijk steeds groter worden als ze later in het project worden doorgevoerd.

Elektromagnetische effecten: tweerichtingsverkeer

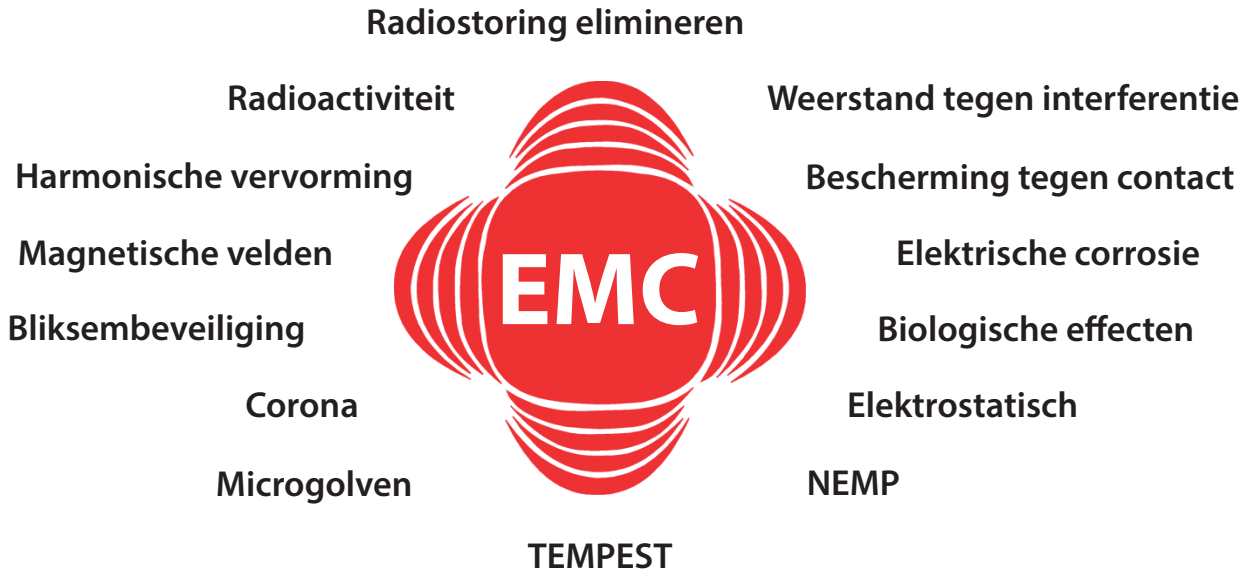
Systeemcomponenten beïnvloeden elkaar: elk apparaat genereert verstoring en wordt beïnvloed door verstoring. Naast de soort en hoeveelheid verstoring die door een apparaat wordt verspreid kan een apparaat ook gekarakteriseerd worden door de ongevoeligheid voor verstoringen vanuit apparaten in de nabijheid.

De verantwoordelijkheden van de gebruiker

Voorheen moest de fabrikant van een component of subsysteem van frequentie-regelaars voorzorgen treffen om te voldoen aan de geldende normen. Met de introductie van de EN 61800-3-norm voor "variable speed drive systems", is deze verantwoordelijkheid overgegaan naar de eindgebruiker van het systeem. Fabrikanten hoeven nu slechts oplossingen aan te reiken voor gebruik in overeenstemming met de limieten in de norm. Bestrijding van eventuele verstoringen (anders gezegd, het inzetten van oplossingen) en de daaruit voortvloeiende kosten zijn de verantwoordelijkheid van de gebruiker.

Twee mogelijkheden om storingen te beperken

Gebruikers en engineers hebben twee mogelijkheden om elektromagnetische compatibiliteit te realiseren. Eén mogelijkheid is de emissie te beperken door de verstoring bij de bron te dempen of volledig te elimineren. De andere mogelijkheid is de immuniteit of ongevoeligheid te vergroten van de componenten die door storingen worden beïnvloed. Dit betekent praktisch dat wordt voorkomen dat storingen worden ontvangen of dat deze ontvangst drastisch wordt beperkt.



Elektromagnetische compatibiliteit (EMC) omvat een grote verscheidenheid aan factoren. De belangrijkste factoren in de toepassing van frequentieregelaars zijn netverstoring, onderdrukking van RFI (Radio Frequente Interferentie) en immuniteit tegen verstoringen.

Praktische aspecten van elektromagnetische compatibiliteit (EMC)

Het onderscheid tussen interferentie door geleiding en door straling

Er is altijd wisselwerking op plaatsen waar meerdere componenten of systemen aanwezig zijn. Experts maken onderscheid tussen de bron van de interferentie en het slachtoffer van de interferentie, ofwel het systeem dat de verstoring veroorzaakt en het systeem dat er door wordt beïnvloed. Alle elektrische en magnetische grootheden kunnen in principe tot verstoringen leiden. Verstoringen kunnen de vorm hebben van hogere harmonischen, elektrostatische ontlading, snelle spanningsfluctuaties, hoogfrequente storingen of stoorvelden. In de praktijk wordt netvervuiling door hogere harmonischen vaak betiteld als "hogere harmonischen" of kortweg "harmonischen".

Koppeling tussen elektrische schakelingen

Blijft de vraag over hoe de verstoringen zich verplaatsen. In de vorm van elektromagnetische emissie kan de verstoring zich verplaatsen via geleiders, elektrische velden of elektromagnetische straling. In technische termen is sprake van koppeling door geleiding, capacitieve of inductieve koppeling of straling als vormen van interactie waardoor elektromagnetische energie van één schakeling naar een andere kan stromen.

Conductieve koppeling

Capacitieve koppeling is het resultaat van spanningsverschillen tussen twee schakelingen.

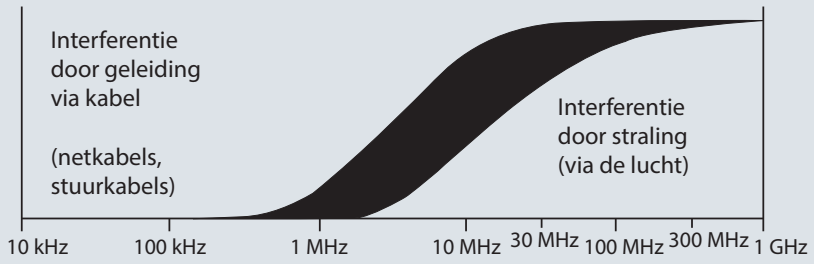
Capacitieve koppeling

Capacitieve koppeling is het resultaat van spanningsverschillen tussen twee schakelingen.
Inductieve koppeling ontstaat tussen twee stroomvoerende geleiders.

Koppeling door straling

Koppeling door straling treedt op wanneer een slachtoffer zich bevindt in het "nabije veld" gebied van een elektromagnetisch veld dat door een stoorbron wordt opgewekt.
Voor de verdere elektromagnetische analyse omschrijft de norm 30 MHz als de grens tussen koppeling door geleiding en koppeling door straling. Dit komt overeen met een golflengte van 10 meter. Onder deze grens van 30 MHz vindt elektromagnetische verstoring voornamelijk plaats in de vorm van geleiding of koppeling door elektrische of magnetische velden. Boven 30 MHz werken draden en kabels als antennes en zenden elektromagnetische straling uit.

Interferentiepaden



Elektromagnetische verstoringen vinden over het hele frequentiebereik plaats maar de verspreidingsvormen en -routes variëren.



Overzicht van koppelwegen voor elektromagnetische verstoring en karakteristieke voorbeelden

Frequentieregelaars en EMC

Laagfrequente effecten (geleiding) → Netverstoring/harmonischen
Hoogfrequente effecten (straling) → Radiofrequente interferentie (uitstraling van elektromagnetische velden)

Praktische aspecten van netkwaliteit

Netverstoring door hogere harmonischen

Voedingsspanning

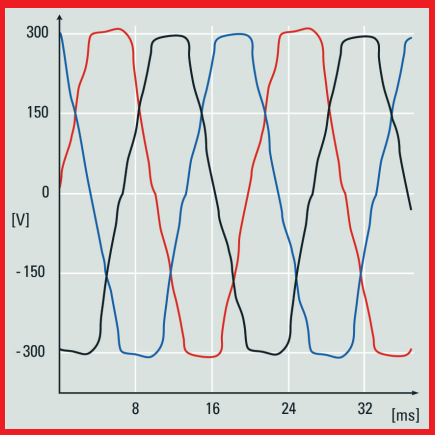
De netspanning zoals die door energiebedrijven wordt geleverd aan huishoudens, bedrijven en de industrie zou een zuiver sinusvormige spanning moeten zijn met constante amplitude en frequentie. Deze ideale situatie bestaat eigenlijk niet meer in openbare elektriciteitsnetten. Dit wordt deels veroorzaakt door belastingen die niet-sinusvormige stromen opnemen uit het net of een niet-lineaire karakteristiek hebben zoals pc's, televisietoestellen, schakelende voedingen, spaarlampen en frequentieregelaars. De netkwaliteit zal in de toekomst alleen verder achteruitgaan vanwege het ontstaan van een Europees energienetwerk, hogere belasting van het netwerk en teruglopende investeringen. Afwijkingen van de ideale sinusvorm zijn onvermijdelijk en, binnen bepaalde grenzen, zelfs toelaatbaar.

Ontwerpers en gebruikers van technische installaties hebben een verplichting netverstoringen tot een minimum te beperken. Maar wat zijn de limieten en wie specificeert ze?

Kwaliteit vastgelegd in normen

Normen, richtlijnen en regelingen zijn hulpmiddelen in discussies over "schone" voedingsnetten. In het merendeel van Europa is de EMC-regelgeving de basis voor een objectieve beoordeling van netkwaliteit. De Europese normen EN 61000-2-2, EN 61000-2-4 en EN 50160 omschrijven de spanningslimieten die hiervoor gelden in openbare en industriële elektriciteitsnetten.

De normen EN 61000-3-2 en 61000-3-12 zijn de regelingen betreffende netverstoring veroorzaakt door aangesloten apparatuur. Eigenaars en gebruikers van installaties moeten eveneens norm EN 50178 en de aansluitvoorwaarden van het energiebedrijf meenemen in de totale analyse. De algemene aanname is hierbij dat alle aangesloten apparatuur en systemen op een elektrische energieverdeling zonder problemen kan functioneren wanneer wordt voldaan aan de grenswaarden van deze normen.

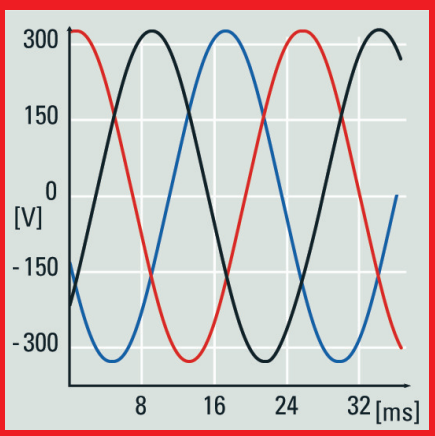


Metingen laten specifieke vervorming zien in de vorm van de netspanning als gevolg van verstoring door niet-lineaire belastingen.

Hoe netverstoring ontstaat

Specialisten omschrijven de vervorming van de sinusvormige netspanning door pulserende ingangsstromen van de aangesloten belastingen als "netverstoring" of "harmonischen". Voor de berekening wordt deze afgeleid door middel van Fourier-analyse, die wordt uitgevoerd voor frequenties tot 2,5 kHz, hetgeen overeenkomt met de 50e harmonische van de netfrequentie.

De ingangsgelijkrichters van frequentieregelaars produceren deze typische vorm van harmonische storing op het net. Waar frequentieregelaars worden aangesloten op een 50 Hz netfrequentie worden de derde harmonische (150 Hz), vijfde harmonische (250 Hz) en zevende harmonische (350 Hz) beoordeeld. Dit zijn de harmonischen waar de effecten het grootst zijn. Het totaal aan vervorming door harmonischen wordt ook wel Total Harmonic Distortion (THD) genoemd, oftewel totale harmonische vervorming.



De ideale situatie van een sinusvormige netspanning wordt tegenwoordig zelden aangetroffen in elektriciteitsnetten.

Praktische aspecten van netverstoring door hogere harmonischen (laagfrequente verstoring)

Analyse van netverstoring

Om overmatige beïnvloeding van de netkwaliteit te voorkomen kan een scala aan reductie-, preventie- of compensatiemethodes worden ingezet bij elektrische systemen of apparaten die harmonischen veroorzaken. Analysesoftware, zoals VLT® MCT 31 Harmonic Calculation software, kan al in het ontwerpstadium worden gebruikt voor systeemanalyse. Op deze manier kunnen gebruikers specifieke voorzieningen vooraf overwegen en doorrekenen en daarmee de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van het systeem waarborgen.

***Opmerking:** Danfoss heeft EMC-expertise op hoog niveau en vele jaren ervaring in dit gebied. Deze ervaring is voor onze klanten beschikbaar in de vorm van trainingen, seminars en workshops of in de dagelijkse praktijk in de vorm van gedetailleerde EMC-analyses of netberekeningen.*

***Noot:** Sterke harmonische vervorming vormt een extra belasting voor arbeidsfactor-compensatieapparatuur en condensatorbanken en kan deze zelfs beschadigen. Om deze reden moet deze apparatuur worden voorzien van smoorspoelen.*



VLT® MCT 31 schat de harmonische stroom en spanningsvervorming van uw toepassing en bepaalt wanneer harmonische filtering nodig is. Daarnaast kan de software het effect van extra filterapparatuur berekenen en kan ze controleren of uw systeem aan de diverse normen voldoet.

Effecten van netverstoring

Harmonischen en spanningsfluctuaties zijn twee vormen van laagfrequente geleide netverstoring. Voor beide vormen geldt dat ze er bij hun oorsprong anders uitzien dan op de plaatsen in het net waar andere belastingen zijn aangesloten.

Om die reden moeten zowel de voeding van het net, de structuur van het net als de aangesloten belastingen worden meegenomen in de beoordeling van netverstoring.
De effecten van een verhoogd harmonischen niveau worden hieronder beschreven.

Onderspannings-waarschuwingen

- Onjuiste spanningsmetingen vanwege vervorming van de sinusvormige netspanning.
- Gereduceerde capaciteit van het voedend net.

Hogere verliezen

- Harmonischen gaan ten koste van het actieve vermogen, schijnbare vermogen en blindvermogen.
- Kortere levensduur van apparatuur en componenten bijvoorbeeld als gevolg van extra warmteontwikkeling afkomstig van resonanties.
- Storingen of schade aan elektrische of elektronische belastingen (bijvoorbeeld een brommend geluid in andere apparaten). In een ongunstige situatie zal apparatuur hierdoor defect raken.
- Onjuiste metingen aangezien alleen “true-RMS”-instrumenten en -metingen rekening houden met harmonischen.

Bestaan er frequentieregelaars zonder netverstoring?

Elke frequentieregelaar genereert interferentie via het net. De huidige norm beschrijft alleen het frequentiebereik tot 2 kHz. Om deze reden verschuiven sommige fabrikanten de netverstoring naar het gebied boven 2 kHz, dat in de norm niet wordt omschreven. Op basis van deze verschuiving wordt dergelijke apparatuur aangeprezen als “vrij van netverstoring”. Limieten voor deze zone worden op dit moment bestudeerd.

Praktische aspecten van reductie van netverstoringen

Opties voor reductie van netverstoring

In het algemeen kan de netverstoring van vermogenselektronica worden gereduceerd door het beperken van de hoogte van de pulserende ingangsstromen. Hierdoor verbetert de arbeidsfactor λ (lambda). Om overmatige beïnvloeding van de netkwaliteit te voorkomen kan een scala aan reductie-, preventie- of compensatiemethodes worden ingezet bij elektrische systemen of apparaten die harmonischen veroorzaken.

- Smoorspoelen in de ingang of in de DC-tussenkring van frequentieregelaars
- "Slim" DC-tussenkring met ondergedimensioneerde condensatoren
- Gelijkrichters met 12, 18 of 24 puls gelijkrichting
- Passieve filters
- Actieve filters
- "Active front end" en VLT® "low harmonic drives"

Smoorspoelen in de ingang of in de DC-tussenkring

Eenvoudige smoorspoelen (ook wel chokes genoemd) leveren een effectieve bijdrage aan de reductie van de harmonischen die gelijkrichters veroorzaken in het voedend net. Leveranciers van frequentieregelaars bieden smoorspoelen vaak aan als optionele onderdelen voor fabrieksleverings of installatie achteraf.

Smoorspoelen kunnen vóór de gelijkrichter van de frequentieregelaar worden geplaatst (in de voeding) of in de DC-tussenkring na de gelijkrichter. De inductie van de spoelen zal in beide locaties hetzelfde effect hebben en de demping van netverstoring is niet afhankelijk van de plaatsing voor of na de gelijkrichter.

Beide opties hebben voor- en nadelen. Ingangssmoorspoelen zijn duurder, groter en hebben grotere verliezen dan DC-smoorspoelen. Het voordeel is dat ze de gelijkrichter eveneens beschermen tegen transiënte spanningen uit het net. DC-smoorspoelen worden in de DC-tussenkring geplaatst en zijn effectiever maar kunnen normaliter niet achteraf gemonteerd worden. Met deze smoorspoelen kan de totale harmonische vervorming van een B6 gelijkrichter worden gereduceerd van een THDi van 80% zonder smoorspoelen naar ongeveer 40%. Uit de praktijk is gebleken dat smoorspoelen met een U_k van 4% nog effectief zijn in frequentieregelaars. Verdere reductie is alleen mogelijk met speciale filters.

Gelijkrichter met 12, 18 of 24 puls gelijkrichting

Gelijkrichters met een groter aantal stroompulsen per periode (12, 18 of 24) veroorzaken minder harmonischen. In het verleden zijn deze uitvoeringen met name toegepast in hoge vermogens.

Deze gelijkrichters moeten echter gevoed worden uit speciale transformatoren met meerdere secundaire windingen die onderling in fase zijn verschoven. Behalve de complexiteit en afmetingen van deze speciale transformatoren heeft deze aanpak als nadeel dat er sprake is van hogere investeringskosten voor zowel transformator als frequentieregelaar.

Passieve filters

In situaties met strikte eisen op het gebied van harmonischen kunnen als alternatief passieve filters worden ingezet. Deze bestaan uit passieve componenten, zoals spoelen en condensatoren.

Specifieke LC-kringen die zijn afgestemd op individuele harmonischen worden parallel aan de belasting geplaatst en brengen de totale harmonische vervorming (THD) aan de voeding terug tot 10% of 5%. Passieve filters kunnen worden toegepast in combinatie met individuele frequentieregelaars of groepen met meerdere frequentieregelaars. Om optimale resultaten te halen met een harmonisch filter moet het afgestemd worden op de werkelijke ingangsstroom van de frequentieregelaar.

In het ontwerp van de totale energieverdeling worden passieve harmonische filters vóór een frequentieregelaar of groep frequentieregelaars geplaatst.

Voordelen van passieve filters

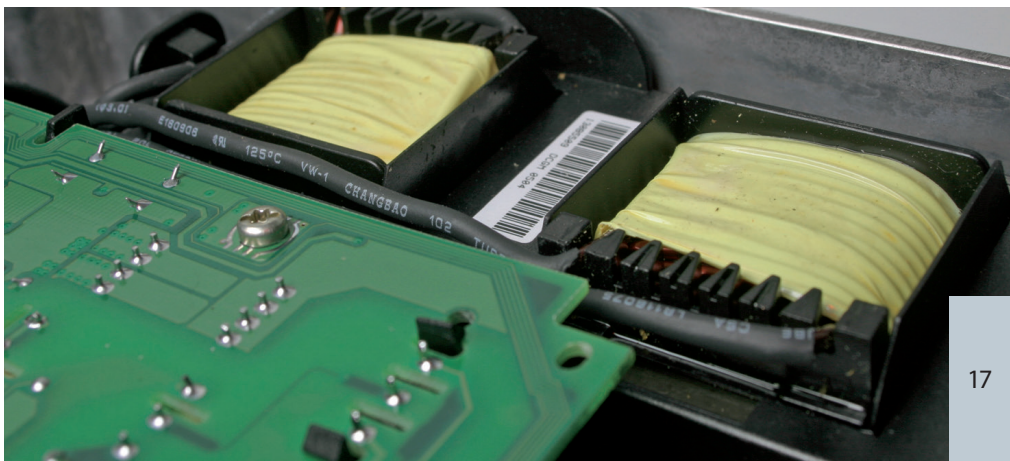
Deze filtercategorie biedt een goede prijs/prestatieverhouding. Tegen relatief lage kosten kan de gebruiker een reductie van de harmonischen bereiken die vergelijkbaar is met 12- of 18-puls gelijkrichters. De totale harmonische vervorming (THD) kan worden teruggebracht tot 5%.

Passieve filters veroorzaken geen verstoringen in het frequentiegebied boven 2 kHz. Aangezien ze volledig zijn opgebouwd uit passieve componenten is er geen slijtage en zijn ze ongevoelig voor elektrische verstoringen en mechanische belastingen.

Nadelen van passieve filters

Vanwege hun ontwerp zijn passieve filters relatief groot en zwaar. Dit soort filters is bijzonder effectief in het belastingsgebied van 80–100%. Het capacitieve blindvermogen neemt echter toe bij afnemende belasting en het is aan te bevelen de filtercondensatoren af te schakelen bij nullastbedrijf.

Opmerking: Danfoss VLT-frequentieregelaars zijn standaard voorzien van DC-smoorspoelen in de tussenkring. De netverstoring wordt gereduceerd naar een THDi van 40%.



Praktische aspecten van reductie van netverstoringen

Actieve filters

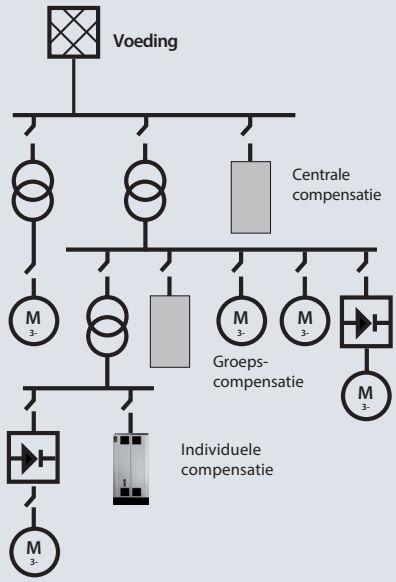
Bij nog striktere eisen op het gebied van netverstoring kunnen actieve elektronische filters worden toegepast. Actieve filters zijn elektronische absorptieschakelingen die parallel worden geschakeld aan de veroorzakers van harmonischen. Ze analyseren de harmonische stromen die worden veroorzaakt door niet-lineaire belasting. Actieve filters leveren stromen die de gemeten harmonische stromen compenseren en desgewenst volledig neutraliseren.
Het niveau van compensatie is instelbaar. Hierdoor kunnen harmonischen volledig worden gecompenseerd of, bijvoorbeeld om economische redenen, worden gereduceerd tot een niveau dat binnen de normen ligt. Actieve filters werken met schakelfrequenties en kunnen netverstoring veroorzaken in het bereik van 4–18 kHz, tenzij de juiste voorzorgen zijn getroffen in het filterontwerp.

Voordelen van actieve filters

Gebruikers kunnen actieve filters op elke gewenste locatie in het voedend net inpassen, afhankelijk van de vraag of de harmonische stromen van één enkele aandrijving, een groep aandrijvingen of zelfs van een volledige laagspanningsverdeling geneutraliseerd moeten worden. Het is in een dergelijk geval niet meer nodig om de afzonderlijke frequentieregelaars van filters te voorzien. De totale harmonische vervorming daalt naar een THDi level ≤ 4%.

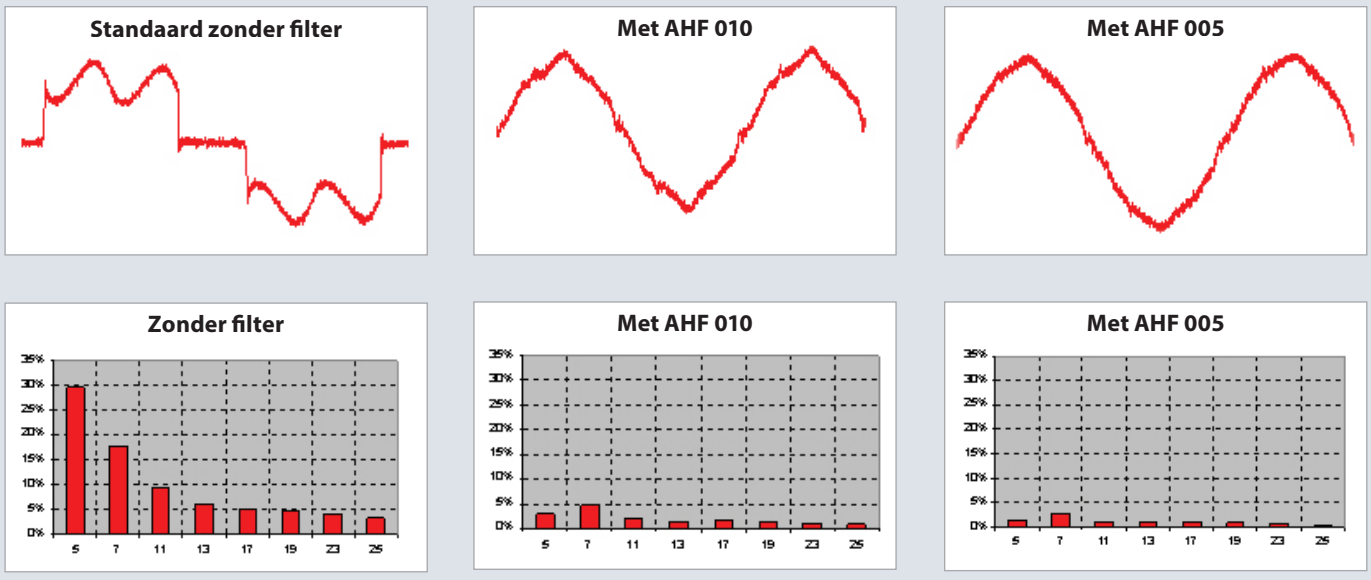
Nadelen van actieve filters

De relatief hoge investering is een nadeel van actieve filters. Daarnaast zijn deze filters niet effectief boven de 25e harmonische. De effecten die het filter genereert boven 2 kHz zijn een consequentie van de toepassing van actieve filters. Zonder de juiste voorzieningen zorgen deze effecten voor een andere vorm van ongewenste netverstoring.



Actieve filters kunnen op elk gewenst punt in het voedend net worden geïnstalleerd, afhankelijk van de vraag of ze de harmonische stromen van één enkele aandrijving, een groep aandrijvingen of zelfs van een volledig netsysteem moeten neutraliseren.

Stroom- en vervormingsspectrum bij vollast



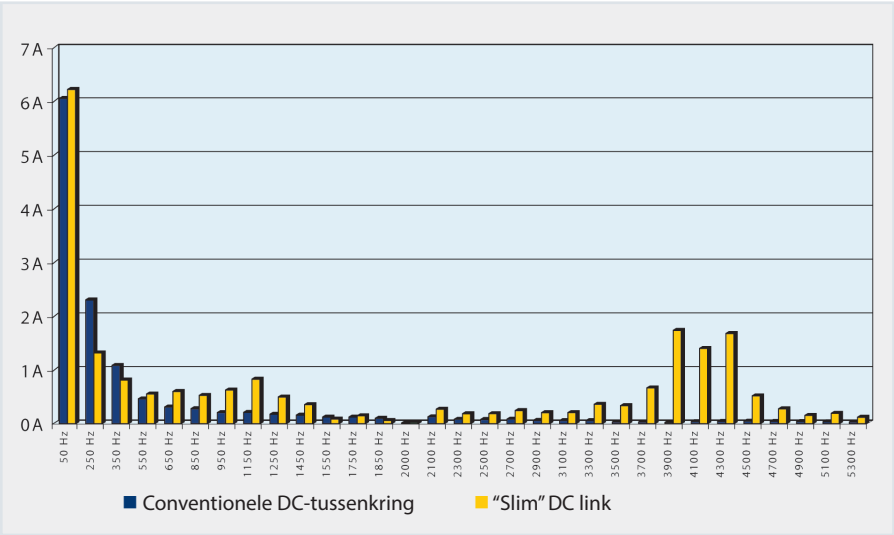
Advanced Harmonic Filters (AHF) reduceren de totale harmonische stroomvervorming(THDi) tot 5% of 10% bij 100% belasting.

"Slim" DC link

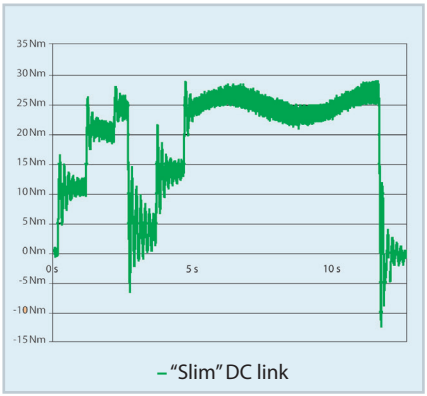
In de afgelopen jaren zijn er meerdere frequentieregelaars op de markt gekomen met een "slim" DC link. In deze benadering heeft de fabrikant de capaciteit van de tussenkringcondensatoren sterk gereduceerd. Zelfs zonder smoorspoel wordt de 5e harmonische gereduceerd tot een THDi niveau onder de 40%.
Er ontstaat een hoogfrequente netverstoring die anders niet zou ontstaan.
Vanwege de geringe capaciteit van de tussenkringcondensatoren zijn deze frequentieregelaars aanzienlijk gevoeliger voor korte netonderbrekingen en spanningsfluctuaties dan frequentieregelaars met normaal gedimensioneerde condensatoren. Het ontwikkelen van de juiste maatregelen is eveneens tijdrovend en bijzonder lastig.

Daarnaast vertonen regelaars met slanke DC-tussenkringen ook zwakke punten aan de lastzijde. Bij regelaars van dit type leiden variaties in de belasting tot aanzienlijk grotere spanningsfluctuaties. Daardoor zullen ze eerder gaan oscilleren als reactie op wisselende belastingen op de motoras. Ook het afschakelen van de belasting is lastig. Tijdens afschakeling van de last werkt de motor als generator, met hoge piekspanningen. Als reactie hierop schakelen apparaten met slanke DC-tussenkringen sneller uit dan conventionele apparaten, om zichzelf te beschermen tegen vernietiging vanwege overbelasting of overspanning.
Vanwege de kleinere of nulcapaciteit zijn regelaars met slanke DC-tussenkringen niet goed in staat om netuitval tijdelijk op te vangen. De uitgangsspanning wordt hierdoor ca. 10% lager dan de voedingsspanning.

Regelaars met slanke DC-tussenkringen hebben niet alleen te maken met interferentie via het net vanwege de ingangsstroom, maar vervuilen het net ook met de schakelfrequentie van de regelaar aan de motorzijde. Dit is duidelijk zichtbaar aan de netzijde, vanwege de lage of nulcapaciteit van de DC-tussenkring.



Regelaars met slanke DC-tussenkringen genereren hogere harmonischenniveaus in de hogere frequentiebereiken.



Active Front End

De term 'Low Harmonic Drives' (LHD) wordt vaak gebruikt om Active Front End (AFE)-frequentieregelaars te beschrijven. Deze term is echter enigszins misleidend omdat Low Harmonic Drives betrekking kunnen hebben op veel verschillende technologieën en zowel in passieve als actieve beperking kunnen voorzien. Active Front End-regelaars zijn uitgerust met IGBT-schakelaars aan de ingangscircuits van de regelaar; deze vervangen de conventionele gelijkrichters. Deze schakelingen gebruiken snelschakelende halfgeleiders om zodoende een nagenoeg sinusvormige ingangsstroom te realiseren. Deze schakelingen zijn bijzonder effectief in het dempen van laagfrequente netverstoringen. Evenals frequentieregelaars met "slim" DC-tussenkring, veroorzaken ze netverstoringen in de hogere frequentiebereiken.

Een "active front end" is de meest kostbare benadering voor de reductie van netverstoring aangezien de gelijkrichter is vervangen door een extra, volledig geoutilleerde frequentieregelaar die in staat is om vermogen terug te leveren aan het voedend net.
Een low harmonic drive biedt deze functionaliteit niet en is om die reden minder kostbaar.

Praktische aspecten van reductie van netverstoringen

Voordelen van AFE en LHD

De totale harmonische vervorming daalt naar een THDi niveau van 4% of lager in het gebied van de 3e tot de 50e harmonische. Vierkwadrantenbedrijf is mogelijk met AFE-frequentieregelaars wat betekent dat het remvermogen teruggeleverd kan worden aan het voedend net.

Nadelen van AFE

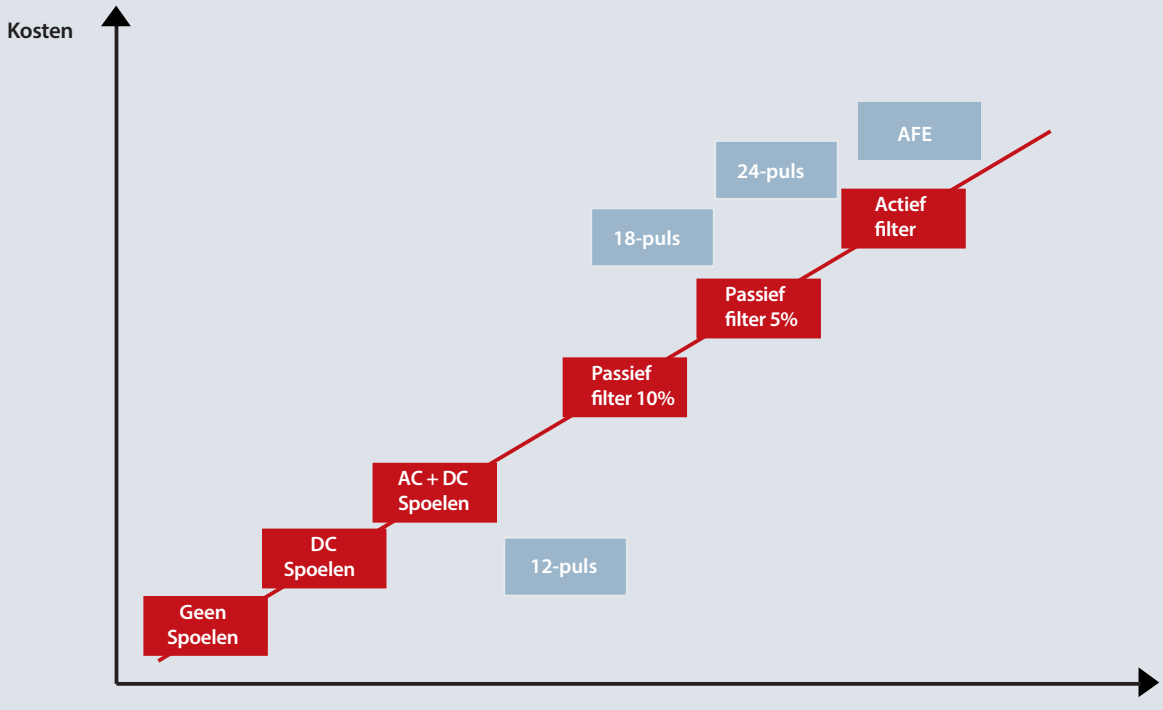
De technische complexiteit van dergelijke systemen is relatief groot, wat leidt tot hogere investeringskosten. In principe bestaat een frequentieregelaar met AFE (Active Front End) uit twee frequentieregelaars, de ene levert vermogen aan de motor en de tweede levert vermogen aan het voedend net. Vanwege de grotere complexiteit is het rendement van de frequentieregelaar ook in motorbedrijf lager. Het vermogensverlies van een AFE kan 40 tot 50% hoger zijn dan van gewone frequentieregelaars met een ongeregelde gelijkrichter (diodebrug).

Een AFE heeft altijd een hogere DC-tussenkringspanning nodig om goed te functioneren. In veel gevallen wordt deze hogere spanning doorgegeven aan de motor, wat leidt tot een hogere belasting op de motorisolatie. Wanneer de DC-tussenkringen van de AFE-apparaten niet van elkaar worden gescheiden, zal uitval van het filter leiden tot uitval van het volledige apparaat.

Een ander nadeel is de schakelfrequentie die wordt gebruikt bij het corrigeren van ingangsstroom. Deze schakelfrequentie ligt in het bereik van 3 tot 6 kHz. Relatief complexe filters zijn nodig om deze schakelfrequentie uit te filteren voordat harmonischen compensatie naar het voedend net kan plaatsvinden. De huidige normen hebben echter geen emissielimieten voor dit frequentiebereik. Veel netanalysers verzamelen geen data over dit frequentiebereik en maken het complex de effecten te meten of in te schatten.

De effecten zijn echter wel zichtbaar in alle aangesloten apparatuur op deze voeding in de vorm van bijvoorbeeld verhoogde ingangsstroom bij voedingen. De effecten zullen met name op langere termijn zichtbaar worden.
Het is daarom raadzaam voor gebruikers om aan fabrikanten specifiek te vragen welke voorzorgen zijn genomen om emissie te beperken teneinde de operationele betrouwbaarheid van de andere reeds aanwezige systemen te waarborgen.

Noot: De normen bepalen niet dat een seriematig geproduceerd apparaat moet voldoen aan de limieten in EN 61000-3-12. Het is zonder meer mogelijk dat een frequentieregelaar alleen aan deze limieten kan voldoen met een extra filter.



Overzicht van maatregelen voor beperking van harmonischen.

Praktische aspecten van hoogfrequente verstoringen (RFI)

Radiofrequente interferentie

Frequentieregelaars gebruiken blokvormige spanningspulsen met variërende breedte voor de opwekking van een draaiveld met variabele frequentie. De steile flanken die hierbij ontstaan bevatten hoogfrequente componenten. Motorkabels en frequentieregelaars stralen deze stoorcomponenten uit en geleiden ze terug naar het voedend net via de bekabeling.

Fabrikanten gebruiken RFI filters om deze radiofrequente interferentie uit te filteren.

De filters beschermen het apparaat tegen hoogfrequente geleide verstoringen vanuit het net (betere immuniteit) en verlagen de hoeveelheid hoogfrequente verstoring die een apparaat uitzendt naar het net of uitstraalt vanaf de voedende kabel (minder emissie).

De filters moeten deze verstoringen terugdringen tot het niveau dat in de normen is omschreven en zouden zoveel mogelijk als standaardvoorziening moeten worden gebruikt in apparatuur. Evenals bij smoorspoelen moet bij RFI-filters de kwaliteit van het filter duidelijk worden gedefinieerd.

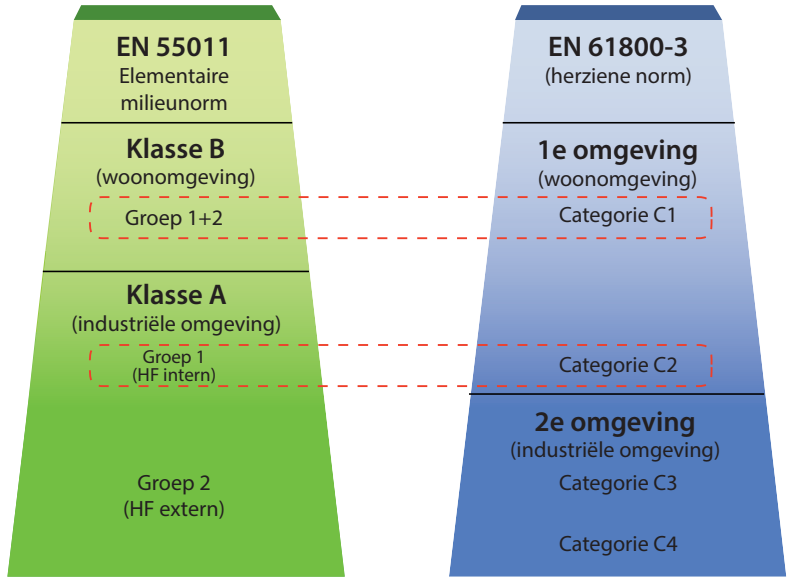
Specifieke limieten voor storingsniveaus zijn omschreven in productnorm EN 61800-3 en generieke norm EN 55011.

Normen en richtlijnen definiëren de limieten

Twee normen moeten gebruikt worden voor de uitgebreide beoordeling van RFI. De eerste is norm EN 55011 die de limieten omschrijft op basis van de omgeving: ofwel industrieel (klasse A1 en A2) of huishoudelijk (klasse B). Aanvullend definieert de productnorm voor electrical drive systems, EN-61800-3, die in juni 2007 van kracht werd, nieuwe categorieën (C1 tot C4) op basis van toepassingsgebieden.

Alhoewel deze categorieën qua limieten vergelijkbaar zijn met de vorige klassen staan ze binnen het werkingsgebied van de norm een breder gebruiksgebied toe.

Vergelijking van verstoringsniveaus



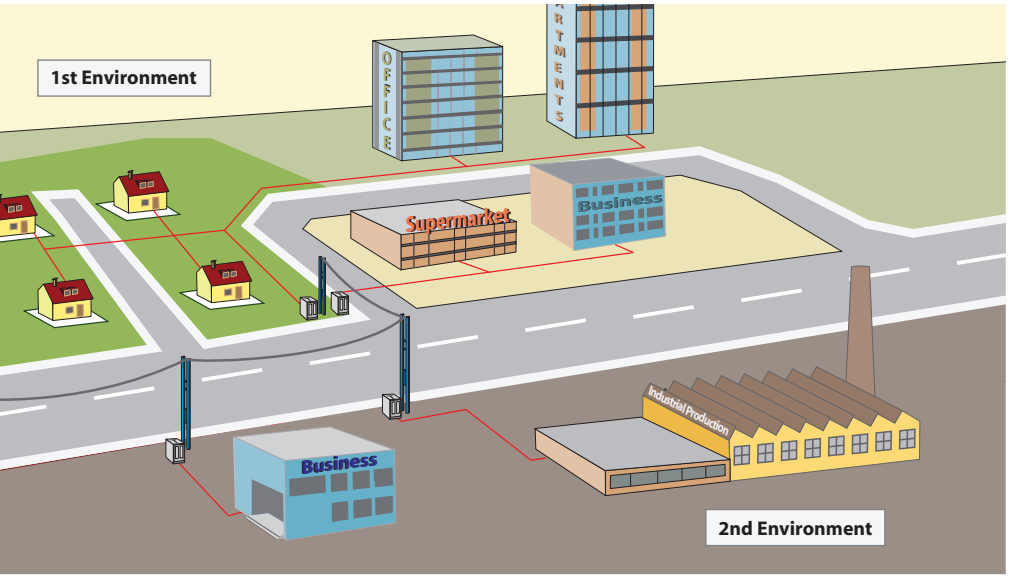
Vergelijking van de nieuwe categorieën C1 t/m C4 zoals gedefinieerd door de productnorm EN 61800-3 en klassen A en B van de omgevingsnorm EN 55011.

Productnorm EN 61800-3 (2005-07) voor electrical drive systems				
Classificatie per categorie	C1	C2	C3	C4
Omgeving	1st Environment	1st or 2nd Environment (beslissing door gebruiker)	2nd Environment	2nd Environment
Spanning/stroom	< 1000 V			> 1000 V In > 400 A Aangesloten op IT-netwerk
EMC-expertise	Geen verplichting	Installatie en inbedrijfstelling door een EMC-expert		EMC-plan verplicht
Limieten volgens EN 55011	Klasse B	Klasse A1(plus waarschuwings-aanduiding)	Klasse A2 (plus waarschuwings-aanduiding)	Waarden overschrijden Klasse A2

Classificatie van de nieuwe categorieën C1 t/m C4 van de productnorm EN 61800-3.

Noot:
Exploitanten van installaties moeten voldoen aan EN 55011 in geval van problemen. Fabrikanten van frequentieregelaars moeten voldoen aan EN 61800-3.

Praktische aspecten van 1st en 2nd environment



Classificatie van de omgeving in 1st en 2nd environment en speciale omgeving waar de gebruiker een keuze heeft.

De opstellingsplaats is bepalend

De limieten van iedere omgeving zijn gespecificeerd in de normen maar de vraag is vervolgens hoe vast te stellen welke omgeving van toepassing is. Normen EN 55011 en EN 61800-3 geven de informatie voor elektrische aandrijfsystemen en componenten.

1st Environment / Klasse B: Huishoudelijke omgeving

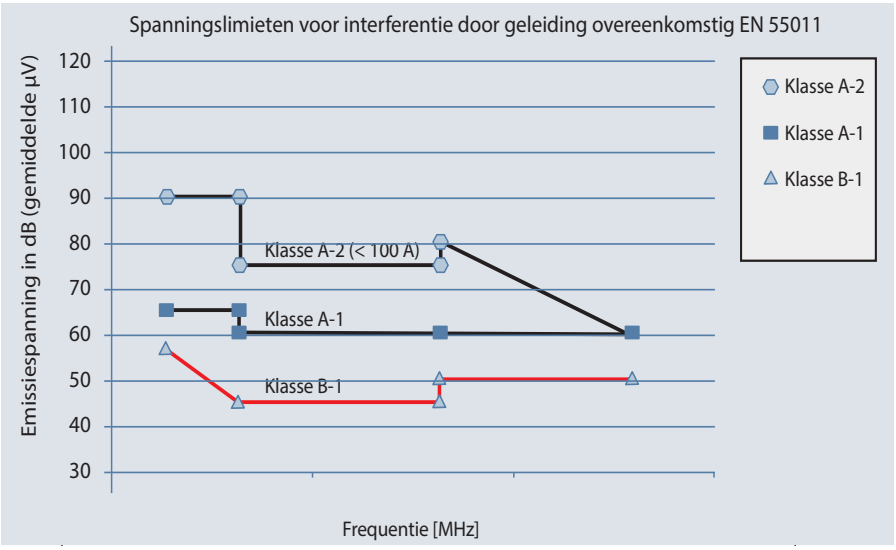
Alle locaties die rechtstreeks zijn verbonden met een openbaar laagspanningsnet, inclusief lichte industrie, worden geclassificeerd als huishoudelijke omgeving. Deze aanduiding kan dus ook bedrijven en commerciële faciliteiten omvatten. Deze categorie heeft in ieder geval geen eigen hoogspannings- of middenspanningstransformator voor een eigen energieverdeling. De omgevingsclassificaties gelden zowel binnen als buiten gebouwen. Voorbeelden zijn industriegebieden, woonhuizen en appartementencomplexen, restaurants, parkeergarages, pretparken, sportcomplexen en sporthallen.

2nd Environment / Klasse A: Industriële omgeving

De industriële omgeving omvat locaties en faciliteiten die niet direct met een openbaar laagspanningsnet verbonden zijn, maar zijn aangesloten via een eigen hoogspannings- of middenspanningsdistributietransformator. Vaak hebben deze locaties specifieke kenmerken op het gebied van elektromagnetische omstandigheden:

- aanwezigheid van wetenschappelijke, medische of industriële apparatuur.
- schakelen van grote inductieve en capacitieve belastingen.
- aanwezigheid van sterke magnetische velden (bijvoorbeeld vanwege hoge stromen).

De omgevingsclassificaties gelden zowel binnen als buiten de gebouwen.



Speciale omgevingen

In dit geval mogen de gebruikers besluiten welke classificatie wordt toegekend aan de installatie. Dit veronderstelt dat het desbetreffende gebied een middenspanningstransformator heeft en duidelijk afgescheiden is van andere gebieden. In een dergelijk gebied is de gebruiker persoonlijk verantwoordelijk voor de elektromagnetische compatibiliteit die nodig is voor storingsvrij gebruik van de aanwezige apparatuur. Voorbeelden van speciale omgevingen zijn grote winkelcentra en supermarkten, grote tankstations, kantoorgebouwen, uitgebreide magazijnen en distributiecentra.

Geen concessies

Wanneer een frequentieregelaar wordt gebruikt die niet voldoet aan categorie C1 moet het apparaat worden voorzien van een waarschuwingsaanduiding. Dit is de verantwoordelijkheid van de gebruiker. In geval van EMC-verstoringen gaan de experts uit van het reduceren van de verstoringen naar het niveau van de limieten die gelden voor klassen A1/A2 en B volgens de generieke norm EN 55011, uitgaande van de omgeving waar de apparatuur wordt gebruikt. De kosten van het oplossen van EMC-problemen zijn voor rekening van de gebruiker. De gebruiker is eindverantwoordelijk voor de correcte classificering van de apparatuur in samenhang met de twee bovengenoemde normen.

Praktische aspecten van netbeveiligingen

Arbeidsfactor (cos φ) compensatie

Apparatuur voor correctie van cosφ of arbeidsfactor verkleint de faseverschuiving (φ) tussen spanning en stroom en verschuift de arbeidsfactor (cos φ) dichter naar 1. Dit is nodig wanneer een groot aantal inductieve belastingen, zoals motoren of voorschakelapparaten voor lampen, worden gebruikt in een elektrisch distributiesysteem.
Afhankelijk van het ontwerp van de DC-tussenkring nemen frequentieregelaars geen blindvermogen op en veroorzaken ze geen faseverschuiving. Ze hebben een cos φ van ongeveer 1. Om deze reden hoeven gebruikers van toerengeregelde motoren deze gebruikers niet mee te nemen in de dimensionering van eventuele arbeidsfactorcompensatieapparatuur. De stroom die wordt opgenomen door fasecorrectieapparatuur zal echter toenemen aangezien frequentieregelaars harmonischen genereren. De belasting van de condensatoren neemt toe en ze zullen meer opwarmen omdat het aantal bronnen van harmonischen is toegenomen. Om deze reden zijn smoorspoelen nodig in arbeidsfactorcompensatiesystemen. Deze smoorspoelen voorkomen eveneens resonanties tussen inductieve belastingen en capacitieve arbeidsfactorapparatuur.

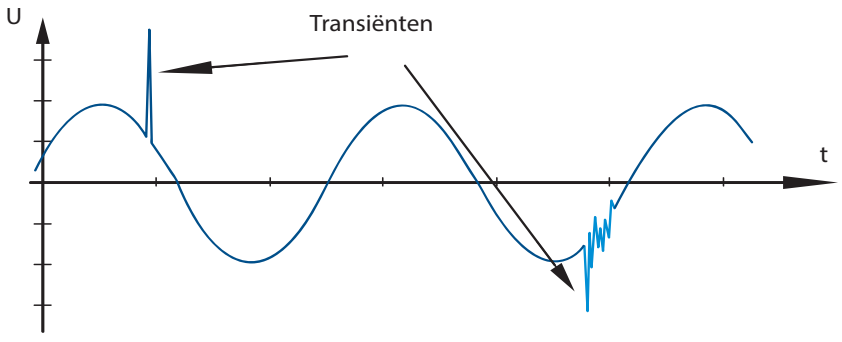
Frequentieregelaars met cos φ < 1 leiden eveneens tot smoorspoelen in de arbeidsfactorcompensatieapparatuur. De gebruiker moet bij het dimensioneren van de kabels rekening houden met het hoge blindvermogen.

Nettransiënten

Transiënten zijn korte spanningspieken in het bereik van enkele duizenden volt. Ze kunnen in alle soorten energieverdelingen optreden, zowel in industriële als huishoudelijke omgevingen.

Blikseminslagen zijn een veelvoorkomende oorzaak van transiënten. Ze ontstaan echter ook door inschakeling of uitschakeling van grote belastingen of het schakelen van andere apparatuur, zoals arbeidsfactorcompensatieapparatuur. Kortsluiting, trippen van circuitbreakers in energieverdelingen en inductieve koppeling tussen parallelle kabels kan ook transiënten veroorzaken.

Norm EN 61000-4-1 omschrijft de vorm en energie-inhoud van deze transiënten. Hun schadelijke effecten kunnen op diverse manieren worden beperkt. Gasgevulde overspanningsbeveiliging of een vonkbrug wordt als eerstelijnsbescherming gezien tegen hoog energetische transiënten. Als tweedelijnsbescherming zijn de meeste elektronische apparaten voorzien van spanningsafhankelijke weerstanden (varistors) voor de afzwakking van transiënten. Frequentieregelaars maken ook gebruik van deze methode.



Blikseminslag is de meest voorkomende vorm van nettransiënten in drinkwater- en afvalwaterinstallaties.



Praktische aspecten van bedrijf met een transformator of stand-bygenerator

Maximale benutting van de transformator

In laagspanningssystemen (400 V, 500 V en 690 V) kunnen frequentieregelaars worden toegepast met een vermogen dat kan oplopen tot circa 1 MW. De transformator zet de aangeboden spanning van het middenspanningsnet om naar de juiste spanning voor de gebruikers. In een openbaar net (1st environment: huishoudelijke omgeving) is dit de verantwoordelijkheid van het energiebedrijf.

In industriële voedingen (2nd environment: industriële omgeving, vaak 500 V of 690 V), is de transformator geplaatst op het terrein van de eindgebruiker en is deze ook verantwoordelijk voor de energieverdeling naar de gebruikers op het terrein.

Transformatorbelasting

In de situatie waar transformatoren de voeding verzorgen van frequentieregelaars moet meegenomen worden dat frequentieregelaars en andere gelijkrichterbelastingen hogere harmonischen genereren die een extra belasting betekenen voor de transformator.

Dit veroorzaakt grotere verliezen en extra opwarming. In ongunstige situaties kan dit schade aan de transformator veroorzaken. Vectorcombinaties van verschillende transformatoren die onderling verbonden zijn kunnen ook harmonischen veroorzaken.

Netkwaliteit

Om de netkwaliteit te handhaven in overeenstemming met de geldende normen is het noodzakelijk om te weten hoeveel frequentieregelaarbelasting door de transformator kan worden gevoed.

Netanalysesoftware zoals VLT®MCT 31 Harmonic Calculation software geeft een exacte indicatie hoeveel frequentieregelaarbelasting een transformator kan leveren in een specifiek netsysteem.

Opmerking: *Alle frequentieregelaars van de VLT® AQUA Drive series zijn standaard voorzien van ingebouwde netsmoorspoelen.*

Gebruik met stand-bygenerator

Stand-byvoedingen worden toegepast wanneer ononderbroken bedrijf van aangesloten apparatuur noodzakelijk is, zelfs bij een netverstoring. Ze kunnen ook ingezet worden als tijdelijke ondersteuning wanneer het net onvoldoende vermogen kan leveren. Parallel gebruik met het openbare net is ook mogelijk om het netvermogen permanent te vergroten en wordt algemeen toegepast in de gecombineerde opwekking van warmte en elektriciteit in warmtekrachtkoppelingen. Daarbij wordt geprofiteerd van het hoge rendement dat met deze vorm van energieomzetting wordt behaald.
Wanneer een generator de stand-byvoeding verzorgt is de netimpedantie vaak hoger dan in een regulier openbaar net. Hierdoor neemt de totale harmonische vervorming toe. Toepassing van generators in combinatie met bronnen van harmonischen is mogelijk, mits de installatie correct is gedimensioneerd.

Praktisch betekent dit ook dat de belasting als gevolg van harmonischen gewoonlijk toeneemt wanneer wordt overgeschakeld van netvoeding naar generatorvoeding.

Ontwerpers en gebruikers zouden de toename in harmonische belasting moeten berekenen of meten om zeker te stellen dat de netkwaliteit voldoet aan de regelgeving zodat problemen en defecten worden voorkomen.

Asymmetrische belasting van een generator moet worden voorkomen aangezien dit leidt tot extra verliezen en de harmonische vervorming laat toenemen.
Een 5/6 staffeling van de generatorwikkelingen verzwakt de vijfde en zevende harmonische maar laat de derde harmonische toenemen. Een 2/3 staffeling reduceert de derde harmonische.
Waar mogelijk zou arbeidsfactorcompensatie moeten worden afgeschakeld om resonanties in het net te voorkomen.

Smoorspoelen en actieve filters kunnen harmonischen dempen. Resistieve (ohmse) belastingen die parallel zijn geschakeld hebben eveneens een dempend effect op harmonischen terwijl parallel geschakelde capacitieve belastingen een extra belasting kunnen veroorzaken door onvoorspelbare resonantie-effecten.

Wanneer deze factoren worden meegenomen kan de belasting van een generator voor een deel uit frequentieregelaars bestaan zonder problemen met de netkwaliteit. Een meer uitgebreide analyse is mogelijk met netanalysesoftware, zoals VLT® MCT 31 Harmonic Calculation software.

Bij toepassing van bronnen van harmonischen gelden de volgende limieten:

B2 en B6 gelijkrichter	→	max. 20% van nominaal generatorvermogen
B6 gelijkrichter met smoorspoel	→	max. 20–35% van nominaal generatorvermogen afhankelijk van samenstelling
Gestuurde B6 gelijkrichter	→	max. 10% van nominaal generatorvermogen

Bovenstaande maximale belastingwaarden zijn aanbevolen richtwaarden, gebaseerd op praktijkervaring, die storingsvrij bedrijf van de installatie mogelijk maken.

Stap 2: Praktische aspecten van omgevingsomstandigheden

De juiste montageplaats

Maximale beschikbaarheid en een lange levensduur van frequentieregelaars is alleen mogelijk met voldoende koeling met schone lucht.

Om die reden hebben de keuze van de montageplaats en installatiecondities een beslissend effect op de levensduur van de apparatuur.

Kastmontage versus wandmontage

Er is geen kant-en-klaar advies voor de vraag of een frequentieregelaar in een schakelkast of op een wand zou moeten worden geïnstalleerd. Beide varianten hebben voor- en nadelen.

Kastmontage heeft het voordeel dat alle elektrische en elektronische componenten dicht bij elkaar zijn geplaatst en door een behuizing worden beschermd (de schakelkast).

Een schakelkast kan vooraf worden geassembleerd en als één unit worden aangeleverd voor installatie ter plaatse.

Een mogelijk nadeel is de onderlinge beïnvloeding van componenten vanwege de korte montageafstanden in de schakelkast. Dit betekent dat buitengewone aandacht nodig is voor een EMC-deugdelijke kastindeling. Daarnaast zullen de investeringskosten voor (afgeschermde) motorkabels hoger zijn doordat frequentieregelaar en motor verder van elkaar verwijderd zijn dan bij lokale montage van de frequentieregelaar.

Wandmontage is eenvoudiger vanuit EMC-oogpunt aangezien frequentieregelaar en motor dichter bij elkaar zijn geplaatst.

Om die reden zullen de afgeschermde motorkabels korter en minder kostbaar zijn. De geringe meerkosten van een IP54-behuizing worden gecompenseerd door gereduceerde kosten voor bekabeling en installatie. In de praktijk wordt circa 70% van de frequentieregelaars in een schakelkast gebouwd.

Opmerking:
Danfoss-frequentieregelaars zijn beschikbaar in drie afschermingsklassen:
- *IP00 of IP20 voor kastmontage*
- *IP54 of IP55 voor lokale montage;*
- *IP 66 voor kritische omgevingscondities, zoals een extreem hoge (lucht)vochtigheid of hoge concentraties stof of agressieve gassen.*





Frequentieregelaars kunnen centraal worden geïnstalleerd (in een schakelkast) of lokaal (in de nabijheid van de elektromotor). Beide varianten hebben voor- en nadelen.

Praktische aspecten van de IP-klasse



Aanraakveilige frequentieregelaars met afschermingsklasse IP20 of IP21 (rechts) zijn bestemd voor kastmontage. Spatwater-bestendige frequentieregelaars met IP54- of IP55-afscherming (links) zijn ontworpen voor wand- of framemontage.

IP-classificatie volgens IEC 60529

		Tegen binnendringing van vaste vreemde voorwerpen	Tegen toegang tot gevaarlijke delen door
Eerste cijfer	0	(geen bescherming)	(geen bescherming)
	1	≥ 50 mm diameter	Rug van hand
	2	Diameter van 12,5 mm	Vinger
	3	Diameter van 2,5 mm	Gereedschap
	4	≥ 1,0 mm diameter	Draad
	5	Beschermd tegen stof	Draad
	6	Stofdicht	Draad

		Tegen binnendringing van water met schadelijke gevolgen	
Tweede cijfer	0	(geen bescherming)	
	1	Verticaal druppelend water	
	2	Druppelend water onder een hoek van 15°	
	3	Sproeiend water	
	4	Opspattend water	
	5	Waterstralen	
	6	Krachtige waterstralen	
	7	Korte onderdompeling	
	8	Langdurige onderdompeling	

		Aanvullende informatie speciaal voor	
Eerste cijfer	A		Rug van hand
	B		Vinger
	C		Gereedschap
	D		Draad

		Aanvullende informatie speciaal voor	
Extra letter	H	Hoogspanningsapparaat	
	M	Apparaat beweegt tijdens watertest	
	S	Apparaat stationair tijdens watertest	
	W	Weersomstandigheden	

Ontbrekende letters worden vervangen door "x".

Praktische aspecten van het ontwerp van koeling

Voldoen aan de gespecificeerde omgevingstemperatuur

Externe klimatologische omstandigheden en omgevingsomstandigheden hebben een duidelijk effect op de koeling van alle elektrische en elektronische componenten in een schakelruimte of besturingskast.

Voor alle frequentieregelaars zijn een minimale en maximale omgevingstemperatuur gespecificeerd. Deze limieten worden gewoonlijk bepaald door de gebruikte elektronische componenten. De omgevingstemperatuur van de elektrolytische condensatoren in de gelijkspanningstussenkring moet bijvoorbeeld binnen bepaalde grenzen blijven vanwege de temperatuursafhankelijkheid van hun capaciteit. Hoewel frequentieregelaars kunnen functioneren bij temperaturen tot -10 °C, garanderen fabrikanten correct bedrijf bij nominale belasting voor temperaturen van 0 °C of hoger. Dit betekent dat gebruik in vorstgevoelige of ongeïsoleerde ruimtes vermeden moet worden.

De maximumtemperatuur moet niet worden overschreden. Elektronische componenten zijn gevoelig voor warmte.

Volgens de Arrhenius-vergelijking zal de levensduur van een elektronisch component met 50% verminderen voor iedere 10 °C boven de ontwerptemperatuur. Dit geldt niet alleen voor apparatuur die in schakelkasten wordt gemonteerd. Ook de uitvoeringen met IP54-, IP55- of IP66-behuizing kunnen alleen worden gebruikt met de omgevingstemperaturen die in de specificaties worden aangegeven. Dit kan koeling van schakelruimte of schakelkasten noodzakelijk maken. Het vermijden van extreme omgevingstemperaturen verlengt de levensduur van de frequentieregelaars en daarmee de betrouwbaarheid van het gehele systeem.

Koeling

Frequentieregelaars dissiperen vermogen in de vorm van warmte. Het gedissipeerde vermogen in watt wordt vermeld in de technische gegevens van de frequentieregelaar. Gebruikers moeten de juiste voorzorgen treffen om de ontstane warmte uit de schakelkast te verwijderen, bijvoorbeeld door montage van afzonderlijke schakelkastventilatoren. De benodigde luchtstroom voor adequate koeling wordt vermeld in de leveranciersdocumentatie. Frequentieregelaars moeten zodanig worden gemonteerd dat de koellucht ongehinderd door het koellichaam kan stromen.

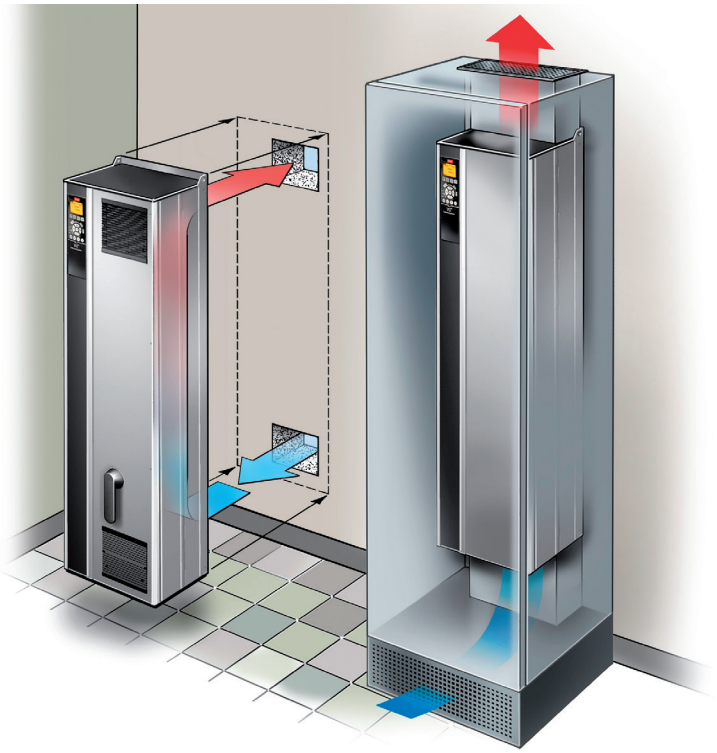
Met name bij IP20-uitvoeringen in schakelkasten is er een risico van onvoldoende luchtcirculatie vanwege de geringe afstanden tussen verschillende componenten die in de schakelkast zijn gemonteerd. Hierdoor ontstaan makkelijk hotspots waar warme lucht zich verzamelt. De handleidingen vermelden de benodigde montageafstanden die altijd gerespecteerd dienen te worden.

Relatieve vochtigheid

Hoewel sommige frequentieregelaars bij relatief hoge luchtvochtigheid nog kunnen functioneren (Danfoss-regelaars tot 95% relatieve vochtigheid), moet condensatie altijd worden vermeden. Er is een specifiek risico op condensatie wanneer componenten van de frequentieregelaar kouder zijn dan de omringende, vochtige lucht. In deze situatie zal het vocht in de lucht condenseren op de elektronische componenten.

Wanneer de apparatuur in die situatie wordt ingeschakeld kunnen de neergeslagen waterdruppels kortsluiting veroorzaken. Dit gebeurt normaliter alleen in frequentieregelaars die volledig zijn afgeschakeld van de voeding. Om deze reden is het verstandig om kastverwarming te installeren in situaties waar een reëel gevaar bestaat op condensatie als gevolg van omgevingsomstandigheden. Als alternatief kan het verstandig zijn om de frequentieregelaar in "stand-by" te zetten, waarbij de frequentieregelaar continu onder spanning blijft staan en zodoende het risico van condensatie wordt beperkt. Het is verstandig na te gaan of de warmteafgifte voldoende is om de elektronica in de frequentieregelaar op deze manier vrij van condensatie te houden.

Noot: *Sommige fabrikanten vermelden minimummontageafstanden voor zowel de zijkanten als de boven- en onderzijde van de frequentieregelaars. Let op deze afstanden.*



Het intelligente ontwerp van de koeling van de VLT®-frequentieregelaars verwijdert tot 85% van de warmteafgifte uit de behuizing via koelluchtkanalen.

Praktische aspecten van speciale eisen

Omgevingsparameters	Eenheid	Klasse				
		3C1	3C2		3C3	
			Gemiddelde waarde	Max. waarde	Gemiddelde waarde	Max. waarde
Zeezout	mg/m3	Nee	Zoute nevel		Zoute nevel	
Zwaveloxiden	mg/m3	0,1	0,3	1,0	5,0	10
Waterstofsulfide	mg/m3	0,01	0,1	0,5	3,0	10
Chloor	mg/m3	0,01	0,1	0,03	0,3	1,0
Waterstofchloride	mg/m3	0,01	0,1	0,5	1,0	5,0
Waterstoffluoride	mg/m3	0,003	0,01	0,03	0,1	3,0
Ammoniak	mg/m3	0,3	1,0	3,0	10	35
Ozon	mg/m3	0,01	0,05	0,1	0,1	0,3
Stikstof	mg/m3	0,1	0,5	1,0	3,0	9,0

Classificatie volgens IEC 60721-3-3; de gemiddelde waarden zijn verwachte langetermijnwaarden. Maximumwaarden zijn piekwaarden die niet langer duren dan 30 minuten per dag.

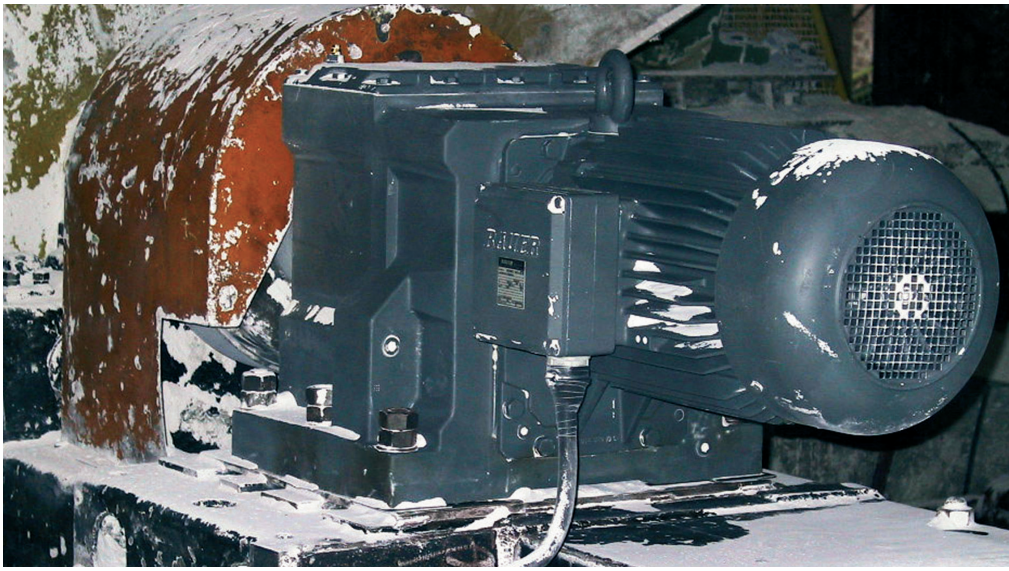
Agressieve omgeving of gassen

Agressieve gassen, zoals waterstofsulfide, chloor of ammoniak komen regelmatig voor in afvalwaterzuiveringsinstallaties of bij zwembaden.
Verontreinigde koellucht kan leiden tot geleidelijke aantasting van de elektronische componenten en printsporen op elektronica printen. Elektronische apparaten in elektrische systemen of schakelkasten zijn extra gevoelig. Als genoemde verontreinigingen aanwezig zijn moet de gebruiker de frequentieregelaar ofwel installeren in een locatie waar de mogelijkheid van vervuiling op betrouwbare wijze kan worden uitgesloten (zoals een ander gebouw of een gesloten schakelkast met warmtewisselaar), ofwel uitvoeringen bestellen waarvan de elektronische circuits zijn gecoat met een speciale beschermende vernis die bestand is tegen agressieve gassen.

Een duidelijke aanwijzing voor een agressieve omgeving is de corrosie van aanwezige koperen onderdelen, zoals rails of aansluitingen in laagspanningsverdelingen. Als het koper snel zwart wordt, blaren vormt of zelfs wordt aangetast moeten gelakte printkaarten en gecoate apparaten worden gebruikt. De bestendigheid van de coating voor bepaalde stoffen en concentraties wordt omschreven in de internationale norm IEC 60721-3-3.

Noot: *In de ontwerpfase is het belangrijk na te gaan waar de koellucht voor de elektronica vandaan komt.*
In een afvalwaterzuiveringsinstallatie moet de koellucht niet worden aangezogen uit de zone waar het verontreinigd water de zuivering binnenkomt. Bij een zwembad moet geen koellucht worden aangezogen uit de waterbehandelingsruimte.

Opmerking: *VLT® AQUA Drive units zijn standaard voorzien van klasse 3C2-coating.*
Een klasse 3C3-coating is op aanvraag leverbaar.



Stofrijke omgeving

Installatie van frequentieregelaars in ruimtes met hoge stofconcentraties is vaak niet te vermijden. Dit stof slaat overal neer en kan nog door de kleinste kieren binnendringen. Dit komt niet alleen voor bij lokaal geplaatste frequentieregelaars voor wand- of framemontage met IP55- of IP66-behuizing maar ook bij de schakelkastuitvoeringen met IP21- of IP20-behuizing.
De drie factoren die hieronder zijn genoemd moeten worden beoordeeld wanneer frequentieregelaars in stoffige omgevingen worden toegepast.

Minder koeling

Stof zet zich af op de buitenzijde van de apparatuur en aan de binnenzijde op printplaten en elektronische componenten. Deze afzettingen werken als isolerende lagen en belemmeren de warmteafvoer naar de omgeving. De koelingscapaciteit wordt hierdoor verminderd en de componenten zullen warmer worden. Dit leidt tot versnelde veroudering van de elektronische componenten en de levensduur van de frequentieregelaar wordt verkort. Dit geldt ook voor stofafzetting op het koellichaam aan de achterzijde van de frequentieregelaar.

Koelventilatoren

De koellucht voor de frequentieregelaars wordt verplaatst door koelventilatoren die normaliter aan de achterzijde van de frequentieregelaar zijn geplaatst. Stof kan binnendringen in de lagering van de ventilatormotor en vanwege het schurend effect leiden tot versnelde slijtage. De koelventilator kan op termijn uitvallen vanwege lagerschade.

Stoffilters

High-powerfrequentieregelaars zijn uitgevoerd met koelventilatoren die de warme lucht uit het binnenste van de frequentieregelaar afvoeren. Om binnendringen van stof te voorkomen zijn de ventilatoren boven een bepaald vermogen voorzien van stoffilters. Bij gebruik in stoffige omgevingen kunnen deze filters verstopt raken waardoor de koeling niet meer in staat is de frequentieregelaar afdoende te koelen.

Noot: *In de bovenstaande situaties verdient het aanbeveling om de frequentieregelaar tijdens het periodieke onderhoud te reinigen. Blaas het stof van koellichaam en koelventilatoren en reinig de stoffilters.*

Praktische aspecten van explosiegevaarlijke gebieden

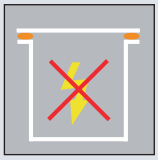
Potentieel explosiegevaarlijke gebieden

Bv. d: **Flameproof protection**



Bij een "flameproof", oftewel "drukvaste" behuizing volgens klasse "d", is een apparaat zodanig ontworpen dat een vonk in het beschermde gebied (zoals aan de binnenzijde van de behuizing), zich niet kan verspreiden buiten het beschermde gebied.

Bv. e: **Increased safety**



Bij een "increased safety" oftewel "verhoogde veiligheid" behuizing volgens klasse "e", bestaat de bescherming eruit dat de toegevoerde elektrische energie wordt bewaakt en begrenst zodat geen vonken ontstaan.

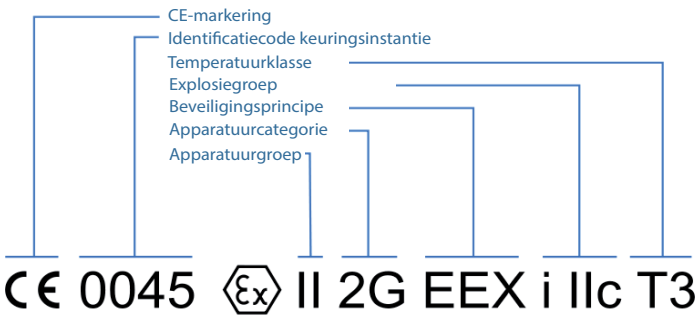
***Noot:** Installeer een frequentieregelaar niet in een zone met potentieel explosiegevaar. Plaats de frequentieregelaar buiten het explosiegevaarlijke gebied, al dan niet in een schakelkast. Gebruik van een sinusfilter kan een goed middel zijn voor verlaging van de flanksteilheid van de uitgangsspanning du/dt en de piekspanning Upeak. Door gebruik van een korte motorkabel wordt spanningsval in de motorkabel tegengegaan.*

***Opmerking:** Danfoss VLT® AQUA Drive-frequentieregelaars met de MCB 112-optie hebben PTB-gecertificeerde bewaking van de motorthermistor voor gebruik in potentieel explosiegevaarlijke gebieden. Het gebruik van afgeschermde motorkabels is niet noodzakelijk wanneer VLT® -frequentieregelaars zijn voorzien van sinusfilters.*

Motoren, die worden gevoed door frequentieregelaars, worden regelmatig toegepast in potentieel explosiegevaarlijke gebieden. Denk hierbij aan de inlaat van een waterzuivering. Bij gebruik van frequentieregelaars in dergelijke zones voor de toerenregeling van elektromotoren moet aan specifieke voorwaarden worden voldaan. De basis voor deze regels is gelegd in EU Directive (Richtlijn) 94/9/EG, ook wel de ATEX Richtlijn genoemd. Deze richtlijn omschrijft de toepassing en het gebruik van apparatuur en beschermingsmethodes in potentieel explosiegevaarlijke gebieden. Deze richtlijn harmoniseert eisen en regelgeving in de EU voor het gebruik van elektrische en elektronische apparaten in potentieel explosiegevaarlijke gebieden, zoals die kunnen ontstaan door de aanwezigheid van stof of gas.

Wanneer frequentieregelaars worden toegepast voor de regeling van elektromotoren in potentieel explosiegevaarlijke gebieden, moeten deze motoren zijn voorzien van temperatuurbewaking door middel van een PTC-opnemer. Motoren met beschermingsklasse "d" of "e" mogen worden toegepast (zie kader voor details). Deze beschermingsklassen verschillen in de wijze waarop ontsteking van een explosief gasmengsel wordt voorkomen. In de praktijk worden frequentieregelaars zelden gebruikt met "e"-motoren. Een dergelijke combinatie moet als set worden goedgekeurd door middel van een uitgebreide en kostbare typetest. Keuringsinstituut PTB in Braunschweig (Duitsland) heeft een nieuwe goedkeuringsprocedure ontwikkeld die het gebruik van frequentieregelaars met "e"-motoren in de toekomst aantrekkelijker zal maken. In het nieuwe concept van PTB wordt alleen de motor getest terwijl in het certificeringsproces van de EC-typetest specifieke eisen worden geformuleerd voor de thermische bewaking van de motor. Dit kan bijvoorbeeld bestaan uit het verplicht gebruik van toerentalafhankelijke stroomlimitering in combinatie met de gebruikelijke PTC-thermistorbewaking. Op deze wijze wordt de gereduceerde koeling bij lage toerentallen van een toerengeregelde motor met eigenkoeling correct afgehandeld.

Bij motoren van beschermingsklasse "d" is normaliter geen afzonderlijke combinatietest benodigd. De kabelaansluiting van een drukvaste "d"-motor is complex. Om deze reden worden bij voorkeur "de"-motoren toegepast. In het geval van een "de"-motor is de eigenlijke elektromotor uitgevoerd in beschermingsklasse "d" terwijl de klemmenkast is uitgevoerd als "e"-beschermingsklasse. De belangrijkste eis die hierbij geldt, heeft betrekking op de maximale spanning die mag voorkomen in een gebied met "e"-beschermingsklasse. Vanwege pulsbreedtemodulatie van de uitgangsspanning genereren de meeste frequentieregelaars piekspanningen die buiten de toegestane waarden liggen voor beschermingsklasse "e". Toepassing van een sinusfilter is een effectieve methode om piekspanningen te dempen.



Markering van apparatuur voor gebruik in potentieel explosiegevaarlijke gebieden volgens ATEX-productrichtlijn (94/9/EG)

Stap 3: Praktische aspecten van motoren en kabels

Minimale rendementsklassen voor elektromotoren

Verplicht minimumrendement

De indeling in rendementsklassen, oftewel efficiency-klassen, ontstond in 1998 op vrijwillige basis uit een initiatief van fabrikanten van elektromotoren en vermogenselektronica, verenigd in het "European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics (CEMEP)".
Vanaf de zomer van 2011 moeten driefasen asynchrone motoren in de EU voldoen aan minimum-rendementseisen volgens het MEPS (Minimum Efficiency Performance Standards). De EU verhoogt de rendementseisen stapsgewijs in de periode t/m 2017.

De basis voor deze minimum-rendementsklassen (Minimum Energy Performance standards (MEPS), wordt gevormd door de "IE"-klassen (International Efficiency) zoals omschreven in de internationaal erkende norm IEC 60034-30. De grenswaarden van deze klassen zijn deels vergelijkbaar met de "Eff"-klassen die in Europa breed worden toegepast.

IE- en Eff-klassen: grote verschillen in de details

Alhoewel de limieten van beide normen vergelijkbaar zijn, verschillen ze in de methodes waarmee het rendement wordt vastgesteld. Het rendement volgens de Eff-klassen wordt vastgesteld door bepaling van de individuele verliezen (IEC 60034-2:1996), een methode die in de basis 100 jaar oud is. Het rendement volgens de IE-klassen wordt met een nauwkeuriger methode vastgesteld.

De resultaten die zijn verkregen met de geaccepteerde methode van de IE-klassen zijn meestal 2 tot 3% slechter in vergelijking met de oude methode voor vermogens tot 10 kW en circa 1% slechter bij vermogens van 100 kW en hoger. De norm houdt rekening met deze verschillen voor de harmonisatie van de IE- en Eff-klassen.

Aanvullend op de IE1- t/m IE3-klassen, zoals gedefinieerd in de IEC 60034-30-norm, definieert de conceptversie van IEC 60034-31 een nieuwe klasse: IE4. De klassen IE1 t/m IE3 zijn primair gericht op motoren in netbedrijf, terwijl IE4 ook rekening houdt met relevante aspecten van toerengeregelde motoren.
IE4 is op dit moment niet verplicht; deze wordt nu enkel gebruikt ter vergelijking met andere efficiëntieklassen.

IEC 60034-30	Eff-klasse
IE1 (Standaard Efficiency)	Vergelijkbaar met Eff2
IE2 (High Efficiency)	Vergelijkbaar met Eff1
IE3 (Premium Efficiency)	Ongeveer 15–20% beter dan IE2

Rendementsklassen IE1-IE3 zijn gedefinieerd in internationale norm IEC 60034-30. De Eff-klassen zijn gebaseerd op vrijwillige afspraken tussen de EU en CEMEP in 1998.

Driefasenmotoren waarvoor MEPS verplicht is

De volgende typen driefasenmotoren moeten voldoen aan de eisen van MEPS:
- Belastingscyclus S1 (continubedrijf) of S3 (intervalbedrijf) met een belastingscyclus groter dan 80%.
- De eisen gelden voor motoren met 2 t/m 6 polen met een nominaal vermogen van 0,75 tot 375 kW
- en een nominale spanning tot 1000 V.

Invoering van de MEPS is bedoeld om energieverbruik te reduceren. In sommige gevallen kan de nieuwe benadering echter leiden tot een hoger energieverbruik. Om deze reden omschrijft EU verordening 640/2009 technisch geaccepteerde uitzonderingen voor verschillende toepassingen.

Deze uitzonderingen omvatten:
- Motoren in potentieel explosiegevaarlijke gebieden (zoals omschreven in Richtlijn 94/9/EG) en remmotoren.
- Speciale motoren voor gebruik in één van de volgende omstandigheden:
  - omgevingstemperatuur boven 40 °C;
  - omgevingstemperatuur onder 15 °C (0 °C voor luchtgekoelde motoren); bedrijfstemperatuur boven 400 °C; koelwatertemperatuur onder 5 °C of boven 25 °C;
  - bedrijf op hoogten boven 1000 m;
  - motoren die volledig in een product zijn geïntegreerd zoals motorreductoren, samenstellingen met pompen of ventilatoren of motoren die tijdens bedrijf volledig zijn omgeven door een vloeibaar medium, zoals een dompelpomp.

In Europa wordt de elektromotor van een motorreductor niet beschouwd als een integraal component en wordt daarom afzonderlijk gemeten. Eenzelfde methode wordt toegepast voor speciale motoren. De basismotor wordt gemeten en de rendementsklasse wordt overgedragen op de verschillende uitvoeringsvarianten.

Praktische aspecten van motoren en kabels

Schema voor MEPS-implementatie

Het tijdsschema van de EU-verordening gaat uit van een gefaseerde verhoging van de vereiste motorrendementen. Na de ingangsdatum moeten alle driefasen-motoren in het werkingsgebied van de verordening voldoen aan de rendements-eisen van de aangegeven rendements-klasse als voorwaarde om ze in Europa op de markt te mogen brengen.

IE2-motoren die door frequentieregelaars worden geregeld worden door MEPS geaccepteerd als alternatief voor de geplande IE3-klasse. De gebruiker moet zeker stellen dat wordt voldaan aan de eis IE3 of het alternatief, bestaande uit IE2 met een frequentieregelaar.

	Vermogen			MEPS	MEPS-alternatief
Vanaf 16 juni 2011	0,75	–	375 kW	IE2	-
Vanaf 1 januari 2015	0,75	–	7,5 kW	IE2	-
	7,5	–	375 kW	IE3	IE2 met frequentieregelaar
Vanaf 1 januari 2017	0,75	–	375 kW	IE3	IE2 met frequentieregelaar

Schema voor MEPS-implementatie

Voldoen aan de gespecifi-ceerde montageafmetingen van EN 50347

Synchrone driefasenmotoren die voldoen aan de klassen IE2 en IE3 zijn vaak groter dan motoren met lager rendement. Dit kan problemen opleveren bij het vervangen van oudere motoren.

De meeste IE2-motoren voldoen aan de eisen van ashoogte en montagepunten zoals gestandaardiseerd in EN 50347. Veel IE2-motoren zijn echter langer. In veel gevallen zullen kleine 50 Hz IE3 Premium Class-motoren niet voldoen aan de montageafmetingen volgens EN 50347. Gebruikers zouden dit gegeven moeten verwerken in de procedures voor motorvervanging. Alternatief voor IE3: IE2 plus frequentieregelaar.

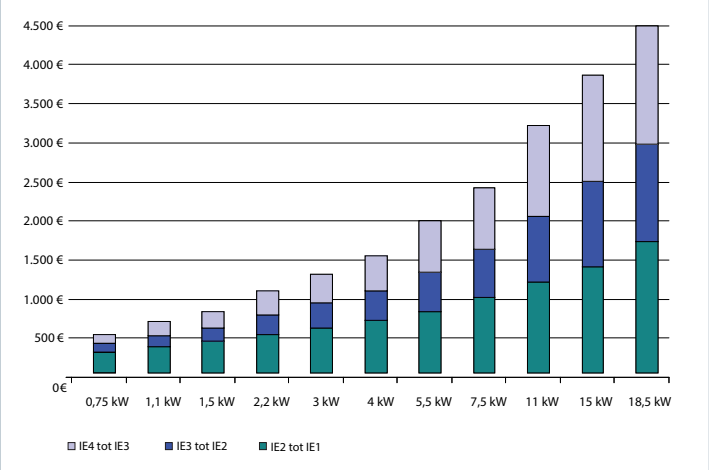
	Motor		
	IE1	IE2	IE3
Ashoogte (EN 50347)	Ja	Ja	Groter
Montagepunten (EN 50347)	Ja	Ja	Groter
Motorlengte	Ja	Langer	Groter

Momenteel wordt verwacht dat synchrone driefasenmotoren van klasse IE2 en IE3 niet kunnen voldoen aan de montageafmetingen zoals gedefinieerd in EN 50347.

Kostenbesparing

Een terechte vraag bij de introductie van IE motoren is de vraag of er sprake zal zijn van kostenbesparing. Het hogere rendement wordt deels gerealiseerd door het gebruik van extra actief materiaal in de elektromotor. Afhankelijk van de motorgrootte is het aannemelijk dat een motor van een betere rendementsklasse circa 10 tot 20% meer zal kosten.

In de praktijk kan deze extra investering vaak snel terugverdiend worden. De grafiek laat de besparing op energiekosten zien van een IE-motor ten opzichte van de volgende IE-klasse. Deze eenvoudige analyse gaat uit van continu-bedrijf bij nominale belasting, 60.000 bedrijfsuren en een elektriciteitsprijs van 8 eurocent per kWh.



Besparing van energiekosten van een IE-motor vergeleken met de volgende IE-klasse

***Noot:** De volledige tekst van EU Verordening 640/2009 kan gratis worden gedownload van website www.eur-lex.europa.eu.*

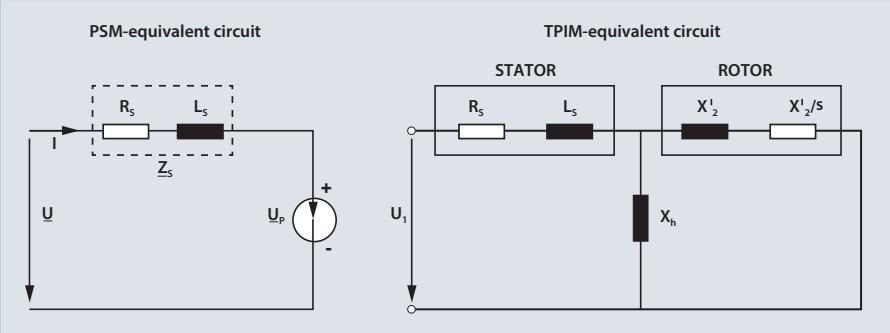
Praktische aspecten van EC- en PM-motoren

Verschillende technische benamingen

Het is niet eenvoudig om het rendement van een driefaseninductiemotor of kortsluitankerdraaistroommotor te verbeteren. Hierdoor vormen synchrone permanentmagneetmotoren een goed alternatief. In vergelijking met een inductiemotor met hetzelfde rendement (bv. IE3) zijn deze motoren duidelijk compacter.

Een gebruiker krijgt te maken met verschillende subcategorieën van deze motoren met verschillende benamingen. De afkortingen "PM"(permanent magneet) en "PMSM" (permanent magneet synchroon motor) worden in de industrie veel gebruikt terwijl de aanduidingen "EC" (electronically commutated, elektronisch gecommuteerd) en "BLDC"(brushless direct current, borstelloze gelijkstroom) vaker worden gebruikt in gebouwenautomatisering.

De diversiteit in de benamingen van permanentmagneetmotoren wordt duidelijk bij het voorbeeld van de EC-motoren. EC-motoren worden gewoonlijk gebruikt als servomotoren of stappenmotoren in industriële toepassingen. Met een compacte bouwwijze dekken ze een vermogensgebied af tot circa 300 watt. De meest gangbare voedingsspanning is 24 V. De situatie is anders voor ventilatiesystemen in gebouwenautomatisering. In dergelijke toepassingen worden 1-fase en 3-fasen EC-motoren gebruikt in compacte ventilatie-units voor toepassingen met vermogens tot circa 10 kW.



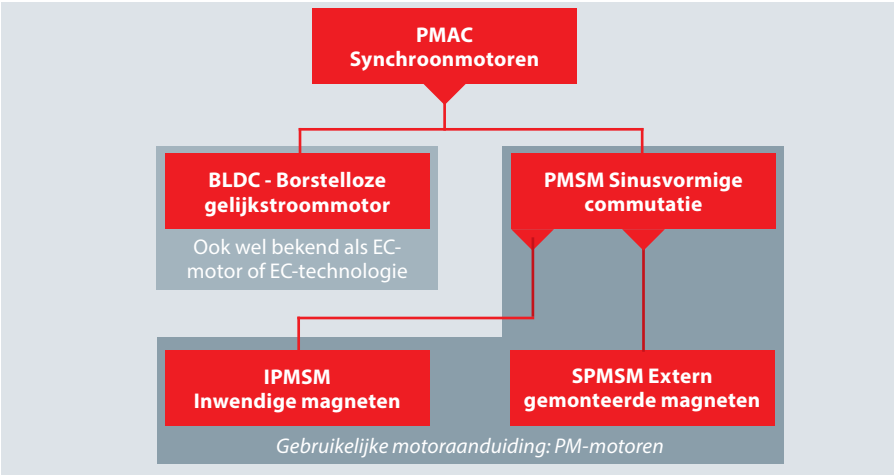
Vergelijking van de vereenvoudigde vervangingsschema's van een PMSM-motor en een inductiemotor (kortsluitankerdraaistroommotor.) Door het ontbreken van rotorverliezen hebben permanentmagneetmotoren een hoger rendement dan driefaseninductiemotoren.

De technologie

Vanwege de ingebouwde permanentmagneten hebben deze motoren geen afzonderlijke bekrachtigingwikkeling nodig of geïnduceerde rotorstroom. Ze moeten echter altijd worden aangestuurd door een elektronische regelaar. Rechtstreekse voeding vanuit een draaistroomnet is derhalve niet mogelijk. De aansturing van de motor kan plaatsvinden zonder terugkoppeling of met een terugkoppelsignaal dat afkomstig is van een sensor of encoder die de daadwerkelijke rotorpositie aangeeft. Op basis van dit signaal vindt de aansturing plaats.

Hoog rendement

Dankzij de permanentmagneten zijn er nauwelijks verliezen in de rotor. Dit resulteert in een hoger rendement.



PMAC = permanentmagneet AC; BLDC = borstelloos DC; PMSM = synchrone permanentemagneetmotor; IPMSM = inwendige PMSM (verzonken magneten); SPMSM = uitwendige PMSM (magneten gemonteerd op rotor)

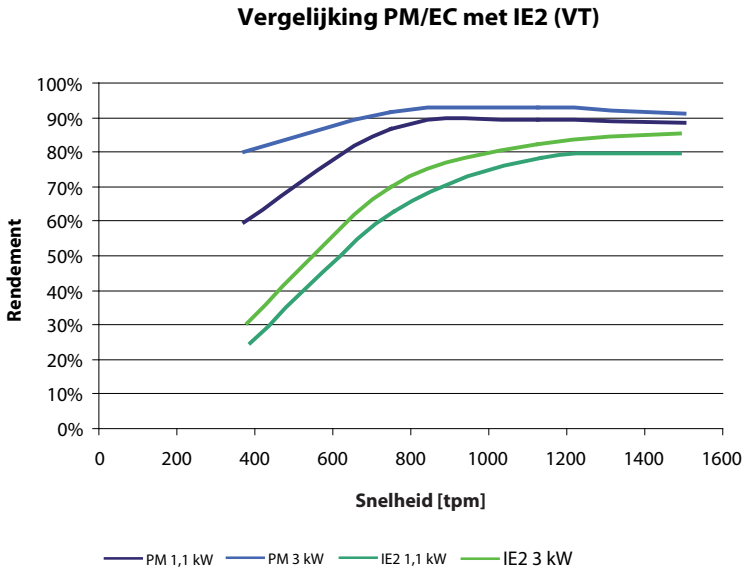
Het Danfoss EC+-concept

maakt het mogelijk om PM-motoren met IEC-standaardmaten te gebruiken in combinatie met Danfoss VLT®-frequentieregelaars. Danfoss heeft het benodigde regelalgoritme geïntegreerd in de bestaande VLT®-regelaarseries. Dit betekent dat er voor de gebruiker niets verandert. Na het invoeren van de relevante motorgegevens profiteert de gebruiker van het hoge motorrendement van de EC-technologie.

Voordelen van het EC+-concept

- Onafhankelijk van de motortechnologie: PM of asynchroon met dezelfde frequentieregelaar
- Installatie en bediening van het apparaat blijven ongewijzigd
- Merkonafhankelijke keuze van alle componenten
- Superieur systeemrendement dankzij een combinatie van afzonderlijke componenten met optimaal rendement
- Toepassing in bestaande systemen mogelijk
- Uiteenlopende vermogensklassen voor standaard- en PM-motoren

Praktische aspecten van EC- en PM-motoren



Het schema toont waarden die door een onafhankelijke universiteit zijn gemeten. Verliezen voor de vereiste besturingselektronica zijn in de cijfers inbegrepen.

Oversynchroon bedrijf

In theorie is het mogelijk om een EC- of PM-motor boven het nominale toerental of de nominale frequentie te gebruiken, uiteraard onder voorwaarde dat de fabrikant dit gebruik toestaat. Bij een inductiemotor wordt dit "oversynchroon" bedrijf genoemd of bedrijf in het veldverzwakkingsgebied. In het oversynchroon of veldverzwakkingsgebied kunnen hogere toerentallen worden bereikt maar met een lager askoppel. In tegenstelling tot draaistroommotoren kan bij EC- en PM-motoren de veldverzwakking alleen worden gerealiseerd met speciale aansturing. Het koppel op de motoras zal hierbij lager worden, net als bij draaistroommotoren.
De motorfabrikant moet aangeven of een bepaalde motor geschikt is voor oversynchroon bedrijf.

Voor een frequentieregelaar is oversynchroonbedrijf geen probleem zolang het tegen-EMK van de EC- of PM-motor, opgewekt door de permanentmagneten, niet hoger is dan de maximaal toegestane DC-tussenkringspanning van de frequentieregelaar.

Bijvoorbeeld, een motor met een tegen-EMK van 200 V bij 1000 tpm kan werken bij een snelheid tot 3192 tpm indien de frequentieregelaar een maximaal toegestane DC-tussenkringspanning van 900 V heeft. Hoewel de motor ook bij hogere snelheden kan werken, veroorzaakt dit een risico van elektrische storing van de regelaar in geval van een defect ten gevolge van een spanning hoger dan 900 V. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren in geval van een netverstoring.

Standaard IEC-behuizing

In veel toepassingen worden driefasen-inductiemotoren toegepast waarvan de installatiematen en bouwgroottes overeenkomen met de specificaties van IEC EN 50487 of IEC 72.

Tot nu toe hebben de meeste PM-motoren andere bouwvormen. Servomotoren zijn hier voorbeelden van. Door de compacte constructie met lange, relatief dunne rotors zijn ze geoptimaliseerd voor hoogdynamische toepassingen.

Om het hoge rendement van een permanentmagneetmotor ook toepasbaar te maken in bestaande industriële toepassingen zijn PM-motoren nu ook beschikbaar in de gestandaardiseerde IEC-bouwgroottes. Hierdoor is het mogelijk om driefaseninductiemotoren in bestaande installaties te vervangen door motoren met hoger rendement. Met beperkte engineering kan een motor met hoger rendement worden ingezet zonder ontwerpaanpassingen aan de bestaande machine.

Vanwege de compatibiliteit zijn beide vormen van PM-motoren commercieel beschikbaar.

Optie 1: Dezelfde bouwgrootte
De PM/EC-motor en de inductiemotor hebben dezelfde afmetingen.

Voorbeeld: een inductiemotor van 3 kW kan vervangen worden door een PM/EC-motor met dezelfde afmetingen.

Optie 2: Hetzelfde vermogen
De PM/EC-motor en de inductiemotor hebben hetzelfde nominale vermogen. In theorie kan een PMSM kleiner gemaakt worden dan een inductiemotor met een vergelijkbaar vermogen. Afhankelijk van de bouwgrootte is de vermogensdichtheid van een PM/EC-motor circa 1,5 tot 2 maal zo groot als van een inductiemotor.

Voorbeeld 1: Een 3 kW inductiemotor kan vervangen worden door een PM/EC-motor met dezelfde bouwgrootte als een 1,5 kW motor.

Voorbeeld 2: Een 3 kW inductiemotor kan worden vervangen door een PM/EC-motor met dezelfde bouwgrootte en een nominaal vermogen van 6 kW.

Een PM/EC-motor moet altijd met een elektronische regelaar worden aangestuurd.

Praktische aspecten van motoren die geschikt zijn voor frequentieregelaarbedrijf

Selectiecriteria

De volgende aspecten moeten bij het gebruik van toerengeregelde motoren worden beoordeeld:
- Isolatiebelasting
- Belasting van de lagers
- Thermische belasting

Isolatiebelasting

Voeding van een elektromotor vanuit een frequentieregelaar veroorzaakt een hogere belasting op de motorwikkeling dan netbedrijf. Dit wordt primair veroorzaakt door de steile flanken van de spanningspulsen (du/dt) en de karakteristieken van de motorkabel, afhankelijk van kabellengte, kabeltype en kabelroute enz.

De steile flanken van de spanningspulsen ontstaan door de snelschakelende halfgeleiders in de uitgangstrap van de frequentieregelaar. De halfgeleiders werken met een schakelfrequentie in het gebied van 2 tot 20 kHz met bijzonder korte schakeltijden om een sinusvorm te genereren.

In combinatie met de motorkabel zijn deze steile spanningsflanken verantwoordelijk voor het volgende in de motor:
- hoge pulsspanningen U_{LL} op de motorklemmen veroorzaakt extra belasting op de isolatie tussen de afzonderlijke wikkelingen.
- hogere pulsspanning tussen de wikkelingen en het statorblikpakket $\hat{U}_{LE}$ veroorzaakt extra belasting op de slotisolatie in de sleuven waar de wikkelingen zich bevinden.
- hogere spanningen tussen de wikkelingen $\hat{U}_{wdg}$ veroorzaken een duidelijk hogere belasting van de isolatie van de wikkeldraad waar de wikkeling uit bestaan.

Lagerbelasting

Onder ongunstige omstandigheden kunnen defecten in toerengeregelde motoren ontstaan als gevolg van lagerstromen. Er kan stroom door het lager lopen wanneer de spanning over de smeerfilm groot genoeg is om de isolerende laag die gevormd is door het smeermiddel te doorbreken. Wanneer dit plaatsvindt zal het lager steeds meer geluid gaan produceren en snel kapot gaan. Dit type lagerstromen omvat hoogfrequente wervelstromen, stromen naar aarde en stromen als gevolg van EMD (Electromagnetic Discharge, ofwel vonkerosie).

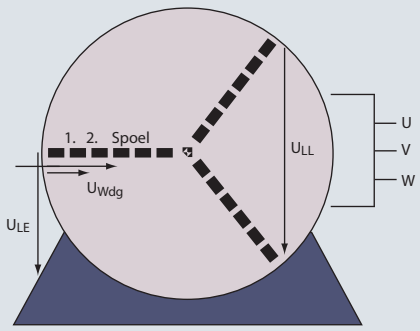
Welke van deze stromen lagerschade veroorzaakt is afhankelijk van de volgende factoren:
- De voedingsspanning van de frequentieregelaar.
- De steilheid van de flanken van de pulsvormige spanning (du/dt).
- Het soort motorkabel.
- Elektrische afscherming.
- Aarding in het aandrijfsysteem.
- Motorvermogen.
- Het aardingssysteem van de motor en de as van de elektromotor.

Lagerstromen kunnen door de volgende maatregelen gereduceerd worden:
- Plaatsing van uitgangsfilters (motor-smoorspoelen, du/dt-filters, of sinusfilters).
- Montage van elektrisch geïsoleerde lagers.
- Deugdelijke aarding van alle metalen systeemonderdelen via verbindingen met lage impedantie.
- Afgeschermde motorkabels.
- Plaatsing van een DC-onderdrukkingsfilter.

Thermische belasting

Gebruik van een frequentieregelaar vergroot de warmteontwikkeling in de elektromotor. De extra harmonischen in de motorspanning veroorzaken ijzerverliezen in het blikpakket en extra verliezen in stator en rotor. De grootte van de verliezen is afhankelijk van de amplitude en frequentie van de harmonischen in de uitgangsspanning. De extra verliezen in de rotor zijn afhankelijk van de slotgeometrie van de rotorstaven. IJzerverliezen zijn niet afhankelijk van de belasting. De extra verliezen in de motor veroorzaken een hogere thermische belasting van de wikkelingisolatie. Bij moderne frequentieregelaars is de extra opwarming van normmotoren (t/m bouwgrootte 315) vergelijkbaar met de extra opwarming als gevolg van netschommelingen en kan daarom verwaarloosd worden. Fabrikanten specificeren soms een deratingfactor voor de motoren die groter zijn dan de normmotoren (bouwgrootte 355 en hoger).

Wanneer de frequentieregelaar niet in staat is om de volle netspanning als uitgangsspanning te leveren bij de nominale netfrequentie is het aan te raden een elektromotor met isolatieklasse F te selecteren. Wanneer een motor vanuit de frequentieregelaar een spanning krijgt die lager is dan de spanning die de motor zou ontvangen bij netbedrijf zal de motortemperatuur met circa 10 K kunnen stijgen.

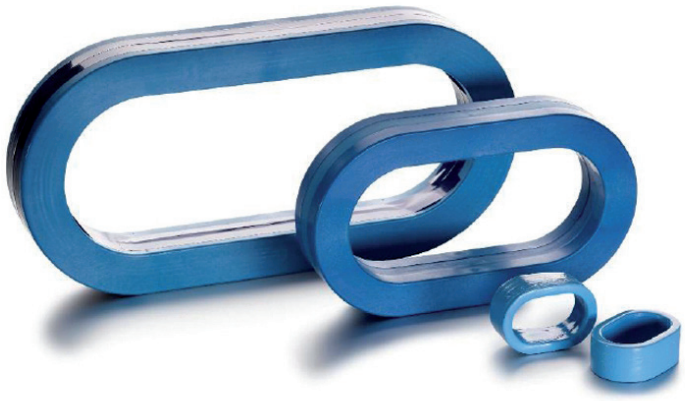


De motor ontvangt pulsvormige spanningen op de motorklemmen (U_{LL}) en tussen de wikkelingen en het blikpakket (U_{LE}). Er ontstaat ook een belasting tussen de wikkelingen (U_{wdg}).

***Noot:** Vraag de motorfabrikant om bevestiging dat de motor geschikt is voor gebruik met een frequentieregelaar, en een opgave van het toegestane toerengebied (minimum- en maximumtoerental).*

***Noot:** Lagerstromen ontstaan door interacties van het gehele systeem, bestaande uit frequentieregelaar, motor, kabel en aarding. IEC 60034-17 doet aanbevelingen voor preventieve maatregelen voor ashoogten van 315 mm (ong.132 kW) en hoger.*

Praktische aspecten van uitgangsfilters



Sinusfilters en du/dt-filters

De mogelijkheden voor uitgangsfilters omvatten sinusfilters en du/dt-filters. In tegenstelling tot sinusfilters, is de enige taak van een du/dt-filter het beperken van de steilheid van de flanken van de pulsvormige uitgangsspanning. Ze zijn eenvoudiger van ontwerp dan sinusfilters (kleinere inducties en capaciteiten) en zijn om die reden goedkoper. Sinusfilters, ook wel LC-filters genoemd, kunnen als optie worden toegevoegd aan de uitgang van frequentieregelaars. Ze vlakken de blokvormige spanningen af en zetten deze om in een nagenoeg sinusvormige uitgangsspanning.

Functies en taken van sinusfilters

- Beperking van de stijgsnelheid van de spanning (du/dt) op de motorklemmen.
- Beperking piekspanning $\hat{U}_{LL}$
- Reductie van motorgeluid.
- Gebruik van langere motorkabels mogelijk maken.
- Verbetering EMC-eigenschappen.
- Wanneer sinusfilters worden gebruikt in combinatie met Danfoss-frequentieregelaars maken de sinusfilters het gebruik van onafgeschermde motorkabels mogelijk en gelijktijdig wordt voldaan aan EN 61800-3 RFI categorie C2.

Wanneer worden sinusfilters toegepast?

- Onderwaterpompen en dompelpompen.
- Lange motorkabels (inclusief situaties waar dit noodzakelijk is vanwege parallelbedrijf van meerdere motoren).
- Bronpompen.
- Motoren zonder goede isolatie tussen de wikkelingen.
- Waar niet-standaard motoren worden gebruikt (in overleg met de motorfabrikant).

Renovatie

Wanneer een gebruiker oudere motoren en installaties ombouwt van netbedrijf naar toerengeregeld bedrijf met gebruik van frequentieregelaars is het raadzaam sinusfilters toe te passen tenzij het motordatasheet aangeeft dat de wikkelingen geschikt zijn voor frequentieregelaarbedrijf.
Bij renovatie is het vaak rendabel om oudere motoren met een laag rendement te vervangen door nieuwere, energiezuinige motoren. Een sinusfilter is in een dergelijke situatie niet nodig. De nieuwe motoren verdienen zichzelf meestal snel terug door de lagere energiekosten.

	Du/dt-filter	Sinusfilter	Common mode filter
Belasting van motorisolatie	Gereduceerd – langere motorkabels mogelijk	Gereduceerd – langere motorkabels mogelijk	Geen reductie
Belasting van motorlagers	Enigszins gereduceerd	Reduceert rondgaande stromen maar niet synchroonstromen	Reduceert synchroonstromen
Elektromagnetische compatibiliteit	Elimineert harmonischen in motorkabel. Geen effect op EMC-klasse	Elimineert harmonischen in motorkabel. Geen effect op EMC-klasse	Reduceert emissies (boven 1 MHz). Geen effect op EMC-klasse
Maximale motorkabellengte, EMC-compliant	Afhankelijk van fabrikant FC 202: max. 150 m afgeschermd	Afhankelijk van fabrikant FC 202: max. 150 m afgeschermd of max. 300 m onafgeschermd	Afhankelijk van fabrikant FC 202: max. 150 m afgeschermd
Max. motorkabellengte, niet-EMC-compliant	Afhankelijk van fabrikant FC 202: max. 150 m onafgeschermd	Afhankelijk van fabrikant FC 202: max. 500 m onafgeschermd	Afhankelijk van fabrikant FC 202: max. 300 m onafgeschermd
Motorgeluid bij schakelfrequentie	Geen effect	Beperkt	Geen effect
Afmetingen (in verhouding tot frequentieregelaar)	15–50% (afhankelijk van vermogen)	100%	5–15%
Spanningsval	0,5%	4–10%	Geen

Praktische aspecten van motorkabels

Nominale spanning

In de motorkabel treden piekspanningen op tot driemaal de DC-tussenkringspanning. Deze spanningen vormen een aanzienlijke belasting voor zowel de motorkabel als de motorisolatie. De belasting is hoger wanneer de frequentieregelaar geen du/dt-filter of sinusfilter heeft.

Om deze reden moet de motorkabel minstens voldoen aan de eis dat U0/U = 0,6/1 kV. Deze kabels worden meestal getest met een testspanning van minstens 3.500 V AC en meestal 4.000 V AC, en in de praktijk is gebleken dat de isolatie van dergelijke kabels voldoet.

Kabeldimensionering

De vereiste doorsnede van de kabel is afhankelijk van de uitgangsstroom van de frequentieregelaar, de omgevingstemperatuur en de wijze waarop de kabel is geïnstalleerd. Overdimensionering van de kabeldoorsnede vanwege harmonischen is niet nodig.

Voor de selectie en dimensionering van kabels en geleiders leveren EN 60204-1 en VDE 0113-1 gegevens voor aderdoorsnedes t/m 120 mm^2. Wanneer een grotere aderdoorsnede noodzakelijk is kan VDE 0298-4 worden geraadpleegd voor aanvullende informatie.

Lengte motorkabel

In drinkwater- en afvalwaterinstallaties komen vaak lange motorkabels voor. Frequentieregelaar en elektromotor zijn vaak meer dan 100 meter uit elkaar geplaatst. In een dergelijke situatie moet de spanningsval over de kabel meegenomen worden in de kabeldimensionering.

Ontwerp het systeem zodanig dat de volledige uitgangsspanning de motor bereikt, zelfs bij een lange motorkabel. De lengte van een motorkabel die op een standaard frequentieregelaar kan worden aangesloten is gewoonlijk 50 tot 100 meter. Zelfs bij deze kabellengte kunnen sommige fabrikanten niet de volledige uitgangsspanning op de motorklemmen leveren.

Wanneer motorkabels van meer dan 100 meter nodig zijn, is er een beperkt aantal fabrikanten dat met standaard producten aan deze eis kan voldoen. Als alternatief kan het noodzakelijk zijn aanvullende smoorspoelen of uitgangsfilters te plaatsen.

Energiebesparing

De spanningsval in een motorkabel en de daarmee samenhangende warmteontwikkeling is bijna evenredig met de lengte van de motorkabel en medeafhankelijk van de frequentie.

Om die reden moeten kabeltracés zo kort mogelijk worden gehouden en de aderdoorsnedes niet groter worden gekozen dan elektrisch noodzakelijk is.

Kabels met geschikte afscherming

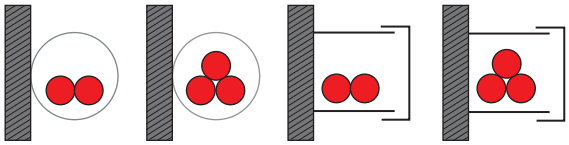
Afgeschermde kabels moeten een bedekkingspercentage hebben van minstens 80%. Voorbeelden van geschikte kabels zijn:

- Lapp Ölflex 100-CY
- Helu Y-CY-JB
- Helu Topflex-EMV-UV-2YSLCYK-J

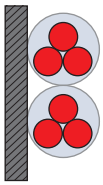
Noot: *Raadpleeg de fabrikant voor informatie over de maximale kabellengte die aan de frequentieregelaar mag worden aangesloten en de verwachte spanningsval. Een standaard VLT® AQUA Drive frequentieregelaar kan worden gebruikt met afgeschermde kabel van maximaal 150 m lengte of een onafgeschermde kabel van maximaal 300 m lengte en zal in beide gevallen de volle spanning op de motorklemmen leveren.*

Nominale stroom [A] van pvc-kabel bij een omgevingstemperatuur van 40 °C				
mm^2	B1	B2	C	E
1	10,3	10,1	11,7	12,4
1,5	13,5	13,1	15,2	16,1
2	18,3	17,4	21,0	22,0
4	24,0	23,0	28,0	30,0
6	31	30,0	36,0	37,0
10	44,0	40,0	50,0	52,0
16	59,0	54,0	66,0	70,0
25	77,0	70,0	84,0	88,0

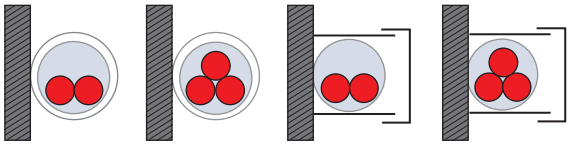
Samenvatting van EN 60204-1 met betrekking tot de nominale stroom voor kabeldoorsneden



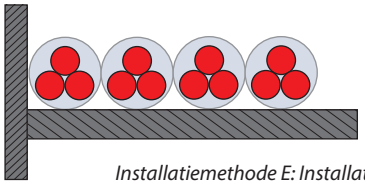
Installatiemethode B1: geleiders in leiding of in gesloten kabelgoten



Installatiemethode C: rechtstreekse installatie op of in wanden en/of plafonds of in open kabelgoten



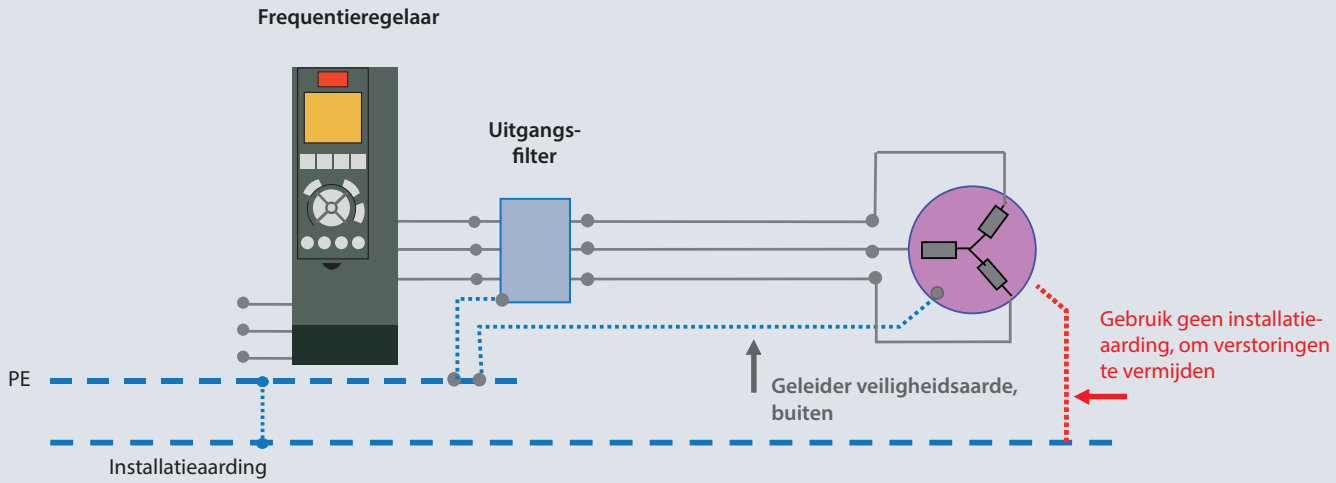
Installatiemethode B2: Meeraderige kabel of meeraderige kabel met mantel in leiding of in gesloten kabelgoten



Installatiemethode E: Installatie in de open lucht en in open kabelgoten

Praktische aspecten van aarding

Het belang van aarding



Voor elk systeem of installatie moet een aardingsplan worden uitgewerkt.

In het algemeen zijn goede aardingsvoorzieningen en -systemen essentieel om te kunnen voldoen aan de eisen van de EMC- en Laagspanningsrichtlijn. Deze voorzieningen zijn een voorwaarde voor het correct functioneren van andere maatregelen, zoals afscherming en filters. Andere maatregelen hebben geen nut zonder een goed aardingssysteem. Het controleren van de aarding is een noodzakelijke eerste stap bij EMC troubleshooting, voordat extra afscherming of extra filters worden geïnstalleerd.

Elektrisch geleidende materialen

Gebruikers moeten controleren dat de metalen oppervlakken zijn geaard via verbindingen met een lage impedantie. Vanuit EMC-oogpunt is de diameter van een geleider niet doorslaggevend, maar de afmeting van het buitenoppervlak van de geleider.
Het gedeelte van de aardingsverbinding met het kleinste oppervlak zal bepalend zijn voor de mogelijkheid om lekstromen naar aarde af te voeren. Geaarde oppervlakken hebben een afschermend effect en dempen de sterkte van elektromagnetische velden.

Aarding in sterconfiguratie

Alle geaarde punten en componenten moeten zo direct mogelijk met het centrale aardingspunt worden verbonden, bijvoorbeeld door een potentiaalvereffeningsrail. Dit leidt tot een aardingssysteem waarbij alle aansluitingspunten voor aarde stervormig zijn verbonden naar het centrale aardpunt. Dit centrale aardpunt moet duidelijk gedefinieerd zijn.

Goed contact

Nadat verf en corrosie zijn verwijderd moeten aardingsverbindingen bij voorkeur via een relatief groot oppervlak worden gemaakt. Veerringen maken beter contact dan platte carrosserieringen. Componenten met een coating van tin, zink of cadmium hebben de voorkeur boven geverfde componenten. De connectoren moeten meerdere contacten voor de afscherming hebben om een goede verbinding te kunnen realiseren.

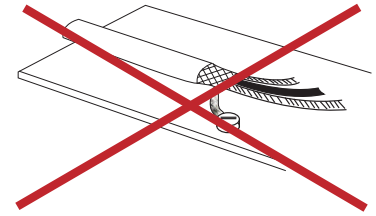
Oppervlak van geleider

Voor het afvoeren van hoogfrequente stromen moeten geleiders met een groot buitenoppervlak worden toegepast. Dit kan worden uitgevoerd met gevlochten draad of met speciale gevlochten aardingsstrips of -kabels. Gevlochten aardstrips hebben een aanzienlijk groter oppervlak dan een ronde draad met dezelfde doorsnede en zijn daardoor veel beter in staat om hoogfrequente verstoringen af te voeren.

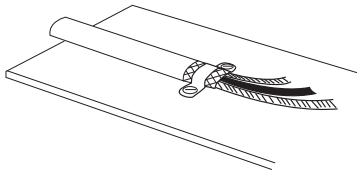
Noot: *De systeemaarding heeft een groot effect op storingsvrij bedrijf van de installatie. Het is belangrijk dat aardlussen worden vermeden. Daarnaast is potentiaalvereffening van groot belang. Maak daarom in een vroeg stadium van het project een aardingsplan.*

Praktische aspecten van afscherming

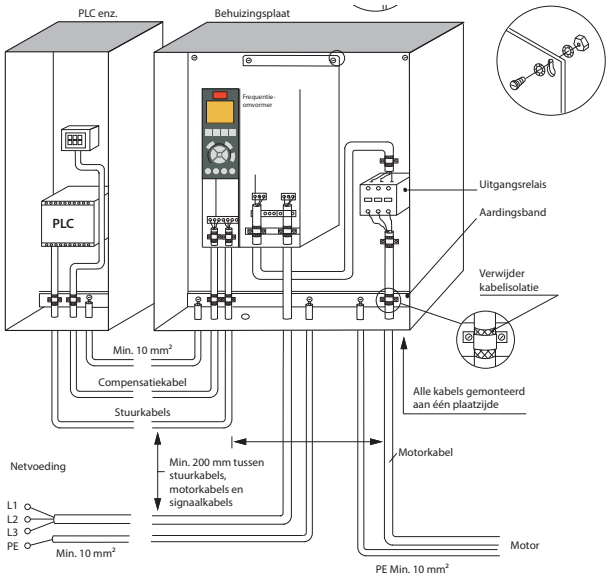
Het belang van afscherming



Fout



Goed



Afscherming heeft tot doel de hoeveelheid uitgestraalde interferentie (die naastgelegen componenten zou kunnen beïnvloeden) te beperken en de ongevoeligheid (immuniteit) van afzonderlijke componenten te vergroten door afzwakking van verstoringen van buitenaf.

Het achteraf monteren van afschermingen (zoals afgeschermde kabel of extra beplating) in een installatie is bijzonder kostbaar. Fabrikanten van frequentieregelaars leveren normaliter de informatie om te kunnen voldoen aan de limieten van de normen, inclusief informatie over de extra voorzieningen die benodigd zijn zoals het gebruik van afgeschermde kabels.

Frequentieregelaars genereren op de uitgangen pulsen met steile flanken. Deze pulsen bevatten hoogfrequente componenten (die tot in het gigahertzbereik lopen), die ongewenste straling vanaf de motorkabel veroorzaken. Om deze reden moeten afgeschermde motorkabels worden toegepast. De taak van de afscherming is het afvangen van de hoogfrequente componenten en deze terug te leiden naar de bron van de verstoring, in dit geval de frequentieregelaar.

Afgeschermde kabels en bedrading

Zelfs goede afscherming die voldoet aan de normen kan niet alle straling elimineren. In het "nabije-veld" gebied zijn nog steeds elektromagnetische velden aanwezig die de componenten en modules in dit gebied niet mogen verstoren in hun correcte werking.
De norm vereist dat de componenten moeten voldoen aan de limiet, die voor een bepaalde afstand is gespecificeerd (zoals 30 dB voor een afstand van 10 m voor klasse B). Voor wat betreft de hoogte van deze limiet maakt de norm onderscheid tussen gebruik in 1st environment (huishoudelijke omgeving) en 2nd environment (industriële omgeving).
Voor gedetailleerde informatie raadpleeg de sectie "Praktische aspecten van hoogfrequente verstoringen (RFI)" vanaf bladzijde 22.

Afwerking van de afscherming

De afscherming van de kabel moet rondom worden verbonden voor effectieve kabelafscherming. EMC-wartels of aardingskabelklemmen kunnen voor dit doel worden gebruikt. Deze klemmen omringen de afscherming volledig en maken via een groot oppervlak een aardingsverbinding. De afscherming moet direct naar het aardpunt lopen en via een groot oppervlak contact maken. Eventuele verbindingen moeten aan beide uiteinden van de kabel zo kort mogelijk worden gehouden.
Alle andere verbindingstechnieken zullen de effectiviteit van de kabelafscherming verminderen. Regelmatig wordt de kabelafscherming tot een "staartje" of "pigtail" gedraaid en met een schroefverbinding met aarde verbonden. Deze manier van verbinden veroorzaakt een aanzienlijke impedantie voor de hoogfrequente componenten in het af te voeren signaal. Hierdoor wordt de verstoring gestraald vanaf de afscherming en niet naar de bron teruggeleid, zoals werd beoogd. Hierdoor kan de effectiviteit van de afscherming ernstig worden verminderd, soms wel met 90%.

Onderbrekingen in de afscherming

Onderbrekingen of "gaten" in de afscherming, zoals bij klemmen, schakelaars of contactors moeten worden overbrugd door verbindingen met een zo laag mogelijke impedantie en zo groot mogelijk oppervlak.

Praktische aspecten van afscherming

Aardverbinding

De aardingsverbinding van een afscherming is cruciaal voor de effectiviteit. Om deze reden moeten veerringen of tandringen worden toegepast bij schroefverbindingen die delen van de behuizing doorverbinden en moeten geverfde oppervlakken worden kaalgeschraapt zodat verbindingen met lage impedantie zullen ontstaan. Geanodiseerde aluminium behuizingen zullen bijvoorbeeld onvoldoende aardingscontact maken als platte carrosserieringen worden toegepast bij de montageschroeven. Voor aardingsverbindingen moet bedrading met een grote doorsnede worden gebruikt, of, bij voorkeur, een gevlochten aardkabel. Wanneer bedrading met een doorsnede van minder dan 10 mm^2 wordt gebruikt voor elektromotoren met laag vermogen, moet een aparte PE-leiding worden gelegd van de motor naar de frequentieregelaar met een doorsnede van minstens 10 mm^2.

Motorkabel

Om te voldoen aan de limieten voor radiofrequente interferentie moeten afgeschermde kabels worden toegepast tussen frequentieregelaar en elektromotor en moet de afscherming **aan beide zijden** worden aangesloten.

Signaalkabel

De afstand tussen motorkabel en signaalkabels zou meer dan 20 cm moeten zijn en de voedingskabel moet zoveel mogelijk apart lopen van de motorkabel. Storingen worden snel kleiner als de onderlinge afstand groter wordt. Extra maatregelen (zoals het gebruik van scheidingsstroken) zijn essentieel bij kleinere scheidingen. Als dit achterwege blijft kan storing worden ingekoppeld of worden overgedragen. De afscherming van stuurkabels moet aan beide zijden op dezelfde manier worden aangesloten als de afscherming van motorkabels. In uitzonderingsgevallen kan enkelzijdige aarding worden overwogen. Dit wordt echter niet aanbevolen.

Soorten afscherming

Fabrikanten van frequentieregelaars adviseren het gebruik van afgeschermde motorkabels. Twee factoren zijn belangrijk voor de selectie: het bedekkingspercentage en het soort afscherming.

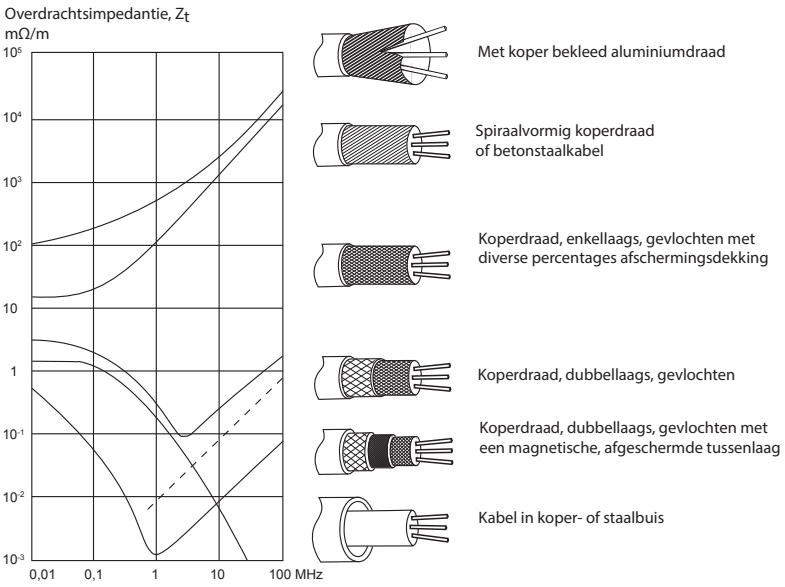
Het bedekkingspercentage is het percentage van het kabeloppervlak dat wordt bedekt door de afscherming. Dit moet minstens 80% zijn.

Met betrekking tot het type afscherming is gebleken dat een enkele laag gevlochten koper in de praktijk bijzonder effectief is. Het is belangrijk dat het scherm gevlochten is. Dit is in tegenstelling tot een gewikkelde koperen afscherming (zoals NYCWY), deze afscherming laat lange spleetvormige oppervlakken onbedekt waardoor hoogfrequente verstoringen makkelijk kunnen ontsnappen. Het oppervlak voor de doorgifte van lekstromen is ook beduidend kleiner voor dit soort afscherming.

Afscherming is ook beschikbaar voor montage achteraf. Het wordt dan om de kabel getrokken om het gewenste afschermingseffect te verkrijgen. Voor korte verbindingen
kunnen metalen leidingen of buizen als alternatief worden gebruikt. Kabelgoten kunnen afscherming alleen onder bepaalde voorwaarden vervangen, bijvoorbeeld in de vorm van een stralingsdempende kabelgoot met goed contacterend deksel en een goede verbinding van kabelgootdelen naar aarde.

Kabels met dubbele afscherming zorgen voor verbeterde demping van gestraalde storing. Het binnenscherm is aan één zijde aangesloten en het buitenscherm is aan twee zijden afgemonteerd. Doordat de bedrading "getwist" (gedraaid) is, worden magnetische velden gereduceerd.

Afgeschermde kabels met "twisted" aders kunnen als signaalkabel gebruikt worden. De afzwakking van het magnetische veld neemt toe van circa 30 dB met een enkelvoudige afscherming tot 60 dB met een dubbele afscherming en tot circa 75 dB als de geleiders ook gedraaid zijn.



Er zijn verschillende soorten afgeschermde kabel, niet alle soorten zijn geschikt voor gebruik met frequentieregelaars.

Stap 4: Praktische aspecten van de selectie van frequentieregelaars

Basisontwerp

In de praktijk selecteren ontwerpers en gebruikers de frequentieregelaars puur op basis van het nominale vermogen in kilowatt. Frequentieregelaars moeten altijd geselecteerd worden op basis van de werkelijke nominale motorstroom bij het zwaarste belastingspunt. Dit selectiecriterium is betrouwbaarder aangezien het geleverde mechanisch vermogen afhankelijk is van de mechanische asbelasting en niet van het toegevoerde elektrisch vermogen.

Het rendement van de elektromotor wordt buiten beschouwing gelaten. Het nominaal vermogen van frequentieregelaars (in kilowatt) wordt gebaseerd op het nominaal vermogen Pnom van 4-poolmotoren.

Motoren met hetzelfde nominaalvermogen kunnen verschillende nominaalstromen hebben, afhankelijk van de motorfabrikant en de rendementsklasse. De nominaalstroom van een 11 kW motor kan bijvoorbeeld variëren van 19,8 A tot 22,5 A.

***Opmerking:** Een 11 kW VLT® AQUA Drive-frequentieregelaar heeft een nominale stroom van 24 A. Hierdoor is voldoende reserve beschikbaar om een motor aan te drijven met een nominaal vermogen van 11 kW.*

Alleen de nominale stroom is echter niet voldoende om het elektrisch vermogen te bepalen dat aan de motor toegevoerd kan worden. De frequentieregelaar moet ook voldoende motorspanning kunnen leveren. Bij een netspanning van 400 V betekent dit dat er ook 400 V op de motorklemmen moet zijn bij 50 Hz. Er zijn nog steeds frequentieregelaars op de markt die dit niet kunnen realiseren.

De uitgangsspanning neemt af door de spanningsvallen in de filters, smoorspoelen en motorkabel. Als de uitgangsspanning bijvoorbeeld tot 390 V zakt, heeft de motor meer stroom nodig om het vereiste vermogen te produceren. Naarmate de verliezen kwadratisch met de stroom toenemen, wordt de motor steeds warmer, waardoor de levensduur afneemt. Uiteraard moet de gebruiker de toegenomen stroomvraag ook bij het ontwerp in aanmerking nemen.

***Opmerking:** Een speciaal modulatieprincipe wordt in de VLT® AQUA Drive gebruikt om de volledige motorspanning te leveren. Zelfs met 10% onderspanning aan de netzijde kunnen de nominale motorspanning en het nominale motorkoppel worden gehandhaafd.*

Constant of variabel koppel

De door de motor aangedreven belasting is de sleutelfactor voor de selectie van de juiste frequentieregelaar. Er moet onderscheid worden gemaakt tussen belastingen waarvan het koppel kwadratisch stijgt met toenemend toerental (zoals centrifugaal pompen en ventilatoren) en belastingen die over het gehele werkgebied een hoog koppel van de motor kunnen vragen, zelfs bij lage snelheden, zoals Roots blowers.

De meeste aandrijvingen in drinkwater- en afvalwaterinstallaties hebben een belastingkarakteristiek waarbij de belasting kwadratisch toeneemt met het toerental tot het nominaal koppel wordt bereikt. Om in deze belastingsomstandigheden een optimaal rendement te behalen, levert de frequentieregelaar een motorspanning die kwadratisch toeneemt met de rotatiefrequentie van het draaiveld in de elektromotor, en daarmee ook met het toerental.

In toepassingen met constant koppel zijn er vaak ook eisen voor wat betreft het losbreekkoppel of acceleratie. In een dergelijke situatie moet de frequentieregelaar tijdelijk extra vermogen aan de motor kunnen leveren, boven het nominale motorkoppel. In toepassingen waar geen startkoppel nodig is dat aanzienlijk hoger is dan het nominale motorkoppel is een relatief geringe overbelastbaarheid over het algemeen voldoende.

Roots blowers die onbelast opstarten hebben hierbij voldoende aan 110% van het nominaal motorkoppel.

***Noot:** Verdringerpompen, Roots blowers en compressoren worden niet geclassificeerd als stromingsmachines. Vanwege het werkingsprincipe van deze werktuigen moeten frequentieregelaars voor deze toepassingen gedimensioneerd worden als "constant koppel"-toepassingen.*

Praktische aspecten van belastingskarakteristieken van werktuigen

Karakteristieke curves en toepassingen

Constant-koppeltoepassingen

Normaal startkoppel (110% overbelasting)
Doseerpompen
Roots blowers
Oppervlaktebeluchting/puntbeluchting
Circulatiepompen
Zijkanaalcompressoren

Hoog startkoppel (150% overbelasting)
Axiale zuigercompressoren
Roterende zuigercompressoren
Excentrische schroefpompen (controleer startkoppel)
Zuigerpompen
Mengers en mixers
Slibontwaterpersen
Compressoren (behalve turbocompressoren)
Verdringerpompen
Tandradpompen
Rotary valves/roterende doseersluizen

Noot: *Vraag de pompleverancier of motorfabrikant om de koppeltoerenkarakteristiek.*

Variabel-koppeltoepassingen

Centrifugaalpompen
Bronpompen[1]
Boosterpompen
Filtertoevoerpompen
Grondwaterpompen[1]
Heetwaterpompen
Verwarmingspompen (primair en secundair circuit)
Naar-waaierpompen (solids)
Koelwaterpompen (primair en secundair circuit)
Bluspompen
Slibcirculatiepompen
Bassin-afvoerpompen[1]
Turbocompressoren
Dompelpompen[1]
Slibsurpluspompen
Ventilatoren

[1]Sinusfilter aanbevolen

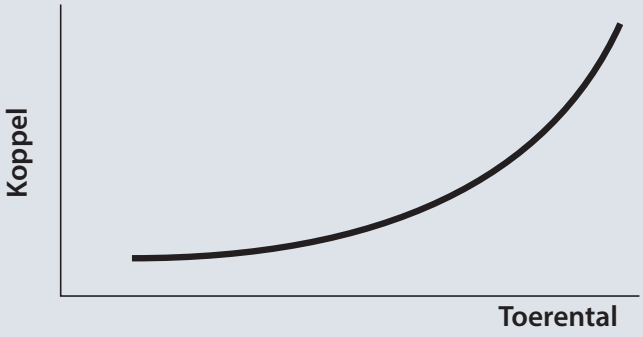
Constant koppel

Toerentalonafhankelijke belastingskarakteristiek



Variabel koppel

Toerentalafhankelijke belastingskarakteristiek



Praktische aspecten van multimotorbedrijf (speciale toepassing)

Ontwerp

In situaties waar gebruikers meerdere motoren gelijktijdig willen voeden vanuit één frequentieregelaar (parallel-aansluiting) moet in het ontwerp rekening worden gehouden met de volgende factoren:

De nominale vermogens en de nominale stromen van de motoren moeten opgeteld worden.

Selecteer een geschikte frequentieregelaar op basis van de opgetelde vermogens en stromen.
Voor de motorbewaking moet de gebruiker de PTC-thermistors van de afzonderlijke motoren in serie schakelen en de frequentieregelaar kan dit temperatuursignaal bewaken. De frequentieregelaar stuurt de aangesloten motoren aan met dezelfde frequentie en spanning.

De aangesloten motoren functioneren dan hetzelfde als de nominale toerentallen en belastingen gelijk zijn.
Aangezien de weerstanden van de PTC-thermistors bij serieschakeling bij elkaar opgeteld worden heeft de thermistorbewakingsfunctie van de frequentieregelaar geen nut als meer dan twee motoren bewaakt moeten worden.

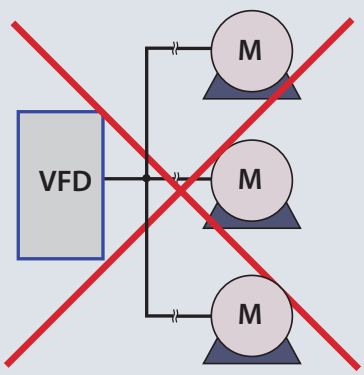
Noot: *Aangezien de weerstanden van de PTC-thermistors bij serieschakeling bij elkaar opgeteld worden heeft de thermistorbewakingsfunctie van de frequentieregelaar geen nut als meer dan twee motoren bewaakt moeten worden.*



Bekabeling

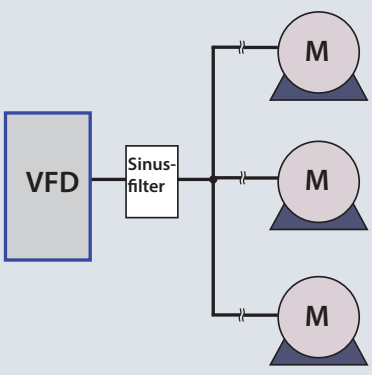
Niet aanbevolen bij multimotorbedrijf: Parallelle kabels leiden tot een aanzienlijk grotere capacitieve werking. Om deze reden moeten gebruikers deze aansluitvorm altijd vermijden.

Niet aanbevolen



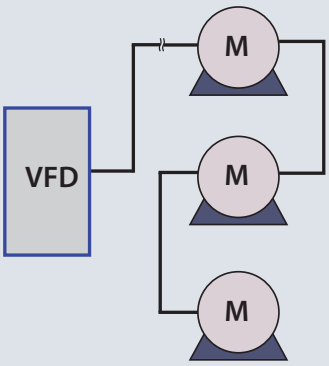
De arbeidsstroom zal dalen aangezien het LC-filter de schakelfrequentie blokkeert. Hierdoor kunnen de motoren parallel worden aangesloten. De motorkabels mogen desnoods over langere afstand parallel lopen.

Aanbevolen



Aanbevolen voor multimotorbedrijf: verbind de motorkabel door van één motor naar de volgende.

Aanbevolen



Praktische implementatie van EMC-maatregelen

De theorie in praktijk brengen

Alle frequentieregelaars zijn breedband interferentiebronnen, hetgeen betekent dat ze verstoringen verspreiden in een breed frequentiegebied. Gebruikers kunnen de hoeveelheid uitgezonden storing met passende maatregelen beperken. Storingsvrij bedrijf kan worden gerealiseerd door gebruik te maken van RFI-filters en netsmoorspoelen. In sommige merken zijn deze componenten reeds in de frequentieregelaar geïnstalleerd. Bij andere merken moet de ontwerper extra (kostbare) ruimte reserveren in de schakelkasten. Algemene informatie omtrent EMC, laagfrequentie netverstoringen (hogere harmonischen) en radiofrequente interferentie (RFI) is opgenomen vanaf bladzijde 13 in deze handleiding.

Noot: *Frequentieregelaars van goede kwaliteit zijn standaard uitgevoerd met deugdelijke RFI-bescherming en netontstoringsfilters. Deze componenten vormen circa 15 tot 20% van de aanschafprijs van een frequentieregelaar.*

Radiofrequente interferentie

Praktische aanbevelingen

Vanaf bladzijde 21 is uitgebreide informatie opgenomen omtrent radiofrequente interferentie. Het hoofddoel is het realiseren van systemen die stabiel functioneren zonder storingen en interferentie tussen de verschillende componenten. Niettemin komt het voor dat na wijzigingen of toevoegingen van nieuwe componenten gevoelige metingen niet langer mogelijk zijn zonder verstoord te worden en/of verstoringen van het meetsignaal laten zien. Deze valkuilen moeten worden vermeden. Om een hoog niveau van storingsonderdrukking te realiseren wordt aanbevolen om frequentieregelaars te gebruiken met RFI-filters van hoge kwaliteit. Deze zouden moeten voldoen aan de eisen van C1 zoals gespecificeerd in de productnorm EN 61800-3 en daarmee voldoen aan de klasse B limieten van de generieke norm EN 55011.

Aanvullende waarschuwingsaanduidingen moeten op de frequentieregelaar worden aangebracht wanneer RFI-filters worden gebruikt die niet overeenkomen met categorie C1, maar met categorie C2 of lager. De verantwoordelijkheid ligt bij de gebruiker.
Zoals vermeld op bladzijde 22, in geval van problemen zal de inspectieautoriteit de aanbevelingen voor eliminatie van de storingen altijd baseren op de A1/A2- en B-limieten zoals gedefinieerd in generieke norm EN 55011 uitgaande van de opstellingsplaats. De gebruiker draagt de kosten om EMC-problemen te verhelpen.

De gebruiker is eindverantwoordelijk voor de correcte classificatie van apparatuur volgens deze twee normen.

Vanwege het gebruik van kabels voor het overbrengen van signalen en vermogen kan interferentie door geleiding zich makkelijk verspreiden naar andere delen van het systeem of de installatie als er geen adequate maatregelen worden getroffen. Interferentie die rechtstreeks door het apparaat of de kabel wordt uitgestraald, wordt daarentegen ruimtelijk beperkt. De intensiteit ervan neemt af met elke centimeter afstand vanaf de interferentiebron. Daarom is het installeren van de regelaar in een geschikte kast overeenkomstig de EMC-voorschriften meestal voldoende om interferentie door straling te beperken. De systeemoperator moet echter altijd zorgen voor een geschikt filter om geleide interferentie te beperken.

Twee benaderingswijzen voor RFI-filters

In de praktijk zijn er twee benaderingen voor de implementatie van RFI-filters. Sommige fabrikanten installeren RFI-filters in hun apparatuur als standaard, terwijl andere fabrikanten de RFI-filters alleen als opties aanbieden. Ingebouwde filters besparen niet alleen veel ruimte in de schakelkast maar elimineren bijkomende kosten voor montage, bedrading en materialen. Het belangrijkste voordeel is echter de perfecte EMC-conformiteit en de bekabeling van geïntegreerde filters.

Optionele externe RFI-filters worden voor de frequentieregelaar geïnstalleerd en leiden tot een extra spanningsval. Dit betekent dat de frequentieregelaar niet de volle netspanning aan de ingangsklemmen ontvangt en waarschijnlijk overgedimensioneerd moet worden. Externe RFI-filters leiden tot extra kosten voor montage, bedrading en materiaal terwijl de EMC-conformiteit niet getest is.

Een andere belangrijke factor is de maximaal toegestane lengte voor de motorkabel waarbij de frequentieregelaar nog steeds voldoet aan de EMC-limieten. In de praktijk kan de toegestane motorkabellengte met deze filters variëren van 1 meter tot 50 meter. In het algemeen vragen langere motorkabels om betere RFI-filters.

Noot: *Voor storingsvrij bedrijf van de aandrijving zou altijd een RFI-filter van categorie C1 moeten worden gebruikt. VLT® AQUA Drive-frequentieregelaars zijn standaard voorzien van ingebouwde RFI-filters conform categorie C1 (EN 61800-3) voor gebruik op 400 V voedingen en vermogens tot 90 kW of categorie C2 voor vermogens van 110 tot 630 kW. VLT® AQUA Drive-frequentieregelaars voldoen aan categorie C1 met afgeschermde motorkabels tot 50 m of categorie C2 met afgeschermde motorkabels tot 150 m.*

Netverstoring

De DC-tussenkring beïnvloedt netverstoring

Vanaf bladzijde 15 is een uitgebreide omschrijving opgenomen van de fundamentele aspecten van laagfrequente netverstoring door hogere harmonischen en de mogelijkheden om deze verstoringen te reduceren.
Het toenemend gebruik van gelijkrichterbelastingen verergert netverstoring. Gelijkrichters nemen niet-sinusvormige stroom op uit het net. Netverstoring door frequentieregelaars wordt voornamelijk veroorzaakt door de condensatoren in de DC-tussenkring vanwege hun pulsvormige laadstromen. De stroom vloeit in korte pulsen rond de toppen in de netspanning. Vanwege de hoge stroom daalt de netspanning kort en is de netspanning niet langer sinusvormig. Om de netspanning intact te houden is het tegenwoordig noodzakelijk om de vijfde (stroom)harmonische te beperken tot een niveau van circa 40% THD. De eisen zijn geformuleerd in de norm EN 61000-3-12.
In toepassingen waar de gebruiker netverstoring moet reduceren tot een THD-niveau dat lager is dan 10% of 5%, kunnen optionele filters en actieve middelen worden gebruikt zodat de netverstoring in de installatie bijna volledig wordt gedempt.

Beperkende maatregelen

Er zijn voor gebruikers verschillende opties beschikbaar om de netverstoring te limiteren. Ze kunnen worden verdeeld in passieve en actieve oplossingen en hebben ook praktische verschillen in de methode van project engineering.

Netsmoorspoel

De gebruikelijke en minst kostbare methode om netverstoring te reduceren is de installatie van smoorspoelen, in de tussenkring of in de voeding van de frequentieregelaar.
Installatie van een netsmoorspoel in de frequentieregelaar zorgt ervoor dat de laadstroom van de tussenkringcondensatoren een minder hoge piekwaarde bereikt, en de laadstroom iets langer zal vloeien. De vervorming van de netspanning zal aanzienlijk worden gereduceerd. De mate van spanningsvervorming in het net is afhankelijk van de kwaliteit van het voedend net (transformator-impedantie en lijnimpedantie). De getallen in de volgende tabel zijn een indicatie van het aangesloten frequentieregelaarvermogen (of andere driefasengelijkrichters) als percentage van het nominale transformatorvermogen. Wanneer deze maximumwaarden worden overschreden is het raadzaam advies in te winnen bij de fabrikant van de frequentieregelaar.

Naast een reductie van de netverstoring zorgen netsmoorspoelen voor een verlenging van de levensduur van de condensatoren in de DC-tussenkring aangezien ze rustiger worden opgeladen dankzij de beperking van de stroompieken. Netsmoorspoelen zorgen er tevens voor dat de frequentieregelaar beter bestand is tegen de belastingen van nettransiënten. Kabeldoorsnede en de nominale waarde van zekeringen of circuitbreaker kan lager zijn dankzij de lagere ingangsstromen. Smoorspoelen leiden tot extra kosten en nemen ruimte in.



Opmerking: Een DC-smoorspoel is standaard geïntegreerd in alle VLT® AQUA Drive-frequentieregelaars. Dit verlaagt de THDi van 80% naar 40%, waarmee wordt voldaan aan de eis van EN 61000-3-12. Het effect is vergelijkbaar met een driefase AC-netsmoorspoel (UK 4%). Er is geen spanningsval die door de frequentieregelaar gecompenseerd moet worden; de volledige netspanning (400 V) is beschikbaar voor de motor.

Maximaal 20% frequentieregelaarbelasting op een transformator
in geval van frequentieregelaars zonder filtering, hetgeen betekent zonder
→ smoorspoel of een kleine smoorspoel (bv. U*K* 2%)

Maximaal 40% frequentieregelaarbelasting op een transformator
in geval van frequentieregelaars met filtering, hetgeen een smoorspoel
→ betekent met U*K* van minstens 4%

Bovenstaande maximale belastingwaarden zijn aanbevolen richtwaarden, gebaseerd op praktijkervaring, die storingsvrij bedrijf van de installatie mogelijk maken.

Praktische implementatie van EMC-maatregelen



Een low harmonic drive is een frequentieregelaar met een ingebouwd actief filter aan de netzijde.

Gelijkrichters met 12, 18 of 24 puls gelijkrichting

In de praktijk worden frequentieregelaars met gelijkrichters met een hoger puls-getal voornamelijk toegepast bij hogere vermogens.
Voor de juiste werking van dit principe zijn speciale transformatoren nodig.

Passieve filters

Passieve harmonischenfilters, bestaand uit LC-kringen, kunnen in alle situaties worden toegepast. Deze filters hebben een hoog rendement, normaliter 98,5% of hoger. Deze filters zijn bijzonder robuust en, met uitzondering van eventuele koelventilatoren, meestal onderhoudsvrij. Het volgende punt moet beoordeeld worden bij de toepassing van passieve filters. Wanneer deze filters ingeschakeld blijven zonder belasting, fungeren ze als een capacitieve vermogensbron vanwege de rondgaande stroom in het filter. Afhankelijk van de specifieke toepassing kan het nuttig zijn een groep filters toe te passen die naar behoefte individueel ingeschakeld en uitgeschakeld kan worden.

Actieve filters, "active front end" en "low harmonic drives"

Een innovatieve aanpak, gebaseerd op verbeterde halfgeleiders en moderne microprocessortechnologie, is het gebruik van actieve elektronische filters. Deze systemen meten de netkwaliteit continu en gebruiken een actieve stroombron om specifieke stroompatronen in het net te injecteren. Het nettoresultaat is een sinusvormige stroom.
In vergelijking met de eerder beschreven filters is de opbouw van deze nieuwe generatie filters complex vanwege de benodigde hogeresolutiedata-acquisitie en de hoeveelheid rekenkracht van de aansturing.

Het is niet mogelijk om een algemene aanbeveling te doen voor de hier genoemde filtertechnieken. Het is wel van belang gedurende de ontwerp- en engineeringssfase de juiste beslissingen te nemen om een systeem te realiseren met hoge beschikbaarheid, geringe netverstoring en geringe radiofrequente interferentie. De volgende factoren moeten in ieder geval zorgvuldig worden geanalyseerd alvorens beslissingen te nemen omtrent de toe te passen filtertechnieken:

- Netanalyse
- Exact overzicht van de netopbouw
- Ruimtebeperkingen in beschikbare elektrische ruimten
- Opties en mogelijkheden in de energieverdeling of onderverdelingen.

Noot: *Bij toepassing van de actieve filtertechnieken bestaat het risico het doel volledig voorbij te schieten, aangezien deze technieken in principe nieuwe verstoringen kunnen creëren in het frequentiebereik boven 2 kHz (zoals beschreven op pag. 18 e.v.)*

Praktische aspecten van RCD, residual current devices

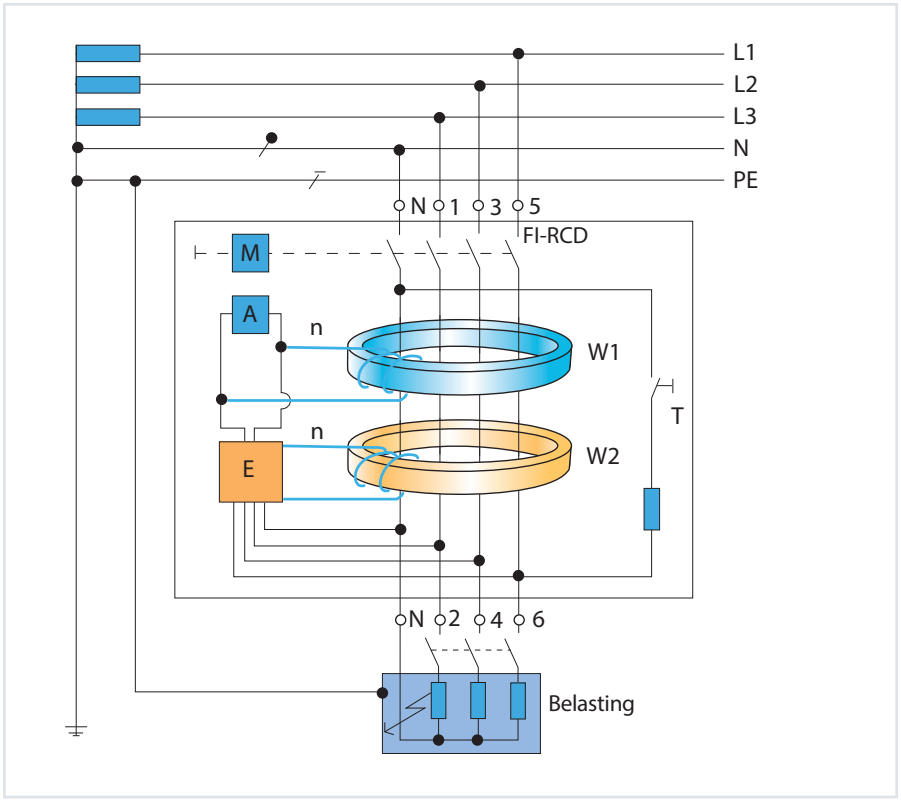
AC/DC-reststroombeveiligingen, aardlekbeveiligingen

Type B RCD's hebben twee afzonderlijke bewakingscircuits: één voor zuivere DC en één voor lekstromen met een AC-component. Deze apparaten worden internationaal omschreven als residual current circuit breakers (RCCB's). De algemene term is "residual current operated device" (RCD) zoals gedefinieerd in EN 61008-1, oftewel reststroombeveiliging of aardlekbeveiliging.

Bij gebruik van apparatuur in een beschermd gebied die in geval van een defect een DC-stroom kan veroorzaken moeten RCD's worden toegepast die gevoelig zijn voor zowel DC- als AC-stroom. Dit geldt voor alle elektrische apparatuur met een B6-gelijkrichterbrug (zoals frequentieregelaars) die zijn verbonden met een driefasenvoeding. Dit type RCD wordt een "type B" RCD genoemd in overeenstemming met IEC 60755. Vanwege het werkingsprincipe veroorzaken frequentieregelaars aardlekstromen die de engineer moet beoordelen bij de selectie van de reststroombewaking. Vraag de fabrikant van de frequentieregelaar welk type RCD wordt aanbevolen in uw toepassing. Het RCD moet direct tussen het voedend net en de gelijkrichter worden geïnstalleerd. Integratie in een gelaagde hiërarchische structuur met andere RCD's is niet toegestaan.

Lekstroomniveau

Het lekstroomniveau hangt af van diverse factoren. In het algemeen geldt dat lekstromen hoger zijn in frequentieregelaars en motoren met hogere vermogens. Een frequentieregelaar met een vermogen van 1,5 kW met een korte motorkabel (ongeveer 2 m) zonder ontstoringsmaatregelen zal een lekstroom van ongeveer 4 mA hebben. Wanneer ontstoring volgens klasse B is vereist, zal de lekstroom bij dezelfde configuratie toenemen tot ongeveer 22 mA. Een frequentieregelaar van 20 kW met ontstoring volgens klasse B en een korte, afgeschermde motorkabel zal een lekstroom van ongeveer 70 mA hebben. Met betrekking tot de motorkabel kunnen gebruikers uitgaan van een stroom van 0,5 tot 2 mA per meter motorkabellengte. Kabels met aderparen geven lagere waarden dan eenaderige kabels.



Type B RCD's hebben twee afzonderlijke bewakingscircuits: één voor zuivere DC en één voor lekstromen met een AC-component.

Praktische aspecten van aarding en motorbeveiliging

Maatregelen voor aarding in de praktijk

Aardingsmaatregelen worden in detail omschreven in de sectie "Motoren en kabels" in Stap 3 (pag. 31 e.v.).
Als de toepassing het gebruik van externe filters noodzakelijk maakt moeten deze zo dicht mogelijk bij de frequentieregelaar worden geplaatst. De kabel tussen het filter en de apparatuur moet een afgeschermde kabel zijn en het filter moet aan de netzijde en apparatuurzijde worden geaard. Het wordt ook aanbevolen filters verzonken te installeren en een verbinding met lage impedantie te maken tussen de filterbehuizing en aarde.

Filters veroorzaken lekstromen die aanzienlijk hoger kunnen zijn dan de nominale waarde in geval van een defect (fase-uitval of asymmetrische belasting). Om gevaarlijke spanningen te voorkomen moeten filters worden geaard voordat de spanning wordt ingeschakeld. Neem de volgende maatregelen, in overeenstemming met EN 50178 of EN 60335, vanwege lekstromen boven 3,5 mA:
de doorsnede van de PE-geleider moet minstens 10 mm^2 zijn;
of de PE-geleider moet worden bewaakt op onderbreking, oftewel is er continuïteit naar aarde;
of een tweede PE moet als aanvulling worden geïnstalleerd.

De lekstromen die hier worden genoemd zijn hoogfrequente signalen. Dit vereist aarding door middel van verbindingen met lage impedantie en een groot oppervlak. De verbinding naar de aardpotentiaal moet zo kort mogelijk zijn.

Noot: *De beste voorzieningen voor bestrijding van netverstoring en radiofrequente interferentie zullen geen effect hebben als de implementatie niet volgens de algemene EMC-principes wordt gedaan. In een dergelijke situatie kunnen ondanks de voorzieningen alsnog storingen ontstaan.*

Motorbeveiliging en motor PTC thermistor

Frequentieregelaars beschermen de motor tegen te hoge stroom. Thermistors of andere temperatuurbewaking (bv. klixons) in de motorwikkelingen kunnen worden gebruikt voor de beste motorbeveiliging. Het signaal kan worden bewaakt via een geschikte signaalingang van de frequentieregelaar.
Thermistors die aan DIN 44081 of DIN 44082 voldoen, zijn ontworpen om een weerstand te hebben binnen een bepaald bereik bij de nominale reactietemperatuur (RRT) (RRT – 5 °C < 550 Ω; RRT + 5 °C > 1330 Ω). Veel frequentieregelaars beschikken over functies om dergelijke thermistors te bewaken. Indien de motoren in explosiegevaarlijke omgevingen worden bediend, is thermistorbewaking enkel toegestaan met gecertificeerde uitschakelapparaten (zie pag. 30).

De beschermingsfunctie van gewone motorbeveiligingsschakelaars is beperkt tot motoren in netbedrijf. In elektrische systemen met frequentieregelaars kunnen motorbeveiligingsschakelaars alleen motorbescherming bieden in noodgevallen waarbij de frequentieregelaar is overbrugd met een geschikte bypassschakeling. De beveiligingsfunctie van een motorbeveiligingsschakelaar is niet effectief bij frequentieregelaarbedrijf. Bij juiste dimensionering kan de motorbeveiligingsschakelaar enig nut hebben voor de bescherming van de voedende kabel naar de frequentieregelaar.

Opmerking: *Veel frequentieregelaars hebben een extra functie genaamd „thermisch motorbeeld". De motortemperatuur wordt berekend vanuit de motorgegevens en het vermogen dat aan de motor wordt toegevoerd. Deze functie wordt vaak conservatief uitgevoerd en spreekt soms eerder aan dan absoluut noodzakelijk. De werkelijke omgevingstemperatuur bij de start van de berekening wordt normaliter niet meegerekend. Deze functie kan echter een eenvoudige basisbescherming bieden wanneer geen andere motorbeveiliging beschikbaar is.*

Noot: In geval van een VLT® AQUA Drive zijn klemmen 50 en 54 normaal gezien bestemd om thermistors aan te sluiten. Deze poort is geschikt voor motortemperatuurbewaking door middel van drie tot zes PTC-kraalthermistors (standaardconfiguratie: drie kralen per motor).

Praktische aspecten van bediening en gegevensweergave

Eenvoudig bedieningsconcept

De basistechniek van alle frequentie-regelaars is in essentie hetzelfde, dus gebruiksgemak is een onderscheidende factor. Veel functies, evenals integratie in machines of systeem, vragen om een eenvoudig bedieningsconcept. Het moet voldoen aan alle eisen voor eenvoudige en betrouwbare programmering en installatie. Bedieningsopties variëren van een eenvoudig, goedkoop numeriek display tot een buitengewoon gebruiksvriendelijk bedieningspaneel met weergave in duidelijke tekst. Het eenvoudige bedieningspaneel is afdoende voor het weergeven of controleren van basisgegevens, zoals stroom of spanning.

Het uitgebreide bedieningspaneel maakt de weergave van aanvullende gegevens mogelijk en kan gelijktijdig meerdere gegevens weergeven.

Duidelijke groepering van functies en eenvoudige handbediening zijn ook aanwezig, evenals de mogelijkheid de frequentieregelaar via software aan te sturen, zoals via veldbus, of op afstand via een modem of via internet.
Een moderne frequentieregelaar zou alle onderstaande mogelijkheden moeten combineren in één apparaat of mogelijk moeten maken. Overschakeling tussen handbediening en afstandssturing moet altijd mogelijk zijn.

design award winner

Dit bedieningspaneel heeft in 2004 de internationale iF Design Award voor gebruiksvriendelijkheid gewonnen. Het LCP 102-bedieningspaneel werd geselecteerd uit 1000 inzendingen afkomstig uit 34 landen in de categorie "mens-machine en communicatie-interfaces".





Grafische bedieningspanelen bieden extra gebruiksgemak en kunnen gegevens in duidelijke tekst weergeven.



Eenvoudige inbedrijfstelling Functies zoals Danfoss Smart Start maken de inbedrijfstelling van frequentieregelaars een stuk eenvoudiger. Hierbij wordt de gebruiker door de basisinstel-lingen voor de regelaar geleid.

Praktische aspecten van bediening en gegevensweergave

Lokale bediening

De basisvereiste is de mogelijkheid voor lokale bediening met een lokaal bedieningspaneel. Ook in het tijdperk van netwerkcommunicatie zijn er vele taken die de mogelijkheid van lokale bediening vereisen, zoals inbedrijfstelling, testen, procesoptimalisatie en onderhoudstaken.

In elk van de genoemde situaties moet de gebruiker of technicus lokale waarden veranderen om de gewenste wijzigingen direct door te voren of aanverwante taken uit te voeren, zoals foutanalyse. Voor dit doel moet het bedieningspaneel een eenvoudige en intuïtieve mens-machine interface bieden.

Duidelijk display

Een grafisch display is de ideale oplossing aangezien de gebruiker de gewenste taal kan instellen en het paneel meerdere belangrijke gegevens van de specifieke toepassing gelijktijdig kan weergeven.

Om overzicht te bewaren, moet de weergave beperkt kunnen worden tot essentiële gegevens en het moet mogelijk zijn deze weergave op ieder moment desgewenst aan te passen. Het kan ook belangrijk zijn om bepaalde functies te blokkeren of te verbergen, afhankelijk van het kennisniveau van de gebruiker, en weergave van parameters of de mogelijkheden voor wijziging te beperken tot de specifieke parameters die in een bepaalde toepassing relevant zijn.

Vanwege het grote aantal functies in moderne frequentieregelaars, en de honderden parameters die voor optimale instelling aanwezig zijn, wordt door het aanpassen of verbergen van weergegeven parameters de kans op gebruikersfouten verminderd en ongewenste stilstandtijd voorkomen. In aanvulling zou het bedieningspaneel een ingebouwde "help"-functie moeten hebben voor de specifieke functie of parameter die op een gegeven moment actief is, zodat een inbedrijfsteller of onderhoudstechnicus op elk moment ondersteuning heeft. Vooral bij weinig gebruikte parameters worden met de "help"-functie ook hier fouten voorkomen.

Voor optimaal gebruik van geïntegreerde diagnosefuncties is het behulpzaam om gemeten waarden in grafiekvorm ("scope functie") weer te kunnen geven als aanvulling op de reguliere alfanumerieke weergave. In veel gevallen vereenvoudigt deze weergave van bijvoorbeeld de vorm van aanloopcurves of koppelgrafieken het foutzoeken of optimaliseren in een toepassing.

Uniform concept

In drinkwater- en afvalwaterinstallaties wordt een groot aantal frequentieregelaars gebruikt in een grote verscheidenheid aan toepassingen. De frequentieregelaars, veelal van dezelfde fabrikant, verschillen voornamelijk in vermogen en daarmee in afmetingen en uiterlijk. Een uniforme operatorinterface voor de frequentieregelaars met hetzelfde bedieningspaneel voor de gehele vermogensrange biedt voordelen voor engineers en gebruikers op een locatie.

Het basisprincipe is dat vereenvoudiging van de gebruikersinterface inbedrijfstelling en foutzoeken (indien nodig) sneller en effectiever zal maken. Om die reden hebben bedieningspanelen met het "plug and play"-concept hun meerwaarde in de praktijk bewezen.

Bedieningspaneel in de kastdeur

In veel installaties waar frequentieregelaars in schakelkasten zijn geplaatst, zou het verstandig zijn om het bedieningspaneel in de deur van de schakelkast te integreren voor procesvisualisatie. Dit is uitsluitend mogelijk voor frequentieregelaars met afneembare bedieningspanelen. Wanneer het bedieningspaneel wordt geïntegreerd in de deur van de schakelkast met behulp van een montageframe kan de frequentieregelaar worden bediend en de bedrijfstoestand en procesgegevens worden uitgelezen zonder de deur van de schakelkast te openen.

Noot: *Controleer of de beoogde frequentieregelaars een effectief bedieningsconcept heeft. Een ontwerp met het grootst mogelijke bedieningsgemak voor parametrering biedt extra voordelen aangezien de functionaliteit van een frequentieregelaar nu niet meer de enige belangrijke factor is. Snelle, eenvoudige bediening, bij voorkeur intuïtief, is eveneens van belang. Dit is de enige benadering waardoor de gebruikers van de frequentieregelaars snel bekend kunnen raken met werking en bediening van de frequentieregelaars en zodoende tijd en geld besparen.*

Parameters van de frequentieregelaars kunnen ook met gesloten kastdeur worden uitgelezen en ingesteld.



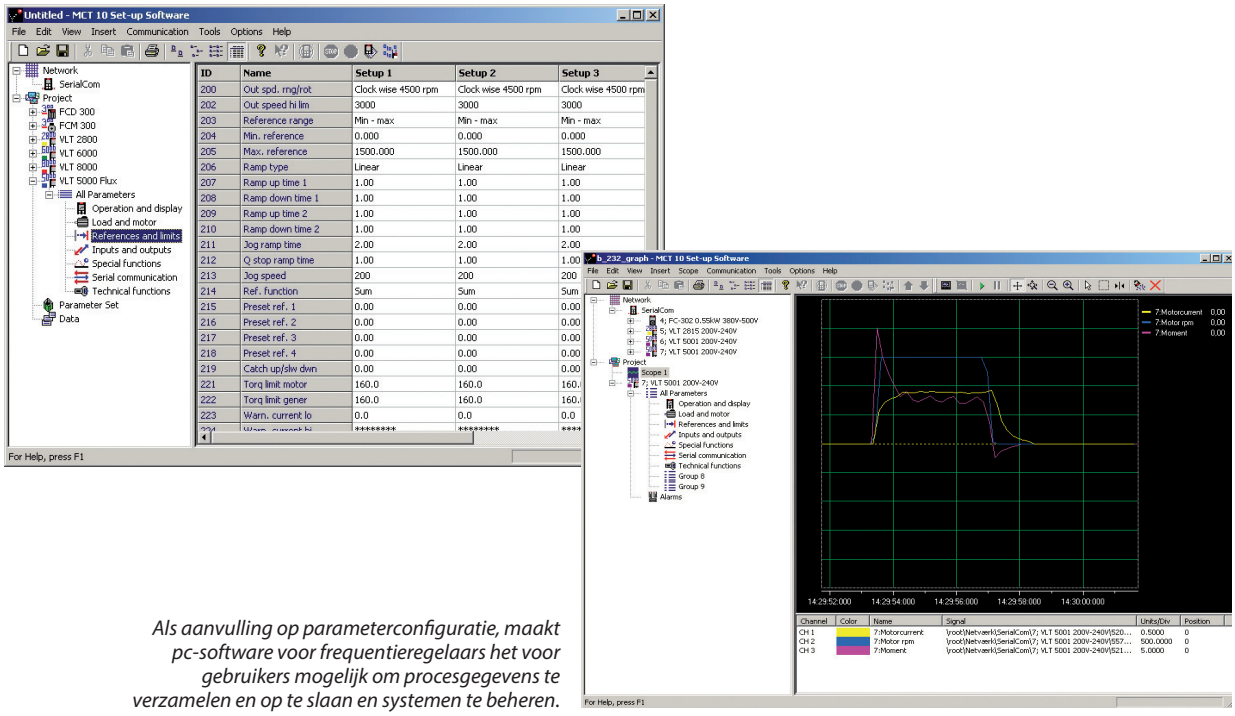
Praktische aspecten van configuratie en parameterbeheer met een pc

Extra opties

Als aanvulling op het bedieningspaneel ondersteunen moderne frequentieregelaars meestal ook de parameterconfiguratie en -uitlezing via een pc-programma. Deze software draait meestal op Windows en ondersteunt verschillende communicatie-interfaces. Datacommunicatie is mogelijk over een traditionele RS 485-interface, veldbus (Profibus DPV1, Ethernet enz.) of een USB-interface.

Een duidelijk gestructureerde gebruikersinterface biedt een snel overzicht van alle drives in een systeem. Goede software biedt ook de mogelijkheid om grotere systemen met veel frequentieregelaars te beheren. Parameterconfiguratie is zowel online als offline mogelijk. De mogelijkheid tot integratie van andere documenten maakt de software nog waardevoller. Dit maakt het mogelijk om elektrische schema's en bedieningshandleidingen vanuit de software te benaderen.

Opmerking: MCT 10-software is een Windows-gebaseerd engineering tool voor eenvoudige engineering, parameterconfiguratie en programmering van VLT® AQUA Drive units.



Als aanvulling op parameterconfiguratie, maakt pc-software voor frequentieregelaars het voor gebruikers mogelijk om procesgegevens te verzamelen en op te slaan en systemen te beheren.



Praktische aspecten van datacommunicatie

Bussystemen

Moderne frequentieregelaars zijn intelligent en in staat om meerdere taken uit te voeren in een aandrijfsysteem. Desondanks blijft de gegevensuitwisseling met het procesbesturingssysteem of de PLC meestal beperkt tot slechts vier datapunten en fungeren de frequentieregelaars uitsluitend als toerenregelaars. Dit betekent dat gebruikers weinig gebruik maken van de vele aanwezige functies en geen toegang hebben tot de gegevens die in de frequentieregelaar opgeslagen zijn. Met een veldbus, zoals Profibus, is het voor gebruikers eenvoudig om het volledige potentieel van een frequentieregelaar te benutten en te integreren in een procesbesturingssysteem. Via één hardwarepunt heeft de gebruiker volledige toegang tot alle parameters van de geïnstalleerde frequentieregelaars. Bekabeling en inbedrijfstelling zijn eenvoudig waardoor vanaf de installatiefase kostenbesparing kan worden gerealiseerd. Er is een grote hoeveelheid gegevens voor een effectief beheer van de installatie beschikbaar. Door collectieve foutmeldingen te decoderen kunnen fouten zelfs van op afstand worden vastgesteld en kunnen de juiste correctieve acties worden opgestart.

Beter alarmmanagement

Gedetailleerde omschrijvingen van alarmberichten vereenvoudigen het vaststellen van de foutoorzaak. Met behulp van deze functionaliteit wordt besturing en bewaking op afstand effectief ondersteund. Onderhoud op afstand via modem of internet maakt het mogelijk om statusmeldingen of foutboodschappen snel weer te geven, ook voor afgelegen locaties.

Beter installatiebeheer

De operator in de bedieningsruimte of centrale wacht kan via veldbus alle frequentieregelaars op afstand bewaken en op afstand instellen. Statusinformatie, zoals uitgangsfrequentie of opgenomen vermogen kan op elk moment worden uitgelezen en verwerkt. Via veldbus is het mogelijk om zonder aanvullende componenten effectief energiebeheer en piekbewaking uit te voeren.

Lagere installatiekosten

Bij gebruik van veldbus is het niet noodzakelijk om iedere frequentieregelaar uit te voeren met een bedieningspaneel. De gebruiker of operator kan alle relevante gegevens benaderen via het procesbesturingssysteem. De aansluiting vindt plaats via een tweedraadsverbinding. Vrije ingangen en uitgangen van een frequentieregelaar kunnen als I/O-poorten worden gebruikt voor het procesbesturingssysteem voor aansluiting van andere componenten zoals sensoren, filters en niveauschakelaars.
In de PLC of procesbesturing zijn minder in- en uitgangen benodigd aangezien een enkel hardwarepunt voldoende is voor de besturing van de frequentieregelaar. Bewakingsfuncties zoals motorthermistorbewaking, droogloopdetectie, kWh-teller en bedrijfsurenteller zijn beschikbaar zonder extra componenten.

Eenvoudigere inbedrijfstelling

Configuratie van de parameters is mogelijk vanaf een centrale locatie, zoals de centrale wacht. Alle instellingen kunnen desgewenst snel en eenvoudig worden gekopieerd van één frequentieregelaar naar de volgende. Het is tevens mogelijk een kopie van de instellingen op te slaan in het bedieningspaneel. Ontwerpers en inbedrijfstellingspersoneel kunnen de instellingen met één druk op de knop documenteren.

Opmerking: *De RGO 100 (Remote Guardian Option) zet nieuwe normen op het gebied van bewaking op afstand, onderhoud en alarmafhandeling in één of meerdere locaties. Ondersteuning wordt geboden om de volgende acties op afstand mogelijk te maken: bediening, onderhoud, alarmafhandeling, systeemconfiguratie en systeembewaking.*

Praktische aspecten van aanvullende selectiefactoren

Procesregelaar

Moderne frequentieregelaars zijn intelligente regelaars. Ze kunnen taken en functies verrichten die traditioneel door PLC's worden uitgevoerd. De geïmplementeerde procesregelaars kunnen ook worden gebruikt om onafhankelijke en uiterst precieze regelkringen te bouwen.

Deze functie is vooral praktisch voor aanpassingen in installaties zonder PLC of met onvoldoende PLC-capaciteit. Mits voldoende vermogen beschikbaar is, kunnen actieve procesopnemers (transmitters voor debiet, druk of niveau) worden gevoed vanuit de 24 V DC hulpspanning van de frequentieregelaar.

Onderhoud

Bijna alle frequentieregelaars zijn nagenoeg onderhoudsvrij. High Power-frequentieregelaars hebben ingebouwde stoffilters die periodiek door de gebruiker moeten worden gereinigd, afhankelijk van de blootstelling aan stof.

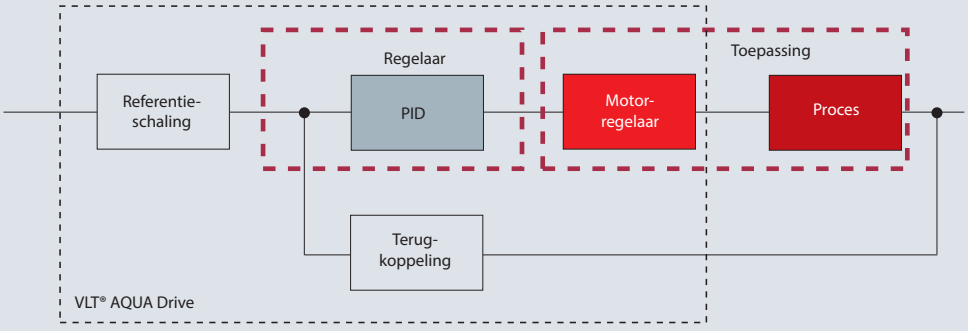
Veel fabrikanten van frequentieregelaars hanteren voorgeschreven onderhoudsintervallen voor de koelventilatoren (circa 3 jaar) en condensatoren (circa 5 jaar).

Opmerking: *Danfoss VLT®-frequentieregelaars t/m 90 kW zijn onderhoudsvrij. Modellen vanaf 110 kW hebben geïntegreerde filtermatten in de koelventilatoren. Deze moeten regelmatig worden gecontroleerd en zonodig worden gereinigd.*

Opslag

Net als alle elektronische apparatuur moeten frequentieregelaars worden opgeslagen op een droge plaats. De betreffende specificaties van de fabrikant moeten worden nageleefd. Sommige fabrikanten vermelden dat het apparaat regelmatig moet worden geformeerd. Daartoe moet de gebruiker het apparaat gedurende een bepaalde periode aan een vooropgestelde spanning blootstellen. Dit formeren is noodzakelijk vanwege de veroudering van de condensators in de DC-tussenkring van het apparaat. De verouderingsgraad hangt af van de kwaliteit van de condensators die in het apparaat worden gebruikt. Formeren gaat het verouderingsproces tegen.

Opmerking: *Vanwege de kwaliteit en eigenschappen van de toegepaste condensatoren en het ordergestuurde productieproces is deze procedure niet van toepassing bij VLT® AQUA Drive-frequentieregelaars.*



Blokdiagram PID-procesregelaar



VLT® AQUA Drive



VLT® AQUA Drive-frequentie-regelaars zijn leverbaar met vermogens van 0,37 kW tot 1,4 MW en nominale spanning van 400 V of 690 V. VLT ® Low Harmonic Drive-uitvoeringen zijn leverbaar voor gereduceerde netverstoring.

Danfoss® AQUA Drives zijn speciaal ontworpen voor gebruik in drinkwater- en afvalwaterinstallaties. In tegenstelling tot veel andere fabricaten zijn veel belangrijke componenten en functies standaard aanwezig.

- Volledige voedingsspanning beschikbaar op de uitgang
- Lange motorkabels mogen aangesloten worden (150 m afgeschermd of 300 m onafgeschermd)
- Gedimensioneerd voor lange levensduur
- Ingebouwd RFI-filter voldoet aan EN 61800-3 categorie C1 (Class B limieten volgens EN 55011)
- Ingebouwde DC-smoorspoelen voor verminderde netverstoring (UK 4%)
- PTC-thermistorbewaking
- AEO-functie voor extra energiebesparing
- Thermisch motorbeeld geïntegreerd in de frequentieregelaar als softwarematige motorbeveiliging die rekening houdt met verminderde motorventilatie bij lage toerentallen (deze functie kan niet gelijktijdig werken met thermistorbewaking)
- RS 485 seriële interface
- USB-interface
- Real time clock
- Droogloopbescherming voor pompen
- Opbrengstbewaking (no-flow detectie)
- Pompomschakeling op basis van draaiuren
- Slijtage beperkende pompstart
- Leidingvulfunctie om sterke drukgolven te voorkomen (hammering)
- Optioneel geïntegreerde Profibus-interface (eveneens met externe 24 V DC voeding)
- Geïntegreerde cascaderegelaar voor drie pompen
- Optionele basis of geavanceerde cascaderegelaar
- Optioneel sensorloze pompregelaar
- Optionele actieve en passieve netfilters voor extra reductie van harmonischen
- Optioneel sinusfilter en du/dt-filter voor alle vermogens
- VLT® AQUA Drive in low harmonic drive-uitvoering

Uw Danfoss-contactpersoon kan u desgewenst van nadere informatie voorzien. De Danfoss Drives-website omvat uitgebreide informatie en product-documentatie die eenvoudig gedownload kan worden.

www.danfoss.com/vlt

EU Richtlijnen voor frequentieregelaars

CE-markering

Het CE (Communauté européenne)-merk is bedoeld om technische barrières te elimineren en vrije handel mogelijk te maken tussen de lidstaten van de Europese Economische Ruimte (EER) bestaande uit de EU en de EFTA (m.u.v. Zwitserland). Het CE-merk geeft aan dat de fabrikant van het product voldoet aan alle toepasselijke Richtlijnen die zijn omgezet in nationale wetgeving. Het CE-merk geeft geen indicatie omtrent de kwaliteit van het product. Het is niet mogelijk om technische specificaties af te leiden uit de CE-markering. De richtlijnen die van toepassing zijn op frequentie-regelaars zijn de Machinerichtlijn, de EMC-richtlijn en de laagspanningsrichtlijn.

Machinerichtlijn

Toepassing van de Machinerichtlijn 2006/42/EG is verplicht vanaf 29 december 2009. Machinerichtlijn 98/37/EG werd op dat moment ingetrokken. De definitie van een machine is een samenstelling of verbinding van meerdere componenten of apparaten, waarvan er minstens één kan bewegen. Een machine, volgens definitie van de richtlijn, moet zodanig zijn ontworpen en vormgegeven dat de veiligheid en gezondheid van mensen, en waar van toepassing huisdieren, niet in gevaar mag komen zolang de machine correct wordt geïnstalleerd, onderhouden en voor het beoogde doel wordt gebruikt. Frequentieregelaars zijn geclassificeerd als elektronische componenten en vallen daardoor niet onder de Machinerichtlijn. Wanneer een machinebouwer frequentie-regelaars toepast in machines, stelt de machinebouwer een "Manufacturer's Declaration" (fabrikantenverklaring) op waarin wordt verklaard dat de machine voldoet aan de toepasselijke regelgeving en veiligheidsvoorzieningen.

EMC-richtlijn

De EMC-richtlijn 2004/108/EG is vanaf 20 juli 2007 van kracht. De kernboodschap is dat apparaten die elektromagnetische interferentie kunnen genereren, of waarvan de werking door dergelijke verstoring kan verslechteren, zodanig zijn ontworpen dat de opwekking van elektromagnetische interferentie wordt beperkt. Voor telecommunicatie- en radio-apparatuur, evenals andere apparaten, geldt dat ze voldoende immuniteit voor elektromagnetische verstoring moeten aantonen wanneer ze voor het beoogde doel worden gebruikt, op een zodanige manier dat het beoogd gebruik mogelijk is. Aangezien frequentieregelaars niet afzonderlijk worden toegepast en niet breed verkrijgbaar zijn, is het niet noodzakelijk om conformiteit aan de EMC-richtlijn vast te leggen door middel van een CE-markering of een EG-conformiteitsverklaring. Desalniettemin hebben Danfoss-frequentieregelaars de CE-markering als aanduiding van de conformiteit aan de EMC-richtlijn. Een conformiteits-verklaring is beschikbaar.

Laagspanningsrichtlijn

De Laagspanningsrichtlijn 73/23/EEG is geldig vanaf 11 juni 1979; de overgangs-periode eindigde op 31 december 1996. De kernboodschap is dat elektrische apparatuur voor gebruik op een nominale spanning van 50 tot 1000 V AC of 75 tot 1600 V DC zodanig moet zijn ontworpen dat de veiligheid en gezondheid van mens, en dier en instandhouding van materialen niet in gevaar komt zolang de apparatuur correct wordt geïnstalleerd en onderhouden en op de beoogde wijze wordt gebruikt. Aangezien frequentiere-gelaars worden beschouwd als elektrische apparatuur in het gespecificeerde spanningsbereik, vallen ze onder de laagspanningsrichtlijn en moeten alle eenheden die vanaf 1 januari 1997 zijn geproduceerd, zijn voorzien van een CE-markering.

Noot: Fabrikanten van machines of systemen moeten zekerstellen dat de toegepaste frequentieregelaars een CE-markering hebben. Op verzoek moet een EG-conformiteitsverklaring kunnen worden verstrekt.

Index

A

Aandrijfsysteem 8
Aangesloten belasting 8
Aansluitvoorwaarden 15
Aarding 38, 48
Aardleidinggeleider 12
Aardlus 38
Aardverbinding 38
Actieve filters 17, 18, 20, 46
Active front end 17, 19, 20, 46
Afscherming 39
Afschermingsmaatregelen 39
Afvoerkosten 10
Agressieve omgeving/gassen 28
Air flow 27, 29
Airconditioning 27
Algemene norm 21
Ammoniak 28
Amplitude 15
Arbeidsfactor 17, 19, 23
Asymmetrische belasting 24
ATEX 30
Automatische energieoptimalisatie (AEO) 9, 54

B

Back-uppowersystemen 24
Bedieningspaneel 49, 50
Bedrijf met gedeeltelijke belasting 8, 9
Bedrijfskosten 8, 10
Bedrijfsomgeving (EMC) 21, 22, 25
Bedrijfspunt 8
Belastingkarakteristiek 42
Belastingsasymmetrie 24
Belastingsschok 8
Beschermingsklasse 30
Beschermingsklassen 25, 26
Beschikbaarheid 8, 16
Blikseminslag 3
Blindstroom 9, 35
Blindvermogen 24
Bussysteem 52

C

Capaciteitsverhoging 8
Capacitieve koppeling 14
CE-markering 55
Centrale compensatie 18
Chloor 28
Common mode filter 36
Compensatiestroom 18
Condensatie 27
Condensator 17
Conductieve koppeling 14
Configuratie 51
Constante karakteristieke curve 41, 42
Corrosie 28
Cos φ 23

D

DC-spanning 17, 20
DC-tussenkring 17, 19, 23, 27, 45
DC-tussenkringspanning 34, 37
Debiet 8
Draaitijd, pomp 10
Driefase-inductiemotoren (TPIM) 33
Druk 8
dU/dt-filter 20, 35, 36, 37

E

EC-motors 33, 34
Efficiëntieklassen 31, 41
Elektromagnetische golven 14
Emax-controle 8
EMC 12, 13, 14, 21, 25, 38, 44
EMC-kabelwartels 37
EMC-karakteristieken 12
EMC-richtlijn 55
Energiebesparing 8
Energiekosten 10
Energierendement 7
Energieverbruik 9
Energieverdeling 15
Environment (1 of 2) 21, 22, 23, 24, 39
Explosiegevaarlijke gebieden (ATEX) 30

F

Faseverschuiving 23
Fourier-analyse 15

G

Geaarde nul 12
Gecoate printplaten 28
Gegevensuitwisseling 51
Gegevensweergave 49, 50
Geleider 37, 38, 43
Gelijkrichter 15, 17, 24, 46
Generator 24
Goed contact 38
Golflengte 14
Groepscompensatie 18

H

Harmonische belasting 24
Harmonische stroom 16, 18
Harmonische vervorming 15, 17, 18
Harmonischen 14
Harmonischen berekening 16, 24
Harmonischenfilter 16, 17, 42, 43
Huishoudelijke omgeving 22, 24

I

IE-klassen 31
IEC-normmaten 32
Inbedrijfstellingskosten 10
Individuele aarding 12
Individuele compensatie 18
Inductieve koppeling 14
Industrieel net 15
Industriële omgeving 22, 24
Ingangsgelijkrichter 15
Initiële investeringskosten 10
Installatieaarding 38
Installatiebediener 15
Installatiekosten 10
Installatieontwerper 7
Installatievoorwaarden 25
Interferentie-emissie 13
Interferentie-immuniteit 13, 2
Interferentiebron 14
Interferentiedoorgifte 12
Interferentieniveau 21
Interferentieslachtoffer 14
Interferentievelden 14
IP-ratings 26
Isolatiebelasting 33
IT-netsysteem 12

K

Kabelwartels (gewoon en EMC) 39
Karakteristieke curves 15
Kastmontage (centrale montage) 25
Kastverwarming 27
Klepregeling 10
Klimatische omstandigheden 27
Koeling 27, 29
Koellichaam 29
Koppeling door straling 14
Koppelkarakteristiek 8, 41, 42
Koppelmechanisme 14
Kortsluiting 21
Kostenfactor 10
Kwaliteit 7

L

Laagspanningsnet 24
Laagspanningsrichtlijn 55
Lagerbelasting 35
Lagerstroom 35
LC-filter, schakelingen 34, 46
Leidingsysteem 8
Lekstroom 47, 48
Levensduur 8, 27, 29, 42
Life cycle cost (LCC) 7, 10
Lineaire karakteristiek 41, 42
Low Harmonic Drive (LHD) 17, 19, 46

M

Machinerichtlijn 55
Magnetisch veld 14
Materiaalslijtage 8
Milieukosten 10
Minimum efficiency performance
Montageafstand 27
Motorisolatie 36, 37
Motorkabel 35, 36, 37, 39, 40
Motorlager 33, 36
Motorrendement 31
Multimotorbedrijf 41

N

Netanalyse 16, 24
Netberekening 16, 46
Netfilter 21
Netimpedantie 24
Netkwaliteit 15, 16, 17
Netsmoorspoel 44, 45
Netsysteem 8, 12, 15, 23
Nettransiënten 17, 23, 24
Nettype 12
Netverstoring 15, 16-20, 44
Netzekering / circuitbreaker 44
Niet-lineaire karakteristiek 42
Niet-sinusvormige stromen 15
Nominale motorstroom 8, 41
Nulleider, afzonderlijk/gecombineerd 12

O

Omgevingsomstandigheden 7, 25
Omgevingstemperatuur 27
Onderhoud 53
Onderhoudskosten 7, 10
Onderspanningsverliezen 16
Ontwerpchecklist 6, 62
Openbaar net 15
Overbelastingscapaciteit 41
Oversynchroon bereik 8
Ozon 28

Index

P

Paneelmontageset 50
Parallel bedrijf 41
Passieve filters 17, 20, 46
Permanentmagneetmotoren (PM/ PMSM) 33, 34
Piekstromen 8
PLC 53
Pompsystemen 10
Potentiële energiebesparing 8, 9
Procesregelaar 53
Productnorm 21
Projectengineering 7
Proportionaliteitsregels 9
Provisiekosten 8
PTB-goedkeuring 30
PTC-thermistor 30, 43, 48, 54

R

Radiofrequente interferentie 21, 22, 44
RCD 47
Reductie/Derating 13, 42
Regelgebied 8
Regelkamer 27
Regelkring 53
Relatieve vochtigheid 27
Reparatiekosten 8
Resonantie 24
Reststroomapparaat 47
Retrofit 8, 36
RFI 21, 36, 44
RFI-filter 21, 42
Richtlijnen 15, 55
RMS-waarde 16

S

Schijnbaar vermogen 16
Sinusfilter 30, 36
Sinusvervorming 15
Sinusvormige spanning 15
Smoorklep 9, 10
Smoorspoelen 17, 23, 24, 37, 45
Spanningsschommelingen 8
Spanningsval 36, 37, 41
Speciale omgeving 22
Stagger**ed** wikkelingen 24
standards (MEPS) 31, 32
Startstroomlimitering 8
Stikstof 28
Stilstandkosten 10
Stoffilters 29
Stofrijke omgeving 29
Straling 39
Stromingsmachine 9, 41
Stroomspectrum
Stroomverbruik 15

T

Terugverdientijd 8
THD (total harmonic distortion) 15, 17, 18, 20, 45
Thermische belasting 35
TN-netsysteem 12
Totale systeem 8
Transformator (belasting, benutting) 24, 45
Transiënten 18, 23, 24, 41
TT-netsysteem 12
Tweedelijnsbeveiliging 21

U

U/f-karakteristiek 9
Uitbedrijfnemingskosten 10
Uitgangsfilter 36, 37, 38

V

Varistor 23
Vervorming 15
Vervormingsspectrum 18
Vervuiling 28
Vollast 8
Volumetrisch debiet 10

W

Wandmontage (lokaal) 25
Warmteafgifte 27, 35
Waterstoffluoride 28
Waterstofsulfide 28
Wikkeling 35

Afkortingen

AFE	Active Front End
AHF	Geavanceerde harmonischenfilters
ATEX	Atmosphère explosible (Ontplofbare atmosfeer)
CE	Communauté Européenne (Europese Gemeenschap)
CEMEP	European Committee of Manufaturers of Electrical Machines and Power Electronics
DC	Werkcyclus
Eff	Efficiency classes, rendementsklassen (motoren)
EMD	Electromagnetic discharge, elektromagnetische ontlading
EMC	Elektromagnetische compatibiliteit
EN	Europese Norm (standaard)
FC	Frequentieregelaar
IE	International Efficiency (motors)
IEC	International Electrotechnical Commission
IP-ratings	Ingress Protection ratings, beschermingsklassen
LCC	Life cycle cost, totale levensduurkosten
LHD	Low Harmonic Drive
MEPS	Minimum Efficiency Performance Standards
PCB	Printed Circuit Board – printplaat
PFC	Arbeidsfactorcorrectie
PLC	Programmeerbare logische besturing
PTB	Physikalisch - Technische Bundesanstalt
PTC	Positieve Temperatuur Coefficient
RCCB	Residual current circuit breaker
RCD	Reststroomapparaat
RFI	Radiofrequente interferentie
THD	Totale harmonische vervorming



ENGINEERING
TOMORROW

Ontwerpchecklisttoepassing frequentieregelaars

In vier stappen het basisontwerp vaststellen voor betrouwbaar gebruik van frequentieregelaars in drinkwaterbereiding en afvalwaterverwerking

Begin na de vaststelling van de taak van de aandrijving en koppelkarakteristiek.
Als alle items in deze checklist worden gecontroleerd is de basis gelegd voor een effectieve en betrouwbare installatie.



Voedingsspanning

☐	**Voedend net: TN-C, TN-S, TT, IT**	TN-S is gunstig vanwege EMC. Speciale maatregelen zijn nodig in IT-voedingen.
☐	**EMC**	Controleer de toepasselijke EMC-normen en de bijbehorende limieten.
☐	**Netverstoring (lage frequentie)**	Hoeveel netverstoring is al aanwezig? Wat is de maximaal toegestane harmonische stroomvervorming (THDi)?
☐	**Radiofrequente interferentie (hoge frequentie)**	Wat is de omgevingsklasse (1 of 2) van de fabriek?
☐	**Arbeidsfactor-compensatieapparatuur**	Voorzie arbeidsfactorcompensatie-apparatuur van smoorspoelen.
☐	**Nettransiënten**	Worden de frequentieregelaars adequaat beschermd tegen transiënten?
☐	**Max. transformator-gebruik**	Vuistregel voor transformatorbelasting: circa 40% frequentieregelaars (met smoorspoel)
☐	**Gebruik met stand-bygenerator**	Andere regels gelden voor de frequentieregelaars dan in netbedrijf.



Omgevingscondities

☐	**Installatielocatie**	Frequentieregelaars centraal in schakelkast (IP20) of lokale wandmontage (IP54 of IP66)?
☐	**Koelingsconcept**	Koeling van schakelkast en frequentieregelaar; hoge temperaturen beschadigen alle soorten elektronische componenten.
☐	**Agressieve omgeving/ gassen**	Gecoate printkaarten voor bescherming tegen agressieve gassen: waterstofsulfide (H2S), chloor (Cl2) en ammoniak (NH3).
☐	**Stofrijke omgeving**	Stof op of in de frequentieregelaar vermindert werking van de koeling.
☐	**Potentieel explosie-gevaarlijke gebieden**	In deze gebieden gelden beperkingen voor frequentieregelaars.





Motor en bekabeling

☐	Motorrendementsklasse	Selectie van een efficiënte motor
☐	Motor voor frequentieregelaarbedrijf	Vraag de motorleverancier om bevestiging dat de motor geschikt is voor frequentieregelaarbedrijf.
☐	Uitgangsfilter: sinusfilter of du/dt-filter	Aanvullende filters voor speciale toepassingen.
☐	Motorkabel	Gebruik een kabel met geschikte afscherming. Let op de specificatie voor de maximale motorkabellengte.
☐	Aardingsvoorzieningen	Zorg voor goede potentiaalvereffening. Is een aardingsplan beschikbaar?
☐	Afschermings-voorzieningen	Gebruik EMC-wartels en werk de afscherming op de juiste wijze af.



Frequentieregelaar

☐	Dimensionering en selectie	Dimensioneer volgens de motorstroom. Houd rekening met spanningsval.
☐	Speciale toepassing Multimotorbedrijf	Speciale voorwaarden zijn hier van toepassing.
☐	Radiofrequente interferentie (hoge frequentie)	Specificeer geschikte RFI-filters voor de juiste EMC-omgeving.
☐	Netverstoring (lage frequentie)	Gebruik smoorspoelen voor de reductie van harmonische stromen.
☐	Aardingsvoorzieningen	Zijn maatregelen genomen om lekstromen tegen te gaan?
☐	RCD's	Gebruik alleen "type B" RCD's.
☐	Motorbeveiliging en motor PTC thermistor	De frequentieregelaar bewaakt de motor PTC-thermistor. (voor EX-zone let op PTB-goedkeuring)
☐	Bediening en gegevensweergave	Bediening en gegevensweergave via een grafisch tekstdisplay (gemonteerd in de deur van de schakelkast, waar mogelijk).
☐	Gegevensuitwisseling (bussystemen)	Via een bussysteem (bv. Profibus) of via conventionele bedrading.
☐	Procesregelaar	De frequentieregelaar kan PLC-functies uitvoeren of zelfstandig regelkringen uitvoeren.
☐	Onderhoud	Is de frequentieregelaar onderhoudsvrij?

Opmerkingen

ENGINEERING
TOMORROW



Danfoss Drives

Danfoss Drives is wereldwijd toonaangevend op het gebied van variabele snelheidsregeling van elektromotoren. We willen u laten zien dat een betere toekomst wordt gedreven door frequentieregelaars. Dit is behalve simpel ook ambitieus.

We bieden u ongeëvenaard concurrentievoordeel door middel van hoogwaardige, toepassingsgerichte producten die zijn afgestemd op uw behoeften – en een uitgebreide reeks diensten ter ondersteuning.

U kunt erop vertrouwen dat wij uw doelstellingen delen. Ons doel is het behalen van optimale prestaties binnen uw toepassing. We doen dit door u te voorzien van innovatieve producten en kennis die nodig is om het rendement te optimaliseren, de bruikbaarheid te verbeteren en de complexiteit te verminderen.

Van het leveren van afzonderlijke frequentieregelaars tot het plannen en leveren van complete aandrijfsystemen: onze specialisten staan klaar om u bij het volledige traject te ondersteunen.

We kunnen putten uit tientallen jaren ervaring binnen diverse sectoren, waaronder:

- Chemie
- Kranen en takels
- Voedingsmiddelen en dranken
- HVAC
- Liften en roltrappen
- Maritiem en offshore
- Materiaalverwerking
- Mijnbouw en mineralen
- Olie en gas
- Verpakking
- Pulp en papier
- Koeling
- Water en afvalwater
- Wind

Ontdek hoe eenvoudig het is om zaken te doen met ons. Onze experts zijn online en lokaal in meer dan 50 landen aanwezig. Ze zijn dus nooit ver weg en reageren snel wanneer u ze nodig hebt.

Sinds 1968 zijn we pioniers op het gebied van frequentieregelaars. In 2014 zijn Vacon en Danfoss gefuseerd tot een van de grootste bedrijven binnen de sector. Onze AC-frequentieregelaars kunnen zich aanpassen aan elke motortechnologie en we leveren producten in het vermogensbereik van 0,18 kW tot 5,3 MW.

VLT® | VACON®

Danfoss Drives, Vareseweg 105, 3047 AT Rotterdam., Nederland, Tel. +31 (0)10 2492050, Fax +31 (0)10 2492041, vltsales@danfoss.nl, www.drives.danfoss.nl
Danfoss Drives, A. Gossetlaan 28, 1702 Groot-Bijgaarden, België, Tel. +32 (0)2 525 07 11, Fax +32 (0)2 525 07 57, drives@danfoss.be, www.danfoss.be/drives/nl

Danfoss kan niet verantwoordelijk worden gesteld voor mogelijke fouten in catalogi, handboeken en andere documentatie. Danfoss behoudt zich het recht voor zonder voorafgaande kennisgeving haar produkten te wijzigen. Dit geldt eveneens voor reeds bestelde produkten, mits zulke wijzigingen aangebracht kunnen worden zonder dat veranderingen in reeds overeengekomen specificaties noodzakelijk zijn. Alle in deze publicatie genoemde handelsmerken zijn eigendom van de respectievelijke bedrijven.
Danfoss en het Danfoss-logo zijn handelsmerken van Danfoss A/S. Alle rechten voorbehouden.

DKDD.PB.14.U3.10

© Copyright Danfoss Drives | 2016.03