

Draaistroom en frequentie regelaars ZX ronde 8 september 2013

Drie fasen spanning zijn drie gelijktijdig opgewekte wisselspanningen die ten opzichte van elkaar 120° in fase verschoven zijn.

De spanningen worden opgewekt door een en dezelfde generator, met drie afzonderlijke magneetvelden die onderling een hoekverschuiving van 120° hebben.

Hierdoor ontstaan drie sinusvormige wisselspanningen, die weliswaar gelijkvormig zijn, maar die steeds 120° na elkaar hun maximale waarde bereiken. Bij iedere complete omwenteling (360°) van de rotor van de generator zijn alle drie de spanningen dus door hun maximum en hun minimum gegaan.

Deze opgewekte drie fase spanning wordt draaistroom genoemd. Maar ook krachtstroom, maar die definitie is principieel onjuist omdat dit niet wordt bepaald door een 3 fase aansluiting. Krachtstroom is gekoppeld aan vermogen maar dit kan ook geleverd kan worden door een enkele fase 230VAC aansluiting, mits de stroom maar groot genoeg is. De term krachtstroom komt uit de elektrisch mechanisch omgeving.

Als we thuis van een 3 fase aansluiting de spanning meten dan zien we tussen 2 van de 3 fasen ongeveer 420 Volt. Dit wordt de lijnspanning genoemd.

Metten we tussen 1 fase en de nul of PE dan meten we $410 / \sqrt{3} = 236$ Volt. Dit wordt de fasespanning genoemd.

De nul zoals we hem kennen komt van het sterpunt van de distributietransformator van de netbeheerder.

Deze is gekoppeld aan aarde o.a. om verschuiving van het nulverschuiving te voorkomen. Hierdoor blijven de onderlinge fasespanningen gelijk.

Gaan we deze 3 fase spanning gebruiken om bijvoorbeeld een voedingstransformator voor een behoorlijke HF versterker aan te sluiten of een elektromotor dan moeten we opletten hoe we deze aansluiten. In de specificatie van een 3 fase transformator of elektromotor wordt de aansluitspanning aangegeven, dit kan zijn 3x 230Volt, 3x 400Volt of 230 / 400 Volt.

Als de 3 fase spoelen in ster geschakeld staan, zijn fase spanning en lijn spanning verschillend. (spoelspanning t.o.v nulpunt = 230 Volt)
Als de 3 fase spoelen in driehoek geschakeld staan zijn fasespanning en lijnspanning gelijk. (spoelspanning = 400 Volt)

De a-synchrone draaistroommotor

(ook wel kooianker of kortsluitankermotor genoemd)

Een draaistroommotor is opgebouwd uit een stilstaande stator met veldwikkelingen en een draaiende rotor met kortgesloten geleiders.

De drie wikkelingen van de stator worden aangesloten op drie sinusvormige wisselspanningen met gelijke frequentie maar met een faseverschil van 120°.

Hierdoor ontstaat er een magnetisch veld dat met de frequentie van deze wisselspanning ronddraait, het draaiveld. Het toerental van dit draaiveld is gelijk aan:

$$N_s \text{ (toerental)} = f \text{ (freq)} \times 60 \text{ sec} / p \text{ (aantal poolparen)}$$

De rotor met kortgesloten geleiders is in de stator geplaatst en wordt meegetrokken door het magnetische veld (draaiveld). Als de as van deze rotor zonder wrijving kan ronddraaien zal de rotor met het zelfde toerental ronddraaien als het draaiveld.

Wanneer de as van de motor belast wordt, gaat de rotor langzamer draaien.

(De draaisnelheid rotor verschilt met draaiveld vandaar de term a-synchrone draaistroommotor.)

Hierdoor ziet de kortgesloten geleider van de rotor een wisselend magnetisch veld. Door het wisselend magnetisch veld zal er in deze geleider een stroom gaan lopen.

Deze stroom veroorzaakt een kracht waardoor er een koppel ontstaat op de as van de motor. Het verschil tussen het rotortoerental en het draaiveld toerental heet de slip.

Hoe groter de belasting is (mechanisch koppel), hoe groter de slip en daardoor ook hoe groter de rotorstromen.

De draairichting van de rotor is eenvoudig om te keren door 2 fase draden van de aansluiting om te wisselen.

Indien de rotor langzamer draait dan het draaiveld dan levert de motor energie, er wordt dan elektrische energie omgezet in mechanische energie.

Indien de rotor sneller draait dan het draaiveld dan neemt de motor energie op, er wordt dan mechanische energie omgezet in elektrische energie.

In windturbines zitten ook dit soort a-synchrone machines die zowel als laag toeren motor werken en als generator.

Aanloopstroom draaistroommotoren

Tijdens het inschakelen van een a-synchrone draaistroom motor ontstaat een aanloopstroom.

Deze wordt veroorzaakt omdat de rotor nog op gang moet komen terwijl het draaiveld er al is.

De fasestroom kan wel tot 7 x de nominaal stroom oplopen. Daarom moeten motoren boven de 3 kW voorzien zien van een starter dat kan een zo genaamde ster /driehoek schakelaar zijn.

Tegenwoordig worden frequentieomvormers gebruikt, die hebben als voordeel dat ze het toerental regelen maar ook de aanloopstromen laag houden 1,5 / 2 x nominaal stroom.

Variabel Toerental draaistroommotoren

Zoals gezegd hebben a-synchrone draaistroommotoren een vast toerental afhankelijk van de frequentie en het polenpaar. Een wisselend toerental is verkrijgen door b.v. mechanische oplossingen als poelieschijven met snaren enz.

Maar tegenwoordig een stuk eenvoudiger te bereiken d.m.v. frequentieregelaars.

Hiermee is het toerental van relatieve goedkope a-synchrone draaistroommotor vrij nauwkeurig te regelen

De werking van de frequentieregelaar

De frequentieregelaar wordt gevoed door een energiebron met een constante frequentie en een constante spanning. De omzetting van de spanning met een vaste frequentie naar een spanning met een variabele frequentie gaat in twee stappen.

De ingangsspanning wordt gelijkgericht en afgevlakt zodat er een gelijkspanning ontstaat.

De gelijkspanning wordt omgezet in drie wisselspanningen met variabele frequentie en spanning.

Het gelijkrichten gebeurt door middel van een eenvoudige gelijkrichtbrug waarna de gelijkspanning afgevlakt wordt door een aantal condensatoren.

De gelijkspanning wordt door middel van een wisselrichter omgezet in drie wisselspanningen met een onderling faseverschil van 120° . De wisselrichter is opgebouwd uit vermogens halfgeleiders I.G.B.T.'s (Insulated Gate Bipolar Transistor).

Deze I.G.B.T.'s zijn als het ware zeer snelle schakelaars met slechts twee toestanden, aan of uit. De regelbare spanning en frequentie wordt gemaakt door middel van pulsbreedte modulatie.

Bij pulsbreedte modulatie schakelt de spanning afwisselend tussen 0 en de maximale spanning, hierdoor is de gemiddelde waarde lager. Op deze manier wordt een sinus-vormige wisselspanning gemaakt.

Het in en uitschakelen van de spanning gebeurt volgens een speciale techniek die is vastgelegd in een custom-made chip (L.S.I.) in de regelaar. Deze L.S.I. ontvangt commando's van de controller die het hart van de besturing van de frequentieregelaar vormt.

Regelen boven de 50 Hz.

Tot 50 Hz. wordt de spanning evenredig met de frequentie geregeld.

Maar de frequentieregelaar is ook in staat om een hogere frequentie tot 400 Hz. te creëren.

Het is alleen niet mogelijk om een hogere spanning aan de uitgang te krijgen dan de inkomende spanning.

Dit betekent dat de frequentie wel verhoogd kan worden maar dat de spanning niet hoger wordt dan 400 V. De V/Hz. lijn boven de 50 Hz. wordt dus een horizontale lijn.

Hierdoor zal het koppel van de motor boven de 50 Hz. afnemen bij een gelijkblijvend vermogen. De motor kan nu ook minder overbelasting verdragen omdat het koppel nu veel dichterbij het nominale koppel ligt. Hierdoor kan een motor door schokbelasting op eens tot stilstand komen.

Begrenzing bij lage frequenties

Standaard draaistroommotoren zijn voorzien van een koelventilator die door de motor zelf wordt aangedreven, dit betekent voor de ventilator dat de luchtopbrengst kwadratisch met het toerental toeneemt.

Hierdoor heeft de koelventilator bij gebruik onder de 20 Hz. niet genoeg luchtopbrengst om de motor bij het volle koppel te koelen.

Een richtlijn is dat bij gebruik onder de 5 Hz. het koppel niet hoger dan 60 % mag zijn. Wanneer er toch een hoger koppel nodig is moet er een andere ventilator bij gemonteerd worden.

Sommige frequentieregelaars kunnen zelf rekening houden met dit koelprobleem en beschermen de motor tegen oververhitting

Hoogfrequent storingen

Iedere stroom en iedere spanning die geen zuivere sinusvorm heeft bevat componenten met hogere frequenties. De hoogte van die frequenties hangt af van het verloop van de karakteristiek. Bij het sluiten of openen van een contact vindt een zeer snelle verandering in de stroom plaats.

Het resultaat is een zeer steile stroomwijziging die zijn weerslag ook in de spanning heeft. In een HF ontvanger is dit hoorbaar als klikstoring.

De als contacten fungerende halfgeleiders van frequentie-omvormers worden echter binnen het kHz-bereik met steile schakelflanken geschakeld waarbij permanent hoogfrequentstoringen ontstaan die uitgezonden worden.

Hoogfrequentstoringen (RFI: 'Radio Frequency Interference') zijn elektrische harmonischen met frequenties tussen 10 kHz en het GHz-bereik.

Hoogfrequent storingen verspreiden zich via leidingen of als straling.

Overal in de wereld, en dus ook in Europa, zijn er wetten die bepalen hoeveel hoogfrequent storing een apparaat mag veroorzaken.

Voor Duitsland gold vroeger de Duitse VDE-norm. Tegenwoordig is in de EG de Europese EN-norm van toepassing. Wereldwijd geldt de IEC-norm.

De grenswaarden en methode van meten van hoogfrequentstoringen veroorzaakt door industriële, wetenschappelijke en medische radiofrequentapparatuur (ISM-apparaten) – waartoe ook de frequentie-omvormers behoren, zijn te vinden in de EN55011.

De grenswaarden voor storingen veroorzaakt door elektrische huishoudelijke apparatuur zijn vastgelegd in EN 55014.

De EMC-productnorm IEC/EN 61800-3 beschrijft de grenswaarden en testmethoden voor de storingsemissie en storingsongevoeligheid voor toerentalveranderbare elektrische aandrijvingen (PDS = Power Drives System).

Daarbij worden niet de afzonderlijke componenten, maar een typisch aandrijfsysteem in zijn functionele samenhang beschouwd.

Maatregelen voor EMC-conforme installatie zijn:

Aardingsmaatregelen

Afschermingsmaatregelen

Filtermaatregelen

Smooerspoulen.

De enige manier om zich via leidingen verplaatsende hoogfrequentstoringen effectief te bestrijden is met een filter.

Vervelend is dat niet iedere frequentie-omvormer bij aflevering reeds van een dergelijk filter voorzien.

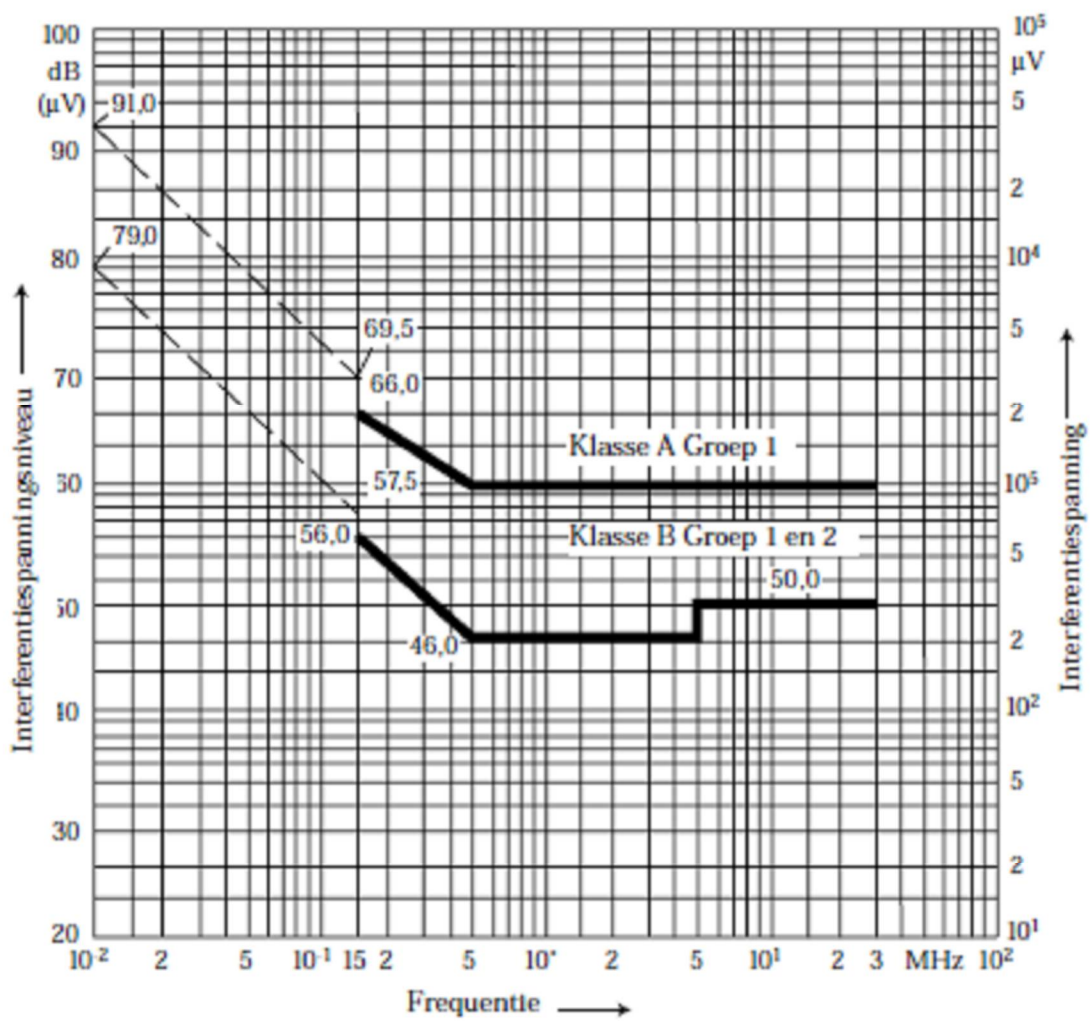
In geval van EMC klachten dienen alsnog filters aangebracht te worden.

In de interferentie grenswaarde tabel uit de norm EN 55011 is te zien dat voor een frequentie van 3 Mhz een grenswaarde van 20 dB/uV/m voor huishoudelijke apparatuur en 50 dB/uV/m voor industriële apparatuur waar frequentieomvormers onder vallen.

Als het duidelijk is dat de storing wordt veroorzaakt door een frequentieomvormer kunnen we in ieder vragen of deze aan de EN 55011 en EN 61800-3 voldoet.

Maar vaak zijn de grenswaarden uit deze normen nog veels te hoog voor onze gevoelige ontvangersapparatuur.

Maar goed ik hiermee iets duidelijk gemaakt te hebben over het fenomeen.



Afb. 4.15 Interferentiegrenswaarden vlg. EN 55011