

Harmonische stromen en resonantie.....ZX ronde 30 augustus 2015

Ons elektriciteitsnet wordt bedreven met wisselspanning en wisselstroom. Als bij een lineaire belasting een sinusvormige wisselspanning aangeboden wordt, gaat er ook een sinusvormige wisselstroom lopen.

De wet van Ohm definieert een lineaire relatie tussen de spanning en de stroom ($U = Z \times I$) met een constante coëfficiënt, de belastingsimpedantie. De relatie tussen de stroom en de spanning is lineair.

Voorbeelden van lineaire belastingen zijn :

De oude gloeilampen, verwarmingselementen, weerstandsbelastingen, motoren zonder frequentieregelaars enz

Een lineaire belasting bevat geen actieve elektronische componenten, alleen weerstanden (R), inductoren (L) en condensatoren (C).

Bij een niet-lineaire belasting is dit niet het geval. De niet-lineaire belasting probeert een gelijkstroom te maken, de resulterende wisselstroom is dan niet meer sinusvormig

De stroom die wordt afgenomen door de niet-lineaire belasting is periodiek, maar niet sinusvormig. De golflijn van de stroom wordt vervormd door de harmonische stromen.

De wet van Ohm die de relatie definieert tussen de totale spanning en stroom (1) geldt niet meer omdat de impedantie van de belasting over één periode varieert. De relatie tussen de stroom en de spanning is niet lineair.

Voorbeelden van niet lineaire belastingen zijn :

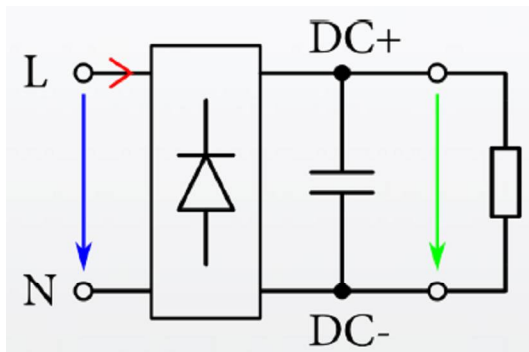
Drivers van LED verlichting, Schakelende voedingen, Frequentie regelaars, UPS systemen, PV omvormers enz.

De stroom die wordt opgenomen door de niet lineaire belasting is in feite een combinatie van:

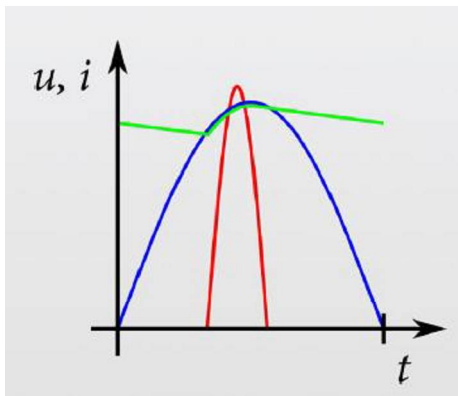
- **een sinusvormige stroom**
Ook wel de grondstroom genoemd met een frequentie van 50Hz,
- **En Harmonische stromen.**
Dit zijn sinusvormige stromen met een kleinere amplitude dan die van de basisfrequentie, maar met een frequentie die een veelvoud is van de basisfrequentie.

Hoe ontstaan harmonische stromen

Neem als voorbeeld een gelijkrichter , afvlakcondensator en een belasting.



Een typische eigenschap van vele gelijkrichters is dat de afvlak condensator enkel gaat opladen wanneer de spanning het grootst is.



Hierdoor is de onttrokken stroom niet meer sinusvormig, maar enkel een piek ter hoogte van de top van de sinusspanning.

Deze periodieke gepiekte stroom kan wiskundig ontleed worden tot een som van sinussen met een frequentie die telkens een veelvoud is van de netfrequentie.

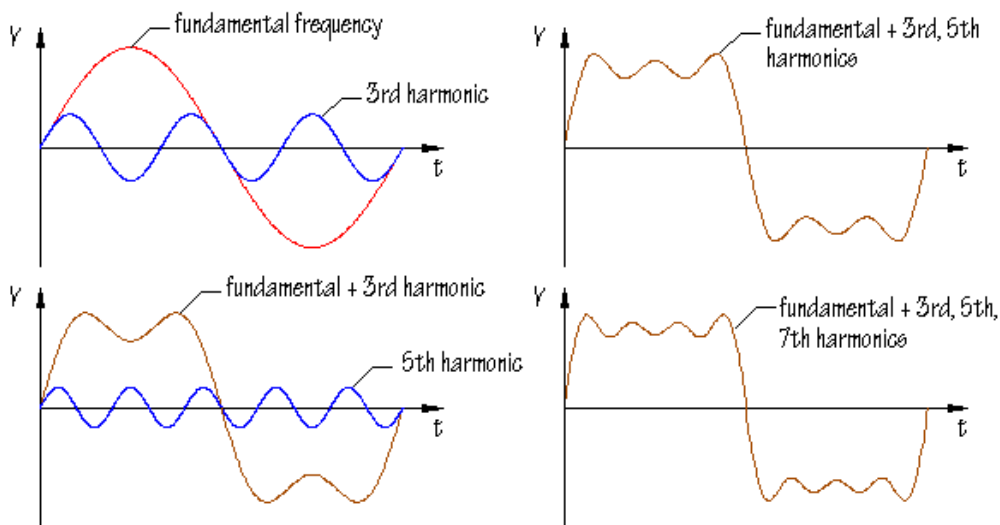
Hieruit wordt een *harmonisch spectrum* verkregen wat door middel van de Fourier analyse berekend kan worden.

De *Fourier-analyse* hebben wij te danken aan de Fransman Fourier. Middels de door hem ontwikkelde methodiek is *iedere* periodieke functie om te schrijven naar een som van sinussen en cosinussen. Of iets ingewikkelder gezegd: met Fourier-analyse kun je het *frekwentie-spectrum* van een periodieke functie zichtbaar maken.

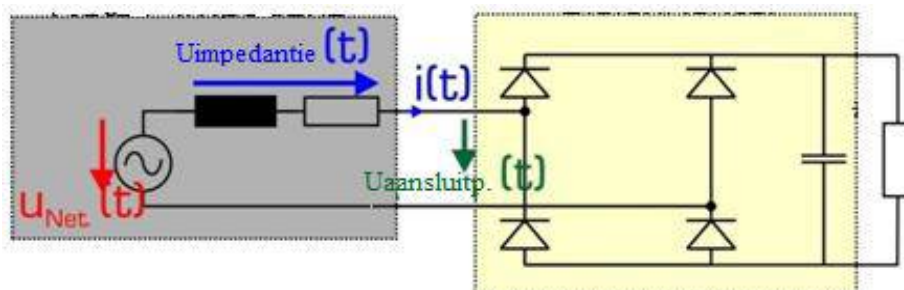
Elk periodiek signaal kan worden beschreven met de som van een gelijkstroom component en meerdere sinussen of cosinussen met een frequentie die gelijk is aan of een veelvoud is van de grondfrequentie in dit geval 50 Hz

De 50Hz component is de 1e orde en wordt de *grondgolf* genoemd. De 150Hz (3x50) component is de 3e orde harmonische...

De sterkte van de Harmonische stromen worden meestal procentueel uitgedrukt ten opzichte van de grondgolf.



De ontstane harmonische stromen zorgen voor een Spanningsval over de lijnimpedantie. Deze impedantie is sterk bepalend voor het vervormen van de netspanning. Een sterke voedingsbron zal minder last hebben van de spanningsvervorming dan zwakkere voedingsbron. Maar demping door de lengte van de kabelwegen kunnen er toch voor zorgen dat de spanningsvervorming op het aansluitpunt van de aangeslotene hoog wordt.



De Total Harmonic Distortion, of THD, in het Nederlands Totale harmonische vervorming van een signaal is de meting van de aanwezige harmonische vervorming en is gedefinieerd als de verhouding van som van de vermogens van

alle harmonische componenten of harmonischen tot het vermogen van de fundamentele frequentie. (Norm grenswaarde < 8% THD)

Te grote harmonische stromen vormen een extra belasting voor de installatie en geven extra verliezen in transformatoren, leidingen enz.

Wat betreft even en oneven harmonische stromen. We beperken ons tot een symmetrisch net met gebalanceerde harmonische bronnen hier komen alleen oneven harmonische voor.

Net resonantie

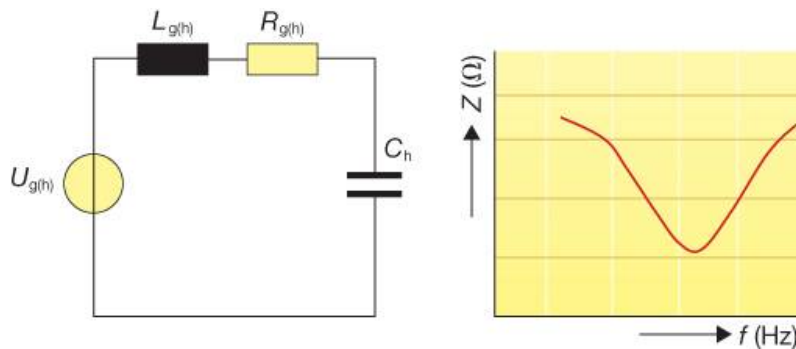
Door resonantie kunnen de harmonische spanningen of stromen opgeslingerd worden tot gevaarlijke waarden.

Als er sprake is van resonantie, treden extreem hoge harmonische stromen en spanningen op die tot storingen en uitval van een installatie kunnen leiden.

De resonantie kunnen opsplitsen in Serie resonantie en Parallel resonantie.

Bij serie resonantie ontstaat een minimale impedantie als de inductieve en capacitieve impedantie aan elkaar gelijk zijn.

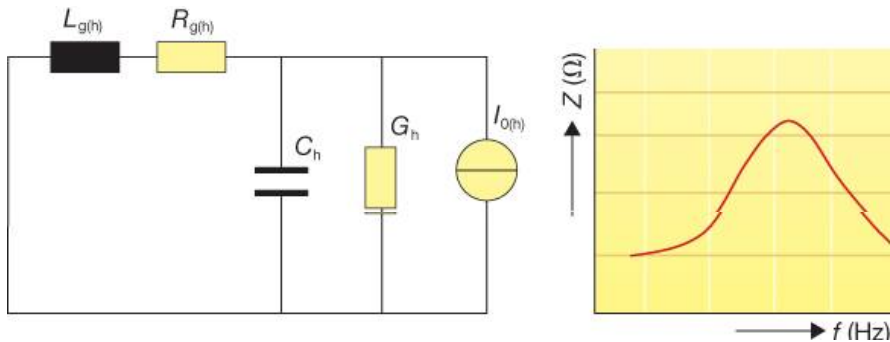
Als in de netspanning ook een harmonische spanning aanwezig is met een frequentie die bijna gelijk is aan de resonantie frequentie dan kunnen grote harmonische stromen gaan lopen.



Bij parallel resonantie worden harmonische stromen geïnjecteerd door de veroorzaker , waarbij ingevoerd wordt op een systeem met een L en C.

Als de inductieve en capacatieve impedantie aan elkaar gelijk zijn aan elkaar, dus bij dezelfde resonantie frequentie als bij serie resonantie, ontstaat een hoge impedantie.

Bij dezelfde geïnjecteerde harmonische stroom zal dit leiden tot hoge harmonische spanningen.



Voorwaarde is wel dat er stromen geïnjecteerd worden met een frequentie die nagenoeg gelijk is aan de resonantie frequentie

Deze resonanties treden veelal op wanneer een condensatorbank wordt geplaatst of als er veel toestellen met condensatoren aan de ingang worden geïnstalleerd.

Bijvoorbeeld bij grote frequentieregelaars met passieve capacatieve en inductieve 3 fase netfilters.

Het is van belang om deze resonantieproblematiek te voorkomen. Grote harmonische stromen zorgen al voor een extra belasting in de installatie. Ook komt de optredende spanningsvervorming hieruit de levensduur van veel apparaten niet ten goede.

Als er ook nog grote harmonische spanningen optreden, kan dit direct tot problemen in de installatie of in toestellen leiden. Zeker bij het plaatsen van condensatoren of toestellen met een grote capaciteit aan de ingang is een controle op mogelijke risico's nodig.

Maar ook extra energieverlies in transformatoren (Koperverliezen) en kabels.

Om de harmonische vervorming binnen de $< 8\%$ te houden worden actieve filters toegepast. Deze injecteren een tegen harmonische stroom van dezelfde orde.

Deze oplossing is niet echt energiebesparend maar noodzakelijk om ernstige problemen in het elektriciteit net te voorkomen.

De meest voorkomen resonantiefrequenties zijn de 3^e en de 5^e orde 150 Hz, 250Hz maar ook de 35^e orde 1750Hz.