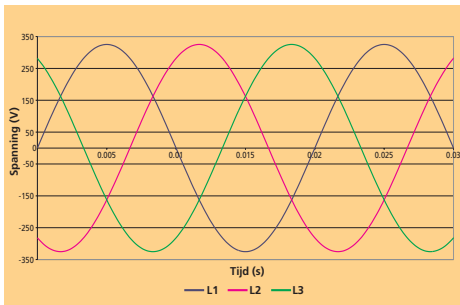
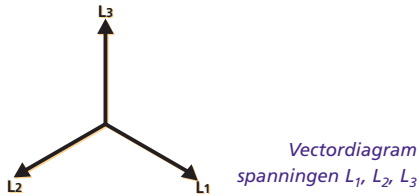


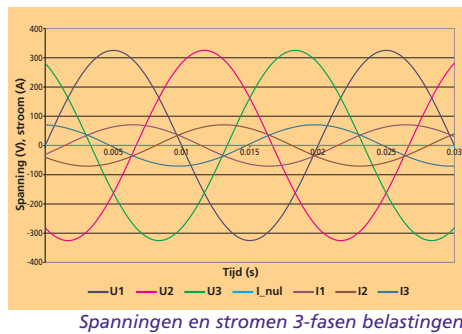
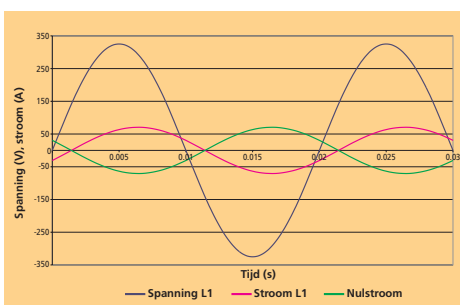
Hogere harmonischen (1)

Tegenwoordig wordt steeds meer apparatuur gebruikt die harmonische spanningen en stromen (kortweg harmonischen) generen. Deze harmonischen kunnen tot problemen leiden indien de elektrische installatie daarop niet ontworpen is. In gesprekken over harmonischen wordt al snel een breed scala aan begrippen als 'skineffect' en '150% nul' te pas en te onpas gebruikt. Tijd dus voor Holectuur om stil te staan bij de 'hogere harmonischen'. Daar 'harmonischen' een nogal omvangrijk gebied beslaat, behandelt Holectuur dit onderwerp in twee deelartikelen waarvan dit het eerste deel is.

Het elektriciteitsnet in West-Europa is in principe opgebouwd uit drie sinusvormige spanningen met een frequentie van 50Hz. Deze drie spanningen staan onder een hoek van 120° ten opzichte van elkaar hetgeen het volgende beeld oplevert:



Op deze spanningen kan vervolgens drie- of één-fase(n) apparatuur aangesloten worden. Indien deze apparatuur bestaat uit lineaire componenten zoals spoelen, weerstanden of condensatoren ontstaan er ook sinusvormige stromen met een frequentie van 50Hz. Deze stromen kunnen natuurlijk wel ten opzichte van de fasespanningen verschoven zijn, maar het blijven zuiver sinusvormige stromen met een frequentie van 50Hz.

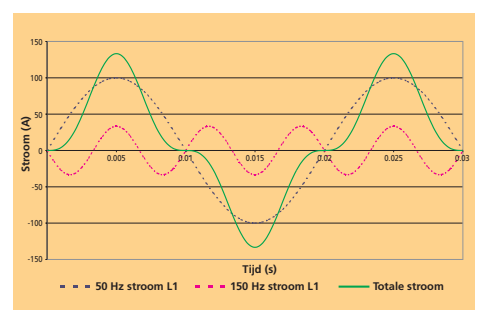
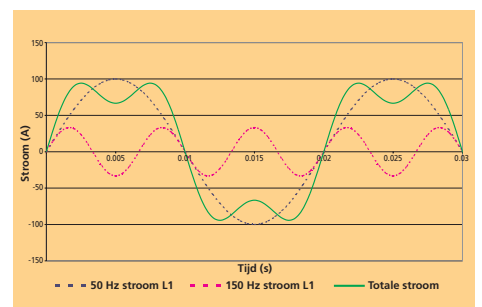


Ook wordt door de bovenstaande figuur duidelijk het effect van het onder 120° verschoven zijn van de spanningen en stromen getoond. Indien er namelijk sprake is van een zuiver symmetrische drie-fasen belasting, is de som van de fasestromen nul zodat de nulgeleider geen stroom voert. Indien er geen sprake is van een zuiver symmetrische drie-fasen belasting maar van een aantal één-fase belastingen, eventueel aangevuld met een aantal drie-fasen belastingen, zal de nul slechts de verschilstroom van de verschillende fasestromen voeren.

Deze verschilstroom is bij een gelijkmatige verdeling van de belastingen in het algemeen vrij klein. Dit wordt ook door de IEC 60439-1 onderkend die in sub. 7.1.3.4 stelt dat de terminals voor de nul-bedrading geschikt moeten zijn om een nulgeleider aan te sluiten die de helft van de stroomvoerende capaciteit van de fasebedrading heeft. Dit geldt alleen wanneer de doorsnede van de fasebedrading meer dan 10 mm^2 is en wanneer er geen hoge stroomwaarden zijn te verwachten in de nul-bedrading.

Als er alleen lineaire belastingen op het net zouden zijn aangesloten, komen

hogere harmonischen niet voor. Op de huidige netten zijn echter een groot aantal niet-lineaire belastingen aangesloten. Bij niet-lineaire belastingen moet gedacht worden aan gelijkrichters, schakelende voedingen (computers), spaarlampen, assimilatieverlichting, regelbare aandrijvingen, etc. Deze niet-lineaire belastingen veroorzaken allerlei stroomvormen in het net, die als enig overeenkomend kenmerk hebben dat de grondgolf een frequentie heeft van 50Hz. Wiskundig kan bewezen worden dat al deze vormen opgebouwd zijn uit de som van een aantal sinus-vormige stromen met frequenties van $n \times 50\text{Hz}$ waarin $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ is. 'n' is het rangtal van de harmonische (van 50Hz). In onderstaande figuren worden een tweetal stroomvormen getoond die zijn opgebouwd uit de 1e of grondharmonische (50Hz) en de 3e harmonische (150Hz).



-gesproken

De groene lijn is dus een sommatie van de 50Hz stroom (blauwe, gestreepte lijn) en de 150Hz stroom (paarse, gestreepte lijn).

Als het aandeel harmonischen te hoog wordt in een installatie kan dit tot de volgende problemen leiden:

- Apparatuur werkt niet meer doordat de spanning teveel vervormd wordt;
- Extra storing op communicatiebekabeling;
- Extra warmteontwikkeling in geleiders, motoren en transformatoren.

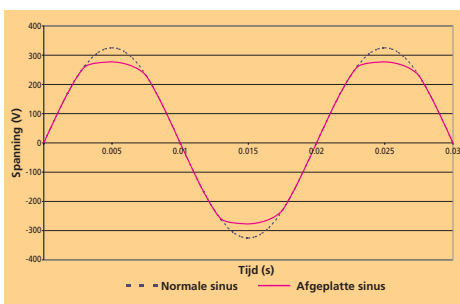
Apparatuur werkt niet meer vanwege te sterk vervormde netspanning

Niet-lineaire belastingen veroorzaken hogere harmonische stromen. Deze hogere harmonische stromen storen in principe de andere belastingen in het net niet, omdat de werking van de belastingen van de netspanning afhangt en niet van de netstromen. De hogere harmonische stromen lopen echter wel door de bekabeling van het net terug naar de voedingstransformator. Deze bekabeling heeft weliswaar een relatief kleine impedantie, maar de impedantie is niet nul. Dit betekent dat hogere harmonische stromen dus ook hogere harmonische spanningen in het net introduceren waardoor de netspanning vervormt raakt.

Een bekend voorbeeld van bovenstaand effect is te vinden in kantooromgevingen met veel PC's. In deze omgevingen kan het zogenaamde flat-topping optreden waardoor PC's kunnen uitvallen.

PC's en veel andere apparatuur met schakelende voedingen hebben als kenmerk dat het apparaat gevoed wordt uit een buffercondensator die wordt bijgeladen uit het net. Dit bijladen gebeurt echter alleen rond de top van de netspanning omdat daar de netspanning hoog genoeg is om de buffercondensator te kunnen bijladen. Het gevolg is dat er met name in kantooromgevingen, een sterke belastingspiek ontstaat rond de

spanningstop van het net. Deze extra belastingspiek zorgt voor extra spanningsverlies rond de piek van de netspanning waardoor een afgeplatte sinus ontstaat.



Normale en afgeplatte sinus

Bovenstaand effect wordt sterker naarmate het kortsluitvermogen in het net ter plekke van de apparatuur lager is. Als het net zwak genoeg is, plat de sinus zover af dat de top van de netspanning te laag is voor het bijladen van de buffercondensatoren en werkt apparatuur zoals PC's niet meer. Verzwaring van het net (bijv. door het gebruik van bekabeling met een grotere doorsnede) of het plaatsen van filters voor hogere harmonischen is dan noodzakelijk voor het laten werken van de apparatuur.

IEC 61000-2-2 geeft een aantal richtlijnen voor de kwaliteit van de spanning in laagspanningsnetten. Indien aan deze richtlijnen wordt voldaan, zou de aangesloten apparatuur normalerwijze goed moeten functioneren. Om een idee te krijgen van de maximaal toegestane harmonische vervorming van de netspanning, geeft tabel 1 de maximale toegestane amplitude van de eerste 13 harmonische spanningen weer zoals deze gedefinieerd zijn in de IEC 61000-2-2.

Bij tabel 1 moet nog opgemerkt worden dat men ervan uitgaat dat niet alle

harmonischen gelijktijdig hun maximale waarde zullen bereiken. De IEC 61000-2-2 stelt dan ook dat naast de in tabel 1 genoemde limieten de 'totale harmonische verstoring (THD)' niet meer bedraagt dan 8%. De THD kan berekend worden met onderstaande formule:

$$TDH = \sqrt{\sum_{n=2}^N \frac{U_n}{U_1}} \cdot 100\%$$

n = rangtal harmonische

N = hoogste harmonische, in principe oneindig maar in de praktijk is 40 vulling voldoende

U_n = amplitude n^e harmonische

U_1 = amplitude 1^e harmonische

Extra storing op communicatiebekabeling

Stromen genereren magnetische velden die in nabij gelegen geleidende materialen stoorstromen en -spanningen kunnen veroorzaken. De grootte van deze storingen hangt af van de amplitude en frequentie van de stroom en van de afstand tot deze stroom. In het algemeen geldt dat de stoorinvloed groter wordt naarmate de amplitude en frequentie van de stroom toenemen en de afstand tot de stroom kleiner wordt.

In met name kantooromgevingen kunnen (hogere harmonische) belastingstromen een verhoogde ruis veroorzaken op LAN bekabeling en telefoonlijnen. Het gebruik van (beter) afgeschermd data en telefoonbekabeling kan de ruis sterk verminderen. Ook het in aparte metalen kabelgoten onderbrengen van energie en communicatiebekabeling, kan het ruisniveau in de communicatiebekabeling verminderen. ▲

Oneven harmonischen		Even harmonischen	
Harmonische n	Maximale amplitude (% amplitude 1 ^e harmonische)	Harmonische n	Maximale amplitude (% amplitude 1 ^e harmonische)
3	5	2	2
5	6	4	1
7	5	6	0.5
9	1.5	8	0.5
11	3.5	10	0.5
13	3	12	0.2

Tabel 1