

# POWER QUALITY [DEEL 2]

ELKE INDUSTRIE ZOU ZICH BEWUST MOETEN ZIJN VAN DE GEVOELIGHEID VAN DE INSTALLATIE EN HAAR COMPONENTEN

Dit artikel vormt het tweede van drie delen in de reeks rond oorzaken en gevolgen van slechte/minder optimale Power Quality en hoe dergelijke netvoedingsstoringen op te lossen en te voorkomen zijn. Waar in het eerste deel hoofdzakelijk harmonische vervorming aan bod kwam, wordt in dit tweede deel dieper ingegaan op spanningsevents (spanningsdips, onderspanning, overspanning, transiënten, onderbrekingen), flicker, onbalans ... die, naast harmonische, vervorming, eveneens storingen in de installatie kunnen veroorzaken en zelfs kunnen leiden tot schade. In dit artikel worden de fenomenen en hun symptomen kort besproken. Voorts worden een aantal mogelijke oplossingen aangereikt.

Ing. Bart Verhelst

## SPANNINGSDIPS

### Wat?

Spanningsdips zijn kortstondige dalingen van de spanning. Een dip wordt omschreven in de EN50160 als een plotse verlaging van de spanning tot een waarde tussen 90% en 1% gedurende een periode tussen 10 ms en 1 min. **Figuur 1** geeft de classificatie van spanningsfenomenen weer. Een spanningsverandering waarbij de spanning niet onder de 90% gaat, wordt niet beschouwd als een spanningsdip. Een spanningsdip kan driefasig of eenfasig zijn. Dips kunnen ontstaan binnen de installatie zelf, maar evenzeer afkomstig zijn van het hogergelegen net. Veelal kan via analyse en monitoring bepaald worden waar

de oorsprong van de spanningsdip gelegen is. Een mogelijke oorzaak is bv. het optreden van een piekstroom of het ontstaan van een kortsluiting. **Figuur 2** (zie volgende pagina) geeft een driefasige spanningsdip weer op het aansluitpunt van een installatie, gemeten met behulp van een permanent monitoring-systeem. De problemen met spanningsdips en bijbehorende kosten zijn afhankelijk van de gevoeligheid van apparatuur en de invloed op de processen die zij aansturen. Daarenboven zijn deze eveneens afhankelijk van de bedrijfstak waarin ze zich voordoen. De kosten kunnen het gevolg zijn van:

- Verlies van productie;
- Heropstartkosten;
- Kosten van nietefficiënte uren;

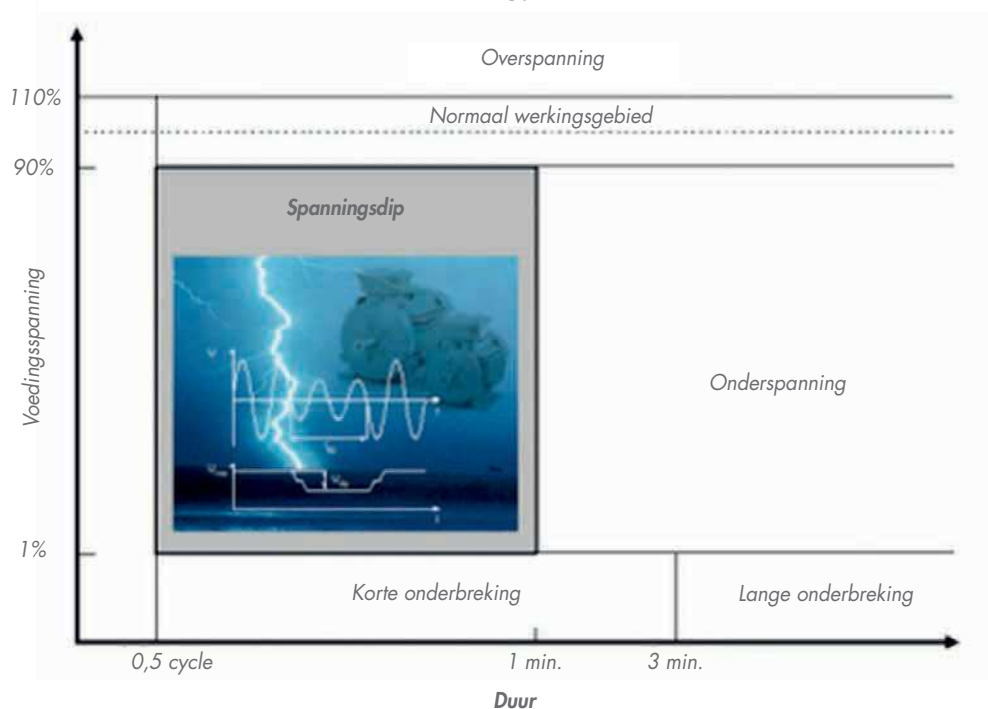
**AANGEZIEN DEZE MATERIE SPECIALISTENWERK IS, IS HET AANGEWEEZEN OM VOOR DE MEESTE VAN DEZE OPLOSSINGEN EEN BEROEP TE DOEN OP EEN SPECIALIST TER ZAKE**

- Kosten voor extra onderhoud;
- Beschadiging van onderdelen.

### Symptomen?

Spanningsdips worden veelal vastgesteld bij het uitschakelen van machines of onderdelen. Het uitvallen van regel- en besturingsapparatuur, magneetschakelaars, frequentieregelaars

FIG. 1

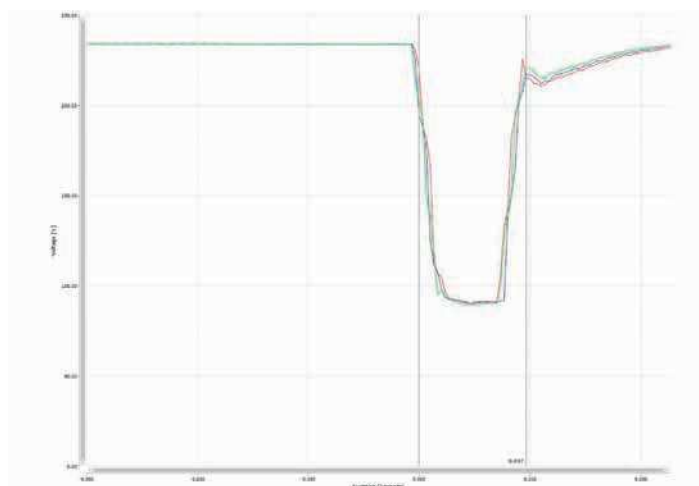


### Over de auteur

Bart Verhelst is zaakvoerder bij Karybel. Karybel is een spin-off van Universiteit Gent, gespecialiseerd in het analyseren en oplossen van elektrische problemen met een specialisatie in Power Quality. Dit omvat onder andere:

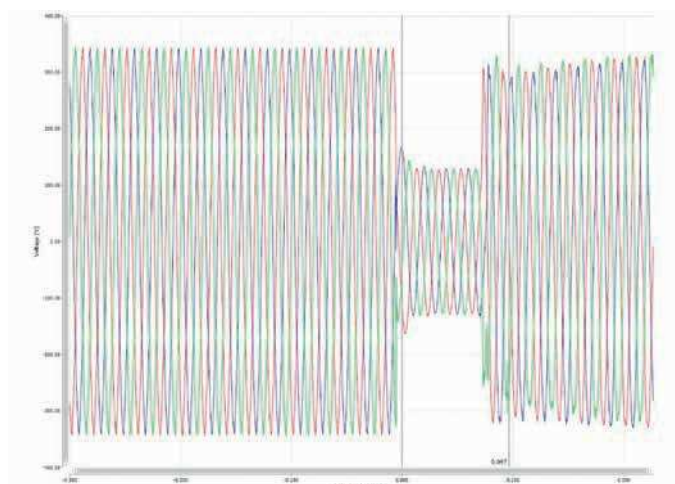
- uitvoeren van analyses en bepalen van oplossingen (onderzoek van installaties, korte en lange meetcampagnes, monitoring, kostcalculatie);
- preventief en predictief onderhoud via permanente monitoring;
- consultancy en studiewerk (Karybel is erkend in de kmo-portefeuille in de pijler advies);
- toegepast onderzoek;
- expertises (in bijstand, bij verzekeringskwesties, gerechtelijke expertises);
- opleiding.

De figuur links geeft de classificatie van spanningsfenomenen weer



**FIG. 2 – DRIEFASIGE SPANNINGS DIP**

De figuur geeft een driefasige spanningsdip weer op het aansluitpunt van een installatie, gemeten via een permanent monitoringsysteem



zijn typische symptomen die erop wijzen dat er zich een spanningsdip heeft voorgedaan. De ontregeling van installaties en processen kan bijgevolg grote kosten met zich meebrengen. Elke industrie zou zich dus bewust moeten zijn van de gevoeligheid van de installatie en haar componenten.

#### ELKE INDUSTRIE ZOU ZICH BEWUST MOETEN ZIJN VAN DE GEVOELIGHEID VAN DE INSTALLATIE EN HAAR COMPONENTEN

##### Oplossing?

Afhankelijk van de ernst van de dip zijn er diverse mogelijke immunisatiemiddelen voorhanden. In eerste instantie dienen de dips te worden opgemeten teneinde de grootte van de dip te bepalen. De immunisatiemogelijkheden voor een korte, ondiepe dip zijn anders dan deze voor een lange en diepe dip. De meest gekende methode is de UPS, maar daarnaast zijn er heel wat andere methodes inzetbaar die elk hun voordeel, nadeel en kostprijs kennen. Dit zijn o.a. condensatoren, het vliegwiel, dynamic voltage restorer, statcom, synchrone machines ...

## TRANSIENTEN

### Wat?

Transiënten zijn snelle, korte spanningspieken (zie **figuur 3**). Deze worden onderverdeeld in Surges = milliseconden en Spikes = microseconden, en worden hoofdzakelijk veroorzaakt door schakelen (capacitieve of inductieve lasten). **Figuur 3** geeft een voorbeeld van een schakeltransiënt bij het inschakelen van een condensatorbank, belastingveranderingen, maar evenzeer door blikseminslagen. Een transiënt kan een spanning bereiken van enkele duizenden volts, wat onmiddellijk een verklaring is voor de vernietigende kracht van dit fenomeen. Transiënten kunnen ook een repetitief karakter hebben, dit zijn events die periodiek terugkerend zijn. Deze events zullen gelijkaardige problemen veroorzaken als gelijkaardige events die slechts één keer voorkomen, maar die van een gelijke grootte zijn. Het veelvuldig voorkomen van deze events kan ertoe leiden dat componenten vroegtijdig verouderen en defect gaan.

### Symptomen?

De aanwezigheid van transiënten vertaalt zich

vaak in schade aan apparatuur, een verbrande geur en defecte overspanningsbeveiligingen.

### Oplossing?

De oplossing voor transiënten is sterk afhankelijk van waar de oorzaak gelegen is. Wordt dit fenomeen veroorzaakt door componenten in de installatie of is de oorzaak extern? De oplossingen hiervoor zijn totaal verschillend. De oplossing om de installatie te beschermen tegen invloeden vanuit de installatie zelf is niet altijd dezelfde als in het geval de oorzaak extern gevonden wordt. De oplossing is ook sterk afhankelijk van de grootte van de transiënt. Zo is het antwoord op invloeden van bliksem verschillend dan de uitweg bij schakeltransiënten. Bij blikseminslagen dient dit te worden uitgewerkt in het bliksembeveiligingsconcept, waar schakeltransiënten met enkele passieve componenten kunnen worden gemitigeerd.

## OVERSPANNINGEN, ONDERSPANNINGEN EN ONDERBREKINGEN

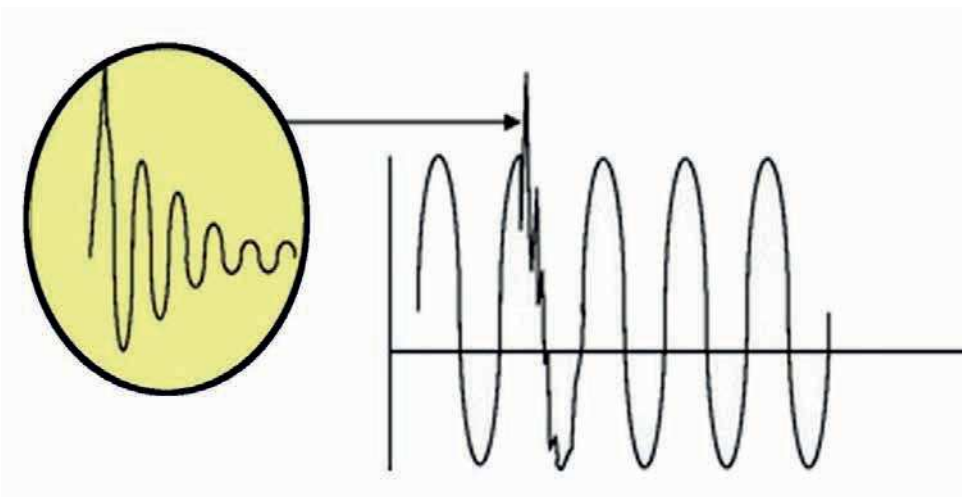
### Wat?

Uit de figuur 'classificatie van spanningsfenomenen' werd de spanningsdip al besproken. Er zijn echter meer fenomenen die een invloed hebben op het spanningsniveau en die onder een andere noemer worden gecatalogeerd. Deze onderverdeling is afhankelijk van het niveau en de tijdsduur. Hierbij spreken we van overspanningen, onderspanningen en onderbrekingen. Overspanningen treden op wanneer de spanning hoger wordt dan 110% van de nominale spanning. Onderspanningen vallen binnen hetzelfde spanningsniveau als dips, maar in dit geval spreken we van een duurtijd groter dan een minuut. Een onderbreking is het wegvallen van de spanning voor een tijd die langer is dan een halve periode.

### Symptomen

De symptomen van overspanningen zijn gelijkwaardig aan deze van transiënten en leiden in

**FIG. 3 – TRANSIENTEN ZIJN SNELLE, KORTE SPANNINGSPIEKEN**



vele gevallen tot schade. De symptomen van onderspanning zijn gelijkaardig aan deze bij dips, met dit verschil dat bij onderspanning de kans op een volledige uitschakeling van de toepassing groter is. Bij onderbrekingen is het uitvallen van apparatuur een klassiek symptoom. Om exact te weten wat de oorzaak is van een bepaald event, dient er een monitoring te gebeuren.

### Oplossingen

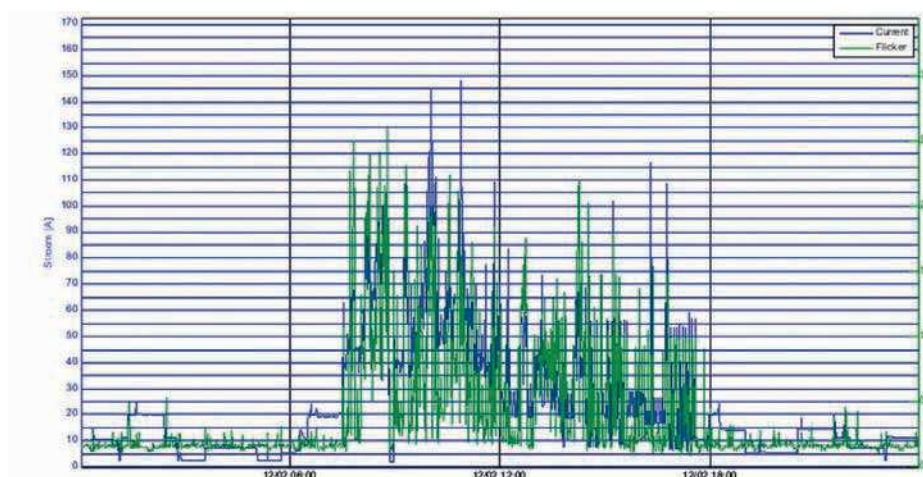
De oplossing is opnieuw afhankelijk van de ernst en duur van het event. Bij onderspanningen en onderbrekingen zullen eenvoudige maatregelen, die bij dips soms voldoende zijn, veelal onvoldoende zijn en zijn UPS-toepassingen en 'No-breakinstallaties' noodzakelijk om de installatie in werking te houden. Voor overspanningen wordt de toevlucht gezocht tot overspanningsbeveiligingen.

### FLICKER

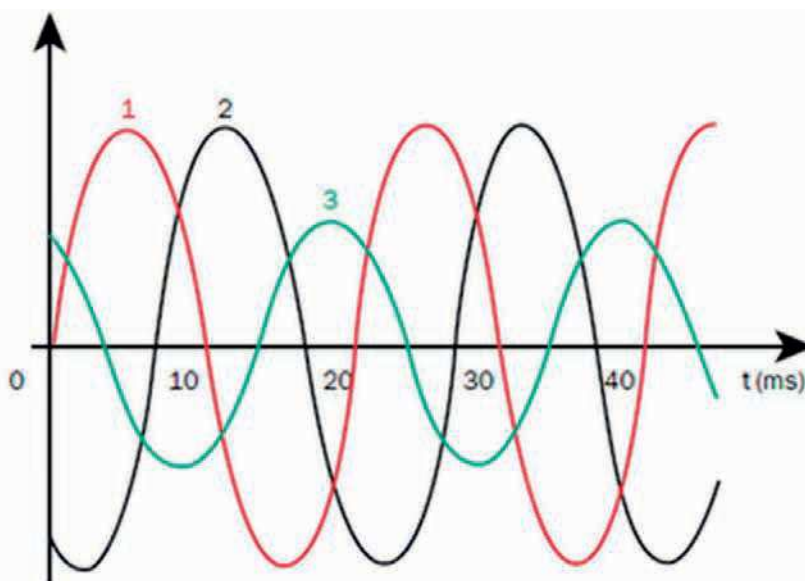
#### Wat?

Flicker zijn snelle spanningsvariaties die hoofdzakelijk tot uiting komen in variatie(s) van lichtsterkte. De oorzaak kan zowel binnen de eigen installatie als in een nabijgelegen installatie (buur) worden gezocht. De spanningsverandering wordt veroorzaakt door stroomveranderingen, de mate waarin de spanning zal veranderen, is afhankelijk van de netimpedantie en de stroom. Er zijn bij dit fenomeen bijgevolg heel wat afhankelijkheden die een invloed hebben op de grootte van flicker. De waarneming van door spanningsvariaties veroorzaakte flikkerende verlichting is gebaseerd op experimenten. Om een eenduidige kwantificering van de flicker mogelijk te maken, zijn de parameters Pst en Plt ontwikkeld. Als het flickerniveau (Plt) zich onder de 1 bevindt, wordt dit aanzien als aanvaardbaar. Dit betekent niet dat dit voor bepaalde personen niet hinderlijk is, maar door het grootste deel van het testpubliek wordt dit als niet hinderlijk ervaren. **Figuur 4** geeft een voorbeeld van de correlatie tussen stroompieken en flickerniveau.

**FIG. 4 – GRAFIEK STROOMVERLOOP (BLAUW) EN FLICKERVERLOOP (GROEN)**



**FIG. 5 – IN EEN ASYMMETRISCH SYSTEEM IS DE FASEVERSCHUIVING NIET MEER SYMMETRISCH VERDEELD OF IS DE AMPLITUDE VERSCHILLEND**



#### Symptomen?

Flicker uit zich hoofdzakelijk in het veranderen van de lichtsterkte van de verlichting. Een typische verbruiker die een belangrijke bijdrage levert aan flicker, is lasapparatuur. Deze trekken op korte termijn hoge stromen, wat de spanningsvariaties doet toenemen.

#### Oplossing?

Voor het beperken van de flicker zijn tal van oplossingen mogelijk, deze is in functie van de oorzaak van de flicker. Daar de (inschakel)stroom een belangrijke factor is, zal een reductie hiervan ertoe leiden dat de spanningsverandering minder groot is. Ook het aantal schakelingen zal in belangrijke mate bepalend zijn voor de flickerproblematiek. Dit zijn oplossingen die niet al te duur zijn, maar die niet steeds inzetbaar zijn, toch niet zonder in te boeten aan procesfunctionaliteit. Als dergelijke maatregelen niet toepasbaar zijn, dan kunnen er maatregelen genomen worden op transformatorniveau of via verschillende filteroplossingen.

### SPANNINGSONBALANS

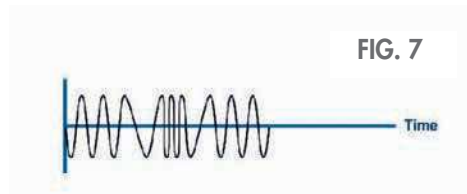
#### Wat?

De distributie van elektrische energie gebeurt via een driefasen symmetrisch systeem. Dit betekent dat de faseverschuiving tussen de drie spanningen  $120^\circ$  bedraagt en de amplitude even groot is. In een asymmetrisch systeem is de faseverschuiving niet meer symmetrisch verdeeld of is de amplitude verschillend (zie **figuur 5**). Dit kan veroorzaakt worden door hoge stromen in de installatie. Toestellen met een hoog vermogen worden normaliter aangesloten op drie fasen, waardoor een ongebalanceerde stroom weinig waarschijnlijk is. Een onbalanssituatie kan echter wel voorkomen wanneer een groot aantal enkelfasige vermogens worden geschakeld en de verdeling over de fasen niet gelijkmatig is. In dit geval zal er een niet-gelijke belasting van de kabels optreden en zal er eveneens (in een viergeleidersysteem) een stroom in de nulgeleider vloeien. Dit kan leiden tot overbelasting in een van de fasen, wat resulteert in extra verliezen in de kabels en de nulgeleider. In sterke netten zal de impact op de spanning nog beperkt zijn, in zwakkere netten kunnen er echter asymmetrische spanningen ontstaan die nefast zijn voor driefasige toepassingen zoals motoren. **Figuur 6** geeft een voorbeeld van een asymmetrisch verdeelde belasting.

#### Symptomen?

Problemen door asymmetrie komen veelal pas na een tijd aan het licht. Een eerste indicatie van een asymmetrische situatie is de ongelijkmatige opwarming van kabels. In een optimaal symmetrische installatie zijn de fasegeleiders gelijk belast. Als er een ongelijke belasting aanwezig is, zal dit leiden tot een energieverlies. Dit kan ook leiden tot het aanspreken van de beveiligingen omdat de stroom in een van de geleiders te hoog is. Een tweede probleem ontstaat door een spanningsonbalans en motoren die niet meer in staat zijn om het volledige koppel te leveren.

Door die onbalans ontstaat er een remmend koppel in de machine. Ook lagerproblemen en extra opwarming in de stator en rotor van motoren door tegengestelde magnetische velden bij motoren kunnen een indicatie zijn van een onbalans.



### Oplossing?

De eenvoudigste oplossing om asymmetrie op te lossen, is een gelijkmatige verdeling van eenfasige lasten. Dit is echter niet altijd mogelijk. Als dit effectief niet mogelijk blijkt, dan behoren een aantal compensatiemethodes tot de oplossing. Denk hierbij aan de scotttransformator of een actief filter.

## FREQUENTIEVARIATIES

### Wat?

Productie en verbruik dienen op elk moment op elkaar afgestemd te zijn. Dit betekent dat er evenveel geproduceerd moet worden als er wordt afgenomen. In onze streek is de frequentie van de netspanning vastgelegd op 50 Hz. Als er op een bepaald moment meer wordt geproduceerd dan wordt afgenomen, dan neemt de frequentie toe. Wordt er minder geproduceerd dan wordt afgenomen, dan neemt de frequentie af. Op deze manier is de frequentie een indicatie voor de stabiliteit van het net. Daarom wordt de frequentie stabiel gehouden rond de 50 Hz. In Europa zijn de netten geïnterconnecteerd, waardoor er in wezen een groot net ontstaat waarbinnen variaties kunnen worden opgevangen. In Europa komen frequentievariaties niet veel voor, net vanwege deze interconnectie.

### Symptomen?

Frequentievariaties zullen voornamelijk een invloed hebben op direct online geschakelde motoren, daar bij deze de snelheid bepaald wordt door de netfrequentie. Hierdoor gaan ze bij veranderende frequentie sneller of trager draaien. Daarnaast kan dit ook naar voren komen in toepassingen die een tijd-synchronisatie doen op de netfrequentie.

### Oplossing?

Voor motoren kan dit worden opgelost door het voorschakelen van frequentieomvormers. In andere toepassingen zijn UPS'en mogelijke oplossingen.

## NUL-AARDESPANNINGEN

### Wat?

De meeste computergebaseerde toepassingen zijn gevoelig voor te hoge spanningen tussen aarde en nul. De aarde wordt gebruikt als referentie voor de elektronica en dient stabiel te zijn. Soms speciïere fabrikanten het niveau van de aarde-nulspanning om de goede werking van de apparatuur te garan-

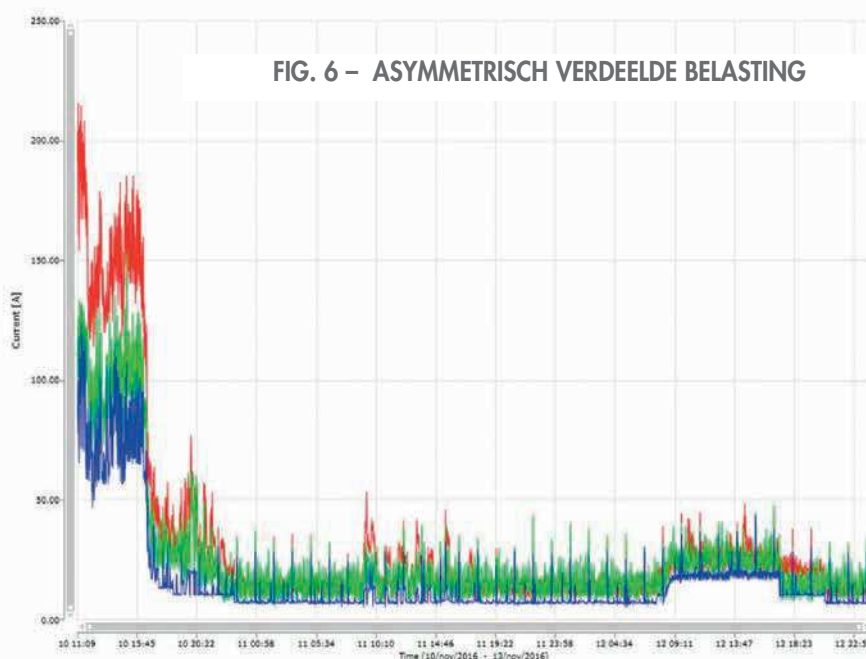


FIG. 6 – ASYMMETRISCH VERDEELDE BELASTING

deren. De aarde-nulspanning is inherent aan de installatie. De aarde en nul zijn op transformiveau aan elkaar gekoppeld, hier treedt geen spanningsverschil op. Als er een stroom vloeit in de nulgeleider, ontstaat er een nul-aardspanning stroomafwaarts in de installatie.

### Symptomen?

Slecht functioneren van elektronische toestellen, faling van elektronische toestellen, ongewenst heropstarten van apparatuur ...

### Oplossing?

Daar deze spanningen, ontstaan door stroom door de nulgeleider, is het reduceren van de weerstand een methode om de spanningsverschillen te verminderen.

## EMC

In wezen is Power Quality een onderdeel van een geheel dat EMC wordt genoemd. EMC staat voor elektromagnetische compatibiliteit. Dit betekent zoveel als dat een toestel moet kunnen werken in een bepaalde omgeving waarin storingen zich voordoen. Het toestel op zich mag daarbij ook geen ontoelaatbare storingen genereren. De grens tussen Power Quality wordt getrokken op basis van de frequentie. Hierin is geen eenduidige lijn te trekken. Algemeen kan aangenomen worden dat Power Quality zich situeert in een gebied < 5 kHz. Problemen in dit frequentiegebied uit zich voornamelijk in storing en slechte werking van apparatuur. Daar deze artikelenreeks handelt over Power Quality-fenomenen, wordt er niet dieper ingegaan op mogelijke EMC-problemen en wordt er verwezen naar een afzonderlijk artikel dat zich zal richten tot deze problematiek.

## BESLUIT

Dit deel van de reeks omvat een aanvulling van de verschillende Power Quality-aspecten

die kunnen voorkomen in elektrische installaties. De fenomenen hier omschreven, samen met deze uit deel 1, omvatten het grootste deel van de Power Quality-gerelateerde fenomenen, maar zijn niet tot deze opsomming beperkt. Zoals de aandachtige lezer kan vaststellen, zijn dit opnieuw fenomenen waarvoor er in vele gevallen maatregelen genomen kunnen worden om deze op te lossen. Daarenboven zijn bepaalde symptomen aan meerdere problemen toe te schrijven. Teneinde een duidelijk beeld te scheppen van de problematiek en teneinde de ernst van het probleem in kaart te brengen, zijn metingen noodzakelijk. De meetaspecten worden in het derde deel van de reeks besproken. □

## POWER QUALITY

### Deel 1 (Elektriciens 2017-04)

Belang van goede netkwaliteit.

Oorzaken en symptomen deel 1

### Deel 2 (Elektriciens 2017-05)

Oorzaken en symptomen deel 2

### Deel 3 (Elektriciens 2017-06)

Storingsanalyse en meetoplossingen deel 3



Electrical expertise & Power Quality

### Meer info:

Karybel bvba  
Hoogmolenstraat 104  
8790 Waregem  
[info@karybel.be](mailto:info@karybel.be)  
056/90.31.08  
[www.karybel.be](http://www.karybel.be)  
[www.powerqualitymonitoring.eu](http://www.powerqualitymonitoring.eu)