

Power quality, kwaliteit van spanning en stroom

Een kortere levensduur van lampen, slecht werkende besturingen, verbrande kabels, oververhitte motoren, hinderlijk flikkerende verlichting, uitval van processen of een slechte benutting van de installatie. Dit zijn enkele van de veel voorkomende problemen die te wijten zijn aan de onvoldoende kwaliteit van spanning en stroom. Dit artikel belicht de belangrijkste 'Power Quality'-onderwerpen, zoals spanningsdip, harmonischen, flikker, aarding en transiënten.

Dr.ir. J.F.G. (Sjef) Cobben, CO-ED, Consultancy and Education

Een onvoldoende kwaliteit van spanning en stroom veroorzaakt jaarlijks tientallen miljoenen euro aan kosten en waarschijnlijk zijn hiermee lang niet alle kosten boven water. Vaak zijn er nog veel verborgen kosten, zoals een kortere levensduur van motoren, transformatoren, condensatoren, lampen en andere toestellen die gevoelig zijn voor vervormingen in stroom en spanning. Figuur 1 geeft een overzicht van de verdeling van de kosten naar de diverse optredende fenomenen [1]. Hieruit blijkt dat flikker geen grote bijdrage levert aan de kosten, terwijl hierover het meest wordt geklaagd.

■ SPANNINGSDIP

Een spanningsdip ontstaat meestal door een kortsluiting in het hoog- of middenspanningsnet. Bij veel klanten die op dit net zijn aangesloten, zullen ook op het aansluitpunt de gevolgen van deze sluiting zichtbaar zijn. De spanning zakt behoorlijk in elkaar gedurende de tijd van de kortsluiting. Een voorbeeld van een spanningsdip, gemeten op een aansluitpunt van een installatie is te zien in figuur 2. Een spanningsdip kan in een industriële omgeving leiden tot grote kosten. Het uitvallen van regel- en besturingsapparatuur, magneetschakelaars, frequentieregelaars en andere apparatuur die gevoelig is voor spanningsdips leidt tot ontregeling van complete

productiestraten, met als gevolg: uitval van productie, verlies van materialen, onrendabele metingen, imagoschade en velerlei andere kosten. Elke industrie zou zich dus moeten verdiepen in de gevoeligheid van de installatie en zijn componenten. Extra investeringen om de componenten minder gevoelig te maken kunnen afgewogen worden tegen de kosten die ontstaan bij een dip. Wel is hiervoor een inschatting nodig van de mogelijke dips die op een bepaald aansluitpunt kunnen ontstaan. Dit *dipprofiel* kan met behulp van de netbeheerder worden gemaakt. Zo'n overzicht kan er uit zien zoals weergegeven in figuur 3.

Mogelijke oplossingen om problemen met dips te voorkomen zijn ononderbroken voedingen (UPS) of minder gevoelige apparatuur (bijvoorbeeld overeenkomstig SEMI F47). Ook kunnen er maatregelen worden genomen om de kosten te beperken, zoals een snelle herstart van een bepaald proces.

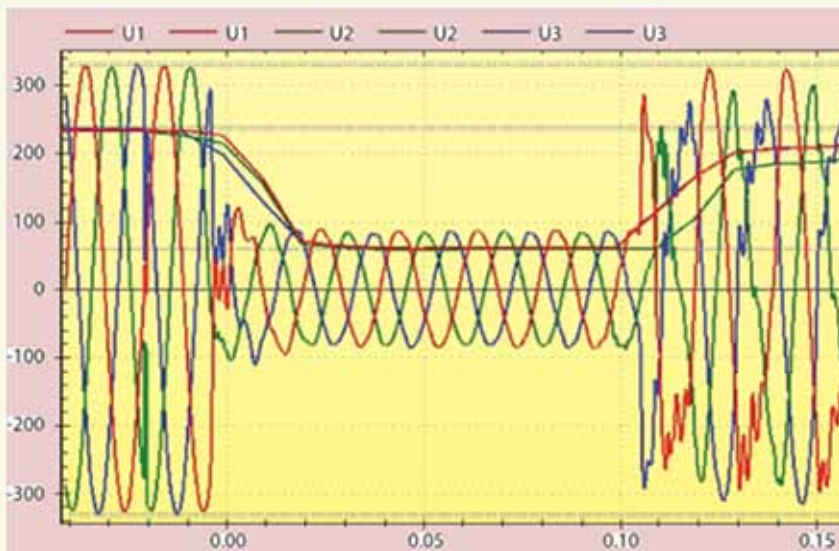
■ HARMONISCHEN

Harmonischen zijn vervormingen in de spanning en de stroom. Een voorbeeld van een bron van harmonische stromen zijn alle gelijkrichters (zie figuur 4), die zowel bij kleine vermogens als bij grotere vermogens (als 6- of 12-pulsige bruggen) worden toegepast. De stroom die het net levert, is niet meer sinusvormig en kan dus opgebouwd worden

uit een fundamentele stroom en vele 'hogere harmonischen'. Andere voorbeelden van toestellen die een niet-sinusvormige stroom vragen en dus ook bijdragen aan de aanwezigheid van 'hogere harmonischen', zijn spaarlampen (zie figuur 5), frequentieregelaars en andere regelbare aandrijvingen, en LED-verlichting. Kortom, veel van de tegenwoordig toegepaste toestellen. De vraag is in hoeverre dit schadelijk is. Het



-Figuur 1- Overzicht van de verdeling van kosten naar PQ-problemen.

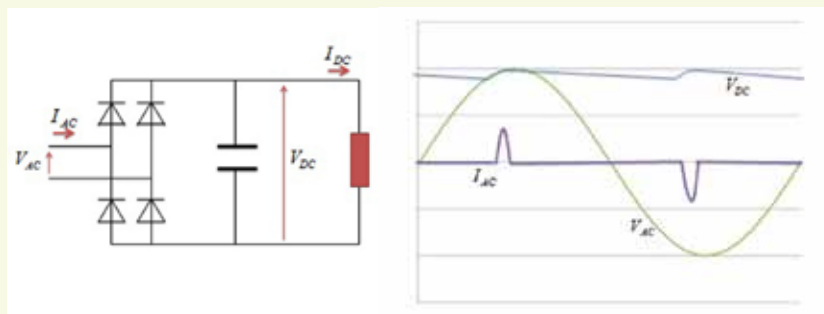


-Figuur 2- Spanningsdip op een aansluitpunt

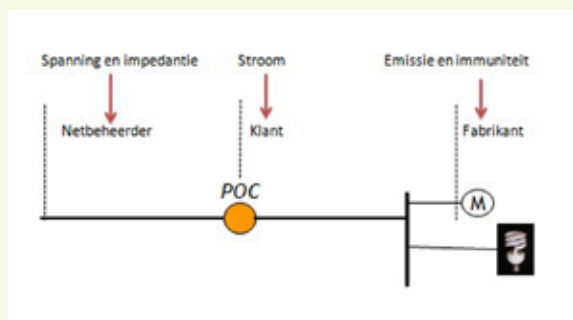
Overblijvende spanning (% U_{ref})	Tijd (s)							
	0,01 <math>< \Delta t \le 0,02</math>	0,02 <math>< \Delta t \le 0,1</math>	0,1 <math>< \Delta t \le 0,5</math>	0,5 <math>< \Delta t \le 1</math>	1 <math>< \Delta t \le 3</math>	3 <math>< \Delta t \le 20</math>	20 <math>< \Delta t \le 60</math>	60 <math>< \Delta t \le 180</math>
90 > $u \ge 85$		2	3	4	1			
85 > $u \ge 70$		1	1	3				
70 > $u \ge 40$				1				
40 > $u \ge 10$			1					
10 > $u \ge 0$								

NOTE 1: Measurement results in the first column and first row are likely to be inflated by transients and load fluctuations, respectively.
 NOTE 2: 0,01 and 0,02 s in the first two duration headings correspond to a half period and to one period of the 50 Hz voltage. For 60 Hz system corresponding values would be used.

-Figuur 3- Dipprofiel voor een bepaalde industriële klant



-Figuur 4- Niet-sinusvormige stroom van een gelijkrichter



-Figuur 5- Niet-sinusvormige stroom van een spaarlamp

antwoord op deze vraag is afhankelijk van de grootte van de harmonische stromen en in hoeverre er al rekening mee is gehouden in het ontwerp van een installatie. Harmonische stromen zullen leiden tot:

- hogere belasting van voedingsleidingen;
- hogere belasting van de voedende transformator;
- grote stromen door de nul- en soms ook PE-geleider.

Zeker in een zwak net (bijvoorbeeld aan boord van schepen of olieplatforms of bij noodbedrijf van een installatie met eigen generatoren) zullen grote harmonische stromen leiden tot een grote vervorming van de spanning. Een grote vervorming van de spanning leidt weer tot:

- verstoring van besturingen/regelingen;
- beschadiging van condensatoren;
- oververhitting van motoren.

Kortom, er is alle reden om goed te kijken naar de harmonische stromen die er lopen en naar de vervorming die dit tot gevolg heeft in de spanning. In extreme situaties waar resonantie optreedt, kunnen al heel snel problemen optreden. In minder extreme situaties kan ernstige vermindering van de levensduur van componenten het gevolg zijn. Moeten we nu al weer de lampen vervangen of (bijvoorbeeld) de condensatoren? Ja, maar ook een controle op harmonischen kan ervoor zorgen dat deze vraag niet zo vaak meer wordt gesteld!

De conclusie is dat bij het ontwerpen van een installatie goed naar voornoemde aspecten moet worden gekeken. De onderlinge interactie tussen spanning en stroom is belangrijk, net als de verantwoordelijkheden van alle partijen (netbeheerders, aangeslotenen en fabrikanten). Een Power Quality-meting bij oplevering en in bedrijfname van een installatie is geen overbodige luxe, net zo min als een continue bewaking van de stromen en vermogens die er op het aansluitpunt lopen. Preventief werk levert altijd rendement op!

AARDING

Een goed aardingsstelsel is van groot belang om storingen (en gevaarlijke situaties) te voorkomen. Veel EMC-problemen en problemen met transiënten zijn het gevolg van een niet goed ontworpen of aangelegd aardingsstelsel. Een aardingsstelsel heeft meerdere functies, zoals:

- de bescherming van personen en dieren tegen elektrische schok bij een fout in de elektrische installatie;
- het beperken van optredende overspanningen en het afleiden van bliksemstromen voor de beveiliging tegen bliksem;

- het beperken van overspanningen en storingen in apparatuur door hoogfrequente verschijnselen (EMC-problemen).

Potentiaalvereffening in een gebouw is een belangrijke randvoorwaarde om aan alle aspecten voldoende invulling te geven. Daarnaast moeten de aardverbindingen zo kort mogelijk zijn en moet het oppervlak tussen aardleidingen en voedende kabels ook zo klein mogelijk gehouden worden. Het aardingssysteem moet geschikt zijn voor alle functies en de algemene strekking is dan ook alle te aarden systemen met elkaar te verbinden. De laatste jaren is voor deze problematiek wel meer aandacht, maar het blijft zaak om ook bij nieuwe aanleg, uitbreidingen en aanpassingen de filosofie van een gemeenschappelijk aarding consequent aan te houden.

TRANSIËNTEN

Transiënten zijn kortstondige spanningsveranderingen die gedurende zeer korte tijd plaatsvinden. De tijdsduur kan variëren tussen een klein onderdeel van een periode (μsec tot een paar msec) en een paar perioden. De hoogte van de transiënten kan oplopen tot ongeveer 6 kV en in extreme gevallen nog wel hoger.

Belangrijkste oorzaken van transiënten zijn:

- sluitingen in netten of installaties;
- schakelhandelingen;
- bliksemontladingen.

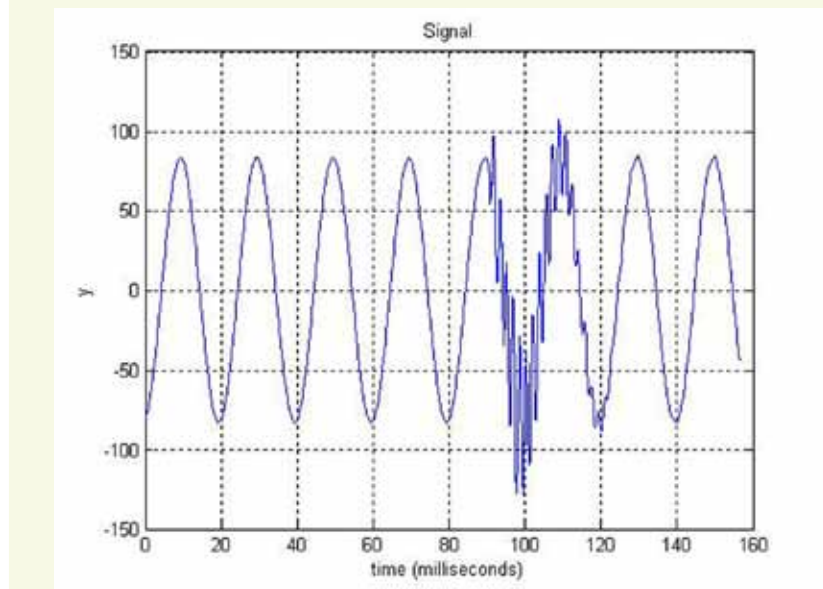
Bij schakelen van condensatoren en spoelen kunnen ook overspanningen ontstaan. Hierbij is het vooral van belang op welk moment de spoel of condensator wordt in- of uitgeschakeld.

Stel dat een condensator geheel ontladen is (spanning 0 Volt) en hij wordt ingeschakeld op een moment dat de voedende spanning zich op de topwaarde bevindt van de spanning. Door het grote spanningsverschil zal er een grote stroom gaan lopen en kunnen overspanningen optreden, zoals bijvoorbeeld te zien is in figuur 6

Uiteraard kan het nog ongunstiger. Als een condensator nog niet ontladen is en de spanning is negatief, kan inschakelen op de top van de sinus van de voedende spanning schadelijke gevolgen hebben voor de condensator, de schakelaars en vele gevoelige apparatuur in de omgeving.

Schakelhandelingen kunnen ook plaatsvinden in apparatuur. Denk hierbij bijvoorbeeld aan gestuurde bruggen of frequentieregelaars. Hierbij wordt met de vermogenselektronica veelvuldig geschakeld. Zonder spoelen in het circuit kunnen hierdoor ook grote stromen en spanningsvervormingen ontstaan.

Ten slotte hebben we dan de bliksemontla-



-Figuur 6- Gemeten spanningen door het schakelen van de condensorbatterij

dingen. Bij een directe blikseminslag ontstaan natuurlijk zeer grote bliksemstromen en heel grote overspanningen. Deze zijn van heel korte duur maar gezien de grootte van de stromen en spanningen kunnen ze veel schade aanrichten.

Ook bij een indirecte blikseminslag (inslag niet direct op de eigen installatie maar ergens in de omgeving) kan via de aarde of de voedende kabel een overspanning optreden. Ook deze is van korte duur en de hoogte van de overspanning is meestal beperkt. Dit komt mede door de dempende werking van de netkabel.

Oplossingen voor transiënten kunnen voor een deel liggen in het voorkomen van transiënten (schakelhandelingen) en anderzijds het beveiligen tegen transiënten (bliksemontladingen). Bij het schakelen van grote condensatorbanken kan het wenselijk zijn om:

- te schakelen op de nuldoorgang van de spanning;
- een voorschakelweerstand in serie te zetten die later kan worden overbrugd.

Hiermee kunnen optredende transiënten worden geminimaliseerd door het probleem bij de bron aan te pakken. Bij sluitingen in het middenspanningsnet kunnen overspanningen op het laagspanningsnet worden voorkomen door een deugdelijk aardingssysteem. Zowel in NEN 1010 als in NEN 1014 zijn richtlijnen voor gegeven. Bij bliksemontladingen kunnen we de bron (de bliksem) niet weghalen maar de gevolgen voor een installatie kan wel worden geminimaliseerd door het aanleggen van een goed aardingssysteem en een concept van overspanningsbeveiliging.

FLIKKER

Wie heeft dit fenomeen nog niet meegeemaakt? Eigenlijk constateert iedereen wel eens een verandering in het verlichtingsniveau. Dit is het gevolg van een verandering in het spanningsniveau door stroomverandering (inschakelstroom). Hoe groot de spanningsverandering is, hangt af van de netimpedantie. Kortom: ook bij dit fenomeen zijn er vele onderlinge afhankelijkheden.

In figuur 7 is te zien welke partijen verantwoordelijk zijn voor het beheren van een goede kwaliteit van spanning en stroom.

De netbeheerder is verantwoordelijk voor de kwaliteit van de spanning en voor een voldoende sterk net. Een voldoende sterk net betekent een net met een hoog kortsluitvermogen of een voldoende lage impedantie. De installatie, waarvoor de eigenaar verantwoordelijk is, moet op het aansluitpunt een stroom vragen of leveren die geen hinder veroorzaakt. Dit betekent dat de vervorming in de stroom niet te groot mag zijn maar ook de veranderingen (inschakelstromen e.d.) mogen niet te groot zijn. In de netcode [2] zijn die verantwoordelijkheden geregeld. In figuur 8 zijn de eisen weergegeven voor snelle spanningsvariaties, zoals opgenomen in de netcode.

De maximale snelle spanningsvariatie op het aansluitpunt van een installatie mag (uitzonderingen daargelaten) niet groter zijn dan 3%. De index P_{st} en P_{lt} zeggen iets over het aantal en de grootte van de spanningsvariaties per tijdseenheid (10 gemiddeld voor P_{st} en 2 uur gemiddeld voor P_{lt}).

Aan het net worden eisen gesteld aan de lange termijn index P_{lt} en de maximale snelle span-

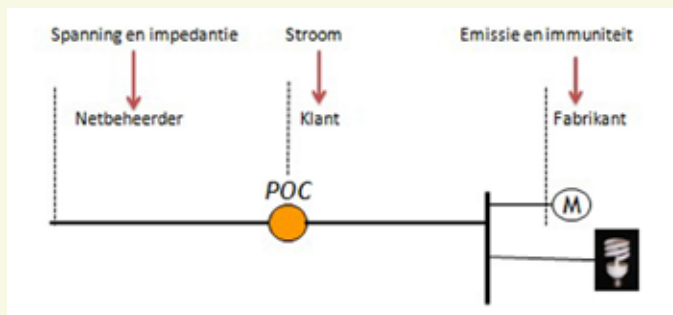
ningsvariatie. Aan de kant van de installatie worden eisen gesteld aan de bijdrage aan de korte en lange termijn index. Ook is vermeld met welke 'referentieimpedantie' mag worden gerekend.

CONCLUSIE

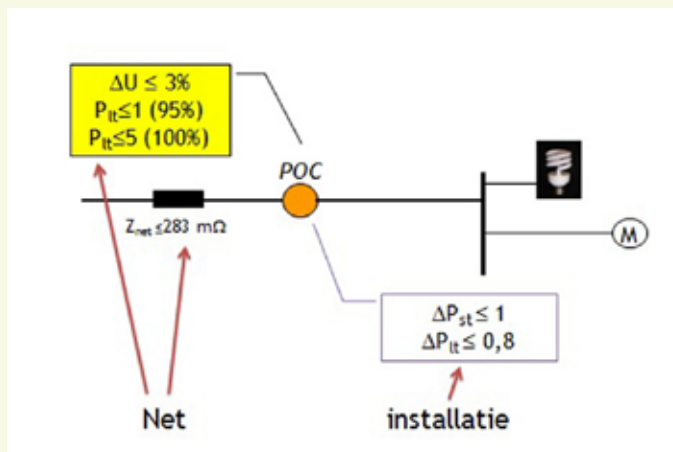
De kwaliteit van spanning en stroom zijn belangrijke onderwerpen om bij stil te staan. De levensduur van veel componenten in de installatie wordt nadelig beïnvloed door een slechte kwaliteit van de spanning en stroom. Ook leggen deze een onnodig beslag op de capaciteit van de installatie en leveren ze onnodige verliezen op. Een eerste stap in de bewustwording is het monitoren van de spanning en stroom. Na analyse van de kwaliteit kan worden gekeken naar de mogelijke vervormingen en de gevolgen hiervan. Waar nodig kunnen dan maatregelen worden genomen om de situatie te verbeteren.

LITERATUUR

1. Cobben J.F.G. , Power Quality, Problemen oplossingen, Uitgever SDU, Den Haag, ISBN9789012582117.
2. Energiekamer, Netcode, www.energiekamer.nl, zie elektriciteit, codes



-Figuur 7-Interactie tussen spanning en stroom



-Figuur 8- Interactie op het aansluitpunt van een installatie

Betrouwbare en kostefficiënte HVAC instrumenten

/ rV & CO₂

Wanneer de prestaties uw eerste bezorgdheid zijn kiest u de oplossingen van Vaisala voor vocht- en CO₂-meting.



Meer informatie over de nieuwe producten:
www.vaisala.com/HVAC

benelux.sales@vaisala.com tel. +31(0)6 28422031 fax. +49 (0)228 2497111

VAISALA