

## PQ-Spanningsveld in de elektriciteitsvoorziening

**Citation for published version (APA):**

Cobben, J. F. G. (2012). *PQ-Spanningsveld in de elektriciteitsvoorziening*. Technische Universiteit Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/2012

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

Intreerede  
prof.dr.ir. Sjef Cobben  
8 juni 2012



/ Faculteit Electrical Engineering

**TU** **e**

Technische Universiteit  
**Eindhoven**  
University of Technology

# PQ – Spanningsveld in de elektriciteitsvoorziening

Where innovation starts

**Intreerede prof.dr.ir. Sjef Cobben**

---

# **PQ – Spanningsveld in de elektriciteitsvoorziening**

**Uitgesproken op 8 juni 2012  
aan de Technische Universiteit Eindhoven**



# Inleiding

Het 'product' elektriciteit is een levensader geworden. Zonder dit product is de maatschappij zoals we deze beleven niet meer voor te stellen. Velen van ons hebben een blind vertrouwen in de aanwezigheid hiervan en twijfelen niet aan de kwaliteit van dit product. Dit is terecht!

Het consumeren van ons dagelijks brood gaat gepaard zonder veel zorgen. De kwaliteit van het product is goed en bevat geen schadelijke stoffen of bacteriën. Dit zou echter niet mogelijk zijn geweest zonder de goede zorgen van de bakker, de Warenwet, het toezicht van de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit en ook de zorgvuldigheid van de diverse toeleveranciers van de bakker.

Voor het product elektriciteit heeft de netbeheerder de verantwoordelijkheid van dit product op zijn bord liggen, zoals de bakker de verantwoordelijkheid heeft voor zijn brood. Ook de netbeheerder is afhankelijk van de toeleveranciers (de opwekkers). In tegenstelling tot de bakker is de netbeheerder daarnaast echter (in sterke mate) afhankelijk van de afnemers (de consumenten) die het product in vele vormen gebruiken om uiteindelijk dat comfort te krijgen dat elektriciteit moet opleveren. Het gebruik van het product elektriciteit bepaalt voornamelijk de kwaliteit ervan. Regelgeving rondom de kwaliteit van elektriciteit (spanning en stroom) wordt daardoor een complexe materie.

Er is ten opzichte van een aantal decennia geleden echter nog iets nieuws onder de zon. Dat maakt het vakgebied op de dag van vandaag uitdagender en bijzonder. Als gezegd: de kwaliteit van spanning en stroom, besloten in de term Power Quality, is afhankelijk van alles wat op de elektriciteitsnetten is aangesloten en de configuratie en opbouw van de netten zelf. Alle veranderingen die nu plaatsvinden, hebben kleine of grote gevolgen voor de kwaliteit van spanning of stroom.

De noodzaak om te komen tot een duurzamere energievoorziening heeft al geleid tot de (nog te lage) toepassing van nieuwe en vaak decentraal geplaatste opwekkers zoals windmolens en zonnepanelen.



Figuur 1

Wind- en zonne-energie als de nieuwe elektriciteitscentrales

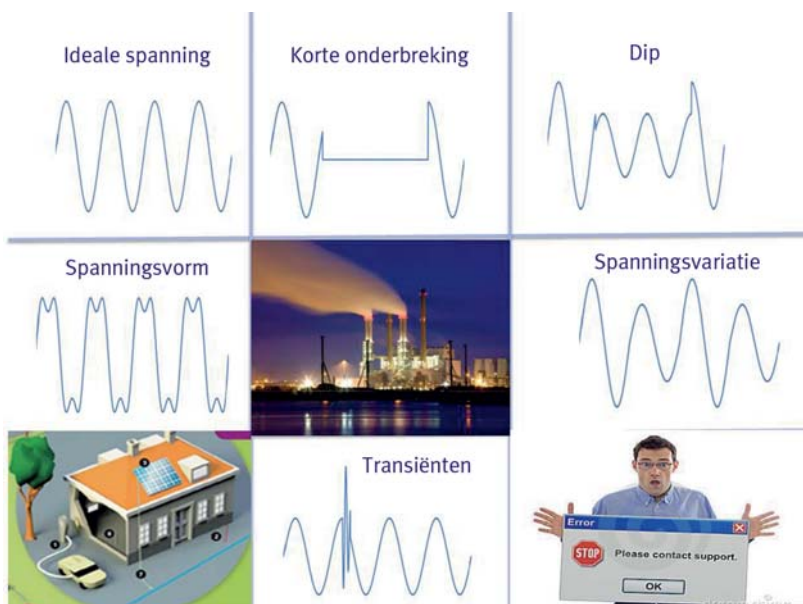
De toepassing van deze nieuwe opwekkers met hun minder voorspelbaar gedrag en grote variatie in opwekvermogen zullen de kwaliteit van spanning beïnvloeden. Ook de koppeling aan het elektriciteitsnet met vermogenselektronica zal invloed hebben op de kwaliteit van de stromen en dus ook de spanningen. Nieuwe toepassingen die veelal een duurzamer karakter hebben, zoals de elektrische auto en warmtepompen, zullen de elektriciteitsvraag doen toenemen. Daarnaast worden vele apparaten en toestellen voorzien van vermogenselektronica die niet alleen gevoeliger zijn voor afwijkingen in de kwaliteit, maar zelf ook deze afwijkingen kunnen veroorzaken.

Ten slotte is de kwaliteit van de elektriciteitsvoorziening afhankelijk van de 'sterkte' van de netten, waardoor de netbeheerder ook een belangrijke rol speelt in het in stand houden van de kwaliteit. Maar dit kan zoals eerder betoogd niet los worden gezien van alles wat op het net wordt aangesloten. Hierin komt het spanningsveld waarin gewerkt moet worden goed naar voren. De belangen zijn divers, de kosten moeten versleuteld worden naar de diverse partijen en afstemming is dus noodzakelijk. Uiteindelijk moet gekozen worden voor een elektriciteitsvoorziening die een maatschappelijk optimale situatie bereikt!

# Kwaliteitsaspecten van de elektriciteitsvoorziening

Het belang van de elektriciteitsvoorziening is voor iedereen net zo vanzelfsprekend als de aanwezigheid van deze voorziening zelf. De verbazing van het verschijnen van het licht na het bedienen van de schakelaar is allang verdwenen en heeft plaatsgemaakt voor een nog grotere verbazing over het verdwijnen van het licht na een uitval van de elektriciteitsvoorziening. Deze in Nederland zeldzaam voorkomende gebeurtenis (volgens sommige nog te vaak) is echter niet de enige maatstaf voor de kwaliteit van de elektriciteitsvoorziening.

De netbeheerders en de toezichthouder bekijken de kwaliteitskenmerken voornamelijk vanuit de kant van de voedende spanning. Het spanningsniveau, eventuele snelle spanningsvariaties (dips en flikker), de spanningvorm, de symmetrie tussen de spanningen en optredende transiënten zijn belangrijke aspecten van kwaliteit. Ik zal een aantal van deze kenmerken toelichten.



Figuur 2

Diverse kenmerken betreffende de kwaliteit van spanning

**Afwijkend spanningsniveau:** Te hoge spanning door decentrale opwekkers (PV-systemen, uWKK, windmolens) of te lage spanning door grote belastingen (elektrische auto, warmtepompen). Dit kan tot beschadiging of slechte werking van apparatuur leiden.

**Dips:** Het optreden van een grote spanningsdaling door een kortsluiting in het net. De spanning zal gedurende korte tijd (in de regel korter dan 2 seconden) onder de 90% van de nominale spanning zakken. Dit kan tot procesuitval leiden in industriële processen.

**Harmonischen:** Afwijkingen in de vorm van de spanning. Dit komt door afwijkingen in de vorm van de stroom en treedt steeds meer op bij nieuwe toestellen door de toepassing van halfgeleidertechnologie. Gevolgen zijn een verkorte levensduur van componenten en in extreme situaties overbelasting en uitval van systemen.



Figuur 3

Vermogenselektronica; kan problemen veroorzaken en oplossen



**Asymmetrie:** Bij grotere installaties worden drie- en viergeleidersystemen toegepast. Ook grotere motoren worden op drie fasen aangesloten die gelijk in amplitude moeten zijn en die een gelijke hoekverdraaiing van 120 graden moeten hebben. Afwijkingen door asymmetrische belastingen leiden tot vermindering van de effectiviteit van een installatie en extra verliezen.

**Snelle spanningsvariaties (flikker):** Veel variaties in het spanningsniveau geven een variërend verlichtingsniveau. Dit leidt tot irritatie en dus hinder. Snelle spanningsvariaties ontstaan door snelle stroomvariaties. Deze zijn overigens ook afhankelijk van de sterkte van het net.

**Transiënten:** Grote maar kortstondige veranderingen in de spanning ten gevolge van onder andere bliksemontladingen en schakelverschijnselen. Beschadiging van apparatuur kan hiervan het gevolg zijn.

De regelgeving rondom Power Quality is nog in beweging. In de netcode is een beschrijving gegeven van de vereiste kwaliteit van de spanning. Ten aanzien van diverse onderwerpen, zoals dips en transiënten, zijn er nog geen duidelijke eisen. Hierover vinden nog gesprekken plaats tussen de diverse belanghebbenden. Ook binnen Europese organisaties als de CEER (Council of European Energy Regulators), EURELECTRIC en internationale normcommissies wordt verder gewerkt aan het totale bouwwerk van normen voor de kwaliteit van spanning en stromen.

Zoals eerder aangegeven is dit geen eenvoudige zaak. Er zijn veel belanghebbenden en er moet gekeken worden naar zowel de immuniteitseisen (waar kan een toestel of installatie tegen) als de emissie-eisen (welke afwijkingen van de spanning of de stroom zijn toegestaan).

Het blijft wat regelgeving betreft dus balanceren tussen de belangen van diverse partijen. Uiteindelijk moet de regelgeving een optimale maatschappelijke balans opleveren!

Naast deze afwegingen tussen de diverse partijen moeten er ook duidelijkere planningsniveaus en compatibiliteitsniveaus voor de diverse netvlakken worden opgesteld. Alle 'vervuiling' die in de EHS-netten wordt veroorzaakt, zal ook gevolgen hebben voor de onderliggende HS-, MS- en LS-netten. De vervuiling in een netvlak met een hogere spanning zal invloed hebben op de onderliggende netvlakken. Andersom is er nauwelijks sprake van invloed van een net met lage spanning naar een net met een hogere spanning. Per netvlak zal moeten worden aangegeven wat de acceptabele niveaus van vervuiling zijn om tot een afgewogen



Figuur 4

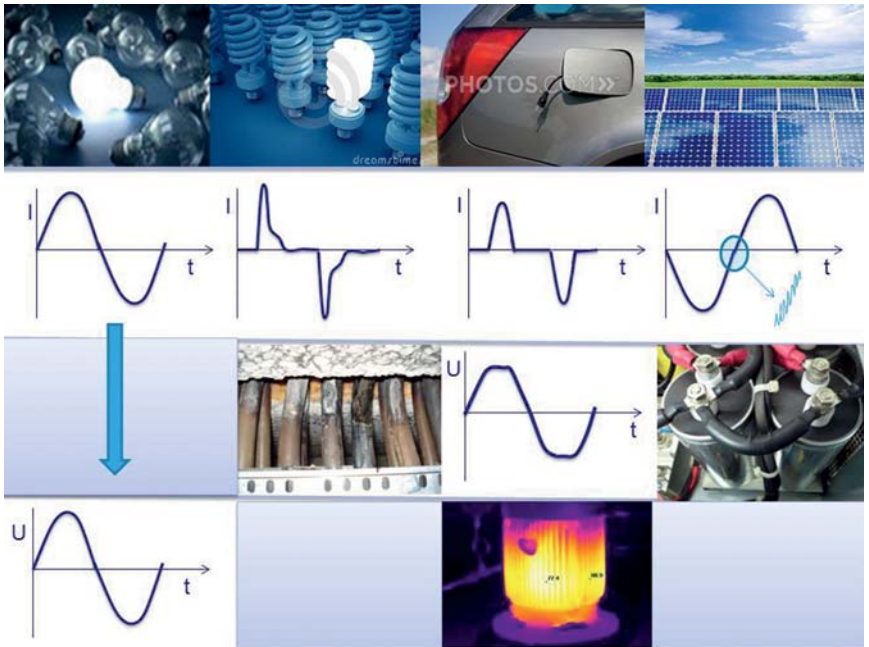
Zoeken naar de balans tussen de belangen van alle betrokkenen

geheel voor de gehele elektriciteitsvoorziening te komen. De aangesloten klanten moeten weten wat hun eventuele bijdrage aan de totale vervuiling nog mag zijn. Belangrijke elementen in deze discussie zijn de diversiteit en het gelijktijdig gebruik van de toestellen. Uiteindelijk zal bij het vastleggen van richtlijnen ook gekeken worden naar de totale impact van de aangesloten toestellen op de vervuiling in het openbare net.

# Spanningsveld, stromen en spanningen

Tussen de kwaliteit van spanning en stroom is er een spanningsveld en een grote mate van interactie. De mate van interactie hangt voor een groot deel af van de sterkte van het net. Het kortsluitvermogen of (anders vertaald) de impedantie van het net is daarom ook een belangrijke factor in de regulering van de kwaliteit van spanning en stroom.

Nemen we als voorbeeld het kenmerk: de spanningsvorm. De ideale vorm van de spanning is een zuivere sinus. Een sinusvormige stroom (van bijvoorbeeld gloeilampen) zal geen vervorming van de spanning tot gevolg hebben.

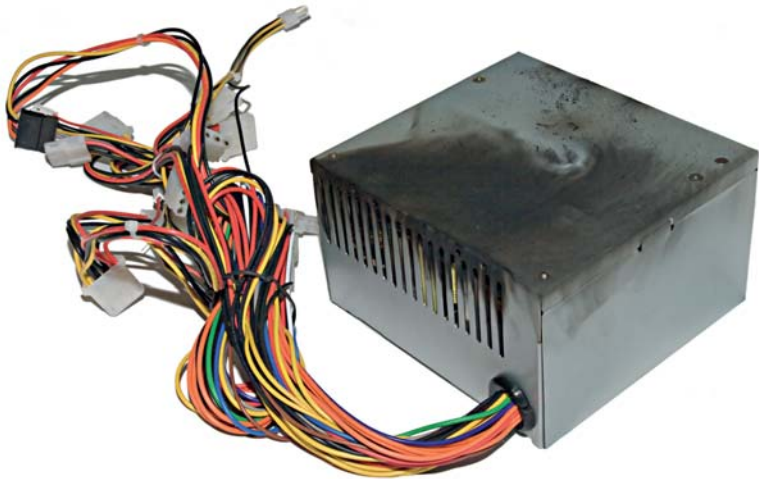


Figuur 5

Grote interactie tussen stroom en spanning; zowel onvoldoende kwaliteit van stroom als van spanning is schadelijk

Er komen steeds meer toestellen op de markt met niet-lineaire eigenschappen die een niet-sinusvormige stroom veroorzaken en dus ook de spanning vervormen. Deze vervorming van de spanning leidt op zijn beurt weer tot een extra belasting van diverse componenten in installaties, zoals condensatorbanken en motoren. Ook kunnen door grotere vervormingen in de spanning meerdere nuldoorgangen ontstaan die aanleiding zijn tot ontregeling van besturingen.

Ook de niet-lineaire stromen zorgen voor een extra verwarming van vrijwel alle componenten in een installatie. Dit leidt in het gunstigste geval tot een extra warmteontwikkeling en extra verliezen. Als een installatie niet is ontworpen en uitgelegd op deze extra verliezen, dan kan overbelasting optreden die ook zal leiden tot een verminderde levensduur van de componenten. In het ergste geval zal er een zodanige overbelasting optreden dat er een risico op brand, kortsluiting en uitval kan optreden.



Figuur 6

Beschadigde voeding door overspanning

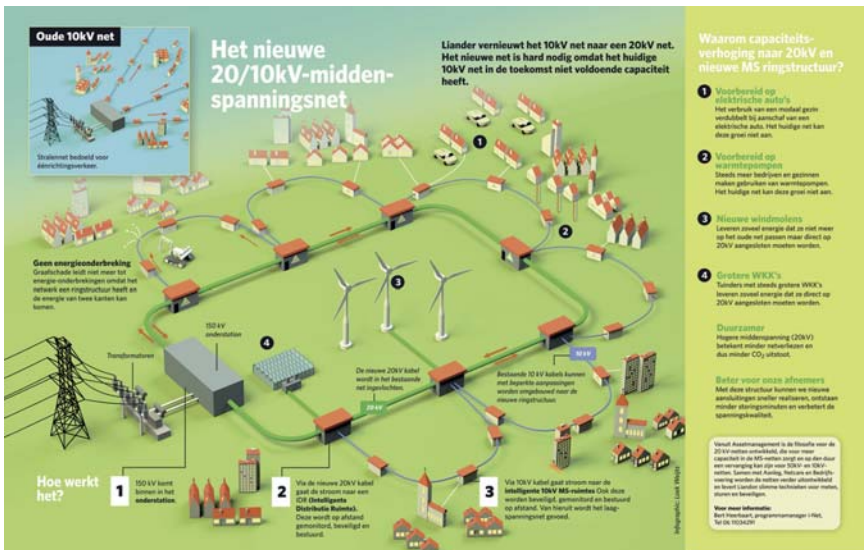
Een ander voorbeeld van interactie is de inschakelstroom van een motor, resulterend in een snelle variatie van de spanning. Uiteraard geldt dit voor elke stroomvariatie. Stroomvariaties veroorzaakt door lastoestellen, kopieermachines en andere toestellen hebben een variatie van de spanning tot gevolg. Deze spanningsvariatie heeft weer invloed op de kwaliteit van het verlichtingsniveau. Variaties in de spanning resulteren in variaties in het verlichtingsniveau en dit kan leiden tot flikkerproblemen. De grootte van deze problemen hangt weer samen

met de gebruikte lampen. Nieuwe ontwikkelingen op het gebied van de verlichtingstechniek beïnvloeden op deze manier ook weer de kwaliteitseisen die gesteld worden aan de spanning.

Hierbij speelt ook de netimpedantie weer een belangrijke rol. Diverse normen omvatten referentie-impedanties die gebruikt worden bij het testen van toestellen. Het belang van de netimpedantie wordt echter nog onderschat.

# Netten, installaties en toestellen

De ontwikkelingen met betrekking tot toestellen, installaties en netten gaan onverminderd door. Belangrijke drijfveren voor de veranderingen zijn de noodzakelijke verduurzaming van de energievoorziening, de noodzaak tot energiebesparing en technologische ontwikkelingen die leiden tot aanpassingen in bestaande toepassingen en ontwikkeling van nieuwe toepassingen.



Figuur 7

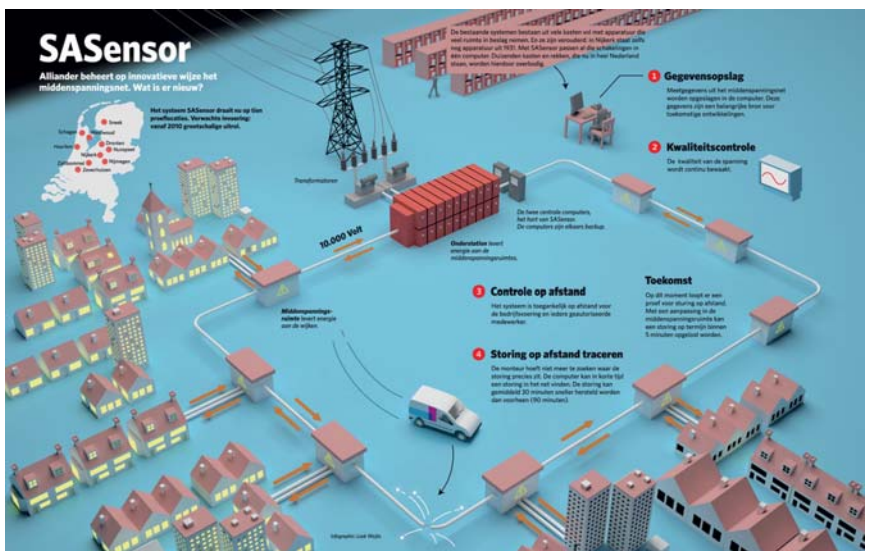
Nieuwe toepassingen aangesloten op een smart grid

De toepassing van decentrale opwekkers heb ik eerder genoemd, de toepassing van de elektrische auto en de warmtepompen eveneens. Interessant zijn ook de vernieuwingen in de lichttechnologie (o.a. ledverlichting) en de ontwikkelingen bij de aandrijving van motoren. Vermogenslektronica wordt in steeds meer toepassingen gebruikt om energie te besparen, te regelen en om te zetten naar de gewenste eenheden.

De toename in zowel belasting als decentrale opwekkers zullen een grotere flexibiliteit van de elektriciteitsnetten vergen. Vooral de grenzen van de diverse Power Quality-aspecten spelen hierbij in toenemende mate een belangrijke rol.

Daarnaast is er ook de ontwikkeling van de smart buildings, smart grids, smart meters en andere intelligente componenten die uiteindelijk leiden tot een optimalisering van de totale elektriciteitsvoorziening in de netten en de gebouwen.

In intelligente huishoudens is er naast de decentrale opwekkers plaats voor een managementsysteem, eventueel al gecombineerd met opslag, om te komen tot een optimale energiehuishouding. Belasting en opwekking kunnen naar behoefte van de gebruiker, de netbeheerder en/of een derde partij worden bij- of afgeschakeld. Voorgeprogrammeerde toestellen zoeken zelf de meest voor de hand liggende werktijden en de elektrische auto laadt thuis of op het werk op, afhankelijk van de secundaire arbeidsvoorwaarden. Resultaat is wel dat vele partijen in toenemende mate informatie uitwisselen. De netbeheerder heeft door de toename van onzekerheden meer informatie uit het net nodig. Datamanagement zal daarom ook een belangrijke rol gaan spelen in het beheer en de bedrijfsvoering van de laag- en middenspanningsnetten.



Figuur 8

Meer informatie en informatieverwerking, noodzaak voor LS- en MS-netten

Uiteraard beperkt deze technische ontwikkeling zich niet tot woonhuizen. Ook binnen de utiliteitsgebouwen en industriële complexen ontwikkelt de automatisering en optimalisatie van energietoepassingen zich verder. Informatietechnologie is in toenemende mate een belangrijke factor voor het optimaal functioneren van alle netten, installaties en toestellen.

Voor de netten is het noodzakelijk om te beseffen dat het gebruik van het 'derde netwerk', zoals dit telecommunicatienetwerk ook al wordt genoemd (naast het gas- en elektriciteitsnetwerk), vooral te gebruiken is voor optimalisatie. Wegvallen van dit netwerk zou niet moeten leiden tot uitval in andere netwerken. Hetzelfde geldt overigens voor alle installaties en componenten in de smart buildings en smart cities. De onderlinge afhankelijkheid en onderlinge interactie tussen componenten, tussen componenten en installaties en installaties en netten groeit en juist deze interactie bepaalt voor een groot deel het gezicht van dit vakgebied.

Nieuwe ontwikkelingen zijn het ontstaan van microgrids of Virtuele Power Plants (VPP's). Interessant vanuit het oogpunt van de kwaliteit van spanning en stroom. In hoeverre is er de noodzaak om dan dezelfde spanningskwaliteit aan te houden als bij het standaard elektriciteitsnet? In hoeverre beïnvloeden VPP's met het gezamenlijk uit- of inschakelen van belastingen en opwekkers de belasting van het net en beïnvloeden ze de spanningskenmerken? Zijn ze ook in staat aanvullende diensten te leveren voor de netbeheerder om de spanningskwaliteit te bevorderen? De antwoorden hierop zullen nog volgen, zij het niet in deze introreede.



# Meten van de kwaliteit

Door de toename van decentrale opwekking en de grotere onzekerheid van de belasting van de laag- en middenspanningsnetten is er een noodzaak om meer te meten in deze netten. Met de plaatsing van de 'intelligente meter' in elke aansluiting komt er al veel data beschikbaar. Daarnaast meten netbeheerders vaker in de middenspanningsruimte en op de onderstations. Hiermee komen grote hoeveelheden data beschikbaar, die zij moeten bewerken om er zinvolle applicaties van te kunnen maken. Als dit niet gebeurt, 'verzuipen' we alleen maar in veel gegevens.

Met goed datamanagement kunnen netbeheerders optimaal gebruik maken van alle beschikbare gegevens. Mogelijke applicaties zijn:

- Bewaken van de vermogensstromen in de netten
- Bewaken van de belasting van de kabels
- Bewaken van mogelijke diefstal van elektrische energie
- Meten van de kwaliteit van spanning en stroom
- Snellere foutlokalisatie
- Detecteren van komende sluitingen
- Bewaken van de kwaliteit van componenten
- Belasting- en opwekvermogen sturen



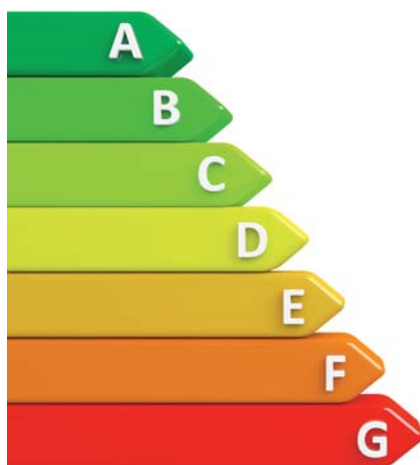
Figuur 9

Datamanagement om 'verzuipen' in data te voorkomen

Om al deze applicaties te realiseren, moeten wel de juiste parameters gemeten worden met de tijdsintervallen die nodig zijn. Voor sommige applicaties zijn er sampletijden nodig die in de kHz liggen en voor andere indicatoren zijn '10 minuten gemiddelde waarden' voldoende.

Ook de wijze waarop de data worden gepresenteerd, verschilt per toepassing. Voor een globale analyse van de kwaliteit, gemeten op de diverse onderstations kan een classificatie zoals weergegeven in figuur 5 prima voldoen. De netbeheerder kan hiermee een eerste indicatie krijgen over de kwaliteit van de voorziening. Aangesloten klanten zouden met een dergelijke classificatie een indruk kunnen krijgen van het kwaliteitsniveau van de spanning. Voor de toezichthouder kan een dergelijke classificatie ook bruikbaar zijn, eventueel aangevuld met een trendbewaking over de jaren heen.

Specifieke klanten willen wellicht meer informatie hebben over het aantal te verwachten dips, de dipdiepte en de tijdsduur die de dip gemiddeld duurt. Hiermee kunnen ze dan zelf hun proces optimaliseren.



Figuur 10

Kwaliteit van de elektriciteitsvoorziening moet inzichtelijk zijn

## Maatschappelijke relevantie

In het kader van deze introerede wil ik nogmaals de maatschappelijke relevantie van het onderwerp benadrukken. Iedereen is gebaat bij het goed functioneren van toestellen, installaties en in het algemeen van de elektriciteitsvoorziening. Dit geldt nu en in nog grotere mate in de toekomst. De betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening (niet te verwarren met de kwaliteit ervan) is daarom al enige jaren een belangrijk element voor de toezichthouder om de netbeheerder op te beoordelen. De kwaliteit van de spanning is zeker zo belangrijk als de beschikbaarheid ervan en zal in de komende jaren meer in detail worden beschreven. Ook zal de toezichthouder intensiever onderzoek doen naar de kwaliteit van de spanning en meer gegevens verzamelen over de huidige kwaliteit.



Figuur 11

Slechte kwaliteit van spanning en stroom kost veel geld

Dit betekent ook dat alle verantwoordelijkheden, zoals die er zijn bij de netbeheerder, de fabrikanten, de installateurs en de aangesloten klanten, duidelijker moet worden beschreven.

De kosten van onvoldoende kwaliteit van spanning en stroom zijn hoog en kosten de industrie jaarlijks veel geld. Dit betreft voornamelijk de gevoeligheid van de industrie voor spanningsdips en transiënten. De kosten voor harmonischen die een nadelige invloed hebben op de levensduur van de meeste installatieonderdelen zijn aanzienlijk, maar nog moeilijk in te schatten.

Kortom: Het is van belang om de komende decennia dit vakgebied verder te ontwikkelen en ik wil daaraan graag een bijdrage leveren.

# Onderwijs en onderzoek

De twee belangrijkste peilers van de innovatieve kracht van het bedrijfsleven en kern van de activiteiten op de universiteit zijn onderwijs en onderzoek. Het vakgebied van Power Quality biedt studenten een belangrijk fundament in het ontwerpen en bedrijven van elektrische installaties en netten. Het Power Quality Laboratorium is hierbij van onschatbare waarde en biedt studenten de mogelijkheid om zelf onderzoek te doen naar de vele facetten die samenhangen met de kwaliteit van spanning en stroom. Het lab omvat alle componenten die onderzoek op het gebied van Power Quality mogelijk maken, zoals een programmeerbare bron, programmeerbare belastingen, veel soorten meetapparatuur, decentrale opwekkers, nieuwe type belastingen, nieuwe type verlichting, netkabels en aansluitkabels, huisaansluitingen, beveiligingstoestellen, intelligente meters en vele andere attributen die dit lab transformeren in een belangrijke 'speeltuin' voor de toekomstige elektriciteitsvoorziening.



Figuur 12

Power Quality Lab van de Technische Universiteit Eindhoven

Naast het onderwijs is ook onderzoek van belang om te komen tot een beter inzicht en verdere ontwikkeling op dit vakgebied. Vooralsnog willen we met de volgende speerpunten hieraan bijdragen:

- De verdere ontwikkeling van een bouwwerk van normen en regelgeving, nodig om de belangen van alle partijen te wegen en te komen tot een maatschappelijk optimum voor de kwaliteit van spanning en stroom. Dit is een onderzoeksrichting die in Europees verband moeten worden bekeken.
- De modellering van alle onderdelen van de (toekomstige) elektriciteitsvoorziening, inclusief de componenten in een installatie, zoals de diverse decentrale opwekkers, bijzondere belastingen en toestellen en alle verbindende elementen als kabels en railkokersystemen.
- De invloed van decentrale opwekkers en bijzondere belastingen op het laag- en middenspanningsnet en de verwerking van de benodigde data om de netten optimaal te kunnen ontwerpen en voor een optimale bedrijfsvoering te kunnen zorgdragen.

# Dankwoord en afsluiting

Ter afsluiting wil ik u kort schetsen wat mij hier heeft gebracht en wat geleid heeft tot uiteindelijk de positie van deeltijdhoogleraar op deze universiteit. De eerste aanzet hiertoe is gegeven door mijn leraar op de basisschool die mij het advies gaf om de toen nog (en helaas nu niet meer) bestaande lts te gaan volgen. Met als motivatie naar mijn ouders ‘zijn handen werken beter dan zijn hersenen’. Naast de ambachtelijke werken als timmeren en metaalbewerken was ook elektrotechniek een van de basisvakken op de lts. Na een 10 voor een proefwerk elektriciteitsleer te hebben gehaald, waar vele anderen een onvoldoende hadden gescoord, was de keuze voor de elektrotechniek snel gemaakt. De docent elektrotechniek vond me, op voorwaarde dat ik wat harder ging werken, geschikt voor de T-stroom (de theoretische leerweg) die de opmaat was voor mijn vervolgstudies aan de mts en hts.

Daarna volgde diverse werkgevers zoals PGEM, Nuon, Nuon ENW, Continuon en Alliander. Niet dat ik echt wisselde van werkgever; de volgorde vertelt meer het verhaal van de ontwikkelingen van elektriciteits- en energiebedrijven. Kenmerk van al deze bedrijven was de variatie in activiteiten en de mogelijkheid die je werd gegeven om jezelf te ontplooien. Ik heb zo alle facetten van de elektriciteitsvoorziening ook in praktische zin beleefd.

Het idee van een mogelijke studie aan de technische universiteit had me ondertussen nooit losgelaten. In 1998 ben ik aan de deeltijdopleiding Elektrotechniek begonnen en ik heb deze in 2002 cum laude afgerond. Prof. Wil Kling was hierbij mijn afstudeerbegeleider en ook degene die mij voorstelde om met een promotieonderzoek te beginnen. Na afronding van dit promotieonderzoek in 2007 verzocht hij me om 1 dag in de week als deeltijd docent te blijven werken op de TU/e en in 2009 kwam een verzoek om dit 2 dagen in de week te doen.

Beste Wil, ik dank je zeer, niet alleen voor de gestelde vragen waar ik met alle plezier ‘ja’ op heb geantwoord, maar ook in het vertrouwen dat eruit spreekt en de wijze waarop je zelf ook betrokken bent met alles wat met onderwijs en onderzoek te maken heeft. Dat maakt een uitermate plezierige samenwerking mogelijk.

Naast alle technische en maatschappelijke ontwikkelingen in het vakgebied van Power Quality, zoals vooraf geschetst, heeft ook deze samenwerking en het onderlinge vertrouwen geleid tot het feit dat ik invulling kan geven aan de positie van deeltijdhoogleraar binnen jouw groep hier aan de universiteit.

Mijn hoofdwerkgever Alliander wil ik bedanken voor de financiële ondersteuning en ruimte die ze me hebben gegeven om mijn studie, mijn promotie, mijn werkzaamheden als universitair docent en nu dan als deeltijdhoogleraar mogelijk te maken. Uiteraard krijgt men er veel voor terug, zoals goed onderzoekswerk van afstudeerders, een groot netwerk en uitstekend opgeleide nieuwe werknemers. Maar niet elk bedrijf heeft oog voor een dergelijke win-winsituatie. Het zijn dan ook niet de organisaties die de mogelijkheden zien, de ruimte scheppen, de voorwaarden geven, etc.; het zijn de mensen binnen de organisatie om wie het uiteindelijk draait. Ik wil de directie van de diverse genoemde bedrijven dan ook bedanken voor de ruimte die ze me hebben gegeven om ervaringen op te doen, om me te laten leren en ontplooiën, zowel binnen de bedrijven als op de universiteit. In het bijzonder wil ik daarbij mijn huidige leidinggevende Anton Janssen bedanken voor zijn inzet en betrokkenheid. Hij maakt de invulling van deze positie mede mogelijk.

Daarnaast ben ik dank verschuldigd aan diegenen die (mede) het fundament van mijn leven vormen. Mijn kinderen Mandy, Debby en Davey; ieder hun weg gevonden van kind naar volwassenheid en op een manier waar ik trots op mag zijn en ben. De aangewaarde aanhang Collin, Daan en Mariska waar ik uiteraard geen invloed op heb kunnen uitoefenen maar met wie ik wel erg gelukkig ben. De kleinkinderen Noortje, Maya, Rosa en Indy die een bijzondere, nieuwe en fantastische fase in ons leven hebben ingeluid.

Ten slotte mijn vrouw Marja; woorden van dank schieten hier eigenlijk te kort. Wat te zeggen over iemand met wie je al 37 jaren lief en leed deelt, die de verantwoordelijkheid voor familie en gezin op zich neemt en je steun en toeverlaat is. Ik kan thuis een leerstoel bouwen en haar promoveren tot hoogleraar 'zorg en welzijn', maar voor hier en nu houd ik het bij "Ik hou van jou"!

Ik heb gezegd.





# Curriculum vitae

**Prof.dr.ir. (Sjef) Cobben is op 1 september 2011 benoemd tot deeltijdhoogleraar Power Quality aan de faculteit Electrical Engineering van de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e).**

Sjef Cobben (Nuth, 1956) studeerde in 2002 cum laude af in de Elektrotechniek aan de Technische Universiteit Eindhoven. In 2007 promoveerde hij aan dezelfde universiteit op een proefschrift met de titel Power Quality, Implications at the Point of Connection.

Sinds 1979 is hij werkzaam bij Alliander. Hij is bij de net-beheerder betrokken bij de veiligheid van aangesloten installaties, de veiligheid van de netten en de kwaliteit van de elektriciteitsvoorziening. Diverse toonaangevende projecten, zoals het Europese microgrid-project, zijn onder zijn leiding bij Alliander gerealiseerd.

Hij is lid van nationale en internationale commissies op het gebied van de kwaliteit van de elektriciteitsvoorziening en de veiligheid van installaties. Hij is auteur van diverse boeken op deze vakgebieden.

Hij is oprichter en directeur van CO-ED, een bedrijf dat zich ten doel stelt kennis te verspreiden op bovengenoemde vakgebieden.

Op 1 september 2011 is Cobben benoemd tot deeltijdhoogleraar Power Quality bij Electrical Energy Systems aan de faculteit Electrical Engineering van de TU/e. Zijn onderzoeksthema Power Quality betreft de kwaliteit van spanning en stroom en hun onderlinge interactie en is van belang voor smart grid-technologieën, inpassing van duurzame energiebronnen en compatibiliteit van toestellen, installaties en netten.

## Colofon

### Productie

Communicatie Expertise  
Centrum TU/e

### Fotografie cover

Rob Stork, Eindhoven

### Ontwerp

Grefo Prepress,  
Sint-Oedenrode

### Druk

Drukkerij Snep, Eindhoven

ISBN 978-90-386-3175-2  
NUR 959

Digitale versie:  
[www.tue.nl/bib/](http://www.tue.nl/bib/)

**Bezoekadres**

Den Dolech 2  
5612 AZ Eindhoven

**Postadres**

Postbus 513  
5600 MB Eindhoven

Tel. (040) 247 91 11  
[www.tue.nl](http://www.tue.nl)



Technische Universiteit  
**Eindhoven**  
University of Technology