

Spanningskwaliteit in Nederland,
resultaten 2010

VOORWOORD

Jaarlijks wordt door Netbeheer Nederland, Vereniging van Energienetbeheerders in Nederland, de spanningskwaliteit van de elektriciteitsnetten in Nederland gerapporteerd. In voorliggende rapporten worden de resultaten gepresenteerd van de spanningskwaliteitsmetingen in 2010 waarbij de volgende spanningsverschijnselen zijn beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie (leidend tot flicker), spanningsasymmetrie en harmonische spanningsvervorming. Tevens worden in het hoogspanningsnetvlak spanningsdips en transiënten geregistreerd.

Deze publicatie bestaat uit twee afzonderlijke rapporten, zijnde de rapportage van KEMA met daarin de resultaten van de metingen in de laag-, midden- en hoogspanningsnetvlakken (tot en met 150 kV). Het tweede rapport bevat de resultaten van de spanningskwaliteitsmetingen van de 220 en 380 kV hoogspanningsnetvlakken die door de landelijke netbeheerder TenneT zijn uitgevoerd en gerapporteerd. Voor eventuele vragen en/of opmerkingen kunt u contact opnemen met de auteurs.

Netvlak	LS	MS	HS	EHS
Spanningsniveau	$\leq 1 \text{ kV}$	$> 1 \text{ kV en } < 35 \text{ kV}$	$\geq 35 \text{ kV en } \leq 150 \text{ kV}$	220 en 380 kV
Coördinatie	Netbeheerder Nederland, Vereniging voor Energienetbeheerders in Nederland			
Opsteller rapportage	KEMA			TenneT
Opzet meetsysteem	Jaarlijks aselechte trekking van 60 aansluitpunten in beide netvlakken		Eenmalige (in 2004) aselechte trekking van 20 meetlocaties	Alle aansluitpunten (11 locaties)
Analyse meetdata	Per aansluitpunt wordt een weekmeting uitgevoerd en geëvalueerd		Per meetlocatie wordt continu gemeten Evaluatie per meetweek	
Evaluatie netvlak	Statistische uitspraak, meetresultaten worden per netvlak vertaald naar landelijke proporties, uitspraak met een betrouwbaarheid van 90%			100% uitspraak
Bewaakte spanningsverschijnselen (toetsing conform de Netcode)	- Langzame spanningsvariaties - Snelle spanningsvariaties (leidend tot flicker) - Spanningsasymmetrie - Harmonische spanningen (individueel en totale harmonische vervorming)			
Registratie (geen toetsingseisen beschikbaar)	Niet van toepassing		- Spanningsdips - Transiënten	

Karakterisering van meetsystemen op vier netvlakken in Nederlandse elektriciteitsnetten

74100116-ETD/SGO 11-0887

**Spanningskwaliteit in Nederland,
Resultaten 2010 (laag-, midden- en
hoogspanning t/m 150 kV)**

Arnhem, 28 april 2011

Auteurs J. den Boer, R. Houtepen, P.L.J. Hesen

In opdracht van Netbeheer Nederland

auteurs : J. den Boer	28-04-2011	beoordeeld : J. Knijp	28-04-2011
B 37 blz. 5 bijl.	HHa	goedgekeurd : H.E. Dijk	28-04-2011



© KEMA Nederland B.V., Arnhem, Nederland. Alle rechten voorbehouden.

Dit document bevat vertrouwelijke informatie. Overdracht van de informatie aan derden zonder schriftelijke toestemming van KEMA Nederland B.V. is verboden. Hetzelfde geldt voor het kopiëren (elektronische kopieën inbegrepen) van het document of een gedeelte daarvan.

Het is verboden om dit document op enige manier te wijzigen, het opsplitsen in delen daarbij inbegrepen. In geval van afwijkingen tussen een elektronische versie (bijv. een PDF bestand) en de originele door KEMA verstrekte papieren versie, prevaleert laatstgenoemde.

KEMA Nederland B.V. en/of de met haar gelieerde maatschappijen zijn niet aansprakelijk voor enige directe, indirecte, toekomstige of gevolgschade ontstaan door of bij het gebruik van de informatie of gegevens uit dit document, of door de onmogelijkheid die informatie of gegevens te gebruiken.

INHOUD

blz.

Samenvatting	4
1 Inleiding	6
2 Bewaakte Spanningsverschijnselen	8
2.1 Langzame spanningsvariatie	8
2.2 Snelle spanningsvariatie	9
2.3 Spanningsasymmetrie	9
2.4 Harmonische vervorming	10
2.5 Spanningsdip	10
3 Resultaten Spanningskwaliteit in 2010	11
3.1 Resultaten laagspanningsnetvlak	12
3.2 Resultaten middenspanningsnetvlak	13
3.3 Resultaten hoogspanningsnetvlak	13
3.4 Resultaten spanningsdips	13
4 Trendanalyse 1998 – 2010	15
5 Ontwikkelingen Power Quality Monitoring	20
Referenties	22
Bijlage A Figuren resultaten laagspanning PQM 2010	23
Bijlage B Figuren resultaten middenspanning PQM 2010	27
Bijlage C Figuren resultaten hoogspanning PQM 2010	30
Bijlage D Toelichting overschrijdingen 2010	33
Bijlage E Aantal metingen en afkeuringen door overschrijdingen 1998 – 2010	37

SAMENVATTING

Jaarlijks wordt door Netbeheer Nederland, Vereniging van Energienetbeheerders in Nederland, de spanningskwaliteit van de elektriciteitsnetten in Nederland gerapporteerd. In voorliggend rapport worden de resultaten gepresenteerd van de spanningskwaliteitsmetingen in 2010 waarbij de volgende spanningsverschijnselen zijn beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie (leidend tot flicker), spanningsasymmetrie en harmonische spanningsvervorming. Tevens worden in het hoogspanningsnet (50, 110 en 150 kV) spanningsdips en transiënten geregistreerd. Dit rapport komt in nauwe samenwerking met de Nederlandse netbeheerders tot stand en is bedoeld voor iedereen die geïnteresseerd is in de spanningskwaliteit van de Nederlandse elektriciteitsnetten.

Binnen het project PQM worden de landelijk uitgevoerde metingen getoetst aan de kwaliteitscriteria zoals vastgelegd in de Netcode [1] en NEN-EN 50160 [2]. In beide documenten zijn geen kwaliteitscriteria opgenomen voor spanningsdips en transiënten, waardoor dit rapport geen toetsing bevat betreffende deze spanningsverschijnselen. Op basis van de meetresultaten wordt per netvlak (laagspanning, middenspanning en hoogspanning tot en met 150 kV) een statistische uitspraak gedaan over de landelijke spanningskwaliteit.

In 2010 zijn in het laagspanningsnetvlak 60 bruikbare weekmetingen uitgevoerd. Bij 9 van deze weekmetingen is een overschrijding geconstateerd ten aanzien van snelle spanningsvariatie en asymmetrie (2 weekmetingen) en 15^e harmonische (7 weekmetingen).

De overschrijding van de snelle spanningsvariatie is mogelijk veroorzaakt door het in bedrijf nemen van de elektriciteitsnetten na een storing in het middenspanningsnetvlak waardoor de netspanning gedurende een aantal uren (3 tot 4) is weggevallen. Mogelijk zijn de hoge P_{it} -waarden veroorzaakt bij het in bedrijf nemen van de netten. In detail is niet meer te achterhalen wat er direct na het oplossen van de storing in het net bij deze klant is gebeurd.

De oorzaak van de overschrijdingen in de asymmetrie (95% en max) en de snelle spanningsvariatie P_{it} (95%) is niet achterhaald. Een hermeting op hetzelfde meetpunt toont aan dat de huidige spanningskwaliteit wel voldoet aan de Netcode.

De oorzaak van de overschrijdingen in de 15^e harmonische spanningen is tot dusver onbekend. In de stuurgroep PQM wordt momenteel nader onderzoek gedaan om de mogelijke oorzaken van de stijging van deze overschrijdingen te achterhalen.

Wanneer de resultaten van de metingen in het laagspanningsnetvlak statistisch vertaald worden naar landelijke proporties, kan met een betrouwbaarheid van 90% worden gesteld dat tussen de 75% en 92% van de klantaansluitingen in Nederland voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

In het middenspanningsnetvlak zijn 58 bruikbare weekmetingen uitgevoerd in 2010. Alle metingen hebben voldaan aan de criteria voor spanningskwaliteit. Met een betrouwbaarheid van 90% kan worden gesteld dat tussen de 94% en 100% van de klantaansluitingen in Nederland voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

In het hoogspanningsnetvlak is in 2010 op 20 vaste meetlocaties continu de spanningskwaliteit bewaakt. Tijdens deze continue metingen zijn geen overschrijdingen geconstateerd. Wanneer de resultaten statistisch vertaald worden naar landelijke proporties, kan met een betrouwbaarheid van 90% worden gesteld dat van de klantaansluitingen in het hoogspanningsnetvlak tussen 99% en 100% van alle weekmetingen in Nederland voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

1 INLEIDING

In opdracht van Netbeheer Nederland, Vereniging van Energienetbeheerders in Nederland, coördineert KEMA sinds 1996 het Power Quality Monitoring (PQM) project. Dit project geeft op basis van metingen inzicht in de spanningskwaliteit van de Nederlandse elektriciteitsnetten. De overheid stelt eisen aan de spanningskwaliteit; de toetsing wordt gedaan door de Energiekamer (onderdeel van de Nederlandse Mededingingsautoriteit, NMa). In de Netcode¹ [1] is bepaald dat de spanningskwaliteit moet voldoen aan een aantal minimale kwaliteitscriteria. Deze criteria zijn een verscherpte versie van de kwaliteitseisen uit de norm NEN-EN 50160 [2]. De landelijke spanningskwaliteit wordt gebaseerd op de uitgevoerde PQM-metingen en wordt jaarlijks gerapporteerd. Het rapport komt in samenwerking met de Nederlandse netbeheerders tot stand en is bedoeld voor iedereen die geïnteresseerd is in de spanningskwaliteit van de Nederlandse elektriciteitsnetten.

In voorliggend rapport worden de resultaten gepresenteerd van de spanningskwaliteit in Nederland in 2010. Dit rapport is de rapportage als bedoeld in artikel 6.1.4 van de Netcode. De uitgevoerde metingen zijn getoetst op de volgende verschijnselen: langzame spanningsvariaties, snelle spanningsvariaties (leidend tot flicker), spanningsasymmetrie en harmonische spanningen. Daarnaast worden in het hoogspanningsnetvlak (50 – 150 kV) spanningsdips en transiënten geregistreerd.

Binnen het PQM-project wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende netvlakken:

- Laagspanning: nominale spanning ≤ 1 kV
- Middenspanning: nominale spanning > 1 kV en < 35 kV
- Hoogspanning: nominale spanning ≥ 35 kV en ≤ 150 kV².

Zowel de betrouwbaarheid als de kwaliteit van de elektriciteitsvoorziening worden door de Nederlandse netbeheerders bewaakt. Het PQM-project richt zich op de spanningskwaliteit van de elektriciteitsvoorziening. De betrouwbaarheid (onvoorziene niet-beschikbaarheid) van de elektriciteitsnetten wordt door de netbeheerders gerapporteerd in de publicatie "Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland" [3] en valt buiten de scope van het PQM-project. De rapportage over de betrouwbaarheid verschijnt jaarlijks en wordt openbaar beschikbaar gesteld via de website van Netbeheer Nederland (www.netbeheernederland.nl).

¹ In de Netcode wordt gerefereerd naar de NEN-EN 50160:2000.

² De metingen in de 220 kV en 380 kV netten worden uitgevoerd en gerapporteerd door TenneT.

Voor het PQM-project vindt in zowel het laag- als middenspanningsnetvlak een aselechte trekking plaats van 60 aansluitpunten waarin in een vastgestelde maand gedurende één week Power Quality metingen dienen te worden uitgevoerd. In totaal worden de meetgegevens van minimaal 50 weekmetingen in zowel het laag- als middenspanningsnetvlak geanalyseerd en getoetst aan de eisen van de Netcode. In het hoogspanningsnetvlak (≥ 35 kV en ≤ 150 kV) wordt gebruik gemaakt van een continu meetsysteem op twintig meetlocaties, die in 2004 steekproefsgewijs zijn geselecteerd. De evaluatie van de metingen is per week. Op basis van de meetresultaten wordt een statistische uitspraak gedaan aangaande de spanningskwaliteit van de Nederlandse netvlakken, vertaald naar landelijke proporties.

Dit rapport richt zich op de presentatie van de meetresultaten en gaat slechts beperkt in op de praktische uitvoering en opzet van het PQM-project. Informatie over de steekproefmethode, de geldende kwaliteitscriteria en de berekening van de toetswaarden is vastgesteld in het Handboek Power Quality Monitoring [4] dat is opgesteld voor de betrokken netbeheerders.

Hoofdstuk 2 van dit rapport geeft een algemene uitleg over de spanningsverschijnselen in elektriciteitsnetwerken. In hoofdstuk 3 zijn de resultaten vermeld met betrekking tot de metingen van de spanningskwaliteit in 2010. Hoofdstuk 4 bevat een trendanalyse van de resultaten in het verleden. De relevante ontwikkelingen van het PQM-project zijn vermeld in hoofdstuk 5. In de bijlagen van dit rapport zijn de figuren opgenomen van de meetresultaten en de toelichting van de netbeheerders bij geregistreerde overschrijdingen.

2 BEWAAKTE SPANNINGSVERSCIJNSELEN

In dit hoofdstuk worden de spanningsverschijnselen die relevant zijn ten aanzien van de spanningskwaliteit nader toegelicht. Binnen het PQM-project worden vijf verschijnselen van de kwaliteit van de spanning beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie (leidend tot flicker), spanningsasymmetrie, harmonische spanningen en spanningsdips¹. Dit hoofdstuk geeft voor elk verschijnsel een beschrijving van mogelijke oorzaken, gevolgen en oplossingen bij een slechte kwaliteit. Dit hoofdstuk is informatief bedoeld en beoogt niet volledig te zijn. Voor een volledig overzicht van de geldende kwaliteitscriteria wordt verwezen naar de Netcode [1] in combinatie met de NEN-EN 50160 [2].

2.1 Langzame spanningsvariatie

Langzame spanningsvariatie wordt gedefinieerd als een daling of stijging van het spanningsniveau. In de Netcode zijn eisen gesteld aan de maximale afwijking van de spanning. Voor het laagspanningsnet is bijvoorbeeld vastgesteld dat de 10 minuten gemiddelde waarde van de spanning gedurende 95% van een week tussen 207 V en 253 V moet liggen. Wanneer de spanning zich buiten deze grenswaarden bevindt, kan dit leiden tot versnelde veroudering, storingen en, vooral in het geval van een spanningsstijging, beschadiging van elektrische apparaten. Langzame spanningsvariatie wordt veroorzaakt door wijzigingen in het totale belastingpatroon. Als er nieuwe afnemers op een elektriciteitskabel worden aangesloten, zal de spanning dalen. Wanneer deze daling te groot dreigt te worden, kan een netbeheerder maatregelen treffen. Bijvoorbeeld door het aanleggen van een extra kabel, of het aanpassen van het spanningsniveau in de nabijgelegen transformator. Een klant zelf kan ook maatregelen treffen, zoals het plaatsen van een spanningsstabilisator. Het gedrag van klanten kan overigens ook leiden tot een stijging van het spanningsniveau. Voorbeeld hiervan is het plaatsen van decentrale opwekeenheden zoals dieselgeneratoren, zonnepanelen en warmtekrachtkoppelingen.

¹ Sinds medio 2009 vindt tevens registratie van transiënten plaats. De Netcode en NEN-EN 50160 omvat geen eisen t.a.v. transiënten. Het rapporteren van transiënte verschijnselen dient nader te worden vastgelegd en zal volgend jaar onderdeel zijn van deze rapportage.

2.2 Snelle spanningsvariatie

Snelle spanningsvariatie kan leiden tot zogenaamde “flicker”. Flicker is een visueel verschijnsel dat veroorzaakt wordt door snelle veranderingen van de lichtintensiteit van elektrische lampen. Flicker leidt in principe niet tot schade aan apparatuur, maar kan wel zorgen voor irritatie bij mensen, bijvoorbeeld tijdens het lezen. De ernst van flicker wordt uitgedrukt in P_{lt} (long term flicker severity). Het lastige van evaluatie van het flicker-niveau is dat niet iedereen dezelfde irritatiegraad heeft. Om toch een grenswaarde te kunnen stellen, is internationaal vastgelegd bij welke frequentie en vorm van een spanningsverandering de flikkeringen van een 60 watt gloeilamp door de helft van de mensen wordt waargenomen. In dit geval spreekt men over een snelle spanningsvariatie van 1. Er is sprake van een overschrijding van de kwaliteitscriteria uit de Netcode, wanneer deze waarde gedurende meer dan 5% van een week wordt overschreden. Snelle spanningsvariaties kunnen veroorzaakt worden door het veelvuldig in- en uitschakelen van grote, lokale belastingen of door belastingen met een repeterend karakter. Voorbeelden zijn: lasapparatuur, pompen, zware (industriële) motoren, smeltovens en röntgenapparatuur. Vaak is een betere verdeling van storende belastingen over de fasen en/of kabels een kosteneffectieve oplossing van flicker problemen. Eventueel kan het schakelgedrag worden aangepast. Bij grotere gebruikers kan speciale compensatieapparatuur worden geplaatst.

2.3 Spanningsasymmetrie

We spreken over asymmetrie wanneer in een driefasen systeem de effectieve waarden van de fasespanningen en/of de fasehoeken niet aan elkaar gelijk of in onbalans zijn. In de Netcode worden eisen gesteld aan de maximale afwijking. Zo geldt voor het laag- en middenspanningsnet onder andere dat de inverse component van de spanning gedurende 95% van een week maximaal 2% van de normale component mag bedragen. In het hoogspanningsnet is deze eis aangescherpt naar maximaal 1% gedurende 99,9% van een week.

Door asymmetrie kunnen apparaten verstoord en beschadigd raken. Een ander belangrijk gevolg van asymmetrie is de opwarming van motoren, generatoren en kabels. Deze opwarming heeft energieverliezen tot gevolg, maar resulteert ook in levensduurverkorting. Een niet-symmetrische belasting is de veroorzaker van asymmetrie. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer één-fase belastingen (denk aan lampen, computers) niet goed over de verschillende fasen van een driefasen aansluiting worden verdeeld.

Asymmetrie kan worden opgelost door belastingen beter te verdelen over de fasen. Ook kan het plaatsen van een nulpunttransformator voor verbetering zorgen.

2.4 Harmonische vervorming

De spanning in Nederland heeft een frequentie van 50 Hz. Men spreekt over harmonische vervorming wanneer er in de spanning ook andere frequenties dan deze basisfrequentie aanwezig zijn. In de meeste gevallen gaat het hierbij om veelvoudenvan 50 Hz; de zogenaamde hogere harmonischen. Mogelijke gevolgen van harmonische vervorming zijn: extra energieverliezen, uitval van elektronische apparatuur en overbelasting van nulgeleiders. De Netcode stelt grenzen aan de totale harmonische vervorming. Een grenswaarde voor het laag- en middenspanningsnet (tot 35 kV) is 8% gedurende 95% van een week. Voor het hoogspanningsnet (tot 150 kV) geldt een strengere eis van maximaal 6% gedurende 95% van een week.

Harmonische vervorming wordt veroorzaakt door niet-lineaire belastingen. De belangrijkste bron van harmonische vervuiling is vermogenselektronica, zoals gelijkrichters van computers, televisies of besturingskasten van elektrische motoren. Ook spaarlampen, LED-/TL-verlichting en omvormers voor zonnepanelen kunnen hogere harmonischen in het elektriciteitsnetwerk veroorzaken. Er zijn verschillende methoden om harmonische vervuiling terug te dringen, zoals het toepassen van passieve filters voor een specifieke frequentie en actieve filters, die zich kunnen aanpassen aan de variatie van de harmonischen.

2.5 Spanningsdip

Vanaf 2005 worden binnen het PQM-project spanningsdips geregistreerd. Een spanningsdip is een korte (tijdelijke) en plotselinge daling van de spanning. De spanningsdaling moet minstens 10% bedragen. In het PQM-meetsysteem vindt registratie plaats ten opzichte van de op dat moment heersende spanning. In tegenstelling tot de eerder genoemde verschijnselen stellen de Netcode en NEN-EN 50160 geen eisen aan het verschijnsel spanningsdips. Door het kortstondig wegvallen van het gewenste spanningsniveau kan gevoelige elektronische apparatuur uitvallen. Het gaat hierbij onder andere om computers, frequentieomvormers en magneetschakelaars. Bij diepe dips kunnen motoren tot stilstand komen.

Spanningsdips worden voornamelijk veroorzaakt door kortsluitingen in het elektriciteitsnetwerk, bijvoorbeeld ontstaan door blikseminslag. Daarnaast kan het inschakelen van grote apparaten (belastingen), zoals transformatoren en industriële motoren, leiden tot spanningsdips. Er zijn verschillende mogelijkheden om spanningsdips te voorkomen of te overbruggen. Soft-starters kunnen bijvoorbeeld worden toegepast om te zorgen voor een geleidelijke inschakeling van een zware belasting. Aan de verbruikerskant kan eventueel een spanningsstabilisator of UPS-systeem (back-up voeding/ batterij) worden geïnstalleerd.

3 RESULTATEN SPANNINGSKWALITEIT IN 2010

Tabel 1 geeft een overzicht van de resultaten van PQM in 2010. Hierin is voor het laag-, midden- en hoogspanningsnetvlak aangegeven hoeveel weekmetingen gepland zijn en hoeveel metingen bruikbaar zijn in de analyse. In het hoogspanningsnetvlak wordt gebruik gemaakt van een continu meetsysteem op twintig meetlocaties, die in 2004 steekproefsgewijs zijn geselecteerd. Evaluatie van de resultaten vindt plaats per (meet)week. In totaal zijn voor het hoogspanningsnetvlak dus $20 \times 52 = 1040$ weekmetingen gepland.

Niet alle weekmetingen zijn bruikbaar. In het hoogspanningsnetvlak zijn in totaal de resultaten van 29 weekmetingen verwijderd uit de database, bijvoorbeeld vanwege geplande onderbrekingen (onderhoud) of storingen. In het middenspanningsnetvlak zijn 58 metingen bruikbaar voor analyse.

In tabel 1 is het aantal overschrijdingen van de eisen uit de Netcode aangegeven.

	Netvlak		
	Laagspanning	Middenspanning	Hoogspanning
Gepland aantal weekmetingen	60	60	1040
Bruikbaar	60	58	1011
Verkeerde maand	16	18	n.v.t.
Weekmeting verwijderd vanwege onderbreking of storing	n.v.t.	n.v.t.	29
Aantal afkeuringen door overschrijdingen:			
Langzame spanningsvariatie	-	-	-
Snelle spanningsvariatie (flicker P_{lt})	2 ¹⁾	-	-
Asymmetrie	2 ¹⁾	-	-
15 ^e harmonische	7	-	-
Weekmetingen met overschrijding	9	0	0

Tabel 1 Overzicht resultaten PQM 2010

Bijlage E geeft een overzicht van de geregistreerde overschrijdingen van 1999 tot en met 2010.

¹⁾ Drie overschrijdingen (2 overschrijdingen in asymmetrie en 1 overschrijding in snelle spanningsvariatie) volgen uit eenzelfde weekmeting

Verschijnselen in een net met een niet-normale bedrijfstoestand (bijvoorbeeld gedurende tijdelijke verstoringen of onderbrekingen) vallen buiten de beoordeling op basis van de Netcode. Binnen het PQM-project is besloten om alle overschrijdingen mee te nemen in de rapportage over de spanningskwaliteit in Nederland met uitzondering van overschrijdingen tijdens of veroorzaakt door onderbrekingen. Eventueel zal in de toelichtingen vermeld worden of er sprake is van een uitzonderlijke netsituatie/niet-normale bedrijfstoestand.

Zowel de Netcode als de NEN-EN 50160 geeft geen kwaliteitscriteria ten aanzien van spanningsdips. Dips kunnen geregistreerd worden door middel van jaarmetingen; de resultaten voor het hoogspanningsnetvlak in 2010 zijn vermeld in paragraaf 3.4.

Vanaf 2006 wordt een onderbouwde uitspraak ten aanzien van de spanningskwaliteit in de Nederlandse netten vertaald naar landelijke proporties. In deze statistische uitspraak wordt een interval gegenereerd [6], die betrekking heeft op het percentage aangeslotenen dat in een netvlak aan de gestelde kwaliteitseisen voldoet. In lijn met het steekproefstelsel zoals gehanteerd tot en met 2005, is de betrouwbaarheid van de uitspraak 90%.

3.1 Resultaten laagspanningsnetvlak

In 60 geanalyseerde weekmetingen van 2010 zijn tijdens negen weekmetingen overschrijdingen geconstateerd. Tijdens één weekmeting zijn overschrijdingen geconstateerd in de asymmetrie (95% en maximaal) en in de snelle spanningsvariatie (flicker P_{It}). Daarnaast is tijdens een andere weekmeting de grenswaarde van de snelle spanningsvariatie overschreden. In 2010 is tijdens zeven weekmetingen de grenswaarde van de 15^e harmonische spanning overschreden.

De oorzaak van de overschrijding in de asymmetrie en de snelle spanningsvariatie is niet achterhaald. Een hermeting op hetzelfde meetpunt toont aan dat de huidige spanningskwaliteit wel voldoet aan de Netcode.

De overschrijding van de snelle spanningsvariatie is veroorzaakt door een storing in het middenspanningsnetvlak waardoor de netspanning gedurende een aantal uren (3 tot 4) is weggevallen. Mogelijk zijn de hoge P_{It} -waardes veroorzaakt bij het in bedrijf nemen van de netten. In detail is niet meer te achterhalen wat er direct na het oplossen van de storing in het net bij deze klant is gebeurd.

De oorzaak van de zeven overschrijdingen van de 15^e harmonische is tot dusver onbekend. In de stuurgroep PQM wordt momenteel nader onderzoek gedaan om de mogelijke oorzaken van de stijging van deze overschrijdingen te achterhalen.

Met een betrouwbaarheid van 90% kan worden gesteld dat in 2010 in het laagspanningsnetvlak tussen de 75% en 92% van de klantaansluitingen in Nederland voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

3.2 Resultaten middenspanningsnetvlak

In de 58 geanalyseerde weekmetingen van 2010 zijn er geen overschrijdingen geconstateerd in het middenspanningsnetvlak. Er kan met een betrouwbaarheid van 90% worden gesteld dat in 2010 in het middenspanningsnetvlak tussen de 94% en 100% van de klantaansluitingen in Nederland voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

3.3 Resultaten hoogspanningsnetvlak

In het hoogspanningsnetvlak wordt continu gemeten op 20 locaties. Voor 2010 zijn 1011 meetweken geanalyseerd, waarin geen overschrijdingen zijn geconstateerd. Met een betrouwbaarheid van 90% kan worden gesteld dat van de klantaansluitingen in het hoogspanningsnetvlak tussen 99% en 100% van alle weekmetingen in Nederland voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

3.4 Resultaten spanningsdips

Om inzicht te krijgen in het verschijnsel spanningsdip worden de resultaten van de dipregistratie weergegeven in een tabel conform de norm NEN-EN 50160. Sinds 2010 bevat deze norm een diptabel. Voorheen is de diptabel opgesteld zoals is vastgesteld binnen PREGO onderzoek [5].

In de tabel zijn de spanningsdips verdeeld over twintig diptypen; elk met een eigen restspanning en duur. Tabel 2 geeft het resultaat van de tabel voor spanningsdips in 2010.

Per diptype worden vier indicatoren gerapporteerd:

- Indicator 1 (linksboven): het gemiddelde aantal spanningsdips over alle meetlocaties
- Indicator 2 (rechtsboven): het hoogste aantal geregistreerde spanningsdips op één en dezelfde meetlocatie
- Indicator 3 (linksonder): het totale aantal geregistreerde spanningsdips op alle meetlocaties
- Indicator 4 (rechtsonder): het aantal meetlocaties waarbij het diptype is geregistreerd.

Dips met een restspanning lager dan 5% worden volgens de NEN-EN 50160 [2] aangemerkt als onderbreking.

Restspanning u (%)	Duur t (ms)							
	$10 \leq t \leq 200$		$200 \leq t \leq 500$		$500 \leq t \leq 1\,000$		$1\,000 \leq t \leq 5\,000$	
$90 > u \geq 80$	4,0	15	0.3	1	0.4	3	0.1	1
	80	18	6	6	8	5	1	1
$80 > u \geq 70$	1,3	8	0.3	2	0.2	1	0,0	0
	26	12	6	5	3	3	0	0
$70 > u \geq 40$	0.9	3	0.1	1	0,0	0	0,0	0
	18	11	1	1	0	0	0	0
$40 > u \geq 5$	0.7	5	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	13	3	0	0	0	0	0	0
$5 > u$	0.3	2	0,0	0	0.1	1	0.9	10
	6	3	0	0	1	1	17	3

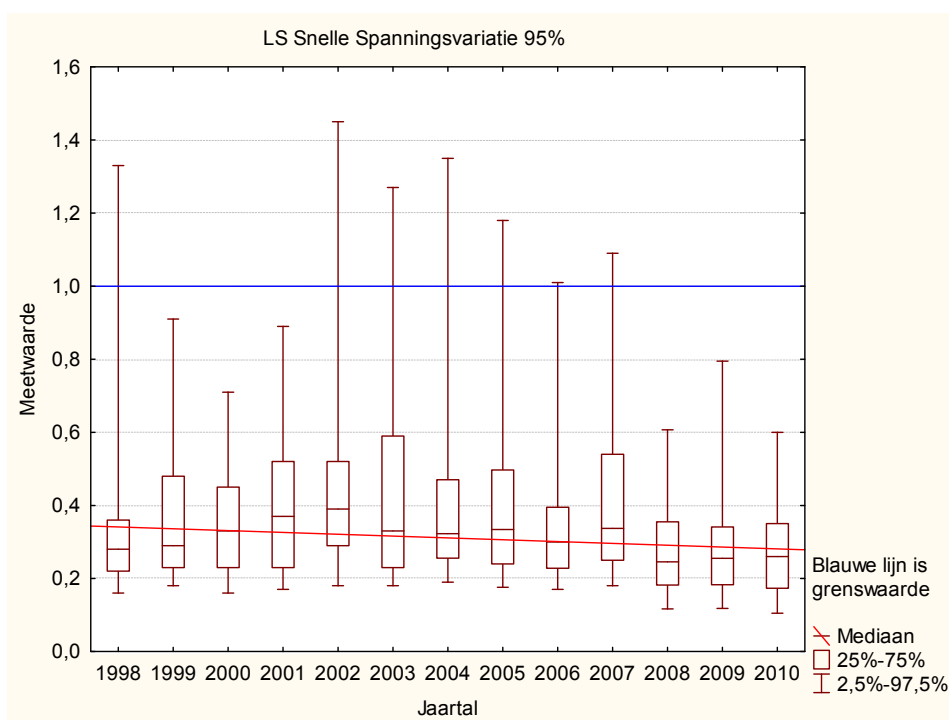
Ter verduidelijking een toelichting van de indicatoren van spanningsdips met een duur van 10 tot 200 ms en een restspanning van 80% tot 90%. In 2010 is dit type spanningsdip gemiddeld 4,0 keer per meetlocatie voorgekomen. Het hoogste aantal spanningsdips op één meetlocatie bedraagt 15. In totaal is dit diptype 80 maal geregistreerd, op 18 verschillende meetlocaties.

Tabel 2 Registratie spanningsdips in 2010 conform tabel NEN-EN 50160

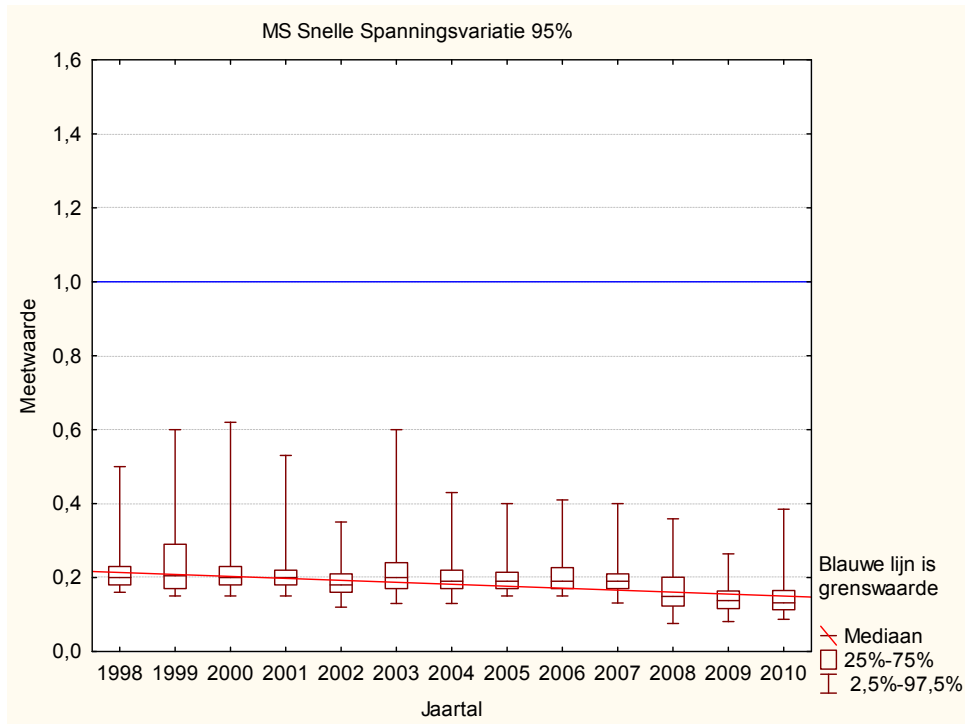
4 TRENDANALYSE 1998 – 2010

Als basis voor de rapportage over de spanningskwaliteit in Nederland worden de resultaten gepresenteerd van de uitgevoerde metingen in een specifiek jaar. Hierbij wordt per netvlak (laag-, midden- en hoogspanning tot en met 150 kV) een statistische uitspraak gedaan over de landelijke spanningskwaliteit.

Naast de jaarlijkse rapportage is het mogelijk een trendanalyse te maken van dertien jaar meetdata. De volgende verschijnselen worden beschouwd: snelle spanningsvariatie, asymmetrie en totale harmonische vervorming. In het hoogspanningsnetvlak is de meetdata van de afgelopen zes jaar beschouwd, aangezien sinds 2005 continue registratie plaatsvindt op twintig locaties. In de trendanalyse zijn de resultaten verwerkt van de meetdata zoals geregistreerd gedurende 95% van de (meet)week. De resultaten van de jaren 1998 tot en met 2010 zijn samengevoegd in zogenaamde boxplots, waarbij de “uitschieters” (de laagste 2,5% en hoogste 2,5%) niet worden weergegeven. Met een blauwe lijn is de grenswaarde van de Netcode aangegeven.



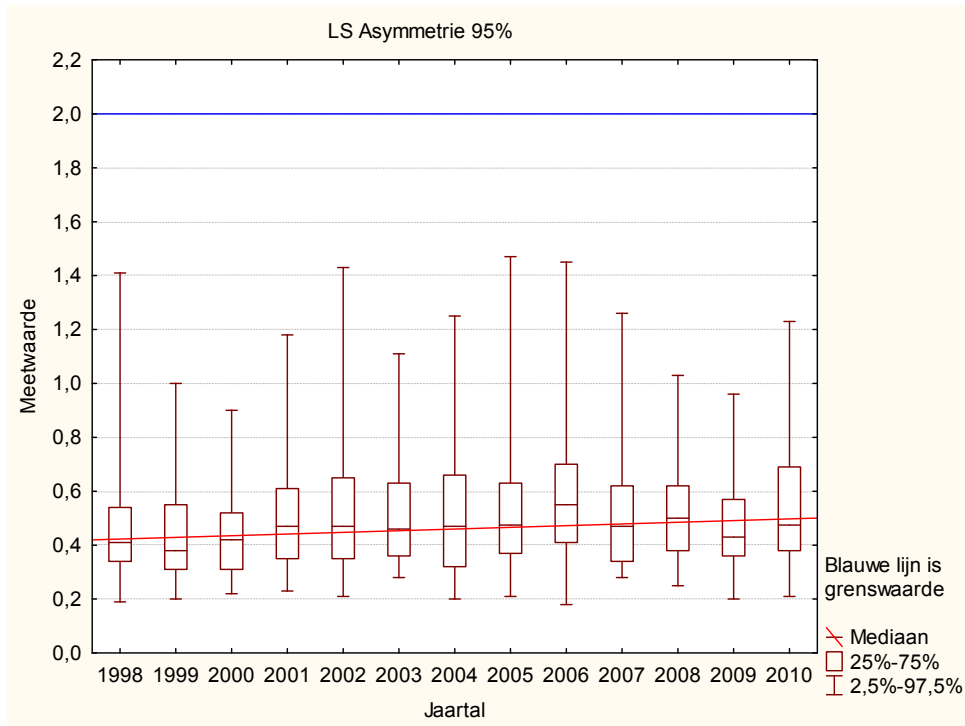
Figuur 1: Trendanalyse snelle spanningsvariatie LS-netvlak



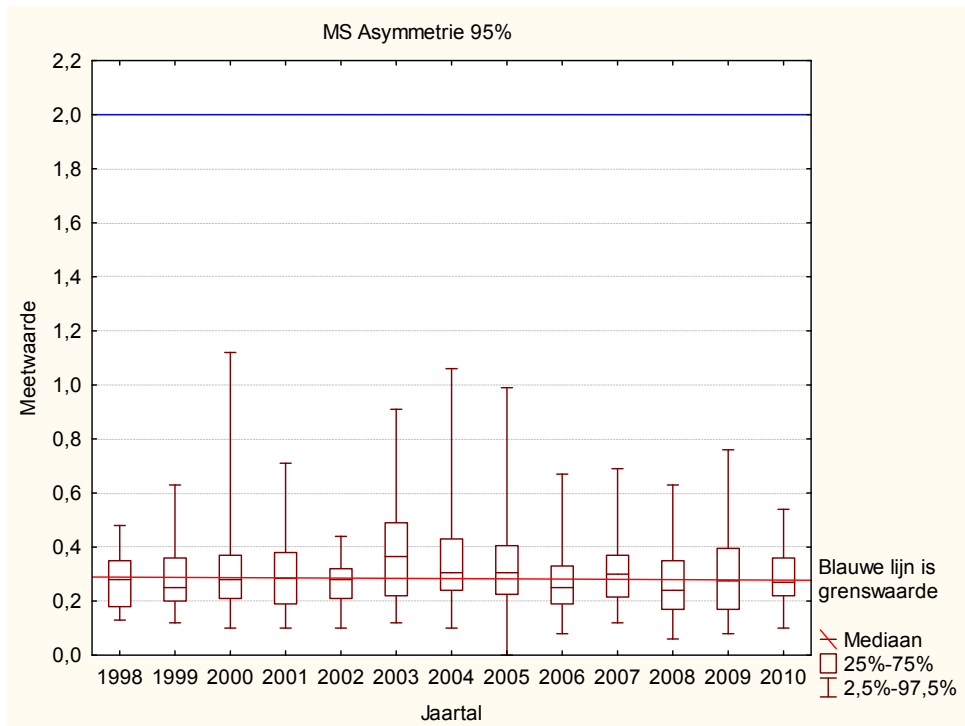
Figuur 2: Trendanalyse snelle spanningsvariatie MS-netvlak



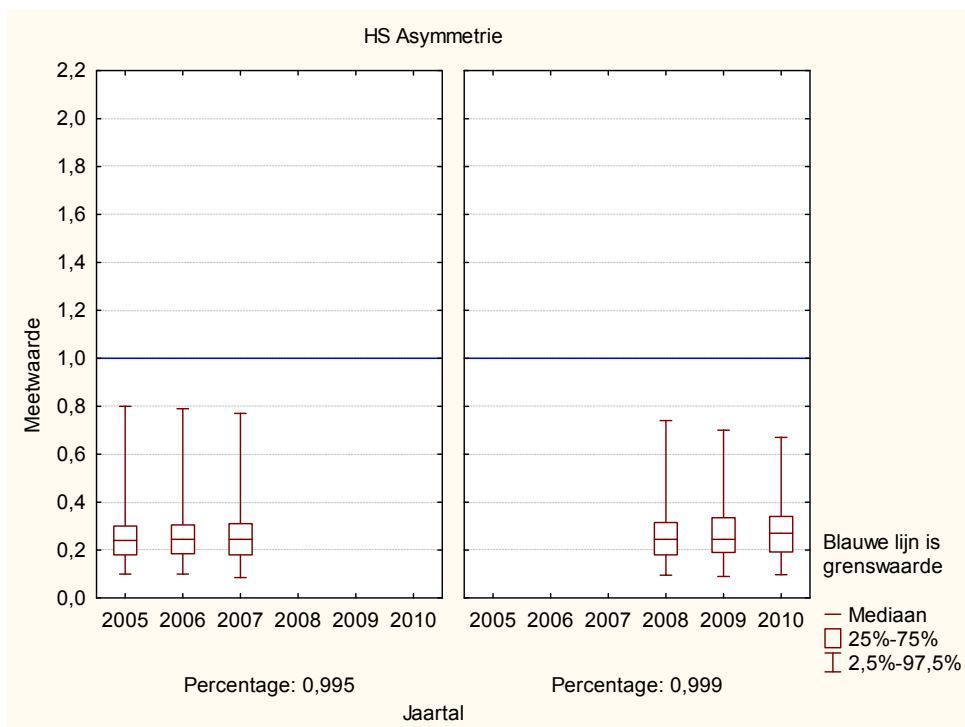
Figuur 3: Trendanalyse snelle spanningsvariatie HS-netvlak



Figuur 4: Trendanalyse spanningsasymmetrie LS-netvlak

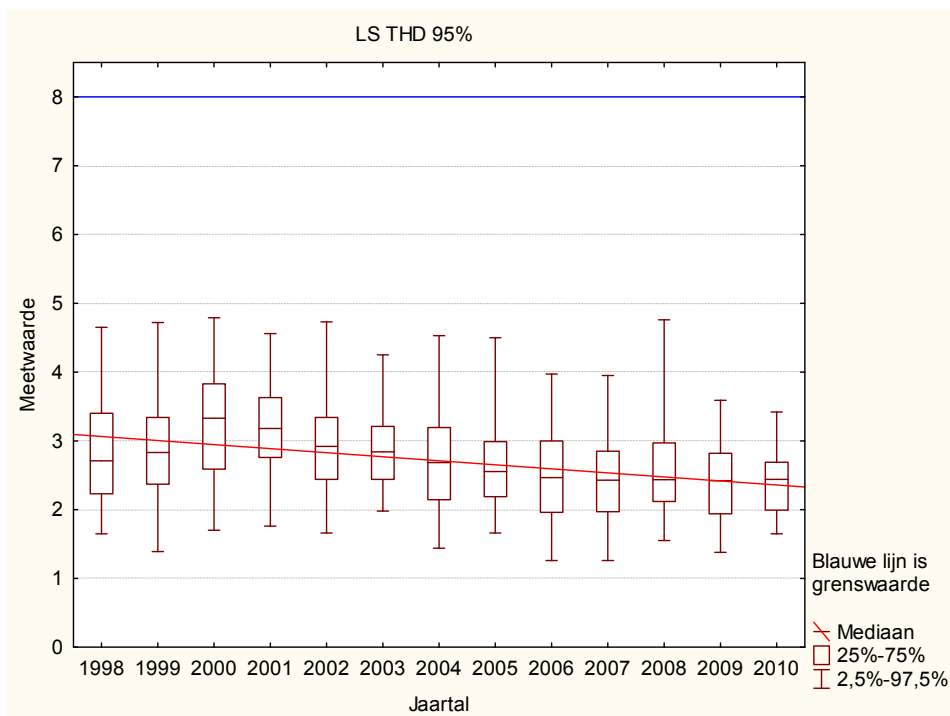


Figuur 5: Trendanalyse spanningsasymmetrie MS-netvlak

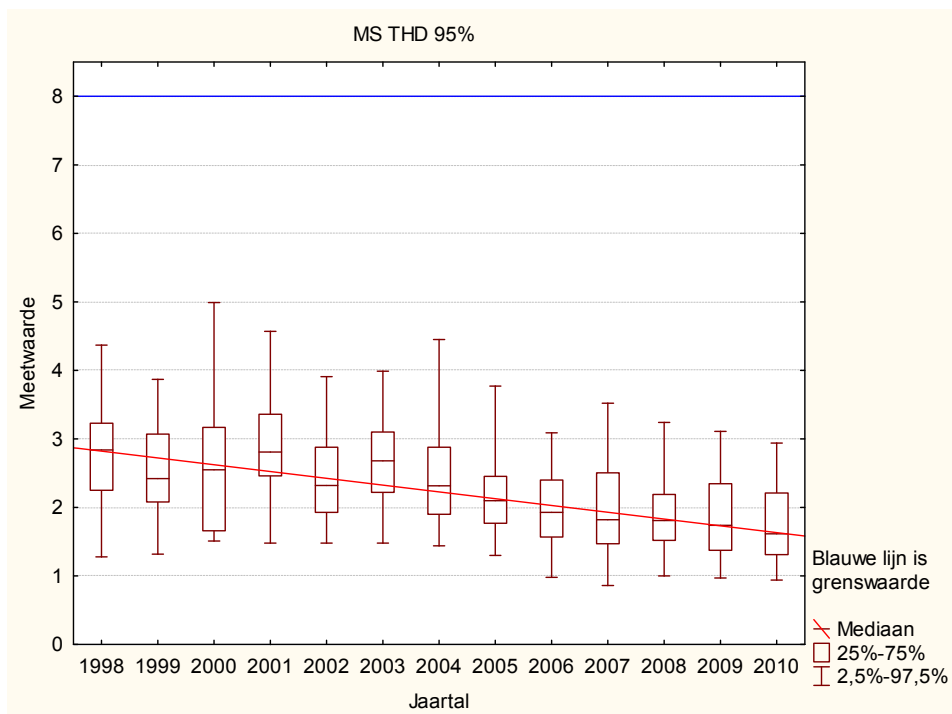


Opmerking: tot en met 2007 is de grenswaarde vastgesteld op basis van 99,5 % van de meetdata gedurende één (meet)week. Sinds 2008 is dit aangescherpt tot 99,9%

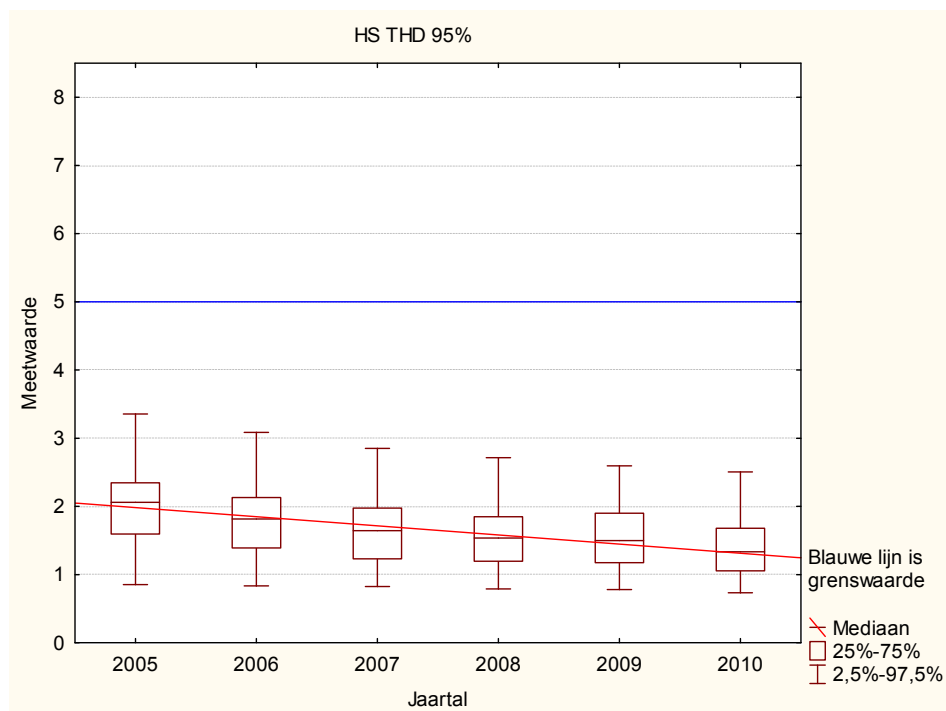
Figuur 6: Trendanalyse spanningsasymmetrie HS-netvlak



Figuur 7: Trendanalyse totale harmonische vervorming LS-netvlak



Figuur 8: Trendanalyse totale harmonische vervorming MS-netvlak



Figuur 9: Trendanalyse totale harmonische vervorming HS-netvlak

5 ONTWIKKELINGEN POWER QUALITY MONITORING

De Nederlandse netbeheerders bewaken al vele jaren de spanningskwaliteit van hun elektriciteitsnet. Ze zijn hier grotendeels op eigen initiatief mee begonnen. In het PQM-project zijn verschillende wijzigingen doorgevoerd, waarmee werd ingespeeld op ontwikkelingen in de (Europese) regelgeving en de maatschappij. Tabel 3 geeft een overzicht van de relevante ontwikkelingen.

circa 1989	– Diverse Nederlandse netbeheerders bewaken de 5e en 11e harmonischen in hun elektriciteitsnetten.
1994	– In het kader van het Meerjarenprogramma Studie en Onderzoek van Netbeheer Nederland (voorheen: EnergieNed) wordt gestart met het ontwikkelen van een meetsysteem voor het bewaken van de netspanning in de Nederlandse elektriciteitsnetten.
1995	– Het Nederlands Elektrotechnisch Comité aanvaardt de EN 50160 als Nederlandse norm en noemt het: NEN-EN 50160: Spanningskarakteristieken in openbare elektriciteitsnetten.
1996	– Het ontwikkelde meetsysteem wordt binnen het pilot-project Power Quality Monitoring (PQM) uitgerold. Dit project toetst volgens criteria uit de norm NEN-EN 50160. De volgende spanningsverschijnselen worden statistisch bewaakt: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie, spanningsasymmetrie en harmonische spanningen. PQM richt zich op drie netvlakken: laag-, midden- en hoogspanning (50 – 150 kV). Per netvlak wordt op minimaal 50 locaties gedurende één week de spanningskwaliteit geregistreerd.
1997	– Het pilot-project is succesvol verlopen en de netbeheerders besluiten per 1998 over te gaan op een jaarlijks terugkerend landelijk PQM-project. – De rapportage Spanningskwaliteit in Nederland wordt voor het eerst uitgebracht.
1999	– Er wordt een handleiding uitgebracht, die betrokkenen meer inzicht geeft in de achtergrond, opzet en praktische uitvoering van het PQM-project.
2000	– In het kader van de Elektriciteitswet 1998 wordt de Netcode uitgebracht. Deze nationale standaard bepaalt dat de kwaliteit van de geleverde transportdienst moet voldoen aan de eisen uit de NEN-EN 50160.
2002	– Er verschijnt een nieuwe versie van de Netcode die een verdere aanscherping en aanvulling bevat van de kwaliteitscriteria uit de NEN-EN 50160.
2003 (vervolg)	– In opdracht van het ministerie van Economische Zaken wordt binnen het programma Elektriciteitsnetwerk Gebruikers Onderzoek (PREGO) een meet-systeem ontworpen dat de spanningskwaliteit in het hoogspanningsnet continu bewaakt.

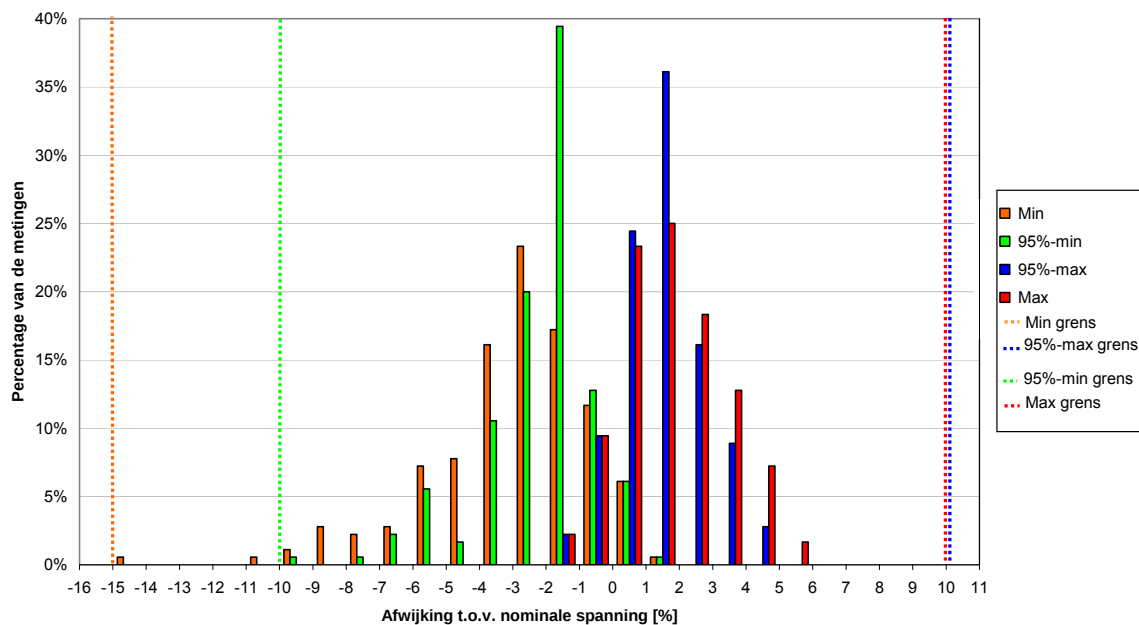
	– De NMA besluit dat de spanningskwaliteit van hoogspanningsnetten dient te worden bewaakt. Tot 2003 was er nog geen verplichting. – De NMA scherpt de kwaliteitscriteria met betrekking tot HS-netten in de Netcode nogmaals aan.
2004	– Het continue meetsysteem wordt bij twintig aselekt getrokken HS meetlocaties geïnstalleerd en is vanaf eind 2004 volledig operationeel. Met het continue meetsysteem worden in Nederland voor het eerst structureel spanningsdips geregistreerd.
2005	– In opdracht van het ministerie van Economische Zaken wordt binnen het programma Elektriciteitsnetwerk Gebruikers Onderzoek (PREGO) een verbeterde rapportagevorm voor de PQM-resultaten ontwikkeld en toegepast.
2007	– Het Handboek Power Quality Monitoring wordt uitgebracht en zal voortaan jaarlijks worden bijgewerkt. Dit document is een uitgebreide versie van de handleiding uit 1999. – Introductie van vertalingen van de steekproefgewijze metingen naar landelijke proporties.
2008	– De steekproeftrekking voor de LS- en MS-metingen wordt vanaf 2008 gebaseerd op EAN-codes in plaats van postcodes met als doel een betere afspiegeling te krijgen van de “gemiddelde klantaansluiting”. – De netbeheerders maken vanaf 2008 voor de PQM-metingen in het LS- en MS-netvlak gebruik van een klasse A meetinstrument, conform IEC 61000-4-30.
2009	– Vanaf medio 2009 is gestart met het registreren van transiënten in het hoogspanningsnetvlak.
2010	– De nieuwe versie van de norm NEN-EN 50160 bevat een diptabel voor het rapporteren van spanningsdips. De diptabel in de PQM rapportage is hierop aangepast. In aanvulling op deze tabel zijn de (vier) indicatoren volgens de PREGO methodiek echter gehandhaafd.

Tabel 3 Ontwikkelingen PQM

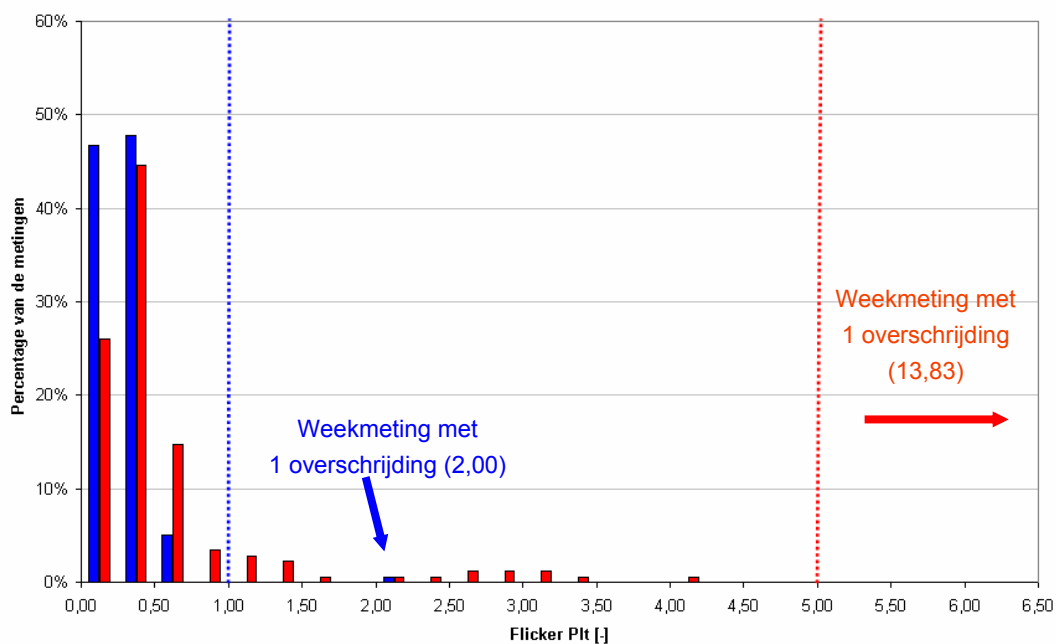
REFERENTIES

- [1] De Energiekamer (www.energiekamer.nl), Netcode elektriciteit, 16 februari 2011.
- [2] Norm NEN-EN 50160, Spanningskarakteristieken in openbare elektriciteitsnetten, augustus 2010
- [3] Rapport KEMA in opdracht van Netbeheer Nederland, Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland in 2010, kenmerk 74100129-ETD/SGO 11-0741 (in bewerking).
- [4] Rapport KEMA, Handboek Power Quality Monitoring 2009-2010, kenmerk 30913199-Consulting 09-1717 versie A, P.L.J. Heslen, 31 augustus 2009
- [5] PREGO 21 "Grenzen aan spanningsdips", 1 februari 2005

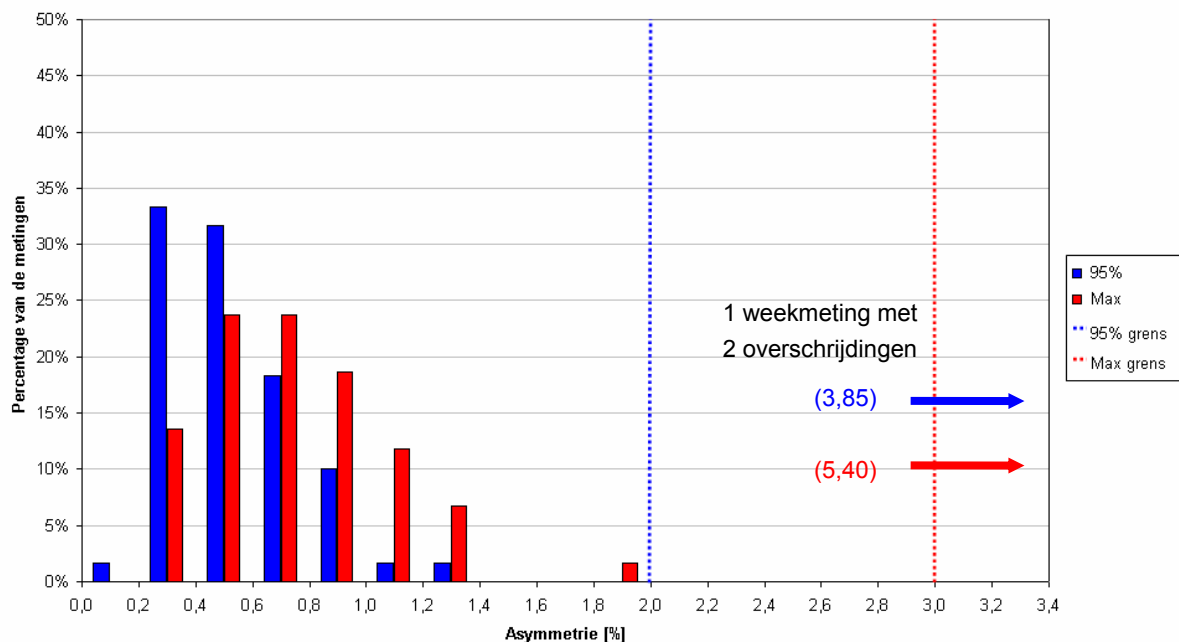
BIJLAGE A FIGUREN RESULTATEN LAAGSPANNING PQM 2010



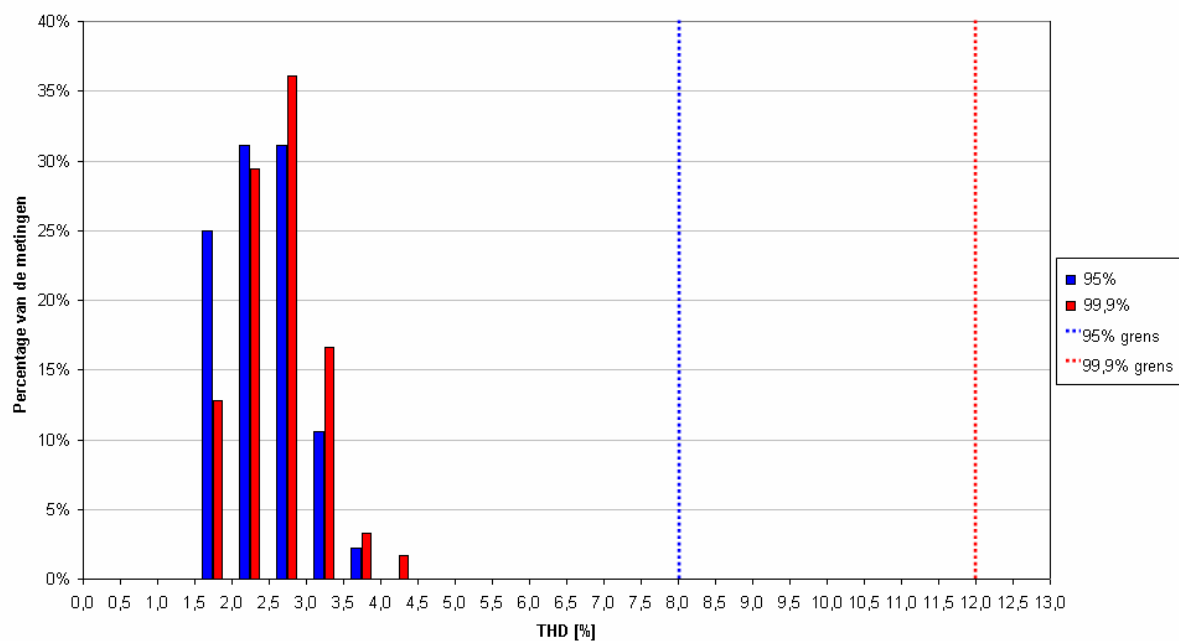
Figuur A1 Langzame spanningsvariatie in laagspanningsnetten



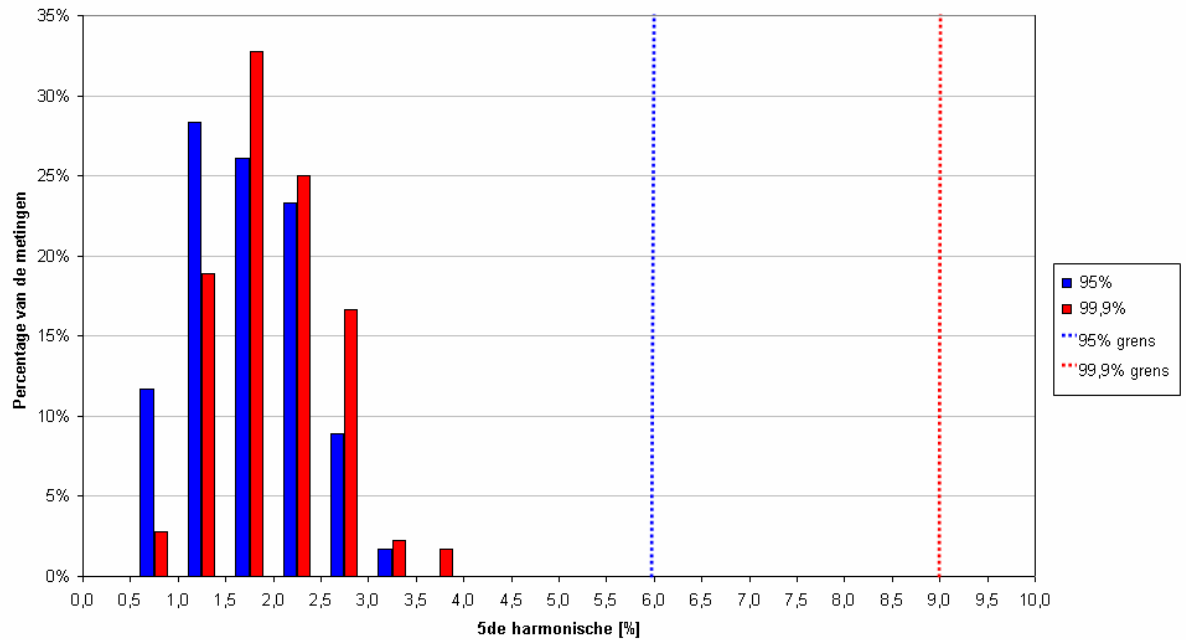
Figuur A2 Snelle spanningsvariatie in laagspanningsnetten



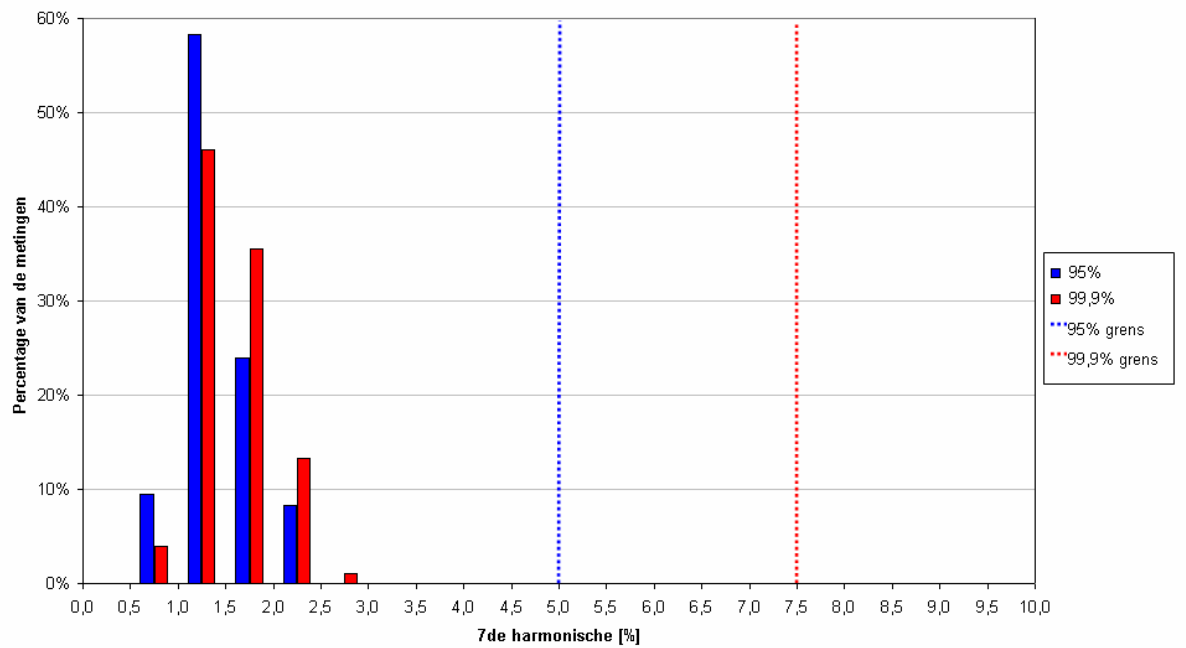
Figuur A3 Asymmetrie in laagspanningsnetten



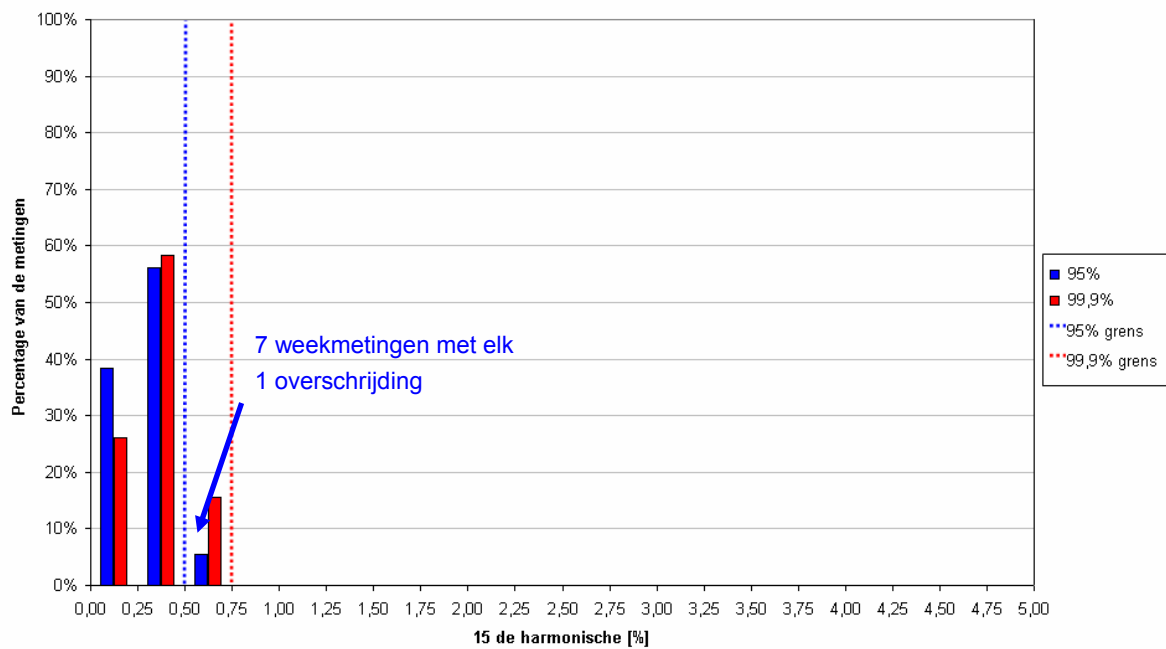
Figuur A4 Totale harmonische vervorming in laagspanningsnetten



Figuur A5 Vijfde harmonische in laagspanningsnetten

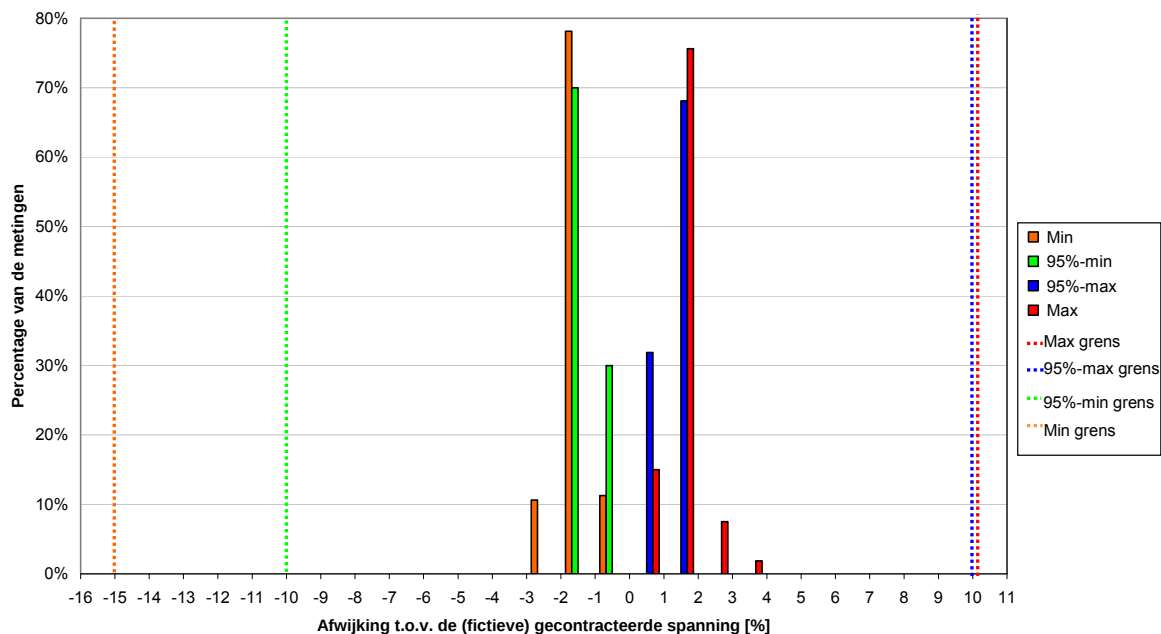


Figuur A6 Zevende harmonische in laagspanningsnetten

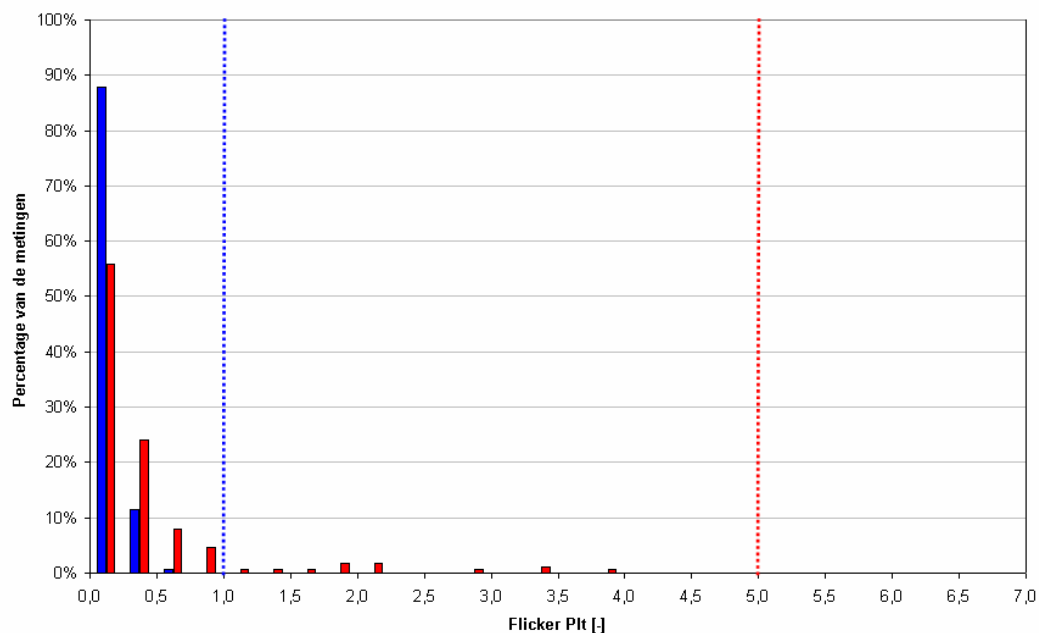


Figuur A7 Vijftiende harmonische in laagspanningsnetten

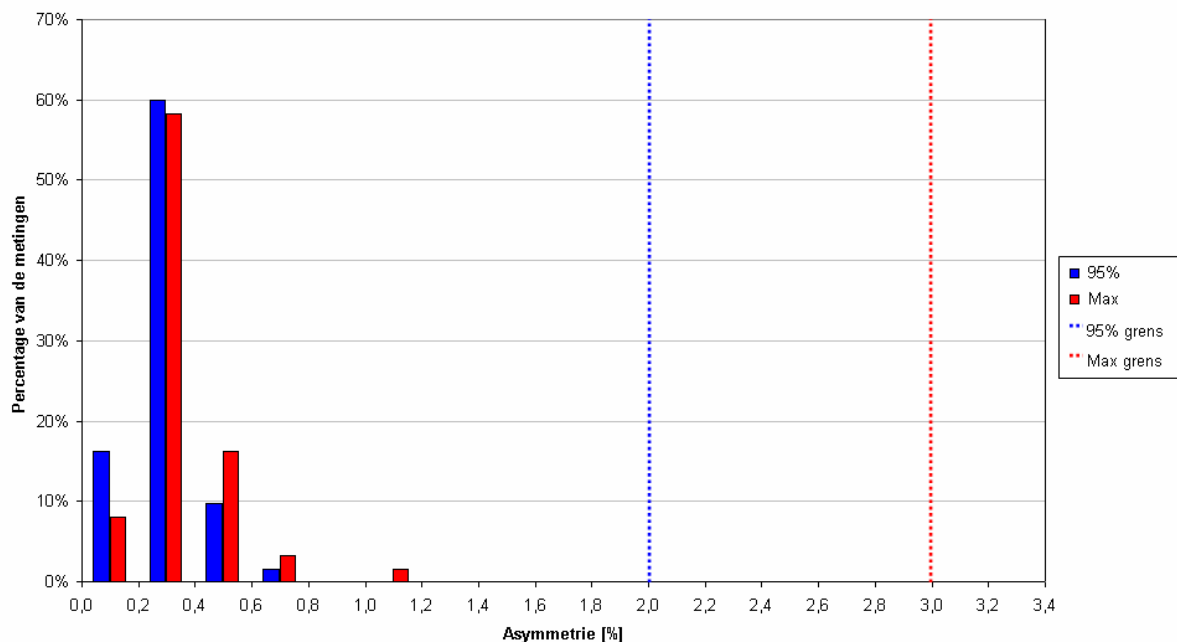
BIJLAGE B FIGUREN RESULTATEN MIDDENSPPANNING PQM 2010



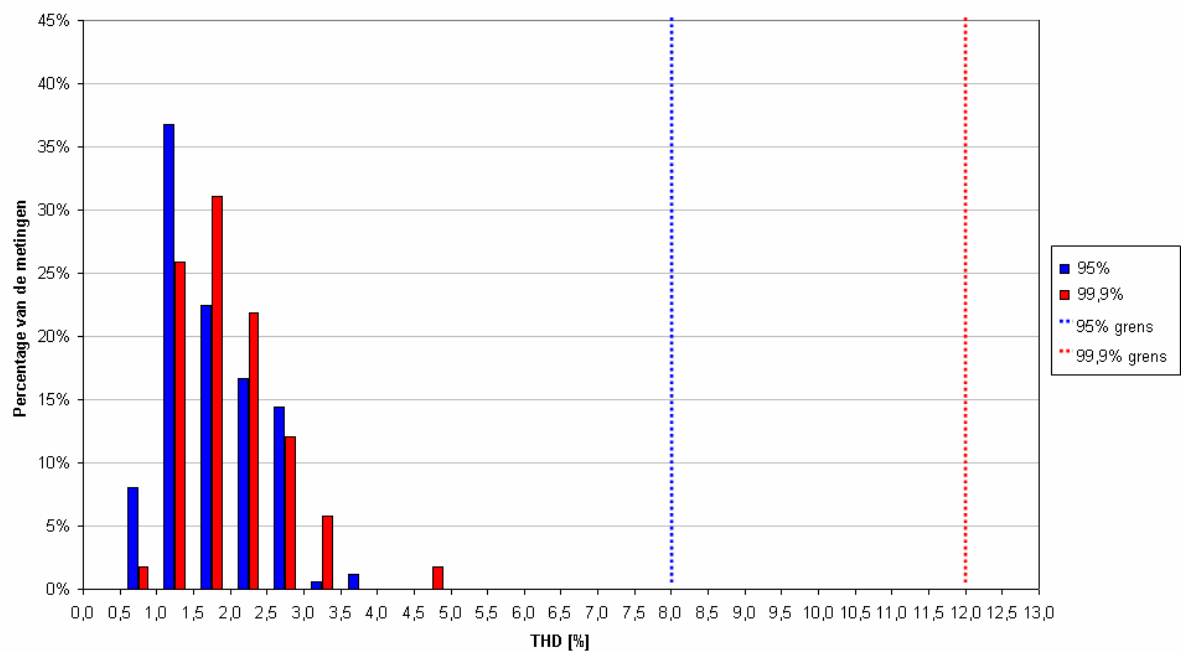
Figuur B1 Langzame spanningsvariatie in middenspanningsnetten



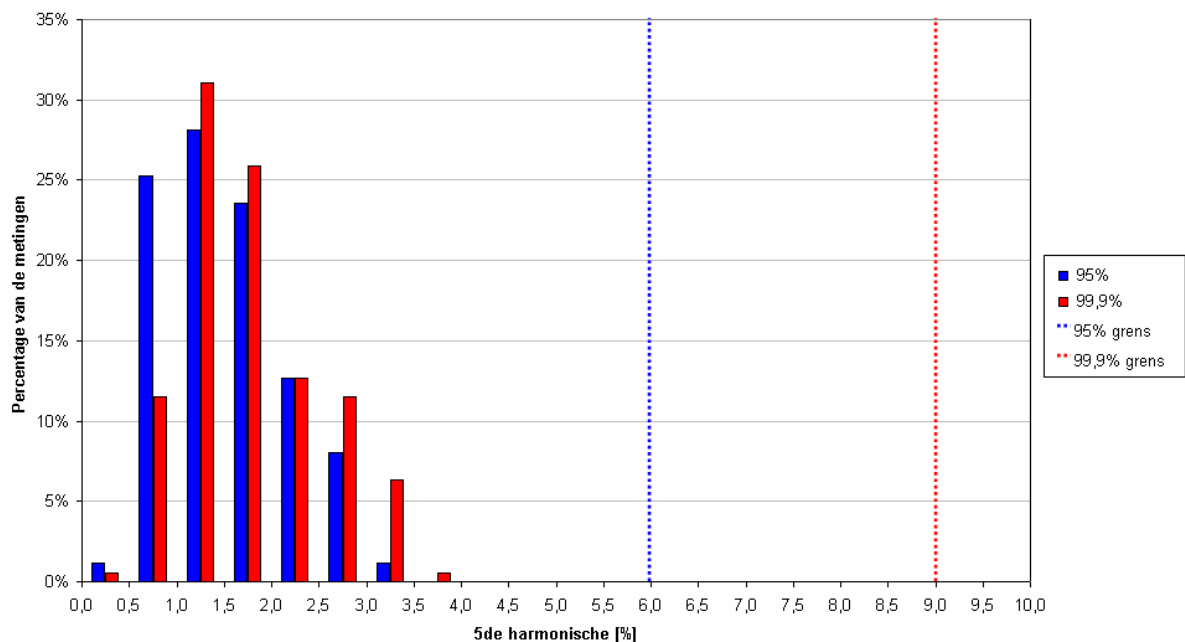
Figuur B2 Snelle spanningsvariatie in middenspanningsnetten



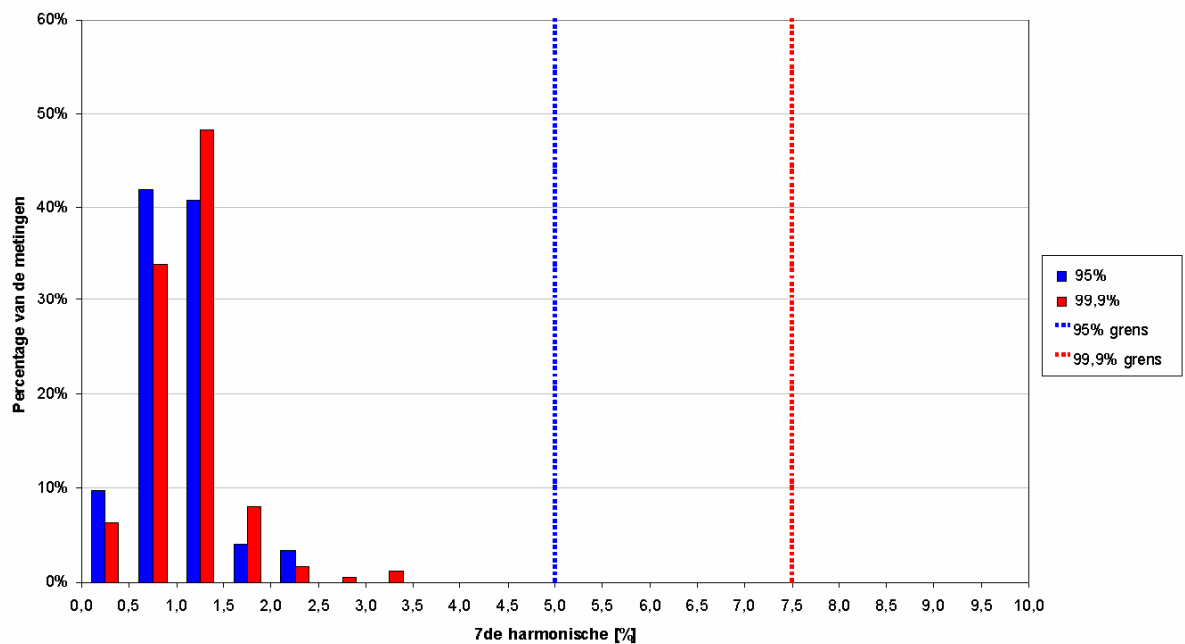
Figuur B3 Asymmetrie in middenspanningsnetten



Figuur B4 Totale harmonische vervorming in middenspanningsnetten

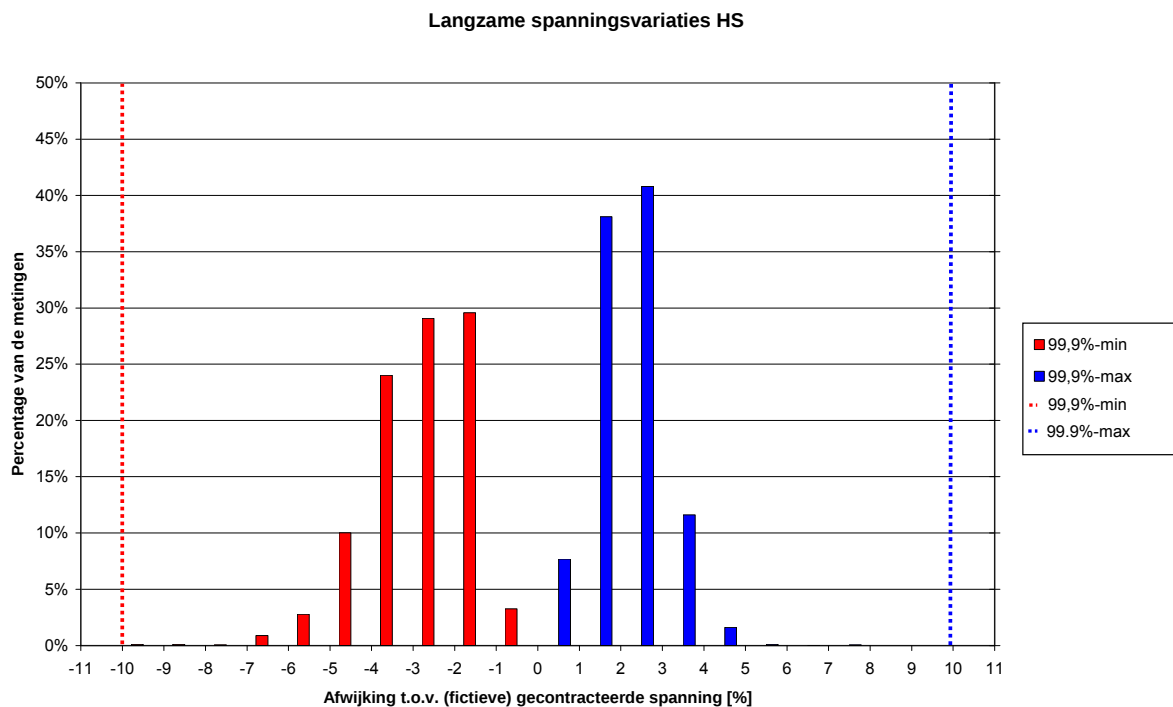


Figuur B5 Vijfde harmonische in middenspanningsnetten

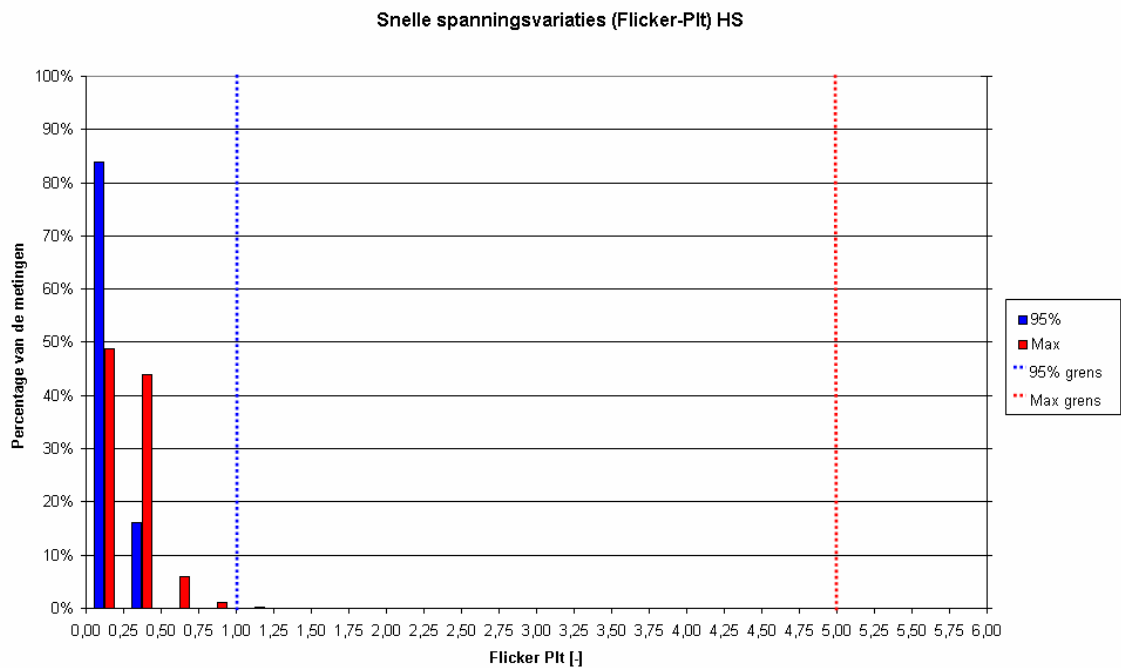


Figuur B6 Zevende harmonische in middenspanningsnetten

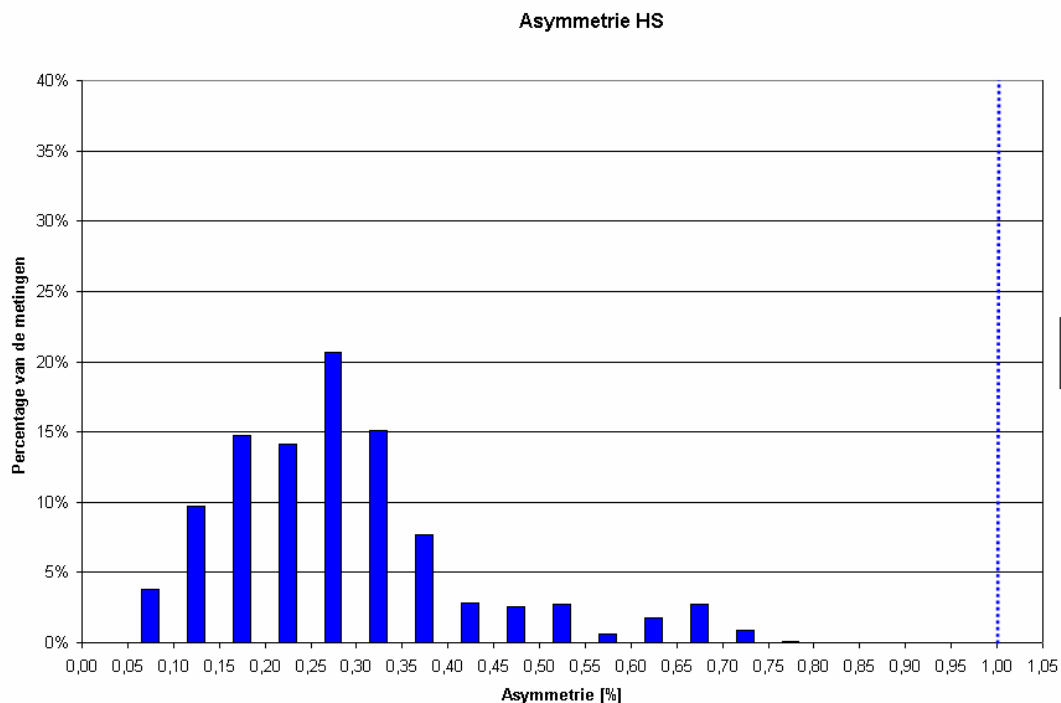
BIJLAGE C FIGUREN RESULTATEN HOOGSPANNING PQM 2010



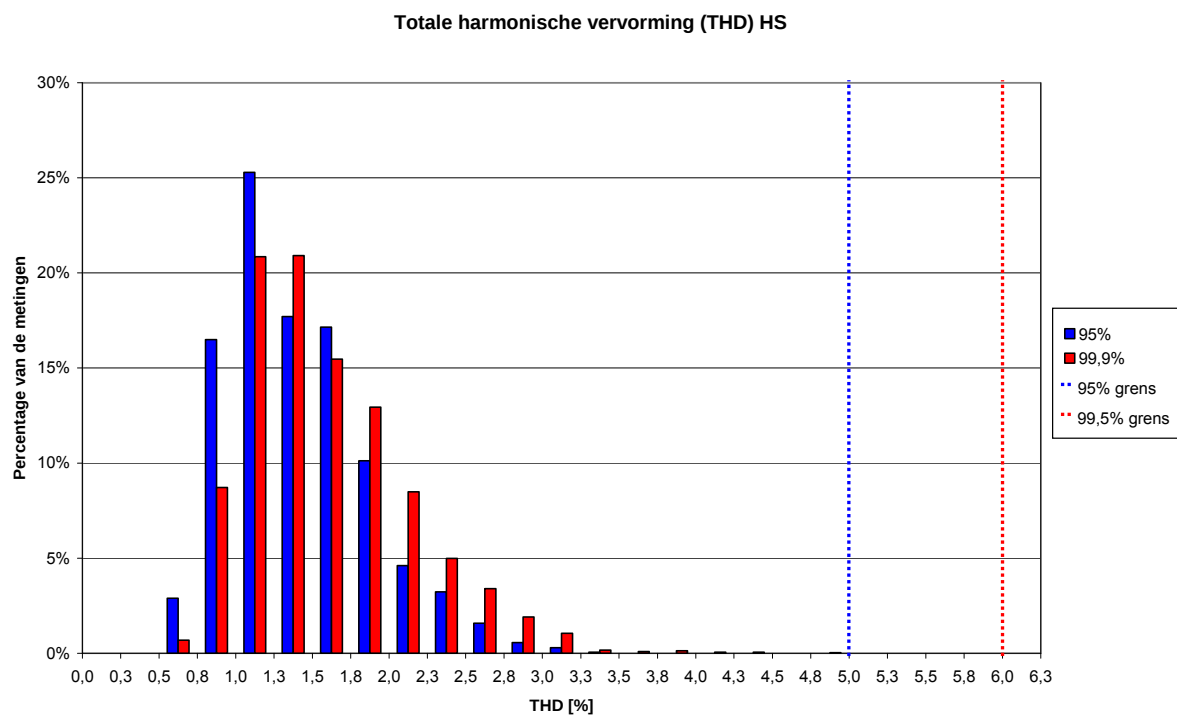
Figuur C1 Langzame spanningsvariatie in hoogspanningsnetten



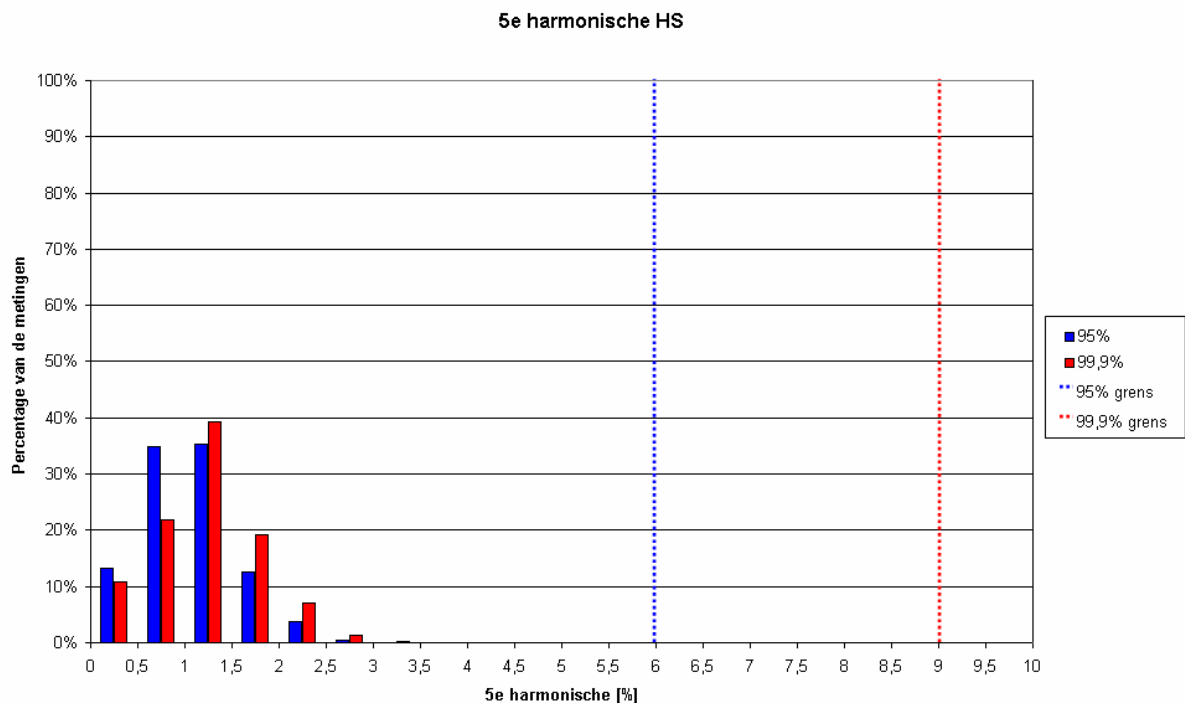
Figuur C2 Snelle spanningsvariatie in hoogspanningsnetten



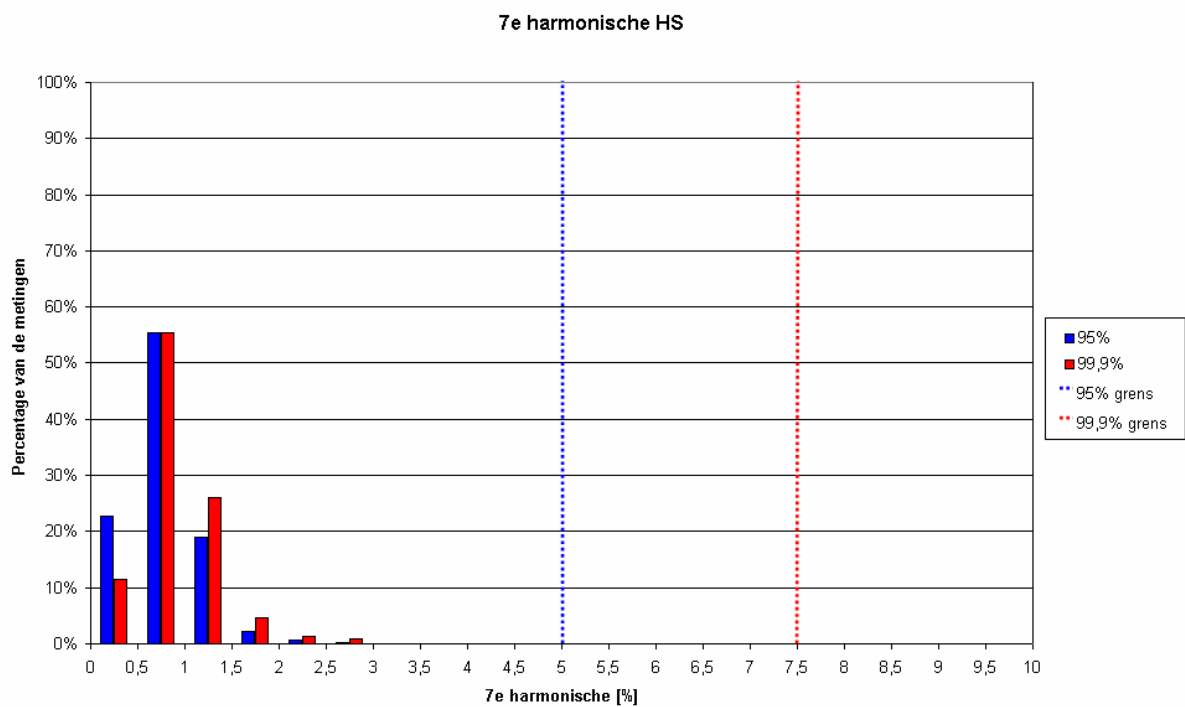
Figuur C3 Asymmetrie in hoogspanningsnetten



Figuur C4 Totale harmonische vervorming in hoogspanningsnetten



Figuur C5 Vijfde harmonische in hoogspanningsnetten



Figuur C6 Zevende harmonische in hoogspanningsnetten

BIJLAGE D TOELICHTING OVERSCHRIJDINGEN 2010

In 2010 is in 9 meetweken een overschrijding geregistreerd (zie hoofdstuk 3) van de Netcode. Deze bijlage omvat toelichtingen op de geregistreerde overschrijdingen. De inhoud van deze toelichting is gebaseerd op informatie zoals aangeleverd door de betreffende netbeheerder.

D.1: Toelichting overschrijding snelle spanningsvariatie / asymmetrie in laagspanning

Meetperiode	Week 16
Kenmerken	Snelle spanningsvariatie P_{it} (95%) Asymmetrie (95% en max)
Grenswaarde P_{it} (95%)	1,0
Meetwaarde	2,0
Grenswaarde asymmetrie (95%)	2,0
Meetwaarde	3,85
Grenswaarde asymmetrie (max)	3,0
Meetwaarde	5,40
Spanningsniveau	230 V

Beschrijving

Overschrijding van de snelle spanningsvariatie P_{it} (95%) en asymmetrie (95% en max).

Oorzaak

De oorzaak is door de betreffende netbeheerder niet achterhaald.

Oplossing / actie

Uit een hermeting op dezelfde meetlocatie (april 2011) blijkt dat de huidige spanningskwaliteit voldoet aan de eisen van de Netcode. Er wordt geen verdere actie ondernomen.

D.2: Toelichting overschrijding snelle spanningsvariatie in laagspanning

Meetperiode	Week 37
Kenmerk	Snelle spanningsvariatie P_{it} (max)
Grenswaarden	5,0
Meetwaarden per fase (%)	13,75 (fase 1) 13,83 (fase 2) 13,80 (fase 3)
Spanningsniveau	230 V

Beschrijving

Overschrijding van de snelle spanningsvariatie (P_{it}).

Oorzaak

Er is een storing geweest in het middenspanningsnet waardoor het complete hoogspanningsstation gedurende een aantal (3 tot 4) uren spanningsloos is geweest. Mogelijk zijn de hoge P_{it} -waardes veroorzaakt bij het in bedrijf nemen van het complete HS-blok. In detail is niet meer te achterhalen wat er direct na het oplossen van de storing in het net bij deze klant is gebeurd.

Oplossing / actie

De overschrijding van de spanningskwaliteit in het laagspanningsnetvlak wordt mogelijk veroorzaakt door een onderbreking in het MS-netwerk. Er wordt geen verdere actie ondernomen.

D.3 Toelichting overschrijdingen 15^e harmonischen in laagspanning

Beschrijving

In 2010 zijn zeven overschrijdingen geregistreerd ten aanzien van de 95%-grenswaarde van de 15^e harmonische. Hieronder is een opsomming gegeven van deze overschrijdingen, inclusief de bijbehorende grenswaarden.

Meetperiode: 10 februari 2010 – 17 februari 2010
Kenmerk: 15^e harmonische 95% waarde
Grenswaarde: 0,5%
Meetwaarden: 0,51% (fase 1) en 0,58% (fase 2)

Meetperiode: 16 maart 2010 – 23 maart 2010
Kenmerk: 15^e harmonische 95% waarde
Grenswaarde: 0,5%
Meetwaarde: 0,51% (fase 2)

Meetperiode: 13 april 2010 – 20 april 2010
Kenmerk: 15^e harmonische 95% waarde
Grenswaarde: 0,5%
Meetwaarden: 0,57% (fase 1) en 0,51% (fase 2)

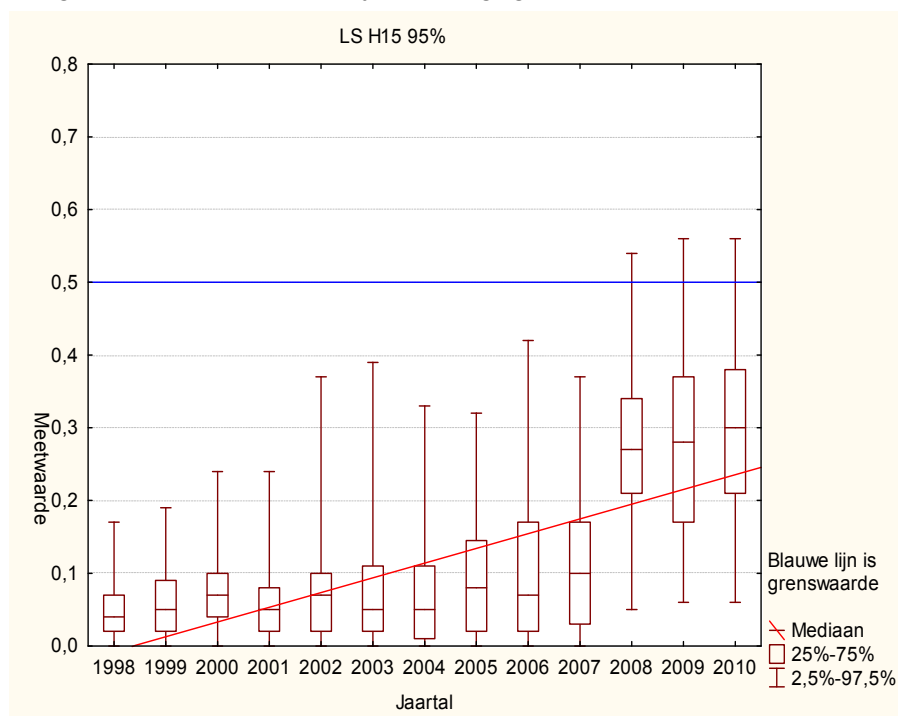
Meetperiode: 19 april 2010 – 26 april 2010
Kenmerk: 15^e harmonische 95% waarde
Grenswaarde: 0,5%
Meetwaarden: 0,56% (fase 1) en 0,51% (fase 2)

Meetperiode: 8 juni 2010 – 15 juni 2010
Kenmerk: 15^e harmonische 95% waarde
Grenswaarde: 0,5%
Meetwaarden: 0,63% (fase 1)

Meetperiode: 21 september 2010 – 28 september 2010
Kenmerk: 15^e harmonische 95% waarde
Grenswaarde: 0,5%
Meetwaarden: 0,51% (fase 3)

Meetperiode: 22 december 2010 – 29 december 2010
 Kenmerk: 15^e harmonische 95% waarde
 Grenswaarde: 0,5%
 Meetwaarde: 0,57% (fase 2)

In figuur D1 is de trendanalyse weergegeven van de 15^e harmonische in het LS-netvlak.



Figuur D1: Trendanalyse 15e harmonische in LS-netvlak

Oorzaak

De oorzaak van de overschrijdingen is tot dusver onbekend. De meeste overschrijdingen in de 15^e harmonische treden op in de namiddag en avond.

Oplossing / actie

In de stuurgroep PQM wordt momenteel nader onderzoek gedaan om de mogelijke oorzaken van de stijging in de 15^e harmonische te achterhalen. Hierbij wordt extra aandacht gegeven aan de “sprong” in de meetresultaten sinds 2008. De TU Eindhoven doet onderzoek naar de harmonische vervuiling in laagspanningsnetten veroorzaakt door een combinatie van (huishoudelijke) apparaten. De resultaten hiervan worden meegenomen in de beschouwing.

BIJLAGE E AANTAL METINGEN EN AFKEURINGEN DOOR OVERSCHRIJDINGEN 1998 – 2010

Jaar	Netvlak	Aantal bruikbare weekmetingen	Aantal afkeuringen door overschrijdingen			
			Langzame spannings- variatie	Snelle spannings- variatie	Asymmetrie	Harmonische (individueel en THD)
2010	LS	60	-	2	2	7 ¹⁾
	MS	58	-	-	-	-
	HS	1011	-	-	-	-
2009	LS	59	-	2	-	6 ¹⁾
	MS	60	-	-	-	-
	HS	1018	-	-	-	-
2008	LS	57	-	-	-	6 ¹⁾
	MS	59	-	1	-	-
	HS	1036	1	-	-	-
2007	LS	58	2	3	-	-
	MS	60	-	-	-	-
	HS	1024	-	2	1	3
2006	LS	58	-	2	-	2
	MS	57	-	-	-	-
	HS	941	-	-	-	-
2005	LS	60	-	2	-	-
	MS	56	-	1	-	-
	HS	914	1	-	-	-
2004	LS	56	-	3	-	-
	MS	55	-	-	-	-
	HS	- ²⁾	-	-	-	-
2003	LS	57	1	4	-	2
	MS	51	-	-	-	-
	HS	54	-	3	1	-
2002	LS	54	-	2	-	1
	MS	49	-	-	-	-
	HS	53	-	1	-	-
2001	LS	49	-	-	-	-
	MS	50	-	1	-	-
	HS	48	-	2	-	-
2000	LS	46	-	1	-	-
	MS	48	-	-	-	-
	HS	43	-	-	-	-
1999	LS	56	-	1	-	-
	MS	50	-	-	-	-
	HS	44	-	1	-	-

Tabel 4 Overzicht aantal metingen en afkeuringen door overschrijdingen

¹ Dit betreffen allen overschrijdingen van de grenswaarde voor de 15^e harmonische

² In 2004 is er bij twintig aselekt geselecteerde aangeslotenen in het hoogspanningsnet een permanent monitoring systeem geïnstalleerd. Vanaf het laatste kwartaal van 2004 bewaakt dit systeem op al deze locaties continu de spanningskwaliteit.

DATUM	28 april 2011
VERSIE	1.0
VERSIEDATUM	28 april 2011
DOCUMENTLOCATIE	BU-AM '11 340
STATUS	Definitief
PAGINA	1 van 15

Kwaliteit transportdienst

Rapportage 2010:

Spanningskwaliteit 220kV- en 380kV-transportnet

Managementsamenvatting

Tabel één geeft voor het 220kV- en 380kV-transportnet over het jaar 2010 de status van de kwaliteitsaspecten van het artikel 3.2.1. uit de netcode.

Kwaliteitsaspect	Status	Opmerking:
langzame spanningsvariatie	○●○	Het netdeel NorNed bleek driemaal boven de grens uit te komen. De spanning is voor de aansloten binnen de grenzen gebleven.
snelle spanningsvariatie: flicker	○○●	
snelle spanningsvariatie: spanningsdips	○○●	
asymmetrie	○○●	
totale harmonische vervorming (THD)	○○●	
frequentie	○○●	
voldoet niet aan criterium: ●; bijzonderheid: ●; voldoet aan criterium: ●		

Tabel 1 kwaliteitskenmerken netspanning met status

Spanningsdip

In het 380kV-net vielen 11 gebeurtenissen gelijktijdig met de geregistreerde dips. De 11 gebeurtenissen zijn op te delen in:

- één gebeurtenis tijdens een kortsluiting;
- drie gebeurtenissen tijdens een defecte gelijkstroomverbinding;
- één gebeurtenissen tijdens een uitval van een transformator;
- één gebeurtenis tijdens lijndansen;
- vijf gebeurtenissen vielen niet samen met bekende gebeurtenissen in het net.

In het 220kV-net vielen twee gebeurtenissen gelijktijdig met de geregistreerde dips. De twee gebeurtenissen zijn op te delen in:

- één gebeurtenis tijdens een uitval van een transformator;
- één gebeurtenis tijdens lijndansen.

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	2
1. Power Quality Monitoring (PQM)	4
2. Langzame spanningsvariatie	5
2.1 Conclusie	7
3. Snelle spanningsvariatie, flicker	8
4. Dips	10
4.1 Conclusie	11
5. Asymmetrie	12
5.1 Conclusie	13
6. Harmonischen	13
6.1 Conclusie	15
7. Frequentie	15
7.1 Conclusie	15

1. Power Quality Monitoring (PQM)

TenneT volgt continue de spanningskwaliteit op het 220kV- en 380kV-transportnet via een eigen meetsysteem. Met dit systeem wordt de spanningskwaliteit gevolgd bij de aangeslotene alsook enkele 380kV-stations zonder klantaansluitingen. Door het meetsysteem wordt een landelijk inzicht verkregen van de spanningskwaliteit.

De spanningskwaliteit wordt per fase gevolgd op de rail van het station. Dit betekent dat als gevolg van operationele maatregelen waarbij de rail is betrokken de spanningskwaliteit niet meer wordt gevolgd.

Een ombouw heeft plaatsgevonden naar een meetsysteem met een hogere frequentiebandbreedte in de periode tussen het vierde kwartaal van 2008 en juli 2009. De hogere frequentiebandbreedte is ten behoeve van de harmonische en de transiënte metingen. De installatieperiode tussen het vierde kwartaal van 2008 en 1 juli 2009 was nodig om de energietransporten door het 220kV- en 380kV-net niet in gevaar te brengen tijdens de installatiewerkzaamheden.

¹De meter in Diemen is vanaf 9 juli 2010 in reparatie. ²In Borssele en in Maasvlakte zijn twee nieuwe meters aan de bestaande populatie toegevoegd, die respectievelijk op 23 april 2010 en 9 april 2010 in gebruik zijn genomen.

Hoogspanningsstations waarop de spanningskwaliteit wordt gevolgd, zijn:

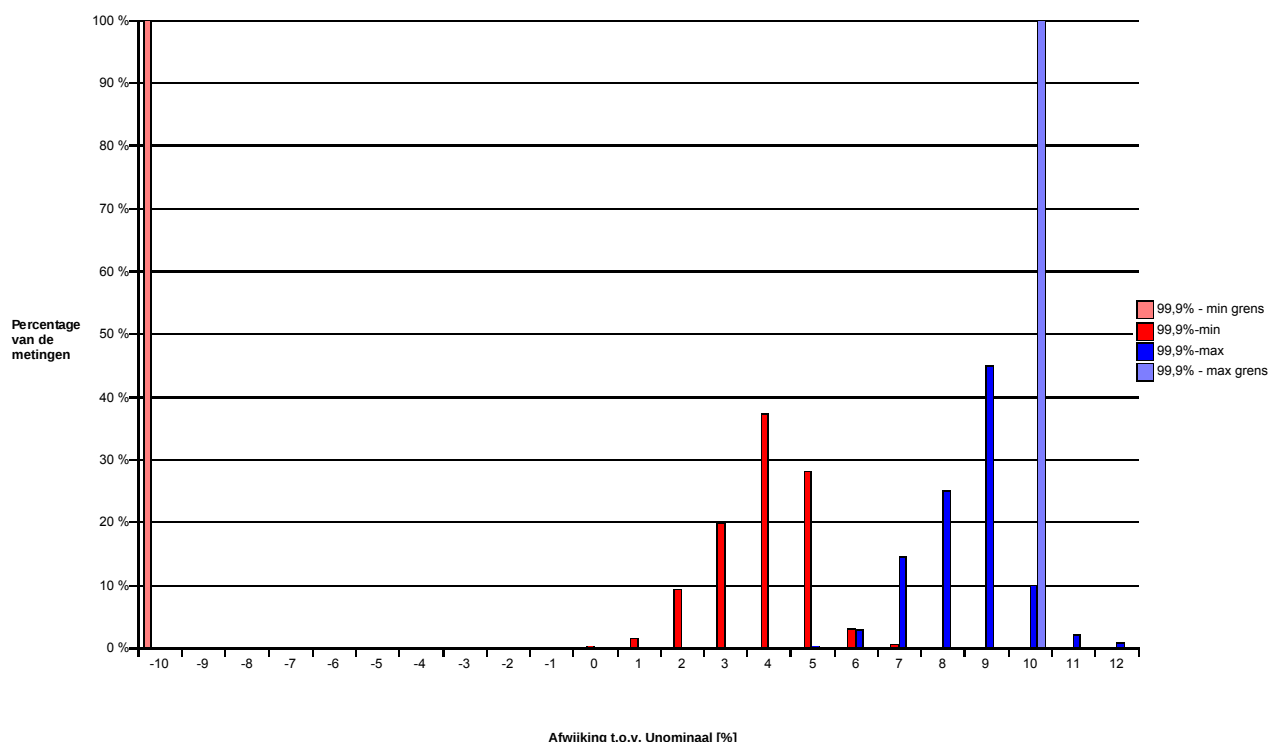
- 380kV-net:
 - o Geertruidenberg;
 - o Eemshaven;
 - o Eemshaven DC;
 - o Maasbracht;
 - o Diemen¹;
 - o Hengelo;
 - o Dodewaard;
 - o Maasvlakte²;
 - o Borssele²;
- 220kV-net:
 - o Eemshaven;
 - o Weiwerd.

2. Langzame spanningsvariatie

Volgens het artikel 3.2.1 van de netcode is het criterium voor de langzame spanningsvariatie:

- $U_c \pm 10\%$ voor 99,9% van de over 10 minuten gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.

In figuur één en figuur drie zijn de meetresultaten voor respectievelijk het 380kV-net en het 220kV-net weergegeven van de spanningsafwijking ten opzichte van de 'overeengekomen aansluitspanning' (U_c). De 'overeengekomen aansluitspanning' is de nominale systeemspanning (U_n). De nominale systeemspanning is voor figuur één en drie achtereenvolgens 380 kV en 220 kV.



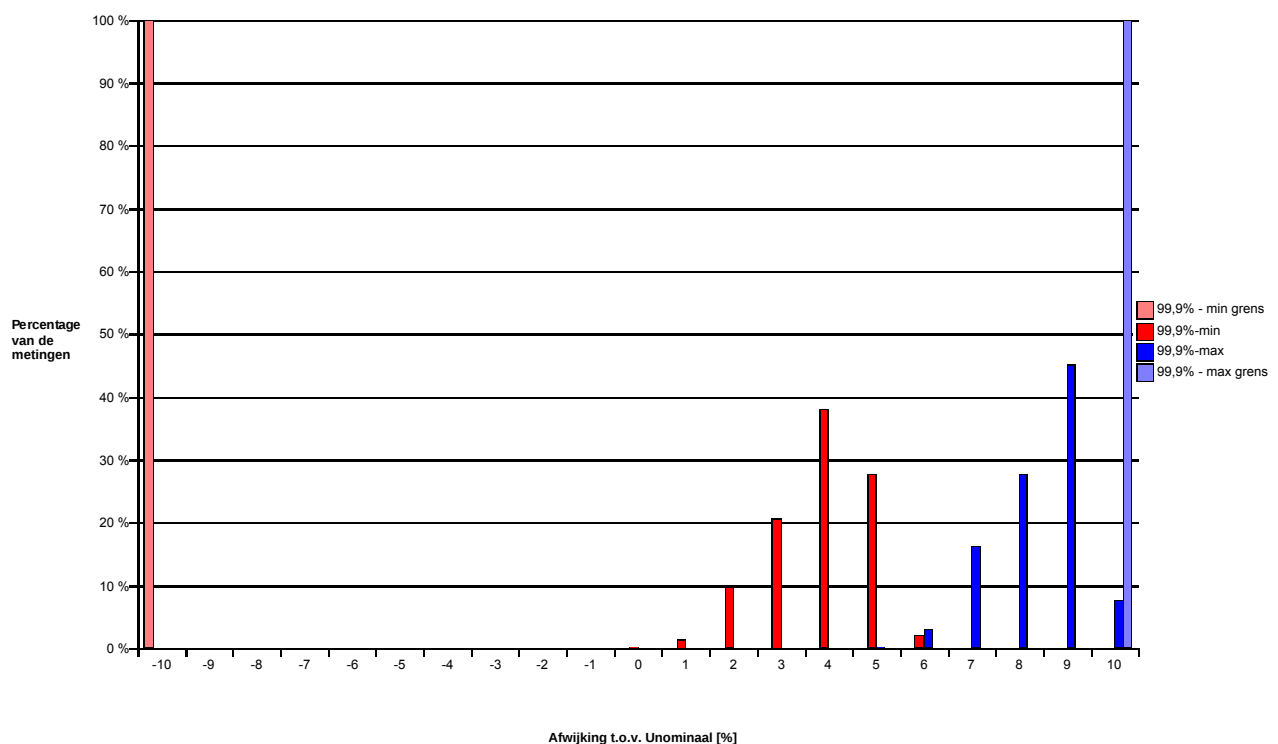
Figuur 1 Langzame spanningsvariaties in het transportnet van 380 kV

Om een te hoge netspanningen te voorkomen is naast het inzetten van compensatiespoelen regelmatig gebruik gemaakt van additionele spanningsverlagende maatregelen. Deze maatregelen zijn onder andere: het uitschakelen van circuits, het afroepen van contracten en het regelen van de dwarsregeltransformatoren. In drie afzonderlijke weken is echter op het 380kV-station NorNed op twee fasen tegelijkertijd meer dan één tien-minuten-gemiddelde waarde, van de 1008 in een week, boven de $1,1 \cdot U_n$ geconstateerd.

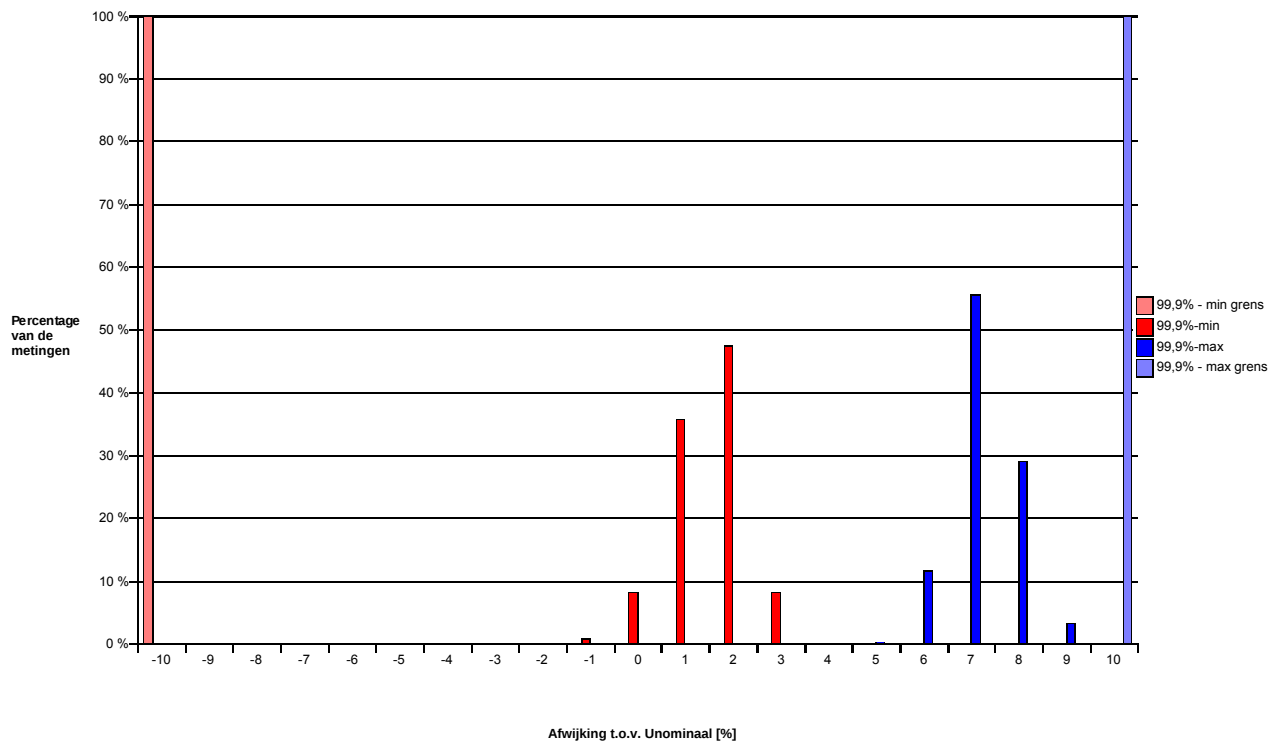
Deze waarden werden gemeten op:

- 28 april, vier waarden;
- 24 juli, vier waarden;
- 8 december, twee waarden.

NorNed is een netdeel en geen aangeslotene. De aangeslotenen die aan gesloten zijn op het 380kV-net hebben de langzame spanningsvariatie van figuur twee ervaren.



Figuur 2 Langzame spanningsvariates in het transportnet van 380 kV aangeslotenen



Figuur 3 Langzame spanningsvariëaties in het transportnet van 220 kV

2.1 Conclusie

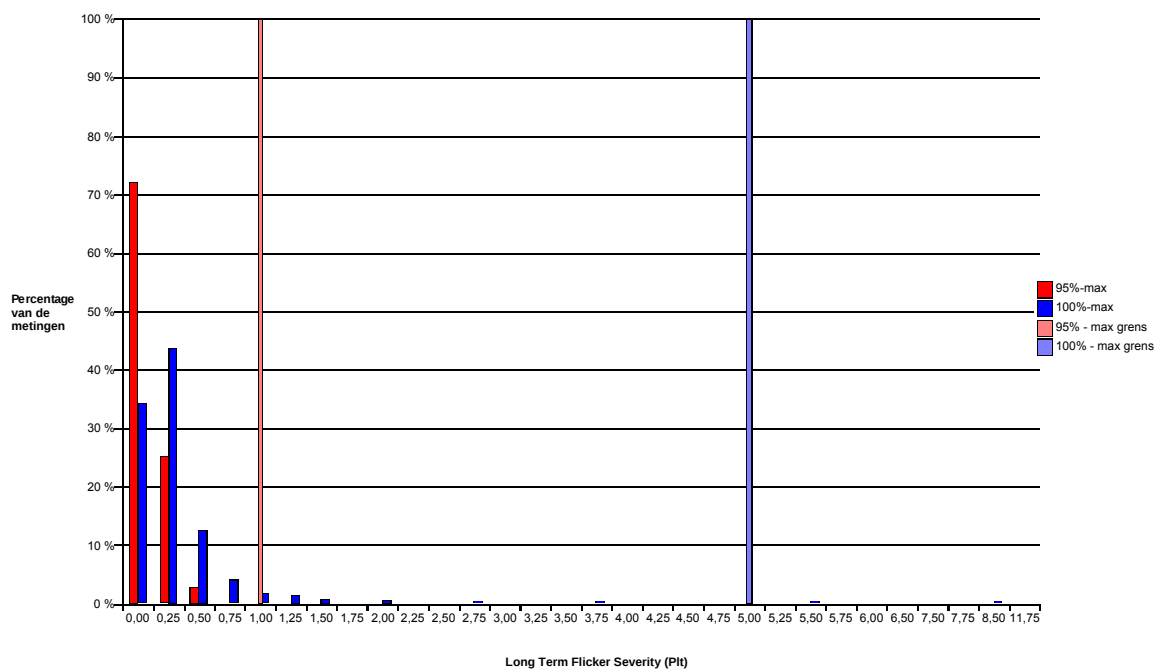
In het gehele net is een enkele overschijding geconstateerd, echter de aangeslotene heeft geen overschrijdingen ervaren. Er is voldaan aan het criterium voor de langzame spanningsvariëaties.

3. Snelle spanningsvariatie, flicker

Volgens de Netcode artikel 3.2.1 is het criterium voor de snelle spanningsvariatie flicker:

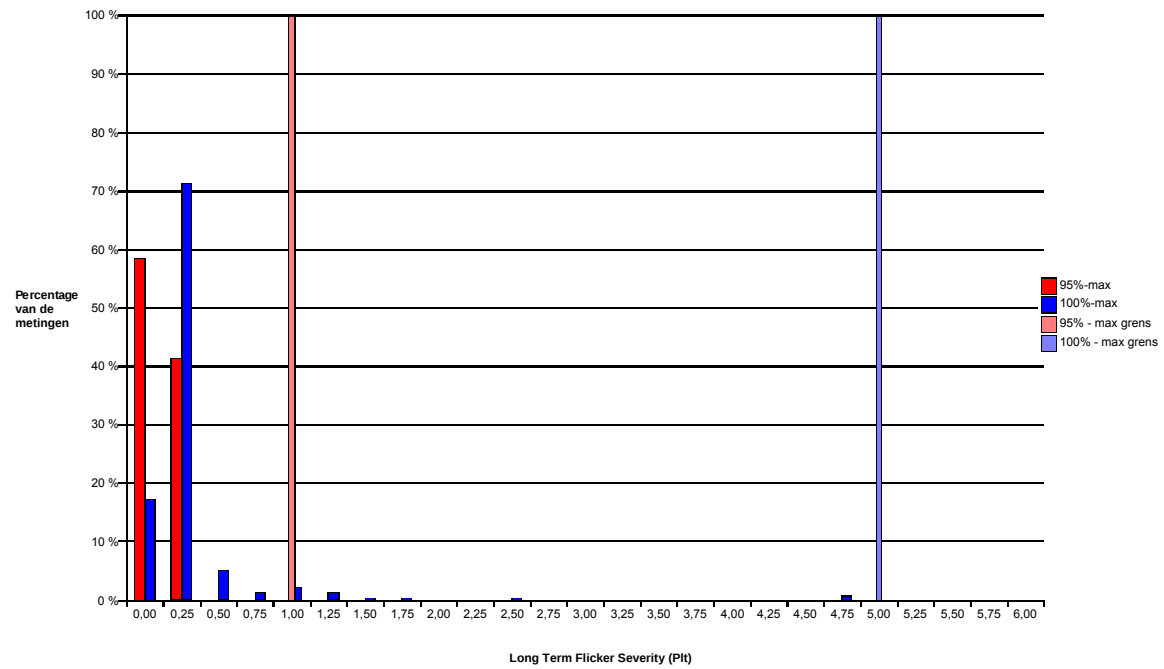
- $P_{lt} \leq 1$ gedurende 95% van de over 10 minuten gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week;
- $P_{lt LT} \leq 5$ voor alle over 10 minuten gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week;
- $\leq 3\%$ U_c in situatie zonder uitval van productie, grote afnemers of verbindingen;
- $\leq 10\%$ U_c .

In figuur vier en figuur vijf zijn de meetresultaten weergegeven van de P_{lt} -waarde, ofwel de Long Term Flicker Severity, voor respectievelijk het 380kV-net en het 220kV-net.



Figuur 4 Snelle spanningsvariaties leidend tot flicker in het transportnet van 380 kV

Het histogram geeft een tweetal '100%-max' P_{lt} waarden boven de 5. Deze waarden zijn het gevolg van operationele maatregelen om de rail waarop gemeten wordt spanningsloos te maken; de aangesloten waren op dat moment op de andere rail aangesloten.



Figuur 5 Snelle spanningsvariaties leidend tot flicker in het transportnet van 220 kV

3.1 Conclusie

Een tweetal '100%-max' P_{st} waarden waren boven de 5% grens, echter de aangesloten hebben hiervan geen hinder ondervonden. Er is voldaan aan het criterium voor de snelle spanningsvariaties flicker.

4. Dips

In het 380kV-net vielen 11 gebeurtenissen gelijktijdig met de geregistreerde dips. De 11 gebeurtenissen zijn op te delen in:

- één gebeurtenis tijdens een kortsluiting;
- drie gebeurtenissen tijdens een defecte gelijkstroomverbinding;
- één gebeurtenissen tijdens een uitval van een transformator;
- één gebeurtenis tijdens lijndansen;
- vijf gebeurtenissen vielen niet samen met bekende gebeurtenissen in het net.

Eén gebeurtenis kan tot meerdere dips leiden.

Eén gebeurtenis is niet meegenomen omdat de meting buiten gebruik werd gesteld ten behoeven van onderhoud. De dips die bij deze gebeurtenis horen zijn in tabel twee niet afgebeeld in het vak met de waarden die een duur (t) heeft van $5000 < t \leq 60000$ ms en een restspanning (u) hebben van $5 > u$ %.

380kV-net										
Restspanning u (%)	Duur t (ms)									
	$10 \leq t \leq 200$		$200 < t \leq 500$		$500 < t \leq 1000$		$1000 < t \leq 5000$		$5000 < t \leq 60000$	
$90 > u \geq 80$	1,8	8	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	16	4	0	0	0	0	0	0	0	0
$80 > u \geq 70$	0,2	1	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
$70 > u \geq 40$	1,6	8	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	14	5	0	0	0	0	0	0	0	0
$40 > u \geq 5$	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$5 > u$	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 2 Diptabel 380kV-net, classificatie EN 50160

In het 220kV-net vielen twee gebeurtenissen gelijktijdig met de geregistreerde dips. De twee gebeurtenissen zijn op te delen in:

- één gebeurtenis tijdens een uitval van een transformator;
- één gebeurtenis tijdens lijndansen.

220kV-net										
Restspanning u (%)	Duur t (ms)									
	10 ≤ t ≤ 200		200 < t ≤ 500		500 < t ≤ 1000		1000 < t ≤ 5000		5000 < t ≤ 60000	
	1,5	2	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
90 > u ≥ 80	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	1,0	2	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
80 > u ≥ 70	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2,5	3	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
70 > u ≥ 40	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
40 > u ≥ 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
5 > u	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 3 Diptabel 220kV-net, classificatie EN 50160

Legenda Diptabel:

1	2
3	4

- Indicator 1 : het gemiddelde aantal dips over alle meetlocaties;
 Indicator 2 : het hoogste aantal geregistreerde dips op één en dezelfde meetlocatie;
 Indicator 3 : het totale aantal geregistreerde dips op alle meetlocaties;
 Indicator 4 : het aantal meetlocaties waarbij het diptype is geregistreerd.
-  NEN-EN 50160:2010, 3.19 supply interruption: condition in which the voltage at the supply terminals is lower than 5 % of the reference voltage.

4.1 Conclusie

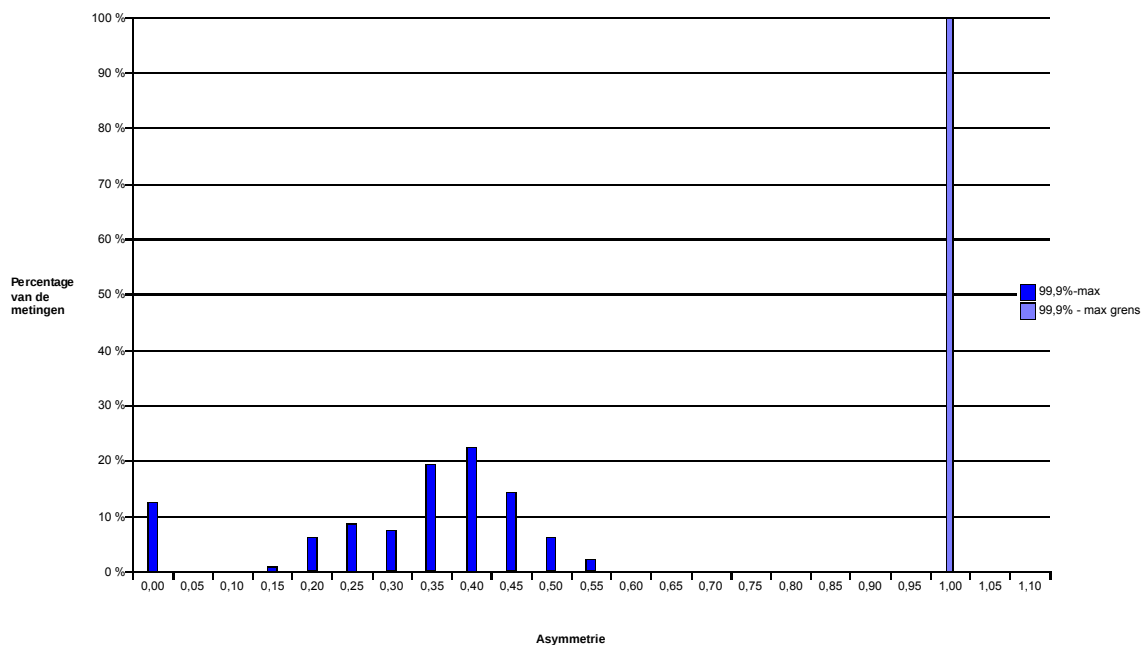
Er is voldaan aan het criterium voor snelle spanningsvariaties.

5. Asymmetrie

Volgens het netcode artikel 3.2.1 is het criterium voor het kwaliteitsaspect asymmetrie:

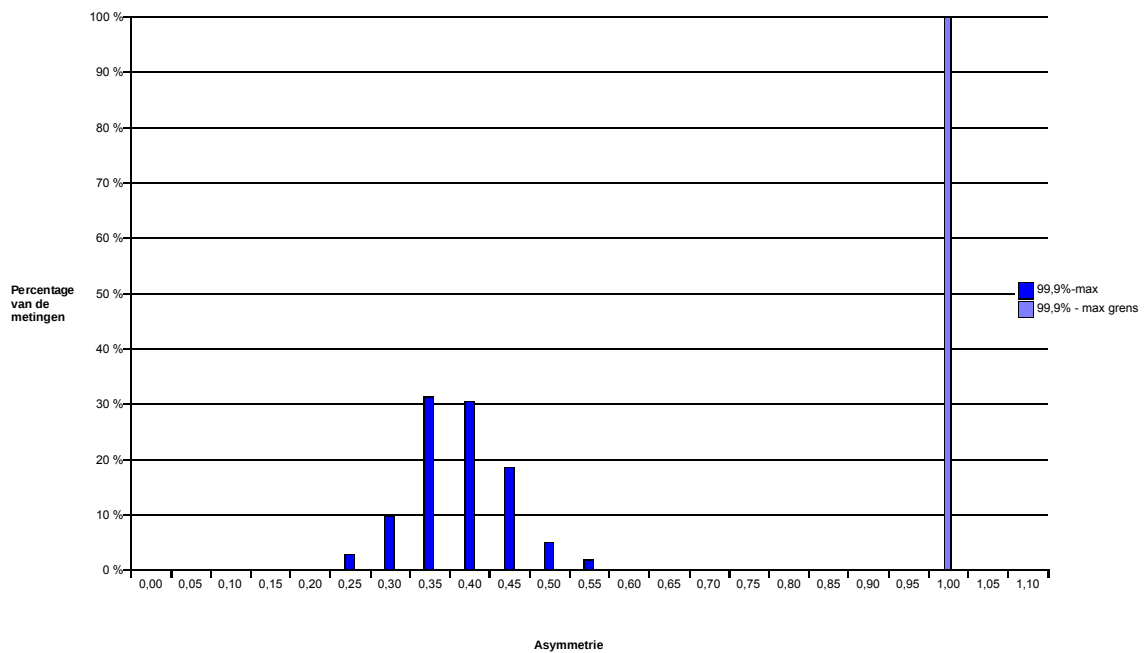
- Inverse component $\leq 1\%$ van de normale component gedurende 99,9% van de over 10 minuten gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.

In figuur zes (380 kV) en figuur zeven (220 kV) zijn de meetresultaten weergegeven van de asymmetrie



Figuur 6 Asymmetrie in het transportnet van 380 kV

Geen bijzonderheden.



Figuur 7 Asymmetrie in het transportnet van 220 kV

Geen bijzonderheden.

5.1 Conclusie

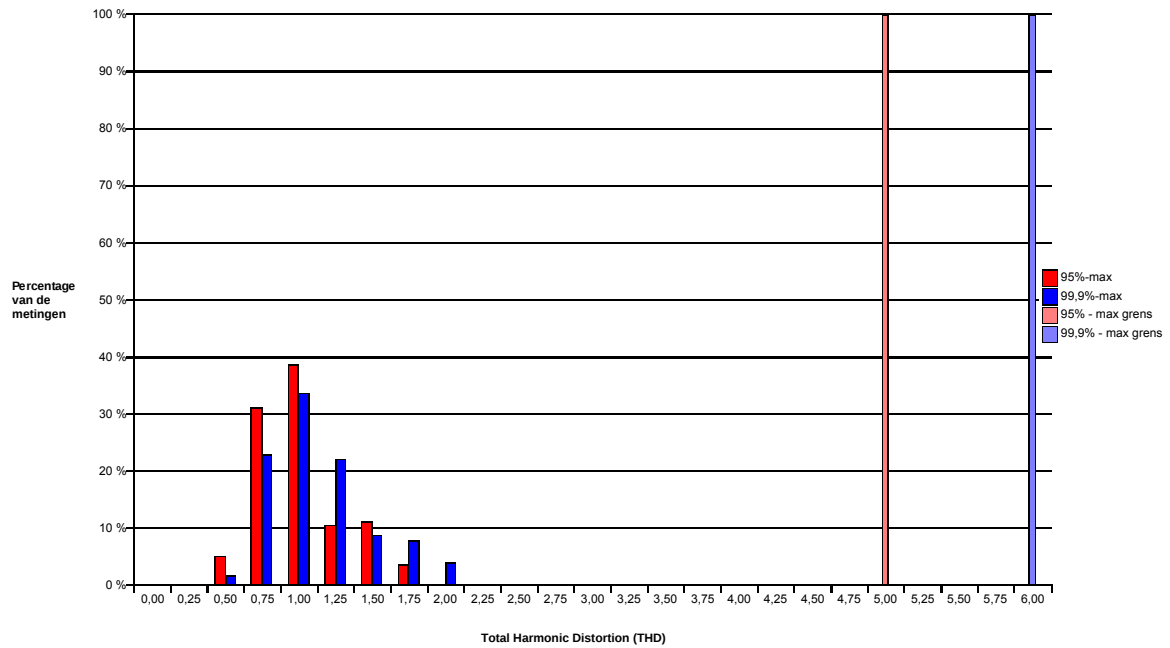
Er is voldaan aan het criterium voor asymmetrie.

6. Harmonischen

Volgens de Netcode artikel 3.2.1 is het criterium voor de totale harmonische vervorming (THD):

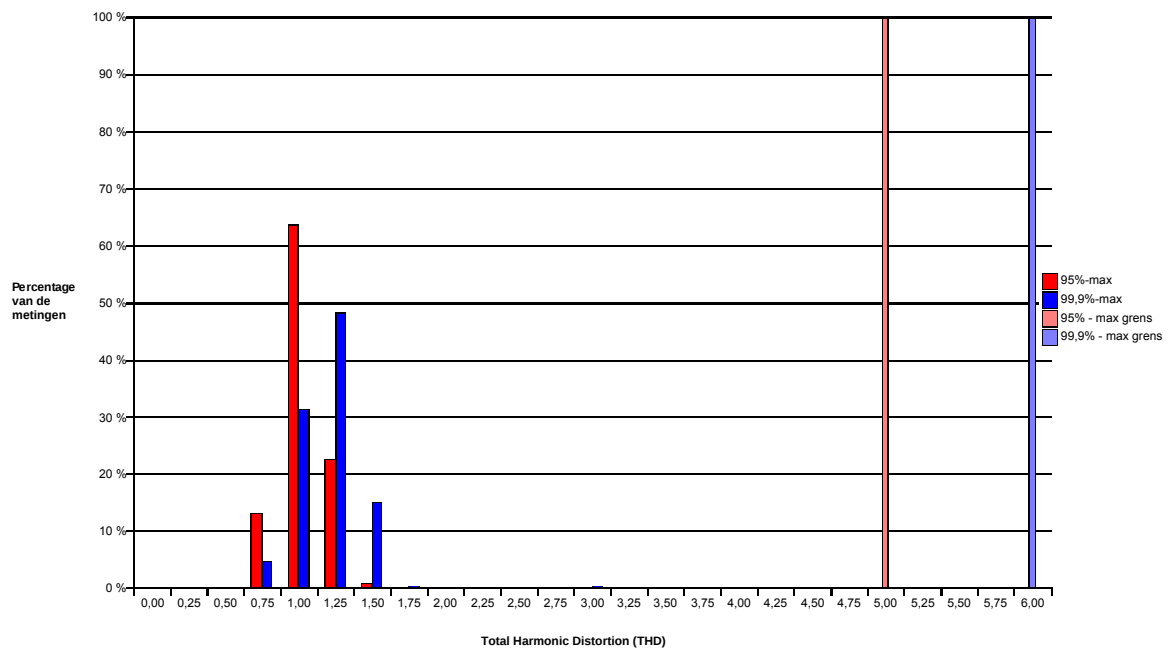
- $THD \leq 5\%$ voor alle harmonische tot en met de 40e, gedurende 95 % van de over 10 minuten gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week;
- $THD \leq 6\%$ voor alle harmonische tot en met de 40e, gedurende 99,9 % van de over 10 minuten gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.

In figuur acht (380 kV) en figuur negen (220 kV) zijn de meetresultaten weergegeven van de totale harmonische spanningsvervorming.



Figuur 8 THD in het transportnet van 380 kV

Geen bijzonderheden.



Figuur 9 THD in het transportnet van 220 kV

Geen bijzonderheden.

6.1 Conclusie

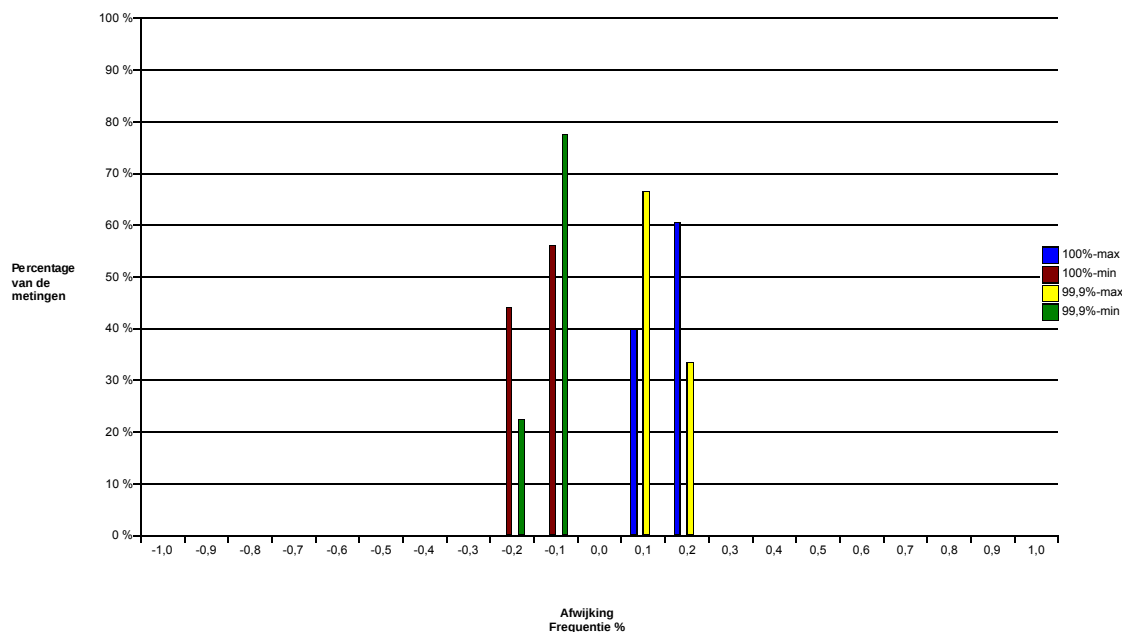
Er is voldaan aan het criterium voor de totale harmonische vervorming.

7. Frequentie

Volgens de Netcode artikel 3.2.1 is het criterium voor de frequentie:

- 50 Hz +/- 1% gedurende 99,9% van enig jaar;
- 50 Hz + 2% / -4% gedurende 100% van de tijd.

In figuur 10 zijn de meetresultaten weergegeven van de frequentie; door de gekozen schaalverdeling zijn de grenswaarden niet in de grafiek aangegeven.



Figuur 10 Frequentie

Geen bijzonderheden.

7.1 Conclusie

Er is voldaan aan het criterium voor de frequentie.



netbeheer  nederland

Utrechtseweg 310
6812 AR Arnhem
Postbus 1156
6801 BD Arnhem
Telefoon 026-356 95 00
Fax 026-442 83 20

secretariaat@netbeheernederland.nl
www.netbeheernederland.nl

Informatie over de inhoud van deze publicatie:

Henk van Bruchem
026-356 94 72
hvbruchem@netbeheernederland.nl

Paul Hesen
026-356 30 15
paul.hesen@kema.com

Frans van Erp
026-373 31 59
f.v.erp@tennet.org