INLEIDING

1 Power quality: wat, wie en waarom?
1.1 Definities en normen
1.1.1 Wat is power quality?
1.1.2 Netcode en NEN-EN 50160
1.1.3 IEC 61000-serie
1.2 Huidige niveaus en beschrijvingen
1.2.1 Spanningsniveau
1.2.2 Snelle spanningsvariaties (dips)
1.2.3 Snelle spanningsvariaties (flikker)
1.2.4 Spanningsvorm
1.2.5 Asymmetrie
1.3 Ontwikkelingen rond spanning en stroom
1.3.1 Europese regelgeving
1.3.2 Discussies over kenmerken
1.3.3 Monitoren van stroom- en spanningskenmerken
1.3.4 Verantwoordelijken

2 Spanningskwaliteit: coördinatie
2.1 EMC en coördinatie
2.2 Symbolen en definities
2.3 Rekenregels voor spanningskwaliteitsparameters
2.3.1 Sommatie van spanningskwaliteitsparameters
2.3.2 Gelijktijdigheid van spanningskwaliteitsparameters
2.3.3 Praktische waarden
2.4 Coördinatie tussen verschillende spanningsniveaus
2.5 Schema van elektriciteitsnet en kwaliteitsbeïnvloeding
2.6 Samenhang tussen kwaliteitsparameters op verschillende spanningsniveaus
2.7 Normen en wetgeving
2.7.1 Normen
2.7.2 Wetgeving
2.8 Richtlijnen
2.8.1 Snelle spanningsvariaties
2.8.2 Asymmetrie
2.8.3 Harmonischen
2.9 Coördinatie binnen spanningsniveaus
2.9.1 UHS-, HS- en MS-netten
2.9.2 Alleen belastingen
2.9.3 Belasting en opwekking
2.9.4 Voorbeelden
2.9.5 Conclusie
2.10 LS-netten
2.11 Factoren die coördinatie beïnvloeden
2.11.1 De grootte van het beschikbare vermogen in een netdeel
2.11.2 Motorische belasting en zelfopwekkers
2.11.3 Conclusies

3 Spanningsniveau
3.1 Spanningsniveau berekenen
3.2 Spanningsdaling en spanningsstijging
3.3 Invloed van decentrale opwekkers
3.4 Spanningsregeling
3.4.1 Transformatorregelingen
3.4.2 Regeling van opwekkers en belasting
3.4.3 Regeling op MS/LS-transformator
3.5 Toestellen en installaties

4 Spanningsvorm: harmonischen
4.1 Begrippen

4.1.1 Ideale sinus
4.1.2 Harmonischen
4.1.3 Sub- en interharmonischen
4.2 Normen en regelgeving
4.2.1 Randvoorwaarden voor netspanning
4.2.2 Randvoorwaarden voor toestellen
4.3 Interactie tussen net, toestellen en installaties
4.4 Problemen met harmonischen
4.4.1 Overbelasting van nulgeleider
4.4.2 Overbelasting van condensatoren
4.4.3 Beïnvloeding van beveiligingstoestellen
4.4.4 Extra verwarming van inductiemotoren
4.4.5 Overbelasting van transformatoren
4.5 Resonantie
4.5.1 Serieresonantie
4.5.2 Parallelresonantie
4.6 Oplossingen voor harmonische problemen
4.6.1 Impedantie
4.6.2 Passieve filters
4.6.3 Actieve filters
4.7 Harmonische berekeningen
4.7.1 Interactie tussen spanning en stroom
4.7.1.1 Harmonische vingerafdruk
4.7.1.2 Weerstand
4.7.1.3 Condensator
4.7.1.4 Spaarlamp
4.7.1.5 Computer
4.7.1.6 Combinatie van toestellen
4.7.2 Frequentieafhankelijke impedanties
4.8 Aansluitcriteria op net
4.8.1 Aansluitprocedure
4.8.2 Harmonische op overdrachtspunt
4.9 Harmonische en arbeidsfactor
4.9.1 Blindvermogen
4.9.2 Distortievermogen en arbeidsfactor
4.9.3 Voorbeeld van blind- en distortievermogen

5 Flikker
5.1 Inleidende beschouwing over flikker
5.2 Eisen in Netcode
5.3 Flikkerberekeningen
5.4 Schakelen van belastingen
5.4.1 Punt met meerdere afgaande richtingen
5.4.2 Afgaande richting met meerdere belastingen
5.4.3 Punt met meerdere afgaande richtingen en meerdere belastingen
5.5 Snelle spanningsvariaties sommeren
5.5.1 Resulterende flikkerniveaus in punt met meerdere afgaande richtingen
5.5.2 Resulterende flikkerniveaus in afgaande richting met meerdere belastingen
5.5.3 Punt met meerdere afgaande richtingen en meerdere belastingen per richting
5.6 Snelle spanningsvariaties en achtergrondniveau
5.6.1 Punt met meerdere afgaande richtingen
5.6.2 Punt met meerdere afgaande richtingen en meerdere belastingen per richting
5.7 Kortsluitvermogen van netten
5.7.1 Meer voorbeelden
5.8 Aansluiten van mogelijk storende bronnen
5.8.1 Standaard aansluitprocedure
5.8.2 Beoordeling van bijzondere toestellen
5.9 Invloed van type lampen
5.10 Oplossingen voor problemen met snelle spanningsvariaties
5.10.1 (Inschakel)stroom

5.10.2 Netimpedantie
5.10.3 Aantal schakelingen
5.10.4 Vormfactor
5.10.5 Installaties opdelen

6 Dips
6.1 Definitie van dip
6.2 Ontstaan van dips
6.2.1 Kleine spanningsvariaties
6.2.2 Sluitingen in LS-net
6.2.3 Sluitingen in MS-net
6.2.4 Sluitingen in HS-net
6.2.5 Dipprofiel
6.3 Eigenschappen van toestellen/processen
6.3.1 Immuniteitscurves
6.3.2 Dipgevoeligheid van toestellen
6.4 Problemen met spanningsdips
6.4.1 Kosten en procesuitval
6.5 Oplossingen voor dips
6.5.1 UPS
6.5.2 Vliegwielen
6.5.3 DVR
6.5.4 Statcom
6.5.5 Synchrone machine
6.5.6 Transformatorloze serie-injectie

7 Asymmetrie
7.1 Definitie van asymmetrie
7.2 Ontstaan van asymmetrie
7.3 Berekeningen aan (a)symmetrische belastingen
7.3.1 Symmetrische belasting in ster geschakeld
7.3.2 Asymmetrische belasting in ster geschakeld
7.3.3 Symmetrische belasting in driehoek geschakeld
7.3.4 Asymmetrische belasting in driehoek geschakeld
7.3.5 Symmetrische belasting met nulleider
7.3.6 Asymmetrische belasting met nulleider
7.4 Problemen met asymmetrie
7.4.1 Belasting van kabels
7.4.2 Overbelasting van motoren
7.5 Oplossingen voor asymmetrie
7.5.1 Scott-tranformator
7.5.2 Steinmetz-circuit met balancerende belasting
7.5.3 Nulpuntstransformator
7.5.4 Actief filter

8 Power quality: monitoring en analyse
8.1 IEC 61000-4-30
8.1.1 Meetintervallen
8.1.2 Nauwkeurigheid
8.1.3 Flagging
8.1.4 Meten van dips of overspanningen
8.2 Beoordeling en weergave van meetresultaten
8.2.1 Kwaliteitsparameters met een (semi)continu karakter
8.2.1.1 Meetwaarden met nominale waarde gelijk aan nul
8.2.1.2 Meetwaarden met een nominale waarde ongelijk aan nul
8.2.2 Kwaliteitsparameters met incidenteel karakter
8.2.3 Weergave van meetwaarden met toelaatbare waarden
8.2.3.1 Meetwaarden met nominale waarde gelijk aan nul
8.2.3.2 Parameters met nominale waarde ongelijk aan nul
8.2.3.3 Grafische presentatie

8.2.3.4 Voorbeelden
8.3 Volledig voorbeeld van presentatie
8.4 Analyse van meetresultaten
8.4.1 Meten van (net)impedantie
8.4.1.1 Definities
8.4.1.2 Berekening van netimpedantie
8.4.1.3 Meting van lusimpedantie: Ohm-methode
8.4.1.4 Thévenin-methode
8.4.1.5 Tweepolig en vierpolig meten
8.4.1.6 Van lus- naar netimpedantie
8.4.2 Meten van spanning en stroom
8.4.2.1 Voorbeeld
8.4.2.2 Drie opmerkingen en conclusie
8.5 Toekomstige ontwikkelingen
8.5.1 ABCDEF-classificatie
8.5.2 Te stellen eisen

LITERATUUR

A Lijst van symbolen

B Overzicht van maximale harmonische spanningen

C Afleiding van planning- en compatibiliteitswaarden P_{st} en P_{lt}

D Richtlijn voor harmonische spanningen in LS-, MS- en HS-netten

E Berekening van asymmetrie uit gekoppelde spanningen