



**Power Quality voorschriften voor netgebruikers
aangesloten op openbare midden- en
hoogspanningsnetten**

(C10/17- revisie 8 mei 2009)

Inhoudstafel

1.	INLEIDING.....	5
2.	TOEPASSINGSGEBIED.....	5
3.	BASISCONCEPT EMC-NORMALISATIE EN TOEGEPASTE METHODOLOGIE.....	5
3.1.	COMPATIBILITEITSNIVEAUS	5
3.2.	SPANNINGSKARAKTERISTIEKEN	5
3.3.	PLANNINGNIVEAUS	6
3.4.	TOEGELATEN EMISSIENIVEAUS.....	6
3.5.	EVALUATIEMETHODOLOGIE	6
4.	REFERENTIE KORTSLUITVERMOGEN EN HARMONISCHE IMPEDANTIE VOOR DE EVALUATIE VAN DE EMISSIELIMIETEN	7
4.1.	REFERENTIE KORTSLUITVERMOGEN IN HET AANSLUITINGSPUNT	8
4.1.1.	<i>Stadium 1 en 2 procedure.....</i>	8
4.1.2.	<i>Stadium 3 procedure.....</i>	9
4.2.	REFERENTIE HARMONISCHE IMPEDANTIE	9
4.2.1.	<i>Stadium 1 procedure.....</i>	9
4.2.2.	<i>Stadium 2 en 3 procedure.....</i>	9
5.	EVALUATIEPROCEDURE.....	10
5.1.	ALGEMENE VOORWAARDEN – PROCEDURE VÓÓR DE AANSLUITING	10
5.2.	ALGEMENE VOORWAARDEN – PROCEDURE NA DE AANSLUITING.....	10
5.3.	SPANNINGSSCHOMMELINGEN.....	13
5.3.1.	<i>Flicker</i>	13
5.3.2.	<i>Sporadische spanningsvariatiës</i>	14
5.3.3.	<i>Stroompieken (netten < 30 kV).....</i>	14
5.4.	SPANNINGSDISTORTIE	14
5.4.1.	<i>Evaluatie van de emissieniveaus door stroommeting</i>	14
5.4.2.	<i>Evaluatie van Stadium 3 emissieniveaus</i>	16
5.4.3.	<i>Interharmonischen.....</i>	16
5.4.4.	<i>Invloed van de harmonische impedantie</i>	16
5.4.5.	<i>CAB signaal.....</i>	17
5.5.	SPANNINGSONEVENWICHT	17
BIJLAGE 1: PLANNINGNIVEAUS & EMISSIELIMIETEN VOOR NETGEBRUIKERS AANGESLOTEN OP DE HOOGSPANNINGSNETTEN, REFERENTIE KORTSLUITVERMOGEN.....		18
BIJLAGE 2: DEFINITIES		20

BIJLAGE 3: SYMBOLENLIJST.....	23
BIJLAGE 4: REFERENTIES	24

Voorwoord

De transmissie- en distributienetbeheerders hebben de opdracht de kwaliteit te verzekeren van de geleverde spanning. Het is dus van groot belang voor de netbeheerders erop toe te zien dat de impact van storende installaties op de kwaliteit van de spanning aanvaardbaar blijft.

Het document « Power Quality voorschriften voor netgebruikers aangesloten op hoogspanningsnetten» werd opgemaakt met het doel de toelaatbare emissielimieten vast te leggen.

De waarden van de verschillende niveaus, opgegeven in dit document, zijn enerzijds gebaseerd op de werkzaamheden uitgevoerd in de internationale standaardisatie en anderzijds op de verworven ervaring terzake.

De revisie 2009 houdt rekening met de recente wijzigingen in de internationale normalisatie, met name de revisie van de technische rapporten IEC/TR 61000-3-6 m.b.t. harmonische emissie, de IEC/TR 61000-3-7 m.b.t. spanningschommelingen en flicker en het nieuwe technisch rapport IEC/TR 61000-3-13 m.b.t. spanningsonevenwicht.

1. Inleiding

In het ideale geval is de voeding in de netten een symmetrisch 3-fasig sinusoidaal systeem met constante frequentie en amplitude. Elke afwijking wordt beschouwd als een storing van de voedingsspanning en maakt deel uit van de power quality problematiek. Met uitzondering van spanningsdips en onderbrekingen worden de storingen vooral veroorzaakt door de *netgebruikers*. Wanneer ze een stroom verbruiken of produceren die niet perfect symmetrisch en sinusoidaal is of een constante amplitude heeft, dan zal – door de interactie met de netimpedantie – de spanning op het *aansluitingspunt* aangetast worden. Om aan al de *netgebruikers* een spanning met een bevredigende kwaliteit te kunnen leveren en dit voor alle spanningsniveaus, van de hoogspanning tot de laagspanning, gelden dan ook Power Quality voorschriften die van toepassing zijn op de individuele *netgebruikers*.

2. Toepassingsgebied

Onderliggende Power Quality voorschriften zijn van toepassing voor al de *netgebruikers* aangesloten op midden- en hoogspanningsnetten, zowel distributie- als transmissienetten. Dit document vormt de leidraad bij het aansluiten van storende installaties op het net. Het bevat de voorschriften aangaande de toegelaten stroomniveaus (*harmonischen, flicker, spanningsvariaties en onevenwicht*) die een *netgebruiker* mag veroorzaken en verduidelijkt hoe de evaluatie en controle van de stroomniveaus gebeurt.

3. Basisconcept EMC-normalisatie en toegepaste methodologie

3.1. Compatibiliteitsniveaus

De *compatibiliteitsniveaus* zijn referentiewaarden voor de coördinatie tussen de emissie en de *immuniteit* van toestellen of installaties die deel uitmaken van het elektrisch net of die gevoed worden door het elektrisch net, teneinde de elektromagnetische compatibiliteit van het hele systeem te garanderen. De *compatibiliteitsniveaus* voor middenspanning worden gegeven in de normen IEC 61000-2-2 [3] en IEC 61000-2-12 [4].

3.2. Spanningskarakteristieken

De belangrijkste spanningskarakteristieken in openbare distributie- en transmissienetten zijn afgeleid uit de *compatibiliteitsniveaus* en worden beschreven in de Europese norm EN 50160 [2]. Deze norm mag beschouwd worden als een productnorm voor de voedingsspanning.

3.3. Planningniveaus

De *planningniveaus* worden opgegeven door de *netbeheerder* voor alle spanningsniveaus (**bijlage 1, tabel 1**) en kunnen beschouwd worden als interne kwaliteitsobjectieven van de *netbeheerder*. Het zijn in geen geval kwaliteitsgaranties van de *netbeheerder*, door wisselende netwerkconfiguraties of door het cumuleren van simultane storingen afkomstig van verschillende *netgebruikers*, kunnen de *planningniveaus* plaatselijk en/of tijdelijk overschreden worden. Het *planningniveau* of het totale storniveau wordt verdeeld onder de verschillende netgebruikers teneinde de aanvaardbare storniveaus of de *emissielimieten* te bekomen voor de individuele gebruikers. Planningniveaus zijn normaal gezien kleiner dan de *compatibiliteitsniveaus*.

3.4. Toegelaten emissieniveaus

Het objectief bestaat erin de emissies afkomstig van de individuele *netgebruikers* aangesloten op midden- en hoogspanningsnetten te beperken zodat het totale storniveau op de spanning het *planningniveau* van **bijlage 1, tabel 1** niet overschrijdt. De methodologie voor het bepalen en evalueren van deze aanvaardbare *emissieniveaus* is beschreven in de technische rapporten IEC/TR 61000-3-6 [3], IEC/TR 61000-3-7 [4] en IEC/TR 61000-3-13 [11].

3.5. Evaluatiemethodologie

De netgebruiker zal bij de aansluiting van storende of potentieel storende installaties, steeds nagaan of er een risico is op overschrijding van de Stadium 1 emissielimieten van **bijlage 1, tabel 2 en tabel 3**. De Stadium 1 emissielimieten zijn standaardlimieten die enkel afhangen van de spanning in het aansluitingspunt en het onderschreven vermogen van de netgebruiker, ze geven aan elke netgebruiker het recht om een basishoeveelheid storingen in het net te injecteren.

Indien de storende installaties, de Stadium 1 emissielimieten van **bijlage 1, tabel 2 en tabel 3** overschrijden, dan kan de netgebruiker maatregelen te nemen om de emissieniveaus van zijn installaties te beperken, bijvoorbeeld door het installeren van compensatie- of filterinstallaties.

Indien de Stadium 1 emissielimieten niet haalbaar zijn, moet, op vraag van de netgebruiker, de aansluiting van zijn storende installaties ook onderworpen worden aan de Stadium 2 en eventueel de Stadium 3 benadering. Voor meer details wordt verwezen naar de evaluatieprocedure beschreven in paragraaf 5 en de technische rapporten IEC/TR 61000-3-6 [5], IEC/TR 61000-3-7 [6] en IEC/TR 61000-3-13 [11].

In Stadium 2 krijgt de netgebruiker als emissielimiet een deel van het planningniveau toegewezen dat afhankelijk is van de verhouding van zijn onderschreven vermogen tot het totaal beschikbaar vermogen van het net.

Bij het aansluiten van storende installaties, dient de netgebruiker alle redelijke technische middelen in te zetten om te voldoen aan de Stadium 1 of 2 criteria.

Zéér storende installaties of installaties waarvan de storniveaus vooraf moeilijk bepaald kunnen worden, kunnen volgens de Stadium 3 benadering aangesloten worden.

Stadium 3 kan toegepast worden bij het aansluiten van nieuwe installaties wanneer moeilijk vooraf te bepalen valt of filter of compensatie-installaties vereist zijn om aan de opgelegde limieten te voldoen. De netbeheerder zal in dit geval voor de aansluiting een compatibiliteitsstudie en een risicoanalyse uitvoeren waarin onderzocht wordt of de storende installaties voorlopig zonder compensatie- of filterinstallaties kunnen aangesloten worden op het net. Na het in dienst nemen van de installaties worden de storniveaus van de installaties bepaald aan de hand van receptieproeven en vergeleken met de opgelegde emissielimieten, teneinde uitsluitel te brengen over bijkomende maatregelen om de storniveaus te beperken (zoals compensatie- of filterinstallaties).

Storende installaties kunnen onder strikte voorwaarden gedurende onbepaalde tijd in Stadium 3 uitgbaat worden, zolang dit voor het net aanvaardbaar blijft en er geen nieuwe stoorbronnen bijkomen. De netbeheerder zal voor de aansluiting een compatibiliteitsstudie uitvoeren waarin de Stadium 3 planningniveaus¹ en emissielimieten bepaald worden en de impact van de storende installaties op het net ingeschat worden. Hierin zal ondermeer rekening gehouden worden met de plaatselijke netuitbating, de storniveaus van omliggende netgebruikers en de nabijheid van gevoelige installaties. De netbeheerder bepaalt de condities gekoppeld aan een Stadium 3 uitbating en vermeldt deze in het aansluitingscontract. De netbeheerder beslist voor Stadium 3 netgebruikers eveneens of een continue monitoring van de kwaliteit van de spanning in het aansluitingspunt vereist is. Volgens het principe 'vervuiler betaalt' kunnen de kosten gebonden aan deze continue opvolging doorgerekend worden aan de netgebruiker.

4. Referentie kortsluitvermogen en harmonische impedantie voor de evaluatie van de emissielimieten

De *emissielimiet* geeft het storniveau dat de *netgebruiker* op de voedingspanning in het *evaluatiepunt* mag veroorzaken. Dit punt is normalerwijze het aansluitingspunt maar kan in bepaalde gevallen ook het gemeenschappelijk koppelingspunt zijn of om het even welk ander punt gespecificeerd door de *netbeheerder* of gedefinieerd in onderling akkoord. De storniveaus worden veroorzaakt door de interactie van de belastingsstromen van de *netgebruiker* met de netimpedantie:

¹ In Stadium 3 kan de netbeheerder rekening houden met de demping van het storniveau tussen de stoorbron enerzijds en de gevoelige installaties anderzijds en aangepaste planningniveaus definiëren.

- een niet-sinusoïdale stroom geeft aanleiding tot het ontstaan van harmonischen op de spanningsgolf
- een stroom waarvan de amplitude varieert met de tijd, veroorzaakt spanningsvariaties en flicker
- een onevenwichtige belastingsstroom veroorzaakt *spanningsonevenwicht*.

De netimpedantie bepaalt m.a.w. de absorptiegraad van het net voor de geproduceerde storingen. Het veroorzaakte storniveau op de spanning voor de spanningsvariaties, de flicker en het onevenwicht is immers recht evenredig met de netimpedantie op de fundamentele frequentie en ook met de netimpedantie op de harmonische frequentie voor de harmonischen.

De impedantie verandert voortdurend onder invloed van:

- de belastingstoestand van de *netgebruikers*
- de productie-eenheden, die de belastingsvariaties volgen of anticiperen teneinde een evenwicht te behouden tussen productie en verbruik
- schakelingen van condensatorbatterijen, filterinstallaties of compensatie-installaties.
- Het tijdelijk in- of uit dienst stellen van bepaalde netcomponenten voor onderhoudswerkzaamheden.
- ...

Teneinde de storniveaus die een *netgebruiker* in het *evaluatiepunt* veroorzaakt, objectief te kunnen evalueren, en dit onafhankelijk van de netimpedantie op het ogenblik van de evaluatie, zal de *netbeheerder* referenties opgeven voor het kortsluitvermogen en de *harmonische* impedanties. Elk storniveau dat na meting bepaald wordt, dient herleid te worden naar deze referentiewaarden.

4.1. Referentie kortsluitvermogen in het aansluitingspunt

4.1.1. Stadium 1 en 2 procedure

Het *referentie kortsluitvermogen* in het *aansluitingspunt* wordt door de *netbeheerder* bepaald overeenkomstig de norm IEC 909 (c = 1,0) [5], hierbij wordt rekening gehouden met de huidige en toekomstige netconfiguraties. Elke configuratie die statistisch meer dan 2 weken per jaar kan optreden wordt hierbij als significant beschouwd.

In hoogspanningsnetten vanaf 30 kV zal het *referentie kortsluitvermogen* in het *aansluitingspunt* steeds groter of gelijk zijn aan de minimumwaarde in bijlage 1 tabel 4 (aansluitingspunt = injectiepunt).

In midenspanningsnetten onder 30 KV zal bij het bepalen van het *referentie kortsluitvermogen* in het *aansluitingspunt* het kortsluitvermogen in het injectiepunt minstens gelijk zijn aan het minimum kortsluitvermogen gedefinieerd in bijlage 1, tabel 4.

4.1.2. Stadium 3 procedure

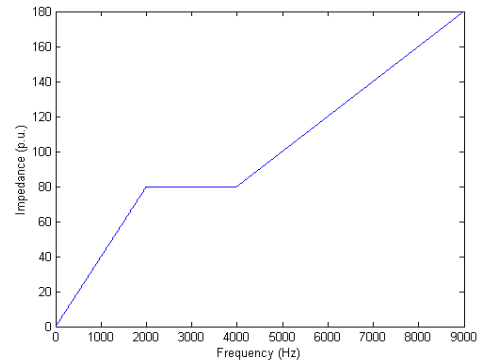
Voor de evaluatie van zeer storende installaties, waarvoor uitzonderlijke *emissielimieten* gelden, kunnen aangepaste niveaus worden opgegeven voor het *referentie kortsluitvermogen* in het injectiepunt.

4.2. Referentie harmonische impedantie

4.2.1. Stadium 1 procedure

In Stadium 1 wordt voor de evaluatie van de harmonische en interharmonische stoorniveaus gebruik gemaakt van een referentie impedantiecurve, die enkel afhankelijk is van het *referentie kortsluitvermogen* in het *aansluitingspunt*.

$$\begin{aligned} 50 \text{ Hz} < f \leq 2000 \text{ Hz} & \rightarrow Z_{h,ref} = 2 \cdot h \cdot \frac{U_N^2}{S_{sc,ref}} \\ 2000 \text{ Hz} < f \leq 4000 \text{ Hz} & \rightarrow Z_{h,ref} = 80 \cdot \frac{U_N^2}{S_{sc,ref}} \\ 4000 \text{ Hz} < f \leq 9000 \text{ Hz} & \rightarrow Z_{h,ref} = h \cdot \frac{U_N^2}{S_{sc,ref}} \end{aligned}$$



Met:

- h (-) = *harmonische rang*
- $S_{sc,ref}$ (MVA) = *referentie kortsluitvermogen* in het *aansluitingspunt*
- U_N (kV) = *nominale netspanning*
- $Z_{h,ref}$ (Ω) = *referentie harmonische impedantie* in het *aansluitingspunt*

Voor frequenties tot 2 kHz wordt een referentie impedantie voorgeschreven die 2 keer groter is dan de impedantie van een zuiver inductief net, dit om rekening te houden met de risico's op resonanties.

4.2.2. Stadium 2 en 3 procedure

Voor de *harmonische* impedantie zal de *netbeheerder* niet langer een standaard curve opgeven. Op basis van simulaties en metingen zal een enveloppe curve bepaald worden, die rekening houdt met de verschillende netconfiguraties die kunnen optreden.

5. Evaluatieprocedure

5.1. Algemene voorwaarden – procedure vóór de aansluiting

Wanneer een netgebruiker storende installaties wenst aan te sluiten, dan dient hij onderstaande procedure te doorlopen (zie eveneens Figuur 1).

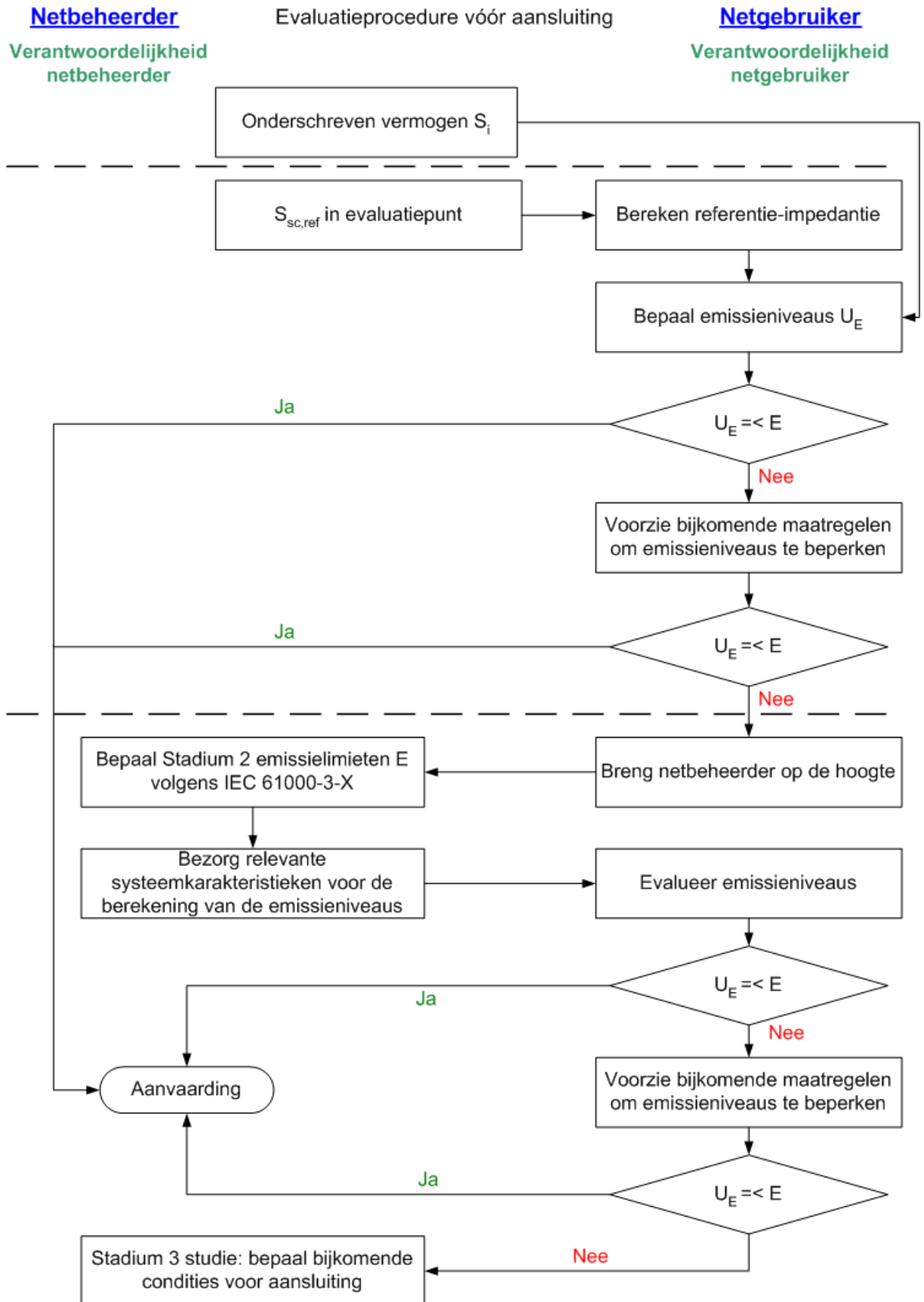
- De *netgebruiker* vraagt aan de netbeheerder welke de referentie impedantie van het net in zijn evaluatiepunt is (te berekenen op basis van het kortsluitvermogen).
- Op basis van de eigenschappen van de aan te sluiten storende installaties en de referentie impedantie van het net berekent de *netgebruiker* de *emissieniveaus*.
- De netgebruiker vergelijkt de verkregen emissieniveaus met de Stadium 1 emissielimieten
- Indien de Stadium 1 limieten niet worden overschreden, dan kan de netgebruiker zijn installaties aansluiten zonder bijkomende maatregelen. De netgebruiker zal bij twijfel steeds advies inwinnen bij de netbeheerder en de resultaten van zijn berekeningen voorleggen ter aanvaarding.
- Indien de Stadium 1 limieten worden overschreden, dan dient de netgebruiker (bijkomende) maatregelen te onderzoeken om de emissieniveaus te beperken.
- Wanneer het voor de netgebruiker niet evident is om te voldoen aan de Stadium 1 limieten, dan dient hij de netbeheerder te vragen om de Stadium 2 of Stadium 3 benadering toe te passen.
- Voor een Stadium 2 evaluatie zal de *netbeheerder* aangepaste emissielimieten berekenen, in overeenstemming met de procedure van de technische rapporten van het IEC. Hij zal aan de *netgebruiker* eveneens de systeemkarakteristieken bezorgen die nodig zijn voor het evalueren van de *emissieniveaus van zijn installaties*.
- De *netgebruiker* zal op basis van de verkregen gegevens zijn *emissieniveaus* evalueren. Hij kan hiervoor desgewenst beroep doen op de *netbeheerder*. Wanneer hij de evaluatie zelf uitvoert, zal hij de resultaten voorleggen aan de *netbeheerder* ter goedkeuring.
- Zéér storende installaties of installaties waarvan de stoorniveaus vooraf moeilijk bepaald kunnen worden, kunnen volgens de Stadium 3 benadering aangesloten worden (zie eveneens paragraaf 3.5).

5.2. Algemene voorwaarden – procedure na de aansluiting

De evaluatie van de *emissieniveaus* wordt uitgevoerd onder de verantwoordelijkheid van de *netbeheerder* door middel van een meting van minstens één week in het *aansluitingspunt* van de *netgebruiker*. (cf. Figuur 2). De meettoestellen die gebruikt worden dienen te beantwoorden aan de IEC 61000-4-30 klasse A.

Indien de emissielimieten gerespecteerd worden, wordt de installatie geaccepteerd. Wanneer de stoorniveaus de emissielimieten overschrijden, kan de *netbeheerder* beperkingen opleggen aan

de uitbating van de storende installaties. De *netgebruiker* zal dan, binnen de afgesproken termijn, bijkomende maatregelen treffen om zijn *emissieniveaus* te beperken en zijn installatie doen herevalueren door de *netbeheerder*.

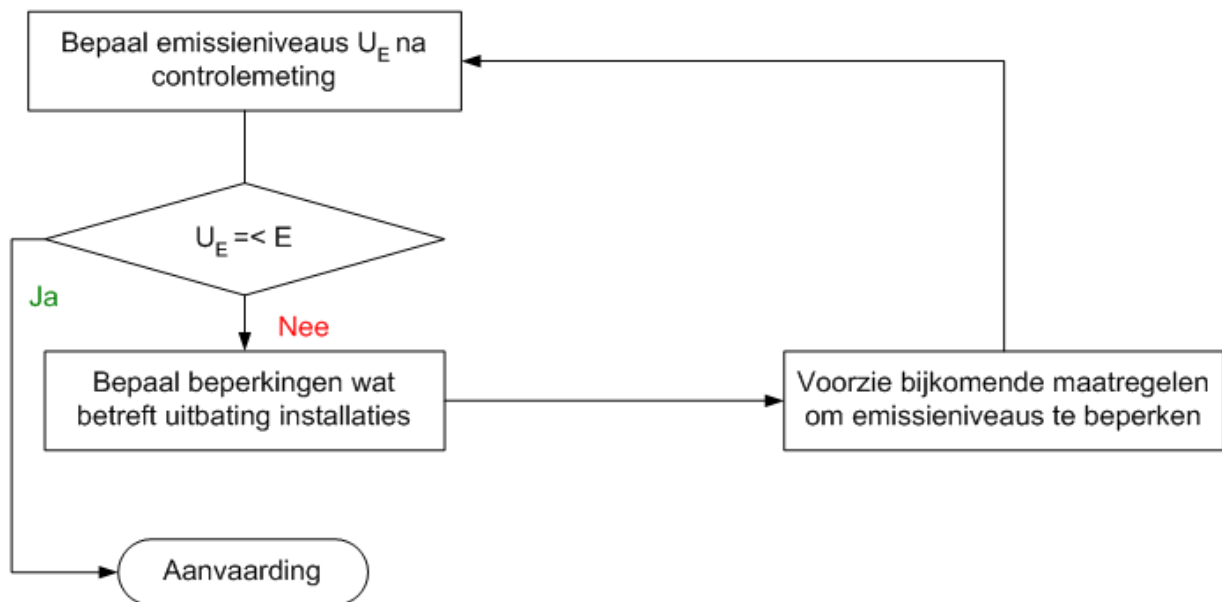


Figuur 1: evaluatieprocedure vóór de aansluiting

Netbeheerder
Verantwoordelijkheid
netbeheerder

Evaluatieprocedure na aansluiting

Netgebruiker
Verantwoordelijkheid
netgebruiker



Figuur 2: evaluatieprocedure na de aansluiting

5.3. Spanningsschommelingen

5.3.1. Flicker

Het gebruikte meettoestel moet beantwoorden aan de norm IEC 61000-4-30 [8] (Klasse A). Het individuele *emissieniveau* zal bepaald worden na simulatie met de 'Current Approach' [9].

Uit de *emissieniveaus* voor Pst en Plt zullen de cumulatieve waarschijnlijkheidsfuncties (CPF) afgeleid worden.

1. De percentielen 95 (op weekbasis) van de Pst en de Plt zullen de geldende *emissielimieten* niet overschrijden. (niet-geflagde gegevens)
2. Het percentiel 99 (op weekbasis) van de Pst zal de geldende *emissielimiet*, vermenigvuldigd met 1.2, niet overschrijden. (niet-geflagde gegevens)

Voor aansluitingen in Stadium 1 zijn de limieten in **bijlage 1, tabel 2** van toepassing. Voor aansluitingen in Stadium 2 en 3 zal de *netbeheerder* aangepaste limieten opgeven volgens de procedure voorzien in § 5.1.

5.3.2. Sporadische spanningsvariaties

Het bepalen van de *emissieniveaus* voor sporadische *spanningsvariaties* vereist een meting van het actief en reactief vermogen cyclus per cyclus gedurende minimaal 1 week. De *spanningsvariaties* worden als volgt afgeleid:

$$\frac{\Delta U_{dyn}}{U_N} = 100 \cdot \frac{R_{1,ref} \cdot \Delta P_1 + X_{1,ref} \cdot \Delta Q_1}{U_N^2}$$

met:

- $\Delta U_{dyn}/U_N$ (%) = procentuele *spanningsvariatie*
- ΔP_1 (MW) = actieve vermogensschommelingen bij fundamentele frequentie
- ΔQ_1 (Mvar) = reactieve vermogensschommelingen bij fundamentele frequentie
- $R_{1,ref}$ (Ω) = weerstand van het net bij 50 Hz (referentie impedantie)
- U_N (kV) = nominale netspanning
- $X_{1,ref}$ (Ω) = reactantie van het net bij 50 Hz (referentie impedantie)

De maximale *spanningsvariaties* binnen een venster van 150 cycli ('vs' interval) zullen de emissielimieten voor de spanningsvariaties niet overschrijden (**bijlage 1, tabel 3**).

5.3.3. Stroompieken (netten < 30 kV)

De piekstromen van sporadisch karakter (bijvoorbeeld het inschakelen van transformatoren) mogen 1500 A niet overschrijden (op basis van een halve cyclus) of 400 A (op basis van 10 cycli) in RMS waarde in middenspanningsdistributienetwerken (< 30 kV).

In het geval van een rechtstreekse aansluiting op de transformatiepost, worden deze grenzen opgetrokken tot 3000 A (op basis van een halve cyclus) respectievelijk 800 A (op basis van 10 cycli).

Voor transformatoren van groot vermogen kan het zijn dat specifieke maatregelen genomen moeten worden om aan de vereisten te beantwoorden.

5.4. Spanningsdistortie

5.4.1. Evaluatie van de emissieniveaus door stroommeting

Voor aansluitingen in Stadium 1 of 2 zal de evaluatie van de harmonische en interharmonische *emissieniveaus* gebeuren aan de hand van een stroommeting. Deze meting dient uitgevoerd te worden met een meettoestel dat conform is aan IEC 61000-4-30 [8] (Klasse A).

Voor frequenties van 0 tot en met 2500 Hz, zal de effectieve waarde van de harmonische en interharmonische componenten van de stroom bepaald worden en dit aan de hand van meetvensters van respectievelijk 150 cycli ('vs'-waarden) en 10 minuten ('sh'-waarden).

De bekomen meetwaarden dienen vermenigvuldigd te worden met $\frac{\sqrt{3} \cdot Z_{h,ref}}{U_N}$ om het

equivalente *emissionniveau* op de spanning te bekomen. Hierbij is:

- U_N (V) = nominale spanning aansluitingspunt
- $Z_{h,ref}$ (Ω) = referentie impedantie in aansluitingspunt op harmonische rang h

Een alternatieve methode bestaat erin de bekomen meetwaarden te vergelijken met de emissielimieten op de stroom. Ingeval van Stadium 1 emissielimieten, kunnen deze afgeleid worden uit de emissielimieten op de spanning aan de hand van onderstaande formules:

$$50 \text{ Hz} < f \leq 2000 \text{ Hz} \quad \rightarrow \quad E_{ih} = \frac{1}{2h} E_{uh} \frac{S_{sc,ref}}{S_i}$$

$$2000 \text{ Hz} < f \leq 4000 \text{ Hz} \quad \rightarrow \quad E_{ih} = \frac{1}{80} E_{uh} \frac{S_{sc,ref}}{S_i}$$

$$4000 \text{ Hz} < f \leq 9000 \text{ Hz} \quad \rightarrow \quad E_{ih} = \frac{1}{h} E_{uh} \frac{S_{sc,ref}}{S_i}$$

met:

- E_{uh} (%) = emissielimiet voor harmonische spanning (% nominale spanning)
- E_{ih} (%) = emissielimiet voor harmonische stroom (% fundamentele stroom)
- h = harmonische rangorde
- $S_{sc,ref}$ = referentie kortsluitvermogen (MVA)
- S_i = *onderschreven vermogen netgebruiker* (MW)

Onderstaande statistische waarden zullen berekend worden voor elke frequentie:

1. het percentiel 95 van de 'sh' waarden over de volledige week (niet-geflagde waarden)
2. het maximum van de dagelijkse percentielen 99 van de 'vs' waarden (niet-geflagde waarden)

De eerste statistische waarde moet kleiner blijven dan de geldende emissielimiet. Voor de tweede statistische waarde is een overschrijding van de overeenkomstige emissielimiet met een factor k_{hvs} toegelaten, met:

$$k_{hvs} = 1.3 + \frac{0.7}{45}(h - 5)$$

Voor aansluitingen in Stadium 1 zijn de limieten gegeven in **bijlage 1, tabel 2** van toepassing. Voor aansluitingen in Stadium 2 of 3 zal de *netbeheerder* aangepaste limieten opgeven volgens de procedure opgegeven in § 5.2.

5.4.2. Evaluatie van Stadium 3 emissieniveaus

Voor de evaluatie van de harmonische en interharmonische *emissieniveaus* van aansluitingen in Stadium 3 kunnen andere evaluatiemethodes aangewezen zijn. Indien alternatieve evaluatiemethodes toegepast worden, zal de werkwijze kenbaar gemaakt worden aan de *netgebruiker*.

5.4.3. Interharmonischen

Bepaalde interharmonischen kunnen verschillende problemen veroorzaken op verschillende toestellen. Interharmonischen dicht bij de fundamentele frequentie kunnen flicker veroorzaken ; het centraal afstandsbedieningsignaal kan verstoord worden in de aanwezigheid van interharmonischen wanneer de frequentie van het CAB signaal benadert. Andere problemen omvatten hoorbare ruis en mechanische resonanties. Om alle problemen van deze aard te vermijden moet het niveau van de verschillende interharmonischen onder 0.2% blijven. De evaluatie van de interharmonischen gebeurt op dezelfde manier dan voor de harmonischen.

De maximale interharmonische spanningen op de frequenties van het afstandsbedieningsysteem in de regio (opgegeven door de *netbeheerder*) zullen in elk geval steeds onder de 0.2% blijven om elke interactie met het centraal afstandsbedieningsignaal te vermijden.

5.4.4. Invloed van de harmonische impedantie

Indien de *netgebruiker* filters voorziet dan moet hij er zich van vergewissen dat er geen enkele interactie met het centraal afstandsbedieningsignaal kan optreden zowel onder normale als verstoorde netwerksituaties (antiresonanties vermijden op de frequenties van de centrale afstandsbediening).

Wanneer er condensatorbatterijen, filters of hoogspanningskabels (vanaf 36 kV) geplaatst worden kunnen er resonantiefenomenen met het net optreden die aanleiding geven tot een versterking van het harmonisch of interharmonisch niveau op de resonantiefrequentie. De *netgebruiker* moet alle maatregelen treffen om zulke problemen te vermijden. Elke verandering van het harmonisch niveau na de aansluiting van de installatie van de *netgebruiker* zal aanzien worden als een harmonische emissie. In het geval van het overschrijden van de emissielimiet kan de *netbeheerder* aangepaste maatregelen opleggen aan de *netgebruiker*.

5.4.5. CAB signaal

De impedantie van de *netgebruiker* op de frequentie van het centraal afstandsbedieningsignaal moet voldoende hoog zijn. Dit is nodig om een verzwakking van de centrale afstandsbedieningsignalen te vermijden. De impedantie moet groter zijn dan de minimaal opgelegde waarde:

$$Z_{TTC} = 0,4 \cdot U_C^2 / S_N$$

In geval er verschillende waarden zijn voor het vermogen bij productie en verbruik zal de hoogste van de twee waarden gebruikt worden voor de berekening.

U_C^2/S_N kan aanzien worden als de contractuele impedantie op 50 Hz.

Opmerking: In bepaalde gebieden worden er verschillende frequenties gebruikt voor de centrale afstandsbediening. De waarde van de impedantie moet voldoen aan de eisen voor alle aanwezige frequenties. In geval van een non-conformiteit is een sperfilter nodig. Voor nieuwe installaties is een actieplan noodzakelijk; berekeningen en/of metingen kunnen geëist worden.

5.5. Spanningsonevenwicht

De evaluatie gebeurt met een meettoestel dat beantwoordt aan de IEC 61000-4-30 [8] (Klasse A). De *inverse stroom* wordt gemeten voor meetvensters van 150 cycli ('vs'-waarden) en 10 minuten ('sh'-waarden). Het *emissieniveau* voor het *spanningsonevenwicht* wordt als volgt afgeleid:

$$\tau = \frac{\sqrt{3} \cdot Z_{1,ref} \cdot I_-}{U_N}$$

Hierbij is:

- I_- = inverse spanning
- U_N (V) = nominale spanning aansluitingspunt
- $Z_{1,ref}$ (Ω) = referentie impedantie in aansluitingspunt op fundamentele frequentie
- τ = spanningsonevenwicht

Onderstaande statistische waarden zullen berekend worden:

1. Het percentiel 95 van de 'sh' waarden op weekbasis (niet-geflagde waarden)
2. Het maximum van de dagelijkse percentielen 99 van de 'vs' waarden (niet-geflagde waarden)

De eerste statistische waarde dient kleiner te blijven het *emissieniveau*. Voor de tweede statistische waarde is een overschrijding van het overeenkomstige *emissieniveau* met een factor 1.5 toegelaten. Voor aansluitingen in Stadium 1 zijn de limieten in **bijlage 1, tabel 2** van toepassing. Voor aansluitingen in Stadium 2 of 3 zal de *netbeheerder* aangepaste limieten opgeven volgens de procedure opgegeven in § 5.1.

Bijlage 1: Planningniveaus & emissielimieten voor netgebruikers aangesloten op de hoogspanningsnetten, referentie kortsluitvermogen

Tabel 1: Planningniveaus voor harmonischen, interharmonischen, THD, spanningsonevenwicht en flicker in midden- en hoogspanningsnetten

		Nominale spanning			
		$U_N < 30 \text{ kV}$	$30 \text{ kV} \leq U_N < 150 \text{ kV}$	$U_N \geq 150 \text{ kV}$	
Harmonischen tot 9 kHz (% van U_1)					
Oneven geen veelvoud van 3	$h = 5$	5.0	3.5	2.0	
	$h = 7$	4.0	3.0	2.0	
	$h = 11$	3.0	2.2	1.5	
	$h = 13$	2.5	2.0	1.5	
	$h \geq 17$	$1.9 \frac{17}{h} - 0.2$	$1.2 \frac{17}{h}$		
Oneven veelvoud van 3	$h = 3$	4.0	3.0	2.0	
	$h = 9$	1.2	1.1	1.0	
	$h = 15$	0.3			
	$h > 15$	0.2			
Even	$h = 2$	1.5			
	$h = 4$	1.0			
	$h = 6$	0.5			
	$h = 8$	0.4			
	$h \geq 10$	$0.25 \frac{10}{h} + 0.22$	$0.19 \frac{10}{h} + 0.16$		
Totale Harmonische Distortie (% van U_N)		6.5	5.0	3.0	
Interharmonischen tot 9 kHz (% van U_N)		0.2			
Spanningsonevenwicht (τ)		1.8	1.4	0.8	
Flicker (-)	Pst	0.90	0.80	0.80	
	Plt	0.70	0.60	0.60	
Spanningsvariaties	$n \leq 4$ / dag	$\frac{\Delta U}{U}$	5 à 6	3 à 5	3 à 5
	$n \leq 2$ / uur	$\frac{\Delta U}{U}$	4	3	3
	$2 < n \leq 10$ / uur	(%)	3	2.5	2.5

Tabel 2: Stadium 1 emissielimieten voor harmonischen, interharmonischen, THD, spanningsoevenwicht en flicker in functie van het onderschreven vermogen voor netgebruikers aangesloten in midden- en hoogspanningsnetten

		Onderschreven vermogen netgebruiker S_i (MVA)		
		Plage A	Plage B	Plage C
$U_N < 30$ kV		< 5	$5 \leq S_i < 10$	≥ 10
$30 \text{ kV} \leq U_N < 150$ kV		< 10	$10 \leq S_i < 25$	≥ 25
$150 \text{ kV} \leq U_N$		< 25	$25 \leq S_i < 75$	≥ 75
Harmonische n (% van U_1)	h = 5, 7, 11 & 13	0.40	0.55	0.70
	h = 3, 17, 19, 23 & 25	0.30	0.40	0.50
	h = 2, 4, 9, 29, 31, 35 & 37	0.20	0.30	0.30
	andere tot 9 kHz	0.20	0.20	0.20
THD (% van U_1)		0.5	0.80	1.10
Interharmonischen tot 9 kHz (% van U_1)		0.20	0.20	0.20
Onevenwicht (τ)		0.40	0.50	0.60
Flicker (-)	Pst	0.35	0.40	0.45
	Plt	0.25	0.30	0.35

Tabel 3: Emissielimieten voor sporadische spanningsvariaties voor netgebruikers aangesloten in midden- en hoogspanningsnetten

Sporadische spanningsvariaties in functie van het aantal veranderingen per uur $\Delta U_{\text{dyn}} / U_N$ (%)			
	r (h^{-1})		
	$n < 4$ / dag	$n \leq 2$ / uur	$2 < n \leq 10$ / uur
$U_N < 30$ kV	4.0	4.0	3.5
$U_N \geq 30$ kV	3.0	3.0	2.5

Tabel 4: Minimum referentie kortsluitvermogen in het injectiepunt voor evaluatie van emissieniveaus voor netgebruikers aangesloten in midden- en hoogspanningsnetten

Tension nominale au point de raccordement	$5 \leq U_N < 30$ kV*	$30 \leq U_N < 70$ kV	70 kV	150 kV	220 kV	380 kV
$S_{\text{sc, min}}$	0.1 GVA $\angle -85^\circ$	0.3 GVA $\angle -65^\circ$	0.4 GVA $\angle -70^\circ$	2 GVA $\angle -80^\circ$	3 GVA $\angle -80^\circ$	6 GVA $\angle -85^\circ$

* Enkel geldig op de secundaire klemmen van de transformator van de HS / MS injectiepost.

Bijlage 2: Definities

Aansluitingspunt (POC)

De fysieke plaats en het spanningsniveau van het punt waar de aansluiting is verbonden met het net en die het distributie- of transmissienet scheidt van de installaties waarvan de uitschakeling slechts gevolgen heeft voor de netgebruiker aangesloten op dat punt.

Aansluitingspanning

De aansluitingspanning is de nominale spanning van het net op het aansluitingspunt.

Compatibiliteitsniveau

Referentiewaarde voor de coördinatie tussen de emissie en de immuniteit van installaties die deel uitmaken of gevoed worden door eenzelfde elektrisch net, teneinde de EMC (elektromagnetische compatibiliteit) van het gehele systeem, bestaande uit het net en de aangesloten installaties, te verzekeren.

Directe spanning

Eén van de drie symmetrische spanningscomponenten van een symmetrisch of asymmetrisch sinusoïdaal spanningsstelsel die gedefinieerd is door de volgende wiskundige uitdrukking:

$$\underline{U}_+ = \frac{1}{3} \cdot (\underline{U}_{L1} + a \cdot \underline{U}_{L2} + a^2 \cdot \underline{U}_{L3})$$

waarbij $a = e^{j120^\circ}$ en U_{L1} , U_{L2} en U_{L3} de complexe uitdrukkingen zijn van de fasespanningen.

Distortie van de spanning

Distortie of vervorming van de spanningsgolf treedt op wanneer zich op de sinusoïdale spanningsgolf, met grondfrequentie van 50 Hz, sinusoïdale componenten met een andere frequentie superponeren. Wanneer de frequentie van de component een geheel veelvoud is van 50 Hz spreekt men over harmonischen, in de andere gevallen spreekt men over interharmonischen. Harmonischen en interharmonischen worden veroorzaakt door niet-lineaire installaties. Belangrijke bronnen zijn vermogenelektronische installaties zoals bijvoorbeeld omvormers, gelijkrichters, geregelde aandrijvingen en ononderbreekbare voedingen. Andere voorbeelden zijn elektrische vlamboogovens en verlichtingtoestellen zoals fluorescentie- en hogedruk dampampen.

Emissie

Fenomeen waarbij elektromagnetische energie wordt uitgezonden door een bron.

Emissielimiet of toegelaten stoorniveau

De emissielimiet of het toegelaten stoorniveau van een netgebruiker wordt opgegeven door de netbeheerder en geeft het maximaal aanvaardbare stoorniveau die de netgebruiker mag produceren.

Emissieniveau

Het emissieniveau van een netgebruiker is het stoorniveau dat de installatie van de netgebruiker zou veroorzaken op het aansluitingspunt in afwezigheid van andere vervormende, fluctuerende of onevenwichtige installaties naargelang het geval.

Evaluatiepunt (POE)

De fysieke plaats in het net waar de emissieniveaus van een installatie worden vergeleken met de emissielimieten.

Flicker

Impressie van de instabiliteit van de visuele impressie geïnduceerd door een lichtstimulus met een in de tijd variërende luminantie of spectrale distributie.

Gemeenschappelijk koppelingspunt (PCC)

De fysieke plaats in het net die elektrisch gezien het dichtst bij de beschouwde installatie ligt en waar andere installaties kunnen gekoppeld zijn.

Harmonische

Sinusoidale component van een complexe golf met een frequentie die een geheel veelvoud is van de frequentie van de fundamentele.

Hoogspanning

Spanningsniveaus boven 35 kV.

Immunititeit

De bekwaamheid van een toestel of systeem om op correcte wijze te functioneren in de aanwezigheid van een elektromagnetische storing.

Inverse spanning

Eén van de drie symmetrische spanningscomponenten van een symmetrisch of asymmetrisch sinusoidaal spanningsstelsel die gedefinieerd is door de volgende wiskundige uitdrukking:

$$\underline{U}_- = \frac{1}{3} \cdot (\underline{U}_{L1} + a^2 \cdot \underline{U}_{L2} + a \cdot \underline{U}_{L3})$$

waarbij $a = e^{j120^\circ}$ en \underline{U}_{L1} , \underline{U}_{L2} en \underline{U}_{L3} de complexe uitdrukkingen zijn van de fasespanningen.

Inverse stroom

Eén van de drie symmetrische stroomcomponenten van een symmetrisch of asymmetrisch sinusoidaal stroomstelsel die gedefinieerd is door de volgende wiskundige uitdrukking:

$$\underline{I}_- = \frac{1}{3} \cdot (\underline{I}_{L1} + a^2 \cdot \underline{I}_{L2} + a \cdot \underline{I}_{L3})$$

waarbij $a = e^{j120^\circ}$ en \underline{I}_{L1} , \underline{I}_{L2} en \underline{I}_{L3} de complexe uitdrukkingen zijn van de lijnstromen.

Laagspanning

Alle spanningsniveaus kleiner dan of gelijk aan 1 kV.

Netgebruiker

Elke natuurlijke of rechtspersoon waarvan de installaties aangesloten zijn op het net wordt netgebruiker (producent of eindgebruiker) genoemd.

Onderschreven vermogen netgebruiker

Het onderschreven vermogen, beschreven in het technisch reglement, laat de netgebruiker toe een realisatie van een programma aan te vragen voor het produceren of afnemen van een vooraf bepaald vermogen op één of verschillende punten van het net. Er zijn twee formules: de formule van jaarlijkse onderschrijving en de formule van maandelijks onderschrijving.

Planningniveau

Het planningniveau wordt opgegeven door de netbeheerder voor de verschillende spanningsniveaus en kan beschouwd worden als een intern kwaliteitsobjectief. Ze is steeds kleiner of gelijk aan het compatibiliteitsniveau.

Referentie kortsluitvermogen

Het referentie kortsluitvermogen is een vastgelegde referentiewaarde, die gebruikt wordt bij de evaluatie van de emissieniveaus van de netgebruiker wat betreft spanningsonevenwicht, spanningsvariaties en flicker.

Referentie harmonische impedantie

De referentie harmonische impedantie is een contractueel vastgelegde referentiewaarde, die gebruikt wordt bij de evaluatie van het harmonische emissieniveau van de netgebruiker.

Spanningsschommelingen

Spanningsschommelingen zijn repetitieve spanningsvariaties waarvan de amplitude niet groter is dan 10% van de nominale spanning. De meeste elektrische uitrustingen zijn ongevoelig voor spanningsschommelingen. Verlichtingstoestellen vormen hierop een uitzondering, hun uitgestraalde lichtintensiteit is functie van de effectieve waarde van de spanning : spanningsschommelingen kunnen flicker veroorzaken (het frequentiegebied van 0.1 tot 30 Hz is zeer kritisch voor flicker), een fysiologisch verschijnsel dat door de mens als hinderlijk kan ondervonden worden.

De internationale flickermeter [12] maakt het mogelijk om het flickerfenomeen te kwantificeren aan de hand van twee parameters: de Pst (short term, één waarde per interval van 10 min) en de Plt (long term, één waarde per interval van 2 h). De bronnen van flicker zijn in het algemeen installaties waarvan het afgenomen vermogen en dan voornamelijk het reactief vermogen, snelle veranderingen ondergaat. Voorbeelden hiervan zijn elektrische vlamboogovens, lasinstallaties, grote motoren die frequent geschakeld worden en windmolenparken.

Spanningsonevenwicht

Onevenwicht is elke afwijking, in amplitude of faseverschuiving, t.o.v. een driefasig evenwichtig systeem. Spanningsonevenwicht wordt gedefinieerd als zijnde de amplitude van de verhouding tussen de inverse en de directe component van de spanning (te bepalen met de methode van de symmetrische componenten), uitgedrukt in procent.

$$\tau = 100 \cdot \left| \frac{U_-}{U_+} \right| \quad (\%)$$

Bronnen van spanningsonevenwicht zijn installaties die ongelijke stromen uit het net opnemen. Éénfasige belastingen zijn de belangrijkste oorzaak (voorbeeld: wisselstroomtractie).

Spanningsvariatie

Variatie van de RMS-waarde of de piekwaarde van de spanning tussen twee niveaus voor een bepaalde of onbepaalde duur.

τ

Zie "Spanningsonevenwicht"

Bijlage 3: Symbolenlijst

CPF	Cumulatieve waarschijnlijkheidsfunctie
f	Frequentie van de (inter)harmonische component (Hz)
h	Harmonische rang (-)
IEC	International Electrotechnical Commission
I	Inverse stroom
I_{Lj}	Stroom van de fase j
Pst	Short Term flicker niveau, één waarde per interval van 10 min (-), zie [8]
Plt	Long Term flicker niveau, één waarde per interval van 2 h (-), zie [8]
$R_{1,ref}$	Referentie weerstand net bij de fundamentele frequentie in Stadium 1 (Ω)
$S_{sc,min}$	Minimum kortsluitvermogen (MVA)
$S_{sc,ref}$	Referentie kortsluitvermogen (MVA)
S_N	Contractueel vermogen
sh	10 minuten waarden
τ	Onevenwicht
U_C	Gedeclareerde spanning
U_{Lj}	Spanning van de fase j
U_N	Aansluitspanning (kV)
vs	150 cycli waarden
$X_{1,ref}$	Referentie reactantie van het net in het aansluitingspunt bij de fundamentele frequentie (Ω)
$Z_{1,ref}$	Referentie impedantie van het net in het aansluitingspunt bij de fundamentele frequentie (Ω)
$Z_{h,ref}$	Referentie impedantie van het net in het aansluitingspunt bij de harmonische h (Ω)
Z_{TCC}	Impédance à la fréquence TCC
ΔP_1	Actieve vermogensschommelingen bij de fundamentele frequentie
ΔQ_1	Reactieve vermogensschommelingen bij de fundamentele frequentie
ΔU_{dyn}	Dynamische spanningsvariatie

Bijlage 4: referenties

- [1] IEC 61000-2-4 – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-4: Environment – Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances, version 2002-06.
- [2] EN 50160 – Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems; European Standard, version 2007.
- [3] IEC 61000-2-2 – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-2: Environment – Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems, version 2002-03.
- [4] IEC 61000-2-12 – Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 2-12: Environment - Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public medium-voltage power supply systems, version 2003-04.
- [5] IEC/TR 61000-3-6 – Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-6: Limits - Assessment of emission limits for distorting loads in MV, HV and EHV power systems - 2008-02, Ed. 2.0
- [6] IEC/TR 61000-3-7 – Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-7: Limits - Assessment of emission limits for fluctuating loads in MV, HV and EHV power systems - 2008-02, Ed. 2.0
- [7] IEC 60909-0 – Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part 0: Calculation of currents, version 2001-07.
- [8] IEC 61000-4-30 – Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and Measurement Techniques – Power Quality Measurement Methods – 2008-10, Ed. 2.0
- [9] Test Protocol – IEC Flickermeter used in power system voltage monitoring – Prepared by UIE WG2 "Power Quality" – Draft 6, 2001-07
- [10] 'The concept of short-circuit power and the assessment of the flicker emission level', M. Couvreur, E. De Jaeger, P. Goossens, A. Robert, CIREN 2001
- [11] IEC/TR 61000-3-13 – Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 3-13: Limits – Assessment of emission limits for the connection of unbalanced installations to MV, HV and EHV power systems, 2008-02, Ed. 1.0