

INHOUD

INLEIDING

xv

Hoofdstuk 1

FUNDAMENTELE UITGANGSPUNTEN

1

1.1 TOEPASSINGSGEBIED

2

1.2 NORMATIEVE VERWIJZING

2

1.2.1 NEN 1010

3

1.2.2 NEN-EN 50110 en NEN 3140

4

1.2.3 NEN-EN-IEC 60204

4

1.2.4 NEN-EN-IEC 61439

4

1.3 UITGANGSPUNTEN

4

1.3.1 Veiligheidsmaatregelen

4

1.3.2 Ontwerp

6

1.3.3 Keuze van elektrisch materieel

7

1.3.4 Installatie en eerste inspectie

8

1.4 DE NETCODE

8

1.4.1 Werkingssfeer en definities

9

1.4.2 Voorwaarden met betrekking tot aansluiting

10

1.4.2.1 Voorwaarden voor alle aangeslotenen

10

1.4.2.2 Aanvullende voorwaarden voor op laagspanningsnet aangeslotenen

14

1.4.2.3 Aanvullende voorwaarden voor op hoogspanningsnet aangeslotenen

19

1.4.2.4 Aanvullende voorwaarden voor op laagspanningsnetten aangesloten productie-eenheden

20

1.5 KWALITEIT VAN GELEVERDE ENERGIE

22

1.5.1 Frequentie

22

1.5.2 Spanningsniveau

22

1.5.3 Spanningsvariaties

23

1.5.4 Transiënte verschijnselen

25

1.5.5 Spanningsvorm

25

1.5.6 Symmetrie

26

1.5.7 Kwaliteit van signaalspanningen

27

1.5.8 Betrouwbaarheid (spanningsonderbrekingen)

27

Hoofdstuk 2

DEFINITIES EN ONTWERPBEREKENINGEN

29

2.1 STROMEN EN SPANNINGEN

30

2.1.1 Eenfase systeem

31

2.1.2 Meerfasesysteem

33

2.1.2.1 Symmetrische belasting in ster geschakeld

33

2.1.2.2 Asymmetrische belasting in ster geschakeld

34

2.1.2.3 Symmetrische belasting in driehoek geschakeld

35

2.1.2.4 Asymmetrische belasting in driehoek geschakeld

36

2.1.2.5 Symmetrische belasting met nulleider

37

2.1.2.6 Asymmetrische belasting met nulleider

37

2.2 BEREKENEN SPANNINGSVERLIEZEN EN SPANNINGVARIATIES

38

2.2.1 Spanningsverliezen

38

2.2.2 Spanningsvariatie

39

	2.3 AARDFOUTEN EN BESCHERMING TEGEN ELEKTRISCHE SCHOK, POTENTIALVEREFFENING	42
	2.4 KORTSLUITSTROMEN EN KORTSLUITVASTHEID	44
	2.5 HARMONISCHEN EN BLINDVERMOGEN	48
	2.5.1 Harmonischen	48
	2.5.2 Ontstaan harmonischen	49
	2.5.3 Eigenschappen van diverse harmonischen	50
	2.5.4 Blindvermogen	51
Hoofdstuk 3	ALGEMENE KENMERKEN	55
	3.1 UITWENDIGE INVLOEDEN	56
	3.1.1 Invloeden van omgeving	57
	3.1.2 Toepassingen	60
	3.1.3 Bouwkundige constructies	63
	3.2 VOEDINGSBRONNEN	63
	3.2.1 Aansluiting op net	63
	3.2.2 Wijze van aarding van het stelsel	67
	3.2.3 Voedingsbronnen voor veiligheids- of reservedoeleinden	69
	3.3 COMPATIBILITEIT	70
	3.3.1 Algemeen	70
	3.3.2 Power Quality (de kwaliteit van spanning en stroom)	72
	3.4 ONDERHOUDBAARHEID	76
Hoofdstuk 4	BESCHERMINGSMAATREGELEN	77
	4.1 BESCHERMING TEGEN ELEKTRISCHE SCHOK	78
	4.1.1 Kenmerken van de mens	78
	4.1.2 Beschermingsmaatregelen	82
	4.1.2.1 Basisbescherming	83
	4.1.2.2 Foutbescherming	85
	4.1.3 Aanvullende bescherming	87
	4.2 UITWERKING IN DE NEN 1010 / BESCHERMING TEGEN SCHOK	88
	4.2.1 Automatische uitschakeling van de voeding	88
	4.2.1.1 Beschermende vereffening	88
	4.2.1.2 Uitschakeling in een TT-stelsel	90
	4.2.1.3 Overstroombeveiliging in TN-stelsel	94
	4.2.2 Aanvullende bescherming	97
	4.3 UITGEWERKTE VOORBEELDEN, BESCHERMING TEGEN SCHOK	98
	4.4 BEVEILIGING TEGEN OVERSPANNING	99
	4.4.1 Middenspanningsnet en mogelijke sluitingen	99
	4.4.2 Overspanningen door bliksemontladingen of schakelhandelingen	103
	4.5 AARDINGSCONCEPT	104
	4.5.1 Potentiaalvereffening	104
	4.5.2 Elektromagnetische verstoringen	108
	4.6 BEVEILIGING TEGEN ONDERSPANNING	114

Hoofdstuk 5

ELEKTRISCH MATERIEEL	117
5.1 KENMERKEN LEIDINGEN	118
5.2 (OVER)BELASTING VAN LEIDINGEN	120
5.2.1 Opwarming van een leiding	120
5.2.2 Kortsluiting in een leiding	123
5.3 BEVEILIGING VAN LEIDINGEN	124
5.3.1 Beveiliging tegen overbelasting	125
5.3.2 Beveiliging tegen kortsluiting	127
5.3.3 Parallel geschakelde leidingen	130
5.3.4 Bepaling van de benodigde leidingdoorsnede	134
5.3.5 Voorbeelden leidingberekening	137
5.4 WERKING/KARAKTERISTIEKEN VAN BEVEILIGINGSTOESTELLEN	147
5.4.1 De werking van smeltveiligheden	147
5.4.2 Werking/karakteristieken van automaten	148
5.4.3 Werking/karakteristieken van aardlekbeveiligingen	154
5.4.4 Werking/karakteristieken van vermogensschakelaars	159
5.5 SELECTIVITEIT	166
5.6 SCHAKELAARS EN SCHEIDERS	172
5.6.1 Soorten schakelaars	172
5.6.2 Soorten scheiders	173
5.6.3 Lastschakelaars	173
5.6.4 Scheiders	175
5.6.5 Lastscheiders	176
5.6.6 Bedieningsschakelaars	176
5.6.7 Werkschakelaars	177
5.6.8 Noodschakelaars	177
5.7 SCHAKEL- EN VERDEELINRICHTINGEN	177
5.8 AARDINGSVOORZIENINGEN	178
5.8.1 Aardelektroden	178
5.8.2 Aardnetten	182
5.8.3 Doorsneden van aard- en beschermingsleidingen	183
5.8.4 Aardingssystemen voor gevoelige installaties	185
5.9 LAAGSPANNINGSOPWEKEENHEDEN	185
5.10 STUURSTROOMKETENS	187
5.11 VEILIGHEIDSVORZIENINGEN	188

Hoofdstuk 6

INSPECTIE VAN DE ELEKTRISCHE INSTALLATIE	191
6.1 ALGEMEEN	192
6.1.1 Soort installatie	192
6.1.2 Welke bepalingen uit de NEN 1010 zijn van toepassing	192
6.1.3 Uitvoering en omvang van inspectie	194
6.1.4 Kenmerken van elektrische installatie	194
6.1.5 Gebruikte documentatie	194
6.2 VISUELE CONTROLE	194

6.3	MEETUITRUSTING	198
6.3.1	Meetinstrumenten	198
6.3.2	Herkomst afwijkingspercentage van 30%	200
6.3.3	Meetfouten	200
6.3.4	Meetnauwkeurigheid	201
6.3.5	Veiligheid	201
6.3.6	Meetsnoeren en meetaccessoires	202
6.3.7	Veiligheid en de NEN 3140	203
6.3.8	Praktische wenken	203
6.4	METINGEN EN BEPROEVINGEN VOLGENS DE NEN 1010	205
6.4.1	Ononderbroken zijn van stroomgeleiders	205
6.4.2	Isolati weerstand van de elektrische installatie	205
6.4.3	Bescherming door scheiding van stroomketens bij toepassing van SELV-ketens, PELV-ketens of elektrische scheiding	207
6.4.4	Isolati weerstand van vloeren en wanden	209
6.4.4.1	Wisselstroomsystemen	209
6.4.4.2	Gelijkstroomsystemen	210
6.4.4.3	Impedantie bij vloeren en wanden bij wisselspanning	210
6.4.4.4	Beproevingselektrode	210
6.4.5	Automatische uitschakeling van de voeding	210
6.4.5.1	TN-Stelsels	211
6.4.5.2	TT-Stelsels	211
6.4.5.3	IT-Stelsels	211
6.4.5.4	Metten van fout- en aanrakingsspanningen	212
6.4.5.5	Impedantie van de foutstroom meten	214
6.4.6	Aanvullende bescherming	219
6.4.6.1	Werking aardlekschakelaar	220
6.4.6.2	Testen van aardlekschakelaar	221
6.4.6.3	Beproeven van aardlekschakelaar	221
6.4.7	Bepaling polariteit	221
6.4.8	Controle op fasevolgorde	222
6.4.9	Functionele en operationele beproevingen	222
6.4.10	Spanningsverlies	222
6.4.11	Overige metingen	224
6.5	TEKENINGEN	225
6.6	RAPPORTAGE	226
6.7	VEELVOORKOMENDE FOUTEN	228
6.8	VOORBEELDEN VAN INSPECTIEPUNTEN VAN DE ELEKTRISCHE INSTALLATIE	231
6.9	INSPECTIE VAN BESTAANDE INSTALLATIES	235
6.9.1	Visuele controle	235
6.9.2	Metingen en beproevingen	237
6.9.3	Tekeningen	237
6.9.4	Rapportage	237
6.9.5	Veelvoorkomende fouten in bestaande elektrische installaties	237
6.10	INSPECTIEFREQUENTIE VAN DE BESTAANDE ELEKTRISCHE INSTALLATIE	237

AANVULLENDE EN BIJZONDERE RUBRIEKEN	239
7.1 RUIMTEN MET BAD OF DOUCHE (RUBRIEK 701)	240
7.1.1 Aanvullende bescherming	241
7.1.2 Elektrische materieel	241
7.1.3 Elektrische toestellen	241
7.1.4 Leidingsystemen en installatie	242
7.2 ZWEMBADEN EN FONTEINEN (RUBRIEK 702)	242
7.2.1 Zone-indeling	242
7.2.2 Beschermingsmaatregelen en beveiliging	242
7.2.3 Uitwendige invloeden	243
7.2.4 Elektrisch materieel	244
7.2.5 Leidingsystemen en installatie	244
7.3 RUIMTEN EN CABINES MET SAUNAKACHELS (RUBRIEK 703)	245
7.3.1 Aanvullende bescherming	245
7.3.2 Elektrisch materieel	245
7.3.3 Elektrische toestellen	245
7.3.4 Leidingsystemen en installatie	245
7.4 INSTALLATIES OP BOUW- EN SLOOPTERREINEN (RUBRIEK 704)	246
7.4.1 Beveiliging	247
7.4.2 Bouwkasten	247
7.4.3 Verlichtingsarmaturen	247
7.4.4 Leidingsystemen en installatie	247
7.5 BEDRIJFSRUIMTEN EN -TERREINEN VOOR LANDBOUW, TUINBOUW EN VEETEELT (RUBRIEK 705)	248
7.5.1 Beveiliging	248
7.5.2 Beschermingsmaatregelen	248
7.5.3 Elektrisch materieel	248
7.5.4 Levensondersteunende voorzieningen voor intensieve veehouderij	249
7.6 NAUW GELEIDENDE RUIMTEN (RUBRIEK 706)	249
7.6.1 Beschermingsmaatregelen	249
7.6.2 Vast aangesloten elektrisch materieel	249
7.6.3 Verplaatsbaar elektrisch materieel	250
7.7 CAMPINGS EN VERGELIJKBARE TERREINEN (RUBRIEK 708)	250
7.7.1 Elektrisch materieel	250
7.7.2 Contactdozen	250
7.7.3 Leidingsystemen en installatie	251
7.8 JACHTHAVENS EN VERGELIJKBARE TERREINEN (RUBRIEK 709)	252
7.8.1 Beschermingsmaatregelen	252
7.8.2 Uitwendige invloeden	252
7.8.3 Elektrisch materieel contactdozen	252
7.8.4 Leidingen en bijbehoren van leidingen	253
7.9 MEDISCH GEBRUIKTE RUIMTEN (RUBRIEK 710)	253
7.9.1 Indeling van de ruimten	253
7.9.2 Beschermingsmaatregelen	253
7.9.3 Medische IT-stelsels	254
7.9.4 Aanvullende potentiaalvereffening	256
7.9.5 Vloeren	258
7.9.6 Voedingsbronnen	259

7.9.7	Isolatiebewaking	260
7.9.8	Beveiliging	260
7.9.9	Elektrisch materieel	260
7.9.10	Noodverlichting en overige apparatuur	261
7.9.11	Schema's, documentatie en bedieningsinstructies	261
7.9.12	Inspectie	262
7.10	TENTOONSTELLINGEN, SHOWS EN STANDS (RUBRIEK 711)	263
7.10.1	Beveiliging	263
7.10.2	Beschermingsmaatregelen	263
7.10.3	Elektrisch materieel	263
7.10.4	Inspectie	264
7.11	FOTOVOLTAÏSCHE (PV) VOEDINGSSYSTEMEN (RUBRIEK 712)	264
7.11.1	Beschermingsmaatregelen	266
7.11.2	Uitwendige invloeden	267
7.11.3	Elektrisch materieel	267
7.11.4	Leidingsystemen en installatie	267
7.11.5	Aardingsvoorzieningen	267
7.12	MEUBILAIR (RUBRIEK 713)	267
7.12.1	Beveiliging	267
7.12.2	Elektrisch materieel	267
7.12.3	Leidingsystemen en installatie	268
7.13	INSTALLATIES VOOR BUITENVERLICHTING (RUBRIEK 714)	268
7.13.1	Beveiliging	268
7.13.2	Elektrisch materieel	268
7.13.3	Uitwendige invloeden	268
7.13.4	Leidingsystemen en installatie	268
7.14	VERLICHTINGSINSTALLATIES MET ZEER LAGE SPANNING (RUBRIEK 715)	269
7.14.1	Extra lage spanning SELV-ketens	269
7.14.2	Beveiliging	269
7.14.3	Leidingsystemen en installatie	269
7.15	VERRIJDWARE OF VERPLAATSBARE EENHEDEN (RUBRIEK 717)	269
7.15.1	Beschermingsmaatregelen	269
7.15.2	Elektrisch materieel	270
7.15.3	Leidingsystemen en installatie	270
7.16	RUIMTEN MET EEN PUBLIEKE FUNCTIE EN BEDRIJFSRUIMTEN (RUBRIEK 718)	270
7.16.1	Schakel- en verdeelinrichting	270
7.16.2	Preferente groepen	271
7.16.3	Verlichting	271
7.16.4	Leidingsystemen en installatie	271
7.17	ELEKTRISCHE INSTALLATIES IN CARAVANS EN CAMPERS (RUBRIEK 721)	271
7.17.1	Beveiliging	271
7.17.2	Elektrisch materieel	272
7.18	LAADINRICHTINGEN VOOR ELEKTRISCHE VOERTUIGEN (RUBRIEK 722)	272
7.18.1	Beschermingsmaatregelen	274
7.18.2	Beveiligingsmaatregelen	274

7.19	RUIMTEN BESTEMD VOOR METING EN BEPROEVING MET VERPLAATSBARE MEETINSTRUMENTEN (RUBRIEK 723)	274
7.19.1	Beveiliging	275
7.19.2	Spanningsloos en stroomloos maken	276
7.20	ELEKTROLYSERUIMTEN (RUBRIEK 724)	276
7.20.1	Beveiliging	276
7.20.2	Beschermingsmaatregelen	277
7.20.3	Elektrisch materieel	277
7.20.4	Leidingsystemen en installatie	277
7.21	RUIMTEN MET BEPERKTE TOEGANG BESTEMD VOOR BEDIENINGS- HANDELINGEN EN ONDERHOUD (RUBRIEK 729)	277
7.21.1	Ruimten met onbeschermd actieve delen aan één zijde	277
7.21.2	Ruimten met onbeschermd actieve delen aan twee zijden	277
7.21.3	Gangpaden	278
7.21.4	Aanvullende eisen	278
7.22	TIJDELIJKE ELEKTRISCHE INSTALLATIES VOOR CONSTRUCTIES, TOESTELLEN EN KRAMEN OP KERMISSEN EN IN ATTRACTIEPARKEN (RUBRIEK 740)	278
7.22.1	Beveiliging	278
7.22.2	Aanvullende bescherming door aardlekbeveiliging	279
7.22.3	Beschermingsmaatregelen	279
7.22.4	Elektrisch materieel	279
7.22.5	Leidingen en bijbehoren van leidingen	280
7.23	VERWARMINGSKABELS EN INGEBOUWDE VERWARMINGSSYSTEMEN (RUBRIEK 753)	280
7.23.1	Beschermingsmaatregelen	280
7.23.2	Uitwendige invloeden	280
7.24	VOCHTIGE RUIMTEN EN RUIMTEN MET BIJTENDE GASSEN, DAMPEN OF STOFFEN (RUBRIEK 754)	281
7.24.1	Beschermingsmaatregelen	281
	REGISTER	283

HOOFDSTUK 1

FUNDAMENTELE UITGANGSPUNTEN



HOGE SPANNING
LEVENSGEVAARLIJK

The image shows a grey utility cabinet with a brown louvered door. The cabinet is decorated with a mosaic of blue, yellow, and red tiles. A large, tilted warning sign is attached to the door. The sign is yellow with a black border and contains the text 'HOGE SPANNING' and 'LEVENSGEVAARLIJK' in black capital letters. A smaller, rectangular warning sign is also visible on the door, with the text 'HOGE SPANNING' and 'LEVENSGEVAARLIJK' in black capital letters. The cabinet is situated outdoors on a dirt and grass area, with a paved road and a tree in the background.

FUNDAMENTELE UITGANGSPUNTEN

1.1 TOEPASSINGS- GEBIED

In dit hoofdstuk wordt gekeken naar de toepassing van de norm NEN 1010. Ook worden de diverse uitgangspunten toegelicht die van belang zijn voor het ontwerp, de aanleg en de inspectie van een elektrische installatie.

Dit hoofdstuk geeft voornamelijk theoretische achtergrondinformatie, omdat ook deel 1 van de NEN 1010 geen specifieke bepalingen bevat, die verdere technische uitleg vereisen.

Het toepassingsgebied van de NEN 1010 betreft stroomketens met een nominale wisselspanning van ten hoogste 1000 V of een nominale gelijkspanning van ten hoogste 1500 V. Ook stroomketens met een spanning hoger dan 1000 V die worden gevoed vanuit laagspanningsinstallaties met een wisselspanning niet hoger dan 1000 V, vallen onder de NEN 1010. Dit laatste geldt voornamelijk voor toestellen of kleine installaties. Voor uitgebreide installaties, in tunnels bijvoorbeeld, is het wenselijk om ook voor de spanningen hoger dan 1000 V de norm voor hoogspanningsinstallaties aan te houden. Installaties met een hogere spanning vallen namelijk onder de NEN 1041, de norm met veiligheidsbepalingen voor hoogspanningsinstallaties.

De NEN 1010 is niet van toepassing op diverse installaties waar specifieke eigen normen voor zijn. Dit betreft onder andere:

- materieel ten behoeve van elektrische tractie;
- elektrisch materieel van motorvoertuigen;
- elektrische installaties aan boord van schepen;
- elektrische installaties in vliegtuigen;
- installaties voor openbare verlichting die deel uitmaken van een openbaar net;
- installaties in mijnen en groeven;
- materieel voor onderdrukking van radiostoring tenzij dit de veiligheid van de elektrische installatie nadelig beïnvloedt;
- elektrische schrikdraadinstallaties;
- uitwendige bliksembeveiligingsinstallaties voor gebouwen;
- bepaalde aspecten van liftinstallaties;
- elektrische uitrusting van machines.

Deze opsomming is niet uitputtend. Voor de complete opsomming kan de NEN 1010 worden geraadpleegd.

Ook in normatieve verwijzingen wordt gekeken naar de relatie met andere normen, zoals de norm voor de elektrische uitrusting van machines.

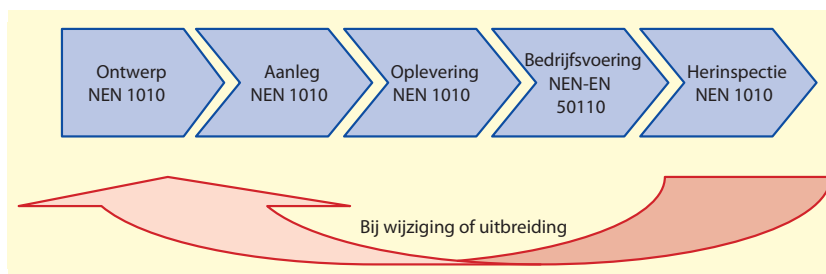
Bij uitbreidingen en wijzigingen in de elektrische installatie moet ook aan de NEN 1010 worden voldaan. Uitbreidingen kunnen eveneens gevolgen hebben voor de bestaande installatie. Een eenvoudig voorbeeld is de uitbreiding van een installatie met een eigen aardingsvoorziening (TT-stelsel). Als dit een zwaardere eindgroep betreft dan de bestaande eindgroepen, dan is hiervoor een lagere aardverspreidingsweerstand nodig. De aardingsvoorziening moet in dat geval worden aangepast.

1.2 NORMATIEVE VERWIJZING

Voor het realiseren van een elektrische installatie moeten diverse stappen worden doorlopen (zie afbeelding 1.1). De NEN 1010 moet worden gebruikt bij het ontwerpen, aanleggen en inspecteren van een elektrotechnische installatie. De oplevering van de installatie betekent een inspectie (tussentijdse en eindcontrole) van de installatie. De installateur rondt hiermee zijn product af. De verantwoordelijkheid voor het in stand houden en een goede bedrijfsvoering van de installatie ligt dan bij de gebruiker/eigenaar. De NEN-EN 50110 en de NEN 3140 geven bepalingen voor de bedrijfsvoering.

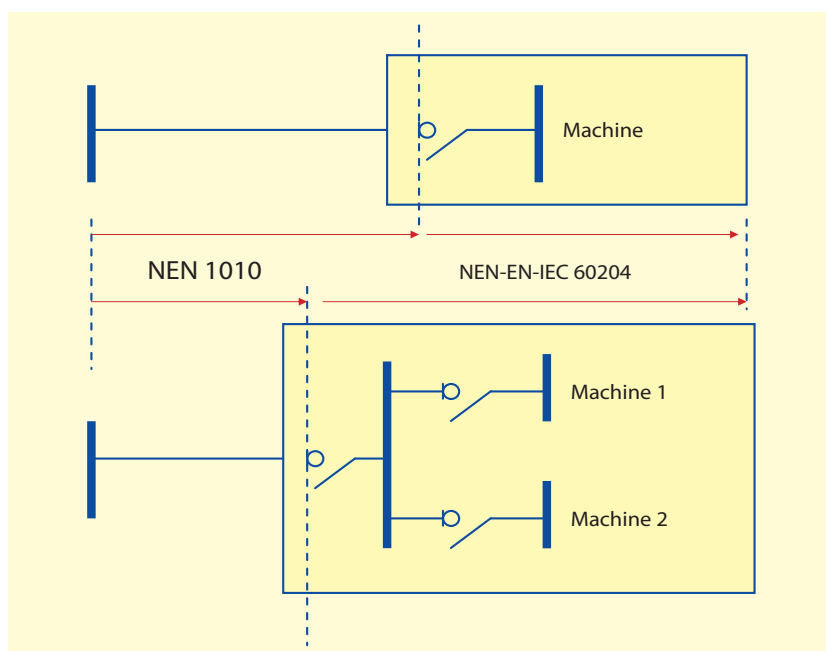
Als een herinspectie aanleiding geeft tot een aanpassing van de installatie, kan deze wijziging, aanpassing of uitbreiding worden gedaan met de NEN 1010 als uitgangspunt. Voor de herinspectie en aanpassingen aan bestaande installaties kan de versie van de norm worden gebruikt die van toepassing was tijdens van de bouw van de installatie. Voor uitbreidingen of nieuwbouw geldt uiteraard de nieuwste versie van de NEN 1010.

1.2 NORMATIEVE VERWIJZING



Afbeelding 1.1: Samenhang tussen de diverse normen.

Voor producten bestaan er weer afzonderlijke normen. Een bijzonder product is een elektrische machine. Hierbij kan sprake zijn van een groot samenhangend deel van de installatie. Neem als voorbeeld de elektrische installatie van een verpakkingsmachine. Een elektrische installatie van deze machine kan een verdeelinrichting bevatten met daarop aangesloten diverse motoren en besturingskasten. Op dit product is de Machinerichtlijn van toepassing. De elektrische installatie moet daarom voldoen aan de NEN-EN-IEC 60204, 'Elektrische uitrusting van machines'. Alleen de voedingsleiding naar de verdeelinrichting valt onder de NEN 1010 (zie afbeelding 1.2).



Afbeelding 1.2: Overgang van NEN 1010 en NEN-EN-IEC 60204.

De netcode is van belang bij het aansluiten van de elektrische installatie op het openbare net. Hierin zijn geregeld: welke aansluitingen mogelijk zijn, zaken ten aanzien van de meterkast, de mogelijke terugwerking van de installatie op het net en soortgelijke aspecten die van belang zijn voor een goede aansluiting.

1.2.1 NEN 1010

De belangrijkste norm voor het ontwerpen, aanleggen en opleveren van een laagspanningsinstallatie, is de NEN 1010. In 2015 is de nieuwe gewijzigde uitgave verschenen.

De verschillende delen zijn achtereenvolgens:

- Deel 0: Voorwoord en introductie;
- Deel 1: Fundamentele uitgangspunten;
- Deel 2: Termen en definities;
- Deel 3: Vaststellen van algemene kenmerken;
- Deel 4: Beschermingsmaatregelen;
- Deel 5: Keuze en installatie van elektrisch materieel;
- Deel 6: Inspectie;
- Deel 7: Bepalingen voor bijzondere installaties en bijzondere ruimten en omgevingen.

FUNDAMENTELE UITGANGSPUNTEN

1.2.2 NEN-EN 50110 EN NEN 3140

In dit boek is de NEN 1010 als leidraad genomen. Theoretische achtergronden zijn opgenomen om de bepalingen te kunnen begrijpen en te kunnen plaatsen in het geheel van het ontwerpen van een installatie.

De NEN-EN 50110 is een Europese norm voor het werken aan en de bedrijfsvoering van elektrische installaties, voor laagspanning en hoogspanning. Deze norm is een basisnorm, die volgens veel landen een te laag veiligheidsniveau garandeert. De meeste landen hebben dan ook een nationale annex toegevoegd met aanvullende bepalingen. In Nederland is voor laagspanning deze annex de NEN 3140, voor hoogspanning de NEN 3840. NEN geeft de NEN-EN 50110 en de NEN 3140 ook uit als een gezamenlijke uitgave. In de NEN 3140 vierde druk zijn veel belangrijke onderwerpen opgenomen, zoals:

- termen en definities;
- uitgangspunten;
- standaard bedrijfsvoeringprocedures;
- werkprocedures;
- onderhoudprocedures.

1.2.3 NEN-EN-IEC 60204

De NEN-EN-IEC 60204, 'Elektrische uitrusting van machines', handelt over de elektrische uitrusting van machines. Als een fabrikant een product maakt dat moet voldoen aan deze Europese norm, dan is automatisch de NEN 1010 niet van toepassing.

Nu is de NEN-EN-IEC 60204 voor een groot deel gebaseerd op dezelfde internationale basisnormen als de NEN 1010, wat fundamentele verschillen grotendeels voorkomt. Helaas zijn er wel nog verschillen op een aantal deelgebieden.

1.2.4 NEN-EN-IEC 61439

De NEN-EN-IEC 61439 is van toepassing op de opbouw van schakel- en verdeelinrichtingen. Deze internationale norm bestaat uit een serie van normen die allemaal handelen over laagspanningsschakel- en verdeelinrichtingen, namelijk:

- Deel 1 'Algemene regels';
- Deel 2 'Vermogensschakel-en-verdeelinrichtingen voor geïnstrueerde personen';
- Deel 3 'Verdeelborden bedoeld voor bediening door ondeskundig personeel';
- Deel 4 'Bijzondere eisen voor bouwkasten';
- Deel 5: 'Inrichtingen bestemd voor verdeelkasten in openbare netwerken';
- Deel 6: 'Railverbindingssystemen (snelbusverkeer)';
- Deel 7: 'Inrichtingen voor specifieke toepassingsgebieden zoals jachthavens, kampeerterreinen, marktplaatsen, laadstations voor elektrische voertuigen'.

In de NEN 1010 hebben veel bepalingen natuurlijk invloed op de opbouw van een verdeelinrichting, omdat hierin wordt bepaald hoe een eindgroep moet zijn beveiligd, of aardlekbeveiliging moet worden toegepast en dergelijke. Daarnaast moet dus worden gekeken naar de NEN-EN-IEC 61439. Voor geprefabriceerde verdeelinrichtingen die door fabrikanten worden gemaakt, is dit uiteraard gebeurd.

1.3 UITGANGSPUNTEN

De NEN 1010 handelt over bepalingen ten behoeve van het ontwerp van een elektrische installatie. Hierbij worden belangrijke uitgangspunten gehanteerd die ook in de NEN 1010 zijn opgenomen. Deze handelen over:

- veiligheidsmaatregelen;
- ontwerp;
- keuze van elektrisch materieel;
- installatie en eerste inspectie van de elektrische installatie.

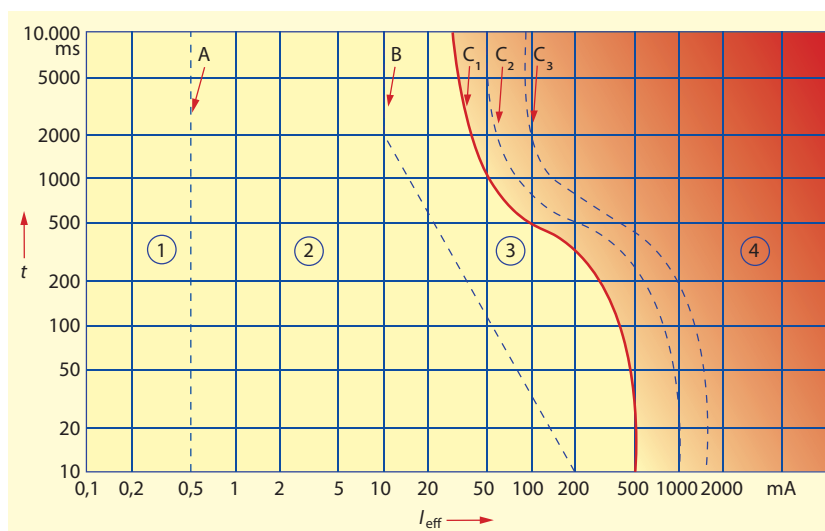
1.3.1 VEILIGHEIDSMATREGELEN

Bij de te nemen veiligheidsmaatregelen moet rekening worden gehouden met:

- beveiliging tegen elektrische schok;
- bescherming tegen thermische invloeden;
- bescherming tegen overstromen;
- bescherming tegen foutstromen;
- bescherming tegen spanningsverstoringen en elektromagnetische invloeden;
- beveiliging tegen onderbreking van de voeding.

1.3 UITGANGSPUNTEN

Bij de beveiliging tegen elektrische schok moet ervoor worden gezorgd dat de stroom door het lichaam wordt beperkt of dat een dergelijke situatie niet kan voorkomen. De voor de mens maximaal toelaatbare stroom door het lichaam wordt weergegeven door de lijn C1 in afbeelding 1.3. In gebied 1 van dit diagram volgen geen waarneembare gevolgen, in gebied 2 volgt een schrik-effect en in gebied 3 bestaat kans op samentrekkingen in borstspieren en ernstige ademhalingsmoeilijkheden. In gebied 4 bestaat kans op hartfibrillatie. Tussen curve C1 en C2 is de kans 5%, tussen C2 en C3 is de kans 50%.



Afbeelding 1.3: Curve C1 geeft de maximaal toelaatbare stroom door het menselijk lichaam.

Alle beschermingsmaatregelen tegen elektrische schok bevatten maatregelen tegen directe aanraking van onder spanning staande delen en bescherming tegen aanraking van gevaarlijke spanningen bij een fout in de installatie, de zogenoemde indirecte aanraking (zie paragraaf 4.1).

Bij de beveiliging tegen thermische invloeden moet worden gelet op:

- gevaar van ontbranding van brandbaar materiaal door te hoge temperaturen of door elektrische vonken;
- gevaar voor brandwonden.

Voor dit laatste punt is in de norm een tabel opgenomen, die aangeeft wat de maximale temperatuur van het omhulsel van elektrisch materieel mag zijn (zie ook tabel 1.1).

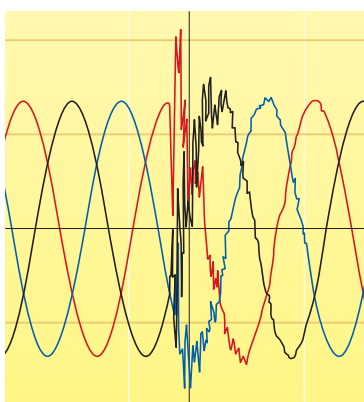
Onderdelen	Maximale temperatuur metalen delen (°C)	Maximale temperatuur niet-metalen delen (°C)
Handgrepen voor bediening	55	65
Delen die bij normaal bedrijf voortdurend worden aangeraakt	70	80
Delen die bij normaal bedrijf niet worden aangeraakt	80	90

Tabel 1.1: Maximale temperatuur van omhulsels van elektrisch materieel.

In de NEN 1010 zijn veel bepalingen en tabellen opgenomen voor de bescherming tegen overstroom. De nadruk ligt hierbij op de bescherming van leidingen tegen te hoge temperaturen. Het is echter ook belangrijk om te letten op de elektromagnetische krachten die kunnen optreden bij kortsluitstromen. Bij de beveiliging tegen overstroom spelen veel verschillende factoren, zoals de keuze van de beveiliging, maar ook de ligging van de leidingen, de aangesloten belastingen, mogelijke harmonische stromen en de configuratie van leidingen. Alles moet op elkaar worden afgestemd om overbelasting (en dus oververhitting van leidingen, zoals in afbeelding 1.4) te voorkomen (zie paragraaf 5.2).

FUNDAMENTELE UITGANGSPUNTEN

Afbeelding 1.4: Overbelaste leidingen resulterend in te hoge temperatuur.



Afbeelding 1.5: Overspanning ten gevolge van schakelen condensatorbank.



De bescherming tegen foutstromen gaat veelal over de juiste dimensionering van componenten die de foutstroom moeten voeren. Door een juiste dimensionering moeten te hoge temperaturen van deze componenten worden voorkomen.

De bescherming tegen spanningsvervorming is nodig om personen en materieel te beschermen tegen overslag, isolatiedefecten en andere schade. Overspanningen kunnen ontstaan door bliksemontladingen (zie ook de NEN 1014) of door schakelverschijnselen. In afbeelding 1.5 is een overspanning als gevolg van het schakelen van een condensatorbank weergegeven. De bepalingen en theorie ten aanzien van overspanningen zijn verder opgenomen in paragraaf 4.4.

Een goed ontwerp van een installatie gaat ook over elektromagnetische compatibiliteit (EMC). Door de toenemende gevoeligheid van apparatuur (veel data-verwerkende apparatuur) en de toename in grote inschakelstromen is het van belang om gevoelige apparatuur en verstoringende apparatuur in een installatie goed te scheiden (zie paragraaf 4.5).

1.3.2 ONTWERP

Het ontwerp van een elektrische installatie moet enerzijds zo zijn dat er geen gevaren voor mens of dier zijn te verwachten en anderzijds dat de installatie goed functioneert. De ontwerper dient verschillende gegevens te hebben voor er een ontwerp kan worden gemaakt. Daarnaast zijn er in de NEN 1010 diverse voorwaarden opgenomen waaraan het ontwerp moet voldoen. De benodigde gegevens betreffen de volgende zaken:

Eigenschappen van voeding

Naast algemene punten, zoals grootte van de spanning, frequentie en dergelijke, moet bekend zijn wat de maximaal optredende kortsluitstroom is. Dit in verband met de dimensionering van beveiligingstoestellen en leidingen. In de netcode wordt al iets vermeld over de kwaliteit van de te leveren spanning (zie paragraaf 1.4 voor extra ontwerpcriteria bij problemen met de kwaliteit van de voedende spanning).

Aard van aan te sluiten belasting

Deze bepaalt de benodigde transformator van het energiebedrijf en de plaats waar deze wordt opgesteld. Mogelijk optredende aanloopstromen kunnen hierop ook van invloed zijn. Ook kunnen afspraken over belastingsturing (*peak-shaving*) het ontwerp beïnvloeden. De locatie van de belasting kan ook maatgevend zijn voor de plaats van bijvoorbeeld de voedende transformator. Harmonische stromen, veroorzaakt door de belasting kunnen leiden tot nulstromen die nadelig zijn voor de belasting van de transformator en leidingen.

Noodvoedingen (UPS)

Bij diverse installaties zal een noodvoeding gewenst of zelfs verplicht zijn. In het ontwerp moet deze noodvoeding worden meegenomen. Hierbij moet worden beoordeeld welk deel van de belasting op de noodvoeding moet worden aangesloten en hoe de opbouw van de voedingsnetten moet worden.

1.3 UITGANGSPUNTEN

Uitwendige invloeden

De uitwendige invloeden (aanwezigheid van water, stof, brandbaar materiaal en dergelijke) bepalen in grote mate het ontwerp van een installatie en de keuze van het elektrische materieel.

Wanneer de bovenstaande gegevens bekend zijn, kan een ontwerp worden gemaakt. Daarbij moet aan de volgende voorwaarden worden voldaan:

- De doorsnede van de leidingen moet worden bepaald, rekening houdend met een goede beveiliging tegen overbelasting en kortsluiting, maximaal toegestaan spanningsverlies en de optredende krachten bij kortsluitingen. Bij de installatie van decentrale opwekkers kan ook de maximale spanningsstijging een randvoorwaarde zijn (zie afbeelding 1.6).



Afbeelding 1.6: PV-systemen, resulterend in spanningsopdrijving.

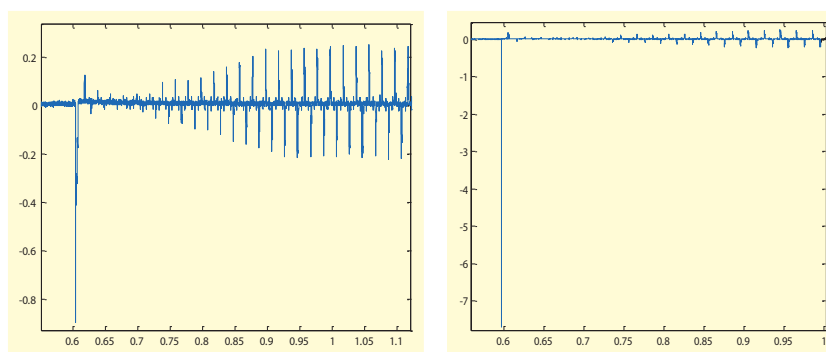
- Het leidingsysteem moet worden gekozen, rekening houdend met onder andere de aard van de locatie, de toegankelijkheid, de bevestigingsmogelijkheden en de spanning.
- De juiste keuze van beveiligingstoestellen moet worden gemaakt. Uiteraard moet deze keuze zijn afgestemd op het te beveiligen materieel en de gewenste functie.
- Indien vereist moeten noodschakelaars worden toegepast.
- Er moet worden gelet op de aanwezigheid van schakelaars of scheiders om de noodzakelijke schakelhandelingen te kunnen verrichten (zie ook de NEN 3140).
- Er moet worden gewaakt voor het optreden van wederzijdse nadelige beïnvloeding.
- Er moet worden gezorgd voor voldoende toegankelijkheid voor aanleg, vervanging, bediening, onderhoud en inspectie van elektrisch materieel.
- De installatie moet goed zijn gedocumenteerd.

1.3.3 KEUZE VAN ELEKTRISCH MATERIEEL

Bij het toepassen van elektrisch materieel moet worden gekozen uit elektrisch materieel dat voldoet aan de van toepassing zijnde Europese norm, harmonisatiedocument (HD) of nationale norm. Bij ontbreken hiervan kan worden gekeken naar de relevante IEC-normen. Bij de keuze van materieel is ook van belang of er sprake is van de juiste spanning, de juiste frequentie, het juiste vermogen enzovoort. Zoals eerder beschreven moet bij de keuze van het elektrische materieel ook worden gekeken naar de van toepassing zijnde uitwendige invloeden. Bij de installatie van het materieel zijn de volgende punten van belang om schadelijke effecten te voorkomen:

- de arbeidsfactor om te grote blindstromen en daarmee extra verliezen te voorkomen;
- de inschakelstroom om onnodige uitschakeling van beveiligingstoestellen of te grote spanningsdips te voorkomen. Ook vastlassen van contacten zou een probleem kunnen zijn bij grote inschakelstromen;
- de vorm van de belastingsstroom in verband met asymmetrische belasting of netvervuiling;
- mogelijk optredende overspanningen.

FUNDAMENTELE UITGANGSPUNTEN



Afbeelding 1.7: Inschakelstroom van een lamp.

a inschakelen bij nuldoorgang**b** inschakelen op top van spanning

In afbeelding 1.7 is een inschakelstroom weergegeven van een lamp die bij normaal bedrijf een effectieve waarde heeft van circa 50 mA. Bij inschakeling kan echter een (zeer kortstondige) inschakelpiek van 7 A optreden. Als veel lampen gelijktijdig worden ingeschakeld, kan een beveiliging ongewenst uitschakelen of kunnen contacten vastlassen.

1.3.4 INSTALLATIE EN EERSTE INSPECTIE

Voor het uitvoeren van elektrische installatiewerkzaamheden zijn van belang: ervaring, vakkundig personeel en het gebruik van de juiste materialen en gereedschappen. Een goede uitvoering van de werkzaamheden kan worden bevorderd door een goed ontwerp, bijvoorbeeld door goede tekeningen, goede coderingen en een overzichtelijke installatie. Na de eerste installatie en na elke belangrijke wijziging moet er een inspectie van de installatie plaatsvinden.

De eerste inspectie vindt plaats tijdens het installatieproces. Delen die niet meer toegankelijk zijn bij oplevering, moeten wellicht tussendoor worden geïnspecteerd. Voor de ingebruikname moet worden vastgesteld of de werkzaamheden naar behoren zijn uitgevoerd. Dit betekent dat er geen schade aan de componenten moet zijn toegebracht, de juiste componenten zijn gebruikt en op de juiste wijze aangebracht. Ook aanwijzingen van fabrikanten kunnen in dit verband belangrijk zijn.

Vervolgens zou al bij ingebruikname moeten zijn nagedacht over een wenselijke termijn voor de herinspectie.

1.4 DE NETCODE

Bij het aansluiten van een installatie op het net moeten er diverse aspecten worden bekeken. Van belang zijn bijvoorbeeld de keuze van de aansluiting (eenfase- of driefasenaansluiting), de keuze van het stelsel (TN- of TT-stelsel) en het aansluitvermogen. De netbeheerder zal ook geïnteresseerd zijn of er mogelijke terugwerking op het net kan worden verwacht. Dit kan door een zelfopwekker gebeuren die terugvoedt op het net, maar terugwerking kan ook in de vorm van netvervuiling optreden.

De vrije energiemarkt die er in Europees verband moet komen, betekent ingrijpende organisaties bij energiebedrijven. De verschillende taken van een energiebedrijf, zoals het aansluiten van een installatie op het net, het leveren van energie en het meten van het verbruik, worden heel expliciet binnen de nieuwe energiebedrijven georganiseerd. Hierdoor ontstaan er netwerkbedrijven en in- en verkoopbedrijven. Gezien het belang van een betrouwbare energievoorziening wordt er van overheidswege nog het nodige gereguleerd en zijn er duidelijke codes waaraan de diverse bedrijven zich tijdens de bedrijfsvoering moeten houden. Deze codes zijn de netcode, de systeemcode, de meetcode en de tarieencode. Voor het realiseren van de juiste aansluiting is vooral de netcode van belang. Deze wordt daarom in deze paragraaf nader toegelicht.

De netcode bevat de meeste aspecten die vroeger in de aansluitvoorwaarden werden geregeld. Het belangrijkste verschil met de vroegere voorwaarden is het feit dat de netcode (evenals de andere codes) de status van publiekrechtelijke voorschriften heeft. Daarmee zijn de daarin neergelegde voorschriften onttrokken aan de privaatrechtelijke onderhandelingsvrijheid. Dit zou kunnen betekenen dat er geen regionale verschillen meer zijn.

1.4.1 WERKINGSSFEER EN DEFINITIES

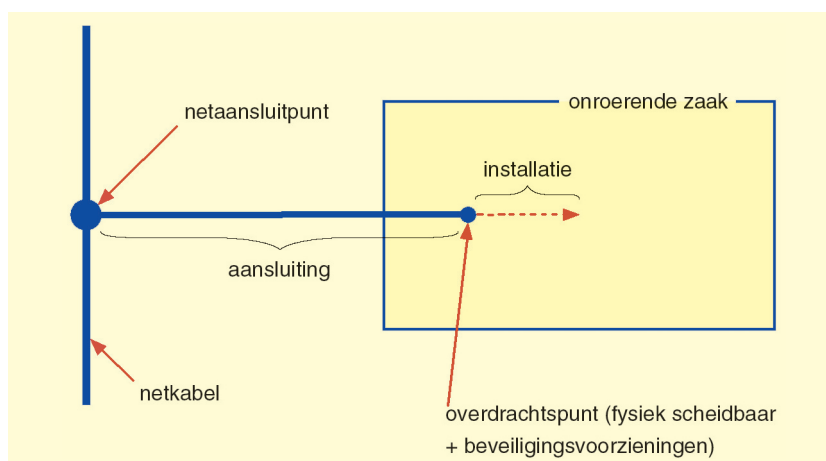
Echter, op een aantal punten laat de netcode nog keuzemogelijkheden open. Deze verschillen in voorwaarden zullen echter altijd moeten kunnen worden herleid tot objectieve geografische of nettechnische verschillen, waarbij verdergaande harmonisatie bijvoorbeeld zou leiden tot een aanmerkelijke stijging van de maatschappelijke kosten.

Bij de werkingssfeer en definities van de netcode zijn de volgende bepalingen opgenomen:

Deze regeling bevat de voorwaarden met betrekking tot de wijze waarop netbeheerders en afnemers zich gedragen ten aanzien van het in werking hebben van de netten, het voorzien van een aansluiting op het net en het uitvoeren van het transport van elektriciteit over het net. In deze regeling wordt onder aangeslotene mede verstaan degene die om een aansluiting heeft verzocht. Een aangeslotene is een persoon of rechtspersoon die beschikt over een aansluiting of een net. Een aansluiting is gedefinieerd als:

Een of meer verbindingen tussen een net en een onroerende zaak als bedoeld in artikel 16, onderdelen a tot en met d, van de Wet waardering onroerende zaken, dan wel tussen een net en een ander net op een ander spanningsniveau.

Bij een aansluiting moet onderscheid worden gemaakt tussen een aansluiting van een net op een onroerende zaak enerzijds en een aansluiting van een net op een ander net anderzijds. Bij de eerste categorie vormt de aansluiting de verbinding tussen het net en de installatie van de aangeslotene. De overgang van de aansluiting op de installatie wordt in veel gevallen gevormd door de hoofdbeveiliging. Vooral bij aansluiting op een net van hogere spanning, kunnen echter ook andere vormen van aansluitingen voorkomen.

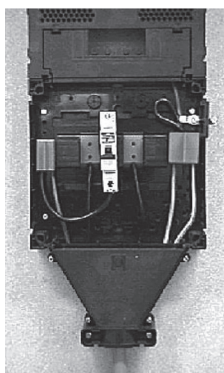


Afbeelding 1.8: Aansluiting van een net op een afzonderlijk gebouw.

De aansluiting speelt een rol bij vrijwel alle aspecten van energielevering. De aansluiting is altijd eigendom van de netbeheerder. Deze beheert dus ook de aansluiting. Een aansluiting wordt altijd begrensd door twee punten: het overdrachtpunt aan de zijde van de installatie en het netaansluitpunt aan de zijde van een net (zie afbeelding 1.8). Vanuit het overdrachtpunt naar het net is de netbeheerder verantwoordelijk voor het beschikbaar houden van de transportcapaciteit. De aangeslotene is verantwoordelijk vanuit het overdrachtpunt naar de installatie. Dit overdrachtpunt is een fysiek punt, waar altijd een fysieke scheiding mogelijk is. Dit is nodig voor het afsluiten, het verrichten van onderzoek ten behoeve van storingen en het voorkomen van terugwerking vanuit de installatie op het net (nethinder/netvervuiling).

Vanuit het net naar de aansluiting is er het netaansluitpunt dat de grens tussen het net en de aansluiting aangeeft. Dit netaansluitpunt geeft het punt aan waarop het net van collectief overgaat naar individueel (of aantoonbaar voor een zeer gering aantal onroerende zaken). Een aansluiting betreft dus het deel tussen het netaansluitpunt en het overdrachtpunt naar de installatie van de aangeslotene. De exacte plaats van het overdrachtpunt kan in overleg met de aangeslotene worden bepaald.

FUNDAMENTELE UITGANGSPUNTEN



Afbeelding 1.9: Aansluitkast met schakelmogelijkheid en beveiliging.

1.4.2 VOORWAARDEN MET BETREKKING TOT AANSLUITING

1.4.2.1 VOORWAARDEN VOOR ALLE AANGESLOTENEN

Omdat de installatie (die onder het beheer valt van de aangeslotene) elektrisch is verbonden met de aansluiting (beheerd door de netbeheerder), kunnen storingen in de installatie het functioneren van het net belemmeren en omgekeerd. Daarom worden eisen aan deze installaties gesteld en worden beveiligingen aangebracht die bij storingen een automatische afschakeling van de installatie bewerkstelligen. Daarnaast moet een duidelijke (vergrendelbare) scheidingsmogelijkheid aanwezig zijn, waarmee het net en de installatie van elkaar kunnen worden gescheiden, bijvoorbeeld om veilig werken aan de installatie mogelijk te maken, terwijl het net onder spanning staat. Hiervoor kan in de aansluitkast een vermogensschakelaar worden opgenomen (zie afbeelding 1.9).

Als een aangeslotene een eigen transformator heeft, is het overdrachtpunt op de midden-spanning. De transformator is in deze situatie dus eigendom van de aangeslotene. Deze kan in het vrije domein worden aangeschaft. Met het vrije domein wordt bedoeld dat de aangeslotene zelf kan kiezen waar hij deze voorziening koopt.

Wat de voorwaarden rond de aansluiting betreft, wordt nog een onderscheid gemaakt in:

- voorwaarden voor alle aangeslotenen;
- aanvullende voorwaarden voor op het laagspanningsnet aangeslotenen;
- aanvullende voorwaarden voor op het hoogspanningsnet aangeslotenen;
- aanvullende voorwaarden voor op laagspanningsnetten aangesloten productie-eenheden;
- aanvullende voorwaarden voor op hoogspanningsnetten aangesloten productie-eenheden;
- aanvullende voorwaarden voor particuliere netten;
- aanvullende voorwaarden voor netbeheerders onderling.

De eerste vier genoemde voorwaarden zullen worden toegelicht. De overige voorwaarden zijn zo specifiek, dat slechts een zeer beperkte doelgroep hiermee te maken zal krijgen.

De netbeheerder bepaalt, rekening houdend met de aard en omvang van de elektrische installatie, in welke vorm de transportcapaciteit ter beschikking wordt gesteld. Elke aangeslotene heeft namelijk recht op transport van elektriciteit door heel Nederland tot een hoeveelheid ter grootte van het op de aansluiting gecontracteerde en beschikbaar gestelde vermogen. Op de aansluiting stelt de netbeheerder transportcapaciteit ter beschikking in de vorm van een éénfase (230 V) of een 3 fase systeem met een spanningsniveau zoals aangegeven in tabel 1.2:

Aansluitcapaciteit	Nominale aansluitspanning
< 5,5 kVA	0,23 kV
> 5,5 kVA en t/m 60 kVA	0,4 kV
> 60 kVA en t/m 0,3 MVA eigen kabel vanaf secundaire zijde transformator	0,4 kV
> 0,3 MVA en t/m 3,0 MVA	> 1 kV

Tabel 1.2: Indicatie van aansluitcapaciteit versus spanningsniveau. Bron: netcode.

Hierbij is ook een aantal aspecten ten aanzien van kwaliteit van de voorziening vastgelegd. De kwaliteit van de geleverde transportdienst bij aangeslotenen op netten met een spanningsniveau tot en met 50 kV, moet voldoen aan het gestelde in de norm NEN-EN 50160 'Spanningskarakteristieken in openbare elektriciteitsnetten'. De belangrijkste karakteristieken hiervan zijn opgenomen in tabel 1.3.

De netbeheerder moet de betrouwbaarheid van de transportdienst bewaken met behulp van een door de gezamenlijke netbeheerders onderling ontwikkeld en vastgesteld systeem. Met dit systeem worden de volgende kwaliteitskengetallen bepaald:

- de kans op een onderbreking;
- de gemiddelde onderbrekingsduur;
- de jaarlijkse uitvalduur.

Kwaliteitsaspect	Criterium
Frequentie	• 50 Hz $\pm$ 1% gedurende 99,9% van de tijd • 50 Hz +2%/-4% gedurende 100% van de tijd
Langzame spanningsvariaties	Voor netten $U_n \leq 1$ kV • $U_n \pm 10\%$ voor 95% van de over 10 min gemiddelde waarden gedurende 1 week • $U_n +10/-15\%$ voor alle over 10 min gemiddelde waarden Voor netten $1 \text{ kV} < U_c < 35 \text{ kV}$ • $U_c \pm 10\%$ voor 95% van de over 10 min gemiddelde waarden gedurende 1 week • $U_n +10/-15\%$ voor alle over 10 min gemiddelde waarden
Snelle spanningsvariaties	Voor netten $U_n \leq 1$ kV • $\leq 10\% U_n$ • $\leq 3\% U_n$ in situatie zonder uitval van productie, grote afnemers of verbindingen • $P_{lt} \leq 1$ gedurende 95% van de over 10 min gemiddelde waarden gedurende een beschouwingsperiode van een week • $P_{lt} \leq 5$ voor alle over 10 min gemiddelde waarden gedurende een beschouwingsperiode van een week Voor netten $1 \text{ kV} < U_c < 35 \text{ kV}$ • $\leq 10\% U_c$ • $\leq 3\% U_c$ in situatie zonder uitval van productie, grote afnemers of verbindingen • $P_{lt} \leq 1$ gedurende 95% van de over 10 min gemiddelde waarden gedurende een beschouwingsperiode van een week • $P_{lt} \leq 5$ voor alle over 10 min gemiddelde waarden gedurende een beschouwingsperiode van een week
Asymmetrie	Voor netten $U_c < 35 \text{ kV}$ • De inverse component van de spanning ligt tussen 0 en 2% van de normale component gedurende 95% van de 10 min meetperioden per week • De inverse component van de spanning ligt tussen 0 en 3% van de normale component voor alle meetperioden
Harmonischen	Voor netten $U_c < 35 \text{ kV}$ • De relatieve spanning per harmonische is kleiner dan het in de norm genoemde percentage voor 95% van de over 10 min gemiddelde waarden. Voor harmonischen die niet vermeld zijn, geldt de kleinst vermelde waarde uit de norm • $\text{THD} \leq 8\%$ voor alle harmonischen tot en met de veertigste, gedurende 95% van de tijd • De relatieve spanning per harmonische is kleiner dan $1,5 \times$ het in de norm genoemde percentage voor 99,9% van de over 10 min gemiddelde waarden • $\text{THD} \leq 12\%$ voor alle harmonischen tot en met de veertigste, gedurende 99,9% van de tijd

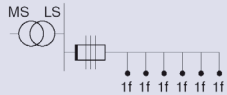
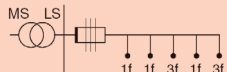
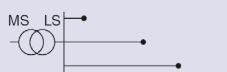
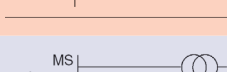
Tabel 1.3: Kwaliteitsaspecten van de levering.

De gezamenlijke netbeheerders meten verder volgens een landelijk 'power quality'-systeem de algemene kwaliteit van de spanning in de diverse netten (zie paragraaf 1.5). Eens per jaar moet de netbeheerder een (openbaar) verslag uitbrengen met betrekking tot de kwaliteit van de geleverde transportdienst in zijn net.

FUNDAMENTELE UITGANGSPUNTEN

Bij aangesloten op laagspanningsnetten wordt ten behoeve van de netbeheerder eenmalig bij aansluiting een belastingkarakteristiek vastgesteld, die kenmerkend is voor de categorie waartoe de aangesloten installatie behoort, en wordt verder het gecontracteerde en beschikbaar gestelde vermogen voor de desbetreffende aansluiting vastgelegd. Dit geldt ook voor aangesloten op hoogspanningsnetten met een gecontracteerd en beschikbaar gesteld vermogen kleiner dan 2 MW (of een ander door de netbeheerder te bepalen vermogen). Wanneer de aard van de installatie door uitbreiding, inkrimping of wijziging van productieprocessen zodanig wijzigt dat een ander vermogen nodig is, dan meldt de aangeslotene dit aan de netbeheerder. Deze stelt dan een nieuwe belastingkarakteristiek vast.

De wijze waarop een installatie wordt aangesloten op het net, is grotendeels afhankelijk van het benodigde vermogen. In tabel 1.4 is een overzicht gegeven van de verschillende manieren waarop een klant kan worden aangesloten. Hierbij is tevens een indicatie gegeven van de vermogens die bij de diverse aansluitmethodieken spelen. De genoemde vermogens zijn indicaties. Per netbeheerder kunnen hierin verschillen optreden, afhankelijk van de gebruikte hoofdbeveiligingen en de in het verleden toegepaste netfilosofie.

Omschrijving aansluiting	Schema	Vermogen
Eenfaseaansluiting samen met andere klanten op dezelfde netkabel		0-9,2 kVA
Driefasenaansluiting samen met andere klanten op dezelfde netkabel		9,2-55 kVA
Eigen netkabel uit een transformatorruimte die ook gebruikt wordt voor andere klanten		55-250 kVA
Eigen transformator		250-1600 kVA
Eigen middenspanningsruimten met diverse transformatoren		1600 kVA

Tabel 1.4: Wijze van aansluiten op het net.

In de algemene voorwaarden van de netcode worden verder eisen gesteld aan:

- de omgeving van de aansluiting;
- de comptabele meting;
- de beveiliging;
- de elektrische installatie.

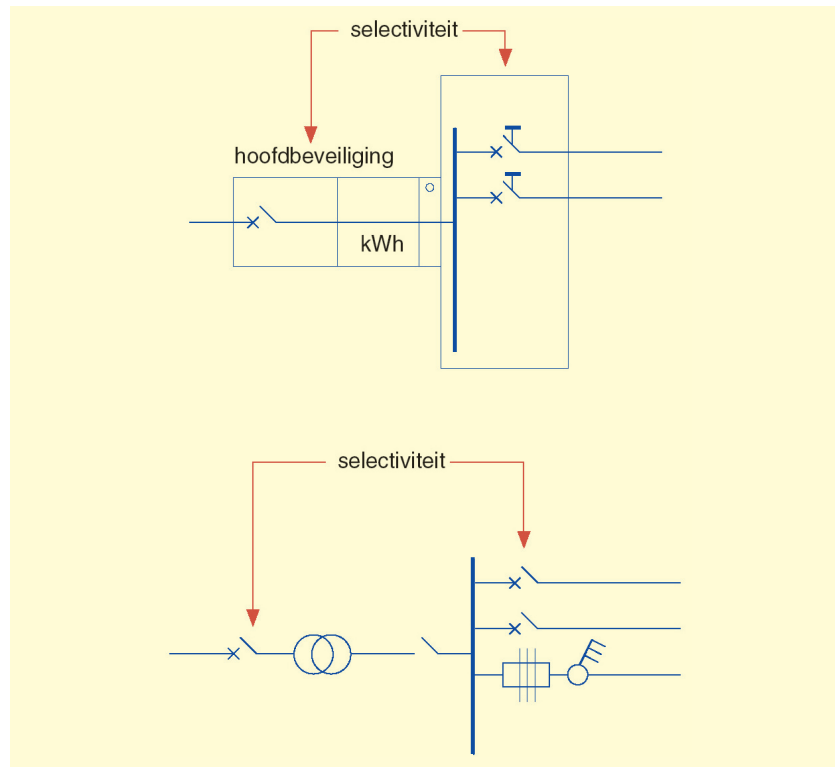
Ten aanzien van de omgeving van de aansluiting wordt verlangd dat de aansluiting goed bereikbaar blijft, verzegelingen niet worden verbroken en de meetinrichting:

- niet wordt opgesteld in vochtige ruimten, ruimten met bijtende gassen, dampen of stoffen, ruimten met ontploffingsgevaar of ruimten met brandgevaar;
- niet in de nabijheid van water-, stoom- of soortgelijke leidingen is aangebracht, tenzij maatregelen zijn genomen om indringing van water of stoom in de aansluiting te voorkomen.

Bij de aanvullende voorwaarden voor gebruikers op het laagspanningsnet wordt verwezen naar de NEN 2768 'Meterruimten en bijbehorende voorzieningen in een woonfunctie'.

Ten aanzien van de comptabele meting (waarop wordt afgerekend) wordt gesteld dat meting geschiedt met inachtneming van de meetcode. In het aansluitcontract worden de te meten grootheden vastgelegd. Deze grootheden worden geregistreerd in het overdrachtpunt van

de aansluiting. Ten aanzien van de beveiliging wordt selectiviteit vereist tussen de beveiligingen in de installatie en de beveiliging die de netbeheerder in de aansluiting of het voedende net toepast. Bij het ontwerp van de elektrische installatie moet rekening worden gehouden met de specifieke kenmerken van het net (zie afbeelding 1.10).



Afbeelding 1.10: Selectiviteit tussen de beveiligingstoestellen.

Om dit te kunnen doen, moet de netbeheerder de aangeslotenen informeren over:

- de beveiligingsfilosofie;
- de minimale en maximale waarde van het kortsluitvermogen;
- de wijze van sterpuntsbehandeling;
- de isolatiecoördinatie;
- de netconfiguratie;
- de bedrijfsvoering.

Enkele eisen die aan de elektrische installatie zijn gesteld:

Eisen ten aanzien van installaties die terugvoeding kunnen geven aan het net (zelfopwekkers, PV-systemen, WKK-installaties). De netbeheerder moet zijn geïnformeerd over de aansluiting van deze opwekkers. Dit is ook noodzakelijk om een goed functioneren te kunnen waarborgen. De elektrische installatie moet bestand zijn tegen het ter plaatse te verwachten kortsluitvermogen. (Dit is dan ook een van de punten die de netbeheerder moet kunnen aangeven.) De arbeidsfactor moet liggen tussen 0,85 (inductief) en 1, tenzij er andere contractueel vastgelegde afspraken zijn gemaakt. Dit geldt niet voor de momenten waarop de belasting minimaal is.

De elektrische installatie en de daarin opgenomen toestellen mogen geen hinder veroorzaken voor andere aangeslotenen.

Specifiek worden in het algemene deel de volgende voorschriften genoemd:

Voor apparatuur met een vermogen groter dan 11 kVA zijn de 'Richtlijnen voor toelaatbare harmonische stromen geproduceerd door apparatuur met een vermogen groter dan 11 kVA' d.d. januari 1996 uitgegeven door EnergieNed van toepassing.

Voor de aansluiting van éénfasige tractievoedingen op hoogspanningsnetten is de 'Richtlijn voor harmonische stromen en netspanningsasymmetrie bij éénfasige 25 kV voedingen' d.d. maart 1999, uitgegeven door EnergieNed van toepassing.

FUNDAMENTELE UITGANGSPUNTEN

1.4.2.2 AANVULLENDE
VOORWAARDEN VOOR
OP LAAGSPANNINGSNET
AANGESLOTENEN

Voor aangesloten op het laagspanningsnet worden aanvullende voorwaarden gesteld ten aanzien van:

- de aansluiting;
- de omgeving van de aansluiting;
- de beveiliging;
- de elektrische installatie.

Aansluiting

Bij de aansluiting op een laagspanningsnet is er sprake van een installatie met gering vermogen. Over de beslissing of een installatie als eenfase- of driefaseninstallatie wordt aangesloten, is in de netcode het volgende vermeld:

Aansluitingen waarvan naar het oordeel van de netbeheerder geen grotere gelijktijdige schijnbare belasting dan 5,5 kVA, dan wel een met de netbeheerder in individuele gevallen overeengekomen hogere waarde, kan worden verwacht, worden als eenfase-installaties aangesloten, tenzij de elektrische installatie verbruikende toestellen of motoren bevat die ingevolge het bepaalde in deze regeling op drie fasen moeten worden aangesloten, dan wel de netbeheerder om technische redenen aansluiting als driefaseninstallatie verlangt.

Aansluitingen waarvan naar het oordeel van de netbeheerder een grotere gelijktijdige schijnbare belasting dan 5,5 kVA, dan wel een met de netbeheerder in individuele gevallen overeengekomen hogere waarde, kan worden verwacht, worden, behoudens ontheffing van de netbeheerder, als driefasenaansluiting uitgevoerd. Daarbij zorgt de aangeslotene voor een zo veel mogelijk gelijke verdeling van de belasting over de drie fasen.

Bij de bepaling van de gelijktijdig optredende belasting, moet worden gekeken naar het schijnbaar vermogen van de toestellen in de installatie en de gelijktijdigheid. Zeker dit laatste is vaak moeilijk te bepalen. Ook moet worden gekeken naar de aansluitpunten voor verlichting en wandcontactdozen. Meestal is bij een nieuw aan te leggen installatie nog niet bekend wat op deze aansluitpunten wordt aangesloten. De netcode geeft hiervoor de volgende oplossing:

Voor de bepaling van de gelijktijdige schijnbare belasting op een aansluiting wordt het schijnbare vermogen per aansluitpunt gesteld op de werkelijke waarde of, indien deze niet bekend is, op een minimum van 50 VA per lichtpunt en 200 VA per contactdoos. Een meervoudige contactdoos wordt als één contactdoos aangemerkt. Bij de bepaling van de gelijktijdige schijnbare belasting wordt rekening gehouden met de te verwachten gelijktijdigheidsfactor.

Nu is niet alleen het vermogen of een toestel als eenfase- of driefasentoestel kan worden aangesloten bepalend, maar ook eigenschappen als inschakelstromen en netvervuiling. Om deze redenen zijn er voor motoren, lastransformatoren en omzetters met vermogenselektronica aanvullende voorwaarden. Voor motoren is onder andere in de netcode vermeld:

Machines met een nominaal vermogen groter dan 2 kW, dan wel een met de netbeheerder in individuele gevallen overeengekomen hogere waarde, zijn in de regel op drie fasen aangesloten.

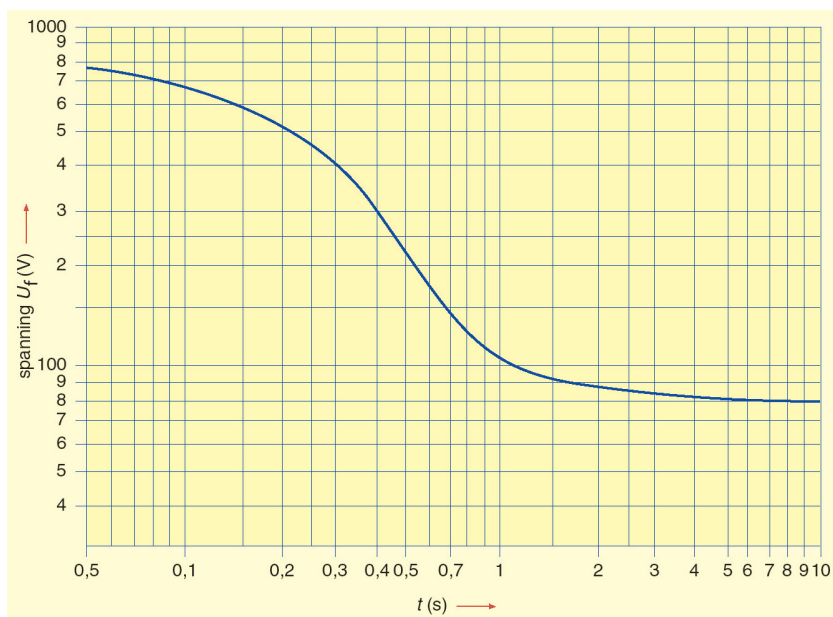
Voor het ontwerp van een elektrische installatie is verder nog belangrijk te weten of de nul aardpotentiaal heeft of niet. Dit onder andere in verband met de vraag of de hoofdschakelaar drie- of vierpolig moet zijn. De netcode zegt hierover:

Voor de toepassing van de in 2.2.1.2 bedoelde voorschriften of bepalingen geldt dat de netbeheerder zal aangeven of het laagspanningsnet van de netbeheerder al dan niet is aangelegd volgens een systeem waarbij voldoende is verzekerd, dat de nul onder normale omstandigheden ongeveer aardpotentiaal houdt.

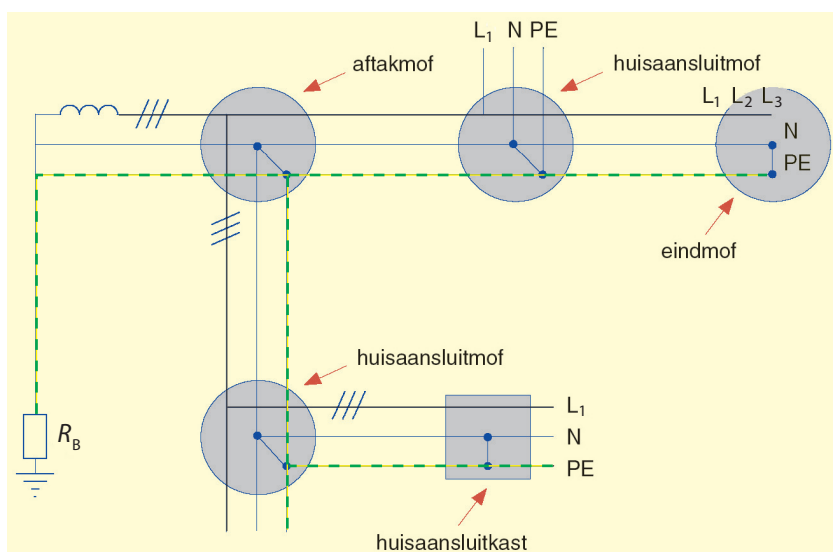
De netbeheerder moet dus aangeven of de nul aardpotentiaal heeft. Hetzelfde geldt voor het verstrekken van een aardingsvoorziening. In de netcode is de volgende tekst opgenomen:

De netbeheerder bepaalt of het distributienet, of een gedeelte ervan, in aanmerking komt als TN-stelsel te worden gebruikt ten behoeve van de aardingsvoorziening van elektrische installaties en welke aanvullende voorwaarden daartoe op de aansluiting van toepassing zijn.

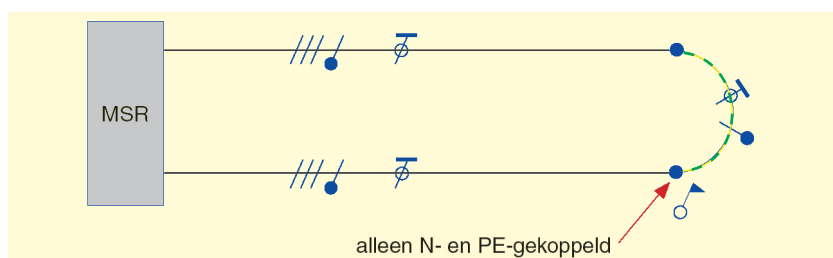
Om te zorgen dat een distributienet geschikt is om een aardingsvoorziening aan te bieden, moeten er in dit net diverse voorzieningen worden getroffen. Een eerste voorwaarde is dat door de optredende foutspanning de waarden zoals gegeven in afbeelding 1.11 niet worden overschreden. Om hieraan te voldoen, kan een energiebedrijf diverse maatregelen nemen. De toepassing van een kabel met aardscherm is een goed begin. In deze kabel kan de nulgeleider op diverse plaatsen (bijvoorbeeld bij elke aansluitmof en aansluitkast) worden verbonden met het aardscherm. Verder is er de mogelijkheid in bebouwde omgevingen om van meerdere kabels de nul- en PE-geleider te koppelen. Hierbij moeten de fasen van deze verschillende kabels niet worden gekoppeld, omdat er anders geen spanningsverlagend effect optreedt (zie de afbeeldingen 1.12 en 1.13).



Afbeelding 1.11: Maximale foutspanning in distributienetten uitgelegd als TN.



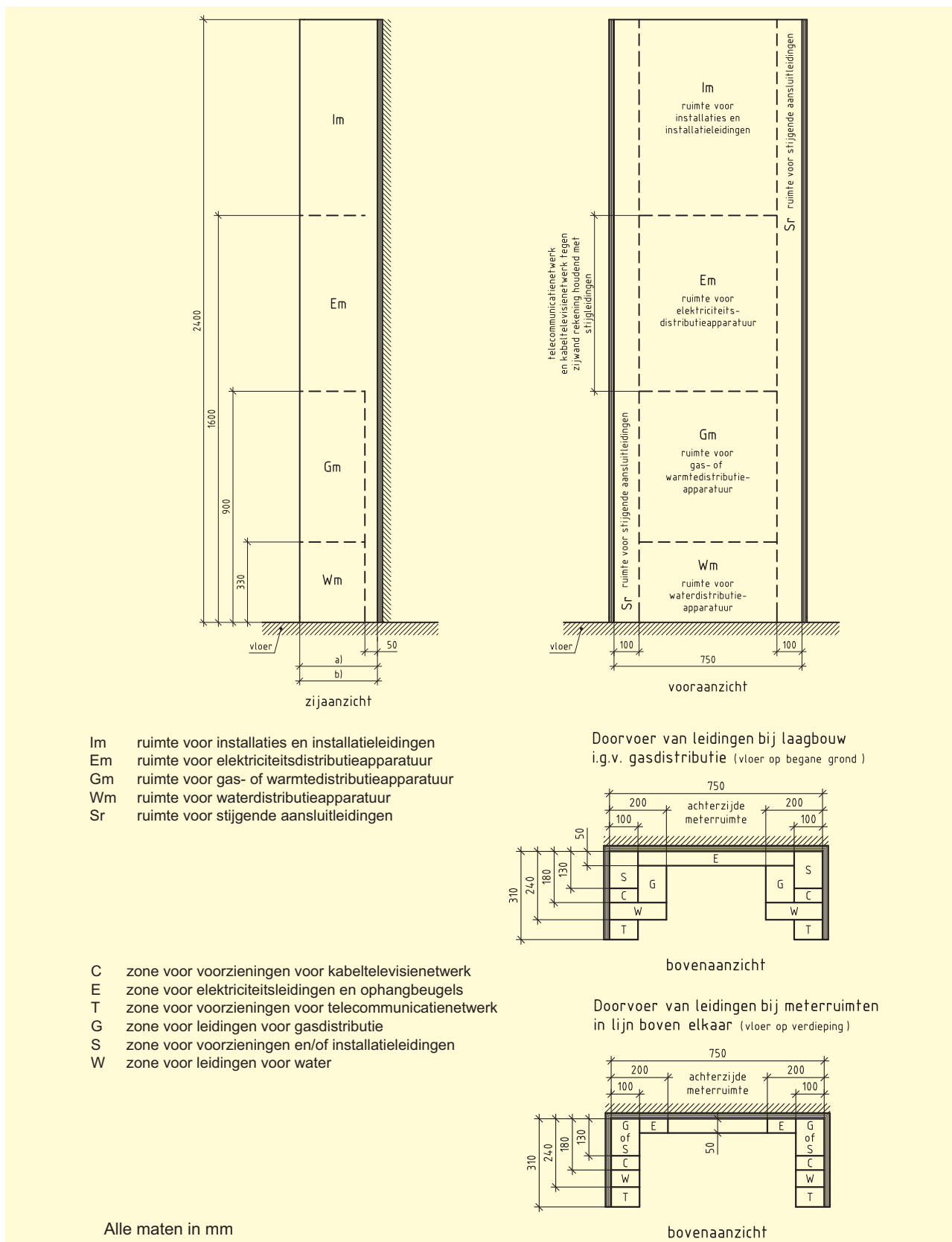
Afbeelding 1.12: Koppelen van nul- en PE-geleider.



Afbeelding 1.13: Koppelen van nul- en PE-geleider van meerdere kabels.

FUNDAMENTELE UITGANGSPUNTEN

Omdat bij grotere aansluitingen (groter dan 80A) het realiseren van een veilig aardingssysteem vrijwel alleen mogelijk is met een directe koppeling met het sterpunt van de voedende transformator, is in de netcode opgenomen dat dit type aansluiting moet worden uitgevoerd als TN-stelsel. De netbeheerder moet dus een aardingsvoorziening aanbieden.



Afbeelding 1.14: Meterkast voor hoog- en laagbouw (NEN 2768).

Omgeving van aansluiting

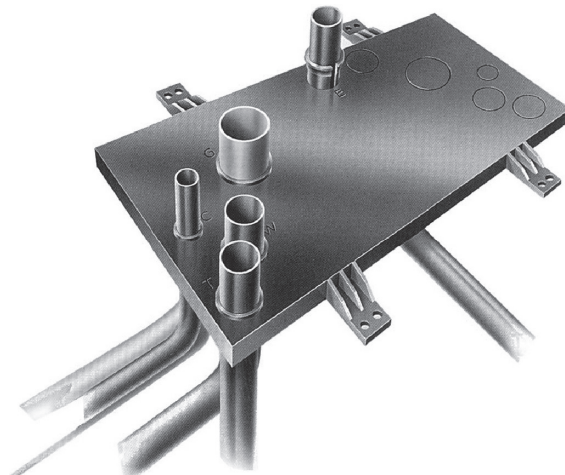
In dit gedeelte worden voorwaarden gesteld aan de plaats waar de voorziening het gebouw wordt binnengebracht, zoals de meterkast, de invoerput of de elektrische bedrijfsruimte. In percelen waar de elektrische installatie door middel van een in de grond gelegde kabel wordt aangesloten, moeten voorzieningen worden getroffen voor het gemakkelijk en gasbelemmerend binnenleiden van de kabel. Hiervoor moet een beschermbuis worden toegepast waarvan de netbeheerder het materiaal en de afmetingen bepaalt, tenzij de netbeheerder uitdrukkelijk te kennen heeft gegeven dit niet noodzakelijk te achten. In het geval dat een leidinginvoerput wordt aangebracht, moet deze voldoen aan de NEN 2768. In woonhuizen met individuele meting moet voor het onderbrengen van alle tot de aansluiting en meetinrichting behorende apparatuur een kast ter beschikking worden gesteld, die voldoet aan de eisen in de NEN 2768.

In de NEN 2768 is de indeling van een meterkast weergegeven. Hierbij is voor alle voorzieningen die in een woonhuis binnenkomen in de meterkast een plek gereserveerd. Afbeelding 1.14 geeft de indeling van een meterkast voor hoog- en laagbouw.

Naast deze indeling worden nog meerdere eisen gesteld aan de meterkast, onder andere: De meterkast moet met een deur met slot afsluitbaar zijn.

- De dagmaat van de deur moet ten minste een breedte hebben van 700 mm en een hoogte van 2000 mm.
- De meterkast moet worden geventileerd.
- De meterkast moet door situering en/of uitvoering vorstvrij zijn.

Ook ten aanzien van de invoering van leidingen (en de plaats van invoering) worden eisen gesteld in de NEN 2768. Om te komen tot een eenduidige invoering is er landelijk een standaard vloerplaat ontwikkeld (zie afbeelding 1.15).



Afbeelding 1.15: Vloerplaat voor de meterkast.

De standaard meterkast kan alleen worden gebruikt bij een standaard installatie zoals bij een woonhuis. Bij kleine bedrijven zal het energiebedrijf in overleg met de aangeslotene een ruimte bepalen voor de aansluiting.

Beveiliging

Als aanvullend voorschrift ten aanzien van de beveiliging wordt een installatie beoordeeld op het gedrag bij het terugkeren van de spanning na een onderbreking. Wanneer de spanning is weggefallen, moet worden voorkomen dat bij het terugkeren ervan alle toestellen van de diverse gebruikers weer gelijktijdig inschakelen. Dit zou immers tot zeer grote inschakel- en aanloopstromen kunnen leiden (en dus weer tot een nieuwe afschakeling van de spanning). Is er meer dan 10 kW aan vermogen van motoren in een installatie aanwezig, dan wordt een nulspanningsbeveiliging voorgeschreven. Hierbij heeft het de voorkeur dat geen gemeenschappelijke nulspanningsbeveiliging wordt toegepast. Meestal is het ook eenvoudig om elke motor afzonderlijk met een magneetschakelaar te voorzien van een eigen nulspanningsbeveiliging.

FUNDAMENTELE UITGANGSPUNTEN

In deze voorwaarden zijn verder technische aspecten ten aanzien van de installatie geregeld, maar ook aspecten die te maken hebben met de specifieke verantwoordelijkheid van installateur en aangeslotenen. Zo is bijvoorbeeld vastgelegd:

Bij aanleg van nieuwe elektrische installaties, alsmede bij uitbreiding, wijziging of vernieuwing van bestaande elektrische installaties waarbij de aansluiting dan wel de meetinrichting moet worden uitgebreid of gewijzigd, geeft de aangeslotene de netbeheerder zo spoedig mogelijk schriftelijk op de door de netbeheerder aangegeven wijze op:

- *zijn naam, volledige adres en telefoonnummer;*
- *het volledige adres en de bestemming van het perceel, waarin of waarop de werkzaamheden zullen worden verricht;*
- *de naam, het volledige adres en het telefoonnummer van degene die de werkzaamheden verricht.*

Deze gegevens zijn nodig voor de registratie van de aansluiting en uitvoering van een veiligheidsbeleid. Voor de uitvoering van het veiligheidsbeleid zijn onder andere ook de volgende voorwaarden vastgelegd:

Indien naar het oordeel van de netbeheerder redelijke twijfel bestaat of een elektrische installatie voldoet aan de van toepassing zijnde bepalingen van de technische voorwaarden, toont de aangeslotene aan dat zijn elektrische installatie aan deze bepalingen voldoet. Wanneer de aangeslotene in gebreke blijft is de netbeheerder bevoegd om de elektrische installatie zelf te onderzoeken of te laten onderzoeken. Indien een elektrische installatie naar het oordeel van de netbeheerder niet voldoet aan het bepaalde in deze regeling, herstelt de aangeslotene de gebreken, zo nodig onmiddellijk. De netbeheerder kan door de aangeslotene daarbij in acht te nemen aanwijzingen geven. De netbeheerder heeft echter geen verplichting om na te gaan of aan het in de regeling bepaalde is voldaan.

De netbeheerder mag een elektrische installatie of een uitbreiding van een elektrische installatie die niet voldoet aan de voorwaarden neergelegd in dit hoofdstuk als een tijdelijke installatie aanvaarden en de tijdsduur van de aansluiting daarvan bepalen. Behoudens bijzondere gevallen, bedraagt deze tijdsduur niet meer dan één jaar.

De netbeheerder kan met betrekking tot een tijdelijke installatie nadere eisen stellen.

Tussen de elektrische installatie achter een meetinrichting en de elektrische installatie achter een andere meetinrichting mag geen verbinding bestaan, tenzij de netbeheerder anders bepaalt.

De netbeheerder behoudt zich het recht voor een nieuwe elektrische installatie slechts aan te sluiten en bij uitbreiding, wijziging of vernieuwing van een bestaande elektrische installatie de transportdienst slechts dan te handhaven indien de aanleg, uitbreiding, wijziging of vernieuwing voldoet aan de van toepassing zijnde bepalingen in de technische voorwaarden.

Ten minste drie volle werkdagen voor het gereedkomen van een nieuwe elektrische installatie respectievelijk van de uitbreiding, wijziging of vernieuwing van een bestaande elektrische installatie waarbij de aansluiting dan wel de meetinrichting moet worden uitgebreid of gewijzigd, moet de aangeslotene hiervan de netbeheerder schriftelijk op de door de netbeheerder aangegeven wijze in kennis stellen.

Onverminderd het eerder bepaalde worden uitbreidingen, wijzigingen of vernieuwingen van een elektrische installatie geacht gereed te zijn, indien deze geheel of gedeeltelijk is aangesloten. De aangeslotene onderhoudt de elektrische installatie naar behoren.

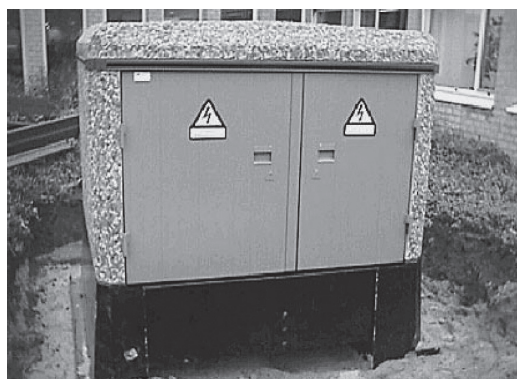
De laatste voorwaarde wijst de aangeslotene op zijn eigen verantwoordelijkheid om de installatie goed te onderhouden. Een mogelijkheid om dit te doen is een regelmatige herinspectie.

Naast deze algemene voorwaarden wordt er nog gesteld dat op de aansluiting geen grote spanningsveranderingen mogen ontstaan. Het betreft dan voornamelijk snelle spanningsvariaties die kunnen worden veroorzaakt door het inschakelen van motoren of door het

gebruik van lasapparatuur. In tegenstelling tot de vroegere aansluitvoorwaarden zijn er geen waarden meer aangegeven voor het wel of niet direct kunnen inschakelen van motoren. Per situatie moet dus worden berekend welke spanningsvariatie kan optreden. Zie hiervoor ook paragraaf 1.5.3 verderop.

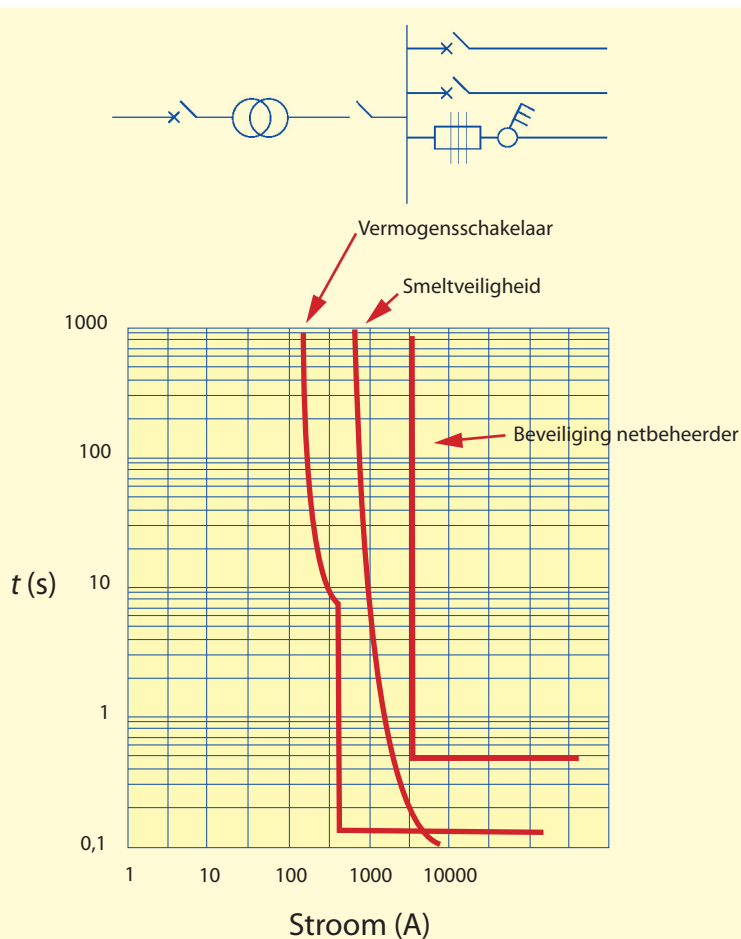
1.4.2.3 AANVULLENDE VOORWAARDEN VOOR OP HOOGSPANNINGSNET AANGESLOTENEN

Als er inderdaad wordt overgegaan tot aansluiting op het hoogspanningsnet, dan moet de aangeslotene een locatie ter beschikking stellen voor de plaatsing van de energietransformator en de bijbehorende installatie. Dit kan een locatie zijn voor de plaatsing van een compactstation (zie afbeelding 1.16) of een elektrische bedrijfsruimte. Aan deze elektrische bedrijfsruimte stelt de netbeheerder diverse eisen betreffende afmetingen, bereikbaarheid, slot en verlichting.



Afbeelding 1.16: Compactstation.

De aangeslotene moet in verband met de benodigde selectiviteit een staffelplan van de beveiligingen bij de netbeheerder overleggen. Een voorbeeld van een dergelijk staffelplan toont afbeelding 1.17.



Afbeelding 1.17: Installatie met beveiligingen en bijbehorende uitschakelkarakteristieken.

FUNDAMENTELE UITGANGSPUNTEN

1.4.2.4 AANVULLENDE VOORWAARDEN VOOR OP LAAGSPANNINGSNETTEN AANGESLOTEN PRODUCTIE- EENHEDEN

Om een compleet beeld te krijgen van de selectiviteit moet dus eveneens de beveiliging van de netbeheerder zelf worden ingetekend. De gegevens hiervoor moet de netbeheerder daarom aanleveren.

Als productie-eenheden op een laagspanningsnet worden aangesloten, worden aanvullende voorwaarden gesteld in verband met de veiligheid van de medewerkers van de netbeheerder (voorkomen dat het net onverwacht onder spanning blijft of komt), de kwaliteit van het te leveren product (harmonischen, inschakelverschijnselen) en de veiligheid voor de aangeslotene (aarding). De aanvullende voorwaarden gaan dan ook over beveiliging, sterpuntsbehandeling en overige aanvullende voorwaarden.

Beveiliging

Bij de beveiliging is selectiviteit tussen de diverse beveiligingen in de installatie en de hoofdbeveiliging op het overdrachtpunt belangrijk. De netbeheerder kan verlangen dat hiervan een berekening wordt gemaakt. Bij een net dat bewust of onbewust (storing) spanningsloos wordt gemaakt, moet worden voorkomen dat de productie-eenheid hierop invloed blijft uitoefenen. Om deze reden worden in de netcode de volgende beveiligingen voorgeschreven:

De beveiliging van de generator en een vermogenselektronische omzetter met een aansluitwaarde groter dan $3 \times 16 \text{ A}$ is in ieder geval op drie fasen voorzien van:

- *een onderspanningsbeveiliging met een aanspreksnelheid van 2 seconden bij 80% van de nominale spanning én van 0,2 seconden bij 70% van de nominale spanning;*
- *een overspanningsbeveiliging met een aanspreksnelheid van 2 seconden bij 110% van de nominale spanning;*
- *een maximum-stroomtijdbeveiliging; bij een vermogenselektronische omzetter een overbelastingsbeveiliging;*
- *een frequentiebeveiliging met een aanspreksnelheid van 2 seconden bij 48 en 51 Hz, deze beveiliging mag éénfasig zijn;*
- *een inschakelvertraging na uitschakeling: 2 minuten.*

De beveiliging van een productie-eenheid met een aansluitwaarde kleiner dan of gelijk aan $3 \times 16 \text{ A}$ is in ieder geval voorzien van:

- *een onderspanningsbeveiliging met een aanspreksnelheid van 2,26 seconden bij 80% van de nominale spanning;*
- *een overspanningsbeveiliging met een aanspreksnelheid van 2 seconden bij 110% van de nominale spanning;*
- *een frequentiebeveiliging met een aanspreksnelheid van 2 seconden bij 48 en 51 Hz.*

De installatie met een synchrone generator is voorzien van een inrichting die binnen 0,2 seconden een scheiding met het openbare net bewerkstelligt in geval de netspanning daalt in één of meer fasen tot 70% van de nominale waarde, tenzij uit een berekening van de kritische kortsluittijd een snellere uitschakeling noodzakelijk blijkt.

Bij het wegvallen van de spanning vanuit het laagspanningsnet zal voor de productie-eenheid de belasting drastisch veranderen. Dit leidt automatisch tot wijzigingen in frequentie en/of spanningsniveau. De genoemde beveiligingen signaleren dit en schakelen vervolgens de productie-eenheid van het net. Afhankelijk van de vraag of de productie-eenheid ook in eilandbedrijf kan functioneren (bijvoorbeeld als noodstroomaggregaat), zal de productie-eenheid worden afgeschakeld of stand-alone verder draaien.

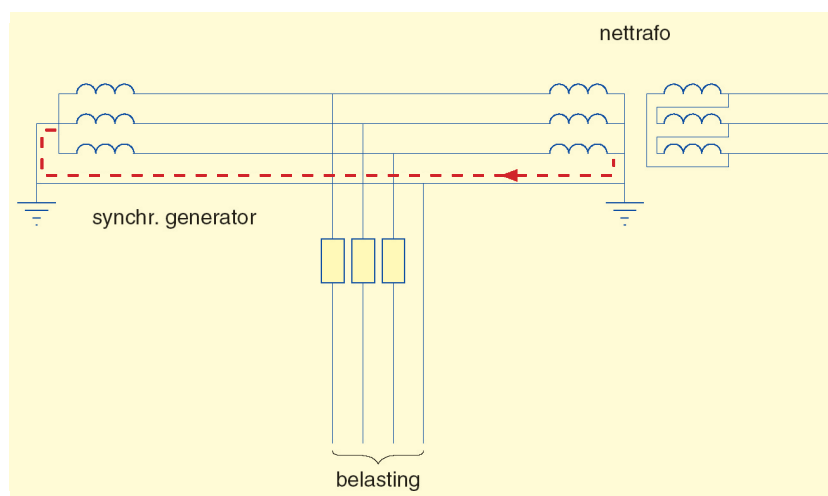
Sterpuntsbehandeling

Als een productie-eenheid ook in eilandbedrijf moet kunnen functioneren, is een belangrijk aandachtspunt de sterpuntsbehandeling. De netcode schrijft hierover:

Het sterpunt van een generator die zowel in eilandbedrijf als in parallelbedrijf kan functioneren is deugdelijk geaard.

Maatregelen worden in ieder geval genomen ingeval door harmonischen in de installatie de grootte van de nulleiderstroom in dezelfde orde als die van de fasestroom zal komen.

In het verleden zijn er diverse malen problemen geweest met nulstromen bij productie-eenheden. Een mogelijke oorzaak hiervan is weergegeven in afbeelding 1.18. Door de aangesloten belasting ontstaat een vervorming van de spanning. Als de vervuiling bestaat uit een harmonische met een veelvoud van drie (onder andere de derde harmonische), dan zal deze harmonische willen rondlopen in het met een stippellijn aangegeven circuit. Dit circuit is zeer laagohmig, zodat een kleine derde harmonische spanning al tot grote stromen kan leiden. De oorzaak van de spanningsvervorming hoeft overigens niet alleen de belasting te zijn, maar kan ook worden veroorzaakt door een kwalitatief slechte generator. Om problemen met te grote nulstromen te voorkomen, moet er aandacht zijn voor de benodigde doorsnede van de nulgeleider. Ook moet worden bekeken of het toepassen van een smoorspoel in de nul of een Z-spoel nodig is.



Afbeelding 1.18: Aansluiting van een productie-eenheid op een transformator.

Overige voorwaarden

De overige voorwaarden hebben betrekking op het voorkomen van hinder. Normaliter mogen er geen spanningsvariëaties optreden groter dan 3% van de nominale netspanning. Bij installaties die slechts met een zeer lage frequentie opstarten, is dit percentage verhoogd naar 5. In de netcode is hierover opgenomen:

Bij generatorinstallaties die slechts enkele malen per dag starten, respectievelijk parallel schakelen, dient de aanloopstroom zodanig te worden beperkt dat de spanningsdaling in het openbare net – ter plaatse van de meest nabij gesitueerde aangeslotene – ten hoogste 5% bedraagt.

De generator moet een stabiel gedrag vertonen. Als een plotselinge verandering van het mechanische aandrijfkoppel optreedt, mogen geen ontoelaatbare elektrische slingeringen plaatsvinden. De aandrijvende machine moet een rustig gedrag vertonen.

De aansluiting van productie-eenheden zal ook tot gevolg hebben dat het kortsluitvermogen ter plekke toeneemt. Beoordeeld zal moeten worden of de installatie is bestand tegen de optredende effectieve kortsluitstroom (thermische belasting) en de topwaarde hiervan (mechanische belasting). Wanneer compensatiecondensatoren worden toegepast, wordt de omvang daarvan en het aantal stappen waarin deze worden geschakeld, in overleg met de beheerder van de productie-eenheid door de netbeheerder bepaald. Deze situatie komt voor bij toepassing van synchrone generatoren die wattvermogen leveren en blindvermogen vragen. Om toch te voldoen aan de gewenste arbeidsfactor, worden dan compensatiecondensatoren toegepast. Dit kan echter weer gevolgen hebben voor de kwaliteit van het toonfrequentie signaal, waardoor er een filter moet worden toegepast om beïnvloeding van dat signaal te voorkomen. Overleg met de netbeheerder is hierbij belangrijk.

FUNDAMENTELE UITGANGSPUNTEN

1.5 KWALITEIT VAN GELEVERDE ENERGIE

Met de kwaliteit van de geleverde energie wordt in de netcode voornamelijk de kwaliteit van de spanning bedoeld. Veelal wordt hiervoor ook de term power quality gebruikt. Power quality heeft te maken met de kwaliteit van de spanning, waarbij de volgende aspecten van belang zijn:

- frequentie;
- spanningsniveau;
- spanningsvariaties;
- transiënte verschijnselen;
- spanningsvorm;
- symmetrie;
- kwaliteit van signaalspanningen.

Betrouwbaarheid is ook een kwaliteitsaspect, maar heeft te maken met de kwaliteit van de voorziening. Dit aspect zal net als de andere aspecten kort worden toegelicht in deze paragraaf.

De klanten van het energiebedrijf mogen van de leverancier verwachten dat er een kwalitatief goede spanning wordt geleverd. In de norm EN 50160 'Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems' wordt aangegeven binnen welke grenzen de spanning moet worden geleverd. In de netcode wordt dit grotendeels overgenomen en deels iets aangescherpt, zoals ook is weergegeven in tabel 1.3.

De belangrijkste kwaliteitsaspecten zullen nu worden beschreven met vermelding van de waarden uit de netcode.

1.5.1 FREQUENTIE

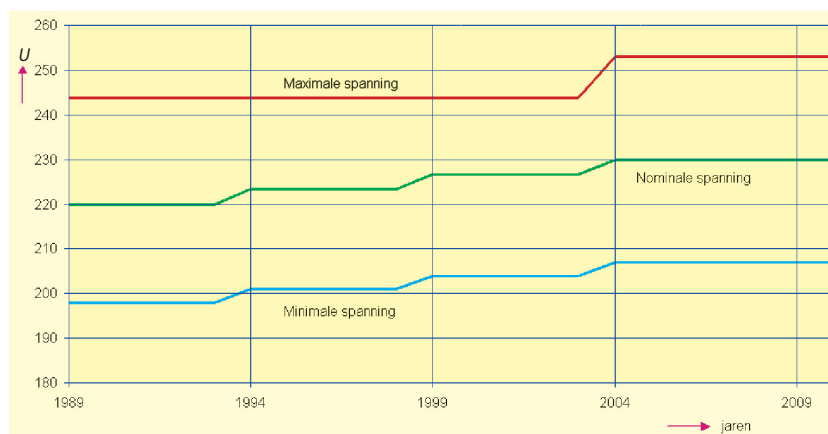
De nominale frequentie van de netspanning binnen Europa is 50 Hz. Mogelijke toleranties die de norm hiervoor hanteert, zijn:

- 50 Hz $\pm 1\%$ gedurende 99,9% van de tijd;
- 50 Hz $+2\%/-4\%$ gedurende 100% van de tijd.

Gegarandeerd wordt dus een netfrequentie die ligt tussen de 48 en 51 Hz. In normale situaties zal de netfrequentie echter tussen de 49,5 en 50,5 Hz liggen.

1.5.2 SPANNINGSNIVEAU

De nominale spanning voor openbare laagspanningsnetten is 230 V. Oorspronkelijk was de nominale spanning 220 V. Er zijn jaren geleden afspraken gemaakt om in een periode van 15 jaar te komen tot de nominale spanning van 230 V. Afbeelding 1.19 geeft aan hoe in deze periode tot 2005 de spanning in een aantal stappen is verhoogd.



Afbeelding 1.19: Spanningsniveau.

Op deze nominale spanning zijn nog variaties mogelijk. De belasting over een voedingskabel van het energiebedrijf zal zorgen voor spanningsverliezen. Het energiebedrijf zal daarom de spanning op de klemmen van de transformator hoger instellen dan 230 V. Het resultaat is dat klanten die in de onmiddellijke nabijheid van de transformator zijn aangesloten, een hogere spanning krijgen en klanten die aan het eind van de kabel zijn aangesloten een lagere spanning. Volgens de EN 50160 zal de netspanning gedurende 95% van de tijd niet meer dan $\pm 10\%$ afwijken van de nominale spanning.

1.5 KWALITEIT VAN GELEVERDE ENERGIE

De netspanning gedurende 100% van de tijd (althans de 10 minuten-gemiddelde waarde) ligt tussen -15% en +10% van de 230 V.

1.5.3 SPANNINGSVARIATIES

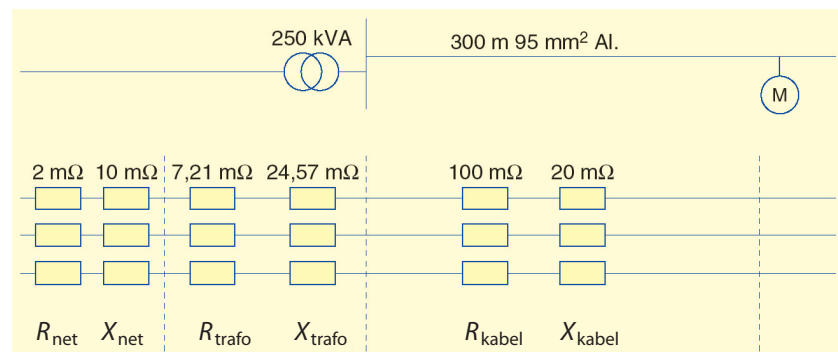
Naast langzame spanningsvariaties die binnen het aspect spanningsniveau vallen, zijn er ook snelle spanningsvariaties. Hierbij kan nog een onderscheid worden gemaakt in:

- snelle spanningsvariaties ten gevolge van een enkele belasting;
- flikker;
- spanningsdips;
- overspanningen.

Spanningsvariaties door enkele belasting

Spanningsvariaties kunnen bijvoorbeeld optreden door het inschakelen van motoren, condensatorbanken of lasapparatuur. Door het inschakelen daarvan zal er kortstondig een grotere belastingsstroom worden gevraagd met een groter spanningsverlies tot gevolg. Afbeelding 1.20 toont de aansluiting van een motor op een laagspanningsnet. De impedanties van het voedende net, de transformator en de leidingen zijn in het schema aangegeven. Stel, dat voor de motor de volgende gegevens gelden:

- de nominale stroom is 10 A;
- de aanloopstroom is 55 A;
- de $\cos \phi$ bij normaal bedrijf is 0,8;
- de $\cos \phi$ tijdens aanlopen bedraagt 0,4.



Afbeelding 1.20: Motor aangesloten op een laagspanningsnet.

Het spanningsverlies bij normaal bedrijf zal, gerekend vanaf de klemmen van de transformator, gelijk zijn aan:

$$U_v = \sqrt{3} (I_s \cdot \cos \phi \cdot R + I_s \cdot \sin \phi \cdot X) = \sqrt{3} (10 \cdot 0,8 \cdot 100 \cdot 10^{-3} + 10 \cdot 0,6 \cdot 20 \cdot 10^{-3}) = 1,59 \text{ V}$$

De spanningsdaling die optreedt bij aanlopen van de motor bedraagt:

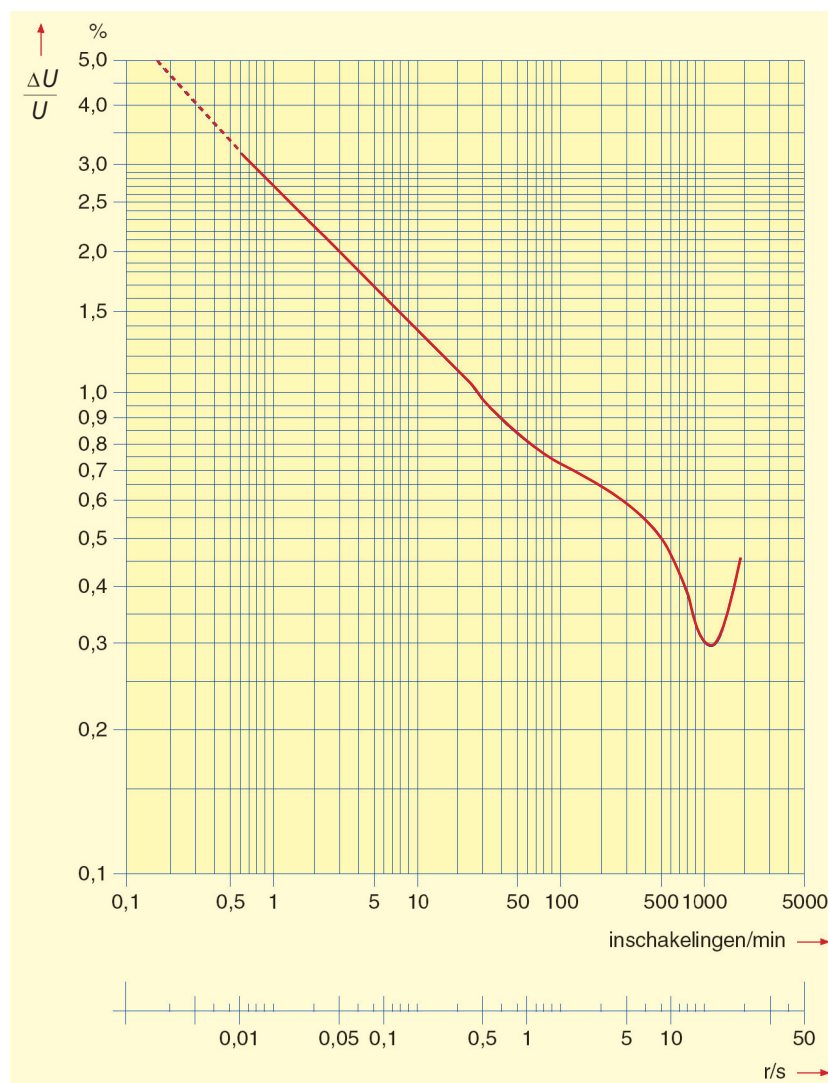
$$U_{\text{dip}} = \sqrt{3} (I_a \cdot \cos \phi_a \cdot R + I_a \cdot \sin \phi_a \cdot X) = \sqrt{3} (55 \cdot 0,4 \cdot 109,21 \cdot 10^{-3} + 55 \cdot 0,92 \cdot 54,57 \cdot 10^{-3}) = 8,94 \text{ V}$$

In deze formule is ook de impedantie van het voorliggende net en de transformator meerekend. In de EN 50160 wordt aangegeven dat snelle spanningsvariaties in laagspanningsnetten normaal gesproken niet groter zijn dan 5% van de nominale spanning. Onder bijzondere omstandigheden kunnen spanningsvariaties van 10% optreden.

Flikker

Veranderingen in het spanningsniveau leiden ook tot veranderingen in de verlichtingssterkte, dit wordt flikker genoemd. Afhankelijk van het aantal veranderingen per minuut, kan flikker door mensen als hinderlijk worden ervaren. Door energiebedrijven wordt de zogenaamde flikkercurve gehanteerd als de maximale spanningsvariatie die mag worden veroorzaakt op het aansluitpunt. (Het aansluitpunt kan worden gezien als het punt waarop eveneens andere klanten van het energiebedrijf zijn aangesloten.) Daarnaast kan het voor een klant met een eigen verdeelinrichting verstandig zijn om rekening te houden met deze flikkercurve (zie afbeelding 1.21). De klant wil zelf immers ook geen hinderlijke variaties in het verlichtingsniveau hebben.

FUNDAMENTELE UITGANGSPUNTEN



Afbeelding 1.21: Flickercurve: toelaatbare spanningsfluctuatie in functie van de herhalingsfrequentie volgens NEN-EN 50006.

De maximale spanningsvariatie mag volgens de netcode 3% bedragen. Bij inschakelverschijnselen die 1000 keer per minuut optreden (circa 16 keer per s) mag de spanningsvariatie nog maar 0,3% bedragen.

Spanningsdips

Bij een spanningsdip zal de spanning een waarde aannemen tussen de 1 en 90% van de nominale spanning. Bij 0% van de spanning is er sprake van een spanningsonderbreking en bij een waarde groter dan 90% is er sprake van spanningsvariatie. De tijdsduur waarbinnen de spanningsdip optreedt, ligt tussen de 10 milliseconde en 1 minuut. Voor registratie van spanningsdips worden vier categorieën onderscheiden, zie tabel 1.5.

Restspanning U [%]	Duur t [ms]			
	10 < t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1.000	1.000 < t ≤ 5.000
90 > U ≥ 80	13	2	1	1
80 > U ≥ 70	12	2	1	0
70 > U ≥ 40	7	1	1	0
40 > U ≥ 5	9	1	1	1
5 > U	12	1	1	3

Tabel 1.5: Overzicht van spanningsdips verdeeld naar grootte en duur.

1.5 KWALITEIT VAN GELEVERDE ENERGIE

De meeste spanningsdips zullen van korte duur zijn en met een beperkte spanningsdaling. Uit onderzoek blijkt vooralsnog dat er gemiddeld circa 10 tot 15 spanningsdips per jaar optreden.

Op dit moment is er in de netcode alleen voor hoogspanningsnetten een indicatie van het maximaal aantal dips opgenomen (zie ook tabel 1.5). Het is de bedoeling om vanaf 1 januari 2018 ook eisen op te nemen voor dips.

Overspanningen (50 Hz)

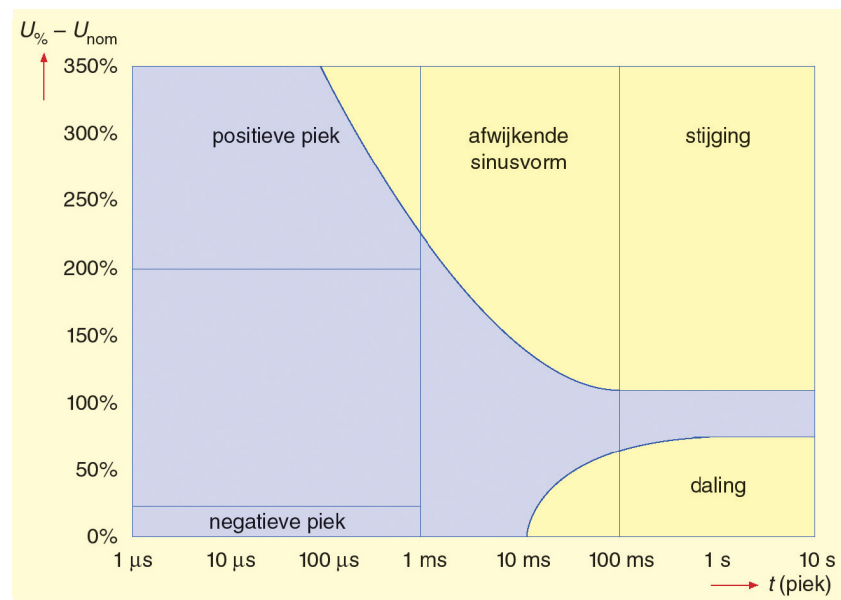
Naast een spanningsdip kan er ook een spanningstijging plaatsvinden. Deze verhoogde spanning kan worden veroorzaakt door:

- nulpuntverschuiving (als gevolg van onderbrekingen in de nulleider);
- sluitingen in midden- of hoogspanningsnetten.

Bij sluitingen op een ander spanningsniveau zal de verhoogde 50 Hz spanning in de regel niet hoger zijn dan 1,5 kV. Bij nulpuntverschuivingen zal de spanning maximaal de gekoppelde spanning worden.

1.5.4 TRANSIËNTE VERSCHIJNSELEN

Transiënte verschijnselen zijn kortdurende oscillerende of pulsvormige spanningsveranderingen. De tijdsduur bedraagt enkele milliseconden. Transiënte verschijnselen kunnen optreden door blikseminslagen, het uit- of inschakelen van condensatorbatterijen of specifieke belastingen. In de EN 50160 staan geen regels voor deze verschijnselen. Wel wordt internationaal de curve van afbeelding 1.22 gehanteerd als referentie waarbinnen de spanning zich kan bevinden. Hierin worden spanningspieken genoemd van 350%.



Afbeelding 1.22: Band voor spanningsvariëties (inclusief transiënten).

Zeker als gevolg van blikseminslagen kunnen er hogere spanningspieken optreden. In de normen (onder andere de NEN 1010 vijfde druk) wordt voor elektrisch materieel gesproken over de volgende stootspanningscategoriën:

- 6 kV voor hoofdverdeelinrichting;
- 4 kV voor onderverdeelinrichting en vaste onderdelen van de installatie;
- 1,5 en 2,5 kV voor verplaatsbare toestellen.

Ook overspanningsafleiders worden ontworpen op deze waarden.

Ook voor transiënten zijn in de netcode geen eisen opgenomen.

1.5.5 SPANNINGSVORM

De spanning zal ideaal gezien een zuivere sinusvorm hebben. Door de toepassing van apparatuur die geen sinusvormige stroom vraagt, ontstaan er echter afwijkingen van deze sinusvorm. In de EN 50160 is aangegeven binnen welke grenzen de harmonische vervorming in de netspanning moet blijven. Deze waarden zijn weergegeven in tabel 1.6.

FUNDAMENTELE UITGANGSPUNTEN

Oneven harmonischen geen veelvouden van 3		Oneven harmonischen veelvouden van 3		Even harmonischen	
harmonischen	spanning t.o.v. n=1 (%)	harmonischen	spanning t.o.v. n=1 (%)	harmonischen	spanning t.o.v. n=1 (%)
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,5	6..24	0,5
13	3	21	0,5		
17	2				
19	1,5				
23	1,5				
25	1,5				

Tabel 1.6: Maximale waarden voor harmonische spanningen in laagspanningsnetten.

De waarden genoemd in deze tabel mogen gedurende ten minste 95% van de tijd niet worden overschreden. In extreme situaties, bijvoorbeeld resonanties, kunnen voor sommige harmonischen een hogere waarde optreden. De totale harmonische vervorming zal voor 95% van de tijd lager zijn dan 8% en voor 99,9% van de tijd lager zijn dan 12%.

De totale harmonische vervorming, ook wel aangeduid als THD (Total Harmonic Distortion), is een maat voor de mate waarin de diverse harmonischen in de spanning voorkomen:

$$THD = \sqrt{\frac{\text{som kwadraten amplituden harmonischen}}{\text{amplitude grondharmonische}}} \cdot 100\%$$

Stel, een spanning heeft een vervorming met de harmonische aangegeven in tabel 1.7.

De totale harmonische vervorming van deze spanning is:

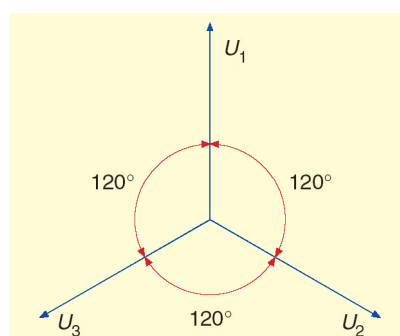
$$THD = \sqrt{\frac{(0,02)^2 + (0,04)^2 + (0,008)^2}{1}} \cdot 100\% = 4,54\%$$

Component	Frequentie (Hz)	Amplitude
Grondharmonische	50	1 (100%)
Derde harmonische	150	0,02 (2%)
Vijfde harmonische	250	0,04 (4%)
Elfde harmonische	550	0,008 (0,8%)

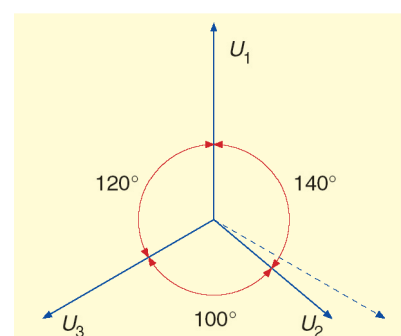
Tabel 1.7: Voorbeeld van een vervormde spanning.

1.5.6 SYMMETRIE

De spanningsdriehoek bestaat normaliter uit drie gelijke spanningen die 120° zijn verschoven ten opzichte van elkaar, zie afbeelding 1.23a. Als er sprake is van een fase- of hoekverschil, dan is er sprake van asymmetrie. In afbeelding 1.23b is er zowel een fase- als een hoekverschil.



a Symmetrische spanning.



b Asymmetrische spanning.

Afbeelding 1.23: Spanningen.

1.5 KWALITEIT VAN GELEVERDE ENERGIE

Asymmetrie kan worden veroorzaakt door asymmetrische belastingen zoals inductieovens. Ook asymmetrie in generatoren of vermogenstransformatoren kan leiden tot asymmetrie in de netspanning. De EN 50160 stelt dat gedurende 95% van de tijd de asymmetrie ten hoogste 2% mag zijn en voor alle meetperioden ten hoogste 3%.

1.5.7 KWALITEIT VAN SIGNAALSPANNINGEN

Het elektriciteitsnet wordt meer en meer gebruikt voor de overdracht van informatie. Dit gebeurt dan door middel van signaalspanningen die worden gesuperponeerd op de netspanning. De meest bekende toepassing is de toonfrequentiesturing die door energiebedrijven zelf wordt toegepast. Deze signalen liggen in een frequentiegebied van 110 tot 3000 Hz. Daarnaast worden andere Power Line Carrier-systemen toegepast.

In de installatie zelf wordt in de regel al een sperfilter opgenomen om beïnvloeding vanuit en van het net te voorkomen. De frequentie van deze systemen ligt tussen de 3 en 148,5 kHz. Bij het beoordelen van de kwaliteit van deze spanningen spelen zeer specifieke aspecten een rol.

1.5.8 BETROUWBAARHEID (SPANNINGS- ONDERBREKINGEN)

Een belangrijk onderdeel van de kwaliteit is de beschikbaarheid (en de betrouwbaarheid). Voor een klant van een netbeheerder is het van belang om over de energie te kunnen beschikken op het moment dat hij er behoefte aan heeft. Hoewel de energielevering in Nederland tot de betrouwbaarste van de wereld behoort, zijn onderbrekingen niet te voorkomen.

Door het bijhouden van alle storingsgegevens bij de netbeheerders is er een duidelijk beeld verkregen over de beschikbaarheid van de elektriciteitsvoorziening. De kans op een onderbreking is gemiddeld één onderbreking per 3 jaar. De duur van de onderbreking als gevolg van een storing in het laagspanningsdistributienet is gemiddeld 200 minuten. De duur van een onderbreking als gevolg van een storing in het middenspanningsnet is gemiddeld 90 minuten. (Voor een onderbreking als gevolg van een storing in het hoogspanningsnet is deze gemiddeld 30 minuten.)

De bovengenoemde gemiddelden zullen de specifieke klant echter weinig zeggen. Ook de behoeften van de klant kunnen variëren. Een klant zal voor een woonhuis geen moeite hebben met een tijdelijke onderbreking. Een computercentrum zal wel problemen hebben met een onderbreking (en heeft wellicht daarom ook een noodstroomvoorziening).