

EIT04

Elektrische installaties



TOUCHTECH



Auteur
J. Gerrits

Eindredactie
ThiemeMeulenhoff

v1.0



Introductie

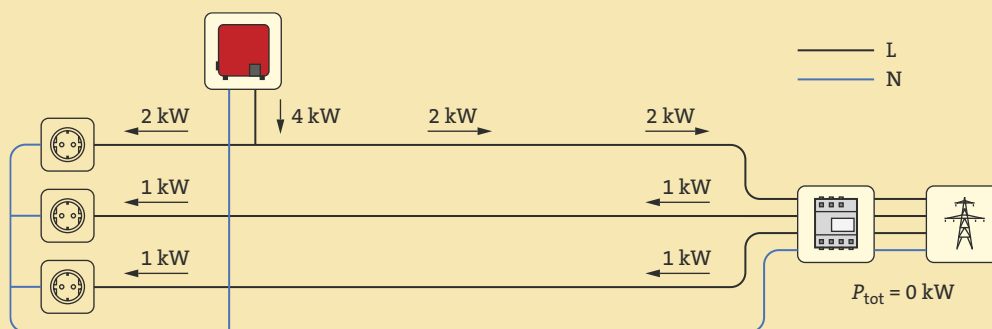
Kun je een eenfase-omvormer aansluiten op een driefasenet?

De meeste nieuwe huizen hebben een driefase-aansluiting op het laagspanningsnet (bijvoorbeeld $3 \times 25 \text{ A}$). Door deze 'krachtstroom-aansluiting' is de huisinstallatie voorbereid op toestellen met een groot vermogen, zoals inductiekookplaten, een warmtepomp of een pv-installatie (zonnepanelen en omvormer).

Netbeheerders willen graag dat het vermogen op de fasen van het elektriciteitsnet in balans is. Dat betekent dat je het geleverde vermogen van een pv-installatie zo veel mogelijk moet verdelen over de fasen. Als jouw pv-installatie een vermogen boven 5 kW levert, moet je verplicht een driefase-omvormer gebruiken. Onder een totaal vermogen van 5 kW mag je een (goedkopere) eenfase-omvormer aansluiten op het driefasenet.

Stel dat je op één fase 2 kW levert aan het elektriciteitsnet, terwijl je op de andere twee fasen 1 kW afneemt van het net. Hoe zit het dan met 'terugleveren' van energie aan het elektriciteitsnet? Dat werkt als volgt: je 'slimme' kWh-meter verrekent intern wat er op de verschillende fasen gebeurt. Als je 2 kW levert aan het net terwijl je ook $2 \times 1 = 2 \text{ kW}$ afneemt, wordt er per saldo geen vermogen gerekend. Dat betekent dat de afnameteller en de terugleverter teller op dezelfde stand blijven staan.

Bron: www.zonnefabriek.nl



Figuur 1 Eenfase-omvormer op het driefasenet (Bron: Tekenbureau Frans Hessels)

Oriënterende vragen

- Vanaf welk vermogen krijgt een huisinstallatie een driefase-aansluiting?
- Wat zijn volgens jou de voor- en nadelen van een driefase-aansluiting?

Theorie

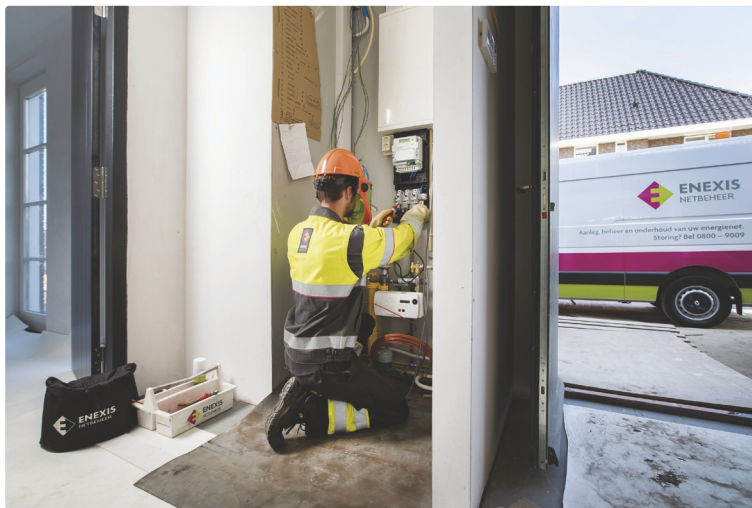
Kernvragen

- Wat zijn de aansluitvoorwaarden en wie stelt deze voorwaarden op?
- Wat zijn de kenmerken van de verschillende aansluitingen op het laagspanningsnet?
- Wat wordt er bedoeld met de aansluitwaarde en de gelijktijdigheidsfactor?
- Wat zijn de kenmerken van veelgebruikte stroomstelsels in elektrische installaties?

Elektrische installaties

Nederland is modern en vooruitstrevend op het gebied van de energievoorziening. Verschillende energiebronnen zorgen samen voor een bedrijfszekere en economische opwekking van elektrische energie. Als particulier mag je elektriciteit opwekken voor eigen gebruik of om terug te leveren aan het elektriciteitsnet. De energiedistributie is in handen van de regionale netbeheerders.

Er wordt alles aan gedaan om te voorkomen dat de energielevering verstoord wordt door de aangesloten verbruikers. Voordat je een elektrische installatie mag aansluiten op het openbare verdeelnet moet je daarom voldoen aan de **aansluitvoorwaarden** van de netbeheerders. Deze voorwaarden moeten ervoor zorgen dat de energievoorziening aan klein- en grootverbruikers van goede kwaliteit blijft en voldoet aan de veiligheidseisen. Er staan bijvoorbeeld afspraken in over het beheer van de meetinrichting (kWh-meter).



Figuur 2 Je huisaansluiting moet voldoen aan de aansluitvoorwaarden. (Bron: enexis.nl)

Aansluiting op het laagspanningsnet

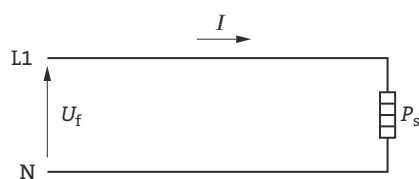
Het laagspanningsnet transporteert de elektrische energie naar huisaansluitingen. Elk woonhuis wordt op het laagspanningsnet aangesloten. Dat gebeurt met een eenfase-aansluiting of met een driefase-aansluiting.



Figuur 3 Monteurs leggen een huisaansluiting aan. (Bron: enexis.nl)

Eenfase-aansluiting

Bij een **eenfase-aansluiting** wordt de huisinstallatie aangesloten op een van de drie spanningvoerende draden en de nuldraad. De spanningvoerende draden noem je lijnen of **fasen** en je geeft ze aan met L1, L2 en L3. De nuldraad geef je aan met N. Over een van de fasen en de nuldraad staat een spanning van 230 V.



Figuur 4 Eenfase-aansluiting (Bron: Tekenbureau Frans Hessels)

De eenfase-aansluiting wordt gebruikt voor kleine installaties, zoals huisinstallaties tot maximaal 5,5 kVA. De stroom die uit het verdeelnet wordt opgenomen bereken je als volgt:

$$I = \frac{P_s}{U_f}$$

I	stroom in A
U_f	fasespanning in V
P_s	schijnbaar vermogen in VA

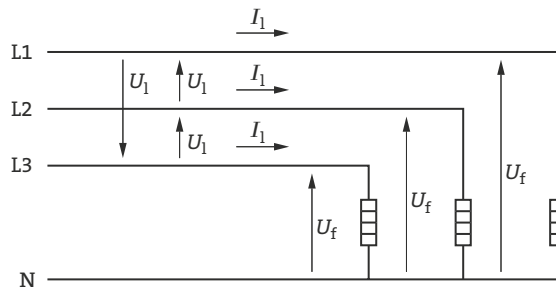
De nauwkeurigheid van deze stroomberekening hoeft niet erg groot te zijn. Daarom wordt in de praktijk veel gewerkt met de volgende vuistregel:

De stroom per aangesloten vermogen van 1000 VA (1 kVA) is $I = \frac{P_s}{U_f} = \frac{1000 \text{ VA}}{230 \text{ V}} = 4,35 \text{ A}$.

Bij benadering kun je dus stellen dat er per kVA ongeveer 4,5 A stroom uit het net wordt opgenomen.

Driefase-aansluiting

Bij een **driefase-aansluiting** wordt de installatie aangesloten op alle drie de fasen en de nul. Ook hier staat over elk van de fasen en de nul een spanning van 230 V. Tussen de fasen onderling is de lijnspanning $U_l = 400 \text{ V}$. In een huisinstallatie sluit je de lampen en apparaten aan op een fase en de nul. Tussen een fase en de nuldraad staat de fasespanning $U_f = 230 \text{ V}$.



Figuur 5 Driefase-aansluiting (Bron: Teknibureau Frans Hessels)

De verbruikers worden in vermogen gelijk verdeeld over de drie fasen. Hierdoor wordt de netstroom over de drie fasen verdeeld. Je kunt de netstroom als volgt berekenen:

$$I = \frac{P_s}{3 \cdot U_f}$$

Voor een driefase-aansluiting is de netstroom per kVA dus:

$$I = \frac{P_s}{3 \cdot U_f} = \frac{1000 \text{ VA}}{3 \times 230 \text{ V}} = 1,45 \text{ A}$$

Als vuistregel geldt dat per kVA een stroom van ongeveer 1,5 A uit het net wordt opgenomen. Bij een gelijk vermogen is de stroom bij een eenfase-aansluiting dus driemaal groter dan bij een driefase-aansluiting. Daarom krijgen industriële installaties een driefase-aansluiting. Dat geldt ook voor huisinstallaties met een vermogen groter dan 5,5 kVA.

Andere voordelen van een driefase-aansluiting ten opzichte van een eenfase-aansluiting zijn:

- kleinere aderdoorsnede;
- lagere waarden van de beveiligingsmiddelen;
- schakelmateriaal voor een lagere nominale stroom.

Een nadeel is dat er bij een driefase-aansluiting vier geleiders nodig zijn in plaats van twee geleiders.

Aansluitwaarde en gelijktijdigheid

Voordat je een nieuwe installatie op het verdeelnet aansluit, bereken je de **aansluitwaarde**. Dit is het totale verbruik van alle aangesloten verbruikers, uitgedrukt in VA.

Om de aansluitwaarde te berekenen, bepaal je eerst het schijnbaar vermogen P_s van elk aangesloten toestel. Daarna tel je alle schijnbare vermogens bij elkaar op:

$$\text{Aansluitwaarde} = \sum P_s$$

In de praktijk komt het bijna nooit voor dat alle aangesloten lampen, elektrische apparaten en wandcontactdozen gelijktijdig in gebruik zijn. Daarom is de **gelijktijdigheidsfactor** α ingevoerd. Dit getal geeft de verhouding aan tussen het te verwachten gelijktijdige vermogen $P_{s\alpha}$ en de aansluitwaarde:

$$\alpha = \frac{P_{s\alpha}}{\sum P_s}$$

α	gelijktijdigheidsfactor (zonder eenheid)
$P_{s\alpha}$	te verwachten gelijktijdige vermogen in VA
$\sum P_s$	aansluitwaarde in VA

Het elektriciteitsbedrijf bepaalt op basis van het te verwachten gelijktijdige vermogen of de installatie een eenfase-aansluiting of een driefase-aansluiting krijgt. De grenzen vind je in de aansluitvoorwaarden.

De gelijktijdigheidsfactor van een gemiddelde huisinstallatie is ongeveer 0,6 (60%) en het te verwachten gelijktijdige vermogen ligt tussen 2500 en 3500 VA.

Praktijkvoorbeeld: Aansluitwaarde en gelijktijdige vermogen berekenen

Gegeven

Een installatie bestaat uit:

- 12 lampen van 100 VA
- 14 wandcontactdozen van 200 VA
- een toestel van 1000 VA

De gelijktijdigheidsfactor $\alpha = 0,6$.

Gevraagd

Bereken de aansluitwaarde en het te verwachten gelijktijdige vermogen.

Oplossing

$$\sum P_s = 12 \times 100 \text{ VA} + 14 \times 200 \text{ VA} + 1000 \text{ VA} = 5000 \text{ VA}$$

$$P_{sa} = \alpha \cdot \sum P_s = 0,6 \times 5000 \text{ VA} = 3000 \text{ VA}$$

Praktijkvoorbeeld: De gelijktijdigheidsfactor in de praktijk

‘Verdeelinrichtingen voldoen in de praktijk niet altijd aan de norm NEN-IEC-61349’, vertelt Roel Ritsma. Hij is consultant bij het kenniscentrum elektrische energievoorziening ERCD. ‘Het gaat vaak mis bij de gelijktijdigheidsfactor. Als een eindgroep kort wordt belast met het maximale vermogen (bijvoorbeeld door een wasmachine), is er niks aan de hand’, legt Ritsma uit. ‘Het wordt anders als de eindgroep de hele dag maximaal wordt belast, bijvoorbeeld door een pv-installatie. Als de zonnepanelen de groep de hele dag belasten heeft deze groep een hogere gelijktijdigheidsfactor dan de andere groepen.’ Daarom is het volgens Ritsma verstandig als installateurs twee reservegroepen met een gelijktijdigheidsfactor van 1 (100%) aanbrengen in een verdeelinstallatie.

Waarom dan twee extra groepen? ‘Omdat naast zonnepanelen ook de elektrische auto in opkomst is. Op die manier heb je ook een eindgroep waaraan je een laadpaal kunt koppelen’, zegt Ritsma. ‘Maar het blijft belangrijk om als installateur te kijken naar de werkelijke situatie. Als de elektrische auto met niet meer



Figuur 6 Extra eindgroep voor een pv-installatie (Bron: J. Gerrits)

dan 10 A wordt geladen, is een extra groep met een gelijktijdigheidsfactor van 1 niet nodig. Als installateur blijf je zelf in de praktijk verantwoordelijk voor de beoordeling en uitbreiding van de installatie.'

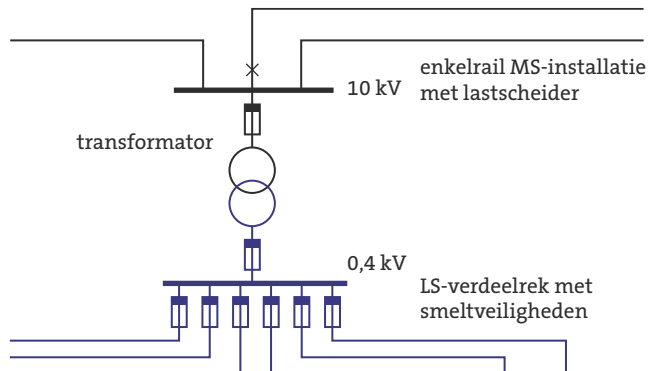
Bron: <https://www.installatiejournaal.nl>

Opbouw van huisinstallaties

Vrijwel alle huisinstallaties worden aangesloten op het laagspanningsverdeelnet van het energiebedrijf. Ze worden gevoed vanuit een netstation in de omgeving.



a transformatorhuisje



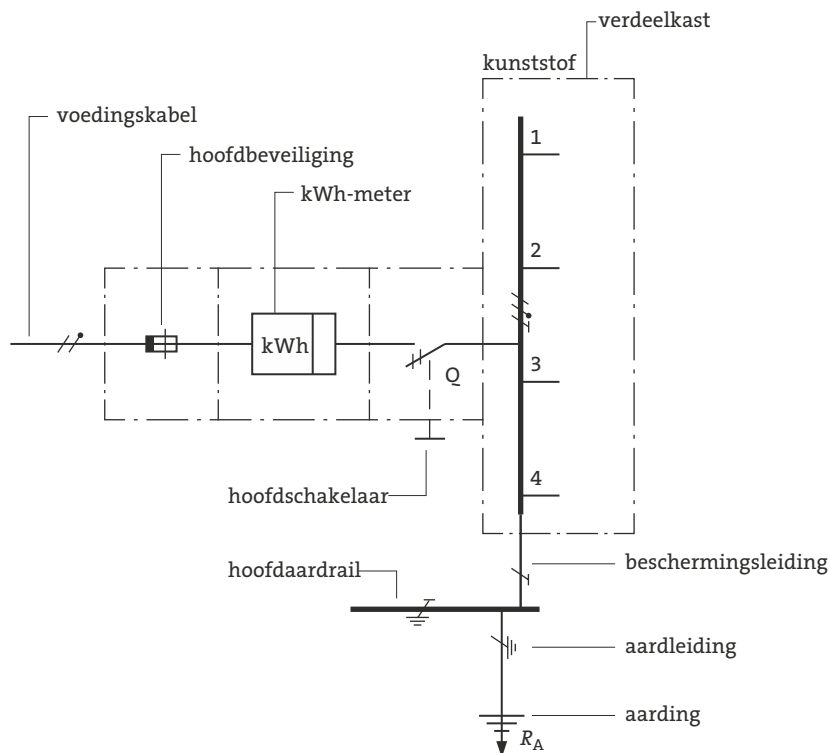
b opbouw installatie

Figuur 7 Netstation (Bron: [wikimedia.commons.org](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Netstation) / Willemjans / Tekenbureau Frans Hessels)

De afgaande voedingskabel van het netstation komt binnen in de meterkast van de woning en wordt aangesloten op de installatie. In de meterkast vind je de volgende onderdelen van de installatie:

- de hoofdbeveiliging;
- de kWh-meter;
- de hoofdschakelaar;
- de schakel- en verdeelinrichting;
- de aardingsinstallatie.

De netbeheerder installeert en beheert de hoofdbeveiliging en de kWh-meter. De overige onderdelen moeten worden aangelegd en onderhouden door een elektrotechnisch installateur (VP).



Figuur 8 Installatieschema meterkast (Bron: Tekenbureau Frans Hessels)

Hoofdbeveiliging

Kortsluitstromen of overbelastingsstromen in de installatie moeten afgeschakeld worden voordat ze het laagspanningsverdeelnet verstoren. Hiervoor zorgt de **hoofdbeveiliging**. Bij een eenfase-installatie wordt uitsluitend de fase beveiligd. Bij een driefase-installatie worden alle drie de fasen beveiligd.



Figuur 9 Hoofdbeveiliging van een driefase-installatie (Bron: J. Gerrits)

De nominale stroom van de hoofdbeveiliging hangt af van het te verwachten schijnbare vermogen van de installatie. In huisinstallaties worden de eindgroepen meestal beveiligd met installatieautomaten van 16 A. Om te voorkomen dat de hoofdbeveiliging eerder doormelt dan een groepsbeveiliging houdt het energiebedrijf voor de hoofdbeveiliging een nominale stroom aan van minstens 25 A.

kWh-meter

Na de hoofdbeveiliging wordt de **kilowattuur-meter** (kWh-meter) aangesloten. Deze is gemonteerd op het meterbord en meet de energie die de gebruiker opneemt. Een telwerk in de meter registreert de opgenomen energie in kilowattuur (kWh). Een

kWh-meter kan een dubbel telwerk hebben. Eén voor het dagtarief en één voor het goedkopere nachttarief.



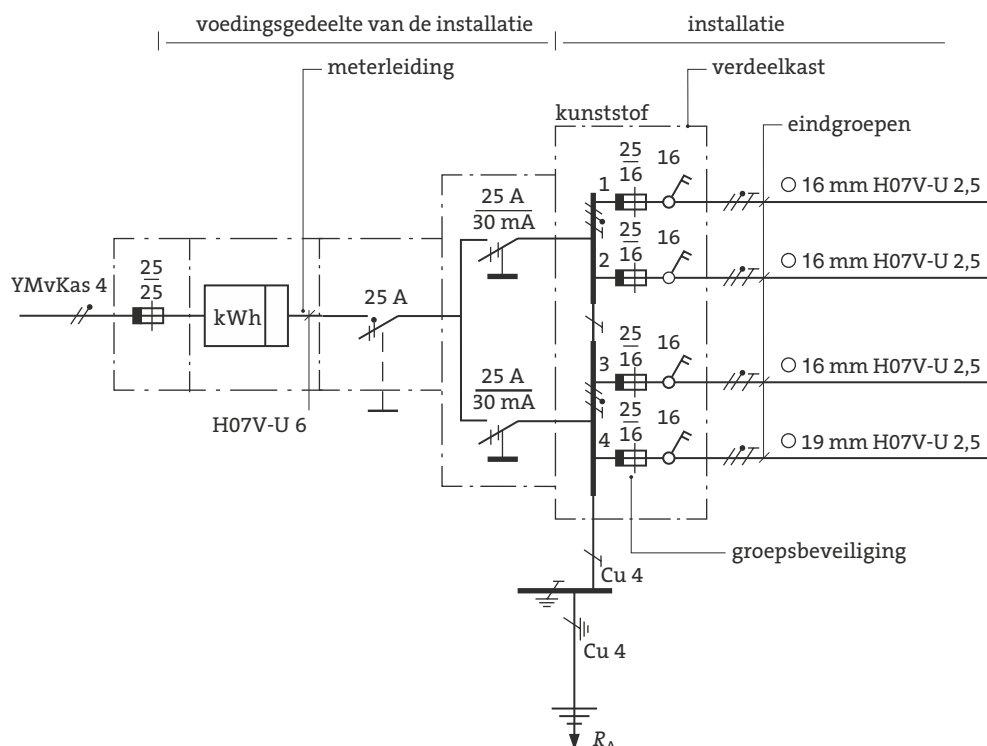
Figuur 10 Digitale kWh-meter (Bron: J. Gerrits)

Oude analoge kWh-meters kom je steeds minder tegen. Meer dan 75% van alle Nederlandse huishoudens heeft al een digitale ('slimme') kWh-meter. Daarmee kan de energieleverancier het energieverbruik op afstand uitlezen. Een digitale kWh-meter heeft nog meer mogelijkheden. Daarover lees je meer in het onderdeel Smarthome-installaties.

Schakel- en verdeelinrichting

De **hoofdschakelaar** wordt na de kWh-meter geplaatst. Daarmee kun je elektrische installatie volledig spanningloos maken. De hoofdschakelaar schakelt alle fasen en de nul tegelijk uit. De beschermingsleidingen blijven ononderbroken. Elke onderbreking in deze verbindingen kan levensgevaarlijk zijn.

Voor een ongestoorde energievoorziening wordt de verlichting verdeeld over minimaal twee eindgroepen en twee aardlekschakelaars. In het onderdeel 'Opbouw van huisinstallaties' lees je meer over de opbouw van de **schakel- en verdeelinrichting**.



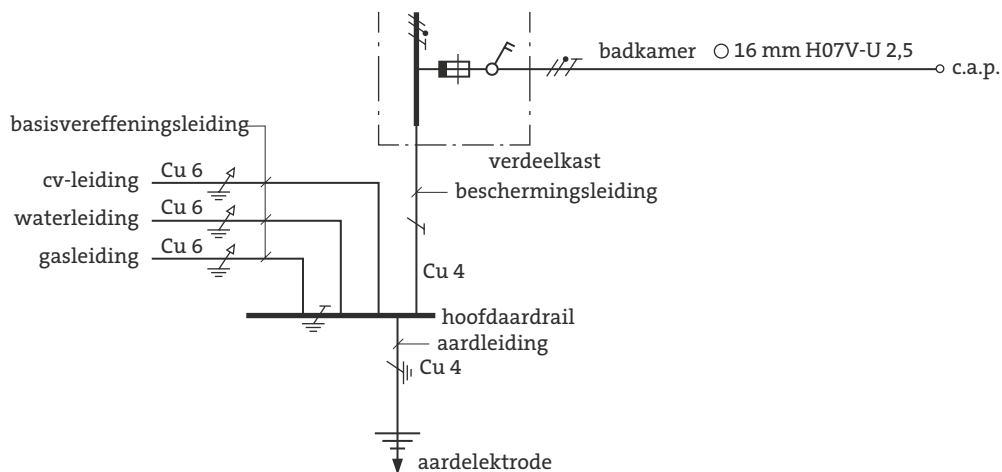
Figuur 11 Installatieschema eenfase-installatie (Bron: Teknbureau Frans Hessels)

Aardingsinstallatie

Elke installatie moet een **aardingsinstallatie** hebben die gebruikers beschermt tegen aanrakingsgevaar. Een aardingsinstallatie heeft altijd een verbinding met aarde door middel van een aardelektrode. Dit is een buis of staaf van geleidend materiaal die een bedrijfszekere verbinding maakt met aarde.

De aardelektrode wordt met de hoofdaardrail verbonden door een (koperen) geleider. Vanaf de hoofdaardrail worden metalen delen van technische installaties met aarde verbonden, zoals water-, gas- en cv-leidingen. Dit voorkomt dat er een gevaarlijke spanning komt te staan over deze delen en aarde.

Vanaf de hoofdaardrail gaat ook een beschermingsleiding naar de aardrail in de groepenkast. Vanaf de aardrail in de groepenkast gaat een geelgroene beschermingsleiding naar het centrale aardpunt (c.a.p.) in de badkamer. In het onderdeel 'Opbouw van huisinstallaties' lees je meer over de opbouw van de aardingsinstallatie.



Figuur 12 Aardingsinstallatie (Bron: Tekenbureau Frans Hessels)

Opbouw van industriële installaties

Omdat industriële installaties meestal een groot vermogen hebben, worden ze bijna altijd als driefase-installatie uitgevoerd. Een industriële installatie bestaat uit de volgende hoofdonderdelen:

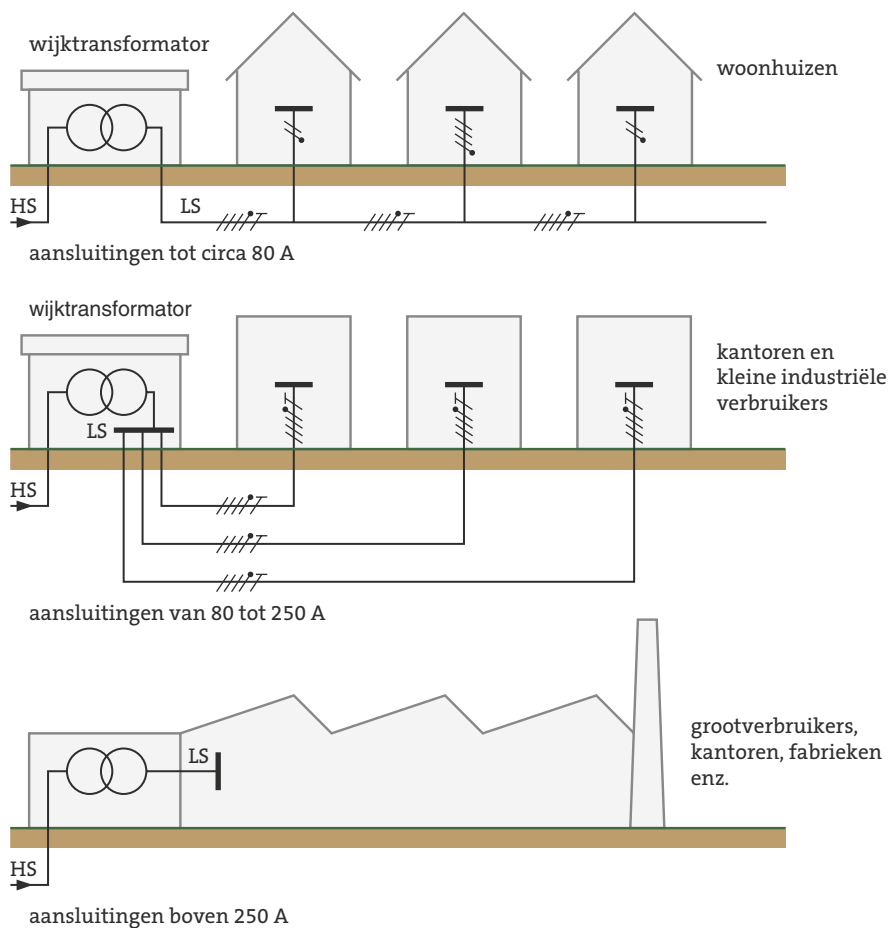
- nettransformator
- hoofdbeveiliging
- kWh-meter
- hoofdschakelaar
- schakel- en verdeelinrichting
- aardingsinstallatie

Het belangrijkste verschil met de huisinstallatie is de aansluiting op de **nettransformator**. De nettransformator zet de hoge spanning van het hoogspanningsverdeelnet (bijvoorbeeld 10 kV) om naar de laagspanning van 400 V/230 V voor de verbruikers. De nettransformator wordt door het energiebedrijf op het bedrijfsterrein geplaatst als het gelijktijdige vermogen groter is dan 16,5 kVA.



Figuur 13 Nettransformator (Bron: wikimedia.commons.org / Franciscus)

De andere delen van de installatie hebben dezelfde functie als die van een huisinstallatie. Ze zijn driefasig uitgevoerd en meestal bestemd voor grotere stromen dan bij een huisinstallatie. Bij industriële installaties worden de eindgroepen voor krachtwerktuigen driefasig uitgevoerd. Bovendien hebben deze groepen geen groepsschakelaar. Je maakt de eindgroepen spanningloos door de verdeelinrichting af te schakelen of door de lastscheiders van de groepen af te schakelen.



Figuur 14 Huisaansluitingen en industriële aansluitingen (Bron: Tekenbureau Frans Hessels)

Stroomstelsels

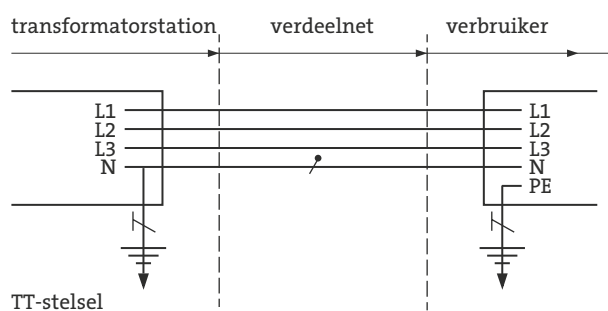
Een elektrische installatie wordt opgedeeld in **stroomstelsels**. Dit verkleint de kans dat beveiligingstoestellen ongewenst in werking treden, bijvoorbeeld door te grote stromen in de beschermingsleiding. Opdeling in stroomstelsels beperkt ook de gevolgen van elektromagnetische interferentie (EMI).

Een stroomstelsel kan verschillende voedingsbronnen hebben, bijvoorbeeld parallel geschakelde transformatoren of generatoren. In een stroomstelsel wordt de nulleiding (N) van de voedingsbron altijd met aarde verbonden. Hoe het stroomstelsel verder is opgebouwd, hangt af van de manier waarop de aarding van de verbruikers is uitgevoerd. Er zijn TT-, TN- en IT-stelsels.

TT-stelsel

Bij een TT-stelsel hebben de voedingsbron en de verbruikers elk een eigen aardelektrode. De letters TT staan voor: bron geaard (T), verbruiker geaard (T). De aarding (PE) van de verbruikers is dus onafhankelijk van de aarding van de voedingsbron. Het verdeelnet heeft geen beschermingsleiding.

Het TT-stelsel komt voor in kleine installaties, zoals huisinstallaties en installaties van kleine bedrijven.



Figuur 15 TT-stelsel (Bron: Tekenbureau Frans Hessels)

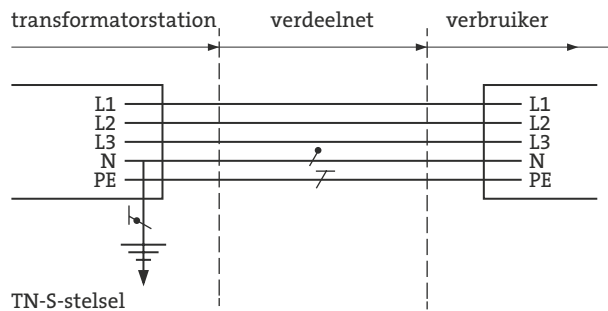
TN-stelsel

TN-stelsels (voedingsbron geaard: 'T', gebruikers neutraal: 'N') worden bij nieuwbouw vaker gebruikt dan TT-stelsels. In een TN-stelsel heeft elke voedingsbron een eigen aardelektrode. De verbruikers zijn via beschermingsleidingen verbonden met de aarde van de bron.

TN-S-stelsel

Een TN-S-stelsel ('S' voor 'separate', ofwel gescheiden) heeft twee aparte aders voor aarde (PE) en voor nul (N). Onder normale omstandigheden is alleen de nul stroomvoerend. De spanning van de nulleiding ten opzichte van aarde is laag. De PE-leiding voert onder normale omstandigheden geen stroom.

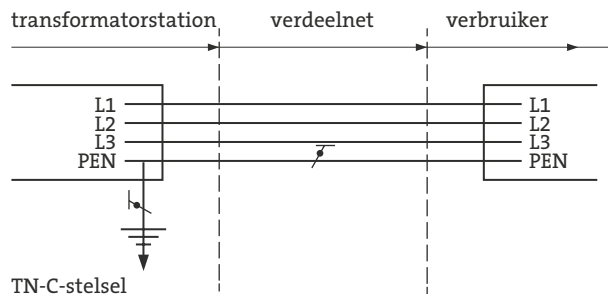
Bij een kortsluiting van een van de fasen ten opzichte van aarde stroomt er door de fase en de PE-leiding een kortsluitstroom die de beveiliging laat aanspreken.



Figuur 16 TN-S-stelsel (Bron: Tekenbureau Frans Hessels)

TN-C-stelsel

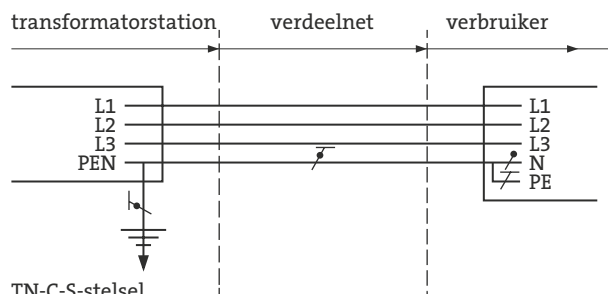
Bij een TN-C-stelsel ('C' voor 'combined', ofwel gecombineerd) zijn de aarde (PE) en de nul (N) gecombineerd tot één PEN-leiding. De PEN-leiding dient dus als stroomvoerende nulleider én als beschermingsleiding. Dit stroomstelsel wordt in Nederland alleen gebruikt voor zeer grote voedingssystemen. Volgens de NEN 1010:2015 mag je het TN-C-stelsel niet meer toepassen in nieuwe gebouwen waarin veel computers en andere ICT-toestellen staan. Dat is om EMI te voorkomen.



Figuur 17 TN-C-stelsel (Bron: Tekenbureau Frans Hessels)

TN-C-S-stelsel

Het TN-C-S-stelsel is vergelijkbaar met het TN-C-stelsel. Bij de hoofd-verdeelinrichting van de verbruiker wordt de PEN-leiding gesplitst in een PE- en N-leiding. De elektrische installatie aan de verbruikerskant heeft dus zowel een nulleiding als een beschermingsleiding. In de praktijk gebruik je voor grote vermogens meestal een TN-C-stelsel. Voor de kleinere vermogens tap je daarvan een TN-S-stelsel af.

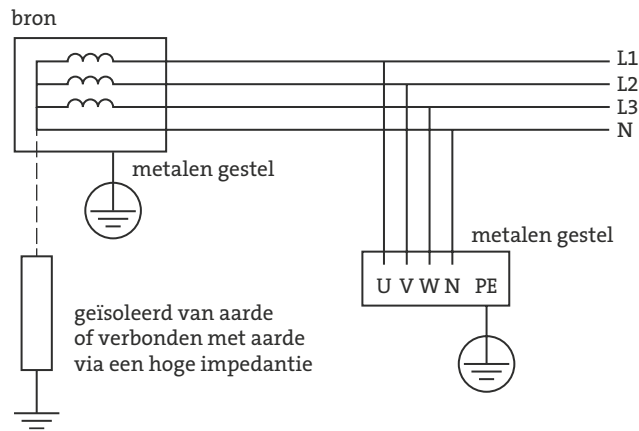


Figuur 18 TN-C-S-stelsel (Bron: Tekenbureau Frans Hessels)

IT-stelsel

Bij een IT-stelsel (voedingsbron geïsoleerd: 'I', verbruikers geaard: 'T') is de voedingsbron geïsoleerd of via een hoge impedantie verbonden met de aarde. De verbruikers hebben een eigen aarding.

Je komt IT-stelsels vaak tegen bij mobiele generatoren, waar geen aarde geslagen kan worden. Alle metalen gestellen worden wel met aarde verbonden. Een metalen gestel is een uitwendig geleidend deel van elektrisch materieel, dat geen deel uitmaakt van de stroomkring, maar wel onder spanning kan komen door een defect.



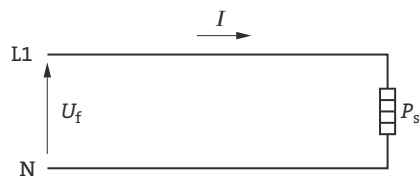
Figuur 19 IT-stelsel (Bron: Tekenbureau Frans Hessels)

Samenvatting

De aansluitvoorwaarden zorgen ervoor dat de energievoorziening aan klein- en grootverbruikers van goede kwaliteit blijft en voldoet aan de veiligheidseisen.

Aansluiting op het laagspanningsnet

Elk woonhuis wordt met een eenfase- of driefase-aansluiting op het laagspanningsnet aangesloten. De eenfase-aansluiting wordt gebruikt voor kleine installaties, zoals huisinstallaties tot maximaal 5,5 kVA.



Figuur 20 Eenfase-aansluiting (Bron: Tekenbureau Frans Hessels)

De stroom die uit het verdeelnet wordt opgenomen bereken je als volgt:

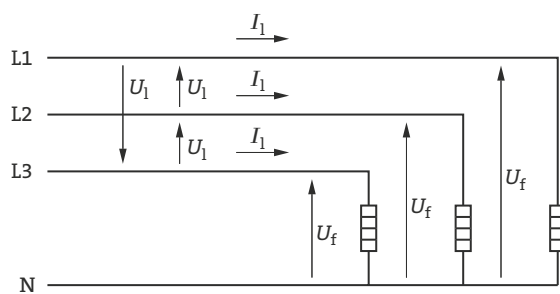
$$I = \frac{P_s}{U}$$

I	stroom in A
U	spanning in V
P_s	schijnbaar vermogen in VA

Industriële installaties, maar ook huisinstallaties met een vermogen groter dan 5,5 kVA, krijgen een driefase-aansluiting. Voor een driefase-aansluiting is de netstroom per kVA:

$$I = \frac{P_s}{3 \cdot U_f} = \frac{1000 \text{ VA}}{3 \times 230 \text{ V}} = 1,45 \text{ A}$$

Als vuistregel geldt dat per kVA een stroom van ongeveer 1,5 A uit het net wordt opgenomen.



Figuur 21 Driefase-aansluiting (Bron: Tekenbureau Frans Hessels)

Aansluitwaarde en gelijktijdigheid

De aansluitwaarde is het totale verbruik van alle aangesloten verbruikers, uitgedrukt in VA. Hiervoor geldt:

$$\text{Aansluitwaarde} = \sum P_s$$

De gelijktijdigheidsfactor geeft de verhouding aan tussen het te verwachten gelijktijdige vermogen P_{sa} en de aansluitwaarde. Hiervoor geldt:

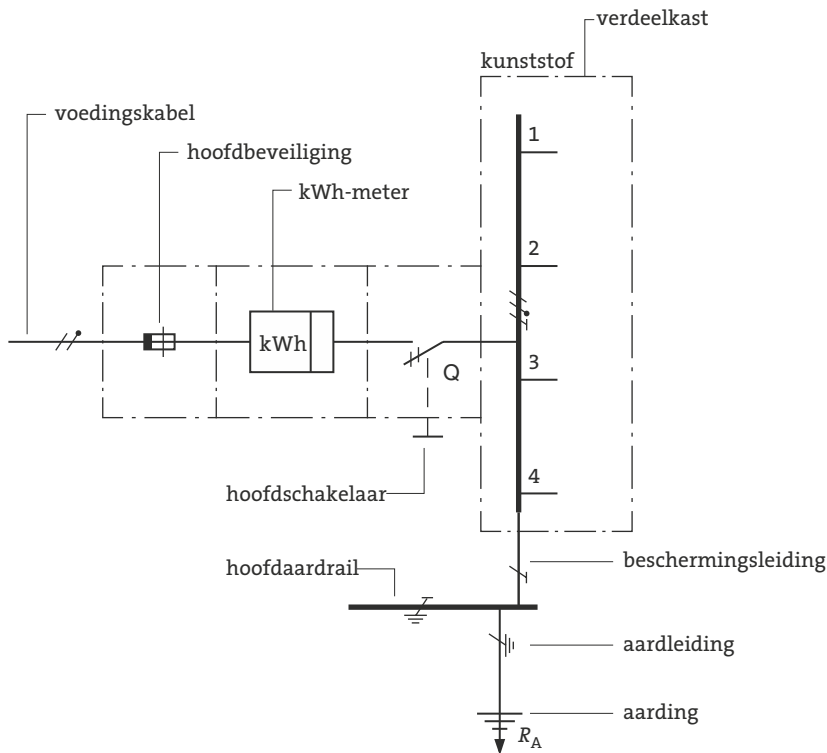
$$\alpha = \frac{P_{sa}}{\sum P_s}$$

α	gelijktijdigheidsfactor (zonder eenheid)
P_{sa}	te verwachten gelijktijdige vermogen in VA
$\sum P_s$	aansluitwaarde in VA

De gelijktijdigheidsfactor van een gemiddelde huisinstallatie is ongeveer 0,6 (60%).

Opbouw van huisinstallaties

De netbeheerder installeert en beheert de hoofdbeveiliging en de kWh-meter. De overige onderdelen moeten worden aangelegd en onderhouden door een elektrotechnisch installateur (VP).



Figuur 22 Installatieschema meterkast (Bron: Tekenbureau Frans Hessels)

De nominale stroom van de hoofdbeveiliging hangt af van het te verwachten schijnbare vermogen van de installatie. In huisinstallaties worden de eindgroepen meestal beveiligd met installatieautomaten van 16 A. Om te voorkomen dat de hoofdbeveiliging eerder doorsmelt dan een groepsbeveiliging, houdt het energiebedrijf voor de hoofdbeveiliging een nominale stroom aan van minstens 25 A.

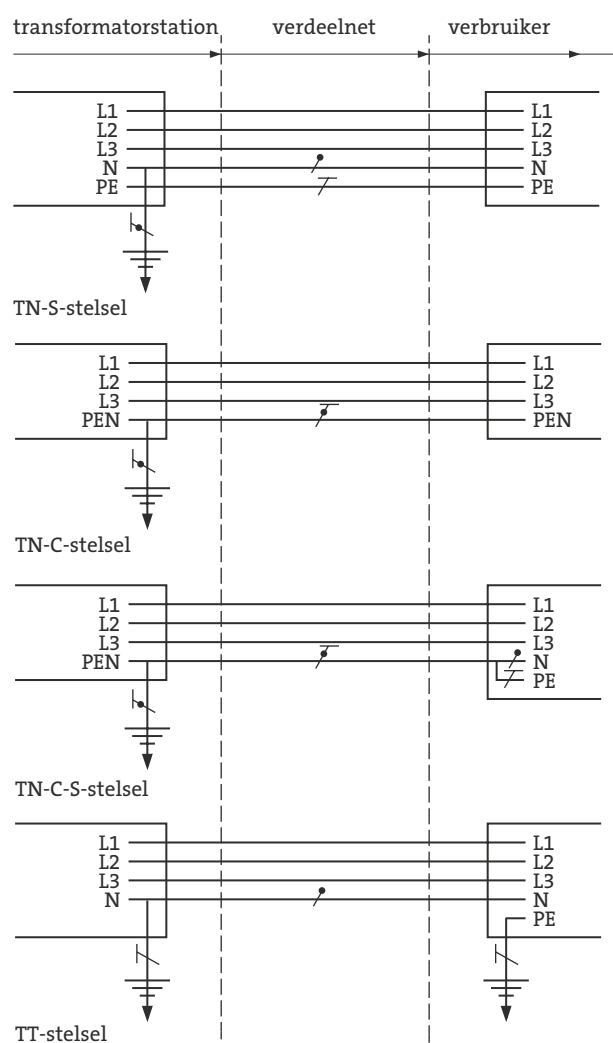
Elke installatie moet een aardingsinstallatie hebben die gebruikers beschermt tegen aanrakingsgevaar.

Opbouw van industriële installaties

Het belangrijkste verschil met de huisinstallatie is de aansluiting op de nettransformator. De nettransformator zet de hoge spanning van het hoogspanningsverdeelnet (bijvoorbeeld 10 kV) om naar de laagspanning van 400 V/230 V voor de verbruikers. Deze wordt door het energiebedrijf op het bedrijfsterrein geplaatst als het gelijktijdig vermogen meer is dan 16,5 kVA.

Stroomstelsels

Een elektrische installatie wordt opgedeeld in stroomstelsels. Daardoor wordt de kans kleiner dat beveiligingstoestellen ongewenst in werking treden, bijvoorbeeld door te grote stromen in de PE-leiding. Opdeling in stroomstelsels beperkt ook de gevolgen van elektromagnetische interferentie (EMI).



Figuur 23 Stroomstelsels (Bron: Tekenbureau Frans Hessels)

Video

Bekijk de video over de aansluiting van een huisinstallatie: <https://qr.linktm.nl/purl-2151>.

Bekijk de video over de opbouw van de verdeelkast: <https://qr.linktm.nl/purl-2152>.

Bekijk de video over de installatie van een slimme meter: <https://qr.linktm.nl/purl-2153>.

Bekijk de video over stroomstelsels: <https://qr.linktm.nl/purl-2154>.

Begrippen

Aansluitvoorwaarden	Voorwaarden van de netbeheerders voor aansluiting op het openbare elektriciteitsnetwerk.
Aansluitwaarde	Totale verbruik van alle aangesloten verbruikers, uitgedrukt in VA.
Aardingsinstallatie	Installatie die gebruikers beschermt tegen elektrocutie door aanraken van actieve delen.
Eenfase-aansluiting	Een installatie wordt aangesloten op een van de drie spanningvoerende draden en de nuldraad.
Driefase-aansluiting	Een installatie wordt aangesloten op alle drie de spanningvoerende draden en de nul.
Fase	Spanningvoerende draad. Wordt ook wel 'lijn' genoemd.
Gelijktijdigheidsfactor	Verhouding (getal) tussen het te verwachten gelijktijdige vermogen en de aansluitwaarde.
Hoofdbeveiliging	Beveiligingsmiddel dat kortsluitstromen of overbelastingsstromen in de installatie afschakelt voordat ze het laagspanningsverdeelnets verstoren.
Hoofdschakelaar	Schakelaar waarmee de hele elektrische installatie spanningloos kan worden gemaakt.
Kilowattuur-meter	Instrument dat de energie meet die een verbruiker opneemt uit het elektriciteitsnet.
Nettransformator	Transformator die hoogspanning omzet naar laagspanning.
Schakel- en verdeelinrichting	Verdeelkast met eindgroepen en beveiligingen.
Stroomstelsel	Aardingsmethode voor voedingsbronnen en verbruikers in een elektrische installatie.

Theorieopdrachten

- 1** Hoe groot is de stroom bij een eenfase-aansluiting als de aansluiting wordt belast met een schijnbaar vermogen van 4 kVA?

.....

.....

.....

- 2** Hoe groot is de stroom bij een driefase-aansluiting als de aansluiting wordt belast met een schijnbaar vermogen van 9 kVA?

.....

.....

.....

- 3** Noem drie voordelen van een driefase-aansluiting ten opzichte van een eenfase-aansluiting.

1.
2.
3.

- 4** Noem een nadeel van een driefase-aansluiting ten opzichte van een eenfase-aansluiting.

.....

- 5** Wat is de gelijktijdigheidsfactor?

- ☐ Alle aansluitwaarden gedeeld door het totale te verwachten gelijktijdige vermogen.
- ☐ Het totale vermogen gedeeld door het te verwachten gelijktijdige vermogen.
- ☐ Het te verwachten gelijktijdige vermogen gedeeld door het totale vermogen.
- ☐ Het te verwachten gelijktijdige vermogen gedeeld door de totale aansluitwaarden.

Opdrachten uit de praktijk

1 Een installatie bestaat uit:

- 15 lampen van 100 VA
- 20 wandcontactdozen van 200 VA
- een toestel A van 1300 VA
- een toestel B van 1400 VA

De gelijktijdigheidsfactor is 0,6. De installatie heeft een driefase-aansluiting met een netspanning van 400 V/230 V bij 50 Hz.

a Bereken het totale schijnbare vermogen P_s .

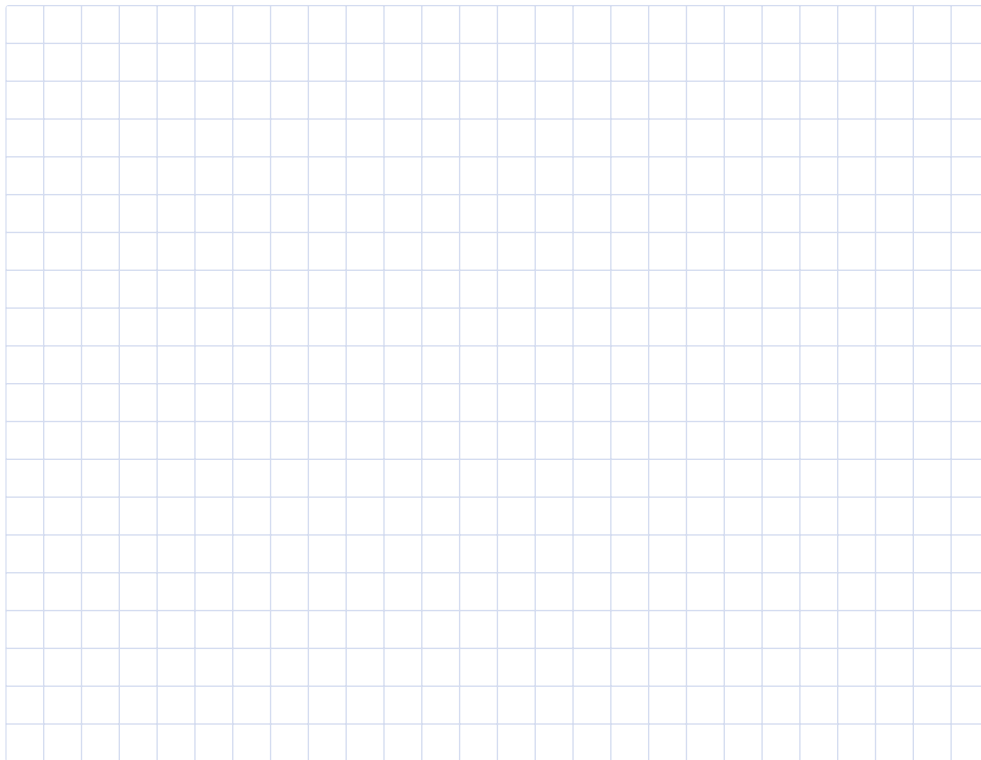
b Bereken het te verwachten gelijktijdige vermogen P_{sa} .

c Bereken de te verwachten gelijktijdige stroomsterkte I .

2 Teken het grondschema van de opbouw van een eenfasige huisinstallatie in de meterkast.

Gebruik de juiste symbolen en neem de volgende componenten op in het schema:

- hoofdbeveiliging
- kWh-meter
- hoofdschakelaar
- schakel- en verdeelinrichting
- aardingsinstallatie



- 3** Welke onderdelen van een huisinstallatie worden aangesloten door de netbeheerder?
- ☐ de hoofdbeveiliging
 - ☐ de hoofdschakelaar
 - ☐ de kWh-meter
 - ☐ de aardingsinstallatie
- 4** Omdat een huisinstallatie is verdeeld over minimaal over twee aardlekbeveiligingen, is de hoofdschakelaar:
- ☐ soms verplicht.
 - ☐ altijd verplicht.
 - ☐ nooit verplicht.
 - ☐ bijna altijd verplicht.
- 5** Kies het juiste antwoord.
- Loopt er van de hoofdaardrail een geleider naar de:
- aardelektrode? **ja** | **nee**
 - aardrail in de groepenkast? **ja** | **nee**
 - cv-leiding? **ja** | **nee**
 - gasleiding? **ja** | **nee**
 - waterleiding? **ja** | **nee**

- 6 Wat is de functie van een nettransformator bij een industriële installatie?

.....

.....

.....

- 7 In industriële installaties zijn eindgroepen voor krachtwerktuigen:

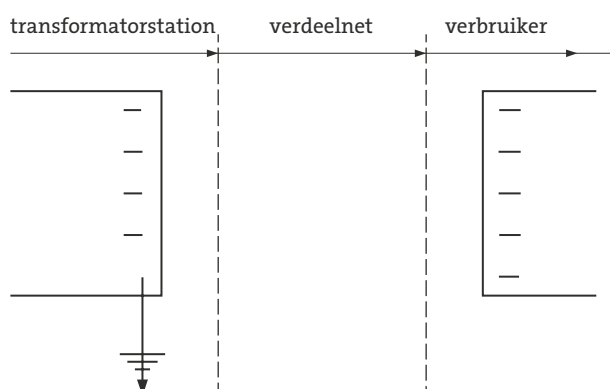
- ☐ eenfasig uitgevoerd met groepsschakelaar.
- ☐ eenfasig uitgevoerd zonder groepsschakelaar.
- ☐ driefasig uitgevoerd met groepsschakelaar.
- ☐ driefasig uitgevoerd zonder groepsschakelaar.

- 8 Kies het juiste antwoord.

Een TN-C-stelsel bestaat uit **vier** | **vijf** geleiders. Een TT-stelsel bestaat uit **vier** | **vijf** geleiders.

- 9 Gebruik figuur 24.

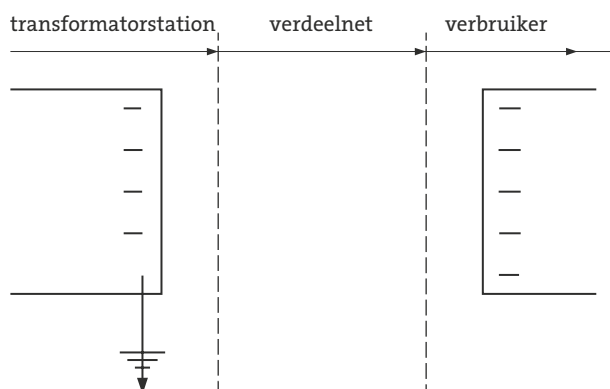
Teken een TN-S-stelsel.



Figuur 24 TN-S-stelsel (Bron: Tekenbureau Frans Hessels)

- 10 Gebruik figuur 25.

Teken een TN-C-S-stelsel.



Figuur 25 TN-C-S-stelsel (Bron: Tekenbureau Frans Hessels)

Evaluatie en reflectie

Checklist

Hier zie je een lijst met onderwerpen die aan de orde zijn geweest.

Je kunt:

- ☐ uitleggen hoe de aansluiting op het verdeelnet is geregeld.
- ☐ een schema tekenen van een eenfase- en een driefase-aansluiting op het openbare net.
- ☐ de aansluitwaarde en de gelijktijdigheidsfactor van een elektrische installatie berekenen.
- ☐ de opbouw van een huisinstallatie en een industriële installatie beschrijven.
- ☐ de kenmerken van de verschillende stroomstelsels noemen.

Bepaal voor jezelf welke onderwerpen je goed beheerst en welke je nog beter moet bestuderen.

Zelftoets

Test jezelf, maak de zelftoets.

- 1** Wat zijn de voor- en nadelen van een driefase-aansluiting ten opzichte van een eenfase-aansluiting?
 - ☐ Voordeel: dunnere kabels.
Nadelen: lagere waarden van beveiligingstoestellen en meer aders.
 - ☐ Voordelen: dunnere kabels en lagere waarden van beveiligingstoestellen.
Nadeel: meer aders.
 - ☐ Voordelen: lagere waarden van beveiligingstoestellen en meer aders.
Nadeel: dunnere kabels.
 - ☐ Voordeel: meer aders.
Nadelen: dunnere kabels en lagere waarden van beveiligingstoestellen.
- 2** Waardoor wordt de aansluitwaarde van een installatie bepaald?
 - ☐ door het energiebedrijf
 - ☐ door het totale gelijktijdige verbruik van de aangesloten verbruikers
 - ☐ door het totale gelijktijdige verbruik van de aangesloten verbruikers, gedeeld door het totale verbruik van de aangesloten verbruikers
 - ☐ door het totale verbruik van de aangesloten verbruikers
- 3** Wanneer moet een huisinstallatie met een eenfase-voeding een hoofdschakelaar hebben?
 - ☐ als er meer dan twee eindgroepen zijn
 - ☐ als er maximaal vier eindgroepen zijn
 - ☐ altijd, ongeacht het aantal eindgroepen
 - ☐ als er maximaal zes eindgroepen zijn

4 In een huisinstallatie is een eindgroep meestal uitgevoerd als:

- ☐ drieleidereindgroep.
- ☐ tweeleidereindgroep.
- ☐ vijfleidereindgroep.
- ☐ vierleidereindgroep.

5 Kies het juiste antwoord.

Een TN-C-S-stelsel bestaat uit **vier /gedeeltelijk vier en gedeeltelijk vijf /vijf** geleiders.

Een TN-S-stelsel bestaat uit **vier /gedeeltelijk vier en gedeeltelijk vijf /vijf** geleiders.

6 In welk stroomstelsel is de PE-leiding aan gebruikerszijde met aarde verbonden?

- ☐ TN-C-stelsel
- ☐ TN-C-S-stelsel
- ☐ TN-S-stelsel
- ☐ TT-stelsel

7 Kies het juiste antwoord.

Elke tweegeleidergroep bestaat uit een beveiliging en **één schakelaar | een aardlekschakelaar | twee schakelaars**.

8 Kies het juiste antwoord.

In industriële installaties zijn eindgroepen die bestemd zijn voor krachtwerktuigen **eenfasig | driefasig** uitgevoerd **met | zonder** groepsschakelaar.

9 Welk stroomstelsel heeft vijf geleiders?

- ☐ TN-C-stelsel
- ☐ TN-C-S-stelsel
- ☐ TN-S-stelsel
- ☐ TT-stelsel

10 Welke onderdelen sluit de netbeheerder aan?

- ☐ de hoofdbeveiliging en de hoofdschakelaar
- ☐ de hoofdbeveiliging en de kWh-meter
- ☐ de hoofdbeveiliging en de aardingsinstallatie
- ☐ de hoofdschakelaar en de kWh-meter