

Hoofdstuk 1. Elektrische weerstand

Alle materialen hebben elektrische weerstand. Soms is de weerstand laag en gaat elektrische stroom er gemakkelijk door. In andere gevallen is de weerstand hoog. Deze kenniskaart licht de functies en rekenmethoden met betrekking tot weerstanden toe.

1.1 Weerstand

1.1.1 Inleiding

Alle materialen hebben elektrische weerstand (hierna 'weerstand'). Soms is de weerstand laag en gaat elektrische stroom er gemakkelijk door. In andere gevallen is de weerstand hoog. Die materialen laten de stroom niet of nauwelijks door. Metalen hebben een lage weerstand. Dat zijn geleiders. Koper en zilver zijn goede geleiders. Door kunststoffen, glas en keramische materialen kan nagenoeg geen elektrische stroom vloeien. Dat zijn isolatoren. Voorbeelden zijn plastic, glas en porselein.

1.1.2 Voor- en nadelen van weerstand

Elektrische stroom ondervindt weerstand in een elektrisch circuit dat is aangesloten op een elektrische spanning. Is weerstand daarom een nadeel in elektrische schakelingen? Ja en nee. Voor het transport van elektrische energie via hoogspanningsleidingen moet de weerstand van de gebruikte leidingen (figuur 1 en 2) zo laag mogelijk zijn. Dan zijn de transportverliezen klein. Zie het rekenvoorbeeld bij 'Materialen en soortelijke weerstand'.



Fig. 1 Hoogspanningsleiding



Fig. 2 Kabel



Fig. 3 Elektrische waterkoker

De behuizing van elektrische apparaten moet van materialen zijn gemaakt met een erg hoge weerstand. Je wilt niet in contact komen met de delen waar elektrische spanning op staat, zie figuur 3.

1.1.3 Materialen en soortelijke weerstand

Weerstand wordt aangeduid met de letter R (resistance) en de eenheid met het teken Ω (omega). In een elektrisch schema staat dan bijvoorbeeld: $R = 100 \Omega$. De 'soortelijke weerstand' ρ (rho) is de weerstandswaarde van materialen met een lengte van 1 m en een doorsnede van 1 m^2 bij $25 \text{ }^\circ\text{C}$. De eenheid staat in Ωm (lees: ohmmeter).



Materiaal	Soortelijke weerstand [Ωm]
Zilver	$16,1 \times 10^{-9}$
Koper	$16,7 \times 10^{-9}$
Aluminium	27×10^{-9}
IJzer	98×10^{-9}
Glas	10^{12}
Teflon	10^{20}

Tabel 1 Soortelijke weerstand van enkele materialen

Voor het bepalen van de weerstand van elektriciteitsdraad van gegeven lengte en doorsnede gebruik je de formule:

Van een hoogspanningskabel van aluminium met een lengte van 10 km en een diameter van 45 mm (afbeelding 2) is de weerstand 0,17 Ω . Bij een stroomsterkte van 1.000 A (ampère) is het verlies in dit stuk kabel 170 V (volt).

1.1.4 Bepalen van weerstandswaarde (Wet van Ohm)

Weerstand meet je met een multimeter, zie Kenniskaart 'Multimeter'. Weerstand is ook te berekenen. In dat geval meet je de spanning U over de weerstand en de stroom I die er door loopt. Daarna deel je U door I (Wet van Ohm).

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad [\Omega]$$

Waarin:			
R	=	weerstand	[Ω]
ρ	=	de soortelijke weerstand	[Ωm]
l	=	lengte van draad	[m]
A	=	doorsnede	[m^2]



Fig. 4 Gloeilamp

De Wet van Ohm geeft de relatie weer tussen spanning, stroom en weerstand: $U = I \cdot R$ (spanning is stroom maal weerstand).

Stel, dat door de (gloeil)lamp in figuur 4 een stroom loopt van 0,3 A. Dan is de weerstand van de gloeidraad 766 Ω als deze is aangesloten op een netspanning van 230 V ($230 = 0,3 \times 766$).

1.1.5 Weerstand in elektrische schakelingen

In elektrische schakelingen vind je weerstanden van klein tot groot. Dat zijn behuizingen met twee (soms drie) aansluitingen. Het weerstandsmateriaal is gemaakt van koolstof of weerstandsdraad. In een elektrisch schema wordt een weerstand voorgesteld door een rechthoekje met twee aansluitdraden.



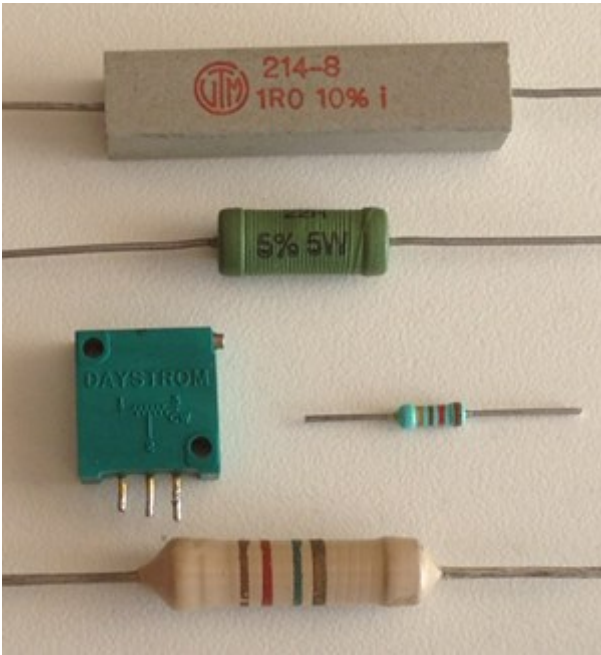


Fig. 5 Weerstanden



Fig. 6 Symbool

Bijvoorbeeld nodig in:

- Schakelingen om stroom te begrenzen;
- Schakelingen om spanning te delen (spanningsdeler);
- Elektrische apparaten om warmte op te wekken.

Als een LED (Light Emitting Diode) geen voorschakel-weerstand heeft, zal deze doorbranden omdat de stroom niet begrensd wordt.

Als je in een elektronische schakeling een spanning nodig hebt die niet direct beschikbaar is, maak je die bijvoorbeeld met een spanningsdeler, zie afbeelding 7. De uitgangsspanning is dan:

$$U_2 = U_1 \frac{R_b}{R_a + R_b} \text{ [V]}$$

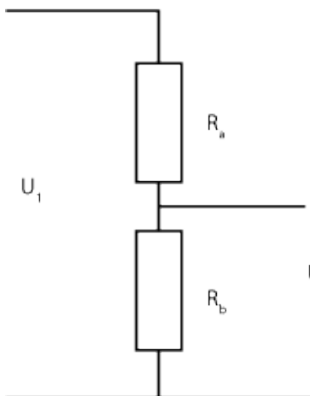


Fig. 7 Spanningsdeling

De waterkoker in figuur 3 verkrijgt zijn warmte doordat elektrische stroom door het element stroomt. Dat element is een draadgewonden weerstand van hittebestendig materiaal met een hoge soortelijke



weerstand. Als daar elektrische stroom door loopt, wordt toegevoerde elektrische energie omgezet in warmte.

1.1.6 Serie- en parallelschakeling van weerstanden

In een serieschakeling staan weerstanden 'achter elkaar'. Sluit je daarop een spanning U aan dan loopt er één stroom I door alle weerstanden (R_a en R_b). Over elke weerstand staat een deelspanning die bepaald wordt door de grootte van de stroom en de weerstandswaarde. De som van de deelspanningen is gelijk aan de spanning U .

Stel, een serieschakeling moet vervangen worden door een schakeling met één weerstand. Voorwaarde is dat de stroom dezelfde moet zijn als die bij de serieschakeling. In zo'n geval bepaal je de vervangingsweerstand R_v , zie figuur 9. De vervangingswaarde van een serieschakeling is gelijk aan de som van de in serie geschakelde weerstanden.

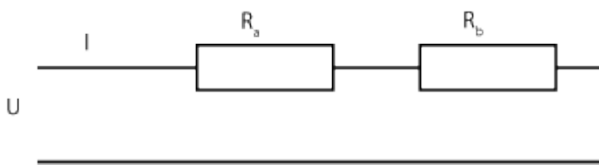


Fig. 8 Serieschakeling

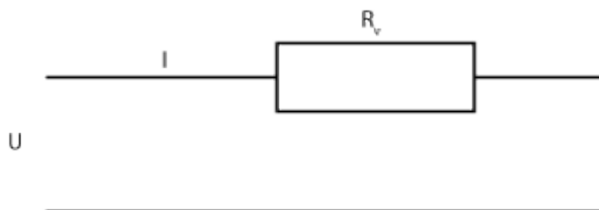


Fig. 9 Vervangingsweerstand

In formule: $R_v = R_a + R_b + \dots$ [Ω]

In een parallelschakeling staan weerstanden 'naast elkaar'. Als een parallelschakeling op een spanning wordt aangesloten, staat deze spanning over alle weerstanden. Door elke weerstand loopt een deelstroom die bepaald wordt door de grootte van de spanning en de weerstandswaarde. De som van deze deelstromen is gelijk aan de totale stroom I .

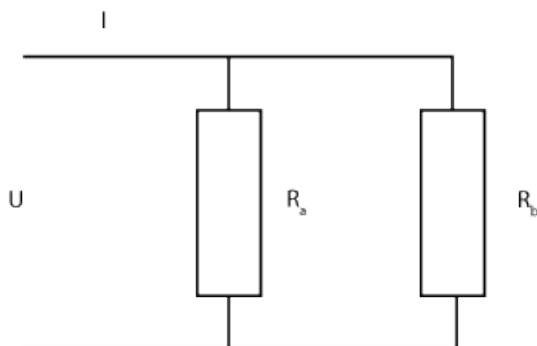


Fig. 10 Parallelschakeling

De vervangingswaarde van een parallelschakeling is gelijk aan de som van de inverse weerstandswaarden.



In formule: $\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b} + \dots$ [Ω]

Bijvoorbeeld: Weerstand $R_a = 30 \Omega$ en $R_b = 60 \Omega$. Dan is $R_v = 20 \Omega$, want:

$$\frac{1}{20} = \frac{1}{30} + \frac{1}{60}$$

In een parallelschakeling is $R_v <$ kleinste weerstand!

1.1.7 Bijzondere weerstanden

Weerstanden zijn er in veel variaties, zoals:

- LDR (Light Dependent Resistor) = weerstand is afhankelijk van hoeveelheid opvallend licht;
- VDR (Voltage Dependent Resistor) of Varistor = weerstand is afhankelijk van elektrische spanning;
- NTC (Negative Temperature Coëfficiënt) = weerstand wordt kleiner bij toenemende temperatuur.

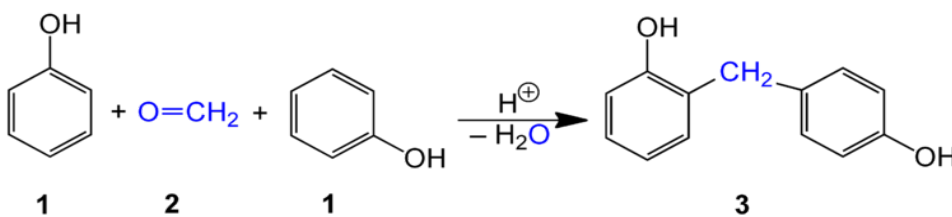
Bakkeliet

Technische gegevens

- Thermoharder
- Dichtheid $1,28 \text{ g/cm}^3$
- Zeer goede isolator:
- Lage elektrische geleidbaarheid
- Hoge doorslagspanning (in de orde van 20 kV/mm)
- Bestand tegen temperaturen tot 300 graden Celsius
- Vrijwel niet brandbaar

Productieproces

Bakeliet wordt vervaardigd door de monomeren fenol (1) en formaldehyde (2) onderling te laten reageren, met een zuur als katalysator:



Fenol is een benzeenderivaat (een aromatisch alcohol) en formaldehyde bezit een carbonylgroep. Deze heteroatomaire dubbele binding bevat meer energie dan een enkelvoudige en is dus reactiever. Als deze twee stoffen samengevoegd worden, dan zal de dubbele binding van de formaldehyde openbreken. Het O-atoom zal reageren met twee H-atomen van de benzeenmoleculen en vormt zo water. Het gedeelte van het formaldehyde-molecule dat overblijft - formeel een CH_2 -eenheid - wordt via de twee vrije valentie-elektronen op het koolstofatoom gebonden tussen 2 fenolmoleculen.

Dit proces is een polycondensatie omdat er een polymeer wordt gevormd door combinatie van twee kleinere moleculen onder afsplitsing van een ander (water in dit geval).



Toepassingen



Fig. 11 Radiotoestel



Fig. 12 Lampen

Een radiotoestel met bakelieten behuizing (zie figuur 11). Bakeliet kent talloze toepassingen, zoals:

- A. Tussenlaag in geleiders als elektrische isolatie, bijvoorbeeld bij de stroomleidingen boven de treinsporen
 - B. Hittebestendige handvatten, bijvoorbeeld bij pannen
 - C. Doppen en deksels van vele verschillende levensmiddelen- en chemicaliëncontainers en medicijnflessen
 - D. Handvatten van gebruiksvoorwerpen, zoals scheermessen en scheerdozen
 - E. Bekasting van elektrische apparaten, zoals telefoons, radio's en haardrogers
- 78-toeren grammofoonplaten

Vragen

1. Wat is de weerstand van de elektromotor voor luchting?
2. Wat is de totale minimale weerstand van de klimaatcomputer?
3. Waarom wordt zilver niet verwerkt in kabels?
4. Wat was het materiaal van een zwarte bakelieten wandcontactdoos?
5. Wat is het materiaal van een wit gekleurde stop?

1.2 Vermogen

Vermogen is een natuurkundige grootheid voor de energie (arbeid) per tijdseenheid. De SI-eenheid voor vermogen is de watt. Men leest dan ook vaak het formeel onjuiste wattage in plaats van het officieel correcte vermogen.

Een andere bekende, maar verouderde, eenheid voor vermogen is de paardenkracht. Dat is oorspronkelijk het vermogen benodigd om een massa van 75 kg omhoog te trekken met een snelheid van een meter per seconde. Dit vermogen varieert met de zwaartekrachtversnelling, en dus met de plaats op aarde. Meestal rekent men een pk als 736 watt.

1.2.1 Definitie van vermogen

Het vermogen is gedefinieerd als de opgewekte of verbruikte hoeveelheid energie per tijdseenheid. In formulevorm:



$$\text{vermogen} = \frac{\text{arbeid}}{\text{tijdsduur}}$$

oftewel:

$$P = \frac{dW}{dt}$$

waarin:

P: het vermogen, in Watt

W: de arbeid, in Joule

t: de tijd, in seconden

1.2.2 Mechanica

In de mechanica geldt:

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

waarin:

\vec{F} de kracht is, in newton

\vec{v} de snelheid is, in m/s

en

$$P = \vec{T} \cdot \vec{\omega}$$

waarin:

\vec{T} het koppel is, in Nm

$\vec{\omega}$ de hoeksnelheid is, in rad/s

1.2.3 Stromingsleer

In de stromingsleer geldt:

$$P = Q C_v (T_2 - T_1) \rho$$

waarin:

Q: het debiet, in m³/s

C_v: de soortelijke warmte, in J/kg/K

T₂-T₁: de temperatuursverandering in de tijd, in Kelvin

ρ : de dichtheid, in kg/m³



1.2.4 Hydraulica

In de hydraulica wordt mechanisch vermogen omgezet in hydraulisch vermogen (pomp) en andersom (motor). Het hydraulisch vermogen bedraagt:

$$P = Q \cdot \Delta p$$

waarin

Q = debiet in m^3/s

Δp = het drukverschil in Pascal.

1.2.5 Elektriciteitsleer

Momentane vermogen

Als een bron van elektrische energie op het tijdstip t een elektrische stroom $i(t)$ levert bij een elektrische spanning $u(t)$, is het momentane vermogen $p(t)$ dat de bron levert:

$$p(t) = u(t)i(t).$$

Werkelijk vermogen

Het werkelijke vermogen, ook werkzame of actieve vermogen, is het vermogen dat gedissipeerd wordt in de ohmse component van de impedantie in het circuit. Het werkelijke vermogen wordt uitgedrukt in de eenheid watt (W).

Gelijkstroom

Is de bron een gelijkstroombron, dan zijn spanning en stroom constant:

$$u(t) = U_{\text{en}} \quad i(t) = I$$

en is het momentane vermogen gelijk aan het werkelijke vermogen P

$$P = p(t) = U \cdot I.$$

Dit vermogen wordt ontwikkeld in de ohmse weerstand R in het circuit. Volgens de wet van Ohm geldt:

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 R.$$

Periodieke wisselstroom is de bron een periodieke wisselspanningbron met spanning

$$u(t) = U \cos(\omega t),$$

en is $Z = R + jX$ de totale impedantie in het circuit, dan is de stroomsterkte

$$i(t) = I \cos(\omega t - \varphi),$$

waarin φ het faseverschil is tussen de spanning en de stroom als gevolg van de niet-ohmse (reactieve) component van de impedantie.



Voor de momentane stroomsterkte geldt:

$$i(t) = I \cos(\omega t - \varphi) = I (\cos(\varphi) \cos(\omega t) + \sin(\varphi) \sin(\omega t)) = i_w(t) + i_b(t).$$

Daarin is

$$i_w(t) = I \cos(\varphi) \cos(\omega t)$$

de actieve stroomsterkte en

$$i_b(t) = I \sin(\varphi) \sin(\omega t)$$

de stroomsterkte van de zogeheten blindstroom. Het is deze blindstroom, die weliswaar in het circuit loopt, maar 90° in fase verschilt met de spanning en dus niet bijdraagt aan het werkelijk ontwikkelde vermogen. De blindstroom wordt a.h.w. niet gezien, vandaar de naam. En een gebruiker neemt dit vermogen ook niet af, omdat het periodiek wordt opgenomen en weer afgestaan. De blindstroom is de stroom ten gevolge van de reactieve componenten in het circuit. De capaciteiten in het circuit worden periodiek geladen en weer ontladen, en de aanwezige zelfinducties bouwen periodiek een magneetveld op en breken het weer af.

Momentane vermogen

Het momentane vermogen kan uitgedrukt worden als:

$$p(t) = u(t)i(t) = u(t)(i_w(t) + i_b(t)) = p_w(t) + p_b(t),$$

opgebouwd uit het momentane werkelijke vermogen

$$p_w(t) = u(t)i_w(t) = U \cdot I \cos(\varphi) \cos^2(\omega t) = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \cos(\varphi) (1 + \cos(2\omega t)),$$

variërend met de dubbele frequentie tussen de minimale waarde 0 en de maximale waarde

$$U \cdot I \cdot \cos(\varphi) = 2 U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \cos(\varphi),$$

en het momentane blindvermogen

$$p_b(t) = u(t)i_b(t) = U \cdot I \cos(\omega t) \sin(\varphi) \sin(\omega t) = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \sin(\varphi) \sin(2\omega t),$$

periodiek wisselend met de dubbele frequentie en amplitude

$$\frac{1}{2} U \cdot I \cdot \sin(\varphi) = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \sin(\varphi).$$

Werkelijk vermogen

Het werkelijke vermogen P is het gemiddeld gedissipeerde vermogen in de ohmse component R van de impedantie:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) R dt = \frac{I^2 \cdot R}{T} \int_0^T \cos^2(\omega t - \varphi) dt = \frac{I^2 \cdot R}{2} = I_{\text{eff}}^2 \cdot R = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \cos(\varphi)$$

Er geldt immers:



$$R = \Re(Z) = \frac{U}{I} \cos(\varphi)$$

De grootheden

$$U_{\text{eff}} = \frac{U}{\sqrt{2}} \quad I_{\text{eff}} = \frac{I}{\sqrt{2}}$$

zijn de effectieve waarden van de spanning en de stroom.

Het werkelijke vermogen P is ook het gemiddelde van het momentane vermogen, of equivalent van het momentane werkelijke vermogen, over een periode T :

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p_w(t) dt = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \cos(\varphi) \int_0^T (1 + \cos(2\omega t)) dt = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \cos(\varphi)$$

Zowel de actieve stroom als de blindstroom dragen bij aan het werkelijke vermogen en wel als de som van hun afzonderlijk ontwikkelde vermogens. Er geldt immers:

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) R dt = \frac{1}{T} \int_0^T (i_w(t) + i_b(t))^2 R dt = \frac{1}{T} \int_0^T (i_w^2(t) + i_b^2(t) + 2i_w(t)i_b(t)) R dt = \\ &= \frac{1}{T} \int_0^T i_w^2(t) R dt + \frac{1}{T} \int_0^T i_b^2(t) R dt = P \cos^2(\varphi) + P \sin^2(\varphi) \end{aligned}$$

want

$$\frac{1}{T} \int_0^T i_w(t) i_b(t) dt = 0$$

De energie verbonden met het door de blindstroom gedissipeerde vermogen $P \sin^2(\varphi)$ gaat nutteloos verloren.

Schijnbaar vermogen

De effectieve waarden U_{eff} en I_{eff} van respectievelijk de spanning en de stroomsterkte suggereren dat in het circuit een vermogen

$$S = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}$$

ontwikkeld wordt. Dit is echter maar schijn omdat er tussen de spanning en de stroom (mogelijk) een faseverschil bestaat. De grootheid S heet daarom schijnbaar vermogen. Om duidelijk te maken dat het slechts een schijnbaar vermogen is, wordt het niet uitgedrukt in watt, maar in de eenheid voltampère (VA).

Blindvermogen

De blindstroom $i_b(t) = I \sin(\varphi) \sin(\omega t)$ geeft aanleiding tot het momentane blindvermogen



$$p_b(t) = u(t)i_b(t) = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \sin(\varphi) \sin(2\omega t),$$

een vermogen dat gedurende een halve periode door de bron geleverd wordt en gedurende de andere halve periode aan de bron terug geleverd wordt, met gemiddeld over een periode de waarde 0. De amplitude van dit vermogen

$$Q = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \sin(\varphi)$$

wordt het blindvermogen of reactieve vermogen genoemd. Het is een maat voor de verliezen die de bron lijdt in de inwendige weerstand, inclusief de toevoerleidingen, en waarvoor de bron in principe geen vergoeding krijgt. Ook het blindvermogen wordt niet uitgedrukt in watt, maar in de speciaal daarvoor bestemde eenheid voltampère reactief (VAr).

1.2.6 Voorbeeld

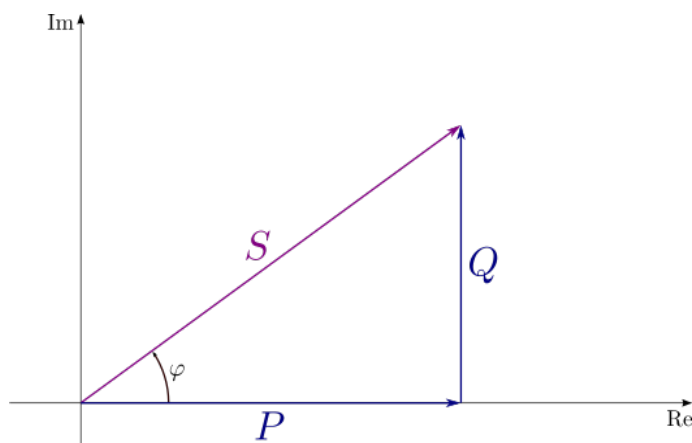
In ondergrondse kabels is de afstand tussen de aders klein, zodat ze een tamelijk grote capaciteit vertegenwoordigen. Zo heeft de ca. 11,5 km lange 380-kV-Transversale Berlin, een grotendeels ondergrondse kabel in het stadsgebied van Berlijn, een capaciteit van 2,2 μF . Bij 50 Hz loopt daardoor een blindstroom van effectief ca. 263 A in het circuit. Het bijbehorende deel van het blindvermogen is ca. $0,380 \times 263 \approx 100$ MVA_r. In de praktijk is daardoor de zinvolle lengte van een ondergrondse kabel tot ongeveer 70 km beperkt.

1.2.7 Arbeidsfactor

Niet al het schijnbaar ontwikkelde vermogen, uitgedrukt door het schijnbare vermogen $S = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}$, wordt omgezet in arbeid en/of warmte, maar slechts het deel werkelijk vermogen

$P = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \cos(\varphi)$. De verhouding tussen werkelijk vermogen en schijnbaar vermogen, $\cos(\varphi)$, wordt de arbeidsfactor genoemd.

Complex vermogen



Het complexe vermogen S is de vectorsom van het werkelijke vermogen P en het blind vermogen Q . Het schijnbare vermogen is de grootte S van het complexe vermogen. De hoek φ is de fase hoek tussen spanning en stroom.



De stroom kan opgebouwd gedacht worden uit de werkelijke stroom, die in fase is met de spanning, en de blindstroom, die 90° in fase verschilt met de spanning. Het is daarom gebruikelijk het vermogen voor te stellen als een vector S_c in het complexe vlak met als componenten het werkelijke vermogen P langs de reële as en het blindvermogen Q langs de imaginaire as. Het complexe vermogen is dus gedefinieerd als:

$$S_c = P + jQ = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot (\cos(\varphi) + j \sin(\varphi)) = S e^{j\varphi}$$

Het schijnbare vermogen

$$S = |S_c| = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

is de absolute waarde van het complexe vermogen.

De volgende grootheden met symbool en eenheden met symbool moet je leren.

grootheid en symbool		eenheid en symbool	
spanning	U	Volt	V
stroomsterkte	I	Ampère	A
weerstand	R (Engelse Resistance)	Ohm	Ω
vermogen	P (Engelse Power)	Watt	W
energie	E	Wattuur	Wh
tijd	t	uur	h (Engelse hour)

De volgende formules uit je BINAS hoef je niet uit je hoofd te leren. Je moet ze wel kunnen gebruiken.

Ohm $U = IR$

Vermogen elektrische stroom $P = UI = I^2R$

Energie elektrische stroom $E = Pt$

Stroomsterkte bij:

Serieschakeling: $I_{\text{tot}} = I_1 = I_2 = \dots$

Parallelschakeling $I_{\text{tot}} = I_1 + I_2 + \dots$

Spanning bij:



Serieschakeling: $U_{\text{tot}} = U_1 + U_2 + \dots$

Parallelschakeling $U_{\text{tot}} = U_1 = U_2 = \dots$

Vervangingsweerstand bij:

Serieschakeling $R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + \dots$

Parallelschakeling $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$

1. Een stofzuiger werkt op het lichtnet (230V). Er loopt dan 5 A door.

Bereken de weerstand.

Antwoord: $U = I \cdot R \rightarrow 230 = 5 \cdot R \rightarrow R = 230/5 = 46 \Omega$

Door een lampje van 100Ω loopt 15 mA. Bereken de spanning waarop het lampje is aangesloten.

2. Een gewone gloeilamp (lamp 1) werkt op 230 V en een autolamp (lamp 2) werkt op 12 V.

Beide lampen zijn 40 W.

a. Bereken door welke lamp de grootste stroom loopt.

b. Bereken welke lamp de grootste weerstand heeft.

Iemand wil een elektrische kachel (230 V, 4000 W) thuis aansluiten op het lichtnet waarin een zekering van 16 A is opgenomen. Ga na of dat kan.

3. Een elektrische kachel van 500 W wordt 4 uur lang op het lichtnet aangesloten (230 V).

1 kWh kost € 0,12.

a. Bereken hoeveel energie het lichtnet heeft geleverd.

b. Bereken hoeveel je aan het energiebedrijf moet betalen.

4. Iemand wil het vermogen van een elektrisch apparaat bepalen. Hij leest eerst de

kWh-meter stand af en vindt dan 5789,5 kWh. Nu sluit hij het apparaat aan en

na 30 minuten is de meterstand 5790,7 kWh.

Bereken het vermogen van het apparaat.

5. Een lamp van 75Ω staat aangesloten op 230 V.

Bereken het vermogen van dit apparaat.

6. Op een elektrisch apparaat staat gedrukt 230 V en 40 W. Je sluit dit apparaat aan op een spanning van 115 V. We nemen aan dat de weerstand hetzelfde blijft.

Bereken hoe groot het vermogen bij 115 V zal zijn.

7. Thuis heb je zekeringen van elk 16 A.

a. Bereken hoeveel lampen van 230V, 100 W je tegelijkertijd kunt aansluiten op één



- zekering.
- b. Je gaat twee weken met vakantie en laat al die lampen aanstaan. Hoeveel gaat die stommititeit je kosten? 1 kWh kost € 0,12.

1.3 Transformator

Magnetische flux (f) is een maat voor het aantal magnetische veldlijnen dat door de dwarsdoorsnede A van een spel gaat. De flux zelf wekt geen spanning op ($U_{ind} = 0$), maar de fluxverandering (Δf) binnen een spel veroorzaakt wel een inductiespanning (U_{ind}). Deze fluxverandering is op de volgende manier op te wekken: een permanente magneet wordt naar een spoel toe, of van een spel af bewogen. Een andere manier is de magneet te draaien.

De grootte van de flux bereken je als volgt:

$$f = B \times A \times \cos a$$

- f Magnetische flux in Wb
 B Magnetische inductie in Tesla
 A Oppervlakte dwarsdoorsnede spoel in m^2
 $\cos a$ Hoek tussen de lengte- as van de spoel en de veldlijnen

Zoals gezegd levert een verandering van de magnetische flux een inductiespanning over de spoel.

De inductiespanning bereken je als volgt:

$$U_{ind} = N \times (\Delta f / \Delta t)$$

- U_{ind} Inductiespanning in V
 N Aantal windingen
 Δf Fluxverandering in Wb
 Δt Tijdsverandering in sec.

Als een Noordpool een spoel nadert is er een toename van de flux, de inductiestroom in de spoel veroorzaakt een tegen flux (het naderen van de Noordpool wordt tegengewerkt). Wanneer de magneet weer van de spoel af beweegt veroorzaakt de inductiestroom een "meeflux" (de stroomrichting is omgekeerd). De spoel werkt als een spanningsbron, buiten de bron loopt de stroom van + naar -, buiten de bron is dit andersom. De stroomrichting van de spoel vind je wederom m.b.v. de rechterhandregel.

Werking van een dynamo

Wisselspanning

Een wisselspanning heeft als kenmerk een frequentie en een topwaarde (U_{max}). De tijdsduur van één volledige spanningsgolf is de periode (T).

De frequentie bereken je als volgt:

$$f = 1/T$$



f Frequentie in Hz

T Periode in s

In een wisselspanningsmeter wordt de wisselspanning omgezet in een pulserende gelijkspanning, de meter geeft dan een constantie uitslag. Deze uitslag noemen we de effectieve waarde (U_{eff})

het dynamorendement bereken je als volgt:

$$h = P_e/P_m$$

P_e Elektrisch vermogen in W (= $U_{eff} \times I_{eff}$)

P_m Mechanisch vermogen in W (=W/t)

Opbouw dynamo

- Rotor: de rotor is het draaiende gedeelte van de dynamo de rotor bestaat uit een draaiax met een spoel.
- Stator: de stator is het stilstaande gedeelte van de dynamo de stator bestaat uit een permanente magneet of een elektromagneet, en levert het magnetisch veld dat nodig is voor het opwekken van een inductiespanning.
- Collector: de collector zorgt voor het contact tussen de rotorspoel en een stroomkring.

1.3.1 De transformator

Voor het lager of hoger maken van een wisselspanning (onmogelijk bij gelijkspanning) gebruikt men een transformator. Deze bestaat uit:

- Een primaire spoel
- Een secundaire spoel
- Een gesloten weekijzeren kern

De werking van een transformator is het makkelijkst te begrijpen d.m.v. een formule.

Deze formule is als volgt:

$$U_p/U_s = N_p/N_s$$

U_p/s Spanning over de primaire en secundaire spoel in V

N_p/s Aantal windingen primaire en secundaire spoel

In een transformator wordt altijd een deel van het elektrisch vermogen omgezet in warmte, dit percentage is klein. Voor een ideale transformator ($h=100\%$) geldt de volgende formule:

$$U_p \times I_p = U_s \times I_s$$

U_p/s Spanning in V

I_p/s Stroomsterkte in A

Voor de mensen die toch het vermogensverlies willen berekenen is er de volgende formule:

Vermogensverlies in een kabel (P_e) = $I^2 \times R_k$



1.3.2 Toepassingen van een transformator

Een transformator bestaat uit twee of meer spoelen, die zich in elkaars magnetisch veld bevinden. Soms zijn de spoelen uitgevoerd als één wikkeling met aftakkingen.

1.3.3 De hoogspanningstransformator

Dit wordt ook wel een nettransformator genoemd. Deze transformatoren dienen voor het verhogen en verlagen van de netspanning om het transport van elektriciteit via hoogspanning mogelijk te maken.

1.3.4 De scheidingstransformator

Het elektriciteitsnet kent een nuldraad, die met de aarde verbonden is, en een fasedraad. Op deze laatste draad staat de elektrische spanning. De nuldraad is te herkennen aan de blauwe kleur. De fasedraad is bruin. Aanraken van de fasedraad is dus levensgevaarlijk, omdat op dat moment tussen u en de aarde 230 V staat. De optredende stroom kan dodelijk zijn. In sommige situaties is dus het direct aansluiten van apparatuur op het lichtnet gevaarlijk. Denk hierbij aan vochtige plaatsen.

De scheidingstransformator heeft een overzetverhouding van 1:1. Het enige doel hiervan is een scheiding aan te brengen tussen het net en de aangesloten apparatuur. Er is op die manier geen direct contact tussen de stroomdraad van het net en die van de apparatuur. Dat is veiliger, bijvoorbeeld bij scheerstopcontacten in badkamers. Wanneer nu per ongeluk contact gemaakt wordt met een van de draden, gebeuren er geen ongelukken. Het vermogen is meestal gering en er zit een beveiliging tegen overbelasting ingebouwd.

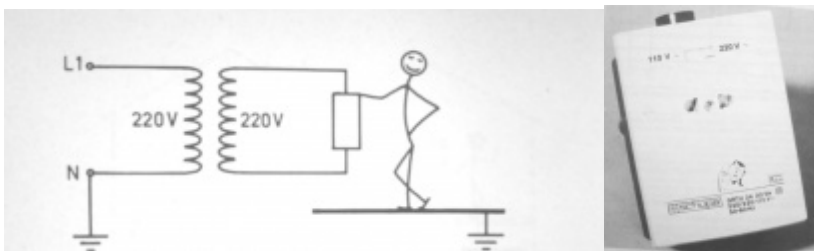


Fig. 13

1.3.5 De veiligheidstransformator

Deze levert een spanning van 24 V of 42 V en wordt gebruikt voor het voeden van looplampen (24 V) of elektrisch handgereedschap (42 V). De veiligheid zit in de lage spanning en in de zeer deugdelijke isolatie. Bovendien heeft het apparaat aan de buitenkant geen metalen delen, die onder spanning zouden kunnen komen. Als veilige spanning voor mensen worden spanningen tot 42 V gerekend en voor dieren tot 24 V.





Fig. 14

1.3.6 De regelbare transformator

Deze wordt ook wel Variac genoemd. Met een sleepcontact kan een willekeurig deel van de secundaire spoel ingeschakeld worden. Hierdoor is het mogelijk zeer lage tot zeer hoge spanningen uit de secundaire spoel te krijgen. Dit soort transformatoren wordt toegepast in regelbare voedingen in bijvoorbeeld natuurkundelokalen en bij toneelverlichting.

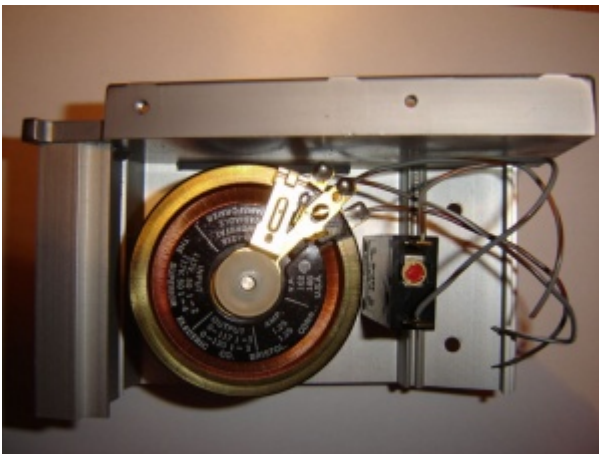


Fig. 15 Een opengewerkte variabele transformator.

1.3.7 De voeding

De meeste elektronische apparatuur werkt op andere spanningen dan die door het lichtnet geleverd wordt. Een transformator moet dan de juiste spanning geven. Dit wordt de voeding van het apparaat genoemd. Aangezien de weekijzeren kern van de transformator nogal wat weegt, wordt een groot deel van het gewicht van het apparaat dus veroorzaakt door de voeding. Omdat een goede voeding duur is, wordt door de fabrikant nogal eens bezuinigd op het aantal voedingen dat nodig is. In audiotorens zit dan maar één voeding. Hierdoor wordt de apparatuur goedkoper, maar natuurlijk kwalitatief ook minder.





Fig. 16 Voeding transformator.

- Op het internet via <http://www.youtube.com> - intikken 'transformator' wordt via een presentatie uitgelegd hoe de transformator werkt.
- Op het internet via <http://www.youtube.com> - intikken 'natuurkunde demonstratieproef - werking transformator' zie je uitgelegd hoe de transformator werkt.
- Op de volgende internetsite staan twee toetsen.
<http://www.roelhendriks.eu/Natuurkunde/w3G%20magnetisme/magnetisme%20toetsen.pdf>

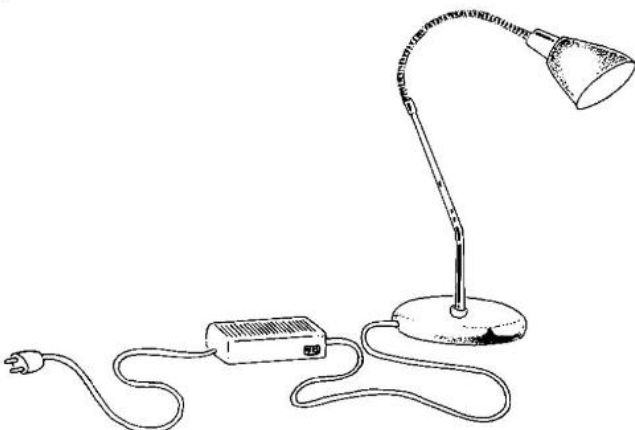
1.3.8 Vragen

Vaak staan bij glastuinbouwbedrijven met assimilatiebelichting één of meer transformatiehuizen.

1. Wat is de ingaande stroomsterkte (A) en uitgaande stroomsterkte (A)?
2. Wat is de ingaande spanningssterkte (V) en de uitgaande spanningssterkte (V)?
3. Wat zijn de spanningssterkten (V) in een glastuinbouwbedrijf

1.3.9 Opgave

Een bureaulamp is via een transformator aangesloten op de netspanning. Zie de afbeelding hieronder. In deze bureaulamp zit een halogeenlamp (12 V; 50 W).



A. Bereken de topwaarde van de stroomsterkte in deze lamp.

De stroomsterkte wordt gegeven door $I = P/U = 50/12 = 4,2$ A.

Dit is de gemiddelde stroom, maar het is wisselspanning, dus de topstroomsterkte is $I = 2^{0,5} \cdot 4,2 = 5,9$ A.



De spoelen van de transformator worden warm als de lamp brandt.
 Op de transformator staat de hieronder weergegeven tekst.
 De windingen van de primaire (PR) en de secundaire (SEC) spoel zijn van hetzelfde materiaal gemaakt.
 De dikte van de draad is voor beide spoelen gelijk.
 Ook de lengte van de draad per winding is voor beide spoelen gelijk.
 De hoeveelheid warmte die in een draad wordt ontwikkeld, is evenredig met $R \cdot I^2$.



Fig. 17

B. Bereken de verhouding tussen de hoeveelheid warmte die in de primaire en de warmte die in de secundaire spoel ontwikkeld wordt.

De primaire spanning is $230/12 = 19$ keer zo groot als de secundaire spanning. Dus de het aantal windingen van de primaire draad is 19 keer zo groot als die van de secundaire draad.

De weerstand van een draad is evenredig met zijn lengte, dus de weerstand van de primaire draad is 19 keer zo groot als die van de secundaire draad.

De stroomverhouding is precies andersom, vanwege het constante vermogen en $P = U \cdot I$.

De warmteontwikkeling is evenredig met $R \cdot I^2$, dus die is $19 \cdot (1/19)^2 = 1/19$ keer zo groot in de primaire draad als in de secundaire draad.

In de tekst van de transformator staat een voorschrift voor de maximale lengte van een snoer aangegeven: "L USCITA MAX mt 2".

C. Beredeneer met behulp van het begrip 'spanningsverlies over de draad' dat de beperking van de lengte van het snoer geldt voor de secundaire kant van de transformator.

Omdat door de secundaire stroomkring meer stroom loopt, zal het spanningsverlies daar groter zijn (per meter).

Verder maakt het spanningsverlies daar verhoudingsgewijs meer uit, vanwege de lagere spanning.



1.4 Schakelingen (Serie- en parallelschakelingen)

- Op het internet via <http://www.youtube.com> - intikken 'elektriciteit - serie en parallel' wordt de theorie over serie - en parallelschakelingen in een elektrisch circuit wordt uitgelegd.
- Op het internet via <http://www.youtube.com> - intikken 'elektriciteit video les 4-1 "weerstand serie en parallel" stroom en spanning 1 & 2 van 5' wordt de theorie over serie - en parallelschakelingen in een elektrisch circuit wordt uitgelegd.

1.4.1 Serieschakeling

In een serieschakeling zijn de componenten zo geschakeld dat de stroom achtereenvolgens door alle componenten gaat. In iedere component geeft de stroom een deel van de energie af.

Stroomsterkte

Doordat de stroom maar één weg kan volgen is in een serieschakeling de stroomsterkte overal even groot. De hoofdstroom (I_H) is gelijk aan de stroom door iedere component (I_1 , I_2 en I_3):

$$I_H = I_1 = I_2 = I_3$$

De grootte van de stroomsterkte wordt bepaald door de totale weerstand van de schakeling.

Spanning

Door de spanningsbron wordt energie aan de stroom meegegeven. Deze energie wordt over de verschillende componenten verdeeld. Alle spanningen over de componenten (U_1 , U_2 en U_3) bij elkaar opgeteld zijn gelijk aan de spanning die de bron levert, de bronspanning (U_B):

$$U_B = U_1 + U_2 + U_3$$

De spanning over een component hangt af van de weerstand en is te berekenen met de formule van Ohm, $U = I \times R$. Alleen als de componenten gelijk aan elkaar zijn wordt de spanning gelijkmatig verdeeld. In alle andere gevallen staat over de componenten met de grootste weerstand, de grootste spanning.

1.4.2 Parallelschakeling

In een parallelschakeling zijn de componenten zo geschakeld dat de stroom verdeeld wordt over de verschillende componenten. In iedere component geeft de stroom al haar energie af.

Stroomsterkte

Doordat de stroom verdeeld wordt over de verschillende parallelle takken zijn de stroomsterktes door de componenten (I_1 , I_2 en I_3), bij elkaar opgeteld gelijk aan de hoofdstroom (I_H):

$$I_H = I_1 + I_2 + I_3$$

De stroomsterkte door een component wordt bepaald door de spanning en de weerstand. Iedere component die aan de parallelschakeling wordt toegevoegd zorgt er voor dat de hoofdstroom groter wordt. Alleen als de componenten gelijk aan elkaar zijn wordt de stroom gelijkmatig verdeeld. In alle andere gevallen gaat door de componenten met de grootste weerstand, de kleinste stroomsterkte.



Spanning

Iedere component is eigenlijk direct op de spanningsbron aangesloten. Daarom is de spanning over iedere component (U_1 , U_2 en U_3) gelijk aan de bronspanning (U_B):

$$U_B = U_1 = U_2 = U_3$$

Op de internetsite wordt uitleg gegeven over elektriciteit o.a. serie - en parallelschakeling, voorzien met relevante vragen en opgaven.

[http://www.roelhendriks.eu/Natuurkunde/w3C%20elektriciteit%20\(deel%202\)/elektriciteit%20deel2%20theorie.pdf](http://www.roelhendriks.eu/Natuurkunde/w3C%20elektriciteit%20(deel%202)/elektriciteit%20deel2%20theorie.pdf)

1. Geef een voorbeeld van een serieschakeling. Teken deze schakeling.
 - a. Wat is het nadeel van deze schakeling.
2. Geef een voorbeeld van een parallelschakeling. Teken deze schakeling.
 - a. Wat zijn 3 voordelen van deze schakeling.
3. Geef een voorbeeld van een hotelschakeling. Teken deze schakeling.
 - a. Wat is hét voordeel van deze schakeling.

1.5 Materialenleer

Op deze internetsite staat relevante begrijpbare informatie (25 bladzijden) voor de basiskennis van eigenschappen van verscheidene materialen.

<http://www.natuurkunde.nl/servlet/supportBinaryFiles?referenceId=33&supportId=809439>

Op deze internetsite staat relevante begrijpbare informatie (68 bladzijden) voor de verwerking van ijzererts tot staal met vragen, opgaven en een zelftoets.

http://www.alfabeter.com/bestanden/Algemeen/Jaar_1/reader_mat_p1ljr_1%5B1%5D.pdf

Materialenleer 2

De internetsite via 'havo5 scheikunde fabricage kunststoffen' is in het boek NOVA scheikunde 5HAVO (blz. 80 t/m 130) relevante actuele informatie te lezen over de fabricage, de gevarieerde kunststoffen en de recycling. Hoofdstuk 9: Polymeren kan je lezen, maken en uitvoeren.



1.6 Armatuur

Een armatuur is de behuizing van de elektronica en/of elektrische componenten voor het veilig laten branden van een assimilatielamp.

1.6.1 Armaturen



Fig. 19

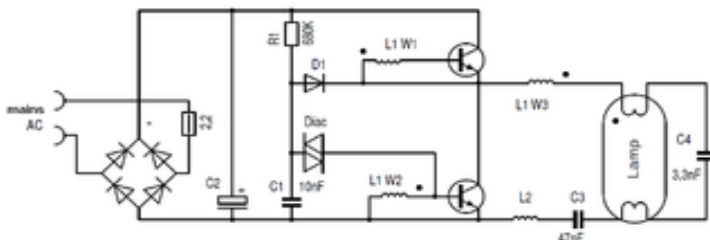
1.6.2 Reflectoren



Fig. 20

In een armatuur zitten enkele belangrijke onderdelen.

Een voorschakelapparaat is een inductieve weerstand of smoorspoel, waarbij de stroom door een assimilatielamp wordt begrensd zonder veel warmteverlies. De impedantie met toleranties moeten zo strak mogelijk tegen de nominale waarde liggen, dus voor het maximaal laten branden van de lamp.



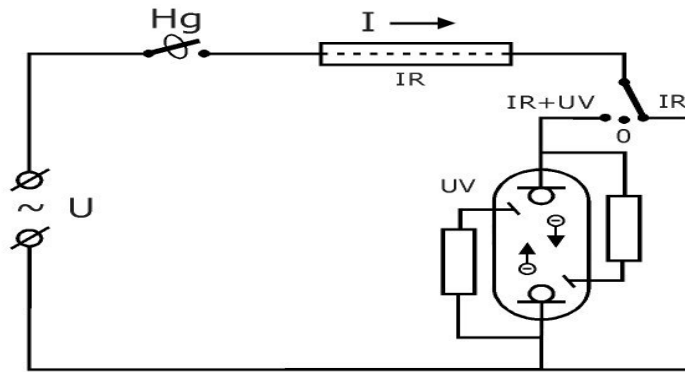


Fig. 21

Een ontsteker (starter) zorgt voor de start van het branden van een lamp. De lamp ontsteekt alleen bij een hoge spanningspiek, omdat in de bol het gasmengsel in een koude toestand een zeer hoge weerstand heeft. Als de lamp eenmaal brandt, schakelt de ontsteker zich automatisch uit. De starter kan in serie - of parallel geschakeld zijn in de armatuur.

Als de lamp defect is of armatuur zonder lamp is, blijft de starter steeds starten. Dit verkort natuurlijk de levensduur van de starter. Zorg dus voor een snelle vervanging van een kapotte lamp!

Om de gasontlading voort te brengen zijn de elektroden uitgevoerd als gloeidraad bedekt met emitteerpasta van bariumoxide. Deze pasta maakt het mogelijk dat elektronen bij matig tot hoge temperatuur uit de gloeidraad ontsnappen. Bij deze temperatuur gaat de gloeidraad veel langer mee dan die in een gloeilamp, en bovendien straalt hij minder warmtestraling uit. Wanneer de ontsnapte elektronen die naar de andere kant van de buis worden versneld tegen een natriumatoom botsen, wordt dat natriumatoom in aangeslagen toestand gebracht. Als een dergelijke aangeslagen atoom terugvalt naar de grondtoestand wordt daarbij een foton uitgezonden. De vrijkomende fotonen hebben een energie in het oranje-rode deel van het elektromagnetische spectrum en zijn dus voor het menselijk oog zichtbaar.

Een condensator vangt een minder gunstige eigenschap van een voorschakelapparaat op. Dit is het ontstaan van een faseverschuiving tussen de stroom door de lamp en de spanning over de lamp. Deze verschuiving wordt uitgedrukt in $\cos \theta$. De condensator beperkt de faseverschuiving en verhoogt dan ook het rendement met $\pm 40\%$. Een $\cos \theta > 0,85$ (i =inductie) is de minimale voorgeschreven waarde door het Energiebedrijf. De arbeidsfactor is evenredig aan de faseverschuiving. Naarmate de arbeidsfactor kleiner dan 1 is, kan het Energiebedrijf minder actief vermogen leveren. Dit is nadelig omdat alleen het actieve vermogen bepalend is voor de nuttige actieve energie (kWh). De prijs per kWh actieve energie wordt hoger naarmate de gemiddelde arbeidsfactor kleiner is dan 0,8. Een hogere arbeidsfactor heeft steeds gunstige effecten. Een transformator kan dan meer actief vermogen afleveren, terwijl de stroomsterkte lager wordt om bij een bepaalde spanning een bepaald actief elektrisch vermogen over te brengen.

Een filterspoel voorkomt negatieve beïnvloeding van grote condensatoren in het openbare lichtnet op de assimilatiebelichtingsinstallatie.

Een assimilatielamp heeft geen lineaire karakteristiek. Een sinusvormige voedingsspanning (wisselspanning) geeft aanleiding tot een harmonische stroom. De stroom door de nullijn heeft een basisfrequentie = 150 Hz. Deze stroom is maximaal 0,33 deel van fasestroom. Bij assimilatiebelichting zijn de armaturen alleen aangesloten op een transformator. Bij deze eenzijdige aansluiting kan het gebeuren dat de harmonische stromen gaan resoneren (opslingering van energie). Dit is al meetbaar bij een hogere nulstroom dan de



fasestromen, gevolgd door oververhitting van de schakelpanelen vanwege een extra hoog opgenomen vermogen en verhoogde stroomkosten.

1.6.3 Typen lampen

Hogedrukkwiklampen werden vroeger gebruikt. Nu worden hogedruknatriumlampen (SON-T lamp) toegepast. Nieuw zijn de LED-assimilatieverlichtingsarmaturen waar in 2007 de eerste testen in de kassen mee gedaan zijn.

Het grote voordelen van LED-assimilatieverlichting:

- Veel lagere temperaturen
- Minder lichtvervuiling
- Geen stroompieken bij het inschakelen van de lamp
- Bijna geen blindstroom, wat gunstig is bij gebruik van een eigen WKK maar ook voor de leverancier van stroom
- Mogelijkheid voor gewasspecifieke belichting met verschillend lichtspectrum per gewassoort
- Langere levensduur van de lamp (50.000 uur versus 10.000 uur)

LED's zijn op dit moment (begin 2008) nog steeds minder energie efficiënt voor fotosynthese dan de hogedruknatriumlampen: de hoeveelheid PAR per watt van de beste LED's is nog steeds lager dan van hogedruknatriumlampen. De verwachting is dat dit door voortdurende ontwikkelingen in de LED-industrie binnen afzienbare tijd zal veranderen. Wel kan de warmte die LED's produceren door middel van waterkoeling worden opgevangen en afgevoerd en in theorie worden hergebruikt. Dit kan niet bij hogedruknatriumlampen. Het gaat hierbij wel om relatief laagwaardige warmte aangezien de optimale temperatuur voor LED's in de buurt van de 25 °C ligt.

Een assimilatielamp is een lamp die licht geeft door het oplichten van een gasmengsel dat opgewekt wordt door gasontlading in de lamp.

Een klassieke tl-buis kan niet zonder meer op het lichtnet aangesloten worden, maar vereist een aantal extra componenten in de vorm van een tl-starter bestaande uit een neonbuis met twee bimetaalelektroden en een ontstoringcondensator en een smoorspoel ofwel voorschakelapparaat. Beide zijn doorgaans verwerkt in de armatuur waarin de tl-buis geplaatst moet worden.

TL-buis

Als er spanning op een met starter en voorschakelapparaat geschakelde tl-buis gezet wordt, komt er een stroom door het neonbuisje (niet de lamp zelf) met bimetaal. Hierdoor begint het gas te gloeien en worden de bimetaalelektroden warm en trekken tegen elkaar aan, waarmee het neonlampje kortgesloten (en dus gedoofd) wordt. Nu gaat er een grote stroom door de gloeidraden in de buis lopen. De gloeidraden dienen om de emissiepasta op te warmen. Het neonlampje in de starter koelt af en de kortsluiting wordt weer verbroken. Ten gevolge van de zelfinductie van de smoorspoel in het voorschakelapparaat ontstaat er op dat moment van uitschakelen een spanningspiek van ongeveer 1000 V die de tl-buis doet ontbranden. Eenmaal ontstoken blijft de tl-buis branden, daar de elektroden door het ionenbombardement van de gasontlading en de stroom die door de elektroden loopt op temperatuur blijven. De spanning over de starter is nu zoveel lager dat die niet meer reageert.



Ontsteekt de tl-buis niet, dan wordt het proces herhaald. Een defecte tl-buis zal het starten steeds laten herhalen (knipperen, ook wel flikkeren genoemd), wat uiteindelijk ook tot een defect voorschakelapparaat en/of starter kan leiden. Als de starter stuk is, blijft de buis aan de einden rood gloeien. Is de tl-buis stuk, dan knippert de tl-buis of bij elektrodebreuk doet de tl-buis niets.

Tegenwoordig worden er vaak elektronische voorschakelapparaten toegepast. Deze zijn lichter en geven een beter rendement en flikkervrije ontsteking. Zo een apparaat zorgt zowel voor de start van de lamp als voor de stroombegrenzing van de werkende lamp.

De lichtopbrengst is onmiddellijk na inschakelen nog niet optimaal. Gedurende de eerste paar minuten neemt de hoeveelheid licht nog sterk toe.

Op de volgende internetsite staat een brochure over controle en onderhoud van de assimilatiebelichting.
<http://www.hortisecur.nl/fileadmin/template/main/attribs/img/assimilatiebelichting.pdf>

1.6.4 Vragen

1. Welke componenten bevat een armatuur van een moderne 1000W assimilatielamp?
2. Wat zijn één nadeel en één voordeel van dit armatuur?
3. Wat is de juiste stroomsterkte voor deze lamp?
4. Wat wordt bedoeld met een faseverschuiving?
5. Wat is het belang van een geringe faseverschuiving?

1.7 Krachtstroom

Sommige apparaten halen zoveel stroom uit het net dat de standaard 230 Volt niet zwaar genoeg is. Om deze apparaten toch te laten werken is dan de zogenaamde krachtstroom nodig. Een ander woord voor krachtstroom is draaistroom. Het spanningsniveau voor krachtstroom is 400 Volt.

Krachtstroom is de term die wordt gebruikt voor een elektrische aansluiting tussen twee of drie fasen van een driefasenenergiesysteem.

Sinds 1 juli 2011 is de 3-fase aansluiting van 3x25A bij nieuwe aansluitingen de nieuwe standaard. Deze aansluiting is voldoende voor alle huishoudens zonder extreem zware apparatuur.

Wanneer is een verzwaring nodig?

Bij het installeren van apparatuur met een hogere energiebehoefte dan waar de aansluiting voor geschikt is zoals jacuzzi's, sauna's, elektrisch koken of een elektrische warmtepomp.

Sommige huizen hebben nog een hele oude aansluiting van 1 x 35A of 1 x 40A. Dit is te weinig voor bijvoorbeeld een inductieplaat. Dit soort 1-fase aansluitingen bouwt een netbeheerder om naar een 3 fase aansluiting 3 x 25A (kan hoger indien gewenst).

1.7.1 Krachtstroom, wat is dat?

Bij de specificaties van elektrische apparaten zie je soms de term 'krachtstroom'. Is dat naast 'grijze stroom' en 'groene stroom' nog weer een ander soort extra sterke stroom? Waar kun je dat kopen? In dit artikelje zal ik proberen uit te leggen wat het is en wanneer wij dat eventueel nodig hebben.



'Normale' stroom

De elektriciteit die we thuis gebruiken heeft een 'spanning' van 230 volt (voorheen was dat 220 Volt). Spanning alleen zegt nog niet zo veel. De stroomsterkte is ook van belang. Thuis is dat maximaal 16 Ampère. Volgens de wet van mijnheer Ohm levert ons dat een 'vermogen' van $220 \times 16 = 3520$ Watt (Mijnheer Watt was een oude kennis van mijnheer Ohm).

Dat betekent dat we op 'normale' stroom geen zwaardere apparaten kunnen aansluiten dan circa 3 Kilowatt. Dat is genoeg voor bv een stofzuiger en een wasmachine, of 50 lampen van 60 Watt, etc etc. Een elektrische motor van circa 2 à 3 Pk wil ook nog wel maar dan houdt het op. Willen we zwaardere apparaten aansluiten dan komen we hieraan te kort. Je moet dan denken aan lasapparaten van circa 200 Ampère en meer of bijvoorbeeld grotere compressoren. In 'echte' werkplaatsen en fabrieken wordt daarom 'krachtstroom' gebruikt.

Drie fasen stroom

Krachtstroom is geen ander soort stroom dan 'normale' stroom. Ik zal het eenvoudig proberen uit te leggen. In de centrales wordt alleen maar 'krachtstroom' opgewekt. Dat kan dus zowel 'schone' als 'vuile' stroom zijn afhankelijk van het soort centrale. Krachtstroom verschilt van normale stroom alleen in de wijze van aanleveren. Bij onze normale stopcontacten gaat dat door middel van twee draden. Een 'nul' draad en één 'spanningvoerende' draad. Die laatste noemen we meestal de 'fase'. Bij krachtstroom hebben we echter vier draden nodig. Wederom één 'nul' draad maar daarnaast drie 'spanningvoerende' draden (drie fasen). Het is dus alsof het apparaat op drie stroombronnen tegelijkertijd is aangesloten. Net zoals een zaklamp met drie batterijen het beter doet dan een zaklamp met 1 batterij krijgen we uit krachtstroom dus meer 'vermogen'. N.B. Zowel bij een 'normaal' stopcontact als bij krachtstroom gebruiken we nog een extra draad voor de randaarde. Dat is echter alleen voor de veiligheid. Door deze draad loop (als het goed is!) geen stroom.

400 Volt!

Met de drie fasen van een krachtstroomaansluiting is nog iets bijzonders aan de hand. De spanning die tussen de fasen onderling aanwezig is bedraagt circa 400 Volt (voorheen 380) terwijl tussen elke fase en de nul een spanning van 230 Volt staat. Toevallig is 400 gelijk aan $230 \sqrt{3}$. Hoewel, dat is eigenlijk niet toevallig. Zie verderop als je wilt weten waarom. We hebben dus niet alleen drie stroombronnen maar ook nog eens een hogere spanning. Daarnaast is de maximale stroom die we kunnen afnemen meestal meer dan 16 Ampère. Al met al levert dit soort aansluitingen dus meer vermogen (vermogen= kracht) dan we van ons normale stopcontact kunnen afnemen. Vandaar dus de term 'krachtstroom'.

De verklaring

In de centrale wordt stroom opgewekt met een generator die voorzien is van met drie spoelen. Deze spoelen zijn in stervorm opgesteld (de rotor). De hoek tussen de spoelen bedraagt dus 120 graden. In figuur 1 is dit schematisch weergegeven. In het midden zijn deze spoelen met elkaar verbonden. Dat is het nulpunt. De generator wordt aangedreven door bijvoorbeeld een water-, stoom- of gasturbine. De rotor met de spoelen wordt daardoor rondgedraaid in een magnetisch veld. Als gevolg hiervan wordt in elke spoel stroom opgewekt. Doordat de spoel ronddraait in een vaststaand magnetisch veld wisselt de stroom telkens van richting. We spreken daarom van wisselstroom. De frequentie bedraagt in Europa standaard 50 Hertz. Dat wil zeggen dat de stroom 50 keer per seconde van richting verandert. In sommige delen van de wereld (o.a. de USA) is 60 Hertz echter de norm.



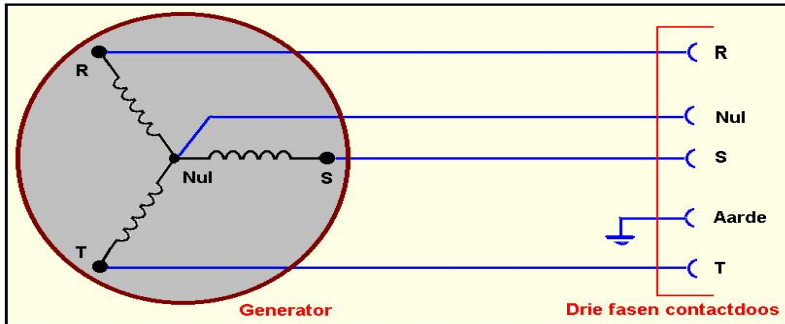


Fig. 22

N.B. Tegenwoordig spreken we niet meer over R, S en T maar over L1, L2 en L3.

Als de generator draait neemt de spanning over de spoel gelijkmatig toe tot een bepaald (positief) maximum en daalt daarna weer tot nul. Vervolgens keert de stroomrichting om en neemt de spanning weer toe tot het (negatief) maximum bereikt wordt. Daarna neemt de spanning weer af tot nul. Als we dat uittekenen zien we een sinusvorm zoals in figuur 21. In één omwenteling van de rotor (360 graden) zien we dus een positieve helft en een negatieve helft van de sinus. De tekening geeft één enkele fase weer.

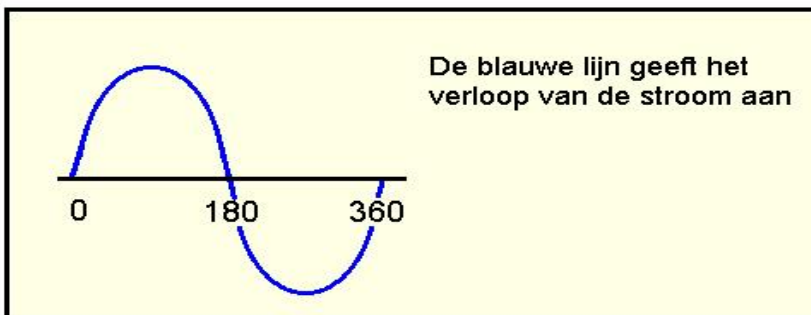


Fig. 23

De rotor heeft echter drie spoelen. De spanning over elke spoel is gelijk. Echter, omdat de spoelen 120° ten opzichte van elkaar gedraaid zijn vallen de sinussen niet gelijk maar verschillen onderling ook 120° . In figuur 22 zijn de drie sinussen getekend.

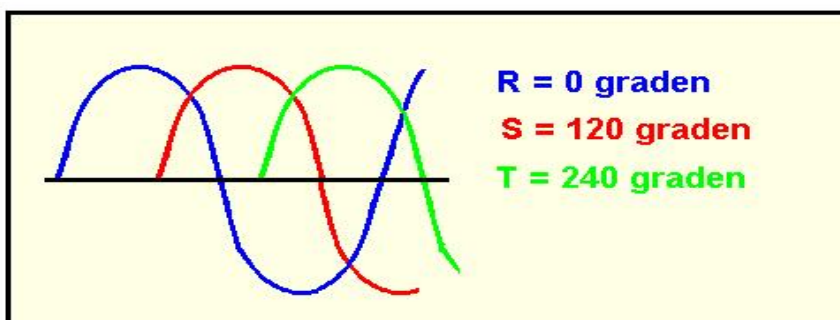


Fig. 24

Bij een krachtstroomaansluiting staat tussen elk van de fasen en de nul een wisselspanning van 230 Volt. Zoals gezegd bedraagt het faseverschil 120° . Het is echter niet alleen mogelijk om stroom af te nemen tussen de nul en een fase maar ook tussen twee fasen onderling. Met een beetje wiskunde (stelling van Pythagoras) kunnen we dan berekenen dat de spanning tussen twee willekeurige fasen wortel 3 maal de



spanning tussen de nul en één fase is. Dat levert ons tegenwoordig 400 Volt op. En wel drie keer (tussen elke twee fasen afzonderlijk, dus R-S, S-T en T-R).

N.B. Vroeger, toen de nominale netspanning nog 220 Volt was, sprak men over krachtstroom van 380 Volt. In de praktijk maakt dat weinig uit. Door leidingverliezen bedraagt de spanning toch nooit exact de opgegeven waarde.

1.7.2 Wanneer krachtstroom?

Uit het voorgaande zal blijken dat we krachtstroom nodig hebben zodra we zware elektrische apparaten gaan gebruiken. Denk aan bv compressoren met een motor van meer dan 2 á 3 PK, zoals zware lastransformatoren en puntlasmachines.

Aanleg

In vrijwel elk huis komt gewoon krachtstroom binnen in de meterkast. Wil je een krachtstroom stopcontact hebben dan kan dat dus bijna altijd. Alleen moet er dan door een installateur een extra aansluiting worden gemaakt. Je hebt er ook een aparte meter voor nodig. En daar ontstaat tegenwoordig soms een probleem.

Het veranderen van de huisinstallatie moet door een erkend installateur geschieden. Alleen hij kan namelijk de aanvraag voor u doen om de meter om te bouwen. Het energiebedrijf accepteert dit niet van een particulier. Simpel gezegd: de meter en alles eronder is van het elektriciteitsbedrijf. De rest van de stoppenkast en de bedrading zijn een klus voor de installateur. Een bijkomend probleem is het volgende: Bij het veranderen van uw installatie wordt de installateur verantwoordelijk voor de hele installatie. Hij kan dus aansprakelijk worden gesteld voor schades die ontstaan door onvolkomenheden in de installatie (brand door bijvoorbeeld kortsluiting). Als hij dus slim is zal hij ook de rest van de installatie keuren. Eventuele reparaties komen uiteraard voor uw rekening. Als u nooit hebt zelf hebt zitten prutsen niet zo'n groot probleem: heeft u echter een extra kamertje bijgebouwd met een installatie van tweelingsnoer dan zal hij daar zeker geen genoeg mee nemen. Wat dus een krachtaansluiting kost is op voorhand niet direct te zeggen.

U dient in elk geval rekening te houden met het volgende:

Energiebedrijf:

- Deze heeft meestal een vast tarief voor de ombouw van hun kant.
- Ook wordt meestal het basistarief verhoogd.

Installateur:

- Ombouw van de meterkast: minimaal bijplaatsen van een 3 coupse kast.
- Tevens vaak aanpassen van de rest: bv. bijplaatsen of vervangen van een aardlekschakelaar.

Aanleg van de kabel naar de werkplaats: Dit wordt een 5 aderige kabel ($2,5 \text{ mm}^2$) of als de kabel door de grond moet een 4 aderige Kaskabel (met een stalen mantel) ook meestal $2,5 \text{ mm}^2$. Bij zeer lange kabels kan het zijn dat de diameter van de kabel nog hoger gekozen moet worden.

Het juiste elektriciteitsbedrijf

Het wisselen van de meter moet door het elektriciteitsbedrijf worden gedaan. Vroeger was dat geen probleem maar omdat er tegenwoordig in een bepaald gebied stroom geleverd kan worden door meerdere elektriciteitsbedrijven kan het even moeite kosten om het juiste bedrijf in actie te brengen. Dat hoeft niet het bedrijf te zijn waar je de rekening van ontvangt. Meestal zal dat het bedrijf zijn dat oorspronkelijk de



meter ook heeft geïnstalleerd. Voorbeeld: Oorspronkelijk betrok je de stroom van Nuon maar nu ben je klant bij Essent voor 'groene' stroom. Dan zal je voor een wisseling van de meter toch naar Nuon moeten. Maar die kennen je niet meer als klant en willen daarom soms niet meer in actie komen. Aangezien je in het oorspronkelijke werkgebied van Nuon woont zijn zij het toch die de meter moeten wisselen.

1.7.3 Vragen

1. Hoeveel fasen telt 'normale' stroom?
2. Wat is de maximale stroomsterkte in een woning?
3. Wanneer is sprake van krachtstroom?
4. Hoe wordt een spanning = 400 V bereikt?
5. Wat is de invloed van de frequentie op de krachtstroomsterkte?
6. Wat is het effect van de frequentie op de rotor van een elektromotor?
7. Welk fenomeen veroorzaakt een draaiende rotor?



1.8 Veiligheid

1.8.1 Zekeringen



Fig. 25 Zekeringen

Een smeltveiligheid beschermt de bedrading van elektrische installaties tegen schade door te hoge elektrische stromen. Smeltveiligheden komen voor in elektrische apparatuur, in voer- en vaartuigen, en in de elektrische installatie van gebouwen, hoewel deze laatste tegenwoordig steeds meer tegen overstrom beveilgd worden met installatieautomaten.

Smeltveiligheid is de formele naam voor een elektrische smeltzekering in de volksmond ook wel stop of plon (Vlaanderen) genoemd, zoals die bijvoorbeeld in verdeelinrichtingen wordt toegepast, in woningen ook (enigszins verouderd) stoppenkast genoemd. Technici bezigen de naam zekering in de algemene zin en smeltpatroon in het bijzonder.

Werking

Een smeltveiligheid bestaat uit een elektrisch geleidende band of draad van koper, zilver of (wanneer het kleine stroomsterktes betreft) van een koperlegering, meestal in een gesloten huis van keramiek (steatiet) of voor kleine zekeringen glas of kunststof vaak gevuld met een blusmiddel (zand). Eventueel is de zekering voorzien van een druppeltje lood en/of tin op het midden van de smeltdraad voor het vertraagd onderbreken. Deze uitvoering wordt een trage zekering genoemd.

Wanneer er door kortsluiting of overbelasting een te hoge stroom loopt, smelt de smeltdraad van de veiligheid en wordt daardoor de stroomkring onderbroken. Hierdoor wordt voorkomen dat door warmteontwikkeling schade aan de bedrading c.q. elders in het elektrisch circuit of zelfs brand kan ontstaan. Omdat de kortsluitstroom met een en dezelfde stroomsterkte vanaf de spanningsbron door de kortsluiting vaak via diverse zekeringen stroomt, is het van belang dat de zekering die het dichtst bij de kortsluiting is doorsmelt. Zodoende wordt bij doorsmelten de fout van de rest van de installatie geïsoleerd en blijft het probleem beperkt. Dit noemt men de selectiviteit van de beveiliging.

Deze kortsluitingstroom kan, weliswaar tijdelijk, extreem hoog zijn, bijvoorbeeld in de orde van 6000 ampère. Dit is volgens de Wet van Ohm de spanning van de spanningsbron gedeeld door de weerstand van het kortsluitcircuit. De laatste is slechts de weerstand van het koper die klein is waardoor het resultaat — de stroom — extreem groot is.





Fig. 26 Dit zijn voorbeelden van automatische zekeringen.

Tweedelige Schroefveiligheid

Bij huisinstallaties gebruikt men doorgaans tweedelige schroefveiligheden. Ze worden aangeduid als Diazed of D-veiligheden. (Dia = diameter. Z = zweiteilig, Ed = Edison). De veiligheid bestaat uit een smeltpatroon en een schroefkop. Smeltpatronen zijn voorzien van een meld- en een smeltdraad (in de figuur aangeduid met 1). De smeltdraden zijn gemaakt van zilver of van verzilverd koper. Beide draden lopen parallel vanaf de met gips gevulde patroonvoet (5) naar een vast gekit contactplaatje aan de bovenzijde van de smeltpatroon.

Zodra door kortsluiting of overbelasting een te grote stroom gaat lopen, wordt de smeltdraad door zijn elektrische weerstand sterk verhit, zodat hij snel of langzaam doorsmelt – afhankelijk van de soort zekering. Daarna loopt alle stroom door de melddraad, die zeer snel doorsmelt. Het elektrisch contact is dan verbroken. Het veertje (2) drukt de verklikker (3) naar buiten, waaraan men kan zien dat "de zekering is doorgebrand". Fijn zand (4) voorkomt vuurverschijnselen tijdens het doorsmelten.


Op de smeltpatroon zijn de nominale spanning en stroomsterkte vermeld. De werkelijke maximale stroomsterkte (de zogenaamde "aanspreekstroom") is minstens 6% hoger dan de nominale waarde. De diameter van de patroonvoet wordt steeds, bij elke patroon met een hogere nominale stroomsterkte, één maat groter. De schroefveiligheid wordt in een porseleinen patroonhouder (coupe) geschroefd welke voorzien is van een passchroef. Deze passchroef bestaat uit messing en is omgeven door een rand van porselein. In de daarvoor gevormde opening past precies de voet van de bijbehorende patroon. Hierdoor past een patroon met een hogere nominale stroomsterkte niet in een passchroef voor een lagere nominale stroomsterkte. Voor het plaatsen en verwijderen gebruikt men een passchroefsleutel.


Veiligheden tot en met 25A passen in een patroonhouder van 25A. Boven 25A tot en met 63A in de patroonhouders van 63A.





Kleur van verklikker en passchroef


Passchroeven en de verklikker van de smeltveiligheden hebben voor een bepaalde waarde dezelfde kleur. Hierdoor is gemakkelijk te zien met welke grootte van veiligheid men te doen heeft.


 Roze, 2 ampère


 Bruin, 4 ampère


 Groen, 6 ampère

 Rood, 10 ampère


 Grijs, 16 ampère

 Blauw, 20 ampère

 Geel, 25 ampère

 Zwart, 35 ampère

Wit, 50 ampère

 Koper, 63 ampère

In Nederland is de nominale waarde, waarmee individuele groepen in woonhuizen maximaal mogen worden beveiligd 16 ampère. De waarde van de hoofdzekering is doorgaans 25A of 35A.

Aanduidingen op zekeringen

Voorbeelden:

- TT 250/0,1: dit is een supertrage zekering voor een nominale stroom van ten hoogste 0,1 ampère en een maximale spanning van 250 volt.
- T 250/1,6A: dit is een "trage" zekering (reageert niet op kortstondige overbelasting) voor maximaal 250 volt, die bedoeld is om continu een stroom van 1,6 ampère of lager te laten vloeien en bij overschrijding van deze stroom gedurende een bepaalde tijd aan te spreken.
- M 250/0,5A: dit is een "middeltrage" zekering voor maximaal 250 volt. Het aanspreekgedrag zit tussen de trage en de snelle karakteristiek in.
- F 250/300mA: dit is een "snelle" zekering voor maximaal 250 volt en stromen niet hoger dan 300 mA.
- FF 250/62mA: dit is een "supersnelle" zekering voor maximaal 250 volt en stromen niet hoger dan 62 mA, speciaal voor elektronische regelaars.
- De standaard IEC 60127 voorziet in 4 typen zekering: FF, F, T, TT. Ieder type is gedefinieerd volgens de tijd nodig om 10x de nominale stroom uit te schakelen.
- FF (very Fast), < 1 ms
- F (Fast), 1-10 ms
- T (SlowBlow), 10-100 ms
- TT (Very slow acting), 100 ms - 1 s



Er bestaan in het algemeen 3 typen zekeringen:

- Type A: De zekering ultrasnel voor de bescherming van halfgeleiders.
- Type B: De zekering voor algemeen gebruik (zekering gG)
- Type C: De zekering motoren (zekering aM). Elektromotoren hebben bij het inschakelen kortstondig een zeer hoge startstroom (lage inwendige weerstand), waardoor zekeringen type B (gG) kunnen doorsmelten.

1.8.2 Kortsluiting

Kortsluiting voorkomen

- Check of elektrische kabels goed geïsoleerd zijn, want dat vermindert het risico op kortsluiting. Gebruik geen apparaten waarvan de kabels beschadigd zijn of waarvan de draden blootliggen. Een veelvoorkomende plaats waar draden kunnen blootliggen, is bij de stekker. Vervang het apparaat of de stekker in dat geval direct.
- Pak altijd de stekker vast als u hem uit het stopcontact wilt halen. Trek niet aan de kabel, want dan kan de isolatie loslaten.
- Gebruik alleen elektrische apparaten die minimaal een CE-markering hebben. Nog beter is een KEMA-keur (of de Duitse variant: VDE-keur), omdat de veiligheid dan door een onafhankelijk instituut is gecontroleerd.
- Houd u altijd aan de gebruiksaanwijzing van elektrische toestellen.
- Leg geen snoeren onder een deur, vloerbedekking of tapijt. Het snoer kan dan slijten en kortsluiting veroorzaken. Ook kan het oververhit raken en brand veroorzaken.
- Bevestig elektriciteitskabels nooit met spijkers of nietjes. In doe-het-zelfzaken zijn speciale clips te koop om kabels en leidingen veilig te monteren.
- Gebruik kabels niet om iets aan op te hangen.
- Gebruik niet meer dan 1 verlengsnoer tussen apparaat en stopcontact. Hoe meer snoeren u gebruikt, hoe groter dan kans dat ze klem komen te zitten. Dan kan door slijtage kortsluiting of brand ontstaan. Ook kunt u door een combinatie van verlengsnoeren onbewust meer apparaten aansluiten dan de snoeren aan kunnen.
- Rol een verlengsnoer, bijvoorbeeld op een haspel, altijd helemaal uit voor u hem gaat gebruiken.
- Heeft u een souterrain? Let dan goed op de isolatie bij de ramen en controleer of er geen water langsloopt. Is het souterrain toch vochtig geworden, laat de elektrische bedrading in het nat geworden gebied zo snel mogelijk vervangen. Want wanneer de bedrading gaat roesten, vergroot dat de kans op kortsluiting enorm.

Kortsluiting opsporen

- Schakel de groep van de doorgeslagen stop of automaat uit met de groepsschakelaar in de meterkast.
- Schakel ook de elektrische apparaten in de groep uit door de stekkers uit de stopcontacten te halen.
- Vervang de doorgeslagen stop of schakel de automaat weer in.
- Schakel de apparaten 1 voor 1 weer in, totdat de stop of automaat weer wordt uitgeschakeld. Zo merkt u welk apparaat kortsluiting veroorzaakt.



- Geeft geen enkel apparaat een probleem? En is er ook geen sprake van overbelasting? Waarschuw dan een erkend installateur om te controleren of er iets met uw installatie aan de hand is.

Om kortsluiting op deze manier op te sporen is het handig om een groeponoverzicht in de meterkast te hangen. Noteer per groep welke apparaten erop zijn aangesloten.

Soms raakt een apparaat defect zonder dat kortsluiting optreedt. De stop blijft intact, maar u loopt kans op een flinke schok, omdat het apparaat onder stroom staat. Om dat te voorkomen zijn aardlekschakelaars ontwikkeld; gevoelige instrumenten die registreren als ergens stroom weglekt. De aardlekschakelaar schakelt uit als de lekstroom groter is dan 30 milliampère en minimaal 20 milliseconden aanhoudt en maakt daarmee elektrocutie onmogelijk. Deze tijd is nog lang genoeg voor een schok, maar voorkomt erger. Alle woningen, die in of na 1976 zijn gebouwd of gerenoveerd, hebben in de meterkast een aardlekschakelaar die de woon- en slaapkamergroepen beveiligd. Heeft uw woning nog geen aardlekschakelaar, dan raden we u aan een aardlekschakelaar door een vakman te laten installeren. Heeft de woning wel een aardlekschakelaar, denk dan ook eens na over het uitbreiden van het aantal stroomcircuits dat door een aardlekschakelaar is beveiligd.

Test een aardlekschakelaar regelmatig. Om de aardlekschakelaar te testen is deze voorzien van een knopje (vaak gemerkt met de letter T van test). Wanneer dit knopje wordt ingedrukt moet de stroom uitvallen; u ziet dan tegelijkertijd een palletje omklappen. Om de stroom weer in te schakelen kunt u het palletje terug zetten. Valt de stroom niet uit na het indrukken van de knop, zorg er dan voor dat de aardlekschakelaar vervangen wordt.

Treedt de schakelaar vanzelf in werking, en valt de stroom uit, dan is er iets mis met één van de apparaten die u gebruikt. Probeer eerst uit te vinden welk apparaat de storing veroorzaakt. Laat het apparaat eerst repareren voor u het weer gebruikt. De stroom kunt u weer inschakelen door het palletje van de aardlekschakelaar terug te zetten.

Kortsluitingen in hoog- en laagspanningsnetten kunnen ernstige gevolgen hebben en aanleiding geven tot een kortere of een langere netuitval, waar de gebruikers hinder van ondervinden en waardoor economische schade kan ontstaan.

Nederland en de omliggende landen beschikken over een goede en betrouwbare elektriciteitsvoorziening. Hoewel deze voorzieningen dus uitstekend zijn, is het toch niet te voorkomen, dat door storingen in componenten als netkabels, huisaansluitkabels, schakelaars en transformatoren soms kortsluitingen kunnen optreden.

Maatregelen

Storingen in componenten van de elektriciteitsvoorziening kunnen ontstaan door veroudering, slijtage, werking van de bodem, vocht, fouten door fabrikanten, montagefouten, bedieningsfouten of door weersinvloeden. Het zal duidelijk zijn, dat sommige van deze fouten bijna niet zijn te voorkomen, en dat om die reden al het mogelijke wordt gedaan, om onderbrekingen van de stroomvoorziening tot het uiterste te beperken.

Vanzelfsprekend moeten het elektriciteitsnet en alle componenten die in dat net zijn opgenomen, opgewassen zijn tegen de gevolgen van kortsluitingen. Deze bestandheid wordt onder meer vastgesteld door uitgebreide proefnemingen in daartoe ingerichte kortsluitlaboratoria, zoals bij de KEMA in Arnhem. Uit



deze proefnemingen komen in veel gevallen wijzigingen voort die leiden tot aanpassingen en verbeteringen. Daarnaast wordt met uiterst moderne en snelle beveiligingsmiddelen bij een kortsluiting onmiddellijk ingegrepen door het getroffen netgedeelte vrijwel direct af te schakelen. Afschakeltijden van 80 à 100 milliseconden (msec) zijn tegenwoordig in hoogspanningsnetten hierbij heel normaal. Als een dergelijk beveiliging mocht weigeren, dan komt vrijwel onmiddellijk een volgtrap in werking, waardoor de nog altijd zeer korte afschakeltijden van ca 250 msec mogelijk zijn. In laagspanningsnetten en in 10 kV-netten liggen de afschakeltijden door smeltveiligheden bij kortsluiting in de buurt van 10 ms. Als een dergelijk smeltveiligheid om wat voor reden dan ook niet aanspreekt, dan wordt door de achterliggende beveiliging in het 10 kV-net binnen 20 à 40 msec alsnog een afschakeling tot stand gebracht.

Grootte van de kortsluitingen en optredende effecten

Een kortsluiting in een elektriciteitsnet wil eigenlijk in het kort zeggen, dat het in de generatoren G opgewekte elektrische vermogen P niet op de plaats terecht komt waar het wordt verlangd, maar naar de generatoren terugkeert via een kortere weg. De afbeelding laat op een sterk vereenvoudigde manier zien, hoe de bedrijfsstroom I bij een kortsluiting plaats maakt voor de kortsluitstroom I_k .

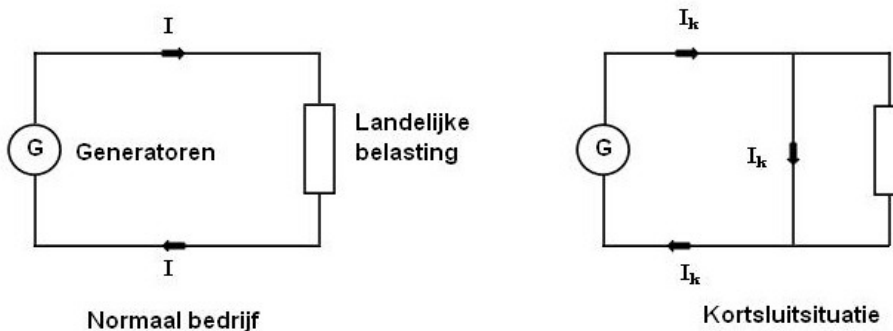


Fig. 27

Vergelijking tussen normaal bedrijf en kortsluitsituatie

De kortsluitstromen in de hoogspanningsnetten kunnen zeer groot zijn. In bijvoorbeeld het 380 kV-net zijn tegenwoordig al kortsluitstromen van 63 kA mogelijk, en in de 10 kV-netten wordt op kortsluitstromen van 25 kA of hoger gerekend. In de laagspanningsnetten voor 400/230 V kunnen direct achter de nettransformatoren soms wel kortsluitstromen van ruim 20 kA worden verwacht. Op de rails van een verdeelkast op bijvoorbeeld 35 meter afstand achter de transformator, is I_k – door de weerstand van de gebruikte kabel - al gereduceerd tot ongeveer 15 kA. Op 100 meter afstand is I_k dan nog maar 10 kA. Dit vraagt natuurlijk om een selectieve manier van beveiligen met smeltveiligheden of installatieautomaten, en de juiste keuze van de leidingdoorsnede.

Voor het vaststellen van de grootte van de kortsluitstromen in een netgedeelte, vinden tegenwoordig vrijwel altijd kortsluitberekeningen plaats. Bij deze vrij complexe berekeningen wordt onder meer met ster-driehoektransformatie gewerkt.

Hoewel door de hoge kwaliteit van het schakelmateriaal, de leidingen en de beveiligingsmiddelen al te grote schade wordt beperkt, is het toch niet te voorkomen, dat een kortsluitstroom gedurende een aantal milliseconden werkzaam is en twee belangrijke effecten teweeg brengt, namelijk warmteontwikkeling en krachtwerking.



Warmteontwikkeling

Door de zeer geringe ohmse weerstand van de schakelaars en toevoerleidingen naar een kortsluitplaats, zal bij een kortsluiting de stroom I die eerst een normale waarde had overgaan in de soms tot enkele duizenden ampères (kA's) olopende kortsluitstroom I_k zoals schematisch weergegeven in de afbeelding. Het gevolg hiervan is, dat zich binnen zeer kort tijd hoge temperaturen zullen ontwikkelen in de netcomponenten.

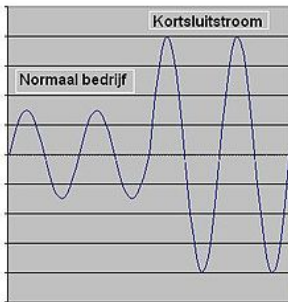


Fig. 28

De warmteontwikkeling E door een stroom wordt bepaald door het kwadraat van de stroom I , de ohmse weerstand R van de componenten en de tijd t , dat de kortsluitstroom aanwezig is, geschreven als $P = I^2 \cdot R \cdot t$ (joule). Tegen deze warmteontwikkeling zijn te krap bemeten doorsneden van leidingen niet bestand en slecht contactmakende verbindingen lassen vast of branden weg. Dit wegbranden gebeurt in onderdelen van seconden en heeft soms het karakter van een explosie.

Aangezien de kortsluitstromen van korte duur zijn, treedt een zogenaamd adiabatisch proces op, dat wil zeggen, dat de temperatuurstijging zó snel gaat, dat er nauwelijks warmte aan de omgeving wordt afgestaan. Bij een kortsluiting zijn temperatuurstijgingen van 200 of 300 K dan ook geen zeldzaamheid. Voor de componenten zijn kortstondige temperatuurverhogingen veroorzaakt door kortsluitingen wel toegestaan, hoewel er duidelijke bovengrenzen worden aangegeven, zoals in bijgaande tabel is aangegeven.

Component	Θ_e (oC)	Θ_k (oC)
Bovengrondse lijnen	80	200 (Cu) / 160 (Al)
Vrije rails	70	200 (Cu) / 160 (Al)
Olietransformatoren	105	250
Papierloodkabels	50	200
XLPE-kabels	90	250

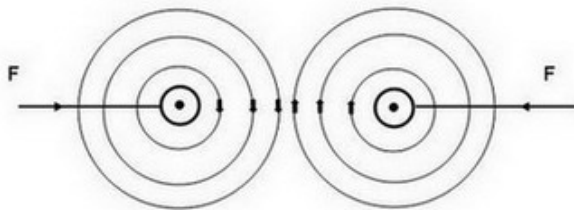
Θ_e = maximum uitgangstemperatuur

Θ_k = kortstondig maximaal toelaatbare temperatuur bij kortsluiting

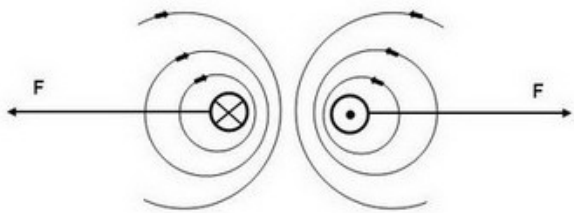


Krachtwerking

Voorafgaand aan een temperatuurverhoging in leidingen en componenten, treden door een kortsluitstroom elektrodynamische krachten op die soms gevaarlijk groot kunnen worden. Door de kortsluitstromen ontstaan grote elektromagnetische velden rondom de geleiders. Afhankelijk van de stroomrichting en de positie van deze geleiders zullen parallellopende geleiders door de kortsluitstroom uit elkaar worden gedreven of juist naar elkaar worden getrokken, zoals op de afbeeldingen is te zien.



Gelijknamige stromen: de elektromagnetische velden heffen elkaar op.
Gevolg: geleiders trekken elkaar aan door krachten F.



Ongelijknamige stromen: verdringing van de elektromagnetische velden.
Gevolg: geleiders gaan uit elkaar door krachten F

Fig. 29

De stroomrichting in een geleider wordt aangegeven met een x als de stroom van ons af vloeit (achterzijde van een pijl) en met een '.' als de stroom naar ons toekomt (voorzijde van een pijl). De optredende krachten F worden, net als bij de warmteontwikkeling, voornamelijk bepaald door het kwadraat van de kortsluitstroom I_k , waarbij in dit geval de topwaarde van de kortsluitstroom I_k bepalend is voor de grootst mogelijk optredende krachten.

Getallenvoorbeeld

Direct achter een normtransformator van 630 kVA, treedt tussen twee rails van een railstelsel (zie afbeelding hierboven) in een hoofdverdeelkast een kortsluitstroom I_k op van 22 kA, ingeleid door een asymmetrische kortsluitstroom I_k van 55 kA. Deze stroom zal in de eerste perioden van de kortsluiting grote krachten F veroorzaken.

Uit berekeningen blijkt, dat de resulterende kracht F op de rails in eerste periode van de kortsluiting per meter = 6.050 N is.

De stromen zijn tegengesteld ten opzichte van elkaar, waardoor de rails uit elkaar worden gedreven.

Als de kortsluitstroom na een halve periode van richting omkeert, blijven de stromen tegengesteld ten opzichte van elkaar, waardoor dus ook de krachten F elkaar blijven afstoten, zoals in de afbeelding te zien is.



Een dergelijke topwaarde - die meestal een grootte heeft van ongeveer 2,5 tot 2,75 x de effectieve kortsluitstroom I_k - is aanwezig in het geval van een zogenaamde asymmetrische kortsluitstroom. Deze treedt op als overgangsverschijnsel op het moment dat de fasespanning $U_f = 0$ en de stroom van normaal bedrijf overgaat in een kortsluitstroom.

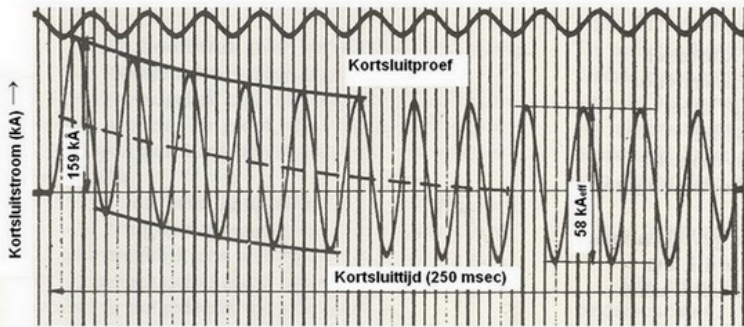


Fig. 30

In de afbeelding is een grafiek weergegeven met een asymmetrische kortsluitstroom, gemaakt tijdens beproevingen van aardingsmateriaal voor 150 kV-installaties. Bij deze proef was de effectieve waarde van de kortsluitstroom $I_k = 58$ kA en de topwaarde van asymmetrische kortsluitstroom $I_k = 159$ kA, dus ruim 2,7x I_k . Aangezien in dit geval de topwaarde maximaal is en de krachten F door I_k worden bepaald, worden de krachten F uitermate groot.

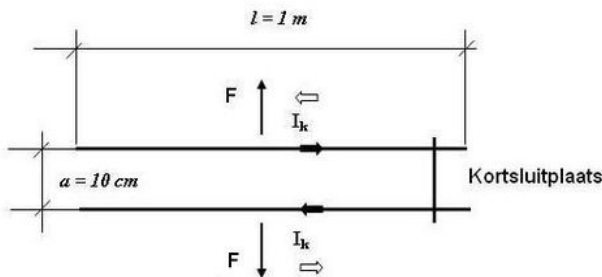


Fig. 31

Typen kortsluitingen

Er zijn vier verschillende typen kortsluitingen te onderscheiden, die elk een apart karakter hebben. Bij bovengrondse lijnen, die deel uitmaken van het driefasige hoogspanningsnet, kunnen bij een directe blikseminslag op de geleiders of op de bliksemraden, door- of overslagen optreden. Hierdoor ontstaat vervolgens een éénfasige kortsluiting, die meestal met éénfase aardfout wordt aangeduid. De optredende aardfoutstroom I_k vloeit daardoor naar aarde en vertakt zich daar in twee of meer deelstromen (I_k' en I_k'' etc) die naar het aardpunt van de transformator of generator terugkeren. Bij inslag in een mast vloeit de aardsluitstroom I_k via het metaal van de mast naar aarde en veroorzaakt rondom de poten van de mast een trechtervormig potentiaalverloop, dat voor mensen en dieren die in de nabijheid van een getroffen mast zijn, gevaarlijke situaties kan opleveren.

Bij een inslag alleen in het mastlichaam kan via zogenaamde mastterugslag, een geleider bij de inslag worden betrokken. Bij mastterugslag loopt de spanning over het mastlichaam namelijk soms zó hoog op, dat



overslag naar een geleider kan optreden en een kortsluiting inleiden. Ook bij kabels die in de grond liggen kan door een directe blikseminslag of door andere fouten een aardfoutstroom over de mantel of de bewapening van de kabel gaan lopen, waardoor muffen en eindsluitingen met slechte metallische overgangen sterk verhit kunnen raken of zelfs ontploffen. Aangezien bij een éénfase aardfout een spanningsverhoging aanwezig is, kan op een eventuele zwakke plaats elders de isolatie doorslaan en een tweede aardfout inleiden. Hier is dan sprake van een dubbele aardfout. Bij een dubbele aardfout kunnen relatief grote aardsluitstromen ontstaan. Ook hier vloeit de aardfoutstroom I_k naar aarde en vertakt zich daar verder.

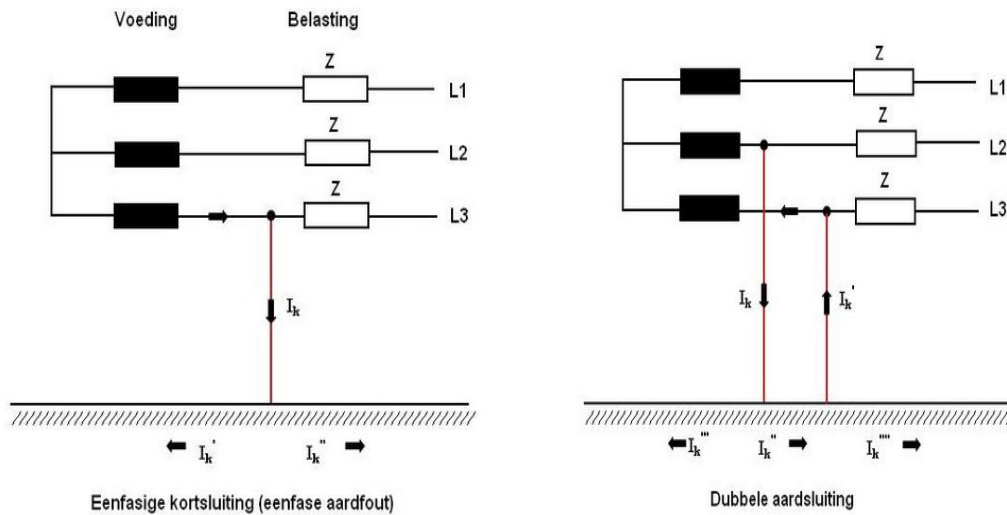


Fig. 32

Bij een tweefasige kortsluiting vloeien er geen stromen naar aarde, maar vormt de kortsluitstroom I_k een gesloten circuit via de voeding en de geleiders. De kortsluitstroom I_k bij een tweefasige kortsluiting kan vrij groot worden. Ook een driefasige kortsluiting kan een zeer grote kortsluitstroom opleveren. Soms brengt men om deze stromen enigszins te beperken zogenaamde Petersenspoelen aan die in het sterpunt van het net worden opgenomen. Deze spoelen brengen door hun dempende eigenschappen de kortsluitstromen terug tot een aanvaardbare grootte.

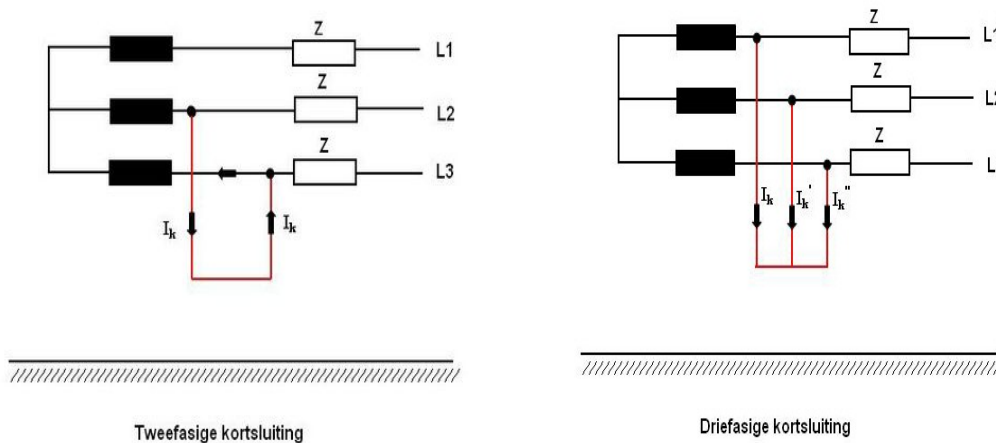


Fig. 33



1.8.3 Aardlekschakelaar

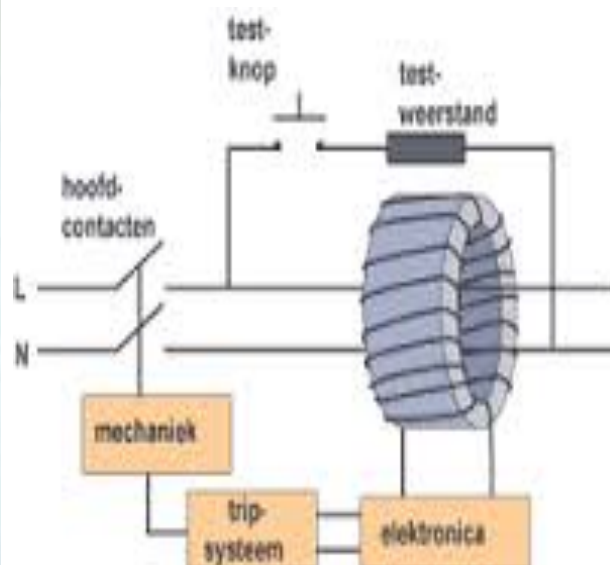
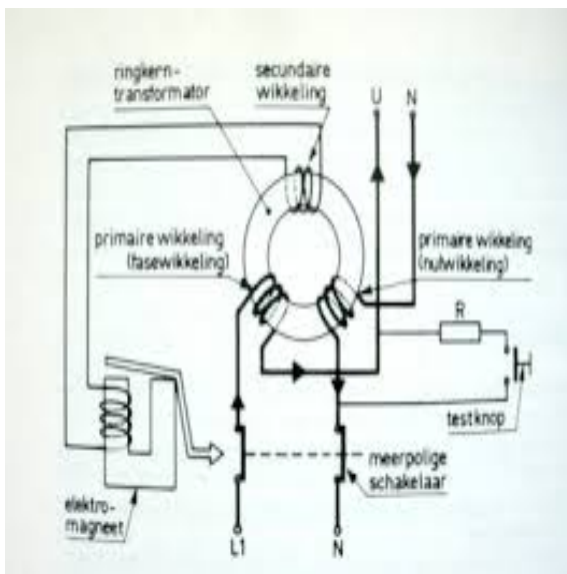


Fig. 34

Aarding en aardlekschakelaar

Elektrische apparatuur is vaak goed beschermd. Ten eerste door een metalen omhulsel om het apparaat. Daarnaast voorkomt een goede veiligheidsaarding dat elektrische apparaten onder spanning komen te staan. Hebt u een kapot apparaat in huis? Dan zorgt de aarding voor veiligheid, doordat de stroom via de aardleiding naar de aarde wegvloeit. U merkt dan dat de stop in de meterkast doorslaat of uw aardlekschakelaar schakelt automatisch de elektriciteit uit voordat het gevaarlijk kan worden.

Toch kunnen gevaarlijke situaties rondom elektriciteit altijd ontstaan. Dat kan gebeuren als de aardedraad loszit of ontbreekt. In de meeste gevallen ontdekt u dit pas als het misgaat, u merkt namelijk niet aan uw apparatuur of de installatie in de meterkast nog geaard is. Daarom adviseren wij de aardlekschakelaar regelmatig te testen en de aarding te laten controleren door een erkend installateur, als u twijfelt of uw installatie goed geaard is.

Aardlekschakelaar

Een aardlekschakelaar is een extra beveiliging van uw stroomvoorziening. Elektrische installaties in woningen zijn sinds 1975 verplicht voorzien van één of meer aardlekschakelaars. U herkent deze in uw meterkast aan het testknopje met de letter T.

Op een aardlekschakelaar zijn één of meerdere groepen aangesloten. Een aardlekschakelaar schakelt de stroom uit als er lekstroom naar de aarde wegvloeit. Maar ook bij onweer kan een aardlekschakelaar



uitschakelen. Zo worden onveilige situaties voorkomen. In de meeste gevallen kunt u de aardlekschakelaar weer inschakelen, door de schakelaar naar boven te zetten. Dan hebt u overal weer elektriciteit. Als de aardlekschakelaar direct weer uitschakelt, heeft u te maken met een defect in uw eigen installatie of in de apparatuur die daarop aangesloten is. Het stappenplan van Liander geeft aan wat u moet doen als de stroom is uitgevallen.

Hebt u een aardlekschakelaar? Dan raden wij u aan deze tenminste twee keer per jaar te testen. Dat doet u zo:

- Druk de testknop (T of Test) in
- De elektrische installatie wordt uitgeschakeld
- Wordt de installatie niet uitgeschakeld, laat dan een erkend installateur langskomen
- Als u de schakelaar weer inschakelt, moet alles weer normaal werken

Gearde stopcontacten

Gearde stopcontacten vindt u in vochtige ruimtes. Dat is nodig, omdat vocht en metaal goede geleiders zijn van elektriciteit. Mocht er een defect optreden in een elektrisch apparaat, dan zorgt de aardleiding ervoor dat de elektriciteit via de aarde wegvloeit. In nieuwere woningen vindt u vaak overal in huis gearde stopcontacten. Tegenwoordig heeft namelijk steeds meer apparatuur een gearde stopcontact nodig. Een gearde stopcontact is dieper dan een normaal stopcontact en heeft metalen contactpunten. De stekker van niet gearde apparatuur past niet in een gearde stopcontact. Als een stekker niet in een keer past, is het niet veilig om het apparaat op dat stopcontact aan te sluiten.

Laat de aarding controleren

De huiseigenaar is zelf verantwoordelijk voor de veiligheid van zijn elektrische installatie en apparatuur. Van groot belang is daarbij dat uw installatie een goede veiligheidsaarding heeft. Twijfelt u of de aarding in uw woning goed geregeld is? Schakel dan een erkende installateur in om de aarding te controleren. U kunt daarbij denken aan de volgende situaties:

- Verhuizing naar een andere woning
- Verbouwing
- Aanpassing aan de elektrische installatie
- Als u denkt dat uw installatie is gearde op het kunststof waterleidingnet
- Bij twijfel
- Eens in de tien jaar

Dit zijn drie voorbeelden van aardlekschakelaars.



Fig. 35



De aardlekschakelaar in de meterkast vergelijkt de inkomende en de uitgaande stroom in uw huis. Die moet even groot zijn. Als dat niet zo is, dan is er iets mis en verlaat de stroom de elektrische installatie op een verkeerde manier, bijvoorbeeld door een probleem met de aarding. In dat geval onderbreekt de aardlekschakelaar direct de stroomtoevoer.

Sinds 1975 is een aardlekschakelaar verplicht. Hebt u een oude installatie zonder aardlekschakelaar? Laat er dan één plaatsen door een erkend installateur.

Wat te doen wanneer de aardlekschakelaar is uitgeschakeld?

- Schakel alle groepen achter de aardlekschakelaar uit met de groepsschakelaars in de meterkast.
- Schakel ook alle elektrische apparaten uit, door de stekkers uit de stopcontacten te halen.
- Schakel de uitgeschakelde aardlekschakelaar en de groepsschakelaars weer in.
- Schakel de apparaten 1 voor 1 weer in, totdat de aardlekschakelaar opnieuw wordt uitgeschakeld. Zo merkt u welk apparaat kapot is.

Geeft geen enkel apparaat een probleem? En is er ook geen sprake van overbelasting? Waarschuw dan een erkend installateur om te controleren of er iets met uw installatie aan de hand is.

De aardlekschakelaar kan ook omslaan door blikseminslag. Vaak kunt u hem zonder problemen weer aanzetten. Als de aardlekschakelaar direct weer wordt uitgeschakeld, kan het zijn dat er een apparaat in huis kapot is gegaan. Hierboven is beschreven hoe u achterhaalt om welk apparaat het gaat. Het kan ook zijn dat de aardlekschakelaar zelf defect is geraakt. Neem dan contact op met een erkend installateur.

Aardlekschakelaar testen

Test tenminste 2 maal per jaar uw aardlekschakelaar. Een handig geheugensteuntje is om dit te doen bij de overgang naar zomer- en wintertijd.

- Druk de testknop in. Deze herkent u doordat er T of Test op staat.
- De elektrische installatie wordt uitgeschakeld. Zo niet, laat dan meteen een erkend installateur langskomen.
- Zet de schakelaar weer terug. Nu moet alles weer normaal werken. Zo niet, bel dan een erkend installateur.

Aardlekbeveiliging

Zoals bekend, kan de mens schadelijke gevolgen ondervinden indien de stroom door het lichaam te groot wordt. Normalerweise zorgen materialen met isolerende eigenschappen ervoor dat de mens niet direct of indirect met elektriciteit in aanraking kan komen. Hierdoor is er sprake van een veilige situatie. Indien de isolerende materialen echter door veroudering of een externe oorzaak beschadigd raken, kunnen gevaarlijke situaties ontstaan. Tegen een aantal van deze gevaarlijke situaties is aardlekbeveiliging een goede bescherming.

Aardlekbeveiliging wordt gebruikt om te beveiligen tegen de volgende drie gevaren:

- Direct aanrakingsgevaar
- Indirect aanrakingsgevaar voor de mens
- Brandgevaar door aardlekstromen



Gevoeligheid van de mens voor elektriciteit

Zoals wij allen weten, is de mens niet bestand tegen grote stromen door het lichaam. Deze uitspraak wordt misschien nog wel het best geïllustreerd door figuur 14 van IEC 60479-1 (effects of current on human beings and livestock).

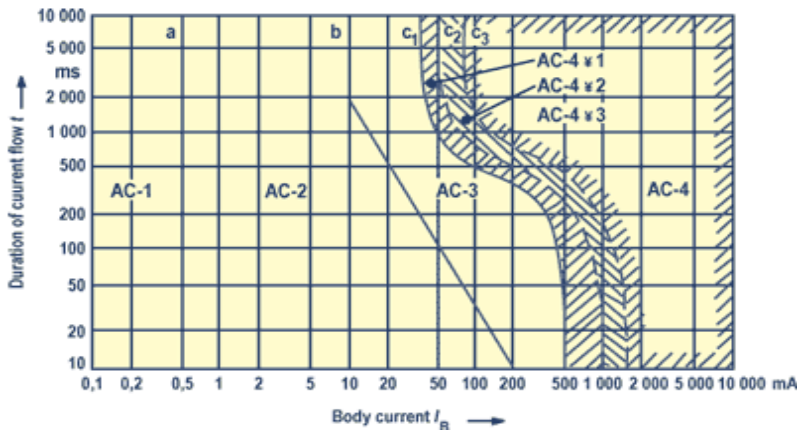


Fig. 36 Tijd-stroom zones voor effecten op het menselijk lichaam ten gevolge van AC-stromen met een frequentie van 15Hz tot 100Hz.

De IEC 60479-1 stelt nu dat de mens in het gebied links van curve c1 normaal gesproken geen blijvende schade ondervindt indien de stroom door het lichaam loopt. Dit wil echter niet zeggen dat de mens niets voelt van deze stromen. In het gebied tussen curve b en curve c1 is er wel degelijk sprake van spierverkramping en kunnen zelfs kortstondige hartritme stoornissen optreden.

Op basis van figuur 34 van de IEC 60479-1 kan dus gesteld worden dat de mens normalerwijze tegen onherstelbare beschadiging ten gevolge van defecten in de elektrische installatie beschermd is, indien er niet meer dan 30mA stroom (a.c.) door het menselijk lichaam kan vloeien.

Om een stroom groter dan 30mA door een menselijk lichaam te laten lopen dient tussen twee punten van dat lichaam een voldoende groot potentiaalverschil te bestaan. Hoe groot dit potentiaalverschil moet zijn hangt af van de impedantie tussen deze twee punten van het lichaam. IEC 60479-1 geeft een aantal verschillende impedantie voor het menselijk lichaam. De waarde van de impedantie hangt af van:

- Tussen welke ledematen het potentiaalverschil staat (tussen twee handen is de impedantie bijvoorbeeld lager dan tussen een hand en een voet);
- De frequentie van de stroom;
- De spreiding in impedantie tussen de verschillende lichamen.
- De isolerende eigenschappen van kleding.

Op basis van de gegevens van de IEC 60479-1 komt de NEN 1010 (bepaling 8.410.101) tot een veilige spanning van maximaal 50V AC (50Hz.) Voor gelijkspanning komt de NEN 1010 (bepaling 8.410.101) op een veilige spanning van maximaal 120V.

Direct aanrakingsgevaar

Men praat over direct aanrakingsgevaar als men direct met de spanning in aanraking kan komen zonder dat deze spanning beveiligd is door een isolerende omhulling of een gearde omhulling. Twee voorbeelden van direct aanrakingsgevaar zijn:



- Een kind dat een breinaald in de wandcontactdoos steekt;
- Een sluiting in de voeding van een computer met metalen kast die niet op een geaarde wandcontactdoos is aangesloten.

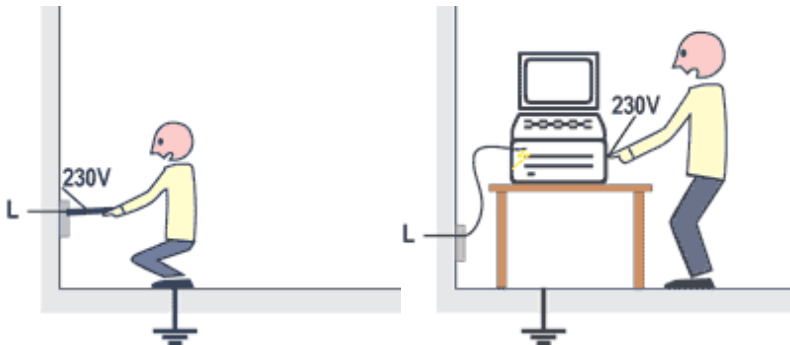


Fig. 37 Belangrijk bij bovenstaande situaties is het feit dat er sprake is van een stroom door het lichaam.

Een breinaald alleen in het stopcontact voert geen stroom en geeft ook geen sluiting. Er gaat pas stroom lopen indien iemand de breinaald vastpakt. Deze persoon staat namelijk met zijn voeten op een geaarde vloer (0V) en raakt daarna met zijn hand een wisselspanning van 230V aan. De stroom die nu door het lichaam gaat lopen is meestal hoger dan 30mA en heeft vaak dodelijke gevolgen.

Ook de computer die op een wandcontactdoos zonder randaarde is aangesloten en op een houten tafel staat levert direct aanrakingsgevaar op indien door een defect de fasedraad contact maakt met de metalen behuizing van de computer. In deze situatie loopt er wederom geen stroom zolang niemand de behuizing van de computer aanraakt. Het is wel zo dat de behuizing van de computer nu verbonden is met een 230V wisselspanning.

Indien nu iemand de computer aanraakt ontstaat dezelfde situatie als in het voorbeeld van de breinaald: de persoon staat met zijn voeten op een geaarde vloer en raakt met zijn handen de behuizing van de computer die verbonden is met een 230V wisselspanning. Wederom zal er een stroom door die persoon gaan lopen die meestal groter is dan 30mA en wederom zal deze situatie vaak een dodelijk afloop hebben.

Men dient zich te realiseren dat aardfoutbeveiliging, naast isolatie, de enige beveiliging is tegen direct aanrakingsgevaar. Een patroon of installatieautomaat beveiligt niet tegen bovenstaande situaties.

Een patroon of installatieautomaat zijn beveiligingen tegen overbelasting en kortsluiting dat betekent dat deze pas afschakelen bij stromen die significant groter zijn dan de nominaalstroom. Voor een 16A installatieautomaat geldt bijvoorbeeld dat deze pas uitschakelt bij stromen die duidelijk hoger zijn dan 16A. Echter, al een stroompje van 0,1A, zoals die in bovenstaande situaties zou kunnen gaan lopen, is dodelijk voor de meeste mensen. Om tegen direct aanrakingsgevaar beveiligd te zijn moet de elektrische installatie voorzien zijn van een aardlekschakelaar volgens IEC 61008 of IEC 61009 met een aanspreekstroom van maximaal 30mA. Deze aardlekschakelaar schakelt aardlekstromen groter dan 30mA binnen een veilige tijd af.

Dat een aardlekschakelaar de veiligheid van personen vergroot bij defecten aan of misbruik van de elektrische installatie wordt ook onderkend door de NEN 1010. De NEN 1010 heeft in de vijfde druk een groot aantal situaties toegevoegd waarin het gebruik van een 30mA aardlekschakelaar verplicht is.



Voor uw gemak heeft Eaton Holec een programma ontwikkeld waarmee u kunt controleren of u volgens de NEN 1010 in een bepaalde situatie een aardlekschakelaar toe moet passen of niet.

Indirect aanrakingsgevaar

Bij indirect aanrakingsgevaar is er in tegenstelling tot direct aanrakingsgevaar wel sprake van een geaarde metalen omhulling. Als deze metalen omhulling echter niet voldoende geaard is kan deze omhulling bij een aardsluiting (sluiting tussen fase en aarde) op een gevaarlijk hoge spanning komen te staan. Een en ander zal verduidelijkt worden aan de hand van een voorbeeld.

In het voorbeeld wordt uitgegaan van een computer met een metalen omhulling die op een wandcontactdoos met randaarde is aangesloten. In de voeding van deze computer ontstaat een aardsluiting waardoor de omhulling (kast) van de computer verbonden wordt met de fase van het elektriciteitsnet.

Figuur 36 hieronder illustreert deze situatie.

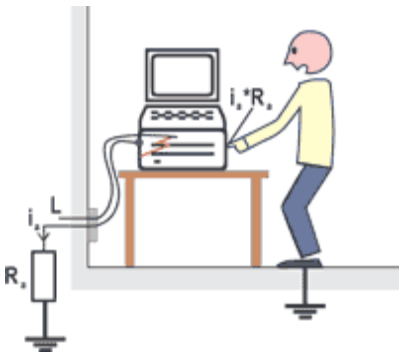


Fig. 38 Situatieschets indirect aanrakingsgevaar.

Doordat de computer op een wandcontactdoos met randaarde is aangesloten zal er bij een aardsluiting direct een aardfoutstroom gaan lopen. De grootte van deze stroom hangt af van de aardverspreidingsweerstand (R_a) van de elektrische installatie. De grootte van de aardfoutstroom kan eenvoudig afgeschat worden met de formule:

$$i_a = 230V/R_a$$

De gedachte achter het gebruik van wandcontactdozen met randaarde en de daarop aangesloten metalen omhullingen is dat indien er een aardsluiting ontstaat en de metalen omhulling dus een gevaarlijk hoge spanning aanneemt, er direct een zodanig grote aardfoutstroom gaat lopen dat de beveiliging van de desbetreffende groep binnen een veilige tijd afschakelt. Of deze beveiliging een installatieautomaat of patroon mag zijn of toch een aardlekbeveiliging moet zijn hangt af van de aardverspreidingsweerstand R_a .

In een aantal delen van Nederland zijn verbruikers aangesloten op een TN-stroomstelsel. In een TN-stroomstelsel is de aardverspreidingsweerstand de impedantie van de retourgeleider naar de voedingstransformator. De impedantie van deze retourgeleider is in de orde van enkele tienden Ohms. Gevolg van deze lage impedantie is dat de aardfoutstroom in TN-stroomstelsels al gauw enkele honderden ampères bedraagt.

Indien nu gekeken wordt hoe snel bijvoorbeeld een 16A patroon of automaat een stroom van enkele honderden ampères afschakelt dan zal men zien dat de patroon of installatieautomaat deze stroom ruim



binnen de daarvoor in de NEN 1010 gestelde normen afschakelt. Indien de aardverspreidingsweerstand laag genoeg is, kunnen installatieautomaten of patronen dus prima beschermen tegen indirect aanrakingsgevaar.

In grote delen van Nederland zijn verbruikers echter aangesloten op zogenaamde TT-stroomstelsels, dat betekent dat de aardverspreidingsweerstand een veel hogere waarden aan kan nemen. Afhankelijk van de bodemgesteldheid en de wijze van aarden van de installatie kan de aardverspreidingsweerstand waarden aannemen van één Ohm tot boven honderd Ohm. Indien de aardverspreiding weerstand bijvoorbeeld een waarde van 100 Ohm heeft zal er in het geval van een aardsluiting slechts een aardfoutstroom van 2,3A gaan lopen. Indien nu de groep beveiligd wordt door een bijvoorbeeld een 16A patroon of installatieautomaat zal deze beveiliging niet aanspreken bij een aardfoutstroom van 2,3 A. De 16A installatieautomaat of patroon spreekt immers pas aan bij stromen boven 16A.

In een dergelijke situatie is de metalen omhulling van de computer dus voor lange tijd verbonden met een gevaarlijk hoge spanning terwijl deze toch (slecht) geaard is. Dit noemt men indirect aanrakingsgevaar. Een aardlekschakelaar zal geplaatst moeten worden om er voor te zorgen dat er wel tegen indirect aanrakingsgevaar beschermd wordt.

De NEN 1010 stelt in bepaling 8.411.101 dat de aardverspreidingsweerstand ten hoogste 167 Ohm mag zijn indien de installatie beveiligd is door een aardlekschakelaar met een aanspreekstroom van maximaal 300mA. Aardlekschakelaars met een aanspreekstroom groter dan 300mA mogen in Nederland niet meer toegepast worden als beveiliging tegen indirect aanrakingsgevaar.

Vaak wordt een 300mA aardlekschakelaar tevens gebruikt als hoofdschakelaar en worden achter deze 300mA aardlekschakelaar nog een aantal 30mA aardlekschakelaars geplaatst om te beveiligen tegen direct aanrakingsgevaar. In deze situatie moet de 300mA aardlekschakelaar een S-type aardlekschakelaar zijn om voldoende aardlekselectiviteit te verkrijgen.

Brandgevaar door aardlekstromen

Vaak leest men dat een brand veroorzaakt werd door kortsluiting. Hoewel dit mogelijk is, wordt brand in de meeste gevallen juist niet door een kortsluiting veroorzaakt maar door een kleine overbelasting of een aardlekstroom.

Een kortsluiting wordt normaal gesproken binnen enkele milliseconden door een patroon of een vermogensschakelaars onderbroken. Het materiaal om de kortsluiting moet dan dus ook binnen enkele milliseconden vlam vatten om een brand te veroorzaken.

Kleine overbelastingen worden ook afgeschakeld door patronen of vermogensschakelaars maar de tijd waarin de overbelasting wordt afgeschakeld kan variëren van enkele minuten tot een paar uur. In deze situatie krijgt het materiaal van het apparaat dat de overbelasting veroorzaakt veel meer tijd om op te warmen. Goede afstemming tussen overstroombeveiliging en de achterliggende geleiders en apparatuur voorkomt dat brand kan ontstaan ten gevolge van een overbelasting.

Als laatste is er de aardlekstroom. Hoe een aardlekstroom een brand kan veroorzaken wordt door onderstaand voorbeeld toegelicht. Vaak komt het voor dat in een woning niet voldoende wandcontactdozen op de juiste plaats zitten. Normaal gesproken lost men dit probleem op door verlengsnoeren met contactdozen te gebruiken. Deze verlengsnoeren worden vervolgens meestal onder het tapijt weggemoffeld zodat deze niet meer zichtbaar zijn en liggen vaak ook nog voor deuren zodat men regelmatig over de



snoeren loopt. In de loop der tijd kan dan de isolatie van een dergelijk verlengsnoer beschadigd raken en kan er een slecht geleidende aardfout ontstaan.



Fig. 39 Het verlengsnoer wordt beschadigd.

In bovenstaand voorbeeld ontstaat er bijvoorbeeld een slecht geleidende aardfout tussen fase en aarde in het verlengsnoer. De weerstand van de aardfout in het verlengsnoer is 100 Ohm en de aardverspreidingsweerstand van de woning is 1 Ohm. Er loopt nu een aardfoutstroom van:

$$i_a = 230V / 100 + 1 = 2,28A$$

Dit betekent dat de foutplaats in het verlengsnoer opgewarmd wordt met een vermogen van:

$$P_{diss} = R_{fout} * i_a^2 = 100 * 2,28^2 = 519W$$

Een idee van de warmte die ontwikkeld kan worden door 519W krijgt u indien u voorzichtig (!) voelt hoe heet een gloeilamp van slechts 60W al wordt.

Bovenstaande aardlekstroom van 2,28A wordt niet afgeschakeld door de 16A patroon of installatieautomaat die in de meeste gevallen de desbetreffende groep voedt en dus heeft de aardlekstroom alle tijd om de materialen in de omgeving van de aardfout op te warmen tot er brand ontstaat.

Om tegen bovenstaande situatie te beveiligen is een aardlekschakelaar volgens IEC 61008 zeer geschikt. Vaak wordt dan een 300mA S-type aardlekschakelaar als hoofdschakelaar voor de installatie gebruikt. Dit heeft als voordeel dat de gehele installatie beschermd is tegen de risico's van bovenstaande situatie en tegen indirect aanrakingsgevaar terwijl vervolgens nog verschillende groepen uitgerust kunnen worden met 30mA aardlekschakelaars om die groepen te beveiligen tegen direct aanrakingsgevaar.



1.9 Vermogensverlies

1.9.1 Elektriciteitsleiding



Fig. 40 Ondergrondse leidingen waaronder ook elektriciteitsleidingen.



Fig. 41 Luchtlijnen van een lokaal elektriciteitsnet in Oostenrijk.

Een elektriciteitsleiding transporteert elektrische stroom. Deze leidingen (vroeger sprak men van geleidingen) bestaan in ieder geval uit elektrisch geleidend materiaal, al dan niet met daaromheen een elektrisch isolerende mantel. In het laatste geval kan een leiding ook bestaan uit meerdere kernen van elektrisch geleidend materiaal (aders) waarbij iedere ader afzonderlijk elektrisch is geïsoleerd van andere aders en het geheel met een mantel is omgeven.

Er kan onderscheid worden gemaakt tussen geïsoleerd elektriciteitsdraad in buis en kabels (dit laatste bestaat meestal uit een samenstel van meerdere geïsoleerde aders) en luchtlijnen, ongeïsoleerde draden die bovengronds opgehangen zijn aan palen of masten, zoals bijvoorbeeld in gebruik bij hoogspanningsnetten.

De meeste elektriciteitsleidingen bij huisinstallaties zijn voorzien van twee of drie aders. Bij twee aders zijn dit de fase (bruine isolatie) en de nul leider (blauwe isolatie). Leidingen met drie aders zijn daarnaast voorzien van een aarddraad (geel/groene isolatie).

Leidingen voor krachtstroom (driefasenspanning) bevatten doorgaans drie, vier of vijf geleiders, respectievelijk: de drie fasen; de drie fasen en de nul; en de drie fasen, de nul en aarde.

Kabels die geschikt zijn voor aanleg in de grond zijn voorzien van een aardscherm. Deze zogenaamde grondkabels bevatten direct onder de buitenmantel een gegalvaniseerde staaldraadomvlechting of een loodmantel. Behalve voor bescherming dient het aardscherm tevens als aardleiding.



Eigenschappen

- De doorsnede van de geleider bepaalt de maximaal toelaatbare stroomsterkte.
- De isolatiewaarde van de mantel bepaalt de maximaal toelaatbare elektrische spanning.
- Wanneer een leiding buigzaam moet zijn, bestaat de kern (ader) uit meerdere samengeslagen geleiders (litze).

Materiaalkeuze geleider

Voor de elektriciteitsleidingen kan in principe elk geleidend materiaal worden gebruikt als zilver, koper, of aluminium. In de praktijk wordt echter voor deze leidingen bijna altijd blank koper toegepast, meestal aangeduid als elektrolytisch koper. Deze kopersoort wordt langs elektrolytische weg verkregen en wordt geraffineerd tot een kopergehalte van 99,95%. Dit hoge kopergehalte is noodzakelijk, aangezien zelfs geringe verontreinigingen het elektrische geleidingsvermogen van dit materiaal sterk verminderen. Doordat namelijk elke geleider een bepaalde elektrische weerstand bezit, wordt bij stroomdoorgang warmte ontwikkeld en ontstaan er spanningsverliezen over de leiding. Deze verliezen moeten natuurlijk zo klein mogelijk blijven.

Materiaalkeuze isolatie

Aangezien elektriciteitsleidingen voorkomen in huisinstallaties met een betrekkelijk klein elektrisch vermogen maar ook in supermarkten, op schepen, in fabrieken of andere grote installaties, is er een ruime keus in de aderdoorsnede van deze leidingen. Ook kan worden gekozen uit diverse soorten leidingen met soms bijzondere specifieke eigenschappen, afhankelijk van de plekken waar deze worden gemonteerd en welke omstandigheden daar gelden. Zo bestaan leidingen met aderisolatie van vinyl, de zogenaamde VD-draad, die in huisinstallaties worden verwerkt, of VMvK-kabel voor algemene montage in het zicht. In installaties waar hoge eisen worden gesteld aan de brandveiligheid, past men bijvoorbeeld YMvK-kabel toe.

De bijzonderheden van deze en andere leidingsoorten voor toepassing in Nederland zijn te vinden in bijvoorbeeld het normblad NEN 3207:1990: Geïsoleerde leidingen voor sterkstroom — Systemen voor de aanduiding van leidingtypen.

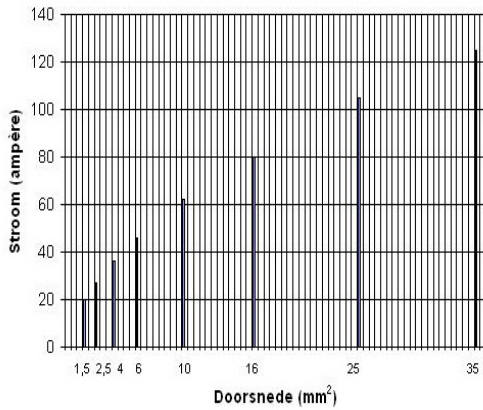
Stroombelastbaarheid en stroomdichtheid

In bijgaande tabel is een reeks driedraderige kabels met aderisolatie van vinyl weergegeven van 1,5 mm² tot 400 mm² met de daarbij behorende toelaatbare stromen en stroomdichtheid.

Leidingen worden met kabel aangeduid als er meer dan één ader aanwezig is.



Stroombelastbaarheid van 3-aderige kabels met aderisolatie van vinyl



Stroomdichtheid van 3-aderige kabels met aderisolatie van vinyl

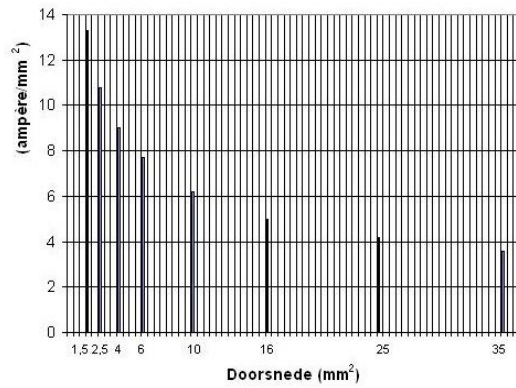


Fig. 42 Stroombelastbaarheid.

Stroombelastbaarheid en stroomdichtheid van 3-aderige kabels met aderisolatie van vinyl		
Doorsnede (mm ²)	Toegelaten stroom (ampère)	Stroomdichtheid (ampère/mm ²)
1,5	19,5	13,3
2,5	27	10,8
4	36	9
6	46	7,7
10	62	6,2
16	80	5
25	105	4,2
35	125	3,6
50	155	3,1
70	195	2,8
95	235	2,5
120	270	2,3
150	310	2,1



185	345	1,9
240	385	1,6
300	425	1,4
400	490	1,2

Tabel 2

Voor een goed inzicht in de stroombelastbaarheid, is in de bijbehorende grafiek alleen het gebied van 1,5 mm² tot 35 mm² weergegeven. Opvallend is, dat naarmate de doorsnede van de geleidingen groter wordt, de toegestane stroom niet in gelijke mate stijgt. Dit is nog beter te zien in de derde kolom van de tabel die de stroomdichtheid van deze geleiders weergeeft. In de grafiek hierbij komt dat duidelijk tot uitdrukking.

Men zou verwachten dat als bij een geleider van 2,5 mm² een stroom van 27 ampère is toegestaan, bij 25 mm² een stroom van 270 ampère zou mogen worden toegelaten. Dit is duidelijk niet het geval, zoals de tabel laat zien.

De in de geleiders ontwikkelde warmte moet aan de buitenzijde van de geleider — dus aan de omtrek hiervan — aan de omgeving worden afgegeven. Bij stijging van de doorsnede, houdt de omtrek van de geleider echter geen gelijke tred met de doorsnede ervan.

Als bijvoorbeeld de doorsneden 4 mm² en 16 mm² worden genomen, dus met een oppervlakteverhouding van 1:4, dan geldt, teruggerekend naar de omtrek, dat de verhouding hier ligt op $\frac{1}{\sqrt{4}} = \frac{1}{2}$. Bij 10 mm² en bijvoorbeeld 400 mm² gelden de verhoudingen 1:40 voor de doorsneden en $\frac{1}{\sqrt{40}} = \frac{1}{2\sqrt{10}}$ voor de omtrekken. Het komt erop neer dat, gerekend vanuit de diameter van de leiding, de stijging van de doorsneden kwadratisch verloopt en de stijging van de omtrekken lineair. Naarmate de doorsnede groter wordt, gaat warmteoverdracht door conductie iets omhoog en wordt ook het aandeel van de convectie wat groter, zodat het geheel niet al te dramatische vormen aanneemt.

Stroomverdringing

Er is nog een belangrijk fenomeen aanwezig bij het stijgen van de doorsneden. Het blijkt dat bij transport van wisselstroom de geleiders een zekere stroomverdringing ondervinden. Men noemt dit ook wel het skineffect. Stroomverdringing wil zeggen, dat niet de gehele geleiderdoorsnede benut wordt voor het transport van elektriciteit, maar dat de kernen van de geleiders in mindere mate meedoen. De indringdiepte van de stroom is bij de normaal geldende netfrequentie van 50 Hz ongeveer 10 mm. Bij kleine doorsneden is dit effect dus nauwelijks van belang, maar naarmate de geleiderdoorsnede stijgt, wordt de invloed van dit effect groter.

Bij 400 mm² doet een kern van circa 2,5 mm doormeter niet mee aan de stroomgeleiding, wat omgerekend naar de diameter neerkomt op ruim 1,2%. Bij een doorsnede van 1000 mm² is dit al een kern van circa 15 mm \varnothing geworden, en is dus ongeveer 19% van de doorsnede inactief. Dit is één van de redenen waarom dan ook veelal holle geleiders voor de hoofdverdeel-inrichtingen worden gekozen bij grote in- en uitgaande transporten van elektriciteit, zoals dat in de onderstations in het hoogspanningsnet het geval is.



Leidingverliezen

Door de stroom I die een belasting P van een installatie opneemt treden in de leidingen van en naar de installatie verliezen op, die in twee categorieën kunnen worden onderscheiden, namelijk spanningsverliezen en vermogensverliezen.

Verliesgevende elementen

Een leiding die op een wisselstroom is aangesloten, heeft naast een bedrijfsweerstand R ook een bedrijfsinductie L , meestal leidingreactantie genoemd. Beide elementen zijn gelijkmatig over de leiding verdeeld, en bepalen samen het leidingverlies. De bedrijfsweerstand R van een leiding levert spanningsverliezen en vermogensverliezen op. De leidingreactantie L — algemeen aangeduid met X ($= \omega L = 2\pi fL$) — levert alleen spanningsverliezen op.

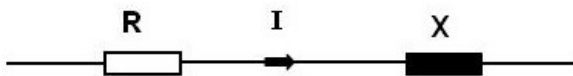


Fig. 43 Leidingelementen

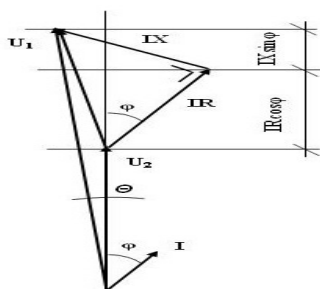
Spanningsverliezen

Als de stroom I van een belasting door een leiding vloeit, dan blijkt de spanning U_2 aan het eind van de leiding lager te zijn dan de voedende spanning U_1 . Om dit verschil — het spanningsverlies U_v — vast te stellen, moeten de spanningsverliezen over de elementen R en X worden bepaald.

Als de belasting voornamelijk is opgebouwd uit motoren, gasontladingslampen of andere inductieve toestellen, dan is er een faseverschuiving ϕ in de installatie aanwezig, waarbij de stroom I ten opzichte van de spanning is verschoven. Hierbij is het spanningsverlies U_{vR} over de bedrijfsweerstand R gelijk aan $I \cdot R$, en het spanningsverlies U_{vX} over de bedrijfsinductiviteit X gelijk aan $I \cdot X$. Vectorieel gezien (zie diagram) loopt $I \cdot R$ evenwijdig met I , en staat $I \cdot X$ daar loodrecht op. Tussen de spanningen U_1 en U_2 is de hoek Θ aanwezig, die meestal kleiner dan 6° is en daardoor verwaarloosd mag worden aangezien $\cos \Theta = 0,9945 \approx 1$.

Uit het diagram valt verder af te leiden dat het spanningsverlies U_{vR} over de weerstand $R = I \cdot R \cos \phi$ en het spanningsverlies U_{vX} over de reactantie $X = I \cdot X \sin \phi$. Het spanningsverlies over de leiding bij een inductieve belasting wordt hierdoor: $U_v = I (R \cos \phi + X \sin \phi)$ volt. Als de belasting capacitief is, wordt het spanningsverlies $U_v = I (R \cos \phi - X \sin \phi)$ volt, zodat in het algemeen de formule voor het spanningsverlies kan worden geschreven als:

$$U_v = I (R \cos \phi \pm X \sin \phi) \text{ volt.}$$



Vervangingschema



Specifieke waarden van YMvK mb-kabel			
Doorsnede (mm ²)	(maximale) geleiderweerstand R (Ω/km)	leidingreactantie L (mH/km)	omgerekende leidingreactantie X (Ω/km)
1,5	12,1	0,33	0,10
2,5	7,4	0,31	0,11
4	4,6	0,3	0,094
6	3,1	0,28	0,088
10	1,8	0,26	0,082
16	1,15	0,25	0,079
25	0,73	0,24	0,075
35	0,52	0,23	0,072
50	0,38	0,20	0,063
70	0,27	0,19	0,060
95	0,19	0,18	0,057
120	0,15	0,17	0,053
150	0,12	0,17	0,053
185	0,10	0,17	0,053
240	0,075	0,16	0,050

Tabel 3

Getallenvoorbeelden

Via een YMvK-kabel, met een lengte van 300 meter, wordt een driefasen installatie van 400 V gevoed met een stroom van 150 A. Als de arbeidsfactor ($\cos \phi$) van deze installatie bijvoorbeeld 0,85 is en de kabeldoorsnede 70mm² dan is het spanningsverlies over de leiding te berekenen met $U_v = I \times R \cos \phi \sqrt{3}$ en de gegevens uit de tabel voor de YMvK mb kabel.

Het spanningsverlies blijkt te zijn:

$U_v = 150 \times 0,3 \text{ km} \times 0,27 \text{ } \Omega/\text{km} \times 0,85 \sqrt{3} = 17,9 \text{ V}$, wat overeenkomt met $17,9/4 \approx 4,5\%$, wat nog net een



toegestane waarde is, aangezien de maximale grenswaarde 5% is.

Als $I = 300$ A wordt gekozen bij een doorsnede $> 120\text{mm}^2$, namelijk 185mm^2 , dan vormt nu de leiding reactantie X een deel van het spanningsverlies.

Als uit $\cos \phi = 0,85$ wordt afgeleid, dat $\sin \phi = 0,53$, dan wordt het spanningsverlies:

$U_v = 300 \times (0,03 \times 0,85 + 0,0159 \times 0,53)\sqrt{3} = 17,7$ V (= 4,4%). Zou X worden genegeerd, dan zou

$U_v = 13,2$ V, wat dus maar 3,3% van de netspanning is.

Het vermogensverlies P_v in de kabel van 185mm^2 is volgens $3 \times I^2 \times R = 3 \times 300^2 \times 0,03 = 8100$ watt oftewel 8,1 kW. Het opgenomen vermogen van de installatie bedraagt volgens $P_w = U \times I \times \sqrt{3} \times \cos \phi = 400 \times 300 \times \sqrt{3} \times 0,85 = 176.669$ watt = 176,7 kW. Het vermogensverlies in de leiding is $8,1/1,77 \approx 4,6\%$. Gerekend over een jaar bij een belastingsgraad van 75% en een belastingstijd van 8 uur, is de opgenomen energie in de kabel = $0,75 \times 8 \times 365 \times 8,1 =$

17.740 kWh.

In de laagspanningsnetten 230/400 V hoeft met het reactieve gedeelte van het spanningsverlies geen of nauwelijks rekening te worden gehouden, aangezien dit pas bij een doorsnede van 120mm^2 en hoger een rol gaat spelen. Dit houdt in dat men voor het spanningsverlies in laagspanningsnetten voor 230V meestal schrijft: $U_v = I \times R \cos \phi$, en voor de driefasenspanning 400 V: $U_v = I \times R \cos \phi \sqrt{3}$. Dit houdt ook in dat het spanningsverlies voor leidingen tot 120mm^2 niet verandert als een installatie is uitgerust met $\cos \phi$ -compensatie.

Bij kabels voor 10 kV en hoger mag tot 95mm^2 het aandeel van X worden verwaarloosd, maar bij bovengrondse hoogspanningslijnen moet door de opbouw en de doorsnede hiervan het reactieve gedeelte altijd in de berekeningen worden betrokken, en geldt gewoon: $U_v = I (R \cos \phi \pm X \sin \phi) \sqrt{3}$ volt.

1.10.2 Vermogensverliezen

De stroom I zorgt ervoor dat in leidingen vermogensverlies door warmteontwikkeling ontstaat. Het vermogen P dat in de bedrijfsweerstand R wordt ontwikkeld wordt omschreven als: $P_v = I^2 \cdot R$ (watt). Bij een driefasen-spanning zijn drie geleiders aanwezig die alle drie de bedrijfsweerstand R bezitten, zodat het vermogensverlies hierbij moet worden geformuleerd als: $P_v = 3 \cdot I^2 \cdot R$ (watt). Bij kabels voor 10 kV en bij hoogspanningslijnen is er ook een element waar rekening mee moet worden gehouden, namelijk de capaciteit. Het blijkt dat tussen de geleiders onderling en tussen de geleiders en aarde een bepaalde capaciteit C aanwezig is die voor een zogenaamde laadstroom zorgt. Deze laadstroom maakt dat de bedrijfsstroom toeneemt, waardoor de vermogensverliezen en de spanningsverliezen groter worden. De grootte van de capaciteit en de laadstroom hangt samen met de lengte van de leiding, de onderlinge afstand van de geleiders en de afstand naar aarde. De formules voor het berekenen zijn vrij ingewikkeld.

Bij de hoogspanningslijnen is nog een extra element werkzaam, dat verliezen oplevert, namelijk de isolatieweerstand. De isolatieweerstand R_A (A als afkorting voor "aarde") geeft aan dat er tussen de geleider en de aarde geen oneindig hoge weerstand aanwezig is, maar dat via de isolatoren, afhankelijk van uitwendige omstandigheden als vocht en vuil, een zekere geleiding ontstaat en kleine lekstromen worden gevormd, waardoor er vermogensverlies optreedt.



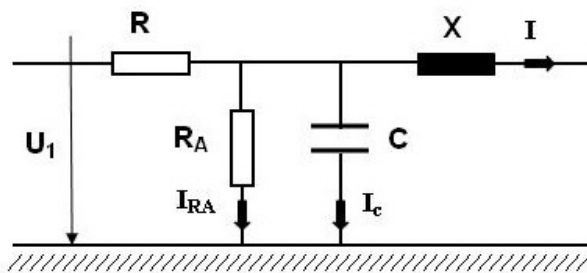


Fig. 44 Vervangingsschema hoogspanning

Verder treedt er bij spanningen > 100 kV een verschijnsel op, dat wordt aangeduid met 'corona'. Corona ontstaat doordat de lucht om een geleider doorslaat (ioniseert), zodra de veldsterkte om die geleider de doorslaggrens van lucht overschrijdt, waardoor er ook verlies ontstaat. Het totale vermogensverlies P_A , dat door de aanwezigheid van R_A ontstaat, wordt uitgedrukt als $P_A = U^2/R_A$ (watt). Voor dit verlies wordt meestal gemiddeld 1 kW/km aangehouden.

1.9.3 Producenten

Een aantal grote producenten van elektriciteitsleidingen:

- Draka (in 2011 overgenomen door Prysmian)
- General Cable
- NKF (in 1999 opgenomen in het Draka concern en in 2000 overgenomen door Pirelli Cavi)
- Nexans
- NKT Cables Group
- Pirelli Cavi (in 2005 verkocht door Pirelli aan Goldman Sachs, nieuwe naam: Prysmian)
- Prysmian (vanaf 2011 het grootse kabelbedrijf ter wereld)
- Tele-Fonika Kable Sp. z o.o.
- Twentsche Kabelfabriek (TKF)

Energie verliezen in transformatoren, gelijkrichters en netadapters

In dit artikel beschrijf ik metingen aan transformatoren, gelijkrichters en netadapters. Het doel is, om te zien of er energie te besparen is door de toepassing van de juiste componenten.

E-I transformator versus ringkern transformator

Om te beginnen heb ik de energieverliezen gemeten in twee transformatoren, beide met een vermogen van 50 VA. Één transformator is een conventionele transformator met een E-I kern. De andere transformator is een ringkern transformator.





Fig. 45 E-I kern transformator 2x 24 V 50 VA



Fig. 46 Ringkern transformator 2x 9V 50 VA

Van de transformators heb ik de uitgangsspanning gemeten, bij diverse belasting weerstanden. Het ingangsvermogen van de transformator is gemeten met mijn energiemeter. Uit deze gegevens heb ik het uitgangsvermogen, het vermogensverlies, en het rendement van de transformator berekend.

Het rendement is het uitgangsvermogen gedeeld door het ingangsvermogen. Het vermogensverlies is het verschil tussen uitgangsvermogen en ingangsvermogen, het vermogensverlies wordt omgezet in warmte in de transformator.

De twee transformators hebben verschillende uitgangsspanningen, daarom gebruik ik voor de twee transformators verschillende waarden belasting weerstanden. Van de transformators had ik de uitgangswindingen in serie geschakeld

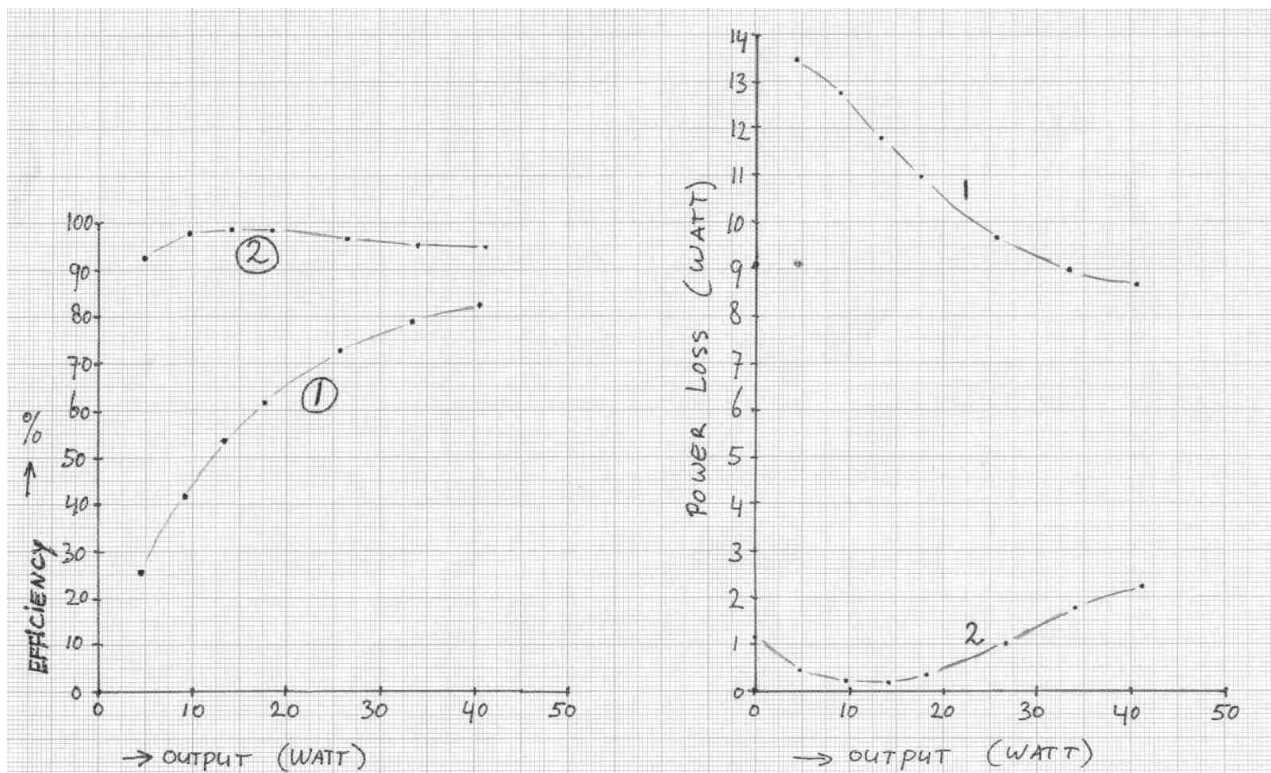
Belasting weerstanden parallel	Uitgang spanning (Volt AC)	Ingang vermogen (Watt)	Uitgang vermogen (Watt)	Rendement	Vermogen verlies (Watt)
-		9,1	0,000	0,000	9,100
1x 560 Ω	51,0	18,1	4,645	0,257	13,455
2x 560 Ω	50,6	21,9	9,144	0,418	12,756
3x 560 Ω	50,2	25,3	13,500	0,534	11,800
4x 560 Ω	49,8	28,7	17,715	0,617	10,985
6x 560 Ω	49,1	35,5	25,830	0,728	9,670
8x 560 Ω	48,5	42,6	33,604	0,789	8,996
10x 560 Ω	47,7	49,3	40,630	0,824	8,670

Tabel 4. Verliezen in E-I kern transformator 2x 24 V en 50 VA.



Belasting weerstanden parallel	Uitgang spanning (Volt AC)	Ingang vermogen (Watt)	Uitgang vermogen (Watt)	Rendement	Vermogen verlies (Watt)
-		1,16	0,000	0,000	1,160
1x 82 Ω	20,1	5,33	4,927	0,924	0,403
2x 82 Ω	20,0	9,97	9,756	0,979	0,214
3x 82 Ω	19,7	14,38	14,198	0,987	0,182
4x 82 Ω	19,4	18,70	18,359	0,982	0,341
6x 82 Ω	19,1	27,70	26,693	0,964	1,007
8x 82 Ω	18,7	35,90	34,116	0,950	1,784
10x 82 Ω	18,4	43,50	41,288	0,949	2,212

Tabel 5. Verliezen in ringkern transformator 2x 9 V 50 VA.



Grafiek 1:

Rendement (efficiency) versus uitgangsvermogen en vermogensverlies (power loss) versus uitgangsvermogen.



- 1 = E-I kern transformator (zie tabel 1)
- 2 = Ringkern transformator (zie tabel 2)

Verliezen in gelijkrichters.

De volgende metingen laten het effect zien van diverse soorten gelijkrichters op het vermogensverlies.

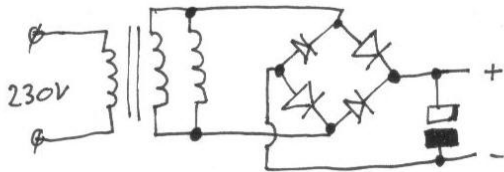


Fig. 47

De ringkern transformator 2x 9V 50 VA is op deze wijze aangesloten op een gelijkrichter circuit. De twee 9 V windingen staan parallel, de gelijkrichter bestaat uit 4 silicium diodes (3,7 A brugcel). De waarde van de elco is 4700 μ F.

Belasting weerstand parallel	Uitgang spanning (Volt DC)	Ingang vermogen (Watt)	Uitgang vermogen (Watt)	Rendement	Vermogen verlies (Watt)
-	13,46	1,17	0,000	0,000	1,170
1x 47 Ω	12,26	3,98	3,198	0,804	0,782
2x 47 Ω	11,84	7,22	5,965	0,826	1,255
3x 47 Ω	11,53	10,15	8,486	0,836	1,664
4x 47 Ω	11,28	13,14	10,829	0,824	2,311
6x 47 Ω	10,80	18,67	14,890	0,798	3,780
8x 47 Ω	10,40	23,41	18,410	0,786	5,000
10x 47 Ω	10,03	27,95	21,404	0,766	6,546

Tabel 6. Verliezen in ringkern transformator + 4 silicium diodes, overeenkomstig schema 1.



Gelijkrichter met 2 silicium diodes

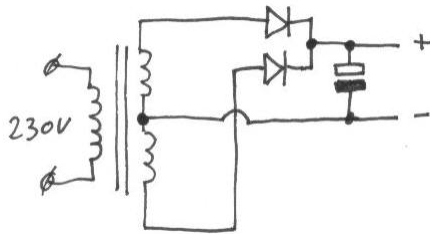


Fig. 48

De gelijkrichter is nu op deze wijze aangesloten, met twee silicium diodes (in plaats van 4).

De twee diodes zijn onderdeel van de 3,7A brugcel uit schema 1, de twee andere diodes blijven ongebruikt.

De twee windingen van de transformator staan nu in serie.

De transformator is dezelfde 2x 9V 50VA ringkern.

De waarde van de elco is 4700 μ F.

Belasting weerstand parallel	Uitgang spanning (Volt DC)	Ingang vermogen (Watt)	Uitgang vermogen (Watt)	Rendement	Vermogen verlies (Watt)
-	13,95	1,17	0,000	0,000	1,170
1x 47 Ω	12,94	4,00	3,563	0,891	0,436
2x 47 Ω	12,47	7,46	6,617	0,887	0,843
3x 47 Ω	12,10	10,60	9,345	0,882	1,255
4x 47 Ω	11,80	13,60	11,850	0,871	1,750
6x 47 Ω	11,23	19,05	16,100	0,845	2,950
8x 47 Ω	10,78	23,86	19,780	0,829	4,080
10x 47 Ω	10,30	28,06	22,572	0,804	5,488

Tabel 7: Verliezen in ringkern transformator + 2 silicium diodes, in overeenstemming met schema 2.



Gelijkrichter met 2 schottky diodes

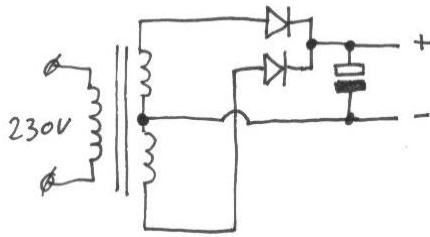


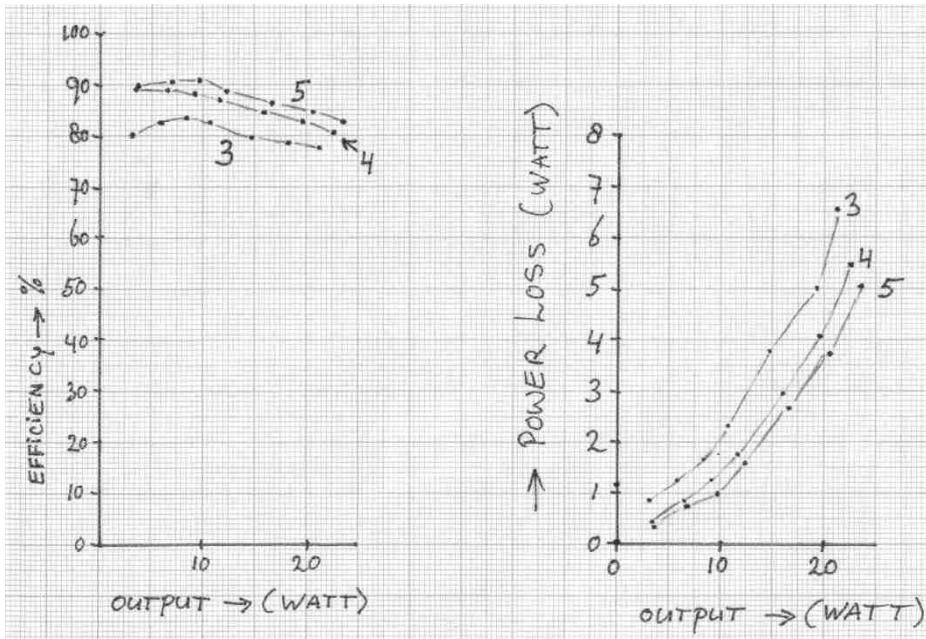
Fig. 49

Nu zijn de 2 silicium diodes vervangen door 2 schottky diodes van het type MBR360 (3A 60V). De transformator is dezelfde 2x 9V 50VA ringkern. De waarde van de elco is 4700 µF.

Belasting weerstanden parallel	Uitgang spanning (Volt DC)	Ingang vermogen (Watt)	Uitgang vermogen (Watt)	Rendement	Vermogen verlies (Watt)
-	14,22	1,17	0,000	0,000	1,170
1x 47 Ω	13,30	4,20	3,764	0,896	0,436
2x 47 Ω	12,79	7,69	6,961	0,905	0,729
3x 47 Ω	12,43	10,86	9,862	0,908	0,998
4x 47 Ω	12,10	14,06	12,460	0,886	1,600
6x 47 Ω	11,48	19,51	16,824	0,862	2,686
8x 47 Ω	11,00	24,32	20,596	0,847	3,724
10x 47 Ω	10,57	28,80	23,771	0,825	5,029

Tabel 8. Verliezen in ringkern transformator + 2 schottky diodes, overeenkomstig schema 3.





Grafiek 2: De waarden voor rendement en vermogensverlies uit tabel 3, 4 en 5 zijn weergegeven in deze grafieken.

Het gebruik van 2 schottky diodes geeft het beste rendement, en het laagste vermogensverlies.

Verliezen in diverse soorten voedingen en adapters

Ringkern 2x 6V 15 VA

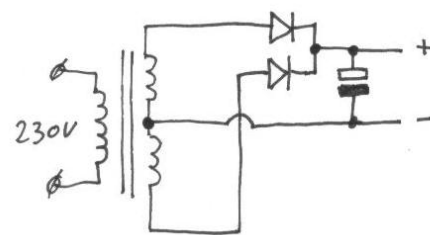
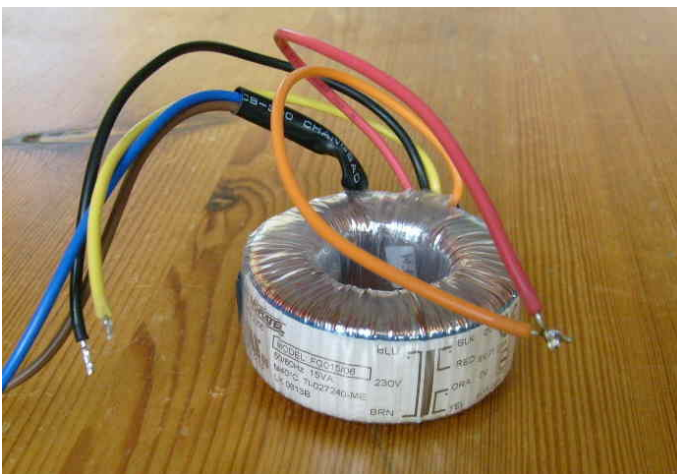


Fig. 50

Deze voeding heb ik gebouwd met de volgende componenten:

1. Ringkern transformator 2x 6V 15 VA
2. Schottky diodes MBR360 en een elco van 4700 μ F.



De uitgangsspanning is niet gestabiliseerd.

Belasting weerstand parallel	Uitgang spanning (Volt DC)	Ingang vermogen (Watt)	Uitgang vermogen (Watt)	Rendement	Vermogen verlies (Watt)
-	9,48	< 0,50*	0,000	0,000	< 0,500
1x 82 Ω	8,95	1,18	0,977	0,828	0,203
2x 82 Ω	8,65	2,11	1,825	0,865	0,285
3x 82 Ω	8,41	3,05	2,588	0,848	0,462
4x 82 Ω	8,20	3,98	3,280	0,824	0,700
5x 82 Ω	8,01	4,63	3,912	0,845	0,718
6x 82 Ω	7,84	5,56	4,497	0,809	1,063
8x 82 Ω	7,50	6,94	5,488	0,791	1,452
10x 82 Ω	7,23	8,07	6,375	0,790	1,695

Tabel 9. Ringkern transformator 2x 6V 15 VA

* mijn energiemeter kan geen vermogens lager dan 0,5 W meten.

Schakelende adapter.



Fig. 51 Schakelende adapter. Merk: HQ. Model: P.SUP.SMP1-BL



Deze adapter is instelbaar tussen de 3 en 12 Vdc. De uitgangsspanning is gestabiliseerd en dus constant. Maar ik heb wel gemerkt dat deze adapter storing kan veroorzaken als hij is aangesloten op b.v. radio's of telefoons. Deze adapter is getest bij 9 volt uitgangsspanning.

Belasting weerstanden parallel	Uitgang spanning (Volt DC)	Ingang vermogen (Watt)	Uitgang vermogen (Watt)	Rendement	Vermogen verlies (Watt)
-	9,06	< 0,50	0,000	0,000	< 0,500
1x 82 Ω	9,05	1,87	0,999	0,534	0,871
2x 82 Ω	9,04	3,01	1,993	0,662	1,017
3x 82 Ω	9,02	4,40	2,977	0,677	1,423
4x 82 Ω	9,00	5,56	3,951	0,711	1,609
5x 82 Ω	8,98	6,72	4,917	0,732	1,803
6x 82 Ω	8,97	8,14	5,887	0,723	2,253
7x 82 Ω	8,95	9,30	6,838	0,735	2,462

Tabel 10. Schakelende adapter

Niet gestabiliseerde adapter.



Fig. 52 Niet gestabiliseerde adapter. Merk: MW. Model: MW79GS

De uitgangsspanning is instelbaar tussen 3 en 12 V, en getest bij 9 V. De maximale uitgangsstroom is 800 mA.



De adapter heeft intern een kleine E-I transformator.

Belasting weerstand parallel	Uitgang spanning (Volt DC)	Ingang vermogen (Watt)	Uitgang vermogen (Watt)	Rendement	Vermogen verlies (Watt)
-	12,42	2,22	0,000	0,000	2,220
1x 82 Ω	11,56	6,68	1,630	0,244	5,050
2x 82 Ω	10,99	7,58	2,946	0,389	4,634
3x 82 Ω	10,50	8,25	4,034	0,489	4,216
4x 82 Ω	10,08	8,97	4,956	0,553	4,014
5x 82 Ω	9,74	9,63	5,785	0,601	3,845
6x 82 Ω	9,40	10,21	6,465	0,633	3,745

Tabel 11. Niet gestabiliseerde adapter 800 mA

Gestabiliseerde adapter



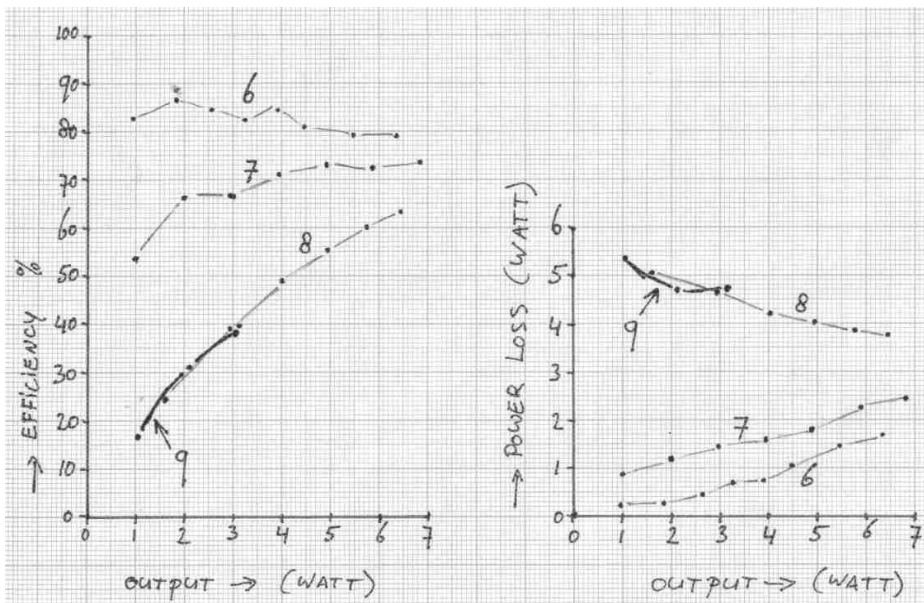
Fig. 53 Gestabiliseerde adapter. Merk: Skytronic. Model: MW300GS

De uitgangsspanning is instelbaar tussen 1,5 en 12 V, en getest bij 9V. De maximum uitgangsstroom is 300 mA.



Belasting weerstand parallel	Uitgang spanning (Volt DC)	Ingang vermogen (Watt)	Uitgang vermogen (Watt)	Rendement	Vermogen verlies (Watt)
-	9,40	1,60	0,000	0,000	1,600
1x 82 Ω	9,35	6,44	1,066	0,166	5,374
2x 82 Ω	9,32	6,82	2,119	0,311	4,701
3x 82 Ω	9,29	7,93	3,157	0,398	4,773

Tabel 12. Gestabiliseerde adapter



Grafiek 3:

Rendement en vermogensverlies voor:

6 = Voeding met ringkern transformator (zie tabel 6)

7 = Schakelende adapter (zie tabel 7)

8 = Niet gestabiliseerde adapter (zie tabel 8)

9 = Gestabiliseerde adapter (zie tabel 9)

1.9.4 Conclusie elektriciteitsverlies

Door het toepassen van ringkern transformators is energie te besparen in voedingsapparaten.

Vooraf bij lage uitgangsstroom is de ringkern transformator veel beter dan de E-I kern transformator.

Ook door het toepassen van schottky diodes, en het gebruik van gelijkrichters met 2 diodes (in plaats van 4) kan energie bespaard worden.

Elke beperking van energieverlies, kan op lange termijn flink wat energie besparen. Elke Watt besparing, geeft per jaar een besparing van 8,76 kWh.



1.9.5 Opgave

Examenopgave natuurkunde 2006 tijdvak 2: opgave 2

Tinus probeert op school het transport van elektrische energie na te bootsen. Zij gebruikt daarvoor een wisselspanningbron twee identieke transformatoren, twee weerstanden van $15\ \Omega$, een fietslampje en een aantal snoertjes. In figuur 1 is de schakeling die zij maakt schematisch getekend.

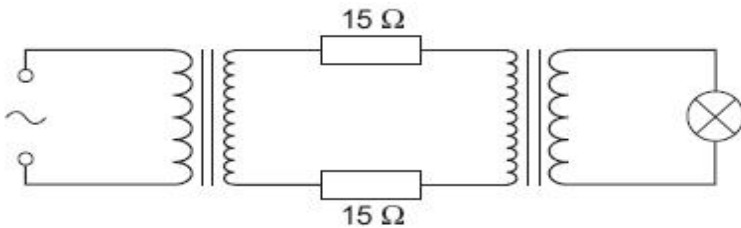


Fig. 54

Figuur 49 is een foto van de onderdelen van haar schakeling. De wisselspanningbron is al op de eerste transformator aangesloten. Neem Figuur 1 over.

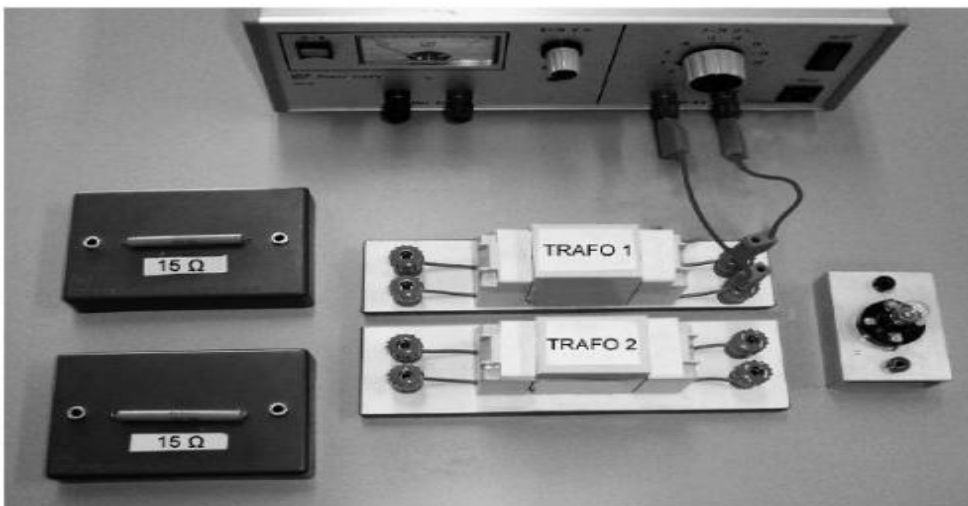


Fig. 55

A. Teken in de foto op de uitwerkbijlage de overige verbindingsdraden zodat de schakeling van figuur 1 ontstaat.

In de schakeling van Tinus stelt een weerstand van $15\ \Omega$ een hoogspanningskabel voor. Een echt hoogspanningskabel heeft een diameter (dikte) van 2,5 cm en is gemaakt van aluminium.

B. Bereken de lengte, in km, van een dergelijke hoogspanningskabel met een weerstand van $15\ \Omega$.

Als materiaal voor hoogspanningskabels heeft men gekozen voor aluminium en niet voor koper. Een reden daarvoor is dat aluminium goedkoper is dan koper. Als de materiaaleigenschappen van aluminium en koper met elkaar worden vergeleken, heeft aluminium zowel voordelen als nadelen.

C. Beantwoord de volgende vragen:

- Noem een materiaaleigenschap op grond waarvan aluminium de voorkeur verdient en geef aan welk voordeel dit oplevert.



- b. Noem ook een materiaaleigenschap op grond waarvan aluminium niet de voorkeur verdient en geef aan welk nadeel dit oplevert.
- c. Het verlies aan vermogen in een hoogspanningskabel is te berekenen met de formule: $P_{\text{verlies}} = I^2 R$. Hierin is I de stroomsterkte in de kabel en R de weerstand van de kabel.

D. Leg uit wat het voordeel is van hoogspanning bij energietransport.

Bij een zogenoemde ideale transformator gaat geen energie verloren in de transformator zelf. Tinus wil controleren of de transformatoren die ze gebruikt ideaal genoemd kunnen worden. Daarvoor meet ze in haar schakeling:

- De spanning tussen de polen van haar spanningsbron: $U_{\text{bron}} = 6,7 \text{ V}$;
 - De stroomsterkte die de spanningsbron levert: $I_{\text{bron}} = 0,55 \text{ A}$;
 - De stroomsterkte door de weerstanden van 15Ω : $I = 30 \text{ mA}$;
 - De spanning over het lampje: $U_{\text{lamp}} = 3,2 \text{ V}$;
 - De stroomsterkte door het lampje: $I_{\text{lamp}} = 0,33 \text{ A}$.
- E. Controleer met een berekening of de gebruikte transformatoren ideaal zijn.

1.9.6 Antwoorden

A.

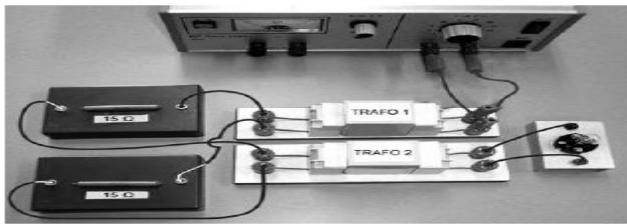


Fig. 56

- B. Doorsnede van de draad: $\pi R^2 = \pi \cdot (1,25 \cdot 10^{-2})^2 = 4,91 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$.
Soortelijke weerstand aluminium: $27 \cdot 10^{-9} \Omega \text{m}$ (BINAS).

$$R = \rho \cdot L / A$$

$$L = A \cdot R / \rho = 4,92 \cdot 10^{-4} \cdot 15 / (27 \cdot 10^{-9}) = 2,7 \cdot 10^5 \text{ m} = 2,7 \cdot 10^2 \text{ km}.$$

C.

Voordeel:

Aluminium heeft een kleinere dichtheid dan koper. Tussen twee hoogspanningsmasten zal het dus minder doorhangen, ofwel er zijn minder masten nodig.

Nadeel:

Aluminium heeft een grotere soortelijke weerstand dan koper. Om niet meer vermogensverlies te hebben dan koper moet de Al-draad dus dikker zijn.

Of:

De elasticiteitsmodulus van Al is kleiner dan die van Cu, koper is dus sterker, Al breekt eerder door.

Of:

De uitzettingscoëfficiënt van Al is groter dan die van Cu: bij zeer hoge temperatuur zal Al meer doorhangen, bij zeer lage temperatuur strakker gespannen zijn.



D. Het getransporteerd vermogen: $P = i \cdot U$

Bij zeer hoge spanning U hoeft dus i niet zo groot te zijn en kun je het vermogensverlies $i^2 R$ beperken.

E. Het vermogen dat de spanningbron levert moet, bij geen verlies in de trafo's gelijk zijn aan het vermogen dat de weerstanden opnemen + het vermogen dat het lampje opneemt.

$$P_{\text{bron}} = i \cdot U_{\text{bron}} = 0,55 \cdot 6,7 = 3,7 \text{ W}$$

$$P_{\text{weerstand}} = i^2 \cdot R = (30 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 30 = 2,7 \cdot 10^{-2} \text{ W.}$$

$$P_{\text{lampje}} = 3,2 \cdot 0,33 = 1,1 \text{ W.}$$

Lampje en weerstanden samen zijn goed voor: $1,1 + 0,027 = 1,13 \text{ W}$, hetgeen veel minder is dan het door de spanningsbron geleverde vermogen. De transformatoren zijn dus verre van ideaal.

1.10 Verdeling elektriciteit

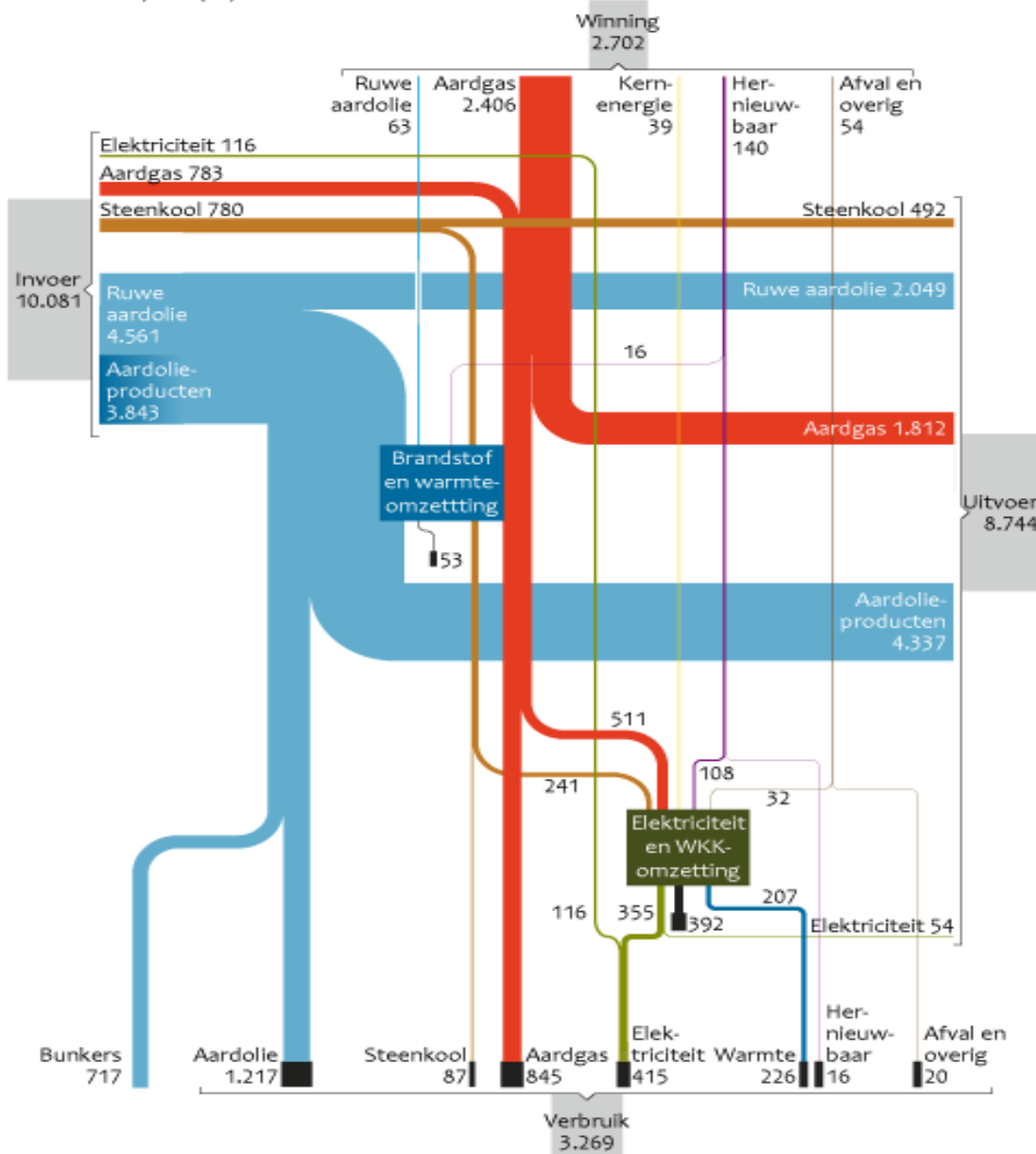
Stroomdiagram energie voor Nederland, 2012

Het grootste deel van de energiedragers ruwe aardolie en aardolieproducten wordt ingevoerd. Het meeste aardgas dat wordt verbruikt komt uit de Nederlandse bodem.



Energiestromen, 2012

Eenheid: 10¹⁵ joule (PJ)



N.B. De som van de zwarte blokjes is het totale energieverbruik (finaal verbruik en saldi omzetting). In deze figuur zijn verschillende details verwaarloosd.

Bron: CBS.

CBS/jan14
www.clo.nl/nl020118

Fig. 57 Energiestromen

Toelichting bij het stroomschema

Het stroomschema energie geeft een grafische voorstelling van de winning, invoer, uitvoer, bunkers en verbruik van de energiedragers ruwe aardolie, aardgas, steenkool, hernieuwbare energie, kernenergie, warmte en afval en andere energiedragers in 2012. De indicator 'Aanbod en verbruik van energiedragers in Nederland, 2012' geeft de energiedragerbalans in tabelvorm.



Aanbod van energiedragers

Het energieaanbod wordt bepaald door zowel de winning, invoer, uitvoer, bunkers als ook de voorraadmutatie van energiedragers. In het stroomschema wordt de voorraadmutatie verwaarloosd.

Winning en invoer van energiedragers

In Nederland wordt vooral aardgas gewonnen, en in mindere mate hernieuwbare energie. De invoer van energiedragers betreft vooral ruwe aardolie, aardolieproducten, aardgas en steenkool.

Verbruik van energiedragers

Het totale energieverbruik in Nederland (de som van de zwarte blokjes) is 3 269 PJ. Dit is ongeveer een kwart van de totale invoer plus winning. Een deel van de energiedragers wordt omgezet in een andere vorm, zoals ruwe aardolie in benzine en aardgas of steenkool in elektriciteit.

Bunkers

Bunkers tellen niet mee voor het energieverbruik van Nederland. Het betreft de levering van brandstof voor de internationale scheepvaart en voor de internationale luchtvaart. Dit betreft schepen of vliegtuigen die vertrekken uit Nederlandse havens en aankomen in/op buitenlandse (lucht)havens. De bunkers kunnen daardoor ook worden gezien als een vorm van uitvoer.

Veel meer informatie in het dossier energieverbruik in Nederland staat in de volgende zeer goed te begrijpen internetsite. <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0053-Energiebalans-Nederland-%28tabel%29.html?i=6-40>

1.11 Selectiviteit

Selectiviteit is een belangrijk begrip binnen elektrische installaties, waarin twee of meer beveiligingstoestellen aanwezig zijn tussen de voeding en de foutplaats.

Indien er gesproken wordt van selectiviteit tussen twee in serie staande beveiligingstoestellen betekent dit alleen het beveiligingstoestel dat het dichtst bij de foutplaats zit, reageert. Aan de hand van de schematische opzet in is dit nader te verduidelijken.

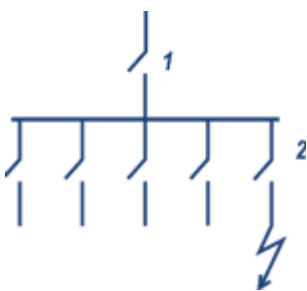


Fig. 51 Serieschakeling van 2 beveiligingstoestellen.

Stel dat er achter beveiligingstoestel 2 een kortsluiting ontstaat. De kortsluitstroom loopt door beide beveiligingstoestellen. Om de gevolgen van de kortsluiting tot een zo klein mogelijk gedeelte van de installatie te beperken, moet alleen het beveiligingstoestel dat het dichtst bij de kortsluiting geplaatst is, de kortsluitstroom onderbreken. In figuur 1 betekent dit dat beveiligingstoestel 2 de foutstroom afschakelt, voordat beveiligingstoestel 1 'weet' dat er een kortsluitstroom aanwezig is. Indien dit inderdaad het geval is, wordt er van een selectieve beveiliging gesproken.



De beveiligingstoestellen 1 en 2 zijn dan selectief ten opzichte van elkaar.

1.11.1 Selectiviteit van patronen onderling

Volgens IEC 60269 moeten alle gG patronen (snel of traag) die aan de IEC 60269 voldoen, selectief zijn ten opzichte van elkaar indien de factor tussen de nominaalstromen 1,6 of meer is.

Wanneer in de voeding van een verdeler bijvoorbeeld een 160 A patroon is toegepast en in een afgaand veld een 80 A patroon dan zal een overbelastingsstroom of kortsluitstroom die is ontstaan door een fout achter de 80 A patroon altijd worden afgeschakeld door alleen de 80 A patroon. We spreken dan over absolute selectiviteit.

Voor Eaton Holec mespatronen mag uitgegaan worden van een factor 1,25 in nominaalstroom voor absolute selectiviteit. Dit geldt voor trage patronen onderling en snelle patronen onderling.

1.11.2 Selectiviteit van vermogenschakelaars onderling

Bij vermogenschakelaars wordt gesproken van stroomselectiviteit en tijdselectiviteit. Onder stroomselectiviteit wordt verstaan de selectiviteit van onvertraagde vermogenschakelaars (hiermee wordt bedoeld dat de magnetische maximaal niet vertraagd is), terwijl bij tijdselectiviteit wordt uitgegaan van een vermogenschakelaar met een vertraagde werking van de magnetische maximaal.

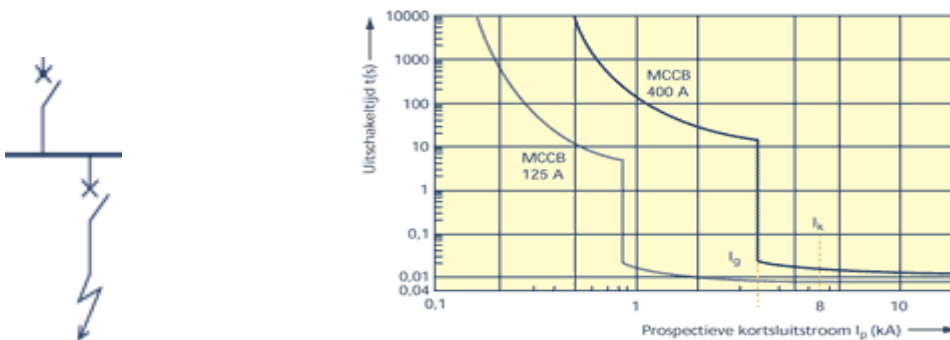


Fig. 58 Serieschakeling van 2 vermogenschakelaars (380A en 125A): stroomselectiviteit

Uit de in figuur 52 weergegeven stroom-tijd karakteristiek blijkt dat, indien twee onvertraagd gestaffelde vermogenschakelaars in serie worden geplaatst, deze ten opzichte van elkaar selectief zijn tot een grensstroom I_g . Indien de verwachte maximale kortsluitstroom ná de tweede schakelaar groter is dan grensstroom I_g , wordt geen volledige selectiviteit bereikt. Bij een dergelijke kortsluitstroom worden namelijk de magnetische maximaal van beide vermogenschakelaars getripped.

Kortom: twee in serie geschakelde vermogenschakelaars zijn selectief ten opzicht van elkaar tot een grensstroom die gelijk is aan de tripstroom van magnetische maximaal van de voorliggende vermogenschakelaar.

Voorbeeld

Hoe groot is de grensstroom voor selectiviteit van een voorliggende 40 A D-karakteristieke automaat met een naliggende 16 A B-karakteristiek? De tripstroom van de magnetische maximaal van de 40 A automaat ligt tussen de 10-20 x I_n . (Zie BCD-karakteristiek)

Uitgaande van 15 x I_n zal de magnetische maximaal boven de 580 A altijd trippen. Dit is dus de grensstroom. We zien dat de grensstroom volledig door de voorliggende automaat wordt bepaald.



Bovenstaande houdt in dat wanneer we willen weten of een combinatie van vermogenschakelaars selectief is, we de hoogte van de prospectieve kortsluitstroom moeten berekenen.

Wanneer de magnetische maximaal of snelontgrendelaar van de voorliggende vermogenschakelaar in werking vertraagd kan worden, kan, zoals uit figuur 4 blijkt, de selectiviteitsgrens verhoogd worden. Er is dan sprake van tijdselectiviteit.

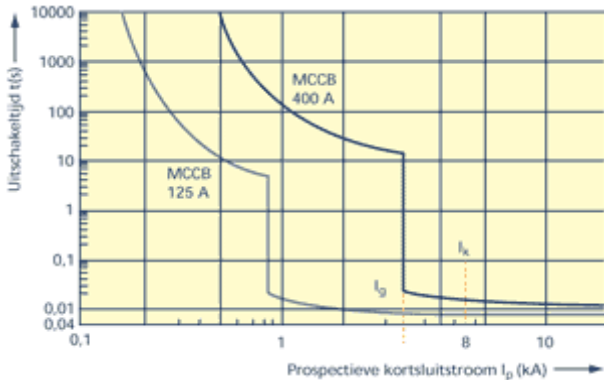


Fig. 59 Serieschakeling van 2 vermogenschakelaars (380A en 125A)

1.11.4 Tijdselectiviteit

Tijdselectiviteit is mogelijk bij MCCB's, uitgerust met een elektronisch beveiligingsblok, met een nominaalstroom van 250A/380A of hoger. Doorgaans is er een grens aan de tijdvertraging: boven ca. 15 maal I_n schakelt de MCCB in alle gevallen onvertraagd omdat de MCCB anders thermisch te zwaar belast zou worden. Voor ACB's is er in principe geen grens voor de tijdvertraging.

Indien een serieschakeling van meerdere vermogenschakelaars van hetzelfde fabricaat toegepast wordt, kan gebruik gemaakt worden van de door de verschillende fabrikanten verstrekte selectiviteitstabellen. In tabel 1 is een voorbeeld gegeven.

	Hoofdschakelaar type						
		NF 250-SE	NF 400-SE	NF 630-SE	NF 800-CS	NF 800-SS	NF 1250-SS NF 1600-SS
	Schakelvermogen (kA)						
		50	50	50	35	50	85
NF 30-SS	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
NF 50-SH, NF 60-SH	10	5	7,5	10	10	10	10
NF 50-UH	125	10	50	50	35	50	85



NF 100-SS	25(22)	5	7,5	15	15	22	22
NF 100-CS	10	5	7,5	10	10	10	10
NF 100-SH	50	5	7,5	15	15	22	42
NF 100-US	125		14	50	25	50	85
NF 100-UH	170		50	50	35	50	85
NF 100-UR	200		50	50	35	50	85
NF 160-SS, NF 250-SS	25			10	10	15	22
NF 160-SH, NF 250-SH	50			10	10	15	20
NF 160-US	125			12	12	50	85
NF 160-UH	170			14	14	50	85
NF 250-UC	65				12	25	65
NF 250-US	125				12	50	85
NF 250-UH	170				14	50	85
NF 250-UR	225				14	50	85
NF 250-CS	15			10	10	15	15
NF 250-SE	50			10	10	13	20
NF 400-SE	50				10	13	20
NF 630-SE	50						20

Tabel 13. Selectiviteitstabel vermogensschakelaars.

In de tabel kan de waarde van I_g , de selectiviteitsgrens, afgelezen worden. Een serieschakeling van een NF 800-CS en een NF 80-US bijvoorbeeld is selectief tot 25 kA. Bij het gebruik van deze tabellen moet men zich realiseren dat voor de voorgeschakelde vermogensschakelaar geldt dat zowel de nominaalstroom als de magnetische maximaal op maximale waarde zijn ingesteld.



Indien vermogenschakelaars van verschillend fabricaat toepast worden, moet voor de selectiviteitsgrens I_g de waarde als bepaald in figuur 2 en figuur 3 aangehouden worden.

1.11.5 Selectiviteit tussen patronen en vermogenschakelaars

Beschouw eerst de situatie van een vermogenschakelaar met een nageschakelde patroon. Selectiviteit wordt bereikt indien de patroon de stroom heeft afgeschakeld voordat de vermogenschakelaar is aangesproken. Alhoewel ook in dit geval het criterium eenvoudig is, is de interpretatie in de praktijk dat niet. In de praktijk worden de karakteristieken van de vermogenschakelaar en de patroon met elkaar vergeleken, als weergegeven in figuur 4.

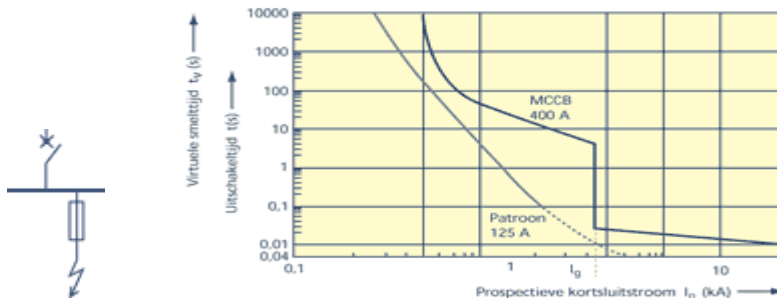


Fig. 60 Vermogenschakelaar met nageschakelde patroon.

In het gebied van de langere afschakeltijden van de vermogenschakelaar, in figuur 4 tot I_g , levert deze vergelijking geen problemen op. Immers na aanspreken van de vermogenschakelaar zal afschakeling relatief zeer snel volgen, met andere woorden aanspreektijd en afschakeltijd zijn nagenoeg aan elkaar gelijk. Echter voor prospectieve stromen groter dan I_g is dit niet meer het geval en kan de aanspreektijd veel kleiner zijn dan de afschakeltijd. En let wel: aanspreken van de schakelaar wordt net als doorsmelten van een patroon onherroepelijk gevolgd door afschakelen.

Indien de nominale stroom van de vermogenschakelaar en de patroon dicht bij elkaar liggen en I_g een te lage waarde zou hebben dient men in het kortsluitstroomgebied de magnetische maximaal van de vermogenschakelaar van een vertraging te voorzien.

Ook in deze situatie zal de hoogte van de prospectieve kortsluitstroom berekend moeten worden.

Bovengenoemde situatie kan ook omgedraaid worden, met andere woorden een vermogenschakelaar met een voorgeschakelde patroon. De selectiviteit zal in dit geval altijd een bovengrens hebben, daar voor grotere kortsluitstromen de patroon altijd sneller zal worden dan de vermogenschakelaar. Analyse aan de hand van de (I^2t-I_p) karakteristiek, als in figuur 5, geeft een goed inzicht.

In figuur 55 wordt selectiviteit tot een maximale stroom I_g bereikt. Om deze grens hoog genoeg te maken moet de nominaalstroom van de voorliggende patroon veelal 3-4 maal zo groot gekozen worden dan de nominaalstroom van de vermogenschakelaar.



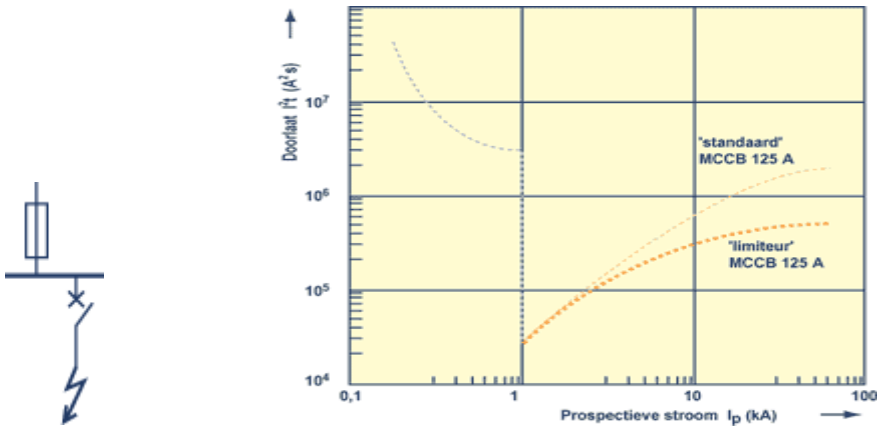


Fig. 61 Patroon met nageschakelde vermogenschakelaar.

Aangezien van de I2t-karakteristiek van automaten vaak niet bekend is, geven fabrikanten selectiviteitstabellen af waaruit de grensstroom voor selectiviteit kan worden afgeleid. tabel 3 is een voorbeeld van een selectiviteitstabel van B-karakteristiek automaten met voorgeschakelde mespatronen.

Automaat	Mespatronen volgens NEN-EN 60269									
	25	35	50	63	80	80	125	160	200	250
6	1,25	3	6	6	6	6	6	6	6	6
10	0,95	1,6	2,4	4,3	6	6	6	6	6	6
16	0,7	1,3	1,9	3,2	4,5	6	6	6	6	6
20		1,15	1,7	2,8	3,8	6	6	6	6	6
25			1,4	2,4	3,2	6	6	6	6	6
32			1,25	2	2,8	5	6	6	6	6
40				1,8	2,4	4	6	6	6	6
50					2	4	6	6	6	6
63						4	6	6	6	6

Tabel 14. Selectiviteitstabel van 6 kA B-installatieautomaten met voorgeschakelde mespatroon.

Ook hier geven de getalswaarden de grensstroom I_g aan tot waar selectiviteit heerst. Een 16 A automaat is bijvoorbeeld ten opzicht van een 63 A mespatroon tot een prospectieve kortsluitstroom van 3,2 kA selectief. [Klik hier](#) voor de selectiviteitstabellen van mespatronen met Eaton Holec installatieautomaten.

© Eaton Electric N.V. 2001



1.11.6 Opdracht

Geef per figuur 51 t/m 55 een voorbeeld met toelichting, waarin jij laat blijken dat je elke figuur begrijpt.

1.12 Pijsvergelijking

1.13.1 Energie: gas, elektriciteit en water



Fig. 62

Onder energiekosten vallen de kosten voor het verbruik van gas, elektriciteit en water, plus de kosten die u betaalt voor de meters (vastrecht).

Gasverbruik

Stookkosten (gasverbruik en het vastrecht voor de gasmeter) zijn vooral afhankelijk van het woningtype.

Hoogte gasverbruik naar woningtype		
woningtype	gemiddeld verbruik per jaar in m ³	kosten per maand bij cv in €* *
flat	900	67
tussenwoning	1.350	92
hoekwoning	1.590	105
2 onder 1 kap	1.670	109
vrijstaand	2.220	139
gemiddeld alle woningen	1.440	96
* Bedragen zijn inclusief vastrecht en 21 % BTW Bron: HOME 2012, RVO, bewerking Nibud 2014		

Elektriciteitsverbruik

Het elektriciteitsverbruik is vooral afhankelijk van de grootte van het huishouden. Het gemiddeld gebruik voor alle huishoudens is 3.340 kWh per jaar. Hieronder de gemiddelde bedragen (verbruik en



vastrechtmeter) in een tabel. Maar de kosten hangen vanzelfsprekend nauw samen met de elektrische apparaten die worden gebruikt.

We betalen in Nederland Energiebelasting (afgekort REB) en ieder huishouden krijgt hiervan een deel terug (heffingskorting). Het bedrag wordt verrekend met de energierekening (meestal de jaarlijkse elektriciteitsrekening). Voor 2014 is dit € 385,53.

Elektriciteitsverbruik naar grootte huishouden		
aantal personen in huishouden	gemiddeld gebruik in kWh per jaar	€ per maand, inclusief energieruggave belastingen
Bedragen zijn inclusief vastrecht, 21% BTW en inclusief de energiebelastingteruggave Bron: HOME 2012, RVO, bewerking Nibud 2014		
1	2.010	30
2	3.360	57
3	4.120	71
4	4.580	80
5	5.450	97
6	5.790	104
gemiddeld per huishouden	3.340	56

Waterverbruik

Ook op het waterverbruik is de grootte van het huishouden van invloed. Een derde van het water gaat op aan douchen en baden.

Waterverbruik naar grootte huishouden		
aantal personen in huishouden	gemiddeld gebruik per jaar in m ³	kosten per maand in €
Bron: Vewin, bewerking Nibud 2014		
1	45	9,30
2	91	14,00



Waterverbruik naar grootte huishouden		
aantal personen in huishouden	gemiddeld gebruik per jaar in m ³	kosten per maand in €
3	137	18,80
4	169	22,10
5	201	25,40

1.12.2 Groene stroom of groen gas

Alle energiebedrijven bieden naast gewone stroom ook groene stroom aan. Deze is opgewekt uit bronnen (wind, zon, et cetera) waarbij veel minder of geen CO₂ wordt uitgestoten. Bij sommige energiebedrijven is groene stroom iets duurder dan gewone elektriciteit en bij andere bedrijven juist goedkoper. U kunt ook voor groen gas kiezen. Hierbij wordt het milieu ook minder belast.

Op internet vindt u verschillende vergelijkingswebsites van energieprijzen. U kunt zo ook prijzen van groene stroom en groen gas met reguliere elektriciteits- en gasprijzen vergelijkenssites en wordt hulp geboden bij overstappen naar een andere energiemaatschappij. Zie de overstapcoach op Consuwijzer.nl. Zie voor meer informatie over besparen op energie de website van Milieu Centraal.

1.12.3 Opdracht

1. Vergelijk de NIBUD tabellen met de actuele thuissituatie.
 - a. Wat is het percentage afwijking in de actuele thuissituatie? Verklaar deze afwijking.

1.13 Inkoop en verkoop energie

1.13.1 Energiekosten verlagen door flexibiliteit

Sinds een tweetal jaar richt het Nederlandse Powerhouse zich ook op de Belgische markt. We hadden een gesprek met sales director André Dippell. Dat leverde een interessante kijk op ontwikkelingen binnen de energiemarkt waarmee in onze sector vooral wkk-bedrijven geconfronteerd worden.

“Onze klanten zijn bedrijven die heel flexibel kunnen omgaan met hun energie”, vertelt André Dippell. Groentetelers, die hun wkk nodig hebben voor warmte en CO₂ en die de stroom niet zelf nodig hebben zijn daar erg flexibel in. Op basis van de informatie die wij hen bezorgen, beslissen ze om ofwel hun wkk ofwel hun gasketel in te zetten voor de productie van warmte.”

1.13.2 Handel in elektriciteit

Sinds een tweetaljaar richt Powerhouse zich ook op ons land. Ondertussen hebben ze hier al ongeveer 70 klanten. Enerzijds zijn dat wkk-bedrijven in de tuinbouw, anderzijds een aantal industriële afnemers. “Dat zijn bijvoorbeeld koel- en vrieshuizen met grote vermogens. Die kunnen flexibel omgaan met hun elektriciteitsbehoefte door vooral te koelen op momenten van de dag waarop de stroom goedkoop is. Waar Powerhouse echt voor staat, is het transparant maken van de energiemarkt. Waar de traditionele energieleverancier zich tussen de markt en de klant plaatst, geven wij onze klanten rechtstreeks toegang tot de energiemarkt. We onderscheiden de termijnmarkt, waar onze klanten op langere termijn stroom kunnen



in- en verkopen en de dagmarkt (de Belpex), waar dit kan gebeuren op uur basis. Bovendien kunnen onze klanten ook gebruik maken van de onbalansmarkt. Die markt wordt geregeld door netbeheerder Elia om tijdelijke productieoverschotten van elektriciteit snel weg te werken en zo een verstoring van het net te voorkomen.”

Dienstverlening

Dippell vertelt dat de intensiteit van de dienstverlening volledig afhangt van het type onderneming en de mate waarin dat bedrijf zelf bewust bezig is met energie.“ Op tuinbouwbedrijven zijn ze vaak zelf al heel bewust met energie bezig, en zitten ze zelf aan de knoppen, maar in de industrie heb je bedrijven die dat helemaal niet gewend zijn. Voor die laatste hebben we een product dat vergelijkbaar is met wat klassieke energiebedrijven aanbieden. Dat is het ontzorgingsmodel, maar we laten ze daarmee wel zien wat de verdere mogelijkheden zijn.

Het Energy Platform is het hart van onze dienstverlening”, vervolgt Dippell. “Dit is een internettoepassing waarmee de klant alle prijsontwikkelingen op de energiemarkt kan volgen, zowel van gas als van elektriciteit. Dankzij allerlei grafieken helpt het je om de situatie te analyseren en trends te ontdekken. We geven op het platform ook actueel marktnieuws. We berichten zowel over de evolutie van onder meer gas- en oliepijzen en CO₂-emissierechten, als over algemene economische ontwikkelingen. Die hebben op hun beurt immers effect op de toekomstige energieprijzen. Onze klanten kunnen ook van minuut tot minuut hun energieproductie en de afname daarvan volgen.”

Powerhouse wil de energiemarkt transparant maken.

Management&Techniek 4 • 21 februari 2014 •

Alle klanten krijgen een accountmanager. Die geeft hen meer inzicht in hoe de markt functioneert en hoe ze daar beter gebruik van kunnen maken. De intensiteit van die dienstverlening is afhankelijk van het type product dat Powerhouse hen levert. “Bij ons product Fixed, het tarief met een vaste prijs, gaat dat vooral over uitleggen hoe de markt functioneert, hoe prijzen tot stand komen en wat nog meer mogelijk is. Wanneer een klant volledig in het Flex-product zit, dan zit hij zelf bovenop de markt. Dan adviseren wij hem hoe hij zijn nominatie beter kan doen, het aanmelden van de hoeveelheid elektriciteit die hij voorziet te leveren. Let wel, we adviseren. Het is de klant die de beslissingen neemt. We geven wel de goede momenten aan om te kopen of te verkopen op de markt. Is de Belpex-prijs hoger dan de productiekost van de wkk, dan is het interessant om die te gebruiken voor warmteproductie. Stel dat je in een termijnpositie, waarbij je vooraf al stroom verkocht hebt, voorzien had om je wkk 12 uur te laten draaien. De dag zelf blijf je maar 10 uur warmte nodig te hebben. Dan kan je op APX-energiemarkt of op Belpex kijken om 2 goedkopere uren terug te kopen. Dergelijke zaken regelt ons Energy Platform voor je op basis van de kostprijs die je voor je wkk instelde. Er is een kantelpunt waarop het interessant wordt om met de wkk te verwarmen en elektriciteit te leveren aan het net. Voor de volledigheid moeten we hier aan toevoegen dat het op de Belgische markt, dankzij de warmtecertificaten, altijd interessant is om met de wkk te verwarmen. In Nederland draait een wkk gemiddeld 3000 tot 3500 uren en levert de gewone gasketel nog een substantieel aandeel. Uiteraard is de uitdaging om er het optimum uit te halen iets groter voor de Nederlandse tuinders omdat hun situatie iets minder luxe is. Toch is het ook in België een uitdaging om naar optimalisatie van je rendement te zoeken. Je kunt op de dag zelf momenten vinden waarop het beter is je systeem uit te schakelen. Stel dat je ondervindt dat je warmte genoeg hebt, en dat de onbalansprijs op dat moment heel laag is, dan kan je geld verdienen door de stroom die je moest leveren zelf goedkoper in te kopen, zodat je die niet hoeft te produceren.”



Flexibel produceren en verbruiken

Enkele maanden geleden besloot TNO (een onafhankelijke kennisorganisatie die een schakel vormt in de kennisketen tussen de wetenschap enerzijds en bedrijven en organisaties anderzijds) op basis van een onderzoek in de Nederlandse markt dat middelgrote energieverbruikers tot 40% kunnen besparen op hun energiekosten door met flexibel energieverbruik te werken. “Dat gaat in zekere mate op voor een fruitteiler die stroom nodig heeft voor zijn koelcellen, en die de momenten in de markt zoekt waarop hij de stroom tegen de laagste prijs kan inkopen. Maar grotere meer industriële bedrijven kunnen nog meer besparen. Belangrijk is hoe flexibel je bent. In een koelcel zit een bepaalde buffering, die toelaat de koeling een tijdje uit te schakelen. Dankzij die speelruimte kan je gebruik maken van de beweging op de markt.” Iemand met zonnepanelen kan – wanneer er zon verwacht wordt – is elektriciteitsproductie behoorlijk goed in te schatten“. De situatie is anders voor wie een behoorlijk deel van de eigen productie zelf kan gebruiken dan bij iemand die volledig voor injectie produceert. Die kan er voor kiezen om de 100% flexibiliteit op te zoeken en de nominatie zelf doen. Eventueel kunnen we hem ondersteunen door zijn elektriciteitsproductie te voorspellen. Wanneer er op het moment zelf minder zon is dan verwacht, kan dat geld kosten. Een klant die meer zekerheid wil, kan opschuiven in de richting van ons relax-product, omdat de verantwoordelijkheid dan meer bij ons ligt, rekenen we in de kostprijs van onze dienstverlening daarvoor een stuk verzekeringspremie aan. De afslagen voor de geleverde stroom zijn daardoor wat hoger dan bij het volledige Flex-product”.

Kostprijs

Hoe wordt de vergoeding voor de dienstverlening van Powerhouse precies berekend? “We werken volledig transparant, de marktprijs is de basis”. We bekijken de prijzen op de termijnmarkt en Belpex en werken met een specifieke op- en afslag bij afname of injectie. Verder speelt bijvoorbeeld service een rol.” De reacties die we krijgen van de Belgische tuinders zijn overwegend positief. Zeker de tuinders met een wkk snappen.

1.13.3 POWERHOUSE

Powerhouse is in 2004 als gevolg van de vrijmaking van de energiemarkt ontstaan vanuit het Pon-concern. Dit familiebedrijf importeert Volkswagen en Audi voor de Nederlandse markt, maar ook wkk's van Caterpillar. Het op de markt brengen van energie was een logische volgende stap. Daarom was de nieuwe speler de eerste jaren vooral actief in de Nederlandse tuinbouw, waar Powerhouse nog steeds marktleider is. In 2009 fuseerde het met Westland Energie Services, waarna het ook gas begon te leveren.

André Dippell en Powerhouse geloven sterk in het kostprijsverlagende effect van flexibel energie verbruiken.©

Kostprijs

Hoe wordt de vergoeding voor de dienstverlening van Powerhouse precies berekend? “We werken volledig transparant, de marktprijs is de basis. We bekijken de prijzen op de termijnmarkt en Belpex en werken met een specifieke op- en afslag bij afname of injectie. Verder speelt bijvoorbeeld service een rol.” De reacties die we krijgen van de Belgische tuinders zijn overwegend positief. Zeker de tuinders met een wkk snappen al hoe die markt werkt. Die kiezen vrij snel voor wat wij een ‘Flex-propositie’ noemen. Die zien snel de mogelijkheden van ons platform en de sturingsmogelijkheden die daar achter zitten. Wanneer de nominatie gemaakt is, zorgt de stuurbox ervoor dat de wkk tijdig aan- en uitgeschakeld wordt. Die kan ook het vermogen regelen. Verder schakelt hij vooruit of regelt hij terug wanneer de prijs op de onbalansmarkt laag is. Die mensen zien de mogelijkheden, de flexibiliteit en het gemak dat dit met zich meebrengt. Alles gebeurt online. Je kunt er ook je factuur zien en checkt hoe die tot stand is gekomen.”



1.13.4 Aardgas

De gasmarkt werkt iets anders. “Je hebt ook een termijnmarkt, waar je voorposities kan innemen”, vertelt Dippell. “Op dit moment zijn de gasprijzen in Europa aan het dalen. We hebben hier nog bijna geen winter gehad. De buffertanks zitten vol, waardoor de gasprijzen onder druk komen. Uiteindelijk moet dat gas er eens uit, want vaak is die buffercapaciteit ingekocht voor een beperkte periode. Dat zijn momenten waarop je kan overwegen om een voorpositie in te nemen en een deel van je toekomstige behoefte alvast te fixeren. De markt van gas loopt niet volledig gelijk met die van elektriciteit. Dat komt doordat je gas moet bufferen, dat kan niet met elektriciteit. Bedrijven met een wkk maken een koppeling tussen de markten van elektriciteit en gas doordat ze aan de ene kant gas inkopen en zelf elektriciteit verkopen. Samenwerken met land- en tuinbouwers vereist volgens Dippell geen speciale aanpak. “We zijn gestart in die sector en we begrijpen hoe die functioneert. Werken met agrarische ondernemers zit gewoon in ons bloed.”

Informatie over de werking van energiebeurzen kan je vinden via www.belpex.be of www.powerhouse.be.

1.13.5 Vragen

1. Bij wie kan tegenwoordig stroom worden gekocht?
2. Wat is de huidige inkoopprijs van elektrische stroom?
3. Wat wordt bedoeld met de onbalansmarkt?

1.13.6 Rekenwerk

Een 40.000 m² vierkant groot bedrijf (5 m hoogte) heeft één wkk met een vermogen van 2MW en een ketel van 1500000 kcal. De paprikateelt groeit optimaal bij gemiddeld 21°C. Het is zomer. De ketel draait dagelijks 7 uren voor CO₂ - dosering. De etmaalbuitentemperatuur is 16°C. Het volume van de warmteopslagtank is 300 m³. De laagste watertemperatuur is 26°C en de hoogste watertemperatuur is 95°C. Dat zelfgekozen datum is in de afgelopen week.

4. Wat is de kostprijs voor elektrische stroom, vanuit deze wkk?
5. Wat is het gasverbruikcapaciteit van de WKK?
6. Waarom wordt de ketel gebruikt voor de CO₂ - dosering?
7. Wanneer is er sprake van een onbalans?
8. Noem 3 situaties waarin de ingekochte stroom goedkoop is.
9. Noem 3 situaties waarin de verkochte stroom duur is.
10. Hoeveel CO₂ (kg/uur) wordt door de ketel bij vol vermogen geproduceerd?
11. Bereken de winst of het minimale verlies van in - en/of verkoop van stroom op de zelf gekozen recente datum.



1.14 Certificeringen

1.14.1 Certificaten

VCA (Veiligheids Checklist Aannemers)**

Het VCA** certificaat van Lloyd's Register Quality Insurance geeft aan dat een bedrijf een erkend veiligheidsmanagementsysteem heeft dat gericht is op de directe veiligheidsbeheersing van de activiteiten op de werkvloer en de veiligheidsstructuren binnen het bedrijf.

Het veiligheidsmanagementsysteem is van toepassing op het ontwikkelen, produceren, installeren, beheeren en onderhouden van complete elektrotechnische installaties (licht, kracht, zwakstroom, regeltechniek, proces-, meet- en regelinstallaties, gebouwen, automatisering, telematica en beveiligingsinstallaties) ten behoeve van Industrie, Regeltechniek AC, Utiliteit, Verkerk Service Systemen, Verkerk Inspectie en Verkerk Beheer & Onderhoud

Het NEN-EN-ISO 9001:2008 certificaat van Lloyd's Register Quality Insurance geeft aan dat de Verkerk Groep een erkend algemeen kwaliteitsmanagementsysteem heeft dat duidelijk en efficiënt gericht is op het intern en extern verbeteren van de organisatie en het verhogen van de concurrentiekracht van de organisatie.

Het kwaliteitsmanagementsysteem is van toepassing op het ontwikkelen, produceren, installeren en onderhouden van complete elektrotechnische installaties (licht, kracht, zwakstroom, regeltechniek, proces meet- en regelinstallaties, gebouwen en automatisering) met bijbehorende panelen ten behoeve van Utiliteit, Industrie en Regeltechniek AC, alsmede het ontwerpen, projecteren, assembleren, aansluiten, in bedrijfstellen en onderhouden van Verkerk Service Systemen (oproep-/communicatie, sociale alarmering, professioneel geluid, personen-zoek-installatie en Beveiliging & Telematica) voor de ouderen- en gezondheidszorg.

OHSAS 18001 is de wereldwijd geaccepteerde norm met eisen voor een arbomanagementsysteem. De gezondheid en veiligheid van medewerkers wordt beïnvloed door onder meer fysieke belasting, fysieke omstandigheden en machineveiligheid. Met een arbomanagementsysteem worden gevaren en risico's geïdentificeerd en geëvalueerd om deze vervolgens te verminderen.

Er zijn wereldwijd een groot aantal OHSAS certificaten uitgegeven. In Nederland beschikken meer dan 300 organisaties over het OHSAS 18001 certificaat.

Via de website www.sccm.nl kunt u nagaan welke organisaties gecertificeerd zijn.

Belangrijke onderwerpen van OHSAS 18001 zijn voor elke organisatie:

- Arboveiligheidsbeleid
- Het voldoen aan geldende wet- en regelgeving
- Beheersing van arbo risico's en bewustwording
- Continu verbeteren van de arbeidsomstandigheden
- Gecombineerde aanpak OHSAS 18001 - De structuur van de OHSAS 18001 norm is identiek aan die van ISO 9001.

RapidISO®

RapidISO® is een methode waarbij QSN zoveel mogelijk werk uit handen neemt voor de klant. Het is een



gerichte MKB-aanpak die, met een korte doorlooptijd, door veel organisaties als slim alternatief wordt gezien.

Onze aanpak

Onze aanpak is snel en eenvoudig. In een beperkt aantal stappen wordt het programma doorlopen om te komen tot een managementsysteem in de organisatie. Bij bedrijven met maximaal 50 medewerkers, 1 locatie en processen met een beperkte complexiteit duurt dit maximaal 10 dagen.

Blue Book

Na de intake zorgen wij ervoor dat de vereiste documenten in een korte tijd overzichtelijk wordt vastgelegd om vervolgens over te gaan tot de implementatie. Daardoor gaat de organisatie direct met verbeteringen aan de slag. Het voordeel hiervan is dat de organisatie niet te lang stilstaat bij het beschrijven, maar het systeem direct in de praktijk brengt. Na twee maanden zullen wij gezamenlijk de werking van het systeem evalueren door middel van een proefaudit en het schrijven van een kwaliteitsjaarverslag. Ook wordt de voortgang van het actieplan besproken en de werking van de proces indicatoren. De uitkomsten worden verwoord in een herzien actieplan en certificatie kan vervolgens plaatsvinden.

Door de snelheid van werken is de investering in externe advieskosten aanzienlijk lager dan bij traditionele projecten. Daarnaast betekent RapidISO®:

- Een praktische vertaalslag van de norm in een duidelijke meerwaarde voor uw organisatie;
- Een praktische vorm van documenteren, waarbij zo min mogelijk papier wordt nagestreefd;
- Een doorlooptijd van maximaal 4 maanden inclusief succesvolle certificatie.
- Wij informeren u graag over onze tarieven. We hanteren daarbij een vaste prijs voor bedrijven tot maximaal 50 medewerkers, 1 locatie en processen met een beperkte complexiteit.

EasyISO®

EasyISO is een onderhoudscontract, dat in kan gaan na certificatie. QSN levert in dat geval een tijdelijke kwaliteitsfunctionaris die periodiek rapporteert over kwaliteitszaken. Daardoor blijft u optimaal geïnformeerd en langdurig gecertificeerd.

KOMO Instal / BRL 6000

Het KOMO Instal procescertificaat geeft aan dat een bedrijf werkt volgens de wettelijke voorschriften (BRL 6000) en dat de opgeleverde installaties daarom voldoen aan het Bouwbesluit. De Nationale Beoordelingsrichtlijn (BRL) 6000 heeft betrekking op gas-, water- en elektriciteitsinstallaties en stelt eisen aan de installatie, het proces, het installatiebedrijf en de interne en externe kwaliteitsbewaking. De Verkerk Groep heeft een procescertificaat voor deelgebieden 01, 02 en 03, waarmee installaties van individuele woningen, installaties met een afgezekerde stroomsterkte van ten hoogste 3 x 80 A en installaties met een hogere afgezekerde stroomsterkte dan 3 x 80 A mogen worden aangelegd.

Certificaat van Toezicht (EVK)

Een bedrijf voldoet aan de criteria van Toezicht en is daarom als EVK-installateur (Elektrotechnisch VeiligheidsKeur) erkend om elektrotechnische veiligheidsinspecties uit te voeren. Deze inspecties worden periodiek uitgevoerd om de veiligheid van elektrotechnische installaties en elektrische arbeidsmiddelen vast te stellen.



Branddetectie

Een bedrijf is een NCP-erkend Branddetectiebedrijf conform de Regeling Brandmeldinstallaties 2002, zoals bepaald door het Nationaal Centrum voor Preventie (NCP). Het bedrijf is verplicht de voorgestelde maatregelen uit te voeren volgens de hiervoor geldende normen en voorschriften met betrekking tot het schrijven van een Programma van Eisen (PvE) en het zelfstandig projecteren, installeren, in bedrijf stellen en onderhouden van brandmeldinstallaties in allerlei soorten projecten.

Installatie Brandmeldinstallaties

Omdat een bedrijf erkend Branddetectiebedrijf is (zie boven), is het bedrijf automatisch NCP-erkend Installatiebedrijf Brandmeldinstallaties conform de NCP Regeling Brandmeldinstallaties 2002. Het bedrijf is verplicht de voorgestelde maatregelen uit te voeren volgens de hiervoor geldende normen en voorschriften met betrekking tot het installeren van brandmeldinstallaties in allerlei soorten projecten.

Opsteller Programma van Eisen Brandmeldinstallaties

Een bedrijf is een NCP-erkend Opsteller Programma van Eisen conform de Regeling Brandmeldinstallaties 2002, zoals bepaald door het Nationaal Centrum voor Preventie (NCP). Het bedrijf is verplicht de voorgestelde maatregelen uit te voeren volgens de hiervoor geldende normen en voorschriften met betrekking tot het opstellen van een Programma van Eisen (PvE).

BORG beveiligingsbedrijf

Een bedrijf is een technisch beveiligingsbedrijf conform de Regeling BORG Beveiligingsbedrijf, zoals bepaald door het Nationaal Centrum voor Preventie. Het bedrijf is verplicht de voorgestelde maatregelen uit te voeren volgens de hiervoor geldende normen en voorschriften met betrekking tot het maken van een beveiligingsplan en het installeren en onderhouden van alarmapparatuur die deel uitmaakt van een beveiligingssysteem.

Veilig Thuis Keur

Een bedrijf is erkend Keurmeester voor Veilig Thuis Keur, het keurmerk voor de periodieke inspectie van technische installaties en technische voorzieningen in woningen. De Verkerk Groep is bevoegd om installaties in woningen te inspecteren volgens het minimaal aanvaardbare veiligheidsniveau dat aangegeven is in De Nederlands Technische Afspraak (NTA) 8025.

RECAI

Een bedrijf is een RECAI-erkend installateur en als zodanig bevoegd om volgens de hiervoor geldende normen en eisen Centrale Antenne Installaties (CAI) te ontwerpen, projecteren, tekenen, installeren, monteren, inregelen en te onderhouden.

Kenteq leerbedrijf

Een bedrijf is in het kader van de Wet Educatie en Beroepsonderwijs (WEB) erkend als leerbedrijf en mag volgens deze wet beroepspraktijkvorming op elektrotechnisch vakgebied verzorgen voor het middelbaar beroepsonderwijs (MBO).

Excellent Opleidingsbedrijf

Een bedrijf heeft een Kenteq certificaat 'Excellent Opleidingsbedrijf', als dit bedrijf is gespitst op bedrijfsbeleid op het terrein van ontwikkelen en opleiden van medewerkers, facilitering van opleidings- en ontwikkelingstrajecten en betrokkenheid en actieve deelname aan de onderwijsomgeving.



ECABO leerbedrijf

Een bedrijf is in het kader van de Wet Educatie en Beroepsonderwijs (WEB) erkend als leerbedrijf en mag volgens deze wet beroepspraktijkvorming op het gebied van economie/administratie, ICT en veiligheid verzorgen voor het middelbaar beroepsonderwijs (MBO).

1.14.2 Product gerelateerde certificaten

Millennium kabelsysteem

Een bedrijf is een erkend installateur van het MillenniumM kabelsysteem van Brand-Rex. Brand-Rex geeft namens de Verkerk Groep certificaten af voor diverse UTP, FTP en S-FTP twisted pair bekabelingen, glasvezelback-bone systemen en glasvezel bekabeling. De Verkerk Groep voldoet aan de nauwkeurig geformuleerde eisen en voorwaarden, onder andere met betrekking tot kennisniveau, opleidingen en outillage.

Profibus veldbus installatie

Met het certificaat voor Profibus Engineer is een bedrijf erkend om zelfstandig een nieuwe Profibus installatie te ontwerpen en te installeren of een bestaande installatie te onderhouden. Deze veldbus oplossingen worden vooral gebruikt bij automatiseringsprojecten.

PAVICOM

PAVICOM is een samengesteld stroomverdeelstelsel dat jaarlijks door KEMA-Keur gecertificeerd wordt. Het systeem heeft een maximale aansluitwaarde van 1000 A en wordt door de Verkerk Groep toegepast in regel- en besturingspanelen.

KEMA-Keur is verkregen door een systematische engineering aanpak en de juiste wijze van montage en beproeving.

Laagspanningsverdeelstelsels

Een bedrijf is een gecertificeerd paneelbouwpartner voor ABB, Eaton Holec en Hager verdelers. De certificaten zijn van toepassing op verschillende systemen tot een maximale aansluitwaarde van 1600 A.

FirePro® aerosol brandblussystemen

Een bedrijf is erkend voor het installeren van FirePro® aerosol brandblussystemen van FireVision.

1.14.3 Opdracht

Benoem alle benodigde, verkregen en gewenste certificaten, van belang voor jouw (stage)bedrijf. Beschrijf kort en bondig de doelstelling van elk certificaat met bijbehorende verplichte registratie en documentatie.

Kwaliteit: doel en middelen

De voorbije decennia heeft de voedingsindustrie zware inspanningen geleverd om de voedselveiligheid zo goed mogelijk te garanderen. Daarbij werden allerlei controlesystemen ingezet, die echter vaak alleen maar op het eindproduct gericht waren. Deze traditionele systemen bleken daardoor onvoldoende om de nodige waarborgen te leveren. Vandaar dat moderne controlesystemen alle grond- en eindstoffen en het hele productieproces beschouwen. Als dit systematisch gecontroleerd en geregistreerd wordt is sprake van een kwaliteitssysteem. Als hierbij ook gelet wordt op de veiligheid van het product voor de eindgebruiker is sprake van een voedselveiligheidssysteem.

Daarbij heeft zich een internationale consensus gevormd rond de principes van het Hazard Analysis Critical Control Points-systeem (HACCP) als beheerssysteem dat het mogelijk maakt de veiligheid en de hygiëne van



de levensmiddelen te waarborgen. Dit concept is in principe een wettelijke verplichting geworden op zowel Europees niveau als op nationaal niveau. Deze algemene kwaliteitsrichtlijnen worden door verschillende branches of bedrijfskolommen als basismodel gebruikt om invulling te geven aan branche specifieke kwaliteitssystemen, zoals Global-GAP, GMP, IKB en Hygiëncodes.

Een bedrijf dat een kwaliteitssystem heeft, heeft een beschrijving van de intern gehanteerde taken, bevoegdheden, verantwoordelijkheden, procedures, werkinstructies en registraties. Een certificeerder beoordeelt de opzet en uitwerking van het systeem. Deze controles kunnen resulteren in een certificaat. Het betreffende certificaat kan betrekking hebben op het systeem dat de bedrijven gebruiken om de kwaliteit te garanderen ofwel op de producten of op een combinatie van beide.

In Nederland is de HACCP-certificatie het bekendst omdat certificerende instanties in samenwerking met de overheid een systeem hebben opgezet waarbij een HACCP-systeem getoetst kan worden en gecertificeerd. Daarnaast zijn door verschillende sectoren handboeken, zoals hygiëncodes, opgesteld om vooral kleinere bedrijven te helpen bij het werken aan voedselveiligheid. Elk kwaliteitssystem is een middel om een betere voedselveiligheid na te streven.

Naast kwaliteitssystemen om de voedselveiligheid te waarborgen zijn er ook systemen die andere kwaliteitskeurmerken opleveren, zoals milieukeur, biologische landbouw. Deze keurmerken bieden de producent een mogelijkheid om zich te onderscheiden.

De overheid zegt duidelijk dat de producent verantwoordelijk is voor de veiligheid van zijn producten. Tegelijkertijd is het de overheid die bepaalt wat veilig is, doordat zij de regels bepaalt en de grenzen vastlegt. De meeste regels waaraan een producent zich moet houden komen uit Brussel, van de Europese Commissie.

Meer informatie over keurmerken vindt u in het dossier Keurmerken.

Wat is een (kwaliteits)zorgsysteem?

In een (kwaliteits)zorgsysteem worden alle belangrijke basisafspraken over bedrijfsvoering en kernprocessen vastgelegd. Het opzetten van een zorgsysteem voldoet aan interne eisen zodat het prettig werkbaar is en tevens aan externe eisen zodat het door een onafhankelijke instantie certificeerbaar is. Als het systeem wordt goedgekeurd, verkrijgt de organisatie een certificaat of erkenning. Daardoor tonen zij bij derden aan dat men te maken heeft met een bedrijf dat zijn 'zaakjes' goed heeft geregeld. Belangrijker is nog het 'grote schoonmaak' effect. De interne organisatie wordt van a tot z doorgelicht, zodat alles en iedereen weer op scherp staat. Door het opzetten van een zorgsysteem kun je het productieproces beheersen.

Waarom kiezen voor een kwaliteitssystem?

Er ontstaat helderheid en duidelijkheid voor iedereen die in de organisatie werkt. Iedereen weet waar hij aan toe is en de basisstructuur van alle werkzaamheden in het bedrijf zijn overzichtelijk vastgelegd. Knelpunten komen aan het licht en worden waar mogelijk opgelost. Dit levert vaak forse besparingen op. Bovendien verbetert de werksfeer, omdat er minder misgaat. Dit leidt tot minder ergernis bij collega's en klanten. Bij certificering kan onafhankelijk worden aangetoond dat het bedrijf voldoet aan de gestelde normen.

Een tweede reden kan zijn dat de klant kan vragen dat het tuinbouwbedrijf een zorgsysteem voert. Grootwinkelbedrijven als Albert Heijn en Super de Boer werken zelf met zorgsystemen en verlangen van hun klanten dat ze aan bepaalde eisen voldoen.



Tot slot is het voeren van sommige registratie en zorgsystemen verplicht vanuit de overheid. Op fytosanitair gebied stelt de overheid bijvoorbeeld eisen om bepaalde ziekten en plagen te voorkomen. Daar moet je als tuinder aan voldoen, want anders kan je het product dat je teelt niet afzetten.

4 soorten zorgsystemen

- Er zijn een aantal zorggebieden waaraan een bedrijf kan/moet voldoen:
- Een systeem voor productkwaliteit
- Een systeem voor voedselveiligheid
- Een systeem voor de veiligheid, de gezondheid en het welzijn van het personeel (Arbo)
- Een systeem voor de bescherming van het milieu.

Deze vier zorggebieden worden veelvuldig geïntegreerd in het KAM-zorgsysteem (Kwaliteits-, Arbeids- en Milieuzorg).

Traceerbaarheid

Een belangrijk onderdeel van een kwaliteitsborgingsysteem is de traceerbaarheid. Als onderdeel van het kwaliteitsborgingprogramma worden efficiënte procedures uitgewerkt, die de voedingsproducten (en hun ingrediënten) ingeval van een incident zowel stroomopwaarts als stroomafwaarts kunnen traceren.

De principes voor ketentracing in de agrovoedingsketen kunnen als volgt worden samengevat:

- Elke schakel in de agrovoedingsketen (toelevering aan landbouwbedrijven, landbouwbedrijven, voedingsindustrie, distributie, handel) moet beschikken over een Identificatie en Registratiesysteem dat tracing mogelijk maakt.
- De eerste schakel in de voedingsindustrie registreert een aantal parameters betreffende de landbouwproducent en het primaire product en houdt die bij.
- Elke schakel moet de nodige informatie bijhouden en desgevraagd door te geven aan de volgende operator.
- Elke schakel identificeert en registreert inkomende partijen.
- Elke schakel moet zich vergewissen dat de voorgaande schakel functioneert conform de gestelde principes.
- Elke schakel registreert voor elk productiepartij de inkomende partijen waaruit het samengesteld is. Indien wordt aangetoond dat deze registratie onmogelijk of nutteloos is, worden in het kader van autocontrolesystemen (ISO, HACCP) bijkomende maatregelen van risicobeheer genomen en wordt dit meegedeeld aan de afnemers.

Het bijhouden en desgevallend doorgeven van de nodige informatie voor traceerbaarheid berust bij elk individueel bedrijf. Het systeem kan slechts operationeel zijn indien elke schakel en elke operator in de keten deze verplichting ook effectief naleeft. Het is daarom noodzakelijk dat dit aantoonbaar gemaakt wordt bij elke operator en dat op het identificatie en registratiesysteem periodiek en extern toezicht uitgeoefend worden.

Kwaliteitssystemen

Met een kwaliteitszorgsysteem worden afspraken over de manier van werken vastgelegd. Hiervoor bestaan verschillende systemen. Een kwaliteitsmanagementsysteem, volgens ISO-9000, is er om op structurele wijze



invulling te geven aan kwaliteitszorg, waaronder voedselveiligheid. Een HACCP-systeem richt zich specifiek op de gevaren bij productie, terwijl andere kwaliteitssystemen (BRC, Global-Gap, enz.) verder kijken.

Meer informatie:

- Argumenten voor kwaliteitszorg
- De valkuilen van kwaliteitszorg
- Kosten en baten van kwaliteitszorg
- Algemene opzet van een kwaliteitssysteem
- De onderstaande systemen worden in de voedselketen gebruikt.
- HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point System)

Artikel 30 van de Warenwetregeling Hygiëne van Levensmiddelen (WHI) verplicht elk bedrijf dat levensmiddelen bereidt, verwerkt, behandelt, verpakt, vervoert, distribueert of verhandelt om zijn werkwijze zodanig in te richten dat zij op een systematische manier de veiligheid van hun producten waarborgen. Dit houdt in dat ze verplicht zijn een bewakingssysteem te hebben waarmee hun hele proces gecontroleerd wordt.

Dit bewakingssysteem, ofwel voedselveiligheidssysteem, moet gebaseerd zijn op HACCP, het Hazard Analysis and Critical Control Point System. Bij HACCP-systemen wordt systematisch gezocht naar de kritische (kritieke) punten die van invloed zijn op het eindproduct.

GMP (Good Manufacturing Practices)

Good Manufacturing Practice (GMP) is een productie gerelateerde kwaliteitszorgbenadering. Deze wordt met name toegepast in de voedingsmiddelen-, farmaceutische en gezondheidsmiddelenindustrie. De nadruk ligt hier op hygiëne in de productiefase. De normen stellen veelal concrete eisen aan bedrijfsinrichting en werkwijzen. Er zijn diverse GMP-normen, die worden uitgegeven door verschillende (branche-)organisaties. Deze zijn vooral opgesteld voor producenten in de primaire sector, zoals akkerbouw en de diervoedersector.

Bedrijven in de diervoedersector kunnen echter ook een stapje verder met behulp van de GMP+ regeling van het Productschap Diervoeder (PDV). De GMP+-regeling is van toepassing voor producenten en handelaren van mengvoeders, enkelvoudige diervoeders, vochtrijke voedermiddelen, voormengsels en diervoedergrondstoffen. De basis van de GMP+ regeling wordt gevormd door EN-ISO 9001, ISO 22000 en de HACCP principes. Dankzij deze regeling kunnen bedrijven aantoonbaar waarborgen dat diervoeders en ingrediënten voor diervoeders voldoen aan de wettelijke voorschriften en aan een aantal bovenwettelijke eisen, overeengekomen met ketenpartijen.

GFSI (Global Food Safety Initiative)

Het Global Food Safety Initiative (GFSI) is een initiatief van de internationale retail om standaarden te maken voor voedselveiligheid. Bij het GFSI kan erkenning van (nationale) certificeringsschema's worden aangevraagd. Een erkenning van GFSI betekent wereldwijde acceptatie en daarmee draagvlak voor het certificeringsschema ('Certified once, accepted everywhere.').

Ook is er een waarschuwingssysteem ontwikkeld wat alle betrokken partijen in de voedselketen en de overheid direct op de hoogte stelt van ongewenste situaties waarop terstond kan worden gereageerd.



ISO 9000 / 22000

ISO 9000 is de internationale paraplu van standaarden voor kwaliteitszorg en kwaliteitsborging in industriële- en dienstverlenende organisaties. ISO staat voor: 'International Organisation for Standardisation' en is samengesteld uit afgevaardigden van overheden en bedrijven over de gehele wereld. ISO 9000 is niet specifiek ontwikkeld voor de voedingssector. ISO 22000 daarentegen wèl.

De internationale normen van de ISO 9000 familie beschrijven welke elementen deel zouden moeten uitmaken van kwaliteitssystemen, maar niet hoe een specifieke organisatie deze elementen kan implementeren. Een organisatie dient zelf de vertaalslag van de standaard naar zijn organisatie te maken, omdat iedere organisatie uniek is. De ISO 9000 normen worden om de paar jaar herzien. De laatste versie dateert van oktober 2005.

Voor levensmiddelenbedrijven kennen ISO 9000 en HACCP veel overlappingen. Veelal kan gesteld worden dat een goed HACCP-systeem voor deze bedrijven tevens voor ca. 80% voldoet aan de ISO 9000-normen. Andersom geldt hetzelfde: een goed ISO 9000 kwaliteitszorgsysteem voldoet bij deze bedrijven veelal voor ca. 80% aan de HACCP-normen.

ISO heeft een nieuwe ISO norm ontwikkeld (ISO 22000) voor voedselveiligheidssystemen op basis van HACCP. Deze nieuwe norm, die in september 2005 gepubliceerd is, stelt eisen aan een managementsysteem voor voedselveiligheid gericht op alle schakels in de voedselketen. ISO 22000 combineert 'the best of both worlds': concrete voedselveiligheid condities, gebaseerd op de basishygiënevoorwaarden en de HACCP-standaard van de Codex Alimentarius, en een effectief management van de beheersmaatregelen op basis van de kwaliteitsmanagementstandaard ISO 9001. De norm is ketengericht en van toepassing op bedrijven in de agrofoodsector, variërend van primaire productie tot retail, en de toeleverende bedrijven zoals de verpakkings- en de reinigingsmiddelenindustrie.

Meer informatie:

- Home - International Organisation for Standardisation (ISO)
- ISO 22000 - NEN
- ISO 22002 - NEN
- ISO 9000, de basisprincipes – ISO

BRC (British Retail Consortium)

In het British Retail Consortium zijn de grote Britse supermarkten (o.a. Tesco, Safeway, Somerfield, Sainsbury) verenigd. Samen hebben zij de eisen die gesteld aan leveranciers van levensmiddelen worden verwerkt in een schema; de BRC-Food standard. Hiermee kan een leverancier met een certificaat aan de eisen van verschillende afnemers voldoen en de stroom auditoren beperken. In deze standaard zijn belangrijke elementen uit ISO-9000 ten behoeve van kwaliteitsmanagement en voedselveiligheid opgenomen. Het omvat naast een HACCP-plan ook eisen aan management en informatievoorziening. De BRC code is onlangs herzien en goedgekeurd door het GFSI.

In Nederland heeft het Centraal Bureau Levensmiddelen (CBL) de CBL-BRC-code ontwikkeld.

Global-GAP

Om aan de wensen en eisen van de consument naar meer voedselveiligheid van land- en tuinbouwproducten tegemoet te komen, hebben een 26-tal Europese supermarktorganisaties in 1997 het



initiatief genomen om de voorwaarden die zij naar hun leveranciers van verse producten toe hanteren, op elkaar af te stemmen. Deze supermarktketens, samenwerkend in Eurep (Euro Retailer Produce), hebben in 1999 voorschriften opgesteld waaraan telers van primaire producten, zoals fruit, groenten, aardappelen en snijbloemen en producenten van uitgangsmateriaal zich zouden moeten houden. De voorschriften stonden destijds bekend als de Eurep-Gap normen. In 2007 is de naam veranderd in Global-GAP. GAP staat voor Good Agricultural Practice. Naast voedselveiligheid besteedt Global-GAP ook aandacht aan dierenwelzijn, milieu, natuur en arbo-omstandigheden.

Op dit moment zijn er Global-Gap protocollen voor diverse agrarische sectoren; telers van groente en fruit, consumptieaardappelen en bloemen. Voor de dierlijke sectoren bestaan concept protocollen.

QS (Qualität und Sicherheit)

QS staat voor Qualität und Sicherheit für Lebensmittel vom Erzeuger bis zum Verbraucher. Het QS-systeem is na de BSE-affaire door de Duitse levensmiddelenindustrie opgezet als tegenhanger van Global-GAP. Het is in eerste instantie een certificeringssysteem voor vlees en vleeswaren, opgezet om de consument kwaliteit en zekerheid te verschaffen over de herkomst van het vlees. Enkele Duitse grootwinkelbedrijven hebben het QS-systeem begin 2004 doorgetrokken naar groente en fruit.

Voor de vleessector eist het QS-systeem kwaliteitscontrole over de hele keten, van geboorte tot slacht en verwerking. Traceerbaarheid van de grondstoffen en transparantie van productie zijn belangrijke bouwstenen. Onderdeel is ook de bescherming van het dier. De regels gelden voor Duitse en voor geïmporteerde producten.

Voor de groente- en fruitsector eist het QS-systeem kwaliteitscontrole over de hele keten. Het systeem is in grote lijnen te vergelijken met het in Nederland meer bekende Global-GAP. Verschil is dat QS meer concrete voorschriften en aanbevelingen bevat en dat de voorschriften voor gasbescherming en bemesting beter aansluiten bij de Noord-Europese dan de Zuid-Europese situatie. Dat laatste opent goede perspectieven voor de Nederlandse groente- en fruitsector.

Hygiëncodes

Het opstellen van HACCP procedures vereist specifieke kennis en de nodige tijd. Vooral voor de wat kleinere ondernemingen is daarom artikel 31 van de Warenwetregeling Hygiëne van levensmiddelen in het leven geroepen. Dit artikel biedt ondernemers de mogelijkheid tot het geven van invulling aan artikel 30 door middel van zogeheten Hygiëncodes.

Op basis van een gemiddeld bedrijf wordt centraal door de branche- en sectororganisaties geïnventariseerd welke risico's voorkomen. Op basis van deze informatie wordt een hygiëncode opgesteld. Met een hygiëncode kan een bedrijf op een eenvoudige wijze aan de eisen van de wetgever voldoen. Op internet zijn een aantal hygiëncodes beschikbaar.

SQF (Safe Quality Food)

Safe Quality Food (SQF) is opgezet in Australië. Eén van de doelen van dit systeem is ketenbeheersing, het is dan ook toepasbaar in andere delen van de keten, zoals dierproductie. Ook diergezondheid en technische aspecten kunnen worden opgenomen in het systeem. Hierdoor lijkt het systeem vooral mogelijkheden te bieden als de meerdere ketenspelers meedoen.

SQF is gebaseerd op HACCP voor de voedselveiligheid en een kwaliteitsmanagementsysteem om te voldoen aan alle eisen van de voedingssector. Er is een SQF 1000CM Code voor primaire productie en de SQF



2000CM Code gericht op de levensmiddelenindustrie, beide systemen sturen voedselveiligheid en productkwaliteit, en stimuleren continue verbeteringsstrategiën.

Het systeem is zeer compleet en SQF gecertificeerde bedrijven halen meestal ook probleemloos andere certificaten.

IKB (Integrale Keten Beheersing)

Het Nederlandse bedrijfsleven in de veehouderij heeft IKB-systemen ontwikkeld om garanties te kunnen geven over de kwaliteit, herkomst en manier van produceren. IKB-producten komen van bedrijven en slachterijen waar (onafhankelijke) controle is op veevoer, medicijngebruik, groeibevorderaars, hygiëne en transport. Iedereen in de productieketen, van de veehouder tot de slager kan vrijwillig deelnemen. Pluspunten van IKB zijn de extra garanties voor de consument, de versterking van de concurrentiepositie van deelnemende bedrijven en de verbetering van het imago van de bedrijfstak.

De Productschappen Vee, Vlees en Eieren (PVE) coördineren de IKB-activiteiten, stellen de regelingen op en beheren de regelingen voor varkens, scharrelvarkens, runderen, vleeskalveren, eieren, kippen, kalkoenen. Binnenkort komt er ook een regeling voor vleeskonijnen.

Certificering

Al deze kwaliteitssystemen zouden niets voorstellen wanneer zij niet controleerbaar zouden zijn. Een certificeerder beoordeelt de opzet en uitwerking van het kwaliteitssysteem en kan het keurmerk wat bij dat kwaliteitssysteem hoort toekennen. De certificaten worden afgegeven door instanties, zogenaamde certificerende instellingen, die een accreditatie (toelating) hiervoor hebben gekregen van de Raad voor Accreditatie.

De bedrijfsinspectie bestaat uit 2 delen: een initiële inspectie en een her inspectie. Een inspectie bestaat uit een bedrijfsinspectie en beoordeling. Indien er tijdens deze inspectie afwijkingen worden geconstateerd, worden deze door de inspecteur in verschillende niveau's/gradaties met elk hun eigen consequenties ingedeeld. De volgende niveau's/gradaties van afwijkingen kunnen worden onderscheiden:

- Critical: kritische afwijking ten aanzien van de voedselveiligheid en/of wettelijke eisen; geen goedkeuring;
- Major: relevante afwijking ten aanzien van een eis van de standaard; goedkeuring is afhankelijk van de ernst en aantal;
- Minor: kleine afwijking ten aanzien van een eis van de standaard; goedkeuring afhankelijk van ernst en aantal;
- Recommendation: afwijking ten aanzien van de aanbevelingen; goedkeuring.

In de volgende internetsite ga je meer te weten komen over enkele bekende zorgsystemen in de glastuinbouw. <http://glastuinbouw.agriholland.nl/certificering4/>

1.14.4 Opdracht

Benoem alle benodigde, verkregen en gewenste certificaten, van belang voor jouw (stage)glastuinbouwbedrijf. Beschrijf kort en bondig de doelstelling van elk certificaat met bijbehorende verplichte registratie en documentatie. In de volgende internetsite ga je meer te weten komen over enkele bekende zorgsystemen in de glastuinbouw.



1.15 Windenergie



Fig. 64 Windmolen

Windenergie, de feiten

Bij NWEA is een nieuwe flyer met feiten over windenergie verschenen om te gebruiken tijdens informatieavonden voor burgers en volksvertegenwoordigers. In de flyer 'Windenergie, de feiten' wordt onder meer ingegaan op:

- De opbrengst in kWh van windturbines
- De kostprijs van windenergie
- De milieuwinst
- De ruimte op het elektriciteitsnet
- Het aandeel windenergie nu en in de toekomst in het totale elektriciteitsverbruik.

'Windenergie, de feiten' is de opvolger van de flyer 'Feiten die pleiten voor windenergie'.



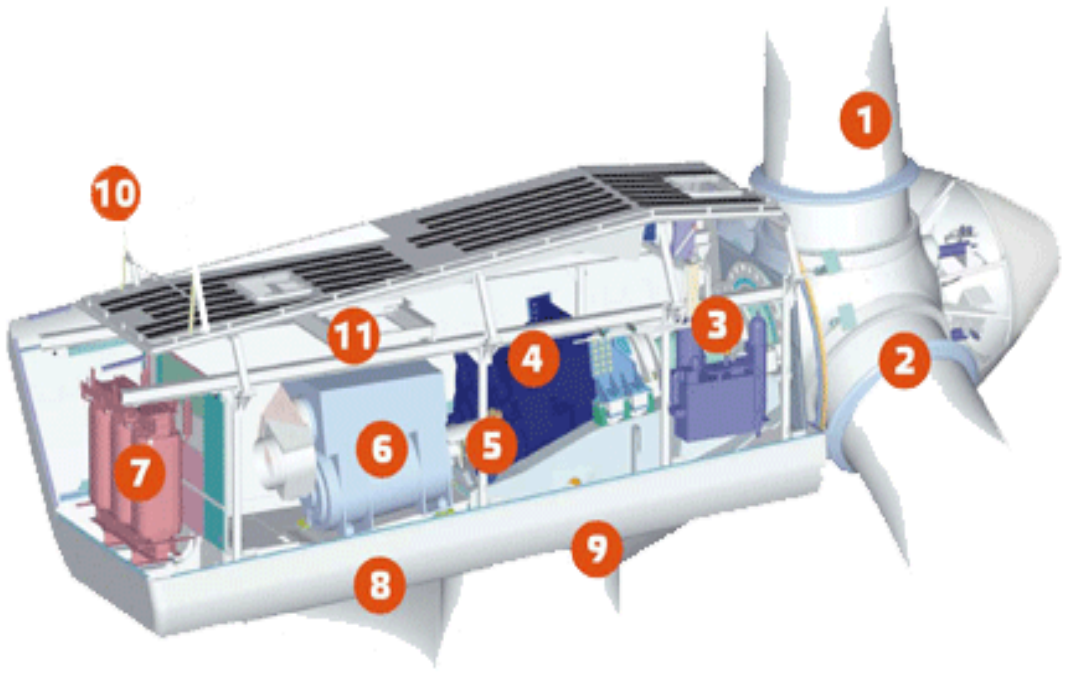
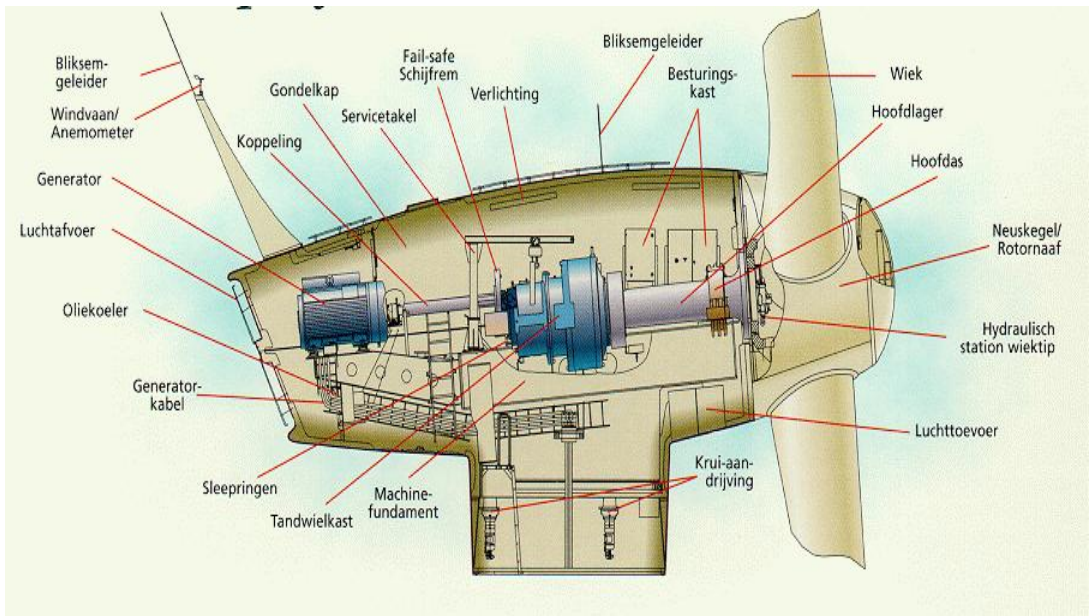


Fig. 65

Opdracht: Benoem de onderdelen 1 t/m 11.



Het gebruik van fossiele energiebronnen heeft nadelige effecten op het leefmilieu: denk aan klimaatverandering, luchtverontreiniging, zure regen en olierampen. Windenergie heeft deze nadelen niet. De brandstoffen voor onze energievoorziening komen voor een groot deel uit politiek instabiele regio's. Dat geldt niet voor windenergie. Windenergie maakt ons minder afhankelijk van politieke conflicten elders.

Windenergie, bewezen en betrouwbaar

Windenergie is een bewezen en betrouwbare techniek. Windenergie levert nu al 4,5 procent van onze elektriciteit en dat kan in de toekomst tot 50 procent groeien. We zijn op de goede weg. Eind 2009 stonden er in Nederland ongeveer 2.000 windturbines met een gezamenlijk vermogen van 2.221 MW. Deze leveren gemiddeld 5,2 miljard kWh per jaar. Dat is net zoveel als het verbruik van ruim 1,5 miljoen huishoudens: meer dan alle huishoudens van Rotterdam en Amsterdam samen, oftewel twintig procent van alle Nederlandse huishoudens (bron: WSH en CBS).

Grote windmolens, hoge opbrengst

Een moderne windturbine heeft een vermogen van twee tot drie Megawatt (2.000 tot 3.000 kW) of zelfs meer en heeft een mast van 80 tot 100 meter. Een drie MW windturbine produceert op land ruim 6,5 miljoen kWh, dat is genoeg stroom voor bijna 2.000 huishoudens. De komende jaren worden zelfs windturbines van vijf MW of meer toegepast. In België zijn de eerste van zeven MW inmiddels gebouwd. De prijs van windstroom is door schaalvergroting en technische verbeteringen sterk gedaald en zal daardoor ook in de toekomst verder afnemen.

Volgens nationale doelstellingen moet in 2015 in Nederland op land 4.000 MW windenergie gerealiseerd zijn (vergund in 2012) en 950 MW extra op zee. In 2020 moet dit verder uitgegroeid zijn naar 6.000 MW op land en 6.000 MW windenergie op zee. Die turbines zijn onder andere nodig om aan Europese doelstelling voor duurzame energie te voldoen. In totaal zullen deze windturbines ruim 30 miljard kWh per jaar opwekken; bijna een derde van ons totale elektriciteitsverbruik (huishoudens, industrie, etc.). Daarna zal windenergie vooral op zee nog verder groeien, tot 20.000 MW in 2050. Windenergie is dan goed voor 40 tot 50 procent van de totale Nederlandse elektriciteitsbehoefte.

	Wind op land (MW)	Wind op zee (MW)	Totaal (MW)	Aandeel van totale elektriciteitsverbruik
Eind 2009	1.993 MW	228 MW	2.221 MW	4,5 %
Doel 2015	4.000 MW	1.178 MW	5.178 MW	10,5 %
Doel 2020	6.000 MW	6.000 MW	12.000 MW	30 %
Doel 2050	-	20.000 MW	26.000 MW	40-50 %

Fig. 66

In 2009 groeide het vermogen van windenergie in de EU met bijna veertig procent; sneller dan iedere andere vorm van elektriciteitsopwekking. In de EU stond eind 2009 een vermogen van bijna 75.000 MW opgesteld. Wereldwijd was dat 158.000 MW (bron: EWEA).

Milieuwinst

Eén windturbine van drie MW in Nederland voorkomt de uitstoot van bijna 4.000 ton CO₂. Dit is te vergelijken met de CO₂-uitstoot van 1.000 personenauto's die ieder 25.000 kilometers per jaar rijden (bron: EnergieNed). De hoeveelheid energie die nodig is om een windturbine te fabriceren, te plaatsen, te



onderhouden en na twintig jaar te verwijderen (de hele levenscyclus), wordt door een windturbine in drie tot zes maanden uit de wind teruggewonnen (bron: Milieucentraal).

De betrouwbaarheid en voorspelbaarheid van windturbines

Moderne windturbines beginnen stroom op te wekken bij windkracht twee tot drie en leveren vanaf windkracht zes het volle vermogen. De meeste turbines schakelen uit bij extreme weersomstandigheden, bijvoorbeeld als het harder waait dan 25 meter per seconde (windkracht tien). De technische beschikbaarheid van moderne windturbines is zeer hoog, hoger dan 95 procent. Dit betekent dat een windturbine slechts een klein deel van de tijd (twee weken per jaar) niet kan draaien vanwege onderhoud of storing.

Werkgelegenheid en groei

De windenergiebranche groeide de afgelopen tien jaar jaarlijks met 30 procent (Bron: GWEC). In Europa werken ruim 200.000 mensen in de windenergiesector: bij fabrikanten, installatiebedrijven, in het onderhoud en aan de ontwikkeling van nieuwe projecten. Bij de bouw en onderhoud van windparken op zee komt de Nederlandse offshore ervaring goed van pas. Grote bedrijven als Siemens, GDF Suez, Mitsubishi, Total, General Electric en natuurlijk de energiebedrijven investeren veel in windenergie. In Nederland zijn Vestas en Enercon marktleiders voor de levering van windturbines.

WERELDWIJD OPGESTELDE VERMOGEN WINDENERGIE IN MW

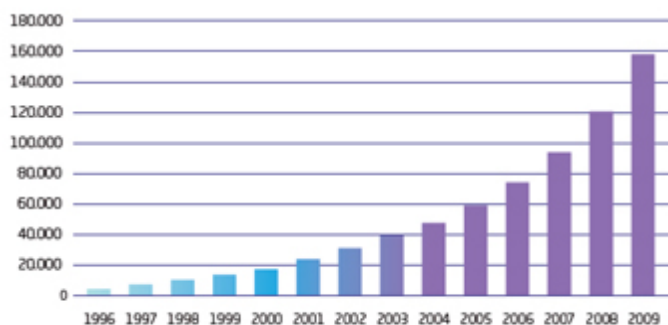


Fig. 67 Grafiek wereldwijd opgestelde vermogen windenergie in MW

Eerlijke vergelijking van de kosten en baten van windenergie

Een rechtstreekse vergelijking van de huidige marktprijs met de kostprijs van windenergie gaat mank. Want niet alle kosten die te maken hebben met de productie van elektriciteit uit fossiele brandstoffen, worden in de marktprijs doorberekend. Deze 'onzichtbare' of externe maatschappelijke kosten van de productie van elektriciteit uit fossiele brandstoffen zijn aanzienlijk. Denk aan luchtverontreiniging, (kern-)afval, klimaatverandering, opwarming van oppervlaktewater, volksgezondheid, calamiteiten van olieverontreiniging op zee en ongelukken in de mijnbouw bij de winning van kolen. Volgens een omvangrijke Europese studie bedragen deze kosten in Nederland voor kolen 3 á 4 ct per kWh en voor gas 1 á 2 ct per kWh (bron: ExterneE, EU).

De burger betaalt voor verborgen kosten

Deze externe kosten worden op dit moment niet meegerekend in de elektriciteitsprijs. Ze komen dus niet via de elektriciteitsrekening bij de burger, maar uiteraard krijgt de burger de rekening wel op een andere manier gepresenteerd: via belastingen, verzekeringen, kosten voor dijkverzwaring, gezondheidszorg en



luchtvervuiling en de gevolgen van olie- en mijnrampen. Windenergie veroorzaakt slechts ca. 0,1 ct per kWh aan externe maatschappelijke kosten. Windenergie is schoon, er is geen uitstoot van CO₂ (klimaat) of fijnstof (gezondheid), er wordt geen afval geproduceerd en er is geen koelwater nodig. Windenergie veroorzaakt slechts 0,1 ct per kWh aan externe maatschappelijke kosten. Als de externe maatschappelijke kosten eerlijk zouden worden toegerekend, blijkt dat windenergie op land nu al concurrerend is ten opzichte van elektriciteit uit gas of kolen.

Voordelen toepassing windenergie

De toepassing van windenergie leidt op verschillende manieren tot maatschappelijke en economische baten, zoals prijszekerheid, werkgelegenheid en het voorkomen van een steeds grotere afhankelijkheid van politiek instabiele regio's. Die afhankelijkheid van olie en gas uit politiek instabiele regio's zal, ondanks de groei van duurzame energie, de komende jaren stijgen van vijftig naar zeventig procent, als gevolg van de afnemende olie- en gasproductie in Europa. Daarnaast blijkt uit Deense, Duitse en Spaanse studies dat een groter aandeel windenergie leidt tot een lagere marktprijs voor elektriciteit. Elektriciteit uit windenergie wordt namelijk altijd op de elektriciteitsbeurzen aangeboden, ongeacht het prijsniveau van de beurs. Uit deze studies blijkt dat het prijsvoordeel voor burger al groter is dan het bedrag dat vanuit de belastingopbrengsten aan subsidies wordt betaald.

Prijsgedoorbraak kosten windenergie

De kosten voor windstroom zijn de afgelopen decennia elk jaar met vijf procent gedaald. Deze trend zal doorzetten. Echter zal elektriciteit opgewekt met fossiele brandstoffen of kernenergie naar ieders verwachting duurder worden. Voor 2020 zullen de kosten van windenergie op land naar verwachting onder of in de buurt van de verwachte marktprijs van elektriciteit komen (bron: ECN). Bij die prijs zijn dan nog niet de vermeden maatschappelijke kosten meegenomen welke gepaard gaan met het verstoken van fossiele brandstoffen.

KOSTPRIJS WINDENERGIE IN EUROCENT PER kWh

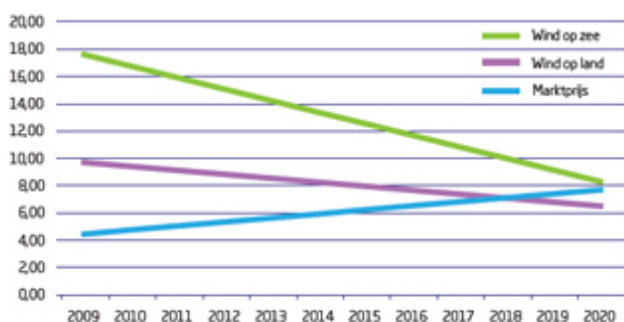


Fig. 68 Grafiek kostprijs windenergie in eurocent per kWh

Windenergie van de Noordzee

In Nederland zijn twee offshore windparken in gebruik, één voor de kust van Egmond en één verder uit de kust ter hoogte van IJmuiden. In Denemarken, Zweden, Ierland en het Verenigd Koninkrijk zijn al diverse offshore windparken operationeel. Innovatie en schaalvergroting zullen tot prijsdalingen leiden. Het bouwen en onderhouden van windparken op zee vraagt om speciale deskundigheid en ervaring, waarover de Nederlandse offshore bedrijven beschikken. Vanuit de offshore olie- en gasindustrie is veel kennis en



ervaring beschikbaar. Ervaringen bij bestaande offshore windparken leveren waardevolle informatie op voor nieuwe windparken.



Fig. 69

Windparken op zee

Windparken op zee zijn private initiatieven, die per windpark gerealiseerd en gefinancierd worden. De overheid stimuleert en reguleert via vergunningen, belastingfaciliteiten, subsidies en regelgeving. De SDE-regeling (Stimulering Duurzame Elektriciteitsproductie) is bedoeld als compensatie voor de zogeheten onrendabele top van de investeringskosten. Omdat de SDE-bijdrage van de overheid wordt uitbetaald voor daadwerkelijk aan het landelijk net geleverde elektriciteit, kost een windpark de gemeenschap dus alleen geld als het park elektriciteit produceert. De hoogte van de SDE-bijdrage wordt jaarlijks door de Minister van Economische Zaken vastgesteld. Als de marktprijs voor elektriciteit stijgt, gaat de SDE-bijdrage met een zelfde bedrag omlaag.

Genoeg ruimte op het elektriciteitsnet

Het promotieonderzoek van dr. Bart Ummels (TU Delft) toont aan dat windvermogen tot twaalfduizend MW zonder veel problemen op het Nederlandse net kan worden aangesloten. Deze gegevens worden bevestigd door prof. dr. Kling, hoogleraar elektriciteitsvoorziening aan de TU Delft en de TU Eindhoven en destijds werkzaam bij TenneT (de beheerder van het landelijke hoogspanningsnet).

Inpassing van windenergie op net zonder problemen mogelijk

In Noord-Duitsland, Denemarken en Spanje zijn regio's waar het aandeel windenergie dertig tot veertig procent bedraagt. Hier treden geen problemen op bij de inpassing van windstroom in het landelijk net. Windturbines worden voortdurend verbeterd, waardoor de netinpassing ook in bijzondere situaties eenvoudiger wordt. Met behulp van moderne regeltechnieken ('slimme netten') en een sterk elektriciteitstransportnet, is de inpassing van grote hoeveelheden windenergie zonder problemen mogelijk.

Windenergie vervangt kolen

De overheid heeft ervoor gekozen vooral de meest kosteneffectieve vormen van duurzame elektriciteitsproductie te stimuleren. Dat zijn op dit moment windenergie en biomassa. Een volledig duurzame stroomvoorziening is het einddoel. In die eindsituatie zal het gaan om een mix aan duurzame bronnen, zoals wind, zon, biomassa en aardwarmte. We zijn nu in een overgangssituatie waarin we nog afhankelijk zijn van andere, conventionele vormen van elektriciteitsproductie. Windparken kunnen conventionele centrales nog niet volledig vervangen, maar elke kWh uit wind vervangt een kWh aan elektriciteit uit fossiele en nucleaire bronnen.



In de volgende internetsite wordt goed, beknopt en duidelijk de bouw, de onderdelen en de werking van een windmolen besproken: <http://members.home.nl/jangiesen68/.....>

geschiedenis_van_de_windturbine.html
uit_welke_onderdelen_bestaat_een_windmolen.html
de_theorie_achter_de_windturbine.html
hoe_werkt_een_rotorblad.html
de_werking_van_een_generator.html
waar_een_windturbine_te_plaatsen.html
aanpassingen_aan_het_elektriciteitset.html
kosten_van_een_windturbine.html
subsidie_windenergie.html
windturbines_en_het_milieu.html
de_windbelt.html

Opdracht

Maak een berekening voor het aanschaffen van een windmolen voor een groot glastuinbouw bedrijf (> 5 ha) met assimilatiebelichting (12000 Lux). Raadpleeg een bedrijf, dat windmolens plaats.

Soms is het windstil, anders waait natuurlijk nooit even veel. Bereken de theoretische gemiddelde minimale windsnelheid op jaarbasis voor voldoende beschikbaarheid van de gemiddelde elektrische stroombehoefte.

Accuonderhoud

Het bijvullen van de accu met gedestilleerd water en controle met een zuurweger is keurig met afbeeldingen beschreven in de volgende internetsite. <http://www.weboheftrucks.nl/info-accu-onderhoud>

Standaard Acculaders

Een normale standaardlader is bijna niet meer verkrijgbaar voor de 6 Volt liefhebbers.

Bij dit soort laders moeten wij er bij wijze van spreken naast gaan zitten met de zuurweger in de hand om de stekker uit het stopcontact te trekken, zodat bij het juiste zuurgehalte de accu nog net niet aan het gassen is. Het laden bij deze acculader duurt meestal 14 uur afhankelijk van de ladingstoestand. Naar mate de spanning stijgt, daalt de laadstroom.

Dit type laders dus nooit gebruiken zonder toezicht. Zorg ook voor voldoende ventilatie tijdens het laden.

Dat laatste geldt in principe voor alle acculaders maar vooral de standaard acculade. Bij het bereiken van de eindspanning komen er gassen vrij die vrij explosief zijn (knaalgas).

Automatische Acculaders

Bij moderne acculaders slaat de automatisering toe en men zegt dan, dat wanneer je na aansluiting van zo'n apparaat, je er niet meer naar hoeft om te kijken en de lader pas hoeft te verwijderen wanneer je van plan bent de auto weer te gaan gebruiken.

Dit is ten dele waar, wanneer je zo'n accu laat werken door de lader alsof je de auto normaal gebruikt, zal hij ook verouderen als bij normaal gebruik en dat willen we dus niet.

Voor een korte periode kan het geen kwaad om zo'n acculader te gebruiken, beter is het een type te kiezen die wat spaarzamer met stroom omgaat zoals de Accu-Refresher. Die zorgt voor een laad-ontlaad cyclus waarbij de stromen niet te groot zijn. Met een dergelijke lader kan de accu rustig overwinteren.

Druppelladers hebben weer andere eigenschappen en laden met een constante stroom.



Alleen hebben druppelladers de onhebbelijkheid bij langdurig gebruik de loodplaten te verharden en dus capaciteitsverlies te bewerkstelligen. Dit capaciteitsverlies is later maar ten dele op te heffen.

Opdracht

Neem contact op met een bedrijf, gespecialiseerd in de verkoop en onderhoud van aggregaten voor het MKB. Vraag hen naar de praktische tips over het goed en duurzaam onderhouden van een noodstroomaggregaat. Schrijf puntsgewijs een instructievoorschrift voor het onderhoud én voor het gebruik van de aggregaat in geval van stroomuitval in jouw omgeving.

