



Samenvatting T1

Je moet nu weten:

- dat elke stroomdoorgang warmte veroorzaakt;
- dat warmte gewenst kan zijn, zoals bij een koffiezetapparaat;
- dat warmte ongewenst kan zijn, zoals in leidingen en apparaten die geen warmte moeten opwekken;
- dat warmte-ontwikkeling brand kan veroorzaken;
- dat de grootte van de warmte-ontwikkeling afhangt van het vermogen P in watt;
- dat ook de tijd van invloed is op de hoeveelheid warmte die veroorzaakt wordt.

T**2**

Weerstand en verlies in leidingen

Wat ga je doen?

Je gaat ontdekken dat er in een geleider spanningsverliezen en energieverliezen zijn.

Verder ga je ontdekken dat niet alle materialen dezelfde weerstand hebben.

Waar kom je dit in de beroepspraktijk tegen?

Vooraf bij lange leidingen zie je vaak grote spanningsverliezen als je de juiste leiding niet gebruikt.

In elke leiding komt verlies voor, dus je ziet dit overal in de beroepspraktijk.

Energieverlies moet je betalen terwijl je er niets aan hebt. Helaas kom je energieverlies bij elk apparaat en elke leiding tegen.

Verlies van energie is verspilling van kostbare energie en slecht voor het milieu.

Aan het einde van deze les kun je:

- noemen waar spanningsverlies in een leiding afhankelijk van is;
- noemen dat het spanningsverlies 5% mag zijn;
- gevaar van warmte-ontwikkeling noemen;
- bepalen hoe groot energieverliezen in leidingen zijn;
- de weerstand van een leiding berekenen;
- goede en minder goede geleiders aanwijzen.

1

Spanningsverlies in leidingen

Aan spanningsverlies (U_V) kun je niet ontkomen. Het is er gewoon. Je kunt een spanningsverlies wel proberen zo klein mogelijk te houden.



Spanningsverlies in het openbaar laagspanningsnet mag maximaal 5% van de netspanning zijn.

Het spanningsverlies in een leiding is de spanning die in de leiding verloren gaat. Zie **figuur 1**.

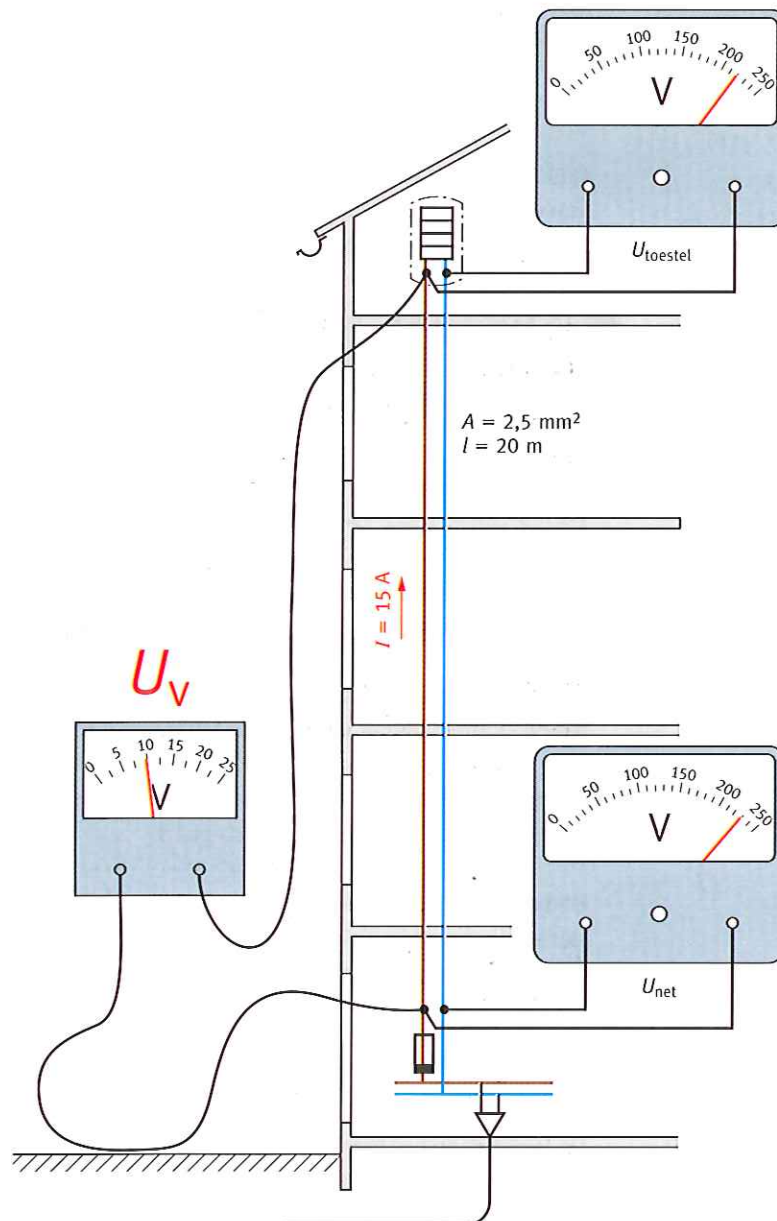


Fig. 1 Het spanningsverlies U_V is hier het verlies in één draad

Deze spanning kun je niet meten zoals in **figuur 1**. Je moet dan namelijk wel erg lange armen hebben.

Het spanningsverlies U_v kun je berekenen. Je moet dan de weerstand van de leiding kennen en weten welke stroom door de leiding gaat.

Weerstand van een leiding

Een leiding heeft een weerstand van $0,28 \Omega$. Door de leiding gaat een stroom van 15 A . Hoe groot is het spanningsverlies in de leiding? Hoeveel spanning houdt je aan het toestel over?

Het spanningsverlies bereken je met de formule:

$$U_v = R_l \cdot I$$

Hierin is:

U_v = spanningsverlies in volt;

R_l = leidingweerstand in ohm;

I = stroom in ampère.

Dus: $U_v = 0,28 \Omega \times 15 \text{ A} = 4,2 \text{ V}$

Van de netspanning van 230 V gaat dus $4,2 \text{ V}$ verloren.

Je houdt dus voor het toestel over: $230 \text{ V} - 4,2 \text{ V} = 225,8 \text{ V}$



$$U_{\text{toestel}} = U_{\text{net}} - U_{\text{verlies}}$$

Het spanningsverlies mag maximaal 5% van de netspanning zijn.

De netspanning is thuis 230 V .

1% hiervan is: $1\% \times 230 \text{ V} = 2,3 \text{ V}$

5% is dus 5 keer zoveel. Ofwel: $5 \times 2,3 \text{ V} = 11,5 \text{ V}$

Controleer dit met je rekenmachine.

De spanning mag thuis dus hooguit zakken naar: $230 \text{ V} - 11,5 \text{ V} = 218,5 \text{ V}$

Als de spanning lager wordt, is de leiding te dun of te lang of de stroom is te hoog.

Als voorbeeld neem je een spanningsverlies van $9,8 \text{ V}$. Dat is minder dan de zojuist berekende $11,5 \text{ V}$. De leiding is dus goed.

De berekening omkeren kan ook.

Hoeveel procent is die $9,8 \text{ V}$ nu van de netspanning?

1% van de netspanning is $2,3 \text{ V}$.

$$9,8 \text{ V is dan: } \frac{\text{spanningsverlies}}{1\% \text{ van de netspanning}} = \frac{9,8}{2,3} = 4,26\%$$

De leiding aan het toestel is dus goed. Het verlies is lager dan 5%.

2

Leidingweerstand

Soorten materiaal

Het spanningsverlies in een leiding hangt ook af van de soort materiaal waar de leiding van gemaakt is.

Een hele goede geleider is *zilver*, maar dit materiaal is veel te duur om als draad te gebruiken.

Ook een goede geleider is *koper*. Koper is ook duur maar goedkoper dan zilver.

Een ander redelijk materiaal is *aluminium*. Aluminium is vrij goedkoop en niet zwaar. Dit materiaal laat de stroom echter 2 keer zo moeilijk door als koper. De draden zouden dan twee keer zo dik moeten worden en dan passen ze niet meer in onze 16 mm installatiebuis. Aluminium wordt dan ook alleen maar gebruikt voor hele zware leidingen waar hele grote stromen doorheen moeten zoals bij grondkabels en hoogspanningsleidingen.

Bij hoogspanningsleidingen speelt vaak het gewicht van de leiding een grote rol. De keuze koper of aluminium wordt ook bepaald door de prijs van het materiaal die per dag kan verschillen.

Soortelijke weerstand

Om de weerstandsverschillen in materialen aan te geven, gebruik je de *soortelijke weerstand* van een materiaal.

De soortelijke weerstand is de weerstand van één meter draad bij een doorsnede van 1 m^2 en een temperatuur van $15 \text{ }^\circ\text{C}$. Zie **figuur 2**.

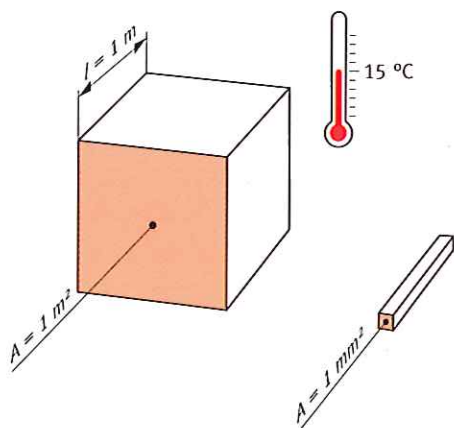


Fig. 2 Eén meter draad met een doorsnede van 1 m^2 bij $15 \text{ }^\circ\text{C}$

De soortelijke weerstand van koper is $0,000\ 000\ 0175 \ \Omega$, ofwel $0,0175 \ \mu\Omega$.

De soortelijke weerstand van aluminium is $0,000\ 000\ 035 \ \Omega$, ofwel $0,035 \ \mu\Omega$.

μ wil zeggen micro-ohm ofwel miljoenste deel van $1 \ \Omega$.

Je schrijft $0,0175 \ \mu\Omega$ ook wel als $0,0175 \times 10^{-6} \ \Omega$.

Let op: deze weerstand geldt voor een draad van 1 m^2 . Zulke dikke leidingen gebruik je niet. Als je uitgaat van een draad van 1 mm^2 , dan is de weerstand $0,0175 \ \Omega$ per meter. Dit rekt veel gemakkelijker.

In **tabel 1** zie je voor een aantal materialen de soortelijke weerstand. Deze hoef je natuurlijk niet te gaan leren. Als je ze nodig hebt, zoek je ze op.

MATERIAAL	SOORTELIJKE WEERSTAND ρ in $\Omega \text{ m}$	SOORTELIJKE WEERSTAND ρ in $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
Zilver	$0,016 \cdot 10^{-6}$	0,016
Koper	$0,0175 \cdot 10^{-6}$	0,0175
Goud	$0,022 \cdot 10^{-6}$	0,022
Aluminium	$0,03 \cdot 10^{-6}$	0,03
Wolfram	$0,045 \cdot 10^{-6}$	0,045
Messing	$0,065 \cdot 10^{-6}$	0,065
Platina	$0,094 \cdot 10^{-6}$	0,094
Zink	$0,07 \cdot 10^{-6}$	0,07
Ijzer	$0,12 \cdot 10^{-6}$	0,12
Nikkel	$0,12 \cdot 10^{-6}$	0,12
Tin	$0,13 \cdot 10^{-6}$	0,13
Lood	$0,21 \cdot 10^{-6}$	0,21
Nieuwzilver	$0,23 \cdot 10^{-6}$	0,23
Manganine	$0,42 \cdot 10^{-6}$	0,42
Nikkeline	$0,44 \cdot 10^{-6}$	0,44
Constantaan	$0,5 \cdot 10^{-6}$	0,5
Nichroom	$0,935 \text{ à } 1,05 \cdot 10^{-6}$	0,935
Kwik	$0,954 \cdot 10^{-6}$	0,954
Kool	$100 \text{ à } 1\,000 \cdot 10^{-6}$	100 à 1 000

Tabel 1 Soortelijke weerstand van een aantal geleiders

Weerstand berekenen van een draad

Je kunt de weerstand van een draad uitrekenen met de formule:

$$R_l = \frac{l \cdot \rho}{A}$$

In **figuur 3** zie je wat je met deze formule allemaal kunt doen.

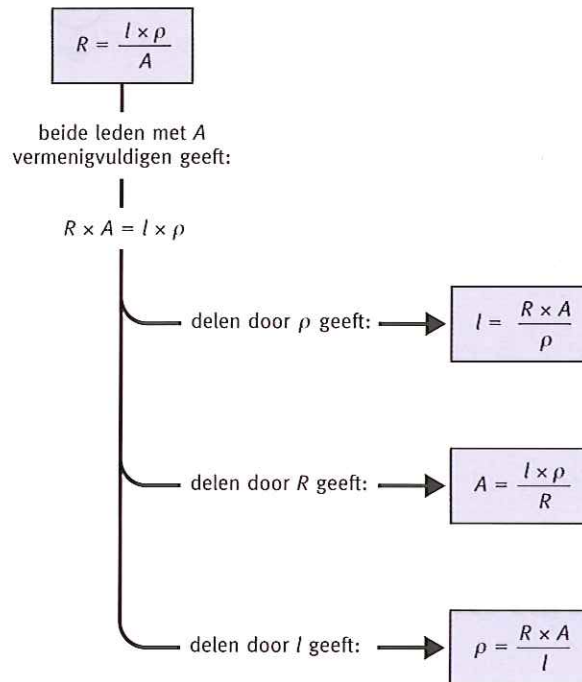


Fig. 3 Bereken de weerstand van de draad

Hierin is:

ρ (spreek uit als *rho*) = de soortelijke weerstand in $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$;

l = de lengte van de draad in m;

A = de doorsnede van de draad in mm^2 (bij ρ kun je dan 10^{-6} weglaten en de eenheid wordt dan $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$).

Weerstand berekenen van een koperdraad

Een koperdraad van $2,5 \text{ mm}^2$ heeft een lengte van 50 m. Bereken de weerstand van die draad.

Het is koper. In **tabel 1** zie je dat geldt: $\rho = 0,0175 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$

$$\text{Verder geldt ook nog: } R_l = \frac{l \cdot \rho}{A} = \frac{50 \text{ m} \times 0,0175 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}}{2,5 \text{ mm}^2} = 0,35 \Omega$$

De draadweerstand is dus $0,35 \Omega$.

Weerstand berekenen van een lange draad

Een machine is verbonden met een lange leiding van 45 m. Zie **figuur 4**.
De leidingdoorsnede is $1,5 \text{ mm}^2$.
De leiding is van koperdraad.
Bereken de draadweerstand.

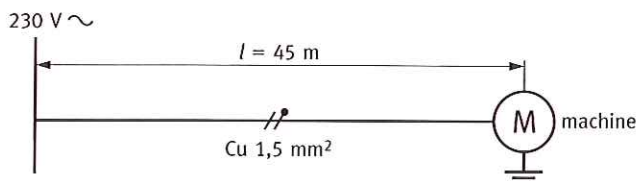


Fig. 4 Berekenen weerstand van een lange draad

Let op: de leiding is 45 m lang. In de leiding heb je nu de heengaande *en* teruggaande draad die elk 45 m lang zijn.

De totale draadlengte is dus 90 m!

$$\text{Nu moet je dus de formule invullen: } R_l = \frac{l \cdot \rho}{A} = \frac{90 \text{ m} \times 0,0175 \text{ } \Omega \text{ mm}^2/\text{m}}{1,5 \text{ mm}^2} = 1,05 \text{ } \Omega$$

De draadweerstand van deze leiding is dus $1,05 \text{ } \Omega$.

Werkboek

Maak nu in je werkboek **paragraaf 2 Weerstand van leidingen**.

3

Vermogensverlies in leidingen

In **paragraaf T1-2 Vermogen** heb je geleerd dat je de warmteverliezen kunt uitrekenen met de formule: $P_v = U \cdot I$

P_v is het vermogensverlies in watt.

P_v kun je berekenen met: $P_v = U_v \cdot I$

Hierin is:

P_v = het vermogensverlies in watt;

U_v = het spanningsverlies in een leiding in volt;

I = de stroom door de leiding in ampère.

Hoe groter P_v is, hoe meer warmte je in een leiding krijgt.

Maximum vermogensverlies

In een leiding naar een wasmachine heb je bijvoorbeeld een spanningsverlies van 5% (dus 11,5 V). De stroom naar de wasmachine is 14 A.

Het verlies is nu: $P_v = U_v \cdot I = 11,5 \text{ V} \times 14 \text{ A} = 161 \text{ W}$

De leiding geeft ongeveer evenveel warmte af als een gloeilamp van 100 W en een gloeilamp 60 W samen.

Spreiding van warmte

De leiding wordt niet zo heet als een gloeilamp. Bij een leiding wordt de warmte verspreid over de hele leiding. Overal ontstaat dus een beetje warmte waardoor de leiding niet dezelfde temperatuur als die van de lamp krijgt. Gelukkig maar.

Daarom moet je een kabelhaspel bij de maximaal toegelaten stroom volledig *afrollen*. Als je dat niet doet, dan loopt de temperatuur zeer hoog op en krijg je oververhitting.

Je kunt formules ook veranderen.

Bijvoorbeeld: $P_v = U_v \cdot I$

Voor U_v ga je de wet van Ohm invullen. Als weerstand neem je R_l . Dat is de weerstand van de leiding. Je krijgt dan: $U_v = R_l \cdot I$

Als je dit invult bij de formule $P_v = U_v \cdot I$, krijg je: $P_v = (I \cdot R) \cdot I$

Wat hier tussen haakjes staat, is eigenlijk de spanning U_v .

Als je nu de haakjes weghaalt, krijg je: $P_v = I \cdot R \cdot I \rightarrow P_v = I^2 \cdot R$

Het vermogensverlies is dus I -kwadraat keer R .

Voorbeeld

Een leiding heeft een weerstand van $0,7 \Omega$.

Er gaat een stroom door van 10 A.

Bereken het vermogensverlies in deze leiding.

Je kunt dit op twee manieren doen.

Eerste manier

Bereken eerst het spanningsverlies in de leiding. $U_v = I \cdot R_l = 10 \text{ A} \times 0,7 \Omega = 7 \text{ V}$

Bereken dan het vermogensverlies: $P_v = I \cdot R \cdot I \rightarrow P_v = I^2 \cdot R$

$$P_v = I^2 \cdot R_l = 10 \text{ A} \times 10 \text{ A} \times 0,7 \Omega = 70 \text{ W}$$

Tweede manier

Bereken rechtstreeks het vermogensverlies: $P_v = U_v \cdot I = 7 \text{ V} \times 10 \text{ A} = 70 \text{ W}$

Beide manieren zijn prima, maar de tweede is sneller.

Maak nu in je werkboek **paragraaf 3 Vermogensverlies in leidingen**.

Samenvatting T2

Je moet nu weten:

- dat elke leiding weerstand heeft;
- dat deze weerstand warmte en spanningsverlies in de leiding veroorzaakt;
- dat het spanningsverlies in leidingen niet groter mag zijn dan 5% van de voedingsspanning.
- dat als het spanningsverlies te groot is, je een dikkere leiding moet gebruiken;
- dat de weerstand van een draad afhankelijk is van:
 - de draadlengte;
 - de draadsoort (meestal koper);
 - de dikte van de draad.
- dat je de leidingweerstand berekent met de formule:

$$R = \frac{l \cdot \rho}{A}$$

Waarin:

- l = de draadlengte;
- ρ = de soortelijke weerstand van het materiaal;
- A = de oppervlakte van de draaddoorsnede;
- dat de soortelijke weerstand de weerstand is van 1 meter draad met een oppervlakte van 1 mm^2 bij $15 \text{ }^\circ\text{C}$;
- de soortelijke weerstand van koper $0,0175 \text{ } \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ is en van aluminium $0,035 \text{ } \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$;
- dat bij een spanningsverlies ook vermogensverlies ontstaat;
- dat je vermogensverlies berekent met de formule:
 $P_v = U_v \cdot I$
waarin
 - P_v = het vermogensverlies in watt;
 - U_v = het spanningsverlies in de draad;
 - I = de stroom door de draad.
- dat je voor vermogensverlies ook de formule $P_v = I^2 \cdot R_v$ gebruiken mag, waarin R_v de draadweerstand is.