

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.



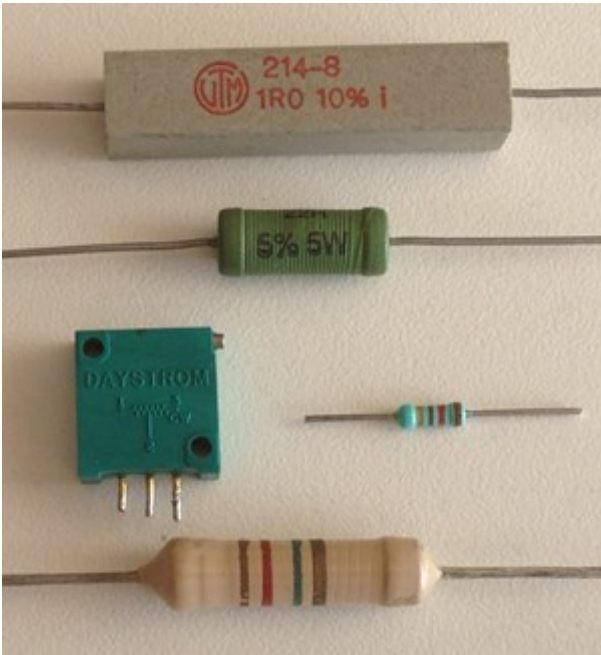


Fig. 5 Weerstanden



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:

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

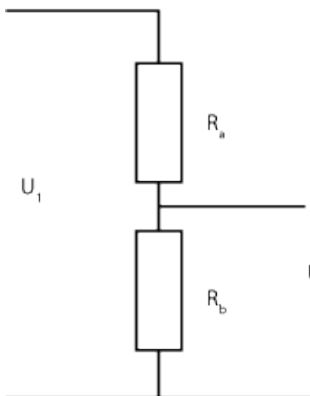


Fig. 7 Spanningsdeling

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.

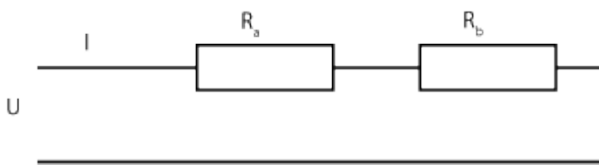


Fig. 8 Serieschakeling

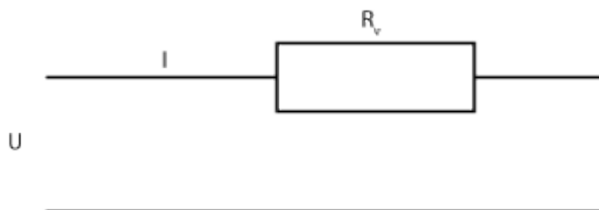


Fig. 9 Vervangingsweerstand

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

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 .

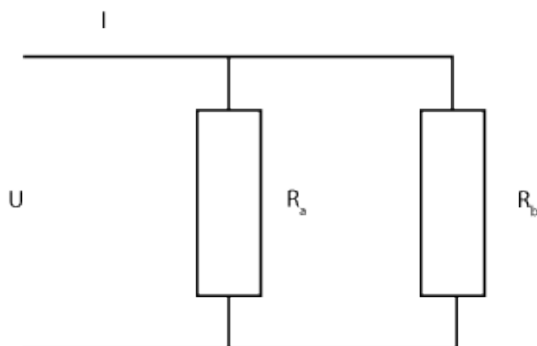


Fig. 10 Parallelschakeling

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.

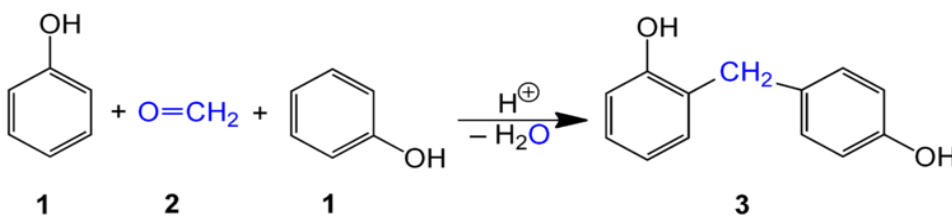
Bakkeliet

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:

