

Inhoudsopgave

1	Introductie	1
1.1	Spanning en stroom	1
1.1.1	Definitie van stroom	2
1.1.2	Definitie van spanning	3
1.1.3	Definitie van vermogen	3
1.2	Metten van spanning en stroom	3
1.3	Netwerken	3

1

Introductie

1.1 Spanning en stroom

De elektrische grootheden spanning en stroom komen voort uit de theorie van de *elektromagnetische velden*. Een elektromagnetisch veld is een natuurkundig verschijnsel geproduceerd door elektrisch geladen objecten. Het is een van de vier fundamentele krachten in de natuur, naast de zwaartekracht, de zwakke wisselwerking en sterke wisselwerking. Het is lastig om een elektromagnetisch veld voor te stellen, het is immers niet te zien. We kunnen het wel meten met behulp van een *veldsterktemeter*.

Materie bestaat uit atomen die zijn opgebouwd uit protonen, neutronen en elektronen. Protonen en elektronen hebben een *lading*. Lading wordt uitgedrukt in coulomb, afgekort tot C. Protonen hebben een positieve lading ter grootte van de *elementaire lading*. Deze lading is gedefinieerd als $1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$ C (vanaf 20 mei 2019) en wordt doorgaans aangegeven met de constante e (niet te verwarren met e , het grondtal van de natuurlijke logaritme). Elektronen hebben dezelfde lading maar dan tegengesteld, dus $-e$. Neutronen hebben geen lading. De keuze voor positieve en negatieve lading is ingegeven door het historische feit dat de positieve lading (althans, wat we verstaan onder positieve lading) eerder is ontdekt dan negatieve lading. Pas later werd bekend dat elektriciteit grotendeels wordt veroorzaakt door bewegende elektronen.

Metaalatomen zijn opgelijnd in een zogenoemd kristalrooster. De elektronen in de buitenste schil van een metaalatoom kunnen zich vrijelijk bewegen. Ze springen van de ene atoom naar de andere atoom. Als een elektron migreert naar een atoom, dan wordt dit atoom tijdelijk negatief geladen. Het atoom waar de elektron is weggegaan, is dan positief geladen. Er is een *gat* ontstaan. Dit ladingsverschil zorgt ervoor dat elektronen zich naar het gat bewegen. Het nettoresultaat van de lading in een metalen geleider is dus 0.

Elektrische spanning is het verschil in *potentiële elektrische energie* tussen twee punten per eenheid van lading. In het SI-stelsel kan dit worden uitgedrukt in joule per coulomb (J/C), maar spanning heeft een eigen eenheid gekregen: de *volt*, afgekort tot V. Als

symbool voor de elektrische spanning wordt U gebruikt maar in Engelstalige literatuur wordt V gebruikt. Als we een spanningsverschil over een metalen geleider plaatsen, dan geven we de elektronen de mogelijkheid om deze potentiële energie te benutten. Het gevolg is dat de elektronen zich makkelijker kunnen losmaken van de atomen. Omdat positieve en negatieve lading elkaar aantrekken, verplaatsen de elektronen zich naar de positieve spanningspunt. Zodoende vormt zich een *elektrische stroom*. Er ontstaat dan een tekort aan elektronen aan het negatieve spanningspunt. Om het evenwicht te bewaren, moeten de spanningsbron en de metalen geleider dus een gesloten lus vormen zodat de elektronen vrijelijk kunnen bewegen. We noemen dit een *stroomkring*. Is de lus niet gesloten, dan ontstaat er geen stroom.

Historisch gezien loopt de stroom van de positieve spanning naar de negatieve spanning, maar *de elektronenstroom* loopt van de negatieve spanning naar de positieve spanning. Elektrische stroom is de hoeveelheid verplaatste lading per tijdseenheid, en wordt uitgedrukt in ampère, afgekort tot A. Als symbool wordt I gebruikt. Niet de lading maar de elektrische stroom is een van de zeven grondgrootheden van het SI-stelsel. Lading is dus uit te drukken als stroom keer tijd, oftewel As. We zouden verwachten dat de elektronen zich zeer snel verplaatsen in de geleider. Een elektrisch lichtpunt gaat immers gelijk branden als we de schakelaar omhalen. Toch is dat niet zo. De *driftsnelheid* van elektronen is klein: ongeveer 0,1 mm/s. Waarom een lichtpunt gelijk gaat branden komt omdat de (langzaam) bewegende elektronen tegen elkaar botsen en zo hun *impuls* doorgeven. Het is te vergelijken met een stilstaande rij, tegen elkaar geplaatste, biljartballen. Als er een biljartbal tegen het uiteinde van de rij botst, zal aan bij het uiteinde van de rij een biljartbal snelheid krijgen. De tussenliggende biljartballen verplaatsen zich niet, ze geven alleen de impuls door.

1.1.1 Definitie van stroom

De elektrische stroom is een van de zeven basisgrootheden van het SI-stelsel. Een elektrische stroom is niets anders dan een hoeveelheid lading die per seconde door het oppervlakte van de dwarsdoorsnede van een geleider vloeit:

$$1 \text{ A} = 1 \frac{\text{C}}{\text{s}} \quad (1.1)$$

Tot en met 19 mei 2019

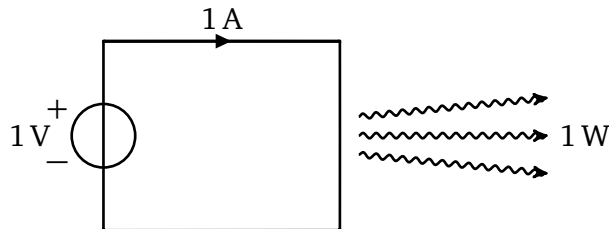
In twee rechte geleiders loopt een stroom van 1 A als de twee geleiders van oneindige lengte en verwaarloosbare diameter, geplaatst in vacuüm op een afstand van 1 m, een kracht op elkaar uitoefenen van $2 \times 10^{-7} \text{ N/m}$.

Vanaf 20 mei 2019

Vanaf deze datum is de elementaire lading vastgesteld op $1,602\,176\,634 \times 10^{-19} \text{ C}$. De stroom is gedefinieerd op basis van de elementaire lading. Dit zorgt ook voor de herdefinitie van de coulomb. In een geleider loopt een stroom van 1 A als per seconde $\frac{1}{1,602\,176\,634 \times 10^{-19}}$ elektronen passeren.

1.1.2 Definitie van spanning

Spanning is een afgeleide grootheid. Het is gedefinieerd op basis van *vermogen* en stroom. Over een geleider staat een spanning (of spanningsverschil) van 1 V als in de geleider een vermogen wordt gedissipeerd van 1 W bij een stroom van 1 A. Dit is uitgebeeld in figuur 1.1.



Figuur 1.1: Definitie van de volt.

1.1.3 Definitie van vermogen

Vermogen is een afgeleide grootheid. Het is het product van de spanning over en stroom door een geleider en wordt uitgedrukt in watt, afgekort tot W:

$$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot \text{A} = 1 \frac{\text{J}}{\text{C}} \cdot \frac{\text{C}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} \quad (1.2)$$

Dit is precies wat vermogen inhoudt: energieafgifte (of opname) per tijdseenheid.

1.2 Meten van spanning en stroom

Om een spanning tussen twee punten te meten, gebruiken we een *spanningsmeter*. De spanningsmeter heeft twee ingangen, de '+'-ingang en de '—'-ingang. Als de spanning op de '+'-ingang groter is dan de spanning op de '—'-ingang, dan geeft de meter een positieve spanning aan. Omgekeerd heeft de meter een negatieve spanning aan.

Om een stroom te meten in een (metalen) geleider, gebruiken we een stroommeter. Ook de stroommeter heeft twee aansluitpunten, de '+'-ingang en de '—'-ingang. Als de stroom van '+' naar '—' vloeit, dan meten we een positieve stroom. Als de stroom van '—' naar '+' vloeit, dan meten we een negatieve stroom.

Een meting moet de stromen en spanningen in het elektrisch netwerk niet beïnvloeden. Helaas zijn praktische meters

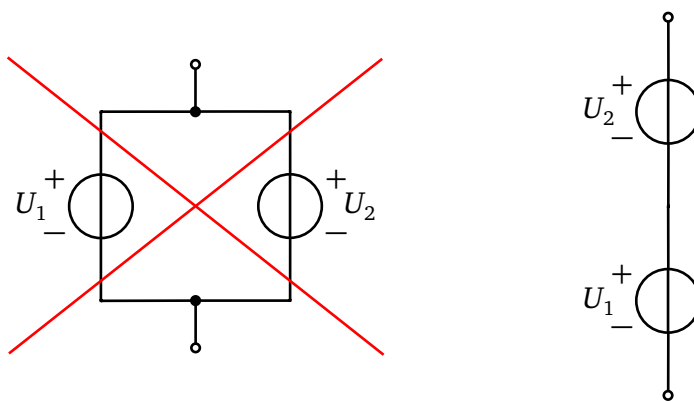
Een meting beïnvloedt altijd de spanningen en stromen in het netwerk.

We kunnen er alleen voor zorgen dat de meting de stromen en spanningen zeer licht beïnvloeden.

1.3 Netwerken

Tabel 1.1: Soortelijke weerstand ρ in $\Omega \text{ m}$ bij 20°C en temperatuurcoëfficiënt α in K^{-1} van enkele materialen.

Materiaal	Soortelijke weerstand	Temp. coëfficiënt
Zilver	$1,59 \times 10^{-8}$	0,0041
Koper	$1,75 \times 10^{-8}$	0,0039
Goud	$2,20 \times 10^{-8}$	0,0036
Aluminium	$2,65 \times 10^{-8}$	0,0043



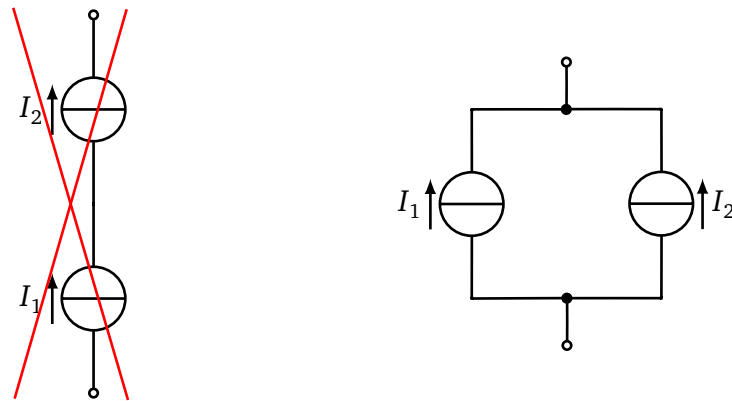
Figuur 1.2: Twee spanningsbronnen mogen niet parallel geschakeld worden, maar wel in serie.

NAMING AND SHAMING...

Een spanningsmeter wordt in de volksmond ook wel een *voltmeter* genoemd. Dit is echter niet juist. Er wordt een grootheid gemeten, spanning, die wordt uitgedrukt in volt. Evenzo wordt voor het meten van een stroom een stroommeter gebruikt, in de volksmond een *ampèremeter* genoemd. Ook dit is niet juist. Een stroommeter meet de grootheid stroom en die wordt uitgedrukt in ampère. En zo kunnen we doorgaan: een vermogensmeter en geen *wattmeter*, een frequentiemeter en geen *hertzmeter*, een thermometer en geen *kelvinmeter* (of graden-celsiusmeter)

In Amerika wordt echter wel de termen *voltmeter* en *ammeter* gebruikt.

Soms wordt voor spanning het woord *voltage*, voor stroom *ampèrage* en voor vermogen *wattage* gebruikt. Allemaal onjuist, hoewel voltage nog wel enigszins kan.



Figuur 1.3: Twee stroombronnen mogen niet in serie geschakeld worden, maar wel parallel.