

2. Elektriciteit

2.1. Gelijkspanning

2.1.1. Eerst een beetje fysica

Het allerkleinste deeltje van een bepaalde stof noemt men een atoom. Om de verdere theorie van elektriciteit te begrijpen moeten we iets verder ingaan op de opbouw van atomen. Een atoom is samengesteld uit een kern waarrond een aantal veel kleinere deeltjes draaien, de elektronen (fig. 2.1). De kern heeft een positieve lading en de elektronen hebben een negatieve lading, waarbij de totale positieve lading van de kern gelijk is aan de negatieve lading van de elektronen samen. Daardoor is een atoom in zijn geheel neutraal.

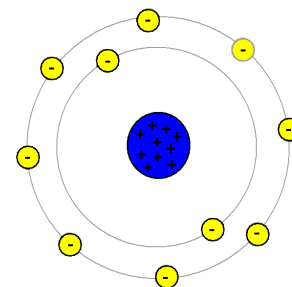


Fig. 2. 1

In de kern verandert er niets, de positieve ladingen zitten er rotsvast (enkel bij kernsplitsing of kernfusie verandert de kern). Maar bij bepaalde stoffen kan het gebeuren dat onder invloeden van buitenaf één of meer elektronen hun baan rond de atoomkern verlaten en gaan 'zwerven'.

Deze elektronen noemt men vrije elektronen. Het achterblijvende atoom, dat nu niet meer neutraal is maar positief geladen, noemt men een positief ion. Het is ook mogelijk dat een vrij elektron terug 'gevangen' wordt door een ander atoom. In dat geval is het atoom ook niet meer neutraal, maar nu negatief geladen. Men noemt het dan een negatief ion.

En wat heeft dat nu met elektriciteit te maken? Het antwoord is eenvoudig. Elektrische stroom is in feite niets anders dan het bewegen van vrije elektronen. Door een uitwendige kracht worden alle vrije elektronen gedwongen om in een bepaalde richting te bewegen.

Vrije elektronen zijn elektronen die losgerukt zijn van de atoomkern. Het is echter niet bij alle stoffen mogelijk veel vrije elektronen te doen ontstaan. Stoffen met veel vrije elektronen zullen de elektrische stroom zeer goed geleiden. Men noemt ze dan ook 'geleiders'. De meeste metalen zijn goede geleiders. Anderzijds zijn er ook stoffen met zeer weinig vrije elektronen. Deze stoffen zullen de stroom niet geleiden en men noemt ze 'niet-geleiders' of 'isolatoren'. Enkele voorbeelden van niet-geleiders zijn glas, porselein, de meeste kunststoffen en rubber.

Ten slotte zijn er ook nog stoffen die tussen de geleiders en niet-geleiders in zitten. Er is een niet te verwaarlozen aantal vrije elektronen, maar veel minder dan bij de geleiders. Deze stoffen noemt men 'halfgeleiders'. Dit zijn onder andere koolstof, silicium en germanium.

2.1.2. Spanningsbron

We hebben net gezien dat een elektrische stroom niets anders is dan vrije elektronen die onder invloed van een uitwendige kracht in één bepaalde richting bewegen. Wat is nu een dergelijke uitwendige kracht?

Een van de mogelijkheden is een spanningsbron. Een spanningsbron bestaat uit 2 delen met elk hun aansluitingsklem: de pluspool en de minpool (fig. 2.2). In het plus-deel bevinden zich positieve ionen en in het min-deel negatieve ionen. Of anders gezegd, in het plus-deel zijn er elektronen te weinig en in het min-deel zijn er elektronen te veel. Sluit men tussen de plus en min een geleider of halfgeleider aan dan zullen de elektronen via de geleider (halfgeleider) van min naar plus vloeien.

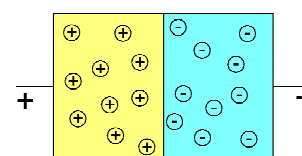


Fig. 2. 2

Door het teveel aan elektronen in het min-deel en het tekort in het plus-deel van de spanningsbron ondervinden de elektronen een 'drang' om van min naar plus te vloeien. Deze 'drang' noemt men de elektrische spanning.

We hebben net gezien dat de elektronen van min naar plus vloeien. Dit noemt men de elektronenstroom. Toch doen we alsof de elektrische stroom van plus naar min vloeit. Dit noemt men de conventionele stroomzin. Dit is een erfenis uit de beginperiode van de elektriciteit. Men begreep toen wel dat er 'iets' stroomde, maar men wist nog niet wat en in welke richting. Dus heeft men dan maar willekeurig aangenomen dat de stroom van plus naar min ging.

2.1.3. Elektrische schakelingen

Wat een elektrische schakeling is wordt duidelijk aan de hand van een eenvoudig voorbeeld.

Als we een zaklamp gebruiken vinden we het heel normaal dat er licht uit komt. Om te begrijpen wat er juist gebeurt moeten we even kijken wat er in een zaklamp zit. Dat is niet zo veel: een

lampje, een batterij, een schakelaar en wat koperdraad. Samen vormen deze een elektrische schakeling (fig. 2.3).

De batterij werkt hier als spanningsbron. Verbinden we het lampje via de koperdraden en de schakelaar met de batterij dan vloeit er een elektrische stroom die de draad in het lampje verhit en doet gloeien. Een element, zoals het lampje, waardoor een stroom vloeit als we het aansluiten over een spanningsbron noemen we een weerstand.

Elektrische schakelingen worden meestal schematisch weergegeven (fig. 2.4). Links zie je het schema van de zaklamp en rechts een meer algemeen schema met een spanningsbron en een weerstand.

Om het tekentalent van een elektronicus niet al te zeer op de proef te stellen worden de verschillende componenten symbolisch getekend. In fig. 2.4 zie je het symbool voor een batterij of spanningsbron (blauw), een schakelaar (groen), een lamp (links, zwart) en een weerstand (rechts, zwart). De lange streep is de pluspool.

We kennen nu al een aantal basisbegrippen waar we in de volgende bladzijden dieper op ingaan: stroom, spanning, en weerstand. Deze noemen we grootheden. Elke grootheid heeft een symbool en een eenheid. Voor stroom is het symbool I en de eenheid Ampère (afgekort A). Het symbool voor spanning is U en de eenheid is Volt (V). En voor weerstand is het symbool R en de eenheid Ohm (Ω , de Griekse letter omega).

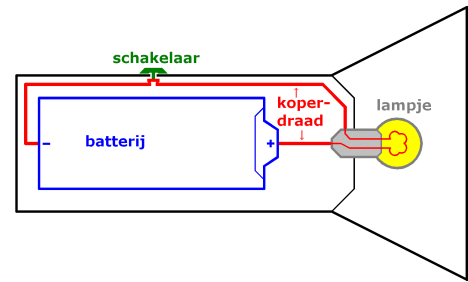


Fig. 2.3

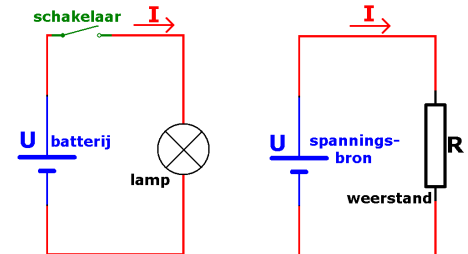


Fig. 2.4

2.1.4. De wet van Ohm

We hebben net gezien dat er een stroom vloeit als we een weerstand aansluiten over een spanningsbron. De weerstand laat maar een bepaalde stroom vloeien als er een bepaalde spanning over de weerstand aangelegd wordt. Een weerstand beperkt dus de stroom: hoe groter de waarde van de weerstand hoe minder stroom er zal vloeien.

De grootte van de stroom hangt dus af van twee factoren. Enerzijds de waarde van de spanning: hoe groter de spanning hoe groter de stroom die zal vloeien door een bepaalde weerstand. Anderzijds de waarde van de weerstand: hoe groter de weerstand hoe kleiner de stroom die zal vloeien bij een bepaalde spanning. Het verband tussen stroom, spanning en weerstand wordt weergegeven in de wet van Ohm:

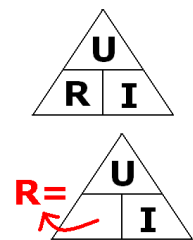
$$I = \frac{U}{R} \text{ (formule 2.1)}$$

Kent men de waarde van de spanning en de weerstand dan kan men de stroom bepalen. Natuurlijk kan men ook de spanning berekenen als men de stroom en de weerstand kent, of de weerstand als men de spanning en de stroom kent. De wet van Ohm kan in 3 vormen geschreven worden:

$$I = \frac{U}{R} \text{ of } U = R \cdot I \text{ of } R = \frac{U}{I}$$

Een handige methode om de wet van Ohm in zijn verschillende vormen te onthouden is het 'driehoekje'. Wat men zoekt (links van het gelijkheidsteken) wordt eruit gehaald, wat blijft staan moet rechts van het gelijkheidsteken komen. Enkele voorbeelden:

- Over een weerstand van 30Ω staat een spanning van 6 V , hoe groot is de stroom?
 $I = U/R = 6/30 = 0,2 \text{ A}$
- Door een weerstand van 4Ω vloeit een stroom van 5 A , hoe groot is de spanning?
 $U = R \cdot I = 4 \cdot 5 = 20 \text{ V}$
- Als er over een weerstand een spanning staat van 15 V vloeit er een stroom van 3 A , hoe groot is de weerstand?
 $R = U/I = 15/3 = 5 \Omega$



2.1.5. Veelvouden en delen

Tot nu toe hebben we stroom, spanning en weerstand steeds uitgedrukt in de eenheid. Maar voor zeer grote of zeer kleine waarden is dit niet echt handig, een probleem dat we in het dagelijkse leven ook tegenkomen. We zeggen toch niet dat we vandaag 126000 meter met de auto gereden hebben, maar wel 126 km. Of dat we een gat boren met een boor van 0,0015 meter, wel 1,5 mm. Hetzelfde geldt voor elektriciteit, ook hier gebruiken we vaak veelvouden of delen. Sommige, zoals milli en kilo, kennen we uit het dagelijkse leven. Andere kennen we waarschijnlijk nog niet.

Daarom hieronder een tabel met de veelvouden en eenheden die we zullen gebruiken:

veelvoud / deel	afkorting	verhouding tot eenheid	exponentieel
giga-	G	1.000.000.000	10^9
mega-	M	1.000.000	10^6
kilo-	k	1000	10^3
(eenheid)		1	
milli-	m	0,001	10^{-3}
micro-	μ	0,000.001	10^{-6}
nano-	n	0,000.000.001	10^{-9}
pico-	p	0,000.000.000.001	10^{-12}

Merk op dat de hoofdletter 'M' de afkorting is voor mega en de kleine letter 'm' voor milli. Indien men veelvouden of delen gebruikt dan moet men deze steeds omzetten naar de eenheid voordat men ermee gaat rekenen. Een voorbeeld:

- Door een weerstand van 30 k Ω vloeit een stroom van 6 mA, hoe groot is de spanning?
30 k Ω = 30000 Ω en 6 mA = 0,006 A. En $U = R \cdot I = 30000 \cdot 0,006 = 180 \text{ V} = 0,180 \text{ kV}$

2.1.6. Vermogen en energie

2.1.6.1. VERMOGEN

Men zegt van een motor, een gloeilamp, een zender enzovoort dat ze een bepaald vermogen verbruiken. Wat wordt daarmee bedoeld?

Nemen we een eenvoudig voorbeeld: een spanningsbron waarover we een weerstand aansluiten. Door de weerstand zal een stroom vloeien en de weerstand zal opwarmen, een vermogen verbruiken. Deze opwarming ontstaat doordat de door de weerstand stromende elektronen hinder ondervinden. Men kan dit het beste vergelijken met de warmteontwikkeling die ontstaat bij wrijving van twee voorwerpen.

Het verbruikte vermogen hangt af van de spanning over de weerstand en de stroom door de weerstand:

$$P = U \cdot I \text{ (formule 2.2)}$$

Dit is de wet van Joule. Net als de wet van Ohm kan men ook deze op 3 manieren schrijven:

$$P = U \cdot I \quad \text{of} \quad U = \frac{P}{I} \quad \text{of} \quad I = \frac{P}{U}$$

Als geheugensteun kan men ook hier het 'driehoekje' gebruiken.

Het symbool voor vermogen is P en de eenheid is Watt (afgekort W).

Enkele voorbeelden:

- Over een weerstand staat een spanning van 12 V en er vloeit een stroom van 3 A, hoe groot is het verbruikte vermogen?
 $P = U \cdot I = 12 \cdot 3 = 36 \text{ W}$
- Over een weerstand staat een spanning van 5 V en de weerstand verbruikt een vermogen van 2 W; hoe groot is de stroom door de weerstand?
 $I = P/U = 2/5 = 0,4 \text{ A}$
- Door een weerstand vloeit een stroom van 1,5 A en de weerstand verbruikt een vermogen van 9 W; hoe groot is de spanning over de weerstand?
 $U = P/I = 9/1,5 = 6 \text{ V}$

Nu een iets moeilijkere vraag:

- Over een weerstand van 15 Ω staat een spanning van 9 V, hoe groot is het vermogen verbruikt in de weerstand?
Dit kunnen we niet oplossen met één enkele formule. Voor het bepalen van het vermogen moeten we immers niet alleen de spanning maar ook de stroom kennen.

