

Hoofstuk 5 – Gelykstromkringe

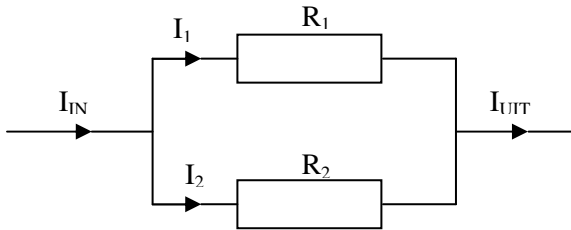
Gelykstroom (afgekort “GS”) beteken ‘n stroom wat konstant in een rigting vloei. Dit is in kontras met wisselstroom (“WS”) soos die huistoevoer, waar die rigting waarin die stroom vloei periodies verander, gewoonlik baie kere per sekonde. Nieteenstaande die klaarblyklike weerspreking in terme, is dit algemene praktyk om van ‘n “gelykspanning” (GS) te praat en daarmee ‘n konstante spanning te bedoel en “wisselspanning” (WS) bedoelende ‘n spanning wat periodies spanningspolariteit wissel (d.i. positief en negatief periodies omruil). Alhoewel ons hier slegs gelykspanningskringe gaan beskou, sal gesien word dat wanneer ons by wisselstroom kom, dat dieselfde beginsels van toepassing is.

Onthou dat “spanning” ‘n algemeen gebruikte term is wat elektriese potensiaal mee bedoel word en dat dit in hierdie handboek by voorkeur bo “elektriese potensiaal” gebruik sal word aangesien dit ook in die algemeen so gebruik word.

Kirchoff se Wette

Gustav Kirchoff (1824-1887) het twee baie eenvoudige wette geformaliseer wat ons toelaat om elektriese stroombane te ondersoek. Die eerste een is bekend as Kirchoff se stroomwet.

Kirchoff se Stroomwet: *By enige punt in ‘n kring waar twee of meer geleiers bymekaarkom is die som van die strome wat na die punt toe vloei gelyk aan die som van strome wat weg van die punt af vloei.*



By voorbeeld, beskou die diagram hierbo, wat twee weerstande toon wat “in parallel” verbind is. Die pylpunte op die lyne stel strome voor. ‘n Stroom I_{IN} vloei van links in die kring in, verdeel in twee strome I_1 en I_2 , wat deur weerstande R_1 en R_2 respektiewelik vloei. Nadat deur die weerstande gevloei is, kombineer die strome weer tot I_{UIT} .

Let daarop dat hierdie nie ‘n volledige kring is nie, aangesien ons nie die bron van elektriese potensiaal getoon het wat die vloei van die stroom veroorsaak nie. Ons moet veronderstel dat daar ‘n spanningsbron is en dat sy positiewe terminaal aan die geleier aan die linkerkant van die diagram verbind is en dat sy negatiewe terminaal aan die geleier aan die regterkant van die diagram verbind is en sodoende stroomvloei tot gevolg het.

Deur Kirchoff se stroomwet toe te pas by die punt waar I_{IN} in I_1 en I_2 verdeel, merk ons dat die som van die strome wat na die punt invloei – in hierdie geval is daar slegs een stroom, I_{IN} – moet dit gelyk wees aan die som van die strome wat uit die punt uitvloei – in hierdie geval, $I_1 + I_2$. Een manier om daarna te kyk is dat stroom die vloei van ladings is, en ladings kan nie by ‘n punt akkumuleer nie, dus moet lading net so vinnig van ‘n punt af wegvloei as wat dit daarheen invloei.

In ons analogie met 'n waterpyp, indien jy 'n "T-aansluiting" in 'n pyp sit, dan moet die hoeveelheid water wat by twee openinge uitvloei gelyk wees aan die water wat by een opening invloei aangesien die water wat invloei iewers heen moet gaan en dit nie in die T-aansluiting kan akkumuleer nie.

Dus het ons in die diagram hierbo

$$I_{IN} = I_1 + I_2$$

Met verwysing nou na die punt waar I_1 en I_2 saamkom om I_{UIT} , te vorm, kan ons weer Kirchoff se stroomwet toepas wat sê dat die som van die strome wat na die punt invloei, in hierdie geval – dit is, $I_1 + I_2$ – moet gelyk wees aan die som van die strome wat uit die punt wegvloei, in hierdie geval net I_{UIT} . Dus gee hierdie toepassing van Kirchoff se stroomwet ons

$$I_1 + I_2 = I_{UIT}$$

Aangesien beide vergelykings " $I_1 + I_2$ " aan een kant van die gelykaanteken het, kan ons die twee kombineer en dit gee

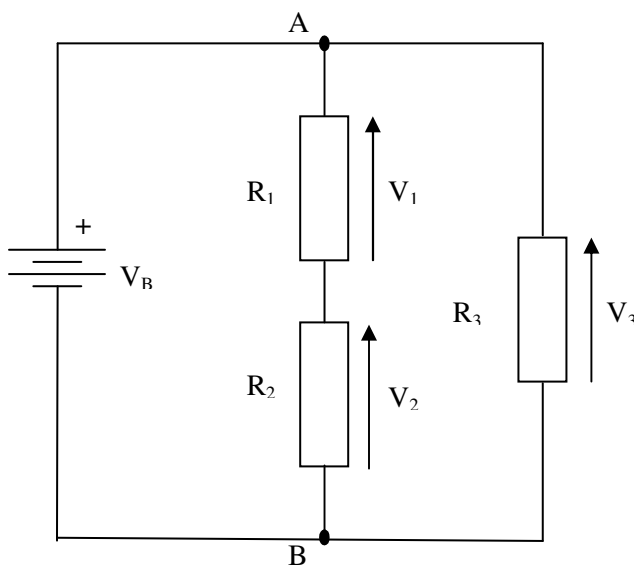
$$I_{IN} = I_{UIT}$$

wat sin maak aangesien die lading wat aan die linkerkant invloei iewers heen moet gaan en die enigste plek waarheen dit kan gaan is om aan die regterkant van die diagram uit te vloei.

Die tweede wet van Kirchoff is Kirchoff se spanningswet. Dit kan op twee verskillende maar ekwivalente maniere geformuleer word. Die eerste manier, wat ek die mees gebruiksvriendelike vind, is as volg:

Kirchoff se Spanningswet (1): *Die spanning tussen enige twee punte in 'n kring is gelyk aan die som van die spanningsvalle in enige baan wat die twee punte verbind.*

Dit vereis 'n verduideliking. Beskou die kring hieronder.



Die simbool aan die linkerkant van die diagram verteenwoordig 'n battery. Die lang lyn stel altyd die positiewe pool voor wat ek "+" gemerk het om dit duidelik te stel. Ek toon ook die batteryspanning as V_B aan. Die battery lewer 'n spanning oor R_1 en R_2 , wat in "serie" verbind is, en ook oor R_3 , wat "in parallel" met R_1 en R_2 verbind is.

Die spanning wat deur die battery aangewend word sal stroomvloei deur R_1 en R_2 veroorsaak, en 'n ander, (heelwaarskynlik verskillende) stroom deur R_3 . Ons weet egter van Ohm se wet dat wanneer 'n stroom deur 'n weerstand vloei, daar 'n spanning oor die weerstand is. Die spanning oor 'n weerstand word dikwels 'n "spanningsval" genoem en ek het die spanningsvalle oor die weerstande R_1 , R_2 en R_3 as V_1 , V_2 en V_3 respektiewelik aangedui. Die lyne met pylpunte dui aan oor watter punte die spanningsvalle voorkom. Let op dat ooreenkomstig konvensie die pylpunte na die positiewe rigting wys, wat beteken dat die pyl in die teenoorgestelde rigting wys as wat die stroom in die baan vloei. (In hierdie kring vloei die strome in die weerstande almal van bo na onder).

Spanningsval: die potensiaalverskil oor 'n komponent soos 'n weerstand wat ontstaan as gevolg van stroom wat deur die komponent vloei.

Dus, wat vertel Kirchoff se spanningswet aangaande hierdie kring? Beskou punte A en B in die diagram. Kirchoff se spanningswet sê vir ons dat die spanning tussen punte A en B gelyk is aan die som van die spanningsvalle langs enige pad tussen A en B. Indien ons die spanning tussen A en B " V_{AB} ", en Kirchoff se spanningswet op al drie die verskillende paaie tussen A en B toepas, vind ons:

$$\begin{aligned} V_{AB} &= V_B && \text{(Van die pad deur die battery)} \\ V_{AB} &= V_1 + V_2 && \text{(Van die pad deur } R_1 \text{ en } R_2) \\ V_{AB} &= V_3 && \text{(Van die pad deur } R_3) \end{aligned}$$

Met ander woorde, *dieselfde* spanning word gevind oor die battery, oor die seriekombinasie van R_1 en R_2 en oor R_3 . Om op 'n ander manier te dink, die batteryspanning V_B is aangelê oor beide die seriekombinasie van R_1 en R_2 en oor R_3 . Die begrip is baie eenvoudig en jy behoort dit maklik te kan toepas sonder om eens bewustelik aan die formele stelling van Kirchoff se spanningswet te dink.

Aan die begin van die afdeling het ek gesê dat daar twee verskillende alhoewel ekwivalente formulerings van Kirchoff se spanningswet is. Die tweede is:

Kirchoff se Spanningswet (2): Die som van die spanningsvalle rondom enige geslote kring is zero.

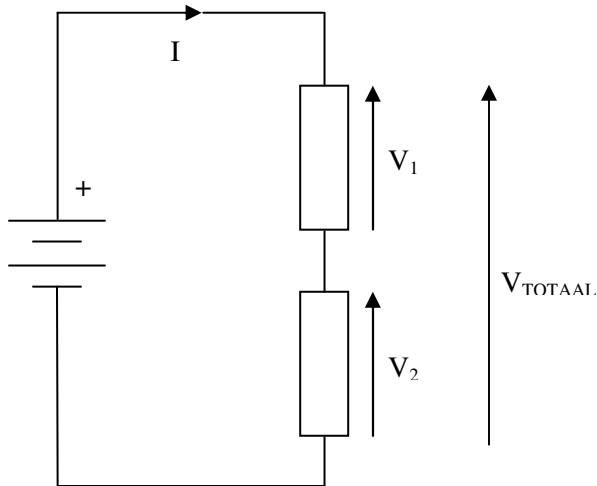
Hierdie is ietwat minder intuïtief as die oorspronklike formulering. Veronderstel dat ons 'n kloksgewyse roete langs die buitenste kring in die bostaande diagram volg, en by punt A begin en eindig. Ons gaan eerstens "deur" die weerstand R_3 , dus is V_3 ons eerste spanningsval. Ons bly op die buitenste kring (en ignoreer R_1 and R_2), en kom volgende by die battery uit. Die spanning oor die battery, V_B , is egter nie 'n *spanningsval* nie aangesien ons van die negatiewe na die positiewe terminaal beweeg, dus *styg* die spanning. Ons kan dit egter nie sommer ignoreer nie, dus neem ons die spanning V_B as 'n *negatiewe* spanningsval waar en tel $-V_B$ by ons "totaal van spanningsvalle". Aangesien die bytel van die negatief van 'n getal dieselfde is as om daardie getal af te trek, kry ons:

$$\text{som van spanningsvalle} = V_3 - V_B$$

Ons het egter reeds gesien dat V_3 en V_B ewe groot is, dus is hulle som gelyk aan zero en Kirchoff is gelukkig!

Weerstande in Serie

Nadat Ohm en Kirchoff se wette bemeester is, kan hulle nou gebruik word om verskeie eenvoudige en welbekende resultate te bereik. Die eerste is die berekening van die effektiewe weerstand van twee weerstande in serie. Beskou die volgende kring:



Die kring toon twee weerstande “in serie” verbind sodat dieselfde stroom deur beide weerstande vloei, alhoewel die spannings oor die weerstande verskillend kan wees. Die stroom wat in die kring vloei is I , terwyl die spannings oor R_1 en R_2 V_1 en V_2 respektiewelik is. Die totale spanning oor die twee weerstande is V_{TOTAAL} . Die battery is slegs vir volledigheid getoon om te wys hoe die stroom ontstaan wat in die kring vloei.

Veronderstel dat ons die twee weerstande met ‘n enkele weerstand wil vervang wat dieselfde effek sal hê. Watter waarde sal die weerstand moet hê?

Let daarop dat die afleiding hier onder net vir die interessantheid gegee word en daar sal nie daarvoor geëksamineer word nie. Jy moet slegs die resultaat ken wat in skuinsskrif aan die einde van hierdie afdeling staan.

Van Ohm se wet,

$$\begin{aligned} V_1 &= I \times R_1 \\ \text{en } V_2 &= I \times R_2 \end{aligned}$$

Van Kirchoff se Spanningswet

$$V_{TOTAAL} = V_1 + V_2$$

Vervang V_1 en V_2 in hierdie formule met die waardes uit Ohm se wet,

$$V_{TOTAAL} = (I \times R_1) + (I \times R_2)$$

$$= I x (R_1 + R_2)$$

Maar hierdie is net Ohm se wet vir 'n weerstand met die waarde $R_1 + R_2$. Met ander woorde die weerstande R_1 en R_2 gesamentlik reageer asof hulle 'n enkele weerstand is met die waarde $R_1 + R_2$ en dit gee ons die waarde waarvoor ons gesoek het.

Wanneer twee of meer weerstande in serie verbind word, is die gekombineerde weerstand die som van die individuele weerstande.

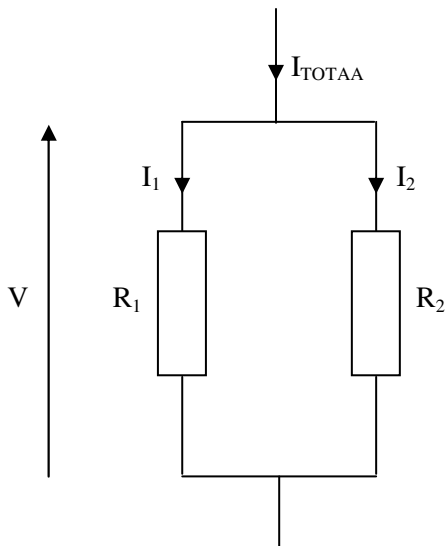
Alhoewel in hierdie voorbeeld slegs twee weerstande getoon is, is dit maklik om die resultaat vir enige aantal weerstande te veralgemeen. Dit kan deur die leser vir oefening gedoen word. (Wenk: jy hoef nie Kirchoff en Ohm se wette te gebruik nie, jy kan slegs die resultaat vir twee weerstande en samestelling gebruik).

By voorbeeld, indien drie weerstande met die waardes $1\text{ k}\Omega$, $2\text{ k}\Omega$ en $4\text{ k}\Omega$ in serie verbind word, sal die totale weerstand $7\text{ k}\Omega$ wees.

Weerstande in Parallel

Komponente kan ook op 'n ander manier nl. *parallel* met mekaar verbind word, dus verskyn dieselfde spanning oor elkeen van die komponente maar die strome in hulle mag (en sal heelwaarskynlik) van mekaar verskil.

Beskou die volgende kring wat twee weerstande in parallel verbind toon. (Hierdie keer word die spanningsbron nie getoon nie – miskien behoort dit 'n “gedeeltelike kring” genoem te word).



Dieselfde spanning V verskyn oor beide weerstande. Die strome deur hulle is I_1 en I_2 , terwyl die totale stroom deur die weerstande is I_{TOTAA} .

Weereens word die afleiding slegs vir interessantheid voorsien en sal daar nie daarvoor geëksamineer word nie.

Deur gebruik van Ohm se wet,

$$\begin{array}{l} I_1 = V \div R_1 \\ \text{en } I_2 = V \div R_2 \end{array}$$

Volgens Kirchoff se Stroomwet,

$$I_{TOTAAL} = I_1 + I_2$$

Vervang die waardes van I_1 en I_2 verkry deur gebruik van Ohm se wet,

$$I_{TOTAAL} = (V \div R_1) + (V \div R_2)$$

Pas Ohm se wet op die hele kring toe,

$$\begin{aligned} V \div R_{PARALLEL} &= I_{TOTAAL} \\ &= (V \div R_1) + (V \div R_2) \end{aligned}$$

Waar $R_{PARALLEL}$ die ekwivalente weerstand van die twee weerstande in parallel is. Deel deur V ,

$$1 \div R_{PARALLEL} = (1 \div R_1) + (1 \div R_2)$$

Hierdie is die resultaat waarna ons gesoek het aangesien dit die verhouding toon tussen die gekombineerde parallelweerstand en die onderskeie weerstande. Dit is nie so maklik om dit in woorde te sê nie, maar ek sal probeer

Wanneer twee of meer weerstande in parallel geskakel word, is die omgekeerde van die ekwivalente weerstand die som van die omgekeerdes van die individuele weerstande.

(Let wel: die omgekeerde van 'n getal is een gedeel deur daardie getal).

Dit laat ons nou met die omgekeerde van die waarde wat ons wil weet. Gelukkig is dit maklik om die omgekeerde van 'n getal om te skakel na die getal self – bereken dus die omgekeerde van die omgekeerde en daar is die oorspronklike getal! By voorbeeld, veronderstel 'n 220Ω weerstand is in parallel geskakel met 'n 330Ω weerstand. Ons kan die gelykstaande van die twee weerstande in parallel as volg bereken;

$$\begin{aligned} 1 \div R_{PARALLEL} &= (1 \div R_1) + (1 \div R_2) \\ &= (1 \div 20) + (1 \div 330) \\ &= 0.004 55 + 0.003 03 \\ &= 0.007 58 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{l} \text{So } R_{PARALLEL} = 1 / 0.007 58 \quad (\text{Die omgekeerde van die omgekeerde!}) \\ = 132 \Omega \end{array}$$

Daar is 'n kortpad waarvan gebruik gemaak kan word wanneer al die weerstande van dieselfde waarde is. In hierdie spesiale geval, indien al die weerstande die waarde R het, en daar N weerstande in parallel verbind is, dan is die ekwivalente weerstand R/N . Ek laat die bewys hiervan oor as 'n oefening vir die geïnteresseerde persoon.

Praktiese Voorbeeld

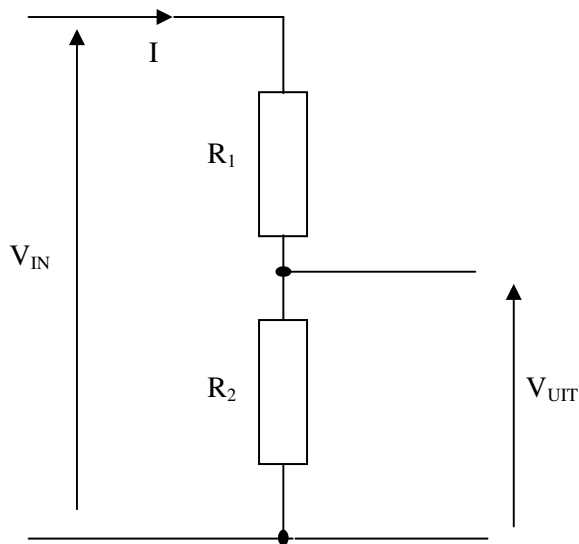
'n "Kunslas" is 'n weerstand van hoë vermoë wat aan die antennerminaal van 'n sender verbind kan word. Dit maak dit moontlik om die sender te toets of te belyn sonder om werklik 'n sein uit te saai. Om 'n toetssein uit te saai sonder dat dit werklik nodig is kan steuring aan andere veroorsaak en word deur amateurs as baie slegte maniere beskou.

Kommersiële kunslaste is beskikbaar, maar is redelik duur. 'n Opsie vir die amateur is om sy eie te bou. Ongelukkig het meeste van die geskikte weerstande wat algemeen beskikbaar is slegs 'n vermoë van 2 W, terwyl meeste senders 100 W kan uitsit en dus 'n 2 W weerstand in rook sal laat opgaan. Een oplossing is om vyftig 2 W weerstande in parallel te verbind sodat elkeen slegs een vyftigste van die senderkrag hoef te absorbeer. In die weerstande elkeen 2 500 Ω (2k5) is, sal die effektiewe weerstand van 50 weerstande in parallel $2\,500 / 50 = 50 \Omega$ wees, wat die regte waarde is wat met meeste senders gebruik kan word.

Onthou dat die kunslas afgeskerm moet wees ten einde te verhoed dat dit ook 'n werkende antenna sal wees. Toe ek een gebou het, het ek dit bereik deur die weerstande met 'n bakpoeierblik van metaal te omhul. Ek het 'n gat in die middel van die boom van die blik gemaak en daar 'n SO235 (UHF) sok gemonteer, 'n stywe draad daaraan gesoldeer en die "lewendige" ente van die weerstande aan die draad gesoldeer. Die ander ente van die weerstande is aan die wand van die blik gesoldeer. (Die blik is van aluminium dus moet aluminiumsoldeersel gebruik word). Op hierdie manier dien die blik ook as hitteput en natuurlik as afskerming teen RF-uitstraling (as die deksel opgeskroef is!).

Die Spanningsverdeler

Twee weerstande in serie kan as *spanningsverdeler* gebruik word. Beskou die kring hieronder.



Die kring toon twee weerstande wat soos tevore in serie verbind is. Maar, hierdie keer meet ons die spanning V_{OUT} oor een van die weerstande. Ons taak is om uit te vind wat hierdie uitsetspanning is in terme van insetspanning wat oor beide weerstande aangelê word.

Met gebruik van die formule vir weerstande in serie weet ons dat die gesamentlike weerstand van R_1 en R_2 in serie $R_1 + R_2$ is. Ons kan Ohm se wet gebruik saam met die insetspanning en die gekombineerde weerstand van R_1 en R_2 in serie ten einde vas te stel wat die insetstroom is.

$$I = V_{IN} \div (R_1 + R_2)$$

Indien ons nou aanvaar dat 'n nalaatbare klein stroom by die uitset onttrek word, sal dieselfde stroom deur beide weerstande vloei. Dus kan ons die spanning oor R_2 bepaal, wat ook die uitsetspanning is:

$$V_{UIT} = I \times R_2$$

Deur die waarde van I wat ons verkry deur middel van Ohm se wet en die seriekombinasie van R_1 en R_2 kry ons:

$$\begin{aligned} V_{UIT} &= (V_{IN} \div (R_1 + R_2)) \times R_2 \\ &= (V_{IN} \times R_2) \div (R_1 + R_2) \end{aligned}$$

Die kring is bekend as 'n "spanningsverdeler" aangesien die uitsetspanning proporsioneel aan, maar kleiner as, die insetspanning is, dus is die effek van die kring om die insetspanning met 'n konstante faktor (kleiner as 1) te verdeel.

Opsomming

Kirchoff se stroomwet sê dat by enige punt in 'n kring (stroombaan) waar twee of meer geleiers bymekaarkom, die som van die strome wat na die punt vloei gelyk is aan die som van die strome wat daarvandaan wegvloei. Sy spanningswet sê dat die spanning tussen enige twee punte in 'n kring (stroombaan) gelyk is aan die som van die spanningsvalle langs enige baan wat die twee punte met mekaar verbind.

Ons kan hierdie wette saam met Ohm se wet gebruik om die ekwivalente waardes van weerstande in serie of parallel te bereken. Wanneer twee of meer weerstande in serie verbind word, is die gekombineerde weerstand die som van die individuele weerstande. Wanneer twee of meer weerstande in parallel gekoppel word, is die omgekeerde van die ekwivalente weerstand die som van die omgekeerdes van die individuele weerstande.

Die spanningsverdeler bestaan uit twee weerstande in serie met 'n uitsetspanning oor een van die weerstande. Die formule vir die uitsetspanning van 'n spanningsverdeler is:

$$V_{UIT} = (V_{IN} \times R_2) \div (R_1 + R_2)$$

Hersieningsvrae

- 1 Twee 10 kilo-ohm weerstande is in parallel verbind. Indien die spanning van 'n battery oor die weerstande 'n stroom van 5 mA in een weerstand laat vloei, hoe groot is die stroom wat in die tweede weerstand vloei?
 - a. 10 mA.
 - b. 2 mA.
 - c. 20 mA.
 - d. 5 mA.

- 2 Twee weerstande is in serie aan 'n 9 volt battery verbind. Die spanning oor een van die weerstande is 5 volt. Wat is die spanning oor die ander weerstand?**
- 4 V.
 - 5 V.
 - 9 V.
 - 13 V.
- 3 In 'n parallelkring met 'n spanningsbron en verskeie takweerstande, watter verband het die totale stroom met die stroom in die takstrome?**
- Die totaal is gelyk aan die gemiddelde van die stroom in elke weerstand.
 - Die totaal is gelyk aan die som van die takstrome in elke weerstand.
 - Die totaal verminder soos meer parallel weerstande in die kring aangebring word.
 - Die totaal word bereken deur die spanningsval oor elke weerstand bymekaar te tel en die som te vermenigvuldig met die totale getal van al die weerstande.
- 4 Twee weerstande is in serie verbind. Die totale weerstand is 1 200 ohm. Indien een van die weerstande 800 ohm is, wat is die waarde van die ander een?**
- 1 000 ohm.
 - 800 ohm.
 - 400 ohm.
 - 1 200 ohm.
- 5 'n 100 ohm weerstand is in serie met 'n ander een van 200 ohm verbind. Die ekwivalente weerstand van die twee weerstande is:**
- 100 ohm.
 - 200 ohm.
 - 300 ohm.
 - 400 ohm.
- 6 'n 100 ohm weerstand is in parallel met 'n 200 ohm weerstand verbind. Die ekwivalente weerstand van die twee weerstande is:**
- 50 ohm.
 - 67 ohm.
 - 75 ohm.
 - 300 ohm.
- 7 Twee gloeilampe is in serie verbind. Watter van die volgende stellings is waar?:**
- Die stroom wat deur elkeen van die gloeilampe vloei is identies.
 - Die spanning oor elkeen van die gloeilampe is identies.
 - Die weerstand van die gloeilampe is identies.
 - Die lig wat deur elkeen van die gloeilampe gelewer word is identies.
- 8 Twee gloeilampe is in parallel aan 'n toevoer verbind. Een van hulle blaas en word oopkring (dus geen stroom kan deur hom vloei nie). Wat sal gebeur met die stroom wat deur die lamp gloei wat nog werk?**
- Dubbel die stroom as voorheen sal deur die werkende lamp vloei.
 - Geen stroom sal deur die werkende lamp vloei nie.
 - Dieselfde stroom as voorheen sal deur die werkende lamp vloei.
 - Die helfte van die stroom as voorheen sal deur die werkende lamp vloei.

- 9 Die uitsetspanning van 'n spanningsverdeler met twee enerse weerstande sal wees:**
- a. Dieselfde as die insetspanning.
 - b. Een kwart van die insetspanning.
 - c. Helfte van die insetspanning.
 - d. Eenderde van die insetspanning
- 10 'n Kunslas word gemaak deur vier-en-veertig $2k2$ weerstande in parallel te verbind. Die weerstand van die kunslas is:**
- a. 20 ohm.
 - b. 50 ohm.
 - c. 75 ohm.
 - d. 100 ohm.