

## Hoofstuk 7 – Wisselstroom

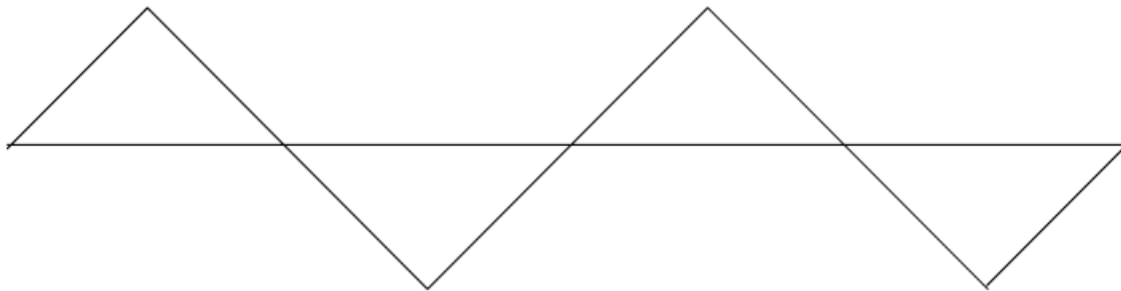
### Inleiding

In gelykstroom- (G.S.) kringe, vloei die stroom altyd in een rigting. Die rede hiervoor is omdat die spanningsbron wat gebruik word om die kring te aktiveer altyd dieselfde polariteit het – die een terminaal (die positiewe een) is altyd positief ten opsigte van die ander terminaal. Dit veroorsaak dat die stroom in die kring ook net in een rigting vloei.

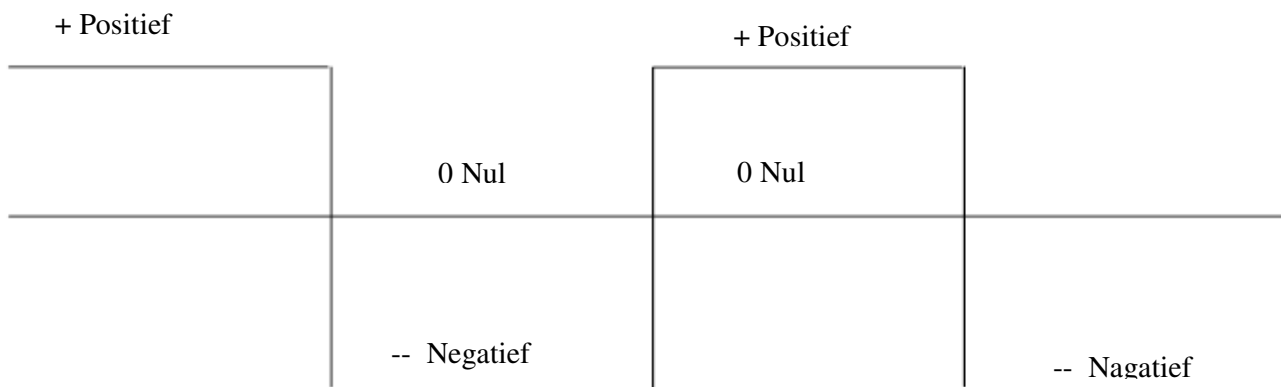
In ander kringe verander die rigting van die stroomvloei egter gedurig. Die stroom vloei eers in die een rigting, dan in die omgekeerde rigting, en dan weer in die oorspronklike rigting en so hou dit aan. Die rigtingsverandering geskied in konstante intervalle en gewoonlik baie kere per sekonde. Hierdie kringe word wisselstroom (W.S.) -kringe genoem. Krag vir die kringe kan voorsien word deur wisselstroom-kragbronne soos die gewone kragpunte in ons huise. Met W.S. kragbronne is daar nie 'n “positiewe” of “negatiewe terminaal” nie. Een terminaal sal slegs vir 'n breukdeel van 'n sekonde positief ten opsigte van die ander wees, dan word die rolle omgeruil en word die ander terminaal vir 'n kort rukkie weer positief teenoor die eerste, en so hou dit aan. Alhoewel die afkorting W.S. “wisselstroom” beteken, verwys dit meestal na die spanning in frases soos “n W.S. Spanning” en “15V W.S.”

### Die Sinusgolf

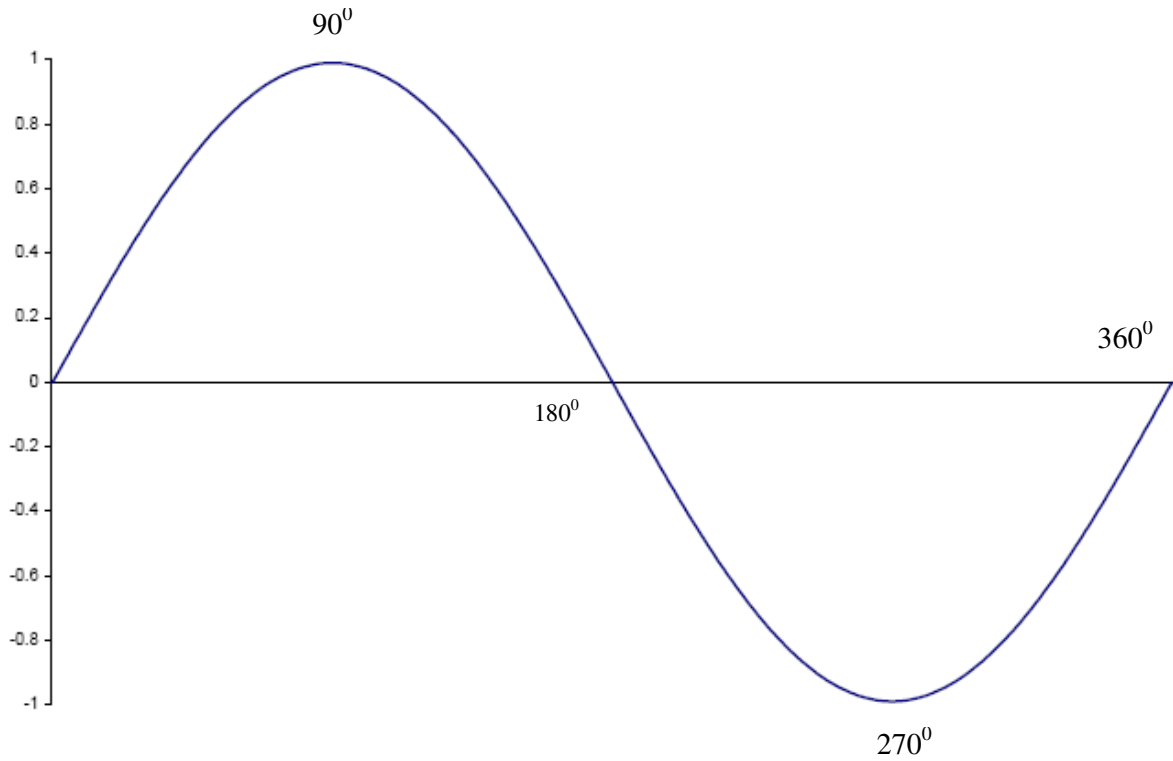
Sou jy die spanning of stroom in 'n W.S. kring plot teenoor tyd, is daar baie moontlike vorm tipes (genoem "golfvorme") wat dit kan aanneem. By voorbeeld:



*Figuur 1: 'n Driehoeksgolf*



Figuur 2: 'n Vierkantsgolf



Figuur 3: 'n Sinusgolf

Hierdie golfvorm word weer gegee deur die volgende wiskundige vergelyking

$$:V = V_{piek} \times \sin(2\pi ft)$$

waar  $V_{piek}$  die piek spanning van die golfvorm is,  $f$  die frekwensie,  $t$  die tyd,  $\pi$  die wiskundige konstante "pie" (ongeveer 3.14) en  $\sin$  die trigonometriese sinusfunksie is. Die vorm van die sinusgolf word hieronder getoon. Let op dat dit nie twee halvesirkels is, soos dit partykeer foutiewelik getrek word nie.

Die rede waarom ons gewoonlik sinusgolwe of -kurwes gebruik is omdat die Franse

Wiskundige, Joseph Fourier (1768 - 1830) getoon het dat enige ander golfvorm ontleed kan word in 'n aantal sinusgolwe van verskillende frekwensies. As ons dus verstaan hoe 'n kring reageer op 'n sinusgolf, kan ons maklik die kring se respons op enige ander golfvorm bereken deur 'n tegniek genoem *Fourieranalise*. 'n Sinusgolf verteenwoordig 'n "skoon" W.S. golfvorm wat slegs 'n enkele frekwensie bevat, ook genoem die fundamentele frekwensie. Enige ander golfvorm bevat beide die fundamentele en harmonieke frekwensies, wat almal integrale veelvoude van die fundamentele frekwensie is.

### **Siklusse en halvesiklusse**

'n W.S. golfvorm bestaan gewoonlik uit baie identiese siklusse, een na die ander. Figuur 3 toon slegs een volledige siklus van 'n sinusgolf, terwyl figuur 1 weer twee volledige siklusse van 'n driehoeksgolf toon.

**Vraag:** *Hoeveel siklusse van 'n vierkantsgolf word getoon in figuur 2?*

Gewoonlik is elektriese golfvorme soos W.S. spannings positief vir die helfte van die tyd en negatief vir die ander helfte. Wanneer ons slegs verwys na die positiewe of negatiewe gedeelte, verwys ons na die "positiewe halvesiklus" en "negatiewe halvesiklus".

## Periode en Frekwensie

Die periode van 'n golfvorm is die tyd wat dit neem vir een siklus om te voltooi, en gewoonlik uitgedruk in sekondes, millisekondes of mikrosekondes.

**Definisie:** *Die periode van 'n golfvorm is die tyd wat dit neem om een volledige siklus te voltooi.*

Die frekwensie van 'n golfvorm is die aantal siklusse per sekonde. Die eenheid van frekwensie, een siklus per sekonde, is hertz (afgekort as Hz) ter ere van die Duitse fisikus Gustav Hertz (1887 - 1975).

**Definisie:** *Die frekwensie van 'n golfvorm is die aantal siklusse per sekonde.*

Siende dat die periode die aantal sekondes per siklus is, en frekwensie die aantal siklusse per sekonde, volg dit dat die periode en frekwensie van 'n golfvorm die omgekeerdes van mekaar is. Dus:

$$t = 1 \div f$$

en

$$f = 1 \div t$$

waar  $t$  die periode (in sekondes) and  $f$  die frekwensie in hertz is.

Byvoorbeeld, die kragfrekwensie in Suid-Afrika is 50 Hz (50 siklusse per sekonde). Die periode kan dus soos volg bereken word:

$$\begin{aligned} t &= 1 \div f \\ &= 1 \div 50 \\ &= 0,02 \text{ s} \\ &= 20 \text{ ms} \end{aligned}$$

## Golflengte en die spoed van lig

Elektriese strome en spannings beweeg deur geleiers teen die spoed van lig, 'n baie hoë, maar nie 'n oneindige hoë spoed nie. Die spoed van lig, gewoonlik aangedui deur die simbool  $c$  in fisika, is ongeveer  $3 \cdot 10^8$  m/s. Dit is net oor 'n miljard ( $10^9$ ) kilometer per uur!

Stel 'n W.S. golfvorm, met 'n konstante frekwensie, voor, wat deur 'n baie lang geleier teen die spoed van lig beweeg. Een spesifieke siklus sal op 'n spesifieke oomblik in tyd begin, en dus ook op 'n spesifieke plek op die geleier. Die begin van 'n volgende siklus sal op 'n spesifieke tyd later begin, (die verskil in tyd is die *periode* van die golf) en in hierdie tyd sal die golf, teen die spoed van lig, 'n sekere afstand verder op die geleier beweeg het. Siende dat die spoed van lig konstant is, en die tyd tussen opeenvolgende siklusse ook konstant is, volg dit dat die afstand tussen die begin van een siklus en die begin van 'n daaropvolgende siklus (vir hierdie spesifieke golf) ook konstant is. Hierdie afstand staan bekend as die *golflengte* van die golf.

**Definisie:** Die golflengte van 'n golf is die afstand wat dit beweeg in een siklus.

Omdat die golflengte die afstand voorstel wat 'n golf in 'n sekere tyd beweeg, is dit verwant aan die periode en die frekwensie en wel soos volg:

$$\lambda = c \div f$$

en

$$T = c \div \lambda$$

waar  $\lambda$  die golflengte in meters,  $c$  die spoed van lig,  $T$  die periode in sekondes en  $f$  die frekwensie in hertz is.

Ter illustrasie: Een van my gunsteling radiostasies is Cape Talk, wat uitsaai op 'n frekwensie van 567 kHz. Die ooreenstemmende golflengte kan soos volg bereken word:

$$\begin{aligned} \lambda &= c \div f \\ &= (3 \times 10^8) \div (567 \times 10^3) \\ &= 529 \text{ m} \end{aligned}$$

Dit is die afstand wat die radiogolwe van Cape Talk sal beweeg gedurende een volledige siklus.

Daar is 'n kortpad wat handig vir radio-amateurs is. Omdat ons die meeste frekwensies in megahertz (miljoene siklusse) uitdruk, kan ons die aantal nulle of die wetenskaplike notasie verminder deur die volgende formule te gebruik:

$$\lambda = 300 \div F$$

waar  $\lambda$  die golflengte in meter en  $F$  die frekwensie in MHz is. Byvoorbeeld, die frekwensie van 14,100 MHz het 'n golflengte van

$$\begin{aligned} \lambda &= 300 \div F \\ &= 300 \div 14,1 \\ &= 21,3 \text{ m} \end{aligned}$$

Let daarop, hoe hoër die frekwensie, hoe korter die golflengte en vice-versa. Die frekwensie van die golflengte word met die volgende formule bereken:

$$F = 300 \div \lambda$$

waar  $F$  die frekwensie in MHz en  $\lambda$  die golflengte in meter is. Die amateur "twee-meter band" se frekwensie is byvoorbeeld ongeveer:

$$\begin{aligned} \lambda &= 300 \div F \\ F &= 300 \div 2 \\ &= 150 \text{ MHz} \end{aligned}$$

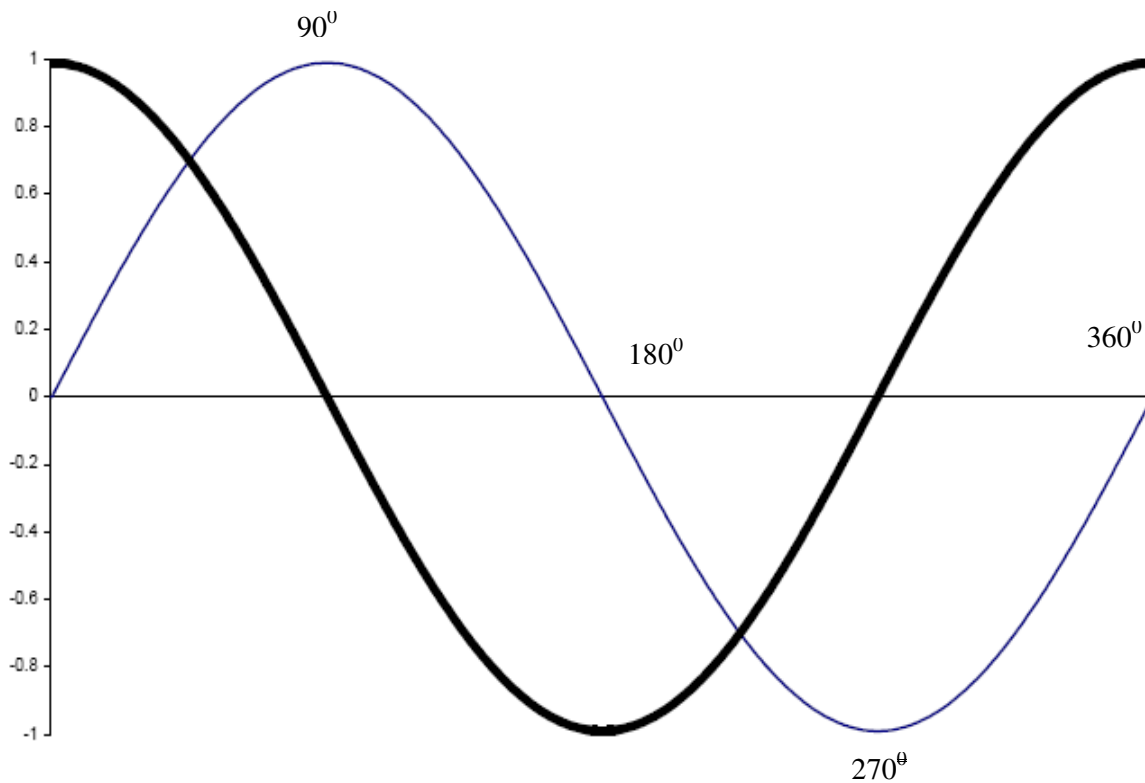
Die werklike frekwensie van die twee-meter band is 144 - 146 MHz. Die rede vir die verskil is dat die "twee-meter" band slegs bedoel is as 'n naam vir die band, en nie as 'n akkurate beskrywing van die golflengte nie. "Twee meter en sewentig sentimeter" is 'n bietjie van 'n mondvol!

## Fase

Dit is moontlik om twee sinusgolwe, met dieselfde frekwensie, te hê waar die siklusse op verskillende oomblikke begin in tyd. In hierdie geval praat ons van 'n *fase verskil*. Die fase verskil word gewoonlik uitgedruk in grade. Een volledige siklus het 360°. 'n Fase verskil

van 'n kwart golf sal dus  $90^\circ$  wees.

Die golf wat 'n sekere punt in sy siklus bereik, bv. die maks positiewe waarde, *lei* die ander golf. Omgekeerd, die golf wat die ooreenstemmende punt bereik na die ander, *volg* die ander. In figuur 4, die golf getrek met die dik lyn, lei die ander met  $90^\circ$  omdat dit sy maksimum positiewe waarde bereik voor die ander golf.



Figuur 4: Twee sinusgolwe met 'n faseverskil van  $90^\circ$

## W.G.K. Spanning en Stroom

Dink terug aan die formule wat drywingsdissipasie van 'n weerstand en 'n spanning oor die weerstand gee nl:

$$P = V^2 \div R$$

As hierdie formule op 'n sinusgolf toegepas word, kan 'n mens sien dat die drywingsdissipasie maksimaal is by die positiewe - en negatiewe pieke van die golfvorm, en weer 'n minimum wanneer die spanning nul is. (Onthou dat die kwadraat van 'n negatiewe getal positief is.)

Indien ons die kwadraat van die spanning oor 'n volle siklus van die sinusgolf kan bereken, sal ons ook die ekwivalente G.S. spanning kan bereken wat dieselfde drywingsdissipasie in 'n weerstand sal gee. Dié staan bekend as die "wortel gemiddelde kwadraat" of W.G.K. spanning.

**Definisie:** Die W.G.K. waarde van 'n W.S. spanning is die waarde van 'n G.S. spanning wat dieselfde drywingsdissipasie oor 'n weerstand tot gevolg sal hê.

Vir 'n sinusgolf is die W.G.K. spanning die piek spanning (die maksimum spanning wat tydens die positiewe en negatiewe pieke bereik word) gedeel deur die vierkantswortel van twee.

$$\begin{aligned} V_{RMS} &= V_{Piek} \div \sqrt{2} \\ \text{dus } V_{RMS} &= 0,707 \times V_{Piek} \end{aligned}$$

Let daarop dat hierdie formule slegs geldig is vir 'n sinusgolf.

Wanneer iemand die waarde van 'n W.S. spanning gee, word aanvaar dat die waarde die W.G.K. spanning is, tensy anders vermeld. As voorbeeld kan die hoof- of kragspanning in Suid-Afrika van 240V W.S. geneem word. Dit is die W.G.K. waarde. Ons kan die piek spanning nou as volg bereken:

$$\begin{aligned} V_{WGK} &= V_{Piek} \div \sqrt{2} \\ \text{dus } V_{Piek} &= \sqrt{2} \times V_{WGK} \\ &= 1,41 \times 240 \\ &= 338 \text{ V} \end{aligned}$$

Op dieselfde manier word die W.S. stroom gewoonlik uitgedruk as 'n W.G.K. waarde tensy anders vermeld. Die definisie is dieselfde"

**Definisie:** Die W.G.K. waarde van 'n W.S. stroom is die waarde van 'n G.S. stroom wat dieselfde drywingsdissipasie in 'n weerstand tot gevolg sal hê.

Die W.G.K. stroom van die piekstroom kan bereken word deur dieselfde formule as om die W.G.K. spanning van die piekspanning te bereken, te gebruik:

$$\begin{aligned} I_{WGK} &= I_{Piek} \div \sqrt{2} \\ \text{dus } I_{WGK} &= 0,707 \times I_{Piek} \end{aligned}$$

Dit is gerieflik om te werk met W.G.K. spannings en strome omdat Ohm se wet en die formules vir drywing vir W.S. spannings en strome presies is soos vir G.S. spannings en strome - solank as wat jy W.G.K. waardes gebruik.

Byvoorbeeld, indien die element van 'n ketel van 240V W.S. (W.G.K.) 'n waarde van 48Ω het, dan sal die stroom wat deur die element vloei die volgende wees:

$$\begin{aligned} I &= V \div R \\ &= 240 \div 48 \\ &= 5 \text{ A (W.G.K.)} \end{aligned}$$

Alhoewel ek getoon het dat die 5 A 'n W.G.K. waarde is, sal dit normaalweg nie nodig wees nie, omdat W.G.K. waardes vir alle W.S. waardes aanvaar word, tensy anders vermeld.

Op dieselfde manier kan die drywing deur die gewone formule bereken word,

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 240 \times 5 \\ &= 1,2 \text{ kW} \end{aligned}$$

Omdat ons W.G.K. waardes gebruik, gee die standaard formule die korrekte antwoord.

## Opsomming

'n W.S. golfvorm bestaan uit baie identiese siklusse, die een na die ander. Sinusgolwe bestaan

uit 'n enkele frekwensie wat bekend staan as die fundamentele frekwensie. Alle ander golfvorms het addisionele frekwensies wat bekend staan as harmonieke. Die periode van 'n golfvorm is die tyd wat dit neem om een volledige siklus te voltooi. Die frekwensie van 'n golfvorm is die aantal siklusse wat in een sekonde voltooi word. Die golflengte van 'n golf is die afstand wat dit beweeg in een siklus. Die golflengte en frekwensie van 'n golf is verwant aan mekaar deur die volgende formule:

$$F = 300 \div \lambda$$

waar  $F$  die frekwensie in MHz en  $\lambda$  die golflengte in meters is. Fase verskille word uitgedruk in grade, met  $360^\circ$  as een volledige siklus.

W.S. spannings en strome word uitgedruk in terme van W.G.K. waardes. Die W.G.K. waarde van 'n W.S. spanning of stroom is die waarde van 'n G.S. spanning of stroom wat dieselfde drywingsdissipasie in 'n weerstand sal veroorsaak. Die W.G.K. spanning kan bereken word vanaf die piek spanning, deur die formule:

$$V_{W.G.K.} = 0,707 \times V_{Piek}$$

## Hersieningsvrae

- 1. Die frekwensie van 'n W.S. golfvorm word in die volgende eenheid gedefinieer:**
  - a. Sekondes
  - b. Snelheid
  - c. Periode
  - d. Hertz
- 2. Die frekwensie van 5 Hz het 'n periode van:**
  - a. 2 sekondes
  - b. 300 sekondes
  - c. 0,2 sekondes
  - d. 1,2 sekondes
- 3. Die golflengte van 'n sein van 100 Mhz in die vrye ruimte is:**
  - a. 30mm
  - b. 0,3m
  - c. 3m
  - d. 30,00m
- 4. 'n Golf het 'n periode van 20ms. Sy golflengte in die vrye ruimte is:**
  - a. 6km
  - b. 60km
  - c. 600km
  - d. 6 000km
- 5. Twee sinusgolwe is  $180^\circ$  uit fase met mekaar. Wanneer die een golf op sy maksimum positiewe waarde is, is die ander:**
  - a. Ook op sy maksimum positiewe waarde.
  - b. Is dit by sy maksimum negatiewe waarde.
  - c. Is dit by nul.
  - d. Kan nie bepaal word uit die gegewe inligting nie.
- 6. Watter golfvorm bestaan slegs uit die fundamentele frekwensie, sonder enige harmonieke:**
  - a. 'n Vierkantsgolf
  - b. 'n Sinusgolf

- c. 'n Driehoeksgolf
  - d. 'n Saagtandgolf
- 7. Watter waarde verteenwoordig die verhouding van W.G.S. tot die piekwaarde van 'n WS golfvorm?**
- a. 0,5
  - b. 0,636
  - c. 1,414
  - d. 0,707
- 8. Wat word die waarde van 'n W.S. golfvorm, wat die ekwivalente verhittingseffek van 'n G.S. spanning verteenwoordig, genoem?**
- a. W.G.K. waarde
  - b. Gemiddelde waarde
  - c. Piekwaarde
  - d. Aangepaste waarde
- 9. Die hoof- of kragspanning in die V.S.A. is 115V W.G.K. Wat is die piekspanning?**
- a. 81 V
  - b. 115 V
  - c. 163 V
  - d. 220 V
- 10. Die hoof- of kragspanning in Suid-Afrika is 240 V W.G.K. Indien dit gekoppel word oor 'n verhittingselement van 576 ohms, hoeveel drywing sal gedissipeer (verbruik) word?**
- a. 10 W
  - b. 57.6 W
  - c. 100 W
  - d. 576 W
- 11. 'n Elektriese geysers werk vanaf die 240V W.S. W.G.K. toevoer en verbruik 2,4 kW. Hoeveel stroom vloei deur die stelsel?**
- a. 10 A W.G.K.
  - b. 10 A piek
  - c. 10 A gemiddeld
  - d. 10 A G.S.
- 12. 'n Hoëtrouster luidspreker het 'n weerstand van 8 ohm. Wanneer dit 8 watt lewer, wat is die W.G.K. spanning oor die luidspreker?**
- a. 1 V W.G.K.
  - b. 8 V W.G.K.
  - c. 10 V W.G.K.
  - d. 80 V W.G.K.