

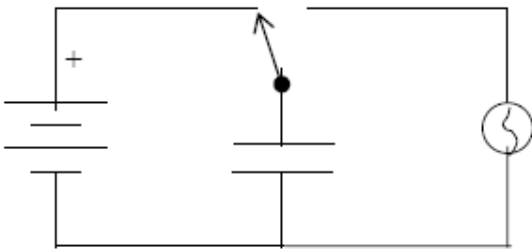
## Hoofstuk 8 – Kapasitansie en die Kapasitor

Die kapasitor is 'n komponent wat uit twee elektries geleidende *plate* bestaan wat deur 'n lagie dun isoleringsmateriaal, genoem die *diëlektrikum*, van mekaar geskei is. Die stroombaansimbool vir 'n kapasitor is goed tekenend van sy konstruksie:



Die twee vertikale lyne stel die geleidende plate voor en die spasie tussen hulle stel die isolerende diëlektrikum voor.

Kapasitore het 'n eienskap wat genoem word *kapasitansie*, wat die vermoë is om energie in die elektriese veld tussen die plate te stoor. Om te verstaan hoe dit werk, beskou die diagram hier onder:



Die diagram toon 'n kapasitor waarvan een pool aan 'n keuseskakelaar verbind is sodat die pool of aan die battery aan die linkerkant of die gloeilamp aan die regterkant gekoppel kan word.

Laat ons begin deur te dink wat in terme van elektrone gebeur. Wanneer die kapasitor na die battery geskakel word, sal van die negatief gelaaiede elektrone in die boonste plaat van die kapasitor aangetrek word na die positiewe pool van die battery. Terselfdertyd sal elektrone uit die negatiewe pool van die battery na die onderste plaat van die kapasitor vloei. In effek werk die battery nou as 'n 'elektronepomp' wat elektrone uit die boonste plaat van die kapasitor deur die battery na die onderste plaat van die kapasitor pomp. Deur hierdie proses verloor die boonste plaat van die kapasitor van sy elektrone en word dus positief gelaai. Terselfdertyd kry die onderste plaat elektrone by en word dus negatief gelaai. In terme van die begrip van konvensionele stroom, vloei 'n stroom van bo na onder deur die kapasitor, wat 'n potensiaalverskil oor die kapasitor laat ontstaan. met die boonste plaat meer positief gelaai en die onderste plaat meer negatief gelaai. Hierdie proses word die 'laai' van 'n kapasitor genoem.

Die spanning wat oor die kapasitor ontstaan opponeer die stroomvloei deur die kapasitor. Soos die spanning oor die kapasitor toeneem, neem die stroom deur die kapasitor af en wanneer die spanning oor die kapasitor dieselfde is as die batteryspanning eindig die stroomvloei heeltemaal. Die kapasitor is ten volle gelaai.

Veronderstel dat die skakelaar nou oorgeskakel sodat die kapasitor aan die gloeilamp gekoppel word. Die surplus elektrone op die negatief gelaaiede onderste plaat sal aangetrek word deur die positief gelaaiede boonste plaat, wat 'n tekort aan elektrone het, dus sal 'n stroom vloei – weer in terme van konvensionele stroomvloei, vloei die stroom van die positief gelaaiede boonste plaat na die negatief gelaaiede onderste plaat. Hierdie stroom sal die gloeilamp laat gloei. Soos die stroom vloei sal die ladings op die kapasitor se plate geleidelik na normaal terugkeer en die potensiaalverskil tussen die plate sal verminder. Dit sal

vermindering in die vloeï van die stroom tussen die plate tot gevolg hê en uiteindelik sal beide plate weer dieselfde aantal elektrone hê, daar sal geen potensiaalverskil tussen die plate wees nie en die vloeï van stroom sal eindig. Hierdie proses word die ‘ontlading’ van ‘n kapasitor genoem.

Wanneer ‘n kapasitor in ‘n GS-kring gelaai word, is daar ‘n spanning oor die kapasitor en stroom vloeï daardeur, dus moet krag in die kapasitor verbruik word volgens die formule  $P = VI$ . Hierdie krag word egter nie in hitte omgesit soos in die geval van ‘n weerstand nie. Intendeel, energie word gestoor in die elektriese veld tussen die plate. Wanneer die kapasitor ontlai word, word hierdie energie vrygestel, in hierdie geval laat dit die gloeilamp gloei.

Kapasitors kom in verskillende waardes. Die waarde van ‘n kapasitor (sy kapasitansie) hang af van:

- Die oppervlakte van die plate, hoe groter die oppervlakte, hoe groter die kapasitansie.
- Die distansie tussen die plate. Hoe groter die afstand, hoe kleiner die kapasitansie.
- ‘n Eienskap van die diëlektrikum, genoem sy *diëlektriese konstante*.

Groot kapasitors (bedoelende dié met hoë kapasitansie, nie noodwendig met betrekking tot hulle fisiese grootte nie) is in staat om baie energie te stoor deurdat dit toelaat dat ‘n groot surplus positiewe en negatiewe ladings op sy plate kan akkumuleer. Klein kapasitors kan weer min energie stoor aangesien net klein surplus ladings kan akkumuleer. Die waarde van ‘n kapasitor word in Farad uitgedruk en tipiese waardes in die praktyk gebruik wissel vanaf 1 pF tot 1 000  $\mu$ F of meer.

## Kapasitors in WS-kringe

Kapasitors word meer interessant in WS-kringe. Beskou die kring waarin ‘n wisselspanning aan ‘n kapasitor in serie met ‘n weerstand aangelê word:



Let daarop dat die simbool “~” in die spanningsbron beteken dat dit ‘n WS-bron is. Die simbool “V” beteken die spanning van die bron, en “C” stel die waarde van die kapasitor voor.

Die eerste vraag is of stroom hoegenaamd gaan vloeï. Indien die spanningsbron GS was, sou die kapasitor gou laai tot dieselfde spanning as die bron, en geen verdere stroom sal vloeï nie (behalwe vir ‘n baie klein *lekstroom*). Omdat in hierdie geval egter die bron WS is, is die situasie verskillend. Soos die stroom in een rigting vloeï, sal die kapasitor begin laai en die potensiaalverskil wat hierdeur ontstaan sal die stroomvloeï deur die kapasitor opponeer. Wanneer die stroomvloeï omkeer, sal die kapasitor begin om te ontlai en die energie wat dit ‘geleen’ het sal aan die kring teruggegee word. Uiteindelik sal die kapasitor heeltemaal ontlai wees en sal dit weer begin laai, maar met teenoorgestelde polariteit. Dan keer die stroomrigting weer om, die kapasitor kan weer ontlai alvorens dit in die oorspronklike rigting laai.

Dus met ‘n WS-bron sal ‘n stroom deur ‘n kapasitor vloeï. Dit is interessant om die effek van frekwensie te beskou. ‘n Lae frekwensie sal veroorsaak dat ‘n stroom vir ‘n lang tyd in een rigting sal vloeï. Gedurende hierdie tyd sal die kapasitor aanmerklik gelaai word en die potensiaalverskil wat tussen die plate ontstaan sal die stroomvloeï in die kring aanmerklik teenstaan. Vir ‘n laefrekwensiebron sal dus net ‘n klein stroom vloeï. Hierteenoer sal met ‘n hoëfrekwensiebron stroom net vir ‘n kort tydjie in een rigting vloeï voordat dit

rigting omkeer. Dit sal nie lank genoeg wees om toe te laat dat die kapasitor aanmerklik gelaai kan word nie, dus sal nie aanmerklike spanningsverskil tussen die plate ontstaan nie en gevolglik sal daar nie veel teenstand teen die vloei van stroom wees nie. Dus, vir 'n hoëfrekwensiebron sal 'n groter stroom vloei.

## Reaktansie

Die teenstand wat teen die vloei van stroom wat met kapasitors in 'n WS-kring ondervind word, is nie weerstand nie. Indien dit weerstand was, sou energie in die kapasitor vrygestel word. Inteendeel, ons het gesien dat energie wat tydens een halfsikus 'geleen' word, gedurende die volgende halfsikus weer aan die kring teruggegee word. Die teenstand teen die vloei van stroom in 'n kapasitor word 'reaktansie' genoem en word aangedui deur die simbool  $X$ . Die formule vir die reaktansie van 'n kapasitor is:

$$X_C = -1 / (2 \pi f C)$$

$X_C$  is die kapasitiewe reaktansie in ohm,  $f$  die frekwensie in Hertz en  $C$  die kapasitansie in Farad. Let op dat die reaktansie *afneem* met *toename* in frekwensie. Dit is waarom kapasitors by hoër frekwensies minder teenstand teen stroomvloei bied.

Ons oorspronklike vraag is hoeveel stroom in die kring sal vloei? Gelukkig geld Ohm se wet vir reaktansie net soos dit geld vir weerstande.

$$I = -V / X$$

As ons dus die reaktansie van 'n kapasitor bereken het, kan ons maklik die stroom in 'n kring bereken. Ons moet egter daarop let dat alhoewel beide weerstand en reaktansie in ohm uitgedruk word, ons nie hulle waardes netso bymekaar kan tel nie, daar is 'n subtiele verskil. Byvoorbeeld, in die kring hierbo, veronderstel die spanning  $V$  is 1 volt, die kapasitansie van die kapasitor is 1 nF en die frekwensie is 1 MHz. Dan is die reaktansie van die kapasitor:

$$\begin{aligned} X_C &= -1 / (2 \pi f C) \\ &= -1 / (2 * 314 * 10^6 * 10^{-9}) \\ &= -1 / (0,00628) \\ &= -159 \Omega \end{aligned}$$

Moenie te veel oor die minusteken in die vergelykings bekommer nie. Kapasitiewe reaktansies is altyd negatief. Die stroom wat in die kring vloei kan met gebruik van Ohm se wet in 'n effens gewysigde formaat bereken word:

$$I = V / |X|$$

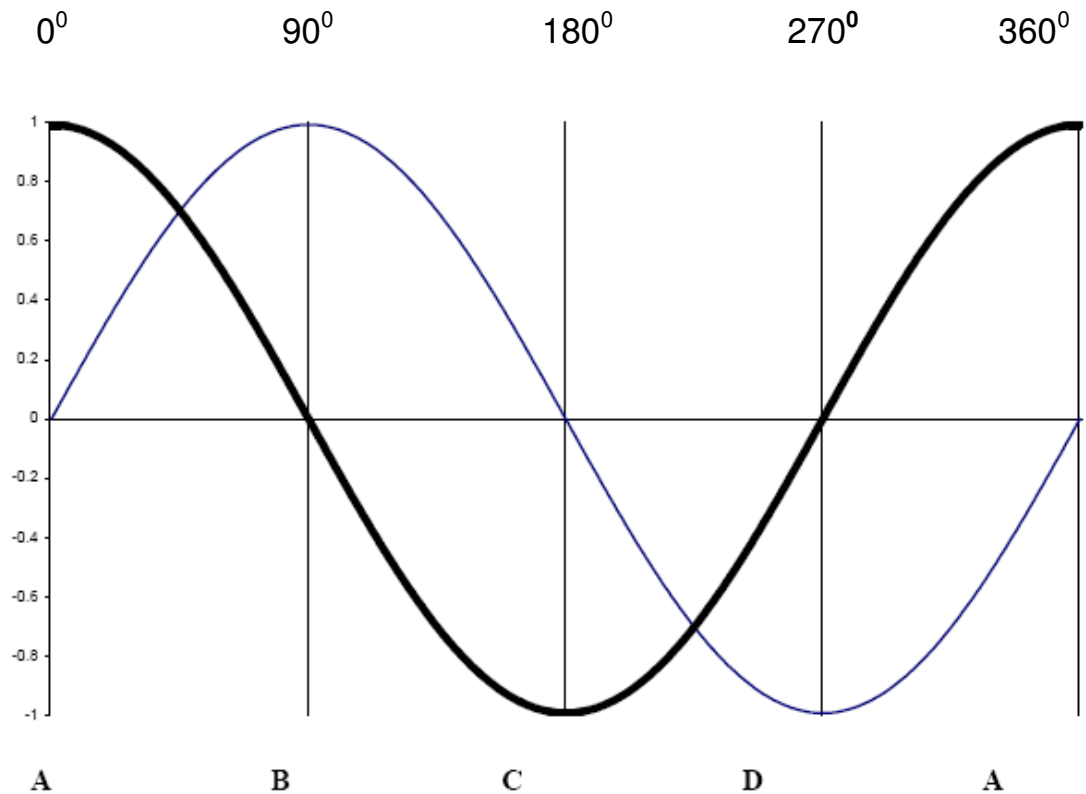
Hier beteken  $|X|$  'die numeriese waarde van  $X$ ' sonder inagneming van die minusteken voor  $X$ .  
Dus:

$$\begin{aligned} I &= 1 / 159 \\ &= 0,0063 \text{ A} \\ &= 6,3 \text{ mA} \end{aligned}$$

## Fasehoek tussen Stroom en Spanning

Die stroom wat deur 'n kapasitor vloei en die spanning oor die kapasitor het 'n interessante eienskap nl. dat hulle altyd  $90^\circ$  uit fase is. Ter verduideliking, die stroom wat deur 'n kapasitor vloei *yl voor* die spanning oor die kapasitor met  $90^\circ$ , dus *yl* die spanning oor die kapasitor  $90^\circ$  *agter* die stroom. In die grafiek hieronder stel dik lyn die stroom deur die kapasitor voor terwyl die dun lyn die die spanning oor die kapasitor voorstel.

(Die materiaal hiervandaan tot by die volgende hoofopskrif is opsioneel en daaroor sal nie ge-eksamineer word nie).



Hierdie is nie teenintuïtief soos dit met die eerste oogopslag mag blyk nie. Onthou dat die kapasitor gelaai word – dit is, die spanning oor sy plate neem toe – vir so lank as wat daar stroom in die regte rigting deur hom vloei. Dus behoort die kapasitor maksimum positiewe lading te bereik – dus met die maksimum positiewe spanning oor sy plate – wanneer ‘n positiewe stroom vir so lank as moontlik deur hom gevloei het. Dit is presies wat gebeur by die punt in tyd gemerk "B" hierbo. Soortgelyk, behoort dit maksimum negatiewe lading te bereik by die punt waar ‘n negatiewe stroom vir solank as moontlik deur hom gevloei het, wat by punt "D" gebeur.

Ook, aangesien die tempo waarteen ‘n kapasitor laai of ontlaai afhang van die stroom deur hom, behoort hierdie tempo maksimum te wees by die punte van maksimum stroom. By voorbeeld, by "A" waar die maksimum positiewe stroom deur die kapasitor vloei, is waar die ontlaaitempo die grootste is.

Hierdie is ‘n ander wyse waarop reaktansie van weerstand verskil. Die spanning oor ‘n weerstand is altyd in fase met die stroom deur die weerstand, terwyl die spanning oor ‘n reaktansie altyd met 90° uit fase is met die stroom wat deur die reaktansie vloei. In der waarheid is dit die verklaring waarom daar geen krag in ‘n reaktansie vrygestel word nie. Die formule vir krag is:

$$P = VI$$

Onthou egter dat ‘n positiewe getal vermenigvuldig met ‘n ander positiewe getal of ‘n negatiewe getal vermenigvuldig met ‘n negatiewe getal beide ‘n positiewe resultaat lewer; terwyl dat ‘n positiewe getal vermenigvuldig met ‘n negatiewe getal, of omgekeerd, ‘n negatiewe resultaat lewer.

Indien jy na die grafiek hierbo kyk wat die spanning oor en die stroom deur 'n kapasitor aantoon, sal jy sien dat in die eerste kwart van die grafiek, van "A" tot "B", beide spanning en stroom positief is, dus is die krag "vrygestel" positief. In die laaste kwart van die grafiek egter, tussen "D" en "A", het die spannings en strome presies dieselfde waardes (maar teenoorgesteld), maar nou is die spanning negatief terwyl die stroom positief bly, dus is die resultaat negatief. Dit kanselleer presies die positiewe kraglewering gedurende die eerste kwart van die grafiek uit.

Soortgelyk, tussen "C" en "D" is die spanning en stroom beide negatief, dus is die "kraglewering" positief. Die spanning en stroom het egter presies dieselfde waardes tussen "B" en "C" (maar weer omgekeerd), maar hierdie keer is die spanning positief terwyl die stroom negatief bly, dus is die "kraglewering" negatief en kanselleer presies die positiewe kraglewering tussen "C" en "D" uit.

Die positiewe kraglewering van "A" tot "B" en van "C" na "D" word dus presies uitgekanselleer deur die negatiewe kraglewering tussen "B" en "C" en tussen "D" en "A". Dit toon dat die kapasitor energie "leen" terwyl dit laai en dit weer "teruggee" terwyl dit ontlai.

*(Einde van opsionele materiaal).*

## Kapasitore in Parallel en Serie

Twee of meer kapasitore wat in parallel verbind word is ekwivalent aan 'n enkele kapasitor met 'n waarde gelyk aan die som van die waardes van die individuele kapasitore. Dus vir kapasitore in parallel is:

$$C_{EKWIV} = C_1 + C_2 + \dots$$

Let daarop dat dit soortgelyk is aan die vergelyking vir weerstande in *serie*.  
Vir kapasitore in serie:

$$1/C_{EKWIV} = 1/C_1 + 1/C_2 + \dots$$

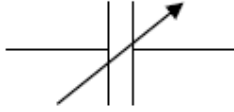
Let daarop dat dit soortgelyk is aan die vergelyking vir weerstande in parallel.

## Tipes Kapasitore

Soos weerstande is kapasitore ook in verskillende tipes beskikbaar wat vir verskillende toepassings geskik is:

- Keramiek kapasitore is in die algemeen geskik vir radiofrekwensie-(RF) toepassings, is goedkoop, maar hulle toleransie is swak (rondom  $\pm 10\%$ ), dus moet hulle nie gebruik word vir kritiese toepassings soos frekwensiebepalende elemente in ossillators of filters nie. Hulle is beskikbaar in waardes 100 pF tot ong. 100 nF en in spannings tot 15 kV.
- Silwermika kapasitore is ook goed vir gebruik by RF maar het nouer toleransies (tipies  $\pm 1\%$ ), maar is redelik duur. Hulle is slegs beskikbaar in redelik klein waardes vanaf 1 pF tot 100 nF.
- Polikarbonaat kapasitore is geskik wanneer hoër waardes teen medium toleransies (tipies  $\pm 5\%$ ) benodig word. Waardes wissel van 10 nF tot 10  $\mu$ F.
- Elektrolitiese kapasitore maak gebruik van metaalfoelie (gewoonlik aluminium) vir die plate van die kapasitor en 'n semivloeiende geleidende chemiese samestelling tussen hulle. Die isolerende diëlektrikum is 'n baie dun chemiese laag wat op die metaalfoelie deur die diëlektrikum neergeslaan word wanneer GS aan die kapasitor aangelê word. Elektrolitiese kapasitore kan baie hoë waardes hê, tot duisende farad, maar meeste van hulle is *gepolariseerd*, wat beteken dat een van die terminale altyd positief teenoor die ander terminaal moet wees. Dit maak hulle die beste geskik vir aanwending in GS-kringse soos kragbronne.

Verstelbare kapasitors bestaan uit twee stelle plate. Deur 'n verstellingsknop te draai word die oorvleuling van 'n beweegbare stel plate oor 'n vaste stel plate verander en die kapasiteit tussen die stelle plate word dus verander. Verstelbare kapasitors word dikwels gebruik as die bandinstemelement in radios. (In moderne digitale sendontvangers word egter gebruik gemaak van 'n digitale tipe beheer genoemd 'n *as-encodeerder*). Die simbool vir 'n verstelbare kapasitor word hier onder getoon:



## Opsomming

Kapasitors bestaan uit twee geleidende plate wat geskei is deur 'n isolerende diëlektrikum. Kapasitors het 'n eienskap genoemd *kapasitansie*, wat die eienskap is om energie in 'n elektriese veld tussen die plate te stoor. Die energie word gestoor wanneer die kapasitor *gelaai* word en word vrygestel wanneer die kapasitor *ontlaai* word. Die kapasitansie van 'n kapasitor hang af van die grootte van die oppervlakte van die plate, die afstand tussen die plate en die diëlektriese konstante van die isolerende materiaal tussen die plate.

In WS-kringe vertoon kapasitors reaktansie wat die vloei van stroom teenstaan. Alhoewel reaktansie in ohm uitgedruk word, is dit nie dieselfde as weerstand nie aangesien geen energie vrygestel word nie. Die reaktansie van 'n kapasitor word gegee deur die formule:

$$X_C = -1 / (2 \pi f C)$$

Ohm se wet kan toegepas word deur die grootte van 'n reaktansie in plaas van 'n weerstand te gebruik

$$V = I |X| \text{ or } |X| = V / I \text{ or } I = V / |X|$$

Die stroom deur 'n kapasitor *yl met 90° voor* die spanning oor die kapasitor. Anders gestel, die spanning oor 'n kapasitor *yl met 90° na* die stroom deur 'n kapasitor.

Vir kapasitors in parallelverbind:

$$C_{EKWIV} = C_1 + C_2 + \dots$$

Terwyl vir kapasitors in serie:

$$1/C_{EKWIV} = 1/C_1 + 1/C_2 + \dots$$

Daar is verskillende tipes kapasitors wat vir verskillende toepassings geskik is. Elektrolitiese kapasitors is gewoonlik gepolariseerd, en een terminaal moet altyd positief teenoor die ander terminaal wees. Verstelbare kapasitors word gebruik as die instemkontrole vir baie radios.

## Hersieningsvrae

**1 Die faseverskuiwing tussen spanning en stroom in 'n kapasitor is:**

- 90 grade.
- 45 grade.
- 360 grade.
- In fase.

**2 Drie kapasitors van 1  $\mu\text{F}$  word in parallel verbind. Die ekwivalente kapasitansie is:**

- 0,33  $\mu\text{F}$ .

- b.  $3,0 \mu\text{F}$ .
- c.  $0,3 \mu\text{F}$ .
- d.  $33,33 \mu\text{F}$ .

**3 'n Kapasitor van  $250 \text{ pF}$  word benodig om 'n instemkring te resoneer. 'n  $100 \text{ pF}$  kapasitor is in parallel met 'n verstelbare kapasitor verbind. Vir watter waarde moet die verstelbare kapasitor ingestel word om resonansie te verkry?**

- a.  $150 \text{ pF}$ .
- b.  $300 \text{ pF}$ .
- c.  $350 \text{ pF}$ .
- d.  $400 \text{ pF}$ .

**4 'n Waarde van  $1\ 000 \text{ pF}$  is ekwivalent aan:**

- a.  $10 \text{ nF}$ .
- b.  $1 \text{ nF}$ .
- c.  $0,1 \text{ nF}$ .
- d.  $100 \text{ nF}$ .

**5 Die energie in 'n gelaaië kapasitor is gestoor in die:**

- a. Spanning oor die terminale.
- b. Stroom deur die kapasitor.
- c. Die elektriese veld tussen die plate.
- d. Vorm van magnetisme.

**6 Die eenheid van kapasitansie is die?:**

- a. Farad.
- b. Permeabiliteit.
- c. Konduktansie.
- d. Impedansie.

**7 Wat is die totale kapasitansie van twee of meer kapasitors wat in parallel verbind is?**

- a. Dieselfde as enige van die kapasitors.
- b. Helfte die kapasitansie van enige van die kapasitors.
- c. Dubbel die kapasitansie van enige van die kapasitors.
- d. Die kapasitansie kan nie bereken word alvorens die werklike waardes van die kapasitors bekend is nie.

**8 Waarna verwys die eenhede mikrofarad en picofarad?**

- a. Induktansie.
- b. Kapasitansie.
- c. Weerstand.
- d. Stroom.

**9 Soos die plaatoppervlakte van 'n kapasitor toeneem, gebeur die volgende met sy kapasitansie:**

- a. Dit neem af.
- b. Dit neem toe.
- c. Dit bly dieselfde.
- d. Dit word spanningsafhanklik.

**10 Watter van die faktore hieronder genoem sal NIE die kapasitansiewaarde van 'n kapasitor beïnvloed nie**

- a. Oppervlakte van die plate.
- b. Distansie tussen plate.
- c. Spanningsaanslag.
- d. Diëlektriese konstante van die materiaal tussen die plate.

**11 Die (waarde van) die reaktansie van 'n kapasitor:**

- a. Bly konstant met veranderende frekwensie.
- b. Styg met stygende frekwensie.
- c. Neem af met stygende frekwensie.
- d. Styg met afnemende frekwensie.

**12 Die kapasitiewe reaktansie van 'n 16  $\mu\text{F}$ , 40 volt elektrolitiese kapasitor by 'n sein van 100 Hz is:**

- a. 1 000  $\Omega$ .
- b. 10 k $\Omega$ .
- c. 10  $\Omega$ .
- d. 100  $\Omega$ .

**13 Indien die frekwensie van 'n sein aangewend aan 'n kapasitor verdubbel word, sal die kapasitor se kapasitiewe reaktansie:**

- a. Verdubbel.
- b. Vervierdubbel.
- c. Een kwart van die oorspronklike waarde wees.
- d. In waarde halveer.