

## Hoofstuk 10 Ingestemde Kringe

Induktore en kapasitore kan in series en parallel verbind word om kringe te skep wat die vermoë besit om sekere frekwensie te aanvaar of te verwerp. Hierdie kringe word genoem ingestemde kringe wat baie belangrik in radio is.

### Reaktansies in series

Beide kapasitore en induktore vertoon reaktansie in WS kringe. Die reaktansie hang af van die frekwensie volgens die formules hieronder:

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

en  $X_L = 2 \pi f L$

Wanneer reaktansie in series verbind is byvoorbeeld twee kapasitore of twee induktore of a kapasitor en 'n induktor, kan die reaktansies saamgevoeg word wat dan gelyk is aan reaktansie van die twee reaktansies in series:

$$X_{GELYK AAN} = X_1 + X_2 + \dots$$

Veronderstel twee 100 pF kapasitore word in series verbind. Die reaktansie van elk van die kapasitore by 'n frekwensie van 10 MHz is:

$$\begin{aligned} X_C &= -1 \div (2 \pi f C) \\ &= -1 \div (2 \times 3.14 \times 10^7 \times 10^{-10}) \\ &= -1 \div 0.00628 \\ &= -159 \Omega \end{aligned}$$

Dus die reaktansie van die twee reaktansies in series, is gelyk aan:

$$\begin{aligned} X_{gelyk\ aan} &= X_1 + X_2 \\ &= -159 + -159 \\ &= -318 \Omega \end{aligned}$$

Daar is 'n ander manier om die berekening te doen. Omdat twee kapasitore van dieselfde waarde (100 pF) in series verbind is, moet die totale kapasitansie gelyk wees aan die helfte van kapasitansie van een van die kapasitore, 50 pF .

$$\begin{aligned} X_C &= -1 \div (2 \pi f C) \\ &= -1 \div (2 \times 3.14 \times 10^7 \times 5 \times 10^{-11}) \\ &= -1 \div 0.00314 \\ &= -318 \Omega \end{aligned}$$

### Reaktansies in Parallel

Insgelyks, die formule vir twee reaktansies in parallel is gelyk aan: s:

$$1 \div X_{gelyk\ aan} = (1 \div X_1) + (1 \div X_2) + \dots$$

Byvoorbeeld twee kapasitore van 100 pF elk met reaktansie van  $-159 \Omega$  elk by 10 MHz word in parallel verbind, dan is die resultante waarde gelyk aan:

$$\begin{aligned} 1/X_{\text{gelyk aan}} &= (1 \div X_1) + (1 \div X_2) + \dots \\ &= (1 \div 159) + (1 \div 159) \\ &= -0.0126 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{so } X_{\text{gelyk aan}} &= 1 \div 0.0126 \\ &= -79.5 \Omega \end{aligned}$$

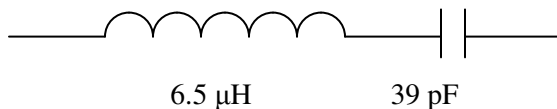
Dit maak sin want twee kapasitore van 100 pF elk in parallel verbind lewer 200 pF totaal se reaktansie by 10 MHz is:

Once again this makes sense since the two 100 pF capacitors connected in parallel are equivalent to a single 200 pF ( $2 \times 10^{-10}$  F) capacitor, with a reactance at 10 MHz of:

$$\begin{aligned} X_C &= -1 \div (2 \pi f C) \\ &= -1 \div (2 \times 3.14 \times 10^7 \times 2 \times 10^{-10}) \\ &= -1 \div 0.0126 \\ &= -79.5 \Omega \end{aligned}$$

## DIE Serie Ingestemde Kring

Jy mag wel vrae waarom die formules van reaktansies in series en parallel leer as berekenings gemaak kan word met die formules van kapasitore en induktore in series en parallel wat ons reeds ken? Die antwoord kan in die kring hieronder gevind word van 'n kapasitor en induktor in series verbind.

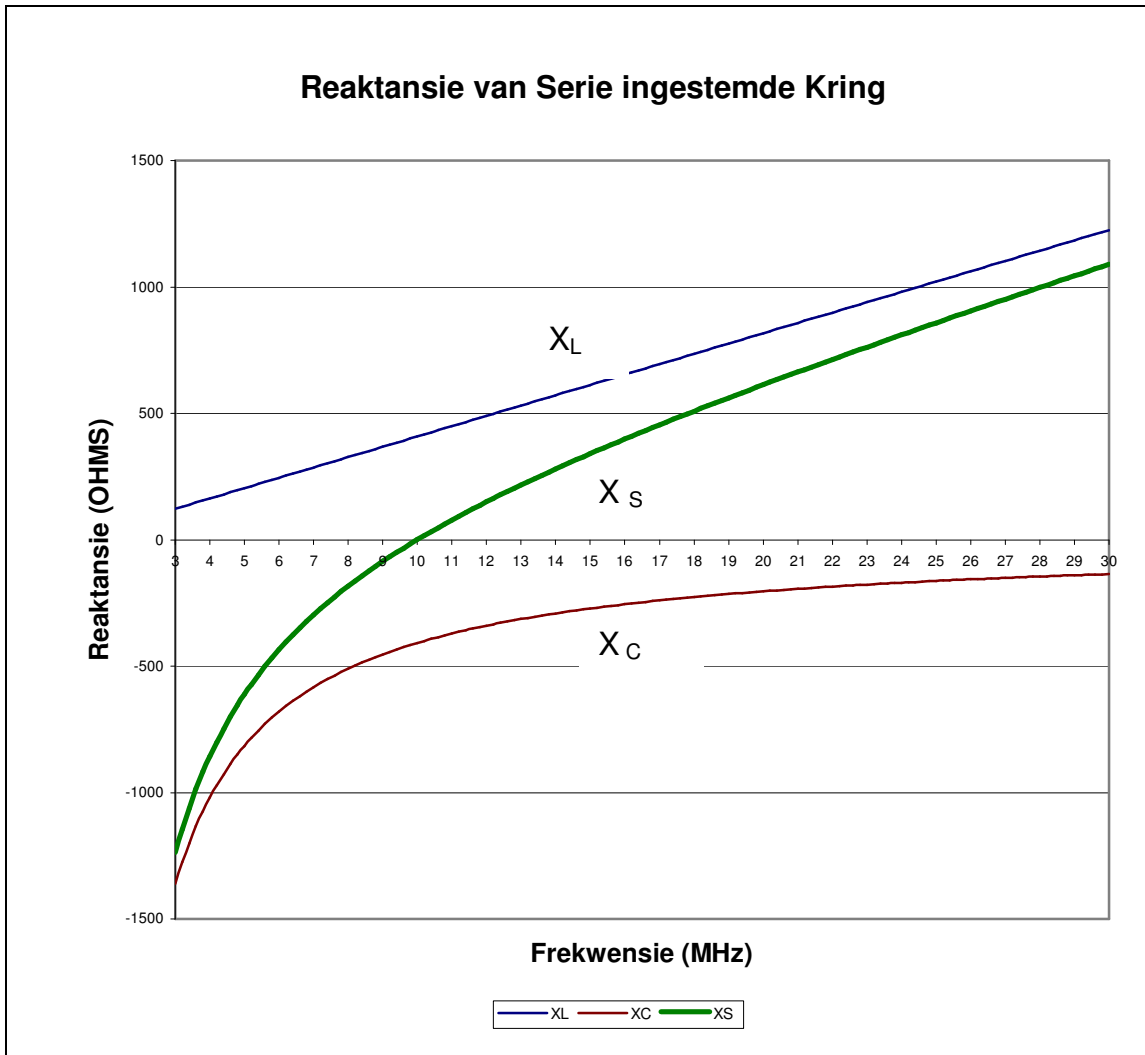


'n Serie Ingestemde Kring.

Veronderstel die gelykstaande totale reaktansie van die twee onderdele by 10 MHz word bereken. Die formule vir induktore in serie of die formule vir kapasitore in serie kan nie gebruik word nie want in die kring is daar een van elk. Daarom moet die individuele reaktansie van elke onderdeel by 10 MHz bereken word en dan die formule vir reaktansies in serie gebruik word.

Die reaktansie van die induktor word soos volg bereken:

$$\begin{aligned} X_L &= 2 \pi f L \\ &= 2 \times 3.14 \times 10^7 \times 6.5 \times 10^{-6} \\ &= 408 \Omega \end{aligned}$$



Die reaktansie van die kapasitor word soos volg bereken::

$$\begin{aligned}
 X_C &= -1 \div (2 \pi f C) \\
 &= -1 \div (2 \times 3.14 \times 10^7 \times 39 \times 10^{-12}) \\
 &= -1 \div 0.006908 \\
 &= -408 \Omega
 \end{aligned}$$

Dus die saamgestelde waarde van die kapasitor en induktor in serie by 10 MHz is:

$$\begin{aligned}
 X_L + X_C &= 408 - 408 \\
 &= 0 \Omega
 \end{aligned}$$

Dis reg die antwoord is nul want die positiewe reaktansie van die induktor kanselleer die negatiewe reaktansie van die kapasitor by 10 MHz dus is daar geen reaktansie nie. Die frekwensie waar die positiewe en negatiewe reaktansies mekaar uitkanselleer word die *resonante frekwensie* van die kring genoem. Die kring word 'n serie-resonante kring of serie-ingestemde kring genoem.

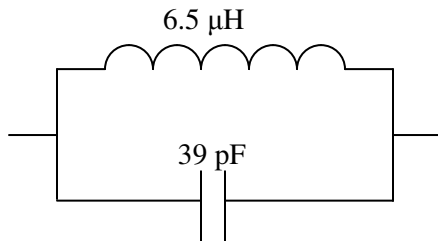
Aangesien die reaktansie van die induktor styg met frekwensie terwyl die reaktansie van die kapasitor daal met frekwensie en mekaar uitkanselleer sal dit net by een frekwensie gebeur. By enige ander frekwensie sal die kring of positiewe of negatiewe reaktansie toon. Die kring hieronder toon die induktiewe  $X_L$  (altyd positief), kapasitiewe reaktansie  $X_C$  (altyd negatief) en die saamgestelde reaktansie van die serie kring  $X_S$ . Dit toon dat die saamgestelde reaktansie negatief (kapasitief) is as dit laer as die resonante frekwensie (10MHz) is en positief hoër as die resonante frekwensie.

Die serie-ingestemde kring is baie handig in radio-elektronika want die lae reaktansie naby die resonante frekwensie laat stroom maklik vloei in die kring naby hierdie frekwensie, terwyl hoë reaktansie by ander frekwensies sal stroomvloei verhinder by frekwensies behalwe die resonante frekwensie.. Op hierdie manier kan 'n serie-ingestemde kring aangewend word om frekwensies naby die resonante frekwensie te aanvaar terwyl ander seine verwerp word.

## Die Parallel-ingestemde Kring

Nadat ons die interessante werking van die serie-ingestemde kring beskou het, ontstaan die vraag wat gebeur as die onderdele in parallel verbind word.

Om die berekeninge te vergemaklik gebruik ons weer dieselfde onderdeel waardes,  $L = 6.5 \mu\text{H}$  en  $C = 39 \text{ pF}$ .



*'n Parallel Ingestemde Kring*

Die gesamentlike reaktansie by 10 MHz word weer bereken want dit sal ook interessante verskynsel toon in die parallel-ingestemde kring.

Die formule vir reaktansie in parallel is:

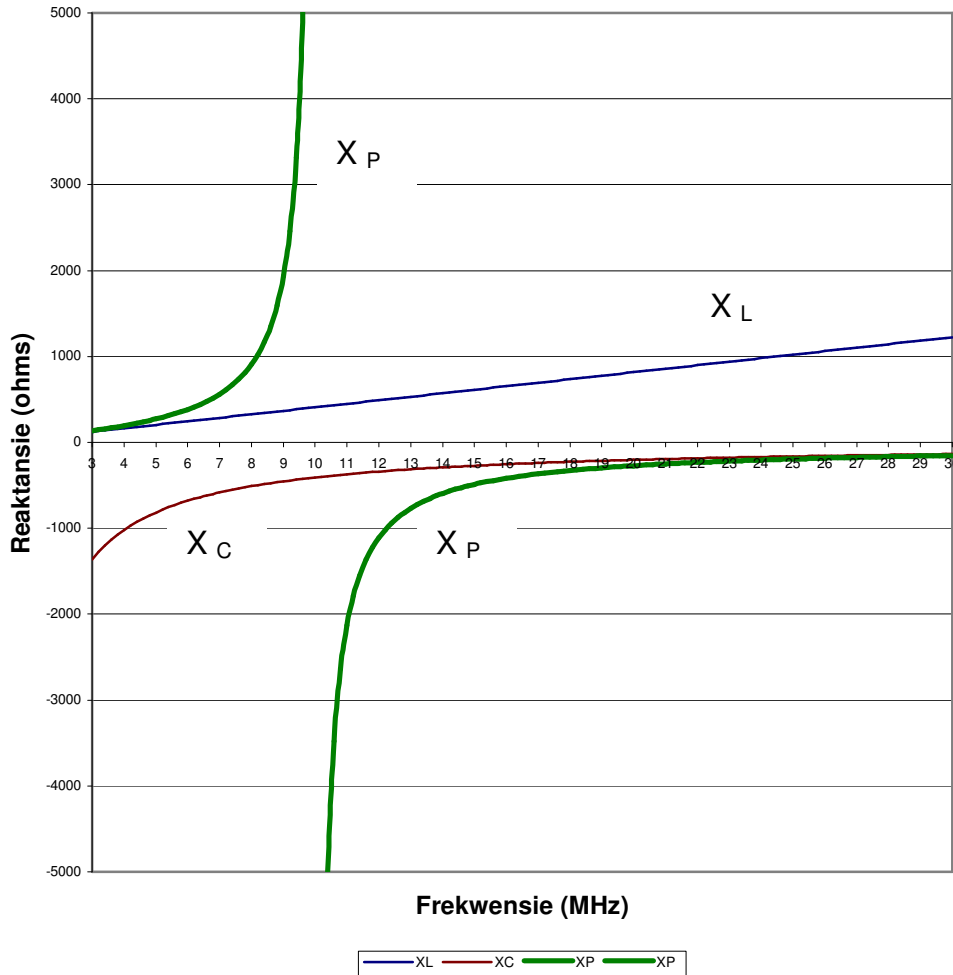
$$\begin{aligned} \frac{1}{X_{\text{GELYK AAN}}} &= \left(\frac{1}{X_L}\right) + \left(\frac{1}{X_C}\right) \\ &= \left(\frac{1}{408}\right) + \left(\frac{1}{-408}\right) \\ &= 0.00245 - 0.00245 \\ &= 0 \end{aligned}$$

so  $X_{\text{GELEK AAN}} = \frac{1}{0}$   
 $= \text{????}$

Wat het hier gebeur? Weereens het die positiewe reaktansie die negatiewe reaktansie uitgekanselleer, maar hierdie keer verskyn die nul in die denominator (onder) van die

verhouding, wat veroorsaak dat die resultaat onbekend is. As ons egter 'n grafiek teken wat die reaktansies by 'n reeks frekwensies toon, sal ons beter verstaan wat gebeur het.

### Reaktansies in 'n Parallel-ingestemde kring



Weereens die induktiewe reaktansie is altyd positief terwyl die kapasitiewe reaktansie altyd negatief is. In hierdie geval egter begin die saamgestelde reaktansie van die ingestemde kring effens positief (induktief) en word meer en meer positief na gelang die resonante frekwensie genader word. By die resonante verander dit egter oombliklik van 'n baie hoë positiewe (induktief) reaktansie na 'n baie hoë negatiewe (kapasitief) reaktansie. Geen wonder die werklike waarde by resonansie onbekend is..

Gevolgtlik besit 'n parallel-ingestemde kring 'n hoë reaktansie naby resonansie terwyl die reaktansie klein is weg van die resonante frekwensie. Dus kan die parallel-ingestemde kring aangewend word om frekwensie naby die resonante frekwensie te verwerp terwyl seine by ander frekwensies relatief maklik deurgelaat word.

### Sirkulerende Stroom in 'n Parallel-ingestemde Kring

In 'n parallel-ingestemde kring is daar twee komponente wat energie kan opgaar. Die induktor gaar energie op in sy magnetiese veld en die kapasitor gaar energie op in sy elektriese veld tussen die plate. By resonansie word energie aanhoudend oorgeplaas van die kapasitor na die induktor en weer terug.

Soos die kapasitor gelaai word ontwikkel 'n spanning tussen die plate. Hierdie spanning laat 'n stroom vloei deur die induktor wat 'n magnetiese veld ontwikkel. Soos die kapasitor ontlai daal die spanning oor die plate en dus verminder die stroomvloei deur die induktor. Die induktor sal egter weerstand bied teen die verandering in stroom deur die induktor. Die magnetiese veld van die induktor stort in en 'n spanning word in die induktor geïnduseer wat poog om die stroom in dieselfde rigting soos voorheen te laat vloei. Die stroom laai weer die kapasitor maar met die teenoorgestelde polariteit as tevore. Soos die kapasitor laai ontstaan 'n spanning oor die plate. Hierdie spanning laat 'n stroom deur die induktor in die teenoorgestelde rigting vloei wat 'n magnetiese veld ontwikkel en hou so aan heen en weer.

Die parallel-ingestemde kring tree soos 'n slinger (pendulum) op, deur aanhoudend energie tussen twee vorms oor te plaas. Een gevolg van die *sirkulerende stroom* wat in 'n parallel-ingestemde kring vloei, d. i. Die stroom wat in die kring, bestaande uit die kapasitor en die induktor vloei, kan baie groter wees as die stroom wat die parallel-ingestemde kring van die res van kring trek. In praktiese kringe is dit nie ongewoon dat die sirkulerende stroom in die parallel ingestemde kring 100 keer meer is as wat dit van die eksterne kring trek.

## Berekening van die Resonante frekwensie

Ons het gesien dat in albei *series en parallel ingestemde kringe*, iets interessant by die resonante frekwensie gebeur. Dit is waar die reaktansie van die kapasitor en induktor dieselfde waarde het, maar een is positief en die ander negatief en mekaar dus uitkanselleer. 'n Formule vir die resonante frekwensie kan soos volg bepaal word:

By resonansie is die waarde van die kapasitiewe en induktiewe reaktansies gelyk, dus

$$2 \pi f L = 1 \div (2 \pi f C)$$

$$\text{dus } f^2 = 1 \div (4 \pi^2 L C)$$

$$\text{en } f = 1 \div (2 \pi \sqrt{LC})$$

Jy moet net weet hoe om die formule aan te wend. Byvoorbeeld 'n parallel kring bestaan uit 'n 6.5  $\mu\text{H}$  induktor en 'n 39 pF kapasitor. :

$$\begin{aligned} f &= 1 \div (2 \pi \sqrt{LC}) \\ &= 1 \div (2 \times 3.14 \times \sqrt{6.5 \times 10^{-6} \times 39 \times 10^{-12}}) \\ &= 1 \div (6.28 \times \sqrt{253.5 \times 10^{-18}}) \\ &= 1 \div (6.28 \times 1.59 \times 10^{-8}) \end{aligned}$$

$$= 1 \div 10^{-7}$$

$$= 10^7 \text{ Hz}$$

$$= 10 \text{ MHz}$$

## Kringverliese en Kwaliteitsfaktor.

Tot dusver in kringverliese geïgnoreer. By voorbeeld alle praktiese induktors bevat weerstand asook induktansie en kapasitors bevat ook sekere verliese hoewel die eintlik onbeduidend is in vergelyking met die verliese veroorsaak deur die weerstand van 'n induktor.

Die effek van hierdie verliese in praktiese serie-ingestemde kringe, hoewel by resonansie is die reaktansie nul, sal daar nog 'n klein weerstand wees. In 'n parallel-ingestemde kring sal die effek van kringverliese wees om die reaktansie by resonansie tot 'n hoë maar bepaalde waarde beperk, eerder as om 'n onbepaalde waardes soos in wiskunde voorspel word nie.

Die omvang van die kringverliese word deur 'n waarde genoem *kwaliteitsfaktor uitgedruk, of Q faktor* of net die "Q"

Van die ingestemde kring. 'n Hoë Q-faktor dui aan dat kringverliese laag is terwyl 'n lae Q-faktor aandui dat kringverliese hoog is. Die Q-faktor word omskrywe as die reaktansie van of die induktor of die kapasitor by resonansie gedeel deur die kringweerstand:

$$\begin{aligned} Q &= X_L \div R \\ &= -X_C \div R \end{aligned}$$

Die minus teken in die tweede lyn dui aan dat die kapasitiewe reaktansie negatief aangedui word maar wel 'n positiewe Q verkry word. Die Q faktor van praktiese ingestemde kring wissel tussen 50 en 200.

Die Q-faktor verwys na twee ander eienskappe van die ingestemde kring.

1. Die verhouding tussen die sirkulerende stroom in 'n parallel-ingestemde kring tot die stroom wat die ingestemde kring trek is dieselfde as die Q-faktor. Dus in 'n parallel-ingestemde kring met 'n Q van 100, sal die sirkulerende stroom 100 keer meer wees as die stroom wat van die res van die kring getrek word.
2. Die selektiwiteit van die kring se vermoë om gewenste seine deur te laat terwyl ongewenste seine verwerp word. Hoe groter die Q van die ingestemde kring hoe beter is die selektiwiteit..

## Opsomming

Die serie –ingestemde kring het 'n lae reaktansie naby die resonante frekwensie en 'n hoë reaktansie by ander frekwensies. Serie-ingestemde kring word aangewend om seine naby die resonante frekwensie deur te laat en seine by ander frekwensies te verwerp.

Die parallel-ingestemde kring het 'n hoë reaktansie by die resonante frekwensie en 'n lae reaktansie by ander frekwensies. Parallel kring word aangewend om seine naby die resonant frekwensie te verwerp en seine by ander frekwensies deur te laat.

Die resonante frekwensie van 'n serie of parallel ingestemde kring word met die onderstaande formule bereken.

$$f = 1 \div (2 \pi \sqrt{LC})$$

Die kwaliteitsfaktor Q word omskrywe as die reaktansie van of die induktor of kapasitor by resonansie gedeel deur die weerstand van die kring. 'n Ingestemde kring met 'n hoë Q is meer selektief een met 'n lae Q.

Die sirkulerende stroom in 'n parallel-ingestemde kring kan baie keer meer wees as die stroom wat deur die ingestemde kring getrek word. Die verhouding tussen die sirkulerende stroom en die stroom wat in die ingestemde kring vloei is dieselfde as die Q-faktor.

### Hersieningsvrae

**1 By 'n sekere frekwensie ontstaan resonansie van 'n kapasitor en induktor. By hierdie frekwensie is:**

- Induktiewe reaktansie nul.
- Kapasitiewe reaktansie nul.
- Die impedansie nul.
- Die kapasitiewe en induktiewe reaktansies dieselfde.

**2 Die parallelle ingestemde kring se impedansie by resonansie is:**

- laag.
- Hoog.
- oneindig hoog.
- Gelyk aan 10.

**3 Die serie-ingestemde kring se impedansie by resonansie is:**

- Laag.
- Hoog.
- Oneindig hoog.
- Gelyk aan 10.

**4 Die Q van 'n resonante kring bepaal die:**

- Verliese in die kring.
- Waarde van die kapasitansie benodig vir resonansie.
- Die induktor se waarde benodig vir resonansie.
- Waarde van die verhoogde stroom deur die spoel en kapasitor by resonansie.

**5 Die selektiwiteit van 'n resonante kring is groter as die Q-faktor:**

- Laag is
- verminder na 1.
- hoog. is
- laag bly

**6 Die resonante frekwensie van 'n ingestemde kring bestaande uit 'n 19 nF kapasitor in parallel met 'n 10 mH induktor is ongeveer:**

- 500 KHz

- b. 5 MHz
- c. 50 MHz
- b. 500 MHz

**7 Jy het 'n 100 mH induktor en wil graag 'n ingestemde kring skep met 'n resonante frekwensie van 3.500 MHz. Watter waarde kapasitor word benodig:**

- a. 2.1 pF
- b. 12 pF
- c. 21 pF
- d. 120 pF

**8. Jy het 'n kapasitor van 10 pF en wil graag in ingestemde kring skep met 'n resonante frekwensie van 10 MHz. Watter waarde induktor word benodig:**

- a. 2.5  $\mu$ H
- b. 10  $\mu$ H
- c. 25  $\mu$ H
- d. 100  $\mu$ H

