



Inhoudsopgave

5	Uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 5, deel D.....	5-4
5.1	Waartoe dient dit hoofdstuk met uitwerkingen en hoe gebruik je het?.....	5-4
5.2	Enkele opmerkingen	5-5
5.3	Formularium	5-6
5.3.1	Golfvormen, periode en frequentie.....	5-6
5.3.2	Optellen van sinusvormige spanningen en stromen	5-8
5.3.3	Reactantie en faseverschil tussen stroom en spanning bij condensatoren....	5-8
5.3.4	Reactantie en faseverschil tussen stroom en spanning bij spoelen	5-8
5.3.5	Reactantie en impedantie	5-9
5.3.6	Schakelingen met condensatoren en spoelen: resonantie.....	5-11
5.3.7	Eenvoudige hoog- en laagdoorlaatfilters	5-12
5.3.8	Bandfilters en de kwaliteitsfactor Q	5-13
5.3.9	Niet-sinusvormige signalen, harmonischen	5-15
5.4	Opgaven	5-16
5.4.141	Opgave 5-141	5-17
5.4.142	Opgave 5-142	5-18
5.4.143	Opgave 5-143	5-19
5.4.144	Opgave 5-144	5-20
5.4.145	Opgave 5-145	5-21
5.4.146	Opgave 5-146	5-22
5.4.147	Opgave 5-147	5-23
5.4.148	Opgave 5-148	5-24
5.4.149	Opgave 5-149	5-25
5.4.150	Opgave 5-150	5-26
5.4.151	Opgave 5-151	5-27
5.4.152	Opgave 5-152	5-28
5.4.153	Opgave 5-153	5-29
5.4.154	Opgave 5-154	5-30



5.4.155	Opgave 5-155	5-31
5.4.156	Opgave 5-156	5-32
5.4.157	Opgave 5-157	5-33
5.4.158	Opgave 5-158	5-34
5.4.159	Opgave 5-159	5-35
5.4.160	Opgave 5-160	5-36
5.4.161	Opgave 5-161	5-37
5.4.162	Opgave 5-162	5-38
5.4.163	Opgave 5-163	5-39
5.4.164	Opgave 5-164	5-40
5.5	Uitwerkingen	5-41
5.5.141	Uitwerking van Opgave 5-	5-42
5.5.142	Uitwerking van Opgave 5-	5-43
5.5.143	Uitwerking van Opgave 5-143	5-45
5.5.144	Uitwerking van Opgave 5-144	5-46
5.5.145	Uitwerking van Opgave 5-145	5-47
5.5.146	Uitwerking van Opgave 5-146	5-48
5.5.147	Uitwerking van Opgave 5-147	5-49
5.5.148	Uitwerking van Opgave 5-148	5-50
5.5.149	Uitwerking van Opgave 5-149	5-51
5.5.150	Uitwerking van Opgave 5-150	5-52
5.5.151	Uitwerking van Opgave 5-151	5-53
5.5.152	Uitwerking van Opgave 5-152	5-54
5.5.153	Uitwerking van Opgave 5-153	5-55
5.5.154	Uitwerking van Opgave 5-154	5-56
5.5.155	Uitwerking van Opgave 5-155	5-57
5.5.156	Uitwerking van Opgave 5-156	5-58
5.5.157	Uitwerking van Opgave 5-157	5-59
5.5.158	Uitwerking van Opgave 5-158	5-60
5.5.159	Uitwerking van Opgave 5-159	5-61



5.5.160	Uitwerking van Opgave 5-160.....	5-62
5.5.161	Uitwerking van Opgave 5-161.....	5-63
5.5.162	Uitwerking van Opgave 5-162.....	5-64
5.5.163	Uitwerking van Opgave 5-163.....	5-65
5.5.164	Uitwerking van Opgave 5-164.....	5-66



5 Uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 5, deel D

5.1 Waartoe dient dit hoofdstuk met uitwerkingen en hoe gebruik je het?

De voornaamste functie van deze bundel is dat je de kennis die je in cursushoofdstuk 5 hebt opgedaan, kunt toetsen aan echte examenvragen. Het is daarom een vorm van examentraining.

Het is niet de bedoeling, maar ook niet verboden, om te proberen het examen te halen door je enkel te trainen met examenvragen. Er bestaan mensen die op die manier het examen hebben gehaald. Bedenk dat sinds begin 2000 ongeveer 1400 examenvragen zijn gesteld. Die weg is daarom tijdrovend en de slagingskans niet groot. Bedenk ook dat examenvragen die op elkaar lijken, vaak niet precies gelijk zijn en dat de antwoorden op meerkeuzevragen niet altijd in dezelfde volgorde staan of precies gelijk zijn aan hun voorgangers. Of snappen sommigen de stof geleidelijk aan toch als ze maar heel veel examenvragen maken? Wie het weet, mag het zeggen.

Wel verwachten de schrijvers dat de opgedane kennis door het bestuderen en maken van de vragen scherper in je hoofd wordt geprent dan zonder examentraining. Want training is het natuurlijk wel.

Advies: maak in elk geval eerst de opgaven die in de tekst van het eigenlijke leerhoofdstuk staan, loop daarna de verkorte versie nog een keer door om te zien of alles bekend is en begin pas daarna aan de examenvragen in deze bundel.

De opgaven zitten in twee paragrafen. De eerste geeft alleen de opgaven. Zo kun je die maken zonder ongewild het antwoord toch te zien. Een gele pijl in een blauw veld aan het eind van elke opgave brengt je naar de uitwerking. Deze:

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

De uitwerking begint met de opgave en het goede antwoord **vetgedrukt**. Daarna volgt de eigenlijke uitwerking, soms gevolgd door een of meer opmerkingen. De uitwerking hoeft niet de enig juiste te zijn. Het is niet ongewoon dat je via een andere weg ook tot een goed antwoord komt. Leg dan beide antwoorden naast elkaar en vergelijk.

Bij veel opgaven begint de uitwerking met een korte analyse. Tenslotte is de eerste vraag die een examenkandidaat zich bij elke examenvraag moet stellen er één van “hoe zit dit precies in elkaar?”. Kort gezegd: begrijp wat je doet.

Aan het eind van een uitwerking kun je via een rode pijl in een blauw veld terug naar de opgave.

Dat is deze:



Terug naar de opgave

Via eenzelfde pijl, maar dan groen, kom je vanaf de uitwerking bij de volgende opgave.

Dat is deze:



Naar de volgende opgave

De cursusredactie beveelt elke cursist aan, de opgaven te maken langs de route van de pijlen. Dan weet je zeker dat je niets overslaat. Noteer het nummer van de laatst bekeken opgave als je stopt om wat anders te doen. Via de inhoudsopgave kun je er met één muisklik weer naartoe. Voor wie alleen geïnteresseerd is in de uitwerkingen: je kunt alle uitwerkingen ook achter elkaar doorlezen in paragraaf 5.5 van elk deel.

5.2 Enkele opmerkingen

Wegens het grote aantal beschikbare examenopgaven is de bundel bij hoofdstuk 5 gesplitst in deel A, B, C en D. Dit is deel D met 24 opgaven. De delen A en B bevatten er 50 en deel C 40.

Bij elke opgave is vermeld, in welk examen de opgave voorkomt. Voorbeeld: F-examen mei 2011 (1). De opgave is dan onderdeel geweest van het eerste examen in mei 2011. Gaat het om het tweede examen, dan staat er (2) in plaats van (1). Als er in een maand maar één examen is geweest, is er geen aanduiding (1) of (2). Soms staat er in plaats daarvan een volledige datum. Vóór het jaar 2008, waren er maar twee examens per jaar, het voorjaars- en najaarsexamen.

Het kan zijn dat een opgave jarenlang niet meer is gebruikt en plotseling, bijvoorbeeld 10 jaar of nog meer later, weer opduikt. Denk dus niet dat een opgave die 15 jaar geleden voor het laatst in een examen zat, nu niet meer zal voorkomen. Maar een opgave die vaak voorkomt, zal een grotere kans hebben om weer op te duiken dan één die maar één of twee keer is voorgekomen.

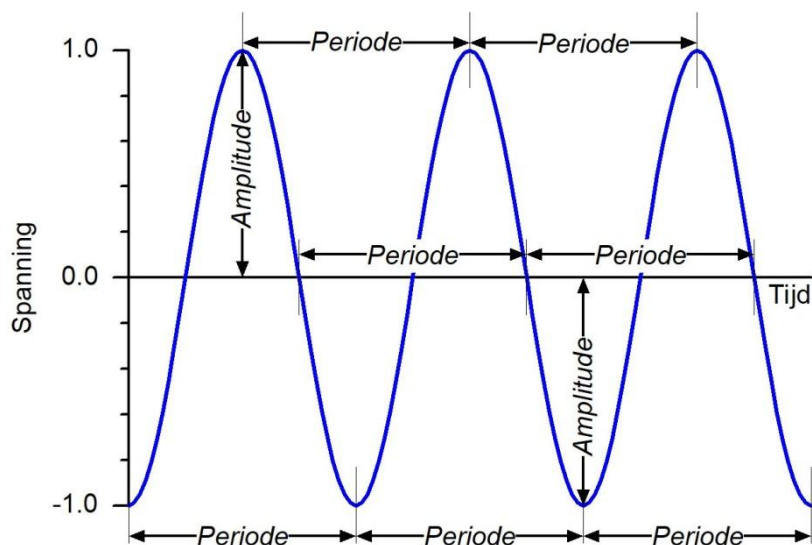
Voorafgaand aan de opgaven volgt nu een formularium. Dat is een overzicht van vergelijkingen (“formules”) met soms wat handigheidjes. We raden aan, dit eerst door te nemen.

5.3 Formularium

5.3.1 Golfvormen, periode en frequentie

Omdat de sinusvormige wisselstroom en -spanning bij radio verreweg het meest voorkomen, wordt daarvan de meeste kennis gevraagd. Die werken we dan ook vooral uit. De symmetrische blokgolf is een goede tweede.

We kennen bij beide **amplitude en periode** (Figuur 5.3-1).



Figuur 5.3-1. Periode en amplitude bij een sinusvormige wisselspanning.

De periode is de tijd tussen twee opeenvolgende gelijke punten op de sinus, bijvoorbeeld twee opeenvolgende hoogste punten. Periode T wordt uitgedrukt in tijd. Frequentie f is het aantal perioden per tijd. f wordt uitgedrukt in hertz (Hz). Het verband tussen beide is

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{en dus} \quad T = \frac{1}{f} \quad (5.3-1)$$

De amplitude is de **maximale waarde**. Symbool: $U_{\max}$ voor spanning en $I_{\max}$ voor stroom. Daarvoor kan ook de minimale waarde worden gebruikt. Laat dan het minteken weg.

De **gemiddelde waarde** van een zuivere wisselstroom of spanning is 0, want de blokken boven en onder de nullijn zijn precies even groot. **Maar let op:** de gemiddelde waarde U_{gem} van een enkele positieve of negatieve halve periode is niet 0. Daarvoor geldt voor een positieve periodehelft

$$U_{\text{gem}} = \frac{2U_{\max}}{\pi} \quad (5.3-2)$$

Voor een negatieve periodehelft komt er een minteken voor de uitkomst. Voor een stroom vervang je in (5.3-2) U door I .

De **effectieve waarde** voor een sinusvormige stroom of spanning is kleiner dan de maximale waarde. Voor een spanning geldt

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} \text{ of iets minder precies: } U_{eff} \approx 0,71U_{max} \quad (5.3-3)$$

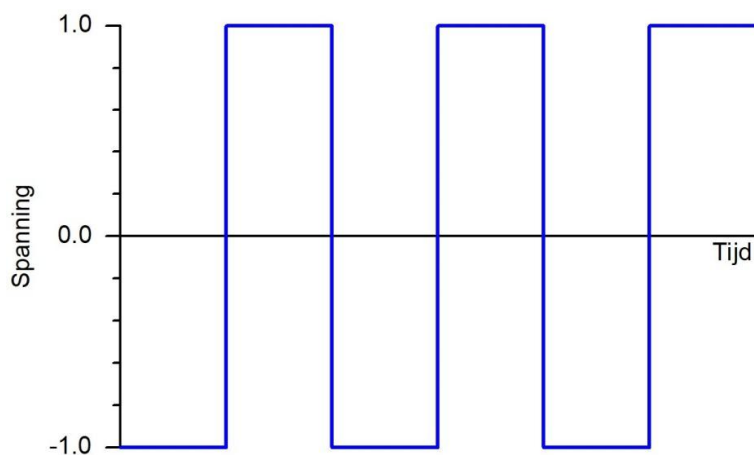
En voor U_{max} geldt

$$U_{max} = U_{eff}\sqrt{2} \text{ of iets minder precies: } U_{max} \approx 1,41U_{eff} \quad (5.3-4)$$

Voor een stroom vul je I in plaats van U in.

Voor een symmetrische blokspanning (Figuur 5.3-2) geldt

$$U_{eff} = U_{max} \quad (5.3-5)$$



Figuur 5.3-2. Symmetrische blokspanning.

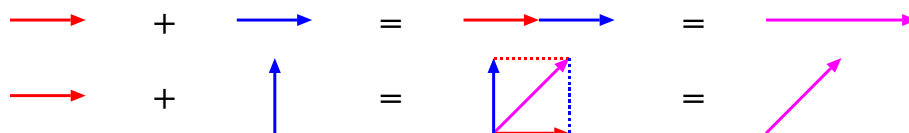
Fase is het deel van de periode die sinds het begin ervan is gerealiseerd.

De **momentele waarde** is de waarde van de spanning of de stroom op een zeker moment.

Een **onzuivere wisselspanning** of **-stroom** is een wisselspanning of -stroom, waarbij een gelijkspanning of -stroom is opgeteld.

5.3.2 Optellen van sinusvormige spanningen en stromen

Uit een optelling van twee sinussen komt altijd een sinus. Een sinus is voor te stellen als een ronddraaiende vector. De gebruikelijke manier is tegen de klok in. De vector zelf wordt voorgesteld als een pijl. Die heeft een lengte en een richting. De lengte geeft de amplitude aan, de richting de fase.



Figuur 5.3-3 Twee voorbeelden van een vectoroptellingen (rood + blauw = paars).

5.3.3 Reactantie en faseverschil tussen stroom en spanning bij condensatoren

Bij gelijkspanning is de weerstand van een ideale condensator oneindig. Bij wisselspanning loopt er wel degelijk een stroom. Er is sprake van een *schijnbare weerstand* voor wisselspanning, die heet *reactantie*. Een reactantie wordt aangegeven met X . Omdat een spoel ook een reactantie heeft (komt nog), wordt de reactantie van een condensator meestal aangegeven met X_C . Het verband tussen frequentie f en X_C luidt

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad (5.3-6)$$

$2\pi f$ wordt ook aangeduid met de Griekse letter ω (spreek uit: ómega), dat is de hoekfrequentie, hoeksnelheid of cirkelfrequentie. Die drie termen betekenen hetzelfde. ω gaat in radialen per seconde, frequentie in perioden per seconde. In 1 periode zitten 2π radialen, vandaar de 2π in (5.3-6).

Voor reactanties geldt net als bij weerstanden de wet van Ohm:

$$U_{eff} = I_{eff} X_C \quad (5.3-7)$$

I ligt bij een condensator 90° in fase *vóór* op U . Ondanks (5.3-7) is X_C dus geen gewone weerstand.

5.3.4 Reactantie en faseverschil tussen stroom en spanning bij spoelen

Bij gelijkstroom is de weerstand van een ideale spoel nul. Bij wisselstroom ondervindt de stroom wel weerstand. Ook hier een schijnbare weerstand, een reactantie X_L . De L staat voor zelfinductie.

$$X_L = 2\pi f L \quad (5.3-8)$$

Voor $2\pi f$ wordt ook ω geschreven. Ook hier geldt de wet van Ohm:

$$U_{eff} = I_{eff} X_L \quad (5.3-9)$$

I ligt bij een spoel 90° in fase *achter* op U . Ezelsbruggetje: LUI. Bij L komt I achter U . Bij een condensator is het precies andersom: bij C komt I vóór U .

5.3.5 Reactantie en impedantie

Impedantie Z is de schijnbare weerstand van combinaties van een reactantie X en een weerstand R . Dat zijn:

- Spoel en weerstand parallel
- Condensator en weerstand parallel
- Spoel en weerstand in serie
- Condensator en weerstand in serie

We bespreken eerst de parallelschakelingen, dan de serieschakelingen. Uitgangspunt is steeds de vraag: hebben beide elementen de stroom of de spanning gemeenschappelijk?

Parallelschakelingen

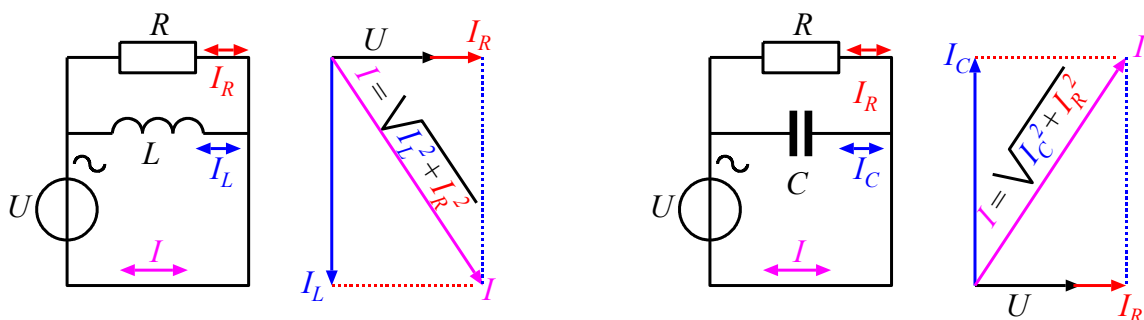
Bij parallelschakelingen is de spanning het uitgangspunt, want die hebben parallel geschakelde elementen gemeenschappelijk.

Bij een weerstand is de stroom in fase met de spanning. De grootte van de stroom volgt uit spanning en weerstand (wet van Ohm)

In de condensator is de stroom 90° voor op de spanning. In de spoel is de stroom 90° achter op de spanning. In beide gevallen volgt de stroom uit de wet van Ohm met de reactantie in de rol van weerstand volgens vergelijkingen (5.3-7) en (5.3-9).

Door het verschil in fase wordt de stroom de uitkomst van een vectoroptelling (Figuur 5.3-4) van de stromen I_R door de weerstand en I_L door de spoel of I_C door de condensator. De bewerking is een toepassing van de stelling van Pythagoras:

$$I = \sqrt{I_L^2 + I_R^2} \text{ voor de spoel en } \sqrt{I_C^2 + I_R^2} \text{ voor de condensator} \quad (5.3-10)$$



Figuur 5.3-4. Bepaling van grootte en fase van de stroom bij parallelschakeling van een weerstand met spoel (links) of met condensator (rechts). Draairichting is linksom (tegen de klok).

Weerstand en reactantie zijn omgekeerd evenredig met de stroom. Daarom geldt voor de impedantie Z :

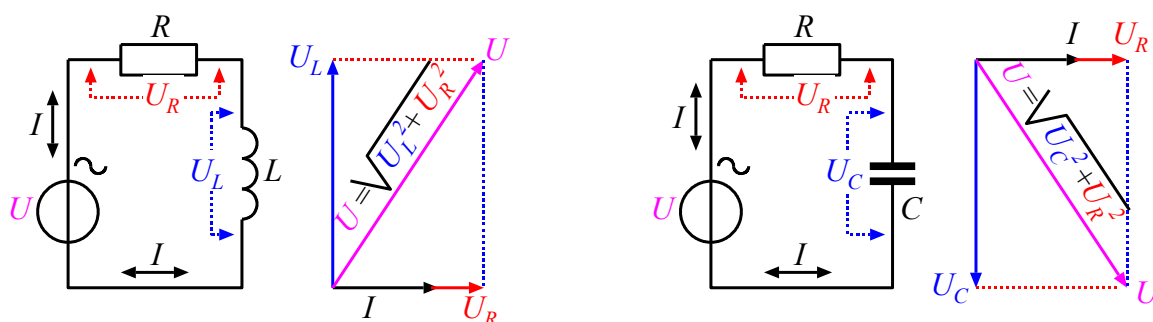
$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{X^2} + \frac{1}{R^2}} \quad (5.3-11)$$

X_L wordt gevonden via vergelijking (5.3-8), X_C via vergelijking (5.3-6).

Serieschakelingen

Bij serieschakelingen is de stroom in de seriegeschakelde elementen dezelfde. Dus is daar stroom uitgangspunt. Bij de weerstand zijn stroom en spanning in fase. De spanning over de weerstand volgt uit weerstand en stroom via de wet van Ohm.

Datzelfde geldt voor de spanning over spoel en condensator. Die volgt uit reactanties X_L en X_C en de stroom volgens vergelijkingen (5.3-9) en (5.3-7). Nu is de spanning de uitkomst van een vectoroptelling (Figuur 5.3-5).



Figuur 5.3-5. Bepaling van grootte en fase van de stroom bij serieschakeling van een weerstand met spoel (links) of met condensator (rechts). Draairichting is linksom (tegen de klok).

Ook hier gaat de vectoroptelling via de stelling van Pythagoras:

$$U = \sqrt{U_L^2 + U_R^2} \text{ bij de spoel en } U = \sqrt{U_C^2 + U_R^2} \text{ bij de condensator} \quad (5.3-12)$$

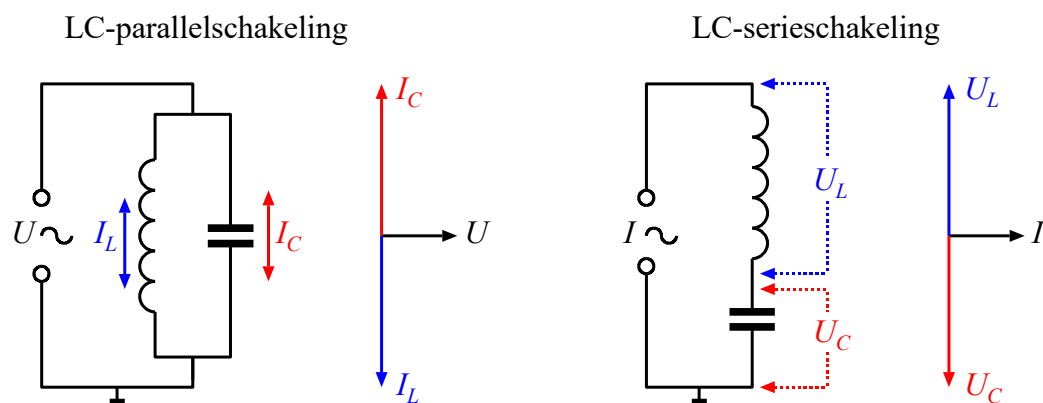
Weerstand en reactantie zijn evenredig met de spanning. Daarom geldt voor de impedantie Z van de serieschakeling

$$Z = \sqrt{X^2 + R^2} \quad (5.3-13)$$

X kan X_L (spoel) of X_C (condensator) zijn. X_L wordt gevonden via vergelijking (5.3-8) en X_C via (5.3-6).

5.3.6 Schakelingen met condensatoren en spoelen: resonantie

Bij condensatoren loopt de stroom 90° voor en bij spoelen 90° achter op de spanning. Dat houdt in dat in een schakeling met spoelen en condensatoren er een faseverschil van 180° is. In Figuur 5.3-4 en Figuur 5.3-5 was te zien dat de vectoren van de capaciteit en die van de zelfinductie in tegengestelde richting stonden. Condensator en spoel kunnen parallel of in serie staan (Figuur 5.3-6).



Figuur 5.3-6. Parallelschakeling van L en C met vectordiagram (links) en serieschakeling van L en C met vectordiagram (rechts).

Voor de parallelschakeling geldt:

$I_L = I_C$: de schakeling is in *resonantie*. I_L en I_C heffen elkaar op. De **reactantie is oneindig**.

$I_L > I_C$: de schakeling reageert als een zelfinductie (spoel). De frequentie ligt dan **onder** de resonantiefrequentie.

$I_C > I_L$: de schakeling reageert als een capaciteit (condensator) De frequentie ligt dan **boven** de resonantiefrequentie.

Voor de serieschakeling geldt:

$U_L = U_C$: de schakeling is in *resonantie*. U_L en U_C heffen elkaar op. De **reactantie is nul**.

$U_L > U_C$: de schakeling reageert als zelfinductie (spoel). De frequentie ligt **boven** de resonantiefrequentie

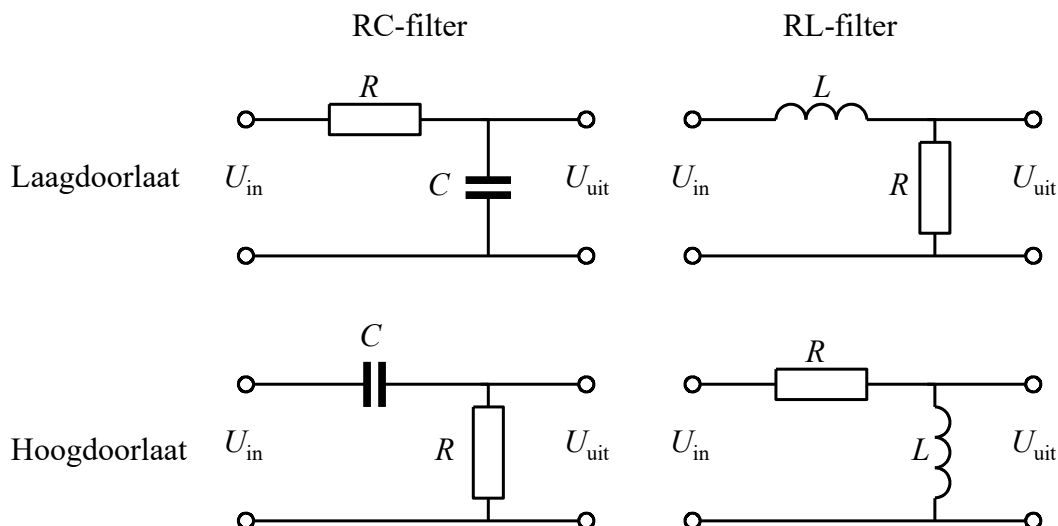
$U_C > U_L$: reageert als een capaciteit (condensator). De frequentie ligt **onder** de resonantiefrequentie

Bij parallel- en serieschakeling geldt voor de resonantiefrequentie f_{res} :

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ . Dat is hetzelfde als } \omega_{res} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (5.3-14)$$

5.3.7 Eenvoudige hoog- en laagdoorlaatfilters

We kennen RC-filters en RL-filters. Of een filter een hoog- dan wel een laagdoorlaatfilter is, hangt af van de plaatsing van R en C , resp. R en L in het schema. De hoog- en laagdoorlaatfilters die je voor het examen moet kennen, hebben de vorm van een spanningsdeler. Figuur 5.3-7 geeft een overzicht.



Figuur 5.3-7. Laagdoorlaatfilters en hoogdoorlaatfilters in RC- en RL-vorm.

Een belangrijke grootheid is in alle gevallen de *kantelfrequentie*, dat is de frequentie f_k , waarvoor geldt:

$$X = R \quad (5.3-15)$$

De kantelfrequentie f_k van een RC-filter bereken je volgens

$$f_k = \frac{1}{2\pi RC} \quad (5.3-16)$$

Voor een RL-filter gaat dat volgens

$$f_k = \frac{R}{2\pi L} \quad (5.3-17)$$

Op het kantelpunt geldt:

$$U_{uit} = \frac{U_{in}}{\sqrt{2}} \approx 0,7U_{in} \quad (5.3-18)$$

Je kunt ook zeggen dat zo'n filter op het kantelpunt 3 dB verzwakt. Dat is hetzelfde als een versterking van -3dB (als de spanning $\sqrt{2}$ maal zo klein wordt, wordt het vermogen 2x maal zo klein!).



Hoe herken je een hoog- of laagdoorlaatfilter in een schakeling of examenopgave?

Begrijp:

1. De reactantie van een condensator wordt lager naarmate de frequentie hoger wordt
2. De reactantie van een spoel wordt hoger naarmate de frequentie hoger wordt.

Bedenk:

Een signaal volgt grotendeels het pad van de minste weerstand ('t is net een mens!).

Een filter als in Figuur 5.3-7 heeft een signaalpad en een zijpad. Het signaalpad is het aantrekkelijkst voor het bedoelde signaal. Het zijpad is het aantrekkelijkst voor het ongewenste signaal.

In een hoogdoorlaatfilter met R en C zit daarom C daarom in het signaalpad en R in het zijpad. Met R en L zit R in het signaalpad en L in het zijpad.

In een laagdoorlaatfilter met R en C zit R in het signaalpad en C in het zijpad. Met L en R zit L in het signaalpad en R in het zijpad.

Bekijk als je wilt Figuur 5.3-7 nu nog eens.

5.3.8 Bandfilters en de kwaliteitsfactor Q

We gaan verder met LC-kringen en resonantie. Bij een parallelkring in resonantie is de reactantie oneindig en bij een seriekring nul. Dat is de theorie. De werkelijkheid is minder extreem. Er zijn altijd verliezen door omzetting van elektrische energie in warmte. De maat voor die verliezen is weer te geven als een verliesweerstand; laten we hem R_{verlies} noemen. Bij een parallelkring wordt R_{verlies} weergegeven als parallelweerstand, bij een seriekring als serieweerstand.

Daaruit volgt dat R_{verlies} oneindig is bij een ideale parallelkring en 0 bij een ideale seriekring.

De grootte Q is de verhouding van X_L bij resonantie en R_{verlies} . Q heet ook wel de **kwaliteitsfactor**. Voor een parallelkring geldt:

$$Q = \frac{R_{\text{verlies}}}{X_{L\text{res}}} = \frac{R_{\text{verlies}}}{2\pi f_{\text{res}} L} \quad (5.3-19)$$

Voor een seriekring gaat de zaak op de kop:

$$Q = \frac{X_{L\text{res}}}{R_{\text{verlies}}} = \frac{2\pi f_{\text{res}} L}{R_{\text{verlies}}} \quad (5.3-20)$$

Q bepaalt in combinatie met de reactanties bij resonantie de mate waarin het gedrag van de LC-kring afwijkt van de theoretische verliesvrije kring.

Een LC-kring is een bandfilter. Dat wil zeggen dat de kring een frequentiegebied doorlaat of uit het signaal verwijdt. Daarom heeft het anders dan laag- en hoogdoorlaatfilters met één -3dB-punt, twee van die punten. Je kunt ook zeggen dat er bij een LC-filter twee kantelfrequenties zijn. De bandbreedte B is de grootte van het frequentiegebied tussen de -3 dB-punten. Het wordt bepaald uit Q en de frequentie f volgens:

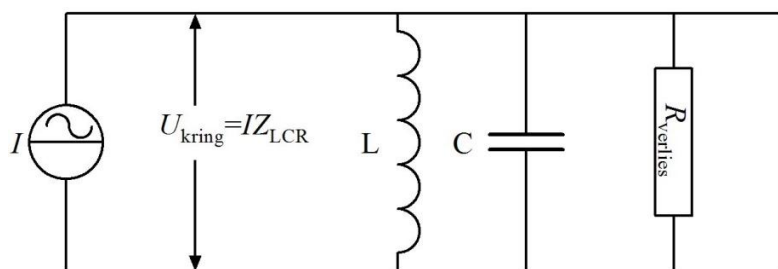
$$B = \frac{f_{res}}{Q} \quad (5.3-21)$$

Je kunt Q daarom bepalen uit de bandbreedte:

$$Q = \frac{f_{res}}{B} \quad (5.3-22)$$

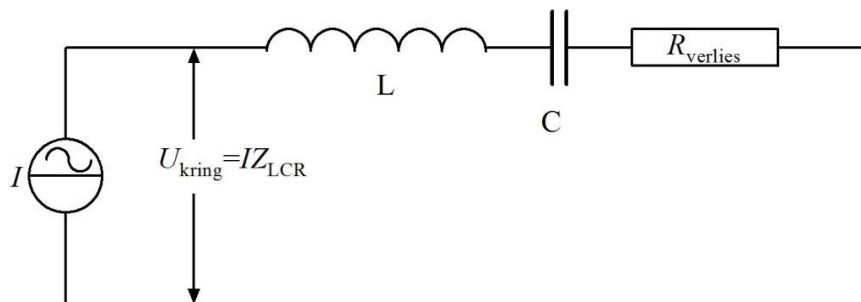
De -3 dB-punten liggen $\frac{1}{2}B$ onder en boven f_{res} .

Een **LC-parallelkring is een banddoorlaatfilter**. Een ideaal banddoorlaatfilter voert alles buiten het door te laten frequentiegebied af. In werkelijkheid zijn er de door Q en frequentie bepaalde -3 dB-punten.



Figuur 5.3-8. LC-parallelkring met verliesweerstand $R_{verlies}$ en wisselstroombron.

Een **LC-seriekring is een bandsperfilter**. Een ideaal bandsperfilter voert alles binnen het te sperren frequentiegebied af. In werkelijkheid zijn er de door Q en frequentie bepaalde 3 dB-punten.





Figuur 5.3-9. LC-seriekring met verliesweerstand $R_{verlies}$ en wisselstroombron.

5.3.9 Niet-sinusvormige signalen, harmonischen

Een niet-sinusvormige golfvorm is volgens Fourier te ontbinden in sinusvormige golfvormen waarvan de frequentie een geheel veelvoud is van die van de oorspronkelijke golfvorm. Die veelvouden heten **harmonischen**. Een sinus met dezelfde frequentie als de oorspronkelijke golf is de eerste harmonische, met de dubbele frequentie is de tweede harmonische en zo vervolgens.

Een bijzonder geval is een symmetrische blokgolf (Figuur 5.3-2). Die heeft alleen oneven harmonischen. Een symmetrische blokgolf van 1000 Hz bevat dus sinussen van 1000 Hz, 3000 Hz, 5000 Hz, enz. Examenvragen hierover komen met enige regelmaat voor.



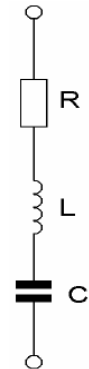
5.4 Opgaven

5.4.141 Opgave 5-141

Van de serieschakeling wordt de weerstand kortgesloten.

De kwaliteitsfactor wordt hierdoor:

- A. Groter
- B. Kleiner
- C. Niet beïnvloed
- D. Bepaald door de amplitude van de aangelegde spanning



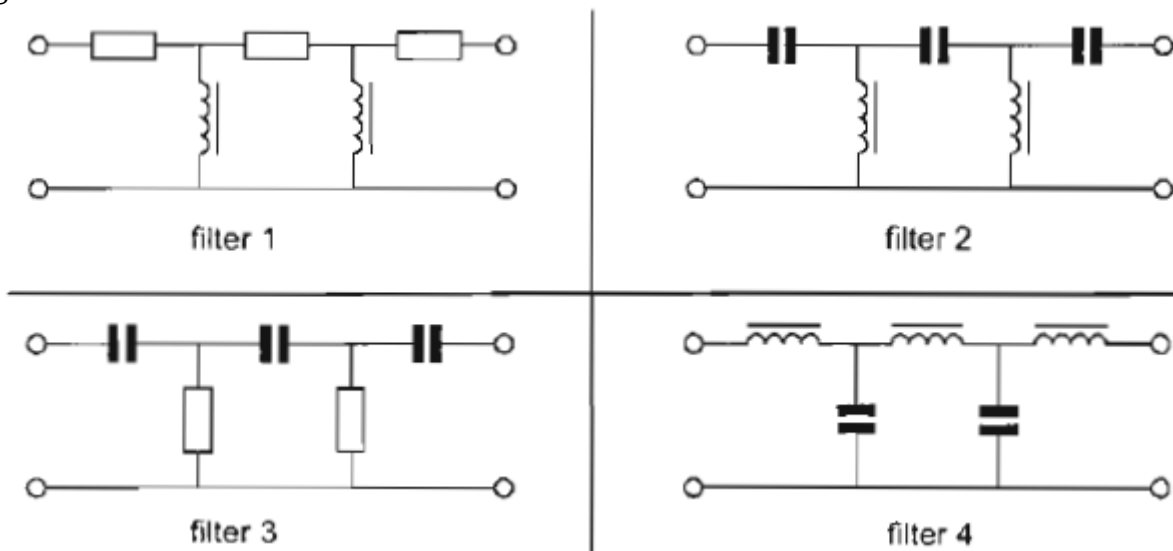
(F-examen najaar 2007, november 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.142 Opgave 5-142

In een laagfrequentversterker wenst men signalen met frequenties boven het hoorbare gebied te onderdrukken.



Welk filter wordt toegepast?

- A. Filter 2
- B. Filter 1
- C. Filter 3
- D. Filter 4

(F-examen november 2013 (2), januari 2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

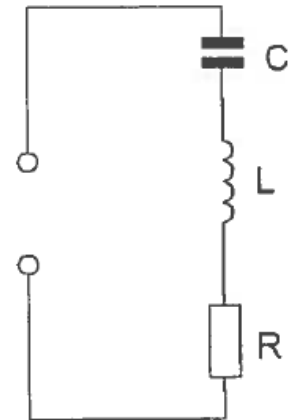
5.4.143 Opgave 5-143

Bij een frequentie, hoger dan de resonantiefrequentie, is de impedantie van deze seriekring

- A. Inductief
- B. Capacitief
- C. Ohms
- D. Maximaal

(F-examen mei 2010 (2), september 2014 (1), maart 2016)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



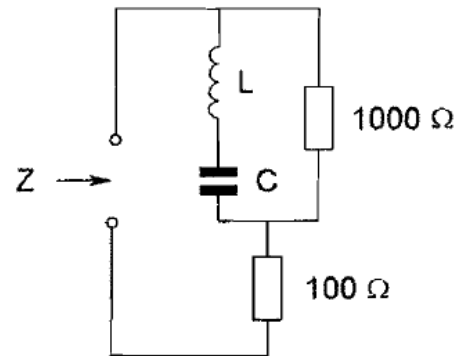
5.4.144 Opgave 5-144

Bij resonantie is de impedantie Z :

- A. $1000\ \Omega$
- B. $91\ \Omega$
- C. $1100\ \Omega$
- D. $100\ \Omega$

(F-examen maart 2013)

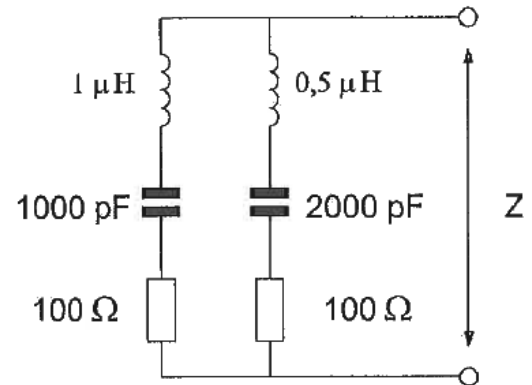
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.145 Opgave 5-145

De impedantie Z is bij resonantie:

- A. $50\ \Omega$
- B. $100\ \Omega$
- C. $141\ \Omega$
- D. $200\ \Omega$



(F-examen november 2008 (1), november 2010 (1), januari 2011, mei 2011 (1), september 2013 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



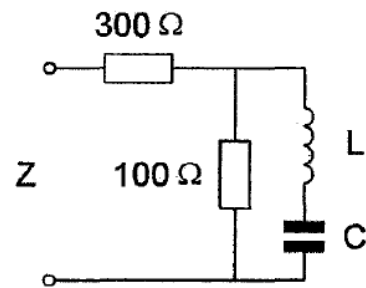
5.4.146 Opgave 5-146

De impedantie Z is bij resonantie

- A. $75\ \Omega$
- B. $400\ \Omega$
- C. $300\ \Omega$
- D. $100\ \Omega$

(F-examen najaar 2002, november 2010 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





5.4.147 Opgave 5-147

Indien van een seriekring de zelfinductie en de capaciteit beiden 2 maal zo groot worden gemaakt, zal de resonantiefrequentie

- A. Gehalveerd worden
- B. 2 maal zo hoog worden
- C. 4 maal zo hoog worden
- D. Gelijk blijven

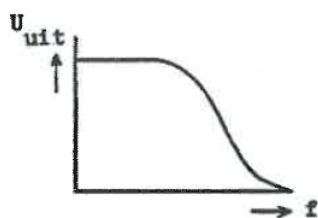
(F-examen mei 2013 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

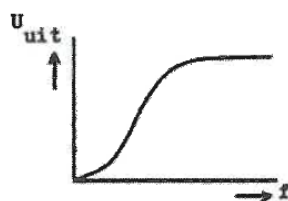


5.4.148 Opgave 5-148

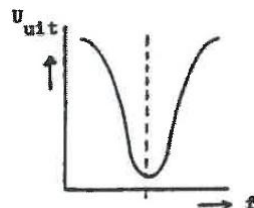
Welke karakteristiek behoort bij een hoogdoorlaatfilter?



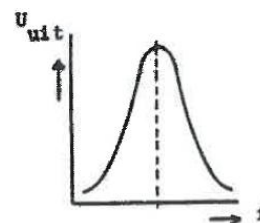
Karakteristiek 1



Karakteristiek 2



Karakteristiek 3



Karakteristiek 4

- A. Karakteristiek 3
- B. Karakteristiek 1
- C. Karakteristiek 4
- D. Karakteristiek 2

(F-examen april 2009, augustus 2010, April 2011, September 2011 (2), mei 2012 (1), januari 2013)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





5.4.149 Opgave 5-149

Indien bij een parallelkring de zelfinductie 2 maal zo groot en de capaciteit 2 maal zo klein wordt gemaakt, zal de resonantiefrequentie

- A. $\sqrt{2}$ maal zo hoog worden
- B. Gehalveerd worden
- C. Gelijk blijven
- D. 4 maal zo hoog worden

(F-examen november 2014 (1))

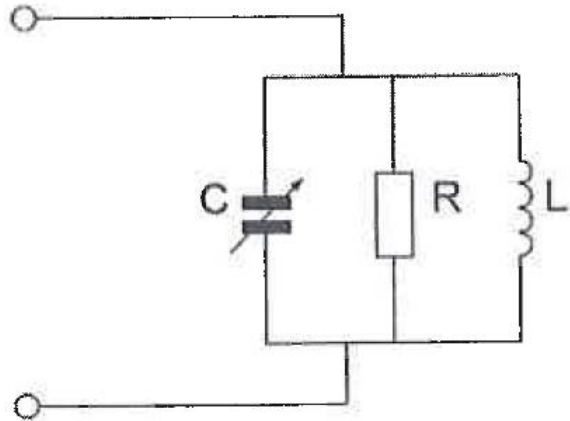
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

5.4.150 Opgave 5-150

In de praktijk wordt met de condensator

- A. De kwaliteitsfactor ingesteld
- B. De afstemming ingesteld
- C. De weerstand ontkoppeld
- D. De tijdconstante ingesteld

(F-examen najaar 2004, mei 2010 (1), juli 2011)



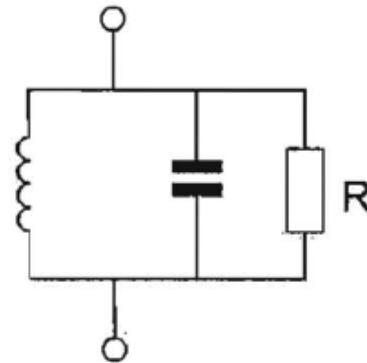
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.151 Opgave 5-151

Van de parallelkring wordt de parallelweerstand R verwijderd. De kwaliteitsfactor wordt hierdoor:

- A. Onveranderd
- B. Groter
- C. Kleiner
- D. Afhankelijk van de frequentie



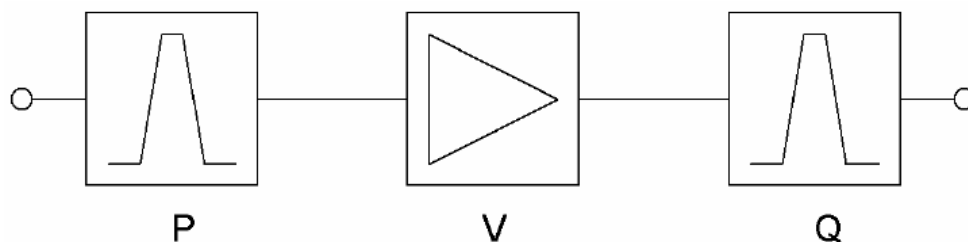
(F-examen februari 2010 (1))\

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.152 Opgave 5-152

De bandfilters P en Q zijn gelijk. De bandbreedte van de schakeling wordt bepaald door:



- A. Alleen bandfilter P
- B. Bandfilters P en Q samen
- C. De versterker V
- D. Alleen bandfilter Q

(F-examen najaar 2005, november 2014 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

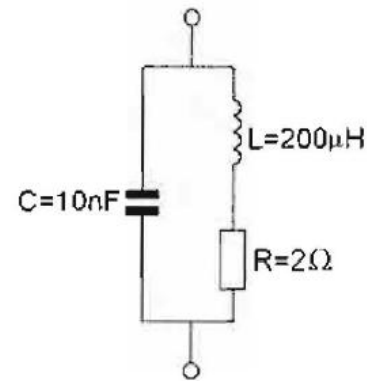
5.4.153 Opgave 5-153

De kring is in resonantie op een frequentie waarvoor geldt $2\pi f = 2\,000\,000$. De kwaliteitsfactor van deze kring is:

- A. 200
- B. 20
- C. 50
- D. 0,02

(F-examen mei 2015 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.154 Opgave 5-154

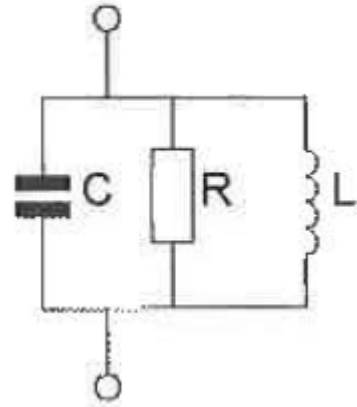
In de schakeling wordt de weerstand R vervangen door een weerstand met een tweemaal zo grote waarde. De spoel L en de condensator C zijn verliesvrij.

De bandbreedte van de schakeling wordt hierdoor:

- A. 4x zo groot
- B. 2x zo klein
- C. 2x zo groot
- D. Niet gewijzigd

(F-examen november 2008 (2), mei 2019 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

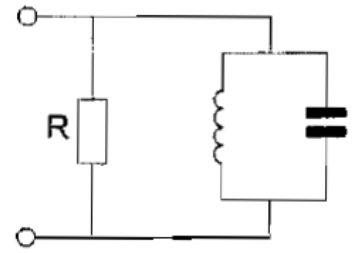


5.4.155 Opgave 5-155

Een (ideale) parallelkring is in resonantie. De weerstand R van 10 kilo-ohm wordt vervangen door een weerstand van 20 kilo-ohm.

De kwaliteitsfactor Q van de schakeling wordt hierdoor:

- A. 2x kleiner
- B. 4x groter
- C. Niet veranderd
- D. 2x groter



(F-examen maart 2014)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**5.4.156 Opgave 5-156**

Een parallelkring heeft een resonantiefrequentie van 100 MHz. Voor een signaal van 90 MHz gedraagt deze kring zich als een:

- A. Condensator
- B. Doorverbinding
- C. Spoel
- D. Weerstand

(F-examen najaar 2003, januari 2010, april 2011, november 2014 (2))

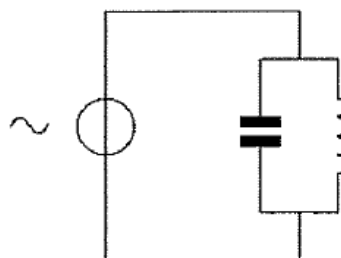
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.157 Opgave 5-157

De spanningsbron levert een wisselstroom van 3 ampère. De stroom door de condensator is 1 ampère. De stroom door de spoel is:

- A. 2 A
- B. 4 A
- C. 8 A
- D. 12 A



(F-examen september 2009 (2), september 2010 (2), augustus 2013, mei 2015 (1))

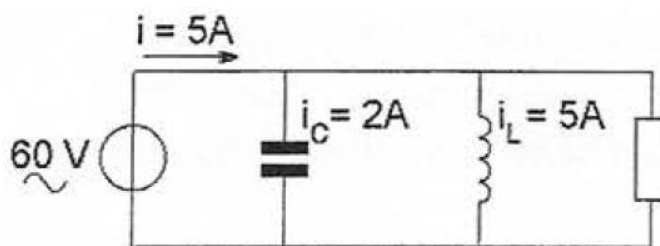
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.158 Opgave 5-158

De stroom door de weerstand is:

- A. 2 A
- B. 4 A
- C. 8 A
- D. 12 A



(F-examen najaar 2000, mei 2019 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

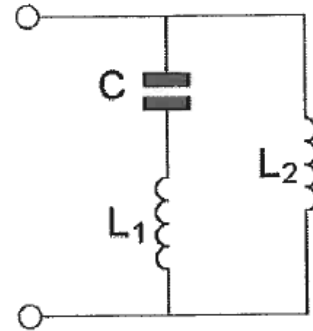


5.4.159 Opgave 5-159

Deze L-C schakeling heeft

- A. Zowel een parallel- als een serieresonantiefrequentie
- B. Alleen een serieresonantiefrequentie
- C. Geen resonantiefrequentie
- D. Alleen een parallelresonantiefrequentie

(F-examen najaar 2005, februari 2009, oktober 2009, augustus 2011)



Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



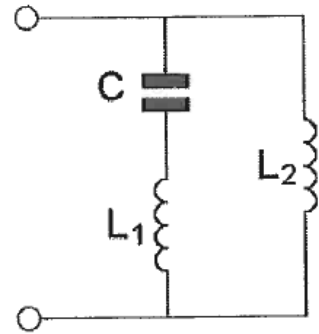
5.4.160 Opgave 5-160

De parallelresonantiefrequentie van deze schakeling wordt bepaald door:

- A. L_1 en L_2
- B. C en L_1 en L_2
- C. C en L_1
- D. C en L_2

(F-examen juli 2009, maart 2015)

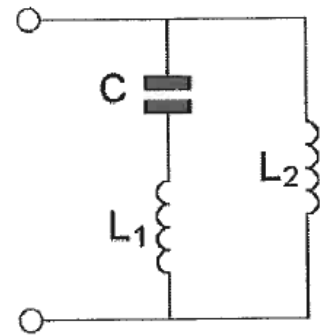
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.161 Opgave 5-161

De serieresonantiefrequentie van deze schakeling wordt bepaald door:

- A. C en L_1
- B. L_1 en L_2
- C. C en L_1 en L_2
- D. C en L_2



(F-examen juni 2009, september 2009 (1), mei 2015 (1), november 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



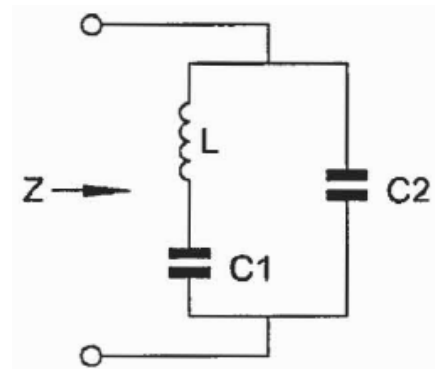
5.4.162 Opgave 5-162

Bij een bepaalde frequentie is de kring in resonantie en de impedantie Z zeer hoog. Deze frequentie wordt geheel bepaald door:

- A. De spoel L en de condensatoren C_1 en C_2
- B. De spoel L en de condensator C_2
- C. De spoel L en de condensator C_1
- D. De condensatoren C_1 en C_2

(F-examen mei 2013 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



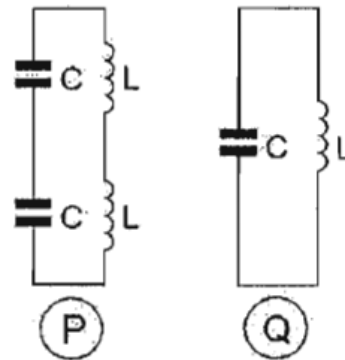
5.4.163 Opgave 5-163

De spoelen zijn onderling niet gekoppeld. De resonantiefrequentie van kring Q is:

- A. Gelijk aan die van kring P
- B. 2 maal die van kring P
- C. 0,5 maal die van kring P
- D. 4 maal die van kring P

(F-examen november 2009)

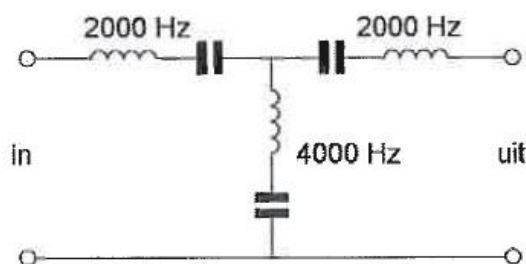
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.164 Opgave 5-164

In het filter zijn de 3 seriekringen in resonantie op de daarbij aangegeven frequenties. Het filter:

- A. Laat 2000 Hz en 4000 Hz door
- B. Laat 2000 Hz door en spert 4000 Hz
- C. Spert 2000 Hz en 4000 Hz
- D. Spert 2000 Hz en laat 4000 Hz door



(F-examen voorjaar 2007, juni 2009, juli 2010, december 2011, mei 2019 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





5.5 Uitwerkingen

5.5.141 Uitwerking van Opgave 5-

Van de serieschakeling wordt de weerstand kortgesloten.

De kwaliteitsfactor wordt hierdoor:

- A. Groter
- B. Kleiner
- C. Niet beïnvloed
- D. Bepaald door de amplitude van de aangelegde spanning

**Uitwerking**

De kwaliteitsfactor Q van een seriekring volgt uit de reactantie X_L van de spoel bij resonantie en de verliesweerstand R volgens

$$Q = \frac{X_L}{R}$$

Hoe kleiner R , des te groter Q . Kortsluiting van de weerstand betekent niet dat Q oneindig wordt, want er is altijd wel ergens een verliesweerstand(je). Q wordt door kortsluiten wel groter. Antwoord A.



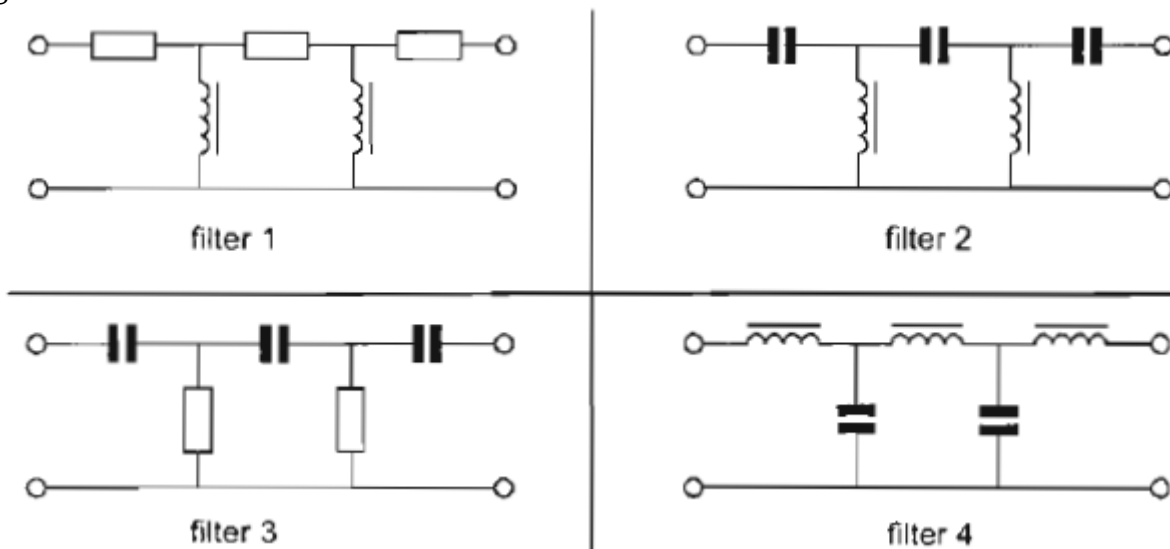
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.142 Uitwerking van Opgave 5-

In een laagfrequentversterker wenst men signalen met frequenties boven het hoorbare gebied te onderdrukken.



Welk filter wordt toegepast?

- A. Filter 2
- B. Filter 1
- C. Filter 3
- D. Filter 4**

Uitwerking

De opdracht is te vertalen als: vind uit vier schema's het laagdoorlaatfilter. Een laagdoorlaatfilter moet

1. lage frequenties van ingang naar uitgang gemakkelijker doorlaten dan hoge en
2. hoge frequenties gemakkelijker afvoeren dan lage.

Filter 4 voldoet met de spoelen tussen in-en uitgang het best aan punt 1. Met de condensatoren in de "zijpaden" voldoet filter 4 ook het best aan punt 2. Daarmee is filter 4, antwoord D, de winnaar.

Opmerkingen

Filters 2 en 3 hebben een pad van condensatoren van ingang naar uitgang en "zijpaden" van spoelen of weerstanden. Condensatoren hebben een lagere reactantie bij hogere frequenties, voor weerstanden is er geen verschil en spoelen hebben een hogere reactantie naarmate de frequentie hoger is. Deze filters zijn daarom hoogdoorlaatfilters.



Dan is er nog filter 1. De route voor het signaal is via weerstanden en daarom frequentieneutraal. Maar de zijpaden zijn spoelen en laten daarom frequenties beter door, naarmate die frequenties lager zijn. Lage frequenties lekken dus gemakkelijker weg dan hoge. Ook filter 1 is daarom een hoogdoorlaatfilter, maar minder effectief.



Terug naar de opgave

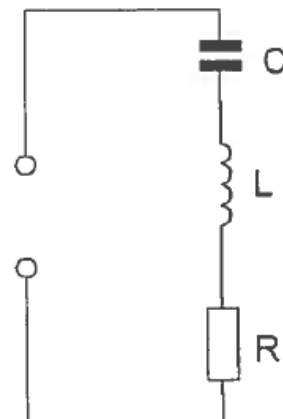
Naar de volgende opgave



5.5.143 Uitwerking van Opgave 5-143

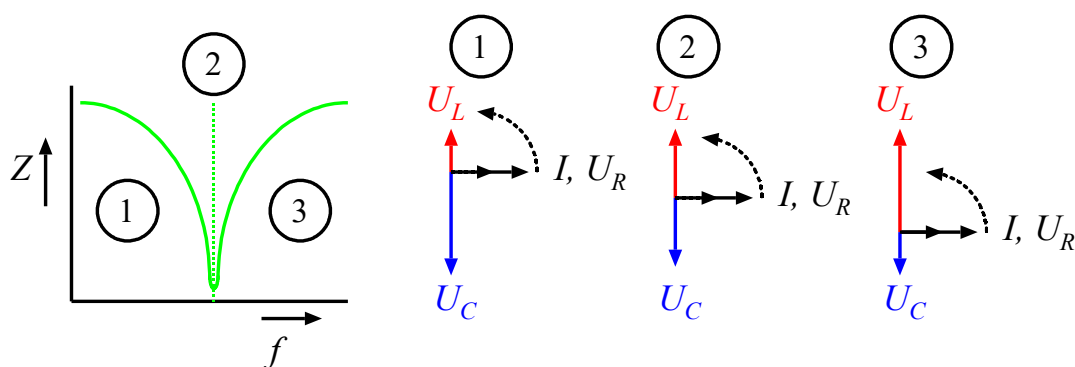
Bij een frequentie, hoger dan de resonantiefrequentie, is de impedantie van deze seriekring

- A. Inductief
- B. Capacitief
- C. Ohms
- D. Maximaal



Uitwerking

Een seriekring als die bij deze opgave kent drie toestanden. Ze zijn als 1, 2 en 3 weergegeven in de illustratie hieronder.



De grafiek links toont de doorlaatkarakteristiek (groene kromme). Bij lage frequenties is de spanning U_C over de condensator groter dan U_L over de spoel (toestand 1). De kring gedraagt zich *capacitief*, dat wil zeggen als een serieschakeling van weerstand en condensator. Bij stijgende frequentie neemt U_C af en U_L toe. Als beide gelijk zijn en in tegenfase, heffen ze elkaar precies op en gedraagt de kring zich als weerstand. Dat is toestand 2, in de grafiek weergegeven als verticale groene stippellijn. De kring is in resonantie en gedraagt zich *ohms*.

Stijgt de frequentie verder, dan wordt U_L groter dan U_C ; de kring gedraagt zich *inductief*, dat wil zeggen als zelfinductie in serie met een weerstand. Dat is toestand 3.

Het juiste antwoord op de opgave moet dan ook A zijn.



Terug naar de opgave

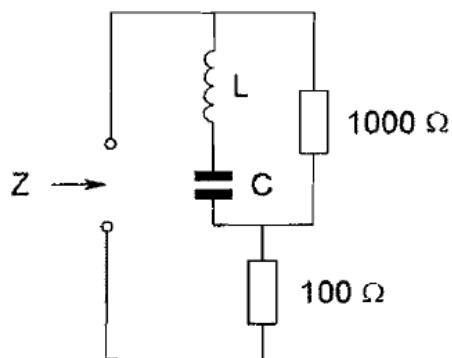
Naar de volgende opgave



5.5.144 Uitwerking van Opgave 5-144

Bij resonantie is de impedantie Z :

- A. $1000\ \Omega$
- B. $91\ \Omega$
- C. $1100\ \Omega$
- D. $100\ \Omega$

**Uitwerking**

Bij resonantie in een seriekring vallen de reactanties van spoel en condensator tegen elkaar weg. De reactantie van L en C in serie zijn bij resonantie dus 0. De weerstand van $1000\ \Omega$ wordt daardoor kortgesloten. Dan blijft de weerstand van $100\ \Omega$ als serieweerstand over. Ondanks het feit dat het gedrag van de seriekring in resonantie *ohms* wordt genoemd, spreken we in zo'n geval toch van een impedantie. In dit geval is die impedantie $100\ \Omega$. Antwoord D.



Terug naar de opgave

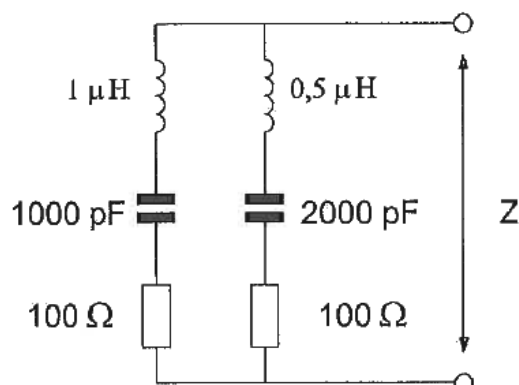
Naar de volgende opgave



5.5.145 Uitwerking van Opgave 5-145

De impedantie Z is bij resonantie:

- A. $50\ \Omega$
- B. $100\ \Omega$
- C. $141\ \Omega$
- D. $200\ \Omega$



Uitwerking

Het schema toont twee parallel geschakelde seriekringen. Dat klinkt misschien verontrustend. Bij nadere beschouwing blijken ze op dezelfde frequentie te resoneren. Daarvoor is weinig rekenwerk nodig. In beide gevallen levert het product LC dezelfde uitkomst op, doordat de rechter L 2x zo klein is als de linker en de rechter C 2x zo groot.

De seriekringen leveren bij resonantie nagenoeg een kortsluiting op. Het vraagstuk is dan vereenvoudigd tot de parallelschakeling van twee weerstanden van $100\ \Omega$.

Vervangingsweerstand $50\ \Omega$, antwoord A.



Terug naar de opgave

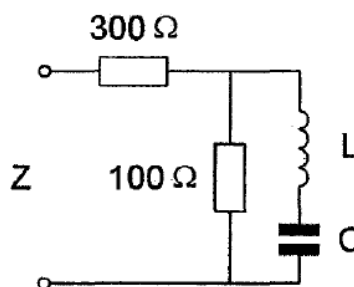
Naar de volgende opgave



5.5.146 Uitwerking van Opgave 5-146

De impedantie Z is bij resonantie

- A. $75\ \Omega$
- B. $400\ \Omega$
- C. $300\ \Omega$
- D. $100\ \Omega$

**Uitwerking**

De seriekring is getekend als ideale kring. Bij resonantie is de reactantie 0 omdat de spanningen over de spoel en de condensator even groot zijn en in tegenfase, zodat ze elkaar opheffen. Dan resteert een schakeling met een weerstand van $300\ \Omega$ in serie met een kortgesloten weerstand van $100\ \Omega$, die als gevolg van de kortsluiting $0\ \Omega$ vertegenwoordigt. In plaats van de $100\ \Omega$ had er dus net zo goed $1\ \text{M}\Omega$ kunnen staan, In beide gevallen resteert $300\ \Omega$, antwoord C.

[Terug naar de opgave](#)[Naar de volgende opgave](#)

**5.5.147 Uitwerking van Opgave 5-147**

Indien van een seriekring de zelfinductie en de capaciteit beiden 2 maal zo groot worden gemaakt, zal de resonantiefrequentie

- A. Gehalveerd worden
- B. 2 maal zo hoog worden
- C. 4 maal zo hoog worden
- D. Gelijk blijven

Uitwerking

De resonantiefrequentie f wordt bepaald door de vergelijking

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Die geeft aan dat bij grotere L of C de frequentie lager wordt, want L en C staan in de noemer. Daarmee vallen de antwoorden B-D af en blijft alleen A over.

Maar het kan meer exact. L en C worden verdubbeld. Ze staan beide onder het wortelteken. De waarde onder het wortelteken wordt 2x verdubbeld, is verviervoudigd. De wortel uit 4 is 2, dus de hele noemer wordt vertweevoudigd of in gebruikelijker Nederlands: verdubbeld. Een verdubbelde noemer leidt tot een gehalveerde uitkomst van de breuk. Dat betekent antwoord A, waarmee we zeker weten dat A goed is en niet het vierde foute antwoord.

Opmerking

Als in de opgave in plaats van “seriekring” het woord “parallelkring” had gestaan, was de uitkomst niet anders geweest. Beide voldoen aan dezelfde vergelijking voor het verband tussen zelfinductie en capaciteit enerzijds en resonantiefrequentie anderzijds.



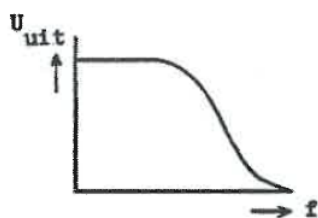
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

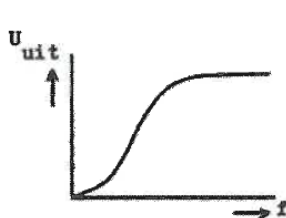


5.5.148 Uitwerking van Opgave 5-148

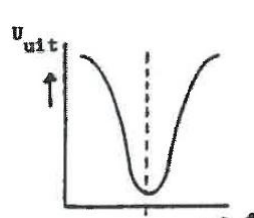
Welke karakteristiek behoort bij een hoogdoorlaatfilter?



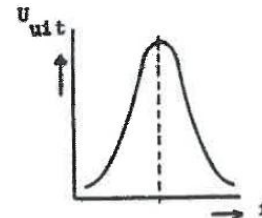
Karakteristiek 1



Karakteristiek 2



Karakteristiek 3



Karakteristiek 4

- A. Karakteristiek 3
- B. Karakteristiek 1
- C. Karakteristiek 4
- D. **Karakteristiek 2**

Uitwerking

Een hoogdoorlaatfilter moet hoge frequenties beter doorlaten dan lage. Bij karakteristiek 1 is het omgekeerd: dat is daarom een laagdoorlaatfilter.

Karakteristiek 2 voldoet wel aan de definitie.

Voor de zekerheid bekijken we ook de karakteristieken 3 en 4. Karakteristiek 3 is een bandstopfilter, want het laat een aan twee kanten begrensde frequentieband slechter door dan de rest. Karakteristiek 4 is het omgekeerde: een banddoorlaatfilter, want het laat een aan twee kanten begrensde frequentieband beter door dan de rest.

Conclusie: karakteristiek 2 is de gezochte; antwoord D dus.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**5.5.149 Uitwerking van Opgave 5-149**

Indien bij een parallelkring de zelfinductie 2 maal zo groot en de capaciteit 2 maal zo klein wordt gemaakt, zal de resonantiefrequentie

- A. $\sqrt{2}$ maal zo hoog worden
- B. Gehalveerd worden
- C. Gelijk blijven**
- D. 4 maal zo hoog worden

Uitwerking

Voor elke LC-kring, of het nu een serie- of een parallelkring is, vind je de resonantiefrequentie f_{res} uit de vergelijking

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

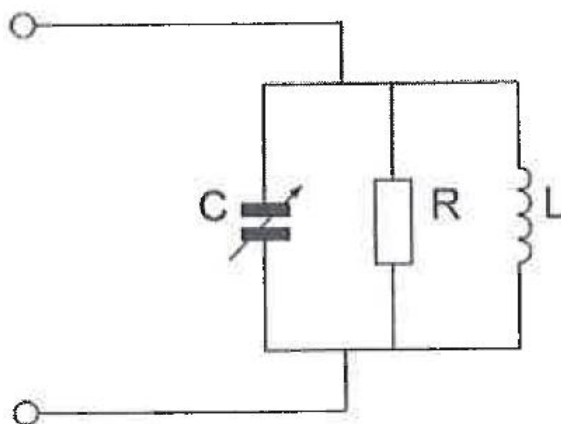
Als L 2x zo groot wordt en C 2x zo klein, dan verandert er aan de waarde van LC niets. Dan moet f_{res} ook gelijk blijven, want verder staan er in de vergelijking geen variabelen, alleen de constante 2π . Constanten heten niet voor niets zo; ze hebben altijd dezelfde waarde. Dan is antwoord C onontkoombaar juist.

[Terug naar de opgave](#)[Naar de volgende opgave](#)

5.5.150 Uitwerking van Opgave 5-150

In de praktijk wordt met de condensator

- A. De kwaliteitsfactor ingesteld
- B. De afstemming ingesteld**
- C. De weerstand ontkoppeld
- D. De tijdconstante ingesteld

**Uitwerking**

De enige grootheid die met de condensator wordt ingesteld, is de frequentie die in de praktijk meestal de *afstemming* wordt genoemd. Dat is antwoord B

Opmerkingen

De kwaliteitsfactor Q zou je kunnen instellen met de weerstand als die regelbaar zou zijn. Dat is hij niet, dus die mogelijkheid vervalt. Het ontkoppelen van weerstanden is bij een afstembare LC-kring niet aan de orde en tijdconstanten horen bij een RL- of een RC-filter.



Terug naar de opgave

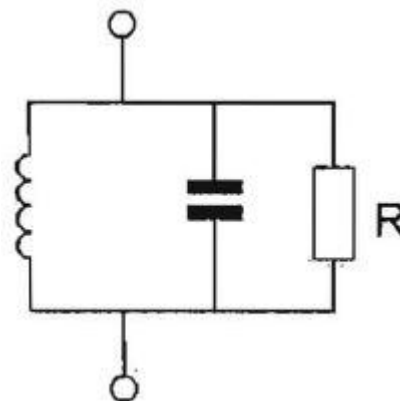
Naar de volgende opgave



5.5.151 Uitwerking van Opgave 5-151

Van de parallelkring wordt de parallelweerstand R verwijderd. De kwaliteitsfactor wordt hierdoor:

- A. Onveranderd
- B. Groter**
- C. Kleiner
- D. Afhankelijk van de frequentie

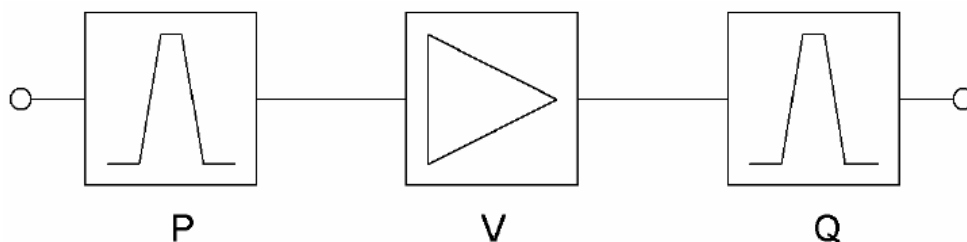
**Uitwerking**

Bij een parallelkring in resonantie is de impedantie hoog; bij een ideale kring zonder weerstand is die oneindig. Zoals zo vaak komt dat in de praktijk niet voor, want er treden altijd wel ergens verliezen op. De kwaliteitsfactor Q is bij een parallelkring grofweg evenredig met de parallelweerstand. Wordt die weerstand weggehaald, dan is er (in theorie) een oneindig grote parallelweerstand en is Q altijd groter dan met weerstand. Antwoord B is dan ook het juiste antwoord.

[Terug naar de opgave](#)[Naar de volgende opgave](#)

5.5.152 Uitwerking van Opgave 5-152

De bandfilters P en Q zijn gelijk. De bandbreedte van de schakeling wordt bepaald door:



- A. Alleen bandfilter P
- B. Bandfilters P en Q samen**
- C. De versterker V
- D. Alleen bandfilter Q

Uitwerking

Als men meerdere gelijke filters achter elkaar zet, versterken ze hun werking. De oorzaak is eenvoudig: elk filter laat (beperkt) frequenties door buiten het eigenlijke doorlaatgebied. Een tweede (derde, vierde) ruimt van die overgebleven ongewenste frequenties weer een deel op. De versterker versterkt alleen; anders zou dat in het schema moeten zijn aangegeven.

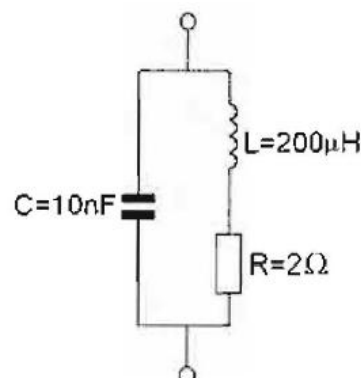
Conclusie: antwoord B is het juiste antwoord.

[Terug naar de opgave](#)[Naar de volgende opgave](#)

5.5.153 Uitwerking van Opgave 5-153

De kring is in resonantie op een frequentie waarvoor geldt $2\pi f = 2\,000\,000$. De kwaliteitsfactor van deze kring is:

- A. 200
- B. 20
- C. 50
- D. 0,02



Uitwerking

Hoewel het hier om een parallelkring gaat, staat er een verliesweerstand in serie met de spoel. Dan is de kwaliteitsfactor Q van de kring net als bij een seriekring in resonantie bepaald door

$$Q = \frac{X_L}{R}$$

De reactantie X_L van de spoel is te berekenen volgens

$$X_L = 2\pi f L = 2 \cdot 10^6 \cdot 200 \cdot 10^{-6} \, \Omega = 400 \, \Omega$$

De weerstand is $2 \, \Omega$, zodat $Q = 400/2 = 200$. Antwoord A zou je denken. Zie de opmerking.

Opmerking

Deze opgave is in strijd met zichzelf. Reken op basis van L en C de resonantiefrequentie maar eens uit: $2\pi f = 1/\sqrt{LC} \approx 707$ kilorad/s en geen 2000 kilorad/s. Daarmee gaat ook de rest van het verhaal de mist in, want de kring is helemaal niet in resonantie. Dan is ook de vraag naar Q zinloos, want die geldt bij resonantie! De vraag is dan ook maar in 1 examen voorgekomen en hopelijk wordt hij niet nog eens gesteld of in elk geval met aangepaste waarden.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

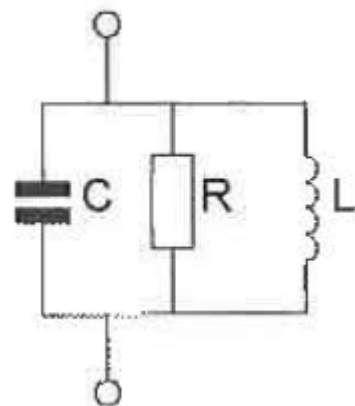


5.5.154 Uitwerking van Opgave 5-154

In de schakeling wordt de weerstand R vervangen door een weerstand met een tweemaal zo grote waarde. De spoel L en de condensator C zijn verliesvrij.

De bandbreedte van de schakeling wordt hierdoor:

- A. 4x zo groot
- B. 2x zo klein
- C. 2x zo groot
- D. Niet gewijzigd



Uitwerking

De bandbreedte wordt bepaald door de kwaliteitsfactor Q en de resonantiefrequentie. De bandbreedte is omgekeerd evenredig met Q .

Q is bij een parallelkring in resonantie en met een parallelweerstand zoals hier, gelijk aan de parallelweerstand gedeeld door de reactantie van de spoel (= reactantie van de condensator):

$$Q = \frac{R_{par}}{X_L}$$

Hieruit volgt: R twee keer zo groot, Q twee keer zo groot. Voor de bandbreedte B geldt bij een resonantiefrequentie f_{res} :

$$B = \frac{f_{res}}{Q}$$

Dus: Q twee keer zo groot, bandbreedte twee keer zo klein. Antwoord B is goed.

Opmerking

Om een signaal door de schakeling te krijgen, moet er aan de aansluitklemmen een signaalbron zitten. Zo'n bron beïnvloedt de eigenschappen van de kring. Ook al zijn L en C verliesvrij, de eigenschappen van de kring worden wel beïnvloed door de eigenschappen van de bron. Eigenlijk wordt de bron deel van het geheel. Het verhaal klopt alleen als dit een ideale wisselstroombron zou zijn en stroombronnen zijn nu juist geen exameneis (meer). Maar volg op het examen met een gerust hart de gegeven uitwerking hierboven, mocht deze opgave zich voordoen.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

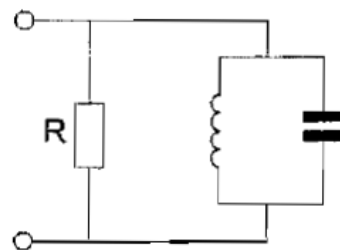


5.5.155 Uitwerking van Opgave 5-155

Een (ideale) parallelkring is in resonantie. De weerstand R van 10 kilo-ohm wordt vervangen door een weerstand van 20 kilo-ohm.

De kwaliteitsfactor Q van de schakeling wordt hierdoor:

- A. 2x kleiner
- B. 4x groter
- C. Niet veranderd
- D. **2x groter**

**Uitwerking**

In de uitwerking van Opgave 5-154 zagen we dat bij een weerstand R_{par} parallel aan de spoel L van een parallelkring in resonantie geldt:

$$Q = \frac{R_{par}}{X_L}$$

Met deze kennis op zak is de conclusie eenvoudig te trekken: R twee keer zo groot, Q twee keer zo groot. Antwoord D.

[Terug naar de opgave](#)[Naar de volgende opgave](#)

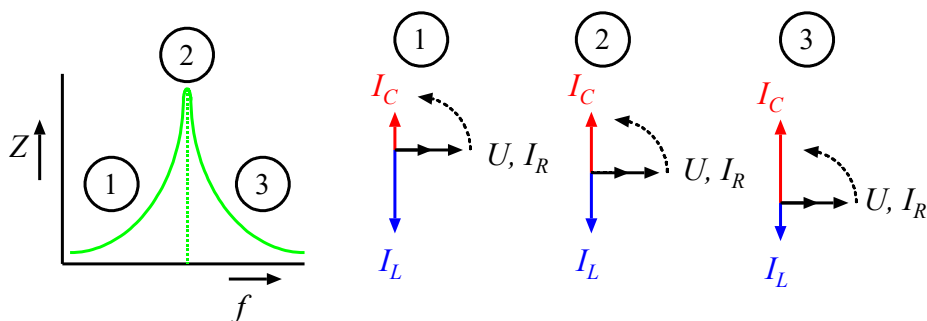
5.5.156 Uitwerking van Opgave 5-156

Een parallelkring heeft een resonantiefrequentie van 100 MHz. Voor een signaal van 90 MHz gedraagt deze kring zich als een:

- A. Condensator
- B. Doorverbinding
- C. Spoel
- D. Weerstand

Uitwerking

Bekijk de uitwerking van Opgave 5-143 nog eens. Daar betrof het een seriekring, nu een parallelkring. De figuur hier lijkt wel wat op die bij Opgave 5-143.



Vergeleken met Opgave 5-143 staat het meest linkse plaatje, de groene impedantiegrafiek, op zijn kop. In een seriekring loopt door alle onderdelen dezelfde stroom. Een parallelkring, zoals hier, heeft over alle onderdelen dezelfde spanning. De verticale vectoren in de diagrammen geven de stromen weer. In Opgave 5-143 waren dat spanningen. Bij resonantie vallen nu de stromen door L en C tegen elkaar weg.

In **toestand 1** is de frequentie lager dan resonantiefrequentie. Dan is de stroom door de spoel groter dan die via de condensator. Doordat de stromen door L en C in tegenfase zijn, blijft er een deel stroom door de spoel over. De kring gedraagt zich dan *inductief*, dus als een spoel. Antwoord B. We bekijken toch nog even de andere twee toestanden.

In **toestand 2** zijn de stromen door de spoel en de condensator gelijk maar in tegenfase, zodat ze elkaar opheffen. Dat is het resonantiepunt.

In **toestand 3**, frequentie hoger dan de resonantiefrequentie, is de stroom door de condensator hoger dan die door de spoel. Doordat de stromen door L en C in tegenfase zijn, blijft er een deel stroom via de condensator over. De kring gedraagt zich *capacitief*.



Terug naar de opgave

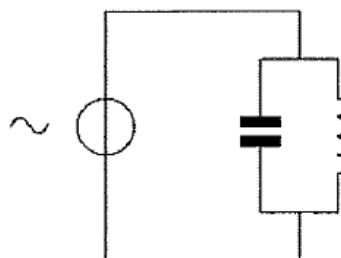
Naar de volgende opgave



5.5.157 Uitwerking van Opgave 5-157

De spanningsbron levert een wisselstroom van 3 ampère. De stroom door de condensator is 1 ampère. De stroom door de spoel is:

- A. 2 A
- B. 4 A**
- C. 8 A
- D. 12 A

**Uitwerking**

De spanning over spoel en condensator is dezelfde. De stroom door de condensator loopt 90 graden voor op de spanning, de stroom door de spoel loopt er 90 graden op achter. Ze zijn onderling dus in tegenfase. Als door de condensator 1 A loopt en de bron 3 A levert, moet er door de spoel bovenop die 3 A nog 1 A lopen om de stroom door de spoel te compenseren. Dat houdt in dat door de spoel 4 A loopt.

Kortom, antwoord B is goed.



Terug naar de opgave

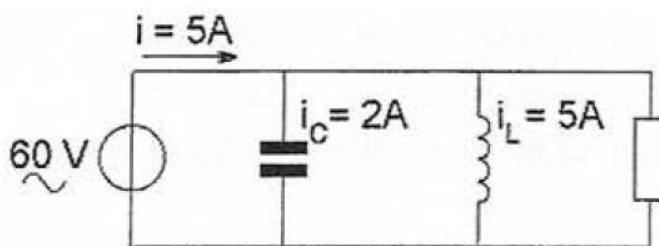
Naar de volgende opgave



5.5.158 Uitwerking van Opgave 5-158

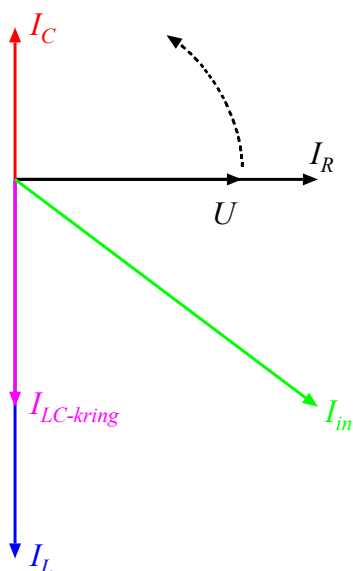
De stroom door de weerstand is:

- A. 2 A
- B. 4 A
- C. 8 A
- D. 12 A



Uitwerking

Voor een goed begrip van wat hier gebeurt, is het handig om een vectordiagram te maken. We hebben te maken met een parallelkring en een parallelweerstand. Ze hebben dan ook de spanning gemeenschappelijk. Die is uitgangspunt. Links zien we het vectordiagram. De vector van de spanning U wijst naar rechts, evenals de vector van de stroom I_R door de weerstand. Beide zijn zwart getekend en onderling in fase.



De stromen I_C door de condensator (rood) en I_L (blauw) zijn tegengesteld, want de eerste loopt 90° vóór en de tweede 90° achter op de spanning. Onderling zijn ze daarom in tegenfase. Het verschil is 3 A ten gunste van I_L . De kring gedraagt zich dus per saldo inductief. Het verschil van 3 A is in paars aangegeven als $I_{LC-kring}$.

De groene vector I_{in} tenslotte is de 5 A, geleverd door de spanningsbron. De stroom I_R door de weerstand is in fase met U en moet het vectorverschil zijn van I_{in} (5 A) en $I_{LC-kring}$

(3 A). Dan is $I_R = \sqrt{I_{in}^2 - I_{LC-kring}^2}$. Dat is het bekende Pythagoras-rijtje 3, 4, 5, maar nu niet in die volgorde. $5^2 - 3^2 = 4^2$ is het deze keer en dat betekent dat $I_R = 4$ A. Antwoord B dus,

Opmerking

De 60 V van de spanningsbron is weer eens een overbodig gegeven.



Terug naar de opgave

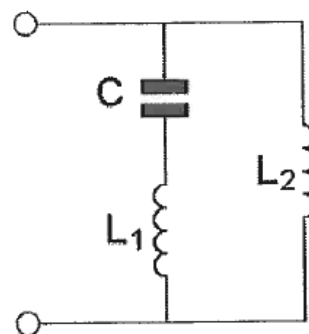
Naar de volgende opgave



5.5.159 Uitwerking van Opgave 5-159

Deze L-C schakeling heeft

- A. Zowel een parallel- als een serieresonantiefrequentie
- B. Alleen een serieresonantiefrequentie
- C. Geen resonantiefrequentie
- D. Alleen een parallelresonantiefrequentie

**Uitwerking**

C en L_1 vormen een seriekring. Die heeft altijd een resonantiefrequentie. Maar een seriekring kan zich capacitief gedragen als de frequentie lager is dan de resonantiefrequentie. In dat geval kan deze samen met L_2 een parallelkring vormen met een resonantiefrequentie.

Dat wordt dus antwoord A.



Terug naar de opgave

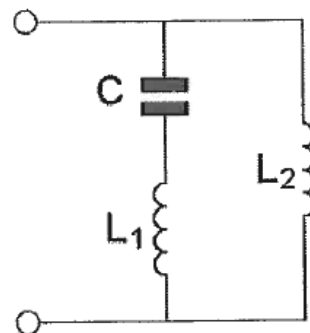
Naar de volgende opgave



5.5.160 Uitwerking van Opgave 5-160

De parallelresonantiefrequentie van deze schakeling wordt bepaald door:

- A. L_1 en L_2
- B. **C en L_1 en L_2**
- C. C en L_1
- D. C en L_2

**Uitwerking**

C en L_1 vormen een seriekring. Die is alleen geschikt voor serieresonantie, niet voor parallelresonantie. Maar bij frequenties lager dan de serieresonantie gedraagt deze kring zich als capaciteit en kan dan wel samen met L_2 een parallelresonantiekring vormen.

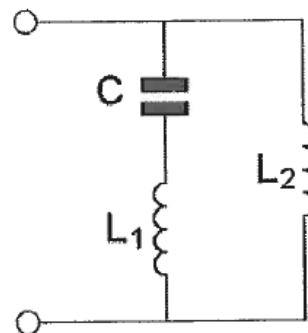
Conclusie: bij parallelresonantie wordt de frequentie bepaald door alle drie de onderdelen. Dan is antwoord B juist.

[Terug naar de opgave](#)[Naar de volgende opgave](#)

5.5.161 Uitwerking van Opgave 5-161

De serieresonantiefrequentie van deze schakeling wordt bepaald door:

- A. C en L_1
- B. L_1 en L_2
- C. C en L_1 en L_2
- D. C en L_2

**Uitwerking**

Het schema bevat 1 seriekring, die van C en L_1 . Als die kring in resonantie is, wordt L_2 kortgesloten en doet dus niet mee.

Daarmee is antwoord A juist.



Terug naar de opgave

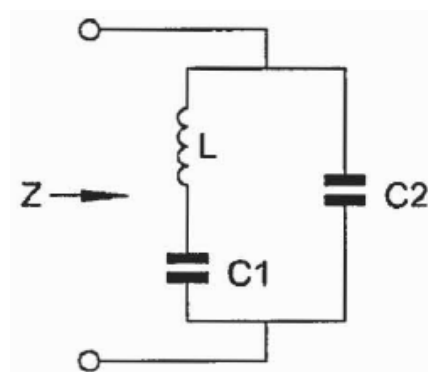
Naar de volgende opgave



5.5.162 Uitwerking van Opgave 5-162

Bij een bepaalde frequentie is de kring in resonantie en de impedantie Z zeer hoog. Deze frequentie wordt geheel bepaald door:

- A. De spoel L en de condensatoren C_1 en C_2
- B. De spoel L en de condensator C_2
- C. De spoel L en de condensator C_1
- D. De condensatoren C_1 en C_2



Uitwerking

Als de kring in resonantie is en Z is zeer hoog, dan kan het alleen maar parallelresonantie zijn, want bij serieresonantie zou Z juist zeer laag zijn.

Bij parallelresonantie gedraagt de schakeling L en C_1 zich als zelfinductie en ligt de frequentie hoger dan de serieresonantie van deze twee onderdelen. De totale kring omvat dan ook C_2 , zodat uiteindelijk alle drie de onderdelen de parallelresonantiefrequentie bepalen. Antwoord A is daarom juist.



Terug naar de opgave

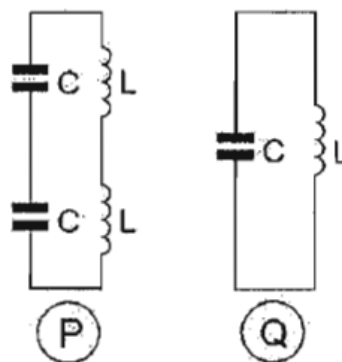
Naar de volgende opgave



5.5.163 Uitwerking van Opgave 5-163

De spoelen zijn onderling niet gekoppeld. De resonantiefrequentie van kring Q is:

- A. **Gelijk aan die van kring P**
- B. 2 maal die van kring P
- C. 0,5 maal die van kring P
- D. 4 maal die van kring P

**Uitwerking**

De vervangingswaarde van de condensatoren in kring P is $\frac{1}{2}C$. De vervangingswaarde van de spoelen in kring P is $2L$.

$2L \cdot \frac{1}{2}C = LC$. De resonantiefrequentie f_{res} wordt voor beide kringen berekend volgens

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

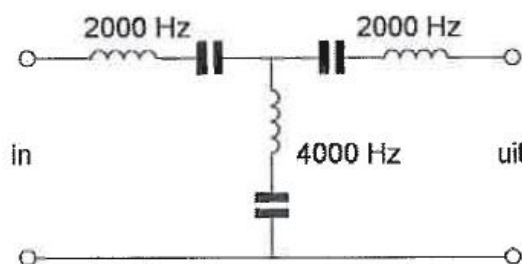
Beide resonantiefrequenties zijn daarom gelijk. Antwoord A.

[Terug naar de opgave](#)[Naar de volgende opgave](#)

5.5.164 Uitwerking van Opgave 5-164

In het filter zijn de 3 seriekringen in resonantie op de daarbij aangegeven frequenties. Het filter:

- A. Laat 2000 Hz en 4000 Hz door
- B. Laat 2000 Hz door en spert 4000 Hz**
- C. Spert 2000 Hz en 4000 Hz
- D. Spert 2000 Hz en laat 4000 Hz door

**Uitwerking**

We halen even terug hoe je zo'n filter kunt "lezen". Meestal zit het zo in elkaar dat de route voor het door te laten signaal voor dat signaal gemakkelijk te passeren is. Onderweg zijn er één of meer zijpaden waarlangs ongewenste signalen gemakkelijk kunnen afvloeien. Er zijn uitzonderingen, maar meestal werkt het zo.

De route voor het door te laten signaal is in dit geval die via de twee seriekringen met $f_{res} = 2000 \text{ Hz}$. Het zijpad is de kring voor 4000 Hz. 2000 Hz komt er dus gemakkelijk doorheen en 4000 Hz wordt afgevoerd, voorzover die frequentie nog door het 2000 Hz-filter is gekomen. Dat betekent antwoord B.



Terug naar de opgave

Dit is de laatste opgave van deel D.

