



Inhoudsopgave

5	40 uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 5, deel C.....	5-5
5.1	Waarom dient dit hoofdstuk met uitwerkingen en hoe gebruik je het?.....	5-5
5.2	Enkele opmerkingen	5-6
5.3	Formularium	5-7
5.3.1	Golfvormen, periode en frequentie.....	5-7
5.3.2	Optellen van sinusvormige spanningen en stromen.....	5-9
5.3.3	Reactantie en faseverschil tussen stroom en spanning bij condensatoren....	5-9
5.3.4	Reactantie en faseverschil tussen stroom en spanning bij spoelen	5-9
5.3.5	Reactantie en impedantie	5-10
5.3.6	Schakelingen met condensatoren en spoelen: resonantie.....	5-12
5.3.7	Eenvoudige hoog- en laagdoorlaatfilters	5-13
5.3.8	Bandfilters en de kwaliteitsfactor Q	5-14
5.3.9	Niet-sinusvormige signalen, harmonischen	5-16
5.4	Opgaven	5-17
5.4.101	Opgave 5-101	5-18
5.4.102	Opgave 5-102	5-19
5.4.103	Opgave 5-103	5-20
5.4.104	Opgave 5-104	5-21
5.4.105	Opgave 5-105	5-22
5.4.106	Opgave 5-106	5-23
5.4.107	Opgave 5-107	5-24
5.4.108	Opgave 5-108	5-25
5.4.109	Opgave 5-109	5-26
5.4.110	Opgave 5-110	5-27
5.4.111	Opgave 5-111	5-28
5.4.112	Opgave 5-112	5-29
5.4.113	Opgave 5-113	5-30
5.4.114	Opgave 5-114	5-31



5.4.115	Opgave 5-115	5-32
5.4.116	Opgave 5-116	5-33
5.4.117	Opgave 5-117	5-34
5.4.118	Opgave 5-118	5-35
5.4.119	Opgave 5-119	5-36
5.4.120	Opgave 5-120	5-37
5.4.121	Opgave 5-121	5-38
5.4.122	Opgave 5-122	5-39
5.4.123	Opgave 5-123	5-40
5.4.124	Opgave 5-124	5-41
5.4.125	Opgave 5-125	5-42
5.4.126	Opgave 5-126	5-43
5.4.127	Opgave 5-127	5-44
5.4.128	Opgave 5-128	5-45
5.4.129	Opgave 5-129	5-46
5.4.130	Opgave 5-130	5-47
5.4.131	Opgave 5-131	5-48
5.4.132	Opgave 5-132	5-49
5.4.133	Opgave 5-133	5-50
5.4.134	Opgave 5-134	5-51
5.4.135	Opgave 5-135	5-52
5.4.136	Opgave 5-136	5-53
5.4.137	Opgave 5-137	5-54
5.4.138	Opgave 5-138	5-55
5.4.139	Opgave 5-139	5-56
5.4.140	Opgave 5-140	5-57
5.5	Uitwerkingen	5-58
5.5.101	Uitwerking van Opgave 5-101	5-59
5.5.102	Uitwerking van Opgave 5-102	5-60
5.5.103	Uitwerking van Opgave 5-103	5-61



5.5.104	Uitwerking van Opgave 5-104.....	5-62
5.5.105	Uitwerking van Opgave 5-105.....	5-63
5.5.106	Uitwerking van Opgave 5-106.....	5-64
5.5.107	Uitwerking van Opgave 5-107.....	5-65
5.5.108	Uitwerking van Opgave 5-108.....	5-66
5.5.109	Uitwerking van Opgave 5-109.....	5-67
5.5.110	Uitwerking van Opgave 5-110.....	5-68
5.5.111	Uitwerking van Opgave 5-111.....	5-69
5.5.112	Uitwerking van Opgave 5-112.....	5-70
5.5.113	Uitwerking van Opgave 5-113.....	5-71
5.5.114	Uitwerking van Opgave 5-114.....	5-72
5.5.115	Uitwerking van Opgave 5-115.....	5-73
5.5.116	Uitwerking van Opgave 5-116.....	5-74
5.5.117	Uitwerking van Opgave 5-117.....	5-76
5.5.118	Uitwerking van Opgave 5-118.....	5-78
5.5.119	Uitwerking van Opgave 5-119.....	5-79
5.5.120	Uitwerking van Opgave 5-120.....	5-80
5.5.121	Uitwerking van Opgave 5-121.....	5-81
5.5.122	Uitwerking van Opgave 5-122.....	5-82
5.5.123	Uitwerking van Opgave 5-123.....	5-83
5.5.124	Uitwerking van Opgave 5-124.....	5-84
5.5.125	Uitwerking van Opgave 5-125.....	5-85
5.5.126	Uitwerking van Opgave 5-126.....	5-86
5.5.127	Uitwerking van Opgave 5-127.....	5-87
5.5.128	Uitwerking van Opgave 5-128.....	5-88
5.5.129	Uitwerking van Opgave 5-129.....	5-89
5.5.130	Uitwerking van Opgave 5-130.....	5-90
5.5.131	Uitwerking van Opgave 5-131.....	5-91
5.5.132	Uitwerking van Opgave 5-132.....	5-92
5.5.133	Uitwerking van Opgave 5-133.....	5-93



5.5.134	Uitwerking van Opgave 5-134.....	5-94
5.5.135	Uitwerking van Opgave 5-135.....	5-95
5.5.136	Uitwerking van Opgave 5-136.....	5-96
5.5.137	Uitwerking van Opgave 5-137.....	5-97
5.5.138	Uitwerking van Opgave 5-138.....	5-98
5.5.139	Uitwerking van Opgave 5-139.....	5-99
5.5.140	Uitwerking van Opgave 5-140.....	5-100

5 40 uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 5, deel C

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.

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 C met 40 opgaven. De delen A en B bevatten er 50 en deel D 24.

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.

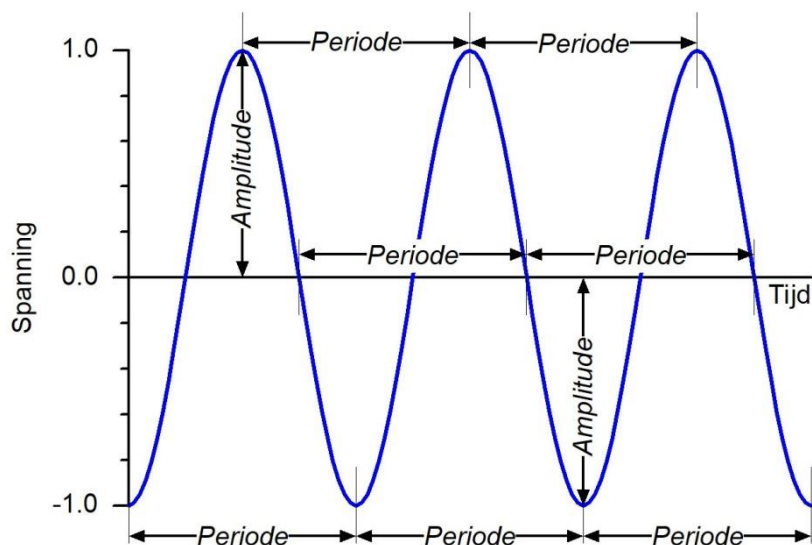
Voorafgaand aan de opgaven volgt nu een formularium. Dat is een overzicht van vergelijkingen (“formules”) met soms wat handigheidjes. We raden aan, dit eerst door te nemen.

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

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

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

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

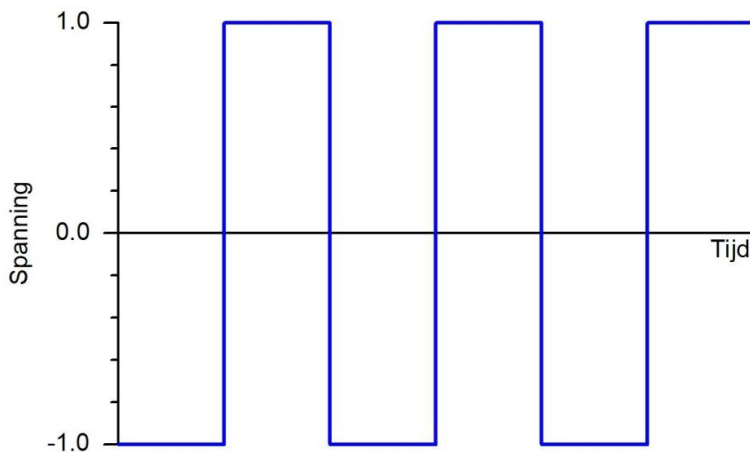
En voor U_{max} geldt

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

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.

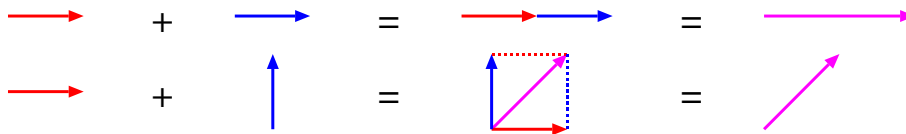
Fase is het deel van de periode die sinds het begin ervan is gerealiseerd.

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

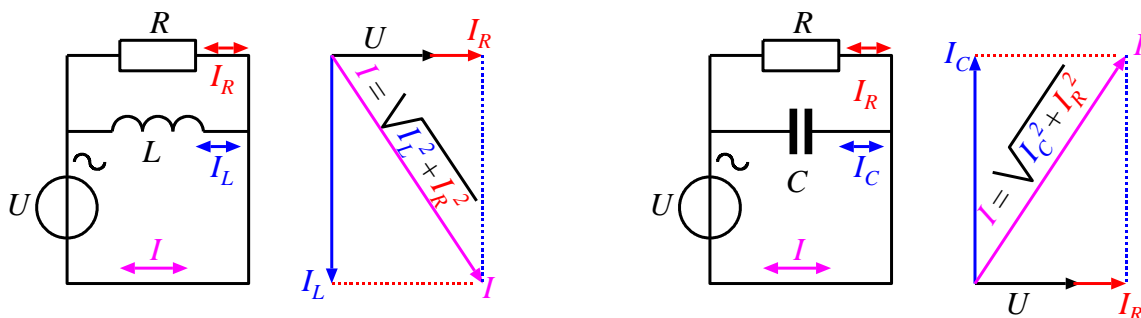
Bij parallelschakelingen is de spanning het uitgangspunt, want die hebben parallel geschakelde elementen gemeenschappelijk.

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 :

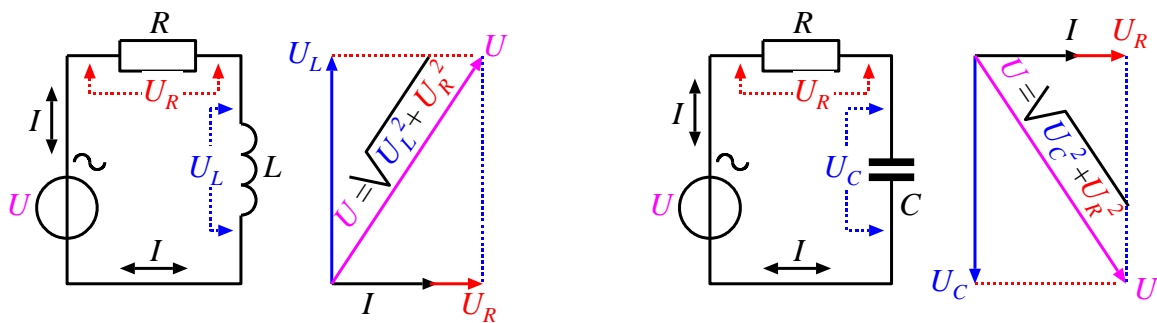
$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{X^2} + \frac{1}{R^2}} \quad (5.3-11)$$

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:

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

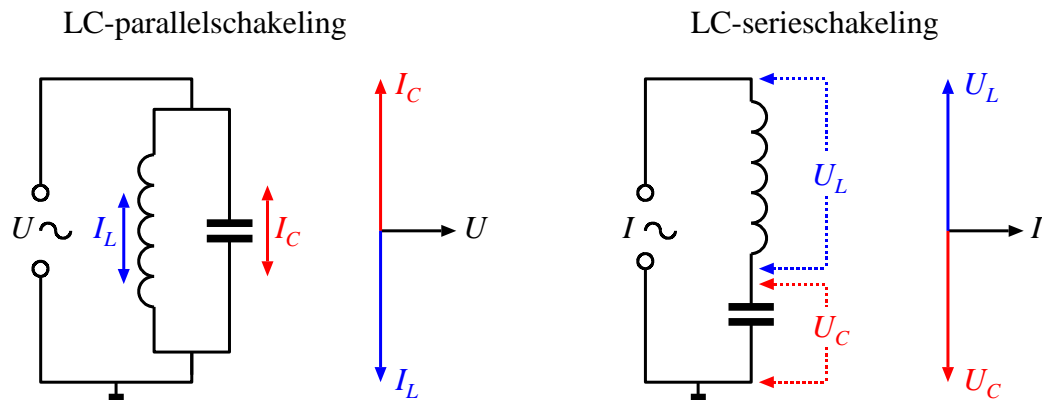
Weerstand en reactantie zijn evenredig met de spanning. Daarom geldt voor de impedantie Z van de serieschakeling

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

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

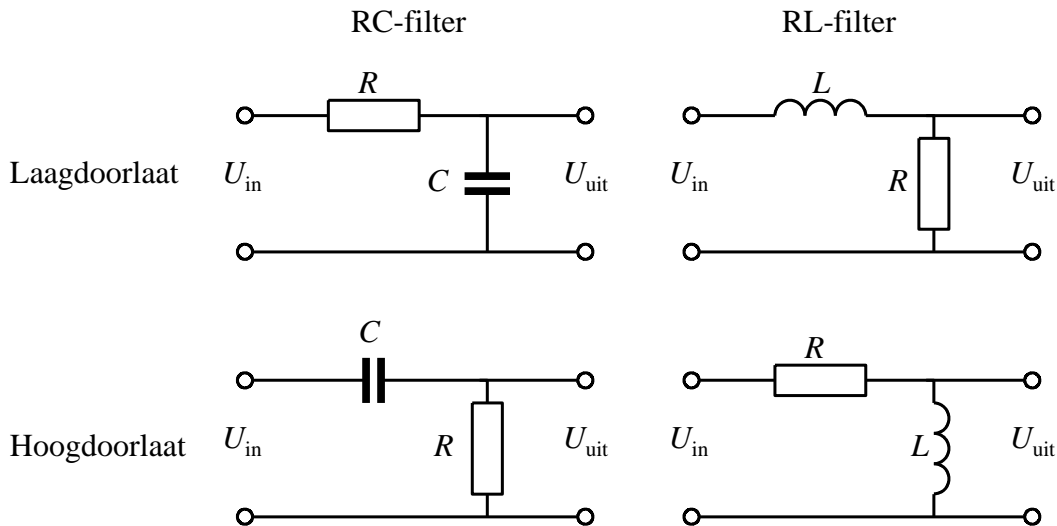
$U_C > U_L$: reageert als een capaciteit (condensator). De frequentie ligt **onder** de resonantiefrequentie

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 verwijdert. 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:

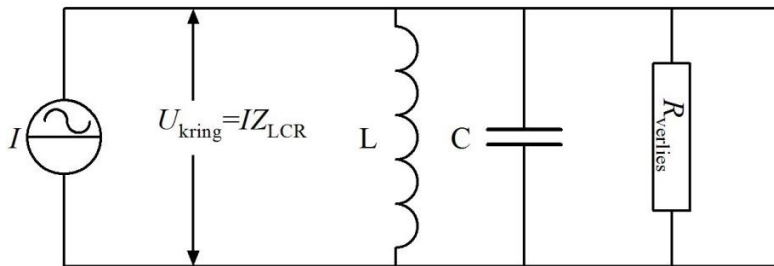
$$B = \frac{f_{res}}{Q} \quad (5.3-21)$$

Je kunt Q daarom bepalen uit de bandbreedte:

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

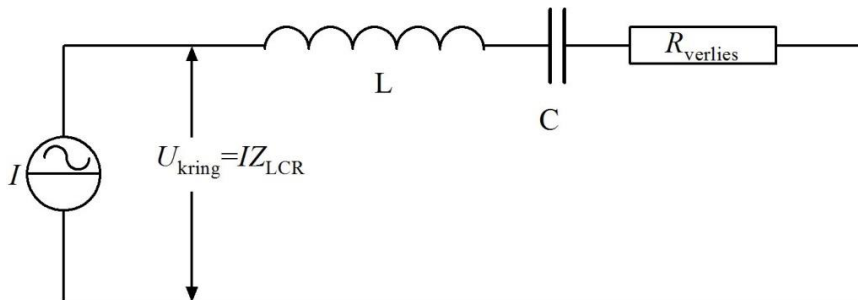
De -3 dB-punten liggen $\frac{1}{2}B$ onder en boven f_{res} .

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




5.4.101 Opgave 5-101

De reactantie van een spoel wordt groter, zowel bij:

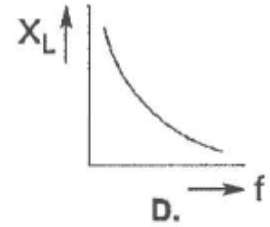
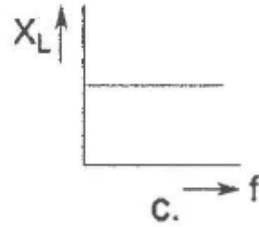
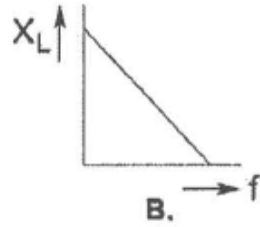
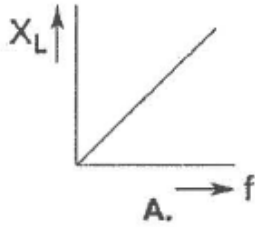
- A. Hogere frequentie als bij grotere zelfinductie
- B. Hogere frequentie als bij kleinere zelfinductie
- C. Lagere frequentie als bij grotere zelfinductie
- D. Lagere frequentie als bij lagere zelfinductie

(F-examen voorjaar 2000, augustus 2009, februari 2010 (1), september 2013 (1), januari 2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 


5.4.102 Opgave 5-102

De reactantie van een zelfinductie als functie van de frequentie verloopt volgens:



- A. Figuur B
- B. Figuur D
- C. Figuur A
- D. Figuur C

(F-examen mei 2011 (2), september 2011 (1), mei 2012 (1), september 2013 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 




5.4.103 Opgave 5-103

Een spoel met een zelfinductie van 0,2 henry wordt aangesloten op een wisselspanning met een frequentie van 50 Hz.

De schijnbare weerstand van de spoel is ongeveer:

- A. 10 Ω
- B. 3,14 Ω
- C. 62,8 Ω
- D. 125,6 Ω

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



5.4.104 Opgave 5-104

Een spoel met een zelfinductie van 0,25 henry wordt aangesloten op een wisselspanning met een frequentie van 400 Hz.

De schijnbare weerstand van de spoel is ongeveer:

- A. 1600 Ω
- B. 100 Ω
- C. 31,4 Ω
- D. 628 Ω

(F-examen maart 2016, maart 2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking






5.4.105 Opgave 5-105

Van een spoel is gegeven $L=0,25$ H.

Als $f = 100$ Hz, dan is X_L ongeveer:

- A. 2400Ω
- B. 150Ω
- C. 600Ω
- D. 1200Ω

(F-examen september 2009 (2), november 2011)


Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**5.4.106 Opgave 5-106**

Door een spoel met een zelfinductie van 0,2 henry loopt een sinusvormige wisselstroom van 2 ampère. De frequentie van de wisselstroom is $70/2\pi$ Hz. De spanning over de spoel is:

- A. 28 V
- B. 20 V
- C. 56 V
- D. 40 V

(F-examen voorjaar 2007, november 2009, november 2015, november 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 




5.4.107 Opgave 5-107

Een smoorspoel met een impedantie van 10 ohm heeft een Ohmse weerstand van 8 ohm en wordt aangesloten op een sinusvormige wisselspanning van 10 volt.

Het gedissipeerde vermogen is

- A. 12,5 W
- B. 10 W
- C. 6 W
- D. 8 W

(F-examen najaar 2007, januari 2010, november 2010, mei 2011 (3), september 2012, mei 2018 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



5.4.108 Opgave 5-108


Voor een spoel geldt: $R_L = 6 \Omega$ en $X_L = 8 \Omega$.

De spoel wordt aangesloten op een wisselspanning van 84 volt.

De stroom door de spoel is

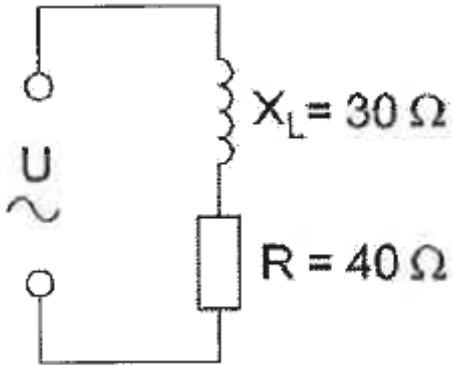
- A. 10,5 A
- B. 14 A
- C. 8,4 A
- D. 6 A

(F-examen mei 2014 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 


5.4.109 Opgave 5-109

In de schakeling is de wisselstroom 0,5 ampère. De aangesloten spanning is:



- A. 25 V
- B. 15 V
- C. 20 V
- D. 35 V

(F-examen najaar 2003, maart 2009 (2), maart 2010, mei 2010 (2))


Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

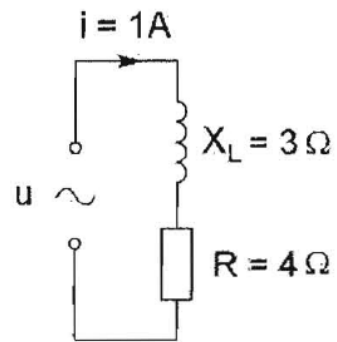
5.4.110 Opgave 5-110

In de schakeling is de wisselstroom i 1 ampère. De op de schakeling aangesloten wisselspanning u is:

- A. 7 V
- B. 4 V
- C. 3 V
- D. 5 V

(F-examen september 2009 (1), maart 2012)

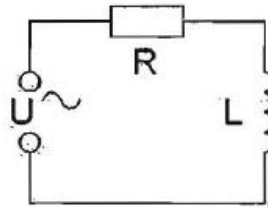
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



5.4.111 Opgave 5-111

De spanning U over de spoel is ongeveer gelijk aan:

- A. 20 V
- B. 71 V
- C. 38 V
- D. 50 V



$$L = 20\mu\text{H}$$

$$R = 4\Omega$$

$$2\pi f = 200\,000 \text{ rad/s}$$

$$U = 100 \text{ V}$$

(F-examen voorjaar 2000, februari 2010 (1), maart 2010, augustus 2013)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

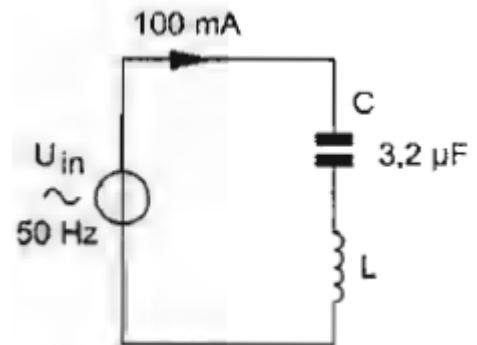


5.4.112 Opgave 5-112


De spoel heeft een gelijkstroomweerstand van 40 ohm. De reactantie X_L is $1\text{k}\Omega$.

De ingangsspanning is ongeveer

- A. 104 V
- B. 204 V
- C. 10 V
- D. 4 V

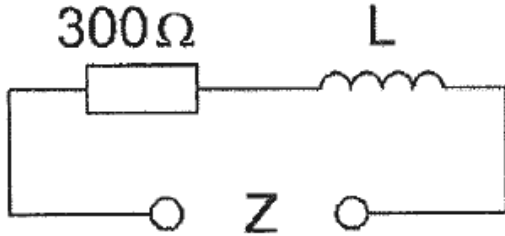


(F-examen voorjaar 2000, januari 2009, november 2013 (2), mei 2016 (1), november 2016)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

5.4.113 Opgave 5-113


Bij een bepaalde frequentie is $X = 400 \Omega$.



Als de frequentie wordt verdubbeld, dan wordt de impedantie Z ongeveer

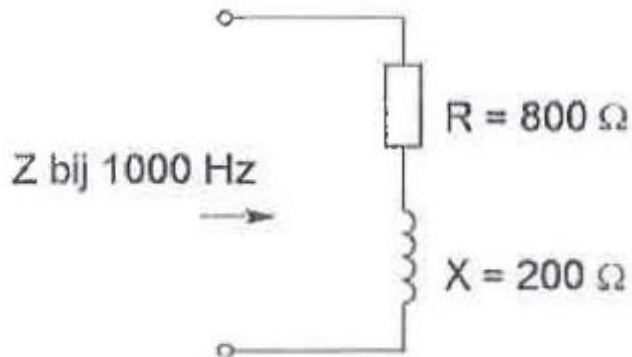
- A. 850Ω
- B. 500Ω
- C. 1100Ω
- D. 700Ω

(F-examen februari 2009, maart 2013)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 


5.4.114 Opgave 5-114

Als de frequentie wordt verdrievoudigd, dan wordt deingangsimpedantie



- A. 400Ω
- B. 1400Ω
- C. 1000Ω
- D. 1800Ω

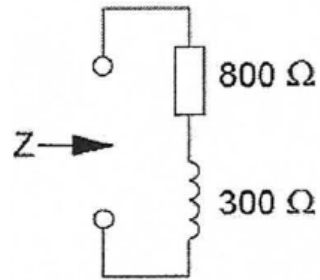
(F-examen juni 2010, mei 2014 (2), mei 2017 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

5.4.115 Opgave 5-115

Als de frequentie wordt verdubbeld, dan wordt de ingangsimpedantie

- A. 1100Ω
- B. 1708Ω
- C. 2200Ω
- D. 1000Ω



(F-examen voorjaar 2000, augustus 2010, februari 2011, maart 2011, augustus 2013, september 2015, mei 2018 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





5.4.116 Opgave 5-116

De Q -factor van een spoel in een resonantiekring heeft vooral invloed op de

- A. Eigencapaciteit van de spoel
- B. Koppelfactor van de spoel
- C. Selectiviteit van de kring
- D. Resonantiefrequentie van de kring

(F-examen najaar 2001, november 2008 (1), april 2009, mei 2009 (1), mei 2015 (2), september 2015, november 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





5.4.117 Opgave 5-117

Drie gelijke spoelen met dezelfde Q -factor worden parallel geschakeld. Er is geen magnetische koppeling.

De Q -factor van de schakeling

- A. Wordt 3x hoger
- B. Wordt 9x lager
- C. Blijft gelijk
- D. Wordt 3x lager

(F-examen november 2008 (2), juli 2009, juli 2010, mei 2011 (1), augustus 2011, november 2013 (2), januari 2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking






5.4.118 Opgave 5-118

Een spoel van $2 \mu\text{H}$ met een draadweerstand van $0,1 \Omega$ wordt toegepast op een frequentie van 2 MHz . De Q -factor van de spoel is ongeveer:

- A. 0,1
- B. 20×10^{-6}
- C. 250
- D. 2,5

(F-examen voorjaar 2006, juni 2011, november 2012)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**5.4.119 Opgave 5-119**

Een seriekring bestaat uit een spoel van $1 \mu\text{H}$ met een Ohmse weerstand van $0,1 \Omega$ en een condensator. De resonantiefrequentie bedraagt 8MHz . De Q -factor van de kring is ongeveer:

- A. $0,8 \times 10^{-6}$
- B. 50
- C. 500
- D. $0,1 \times 10^{-6}$

(F-examen januari 2009, maart 2009, maart 2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





5.4.120 Opgave 5-120

De 3 dB – bandbreedte van een parallelkring met $f_{\text{res}} = 21$ MHz en een Q van 70 is:

- A. 150 kHz
- B. 300 kHz
- C. 600 kHz
- D. 1470 kHz

(F-examen voorjaar 2002, september 2010 (1), september 2014 (1), mei 2015 (2), maart 2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





5.4.121 **Opgave 5-121**

Een sinusvormige wisselstroom met een amplitude (I_{max}) van 10 ampère loopt door een weerstand van 10 ohm.

Het opgenomen vermogen is:

- A. 1000 W
- B. 500 W
- C. 100 W
- D. 50 W

(F-examen voorjaar 2000)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




**5.4.122 Opgave 5-122**

Een sinusvormige wisselspanning heeft een amplitude U_{max} van 10 volt. De gemiddelde waarde, gerekend over een hele periode is:

- A. 5 V
- B. 6,37 V
- C. 0 V
- D. 7,07 V

(F-examen voorjaar 2001, mei 2010 (2), mei 2017 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



5.4.123 Opgave 5-123

Een symmetrisch blokvormig signaal met een grondfrequentie van 1 kHz bevat onder meer de volgende harmonischen:

- A. 2000 Hz, 3000 Hz en 5000 Hz
- B. 3000 Hz, 5000 Hz en 7000 Hz
- C. 500 Hz, 1000 Hz en 2000 Hz
- D. 100 Hz, 300 Hz en 900 Hz

(F-examen november 2011, november 2014 (1), mei 2017 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





5.4.124 Opgave 5-124

De periodeduur van een golfvorm bedraagt 2 milliseconde.

De frequentie is dan:

- A. 500 Hz
- B. 50 Hz
- C. 2 Hz
- D. 200 kHz

(F-examen najaar 2001, december 2008, mei 2011 (2), mei 2012 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking






5.4.125 Opgave 5-125

Van een wisselstroom wijzigt de stroom 3.500.000 maal per seconde van richting.

De frequentie bedraagt:

- A. 825 kHz
- B. 3500 kHz
- C. 7000 kHz
- D. 1750 kHz

(F-examen augustus 2010, september 2013 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



5.4.126 Opgave 5-126

De momentele waarde van een sinusvormige wisselspanning is per definitie:

- A. De waarde van de spanning op een bepaald tijdstip
- B. $\frac{1}{2} \sqrt{2}$ maal de maximale waarde
- C. $\sqrt{2}$ maal de effectieve waarde
- D. $\sqrt{3}$ maal de effectieve waarde

(F-examen januari 2020)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking






5.4.127 Opgave 5-127

Afscherming tegen elektrische velden kan worden bereikt door

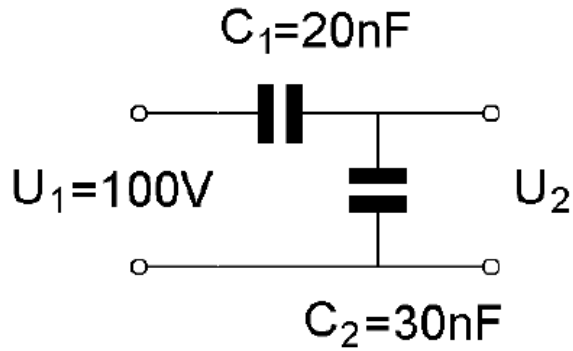
- A. Een LC-kring in resonantie
- B. Een geaarde metalen plaat
- C. Een spoel naar aarde
- D. Een ontkoppelcondensator

(F-examen najaar 2004, mei 2010 (2), mei 2011 (1), november 2012)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

5.4.128 Opgave 5-128

Op de schakeling van twee ideale condensatoren wordt een sinusvormige spanning U_1 van 100 volt aangesloten.



De spanning U_2 is:

- A. 100 V
- B. 60 V
- C. 50 V
- D. 40 V

(F-examen voorjaar 2005)

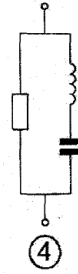
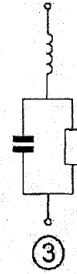
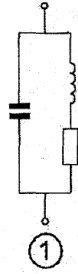
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




5.4.129 Opgave 5-129

Een niet-ideale spoel is voor te stellen door:

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



(F-examen maart 2011 (1), maart 2011 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



5.4.130 Opgave 5-130

Een condensator met aansluitdraden gedraagt zich voor frequenties in het UHF-gebied voornamelijk als een

- A. Condensator met veel verlies
- B. Weerstand
- C. Parallelkring
- D. Spoel

(F-examen oktober 2008, september 2009, november 2011, november 2013 (2), mei 2019 (2))

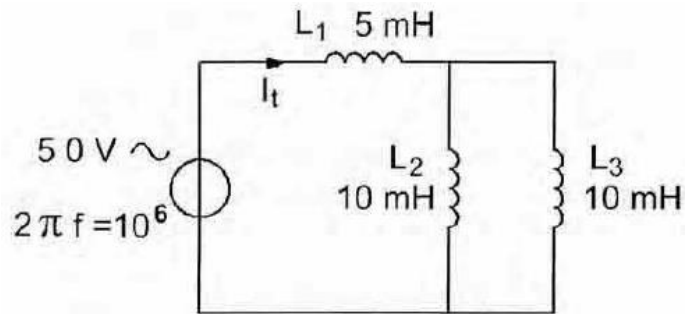
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.131 Opgave 5-131

L_1 , L_2 en L_3 zijn niet gekoppeld. I_t is:

- A. 10 mA
- B. 50 mA
- C. 5 mA
- D. 1 mA



(F-examen augustus 2012)

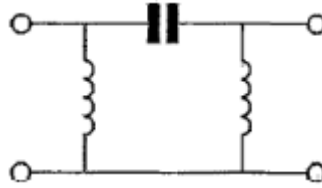
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




5.4.132 Opgave 5-132

Dit is het schema van een

- A. Laagdoorlaatfilter
- B. Bandsperfilter
- C. Hoogdoorlaatfilter
- D. Banddoorlaatfilter



(F-examen voorjaar 2007, maart 2009 (1), november 2010 (1), maart 2013, januari 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

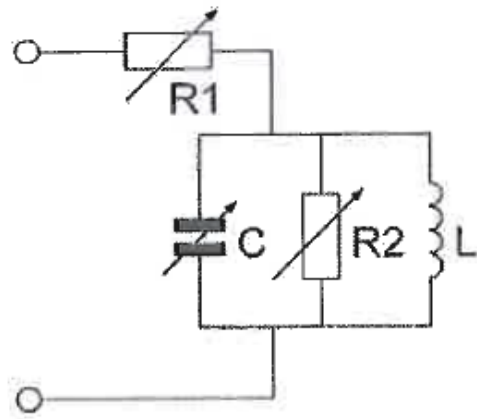
5.4.133 Opgave 5-133

De resonantiefrequentie van de schakeling wordt beïnvloed door de

- A. Capaciteit C
- B. Weerstand R_2
- C. Weerstand R_1
- D. Weerstanden R_1 en R_2

(F-examen voorjaar 2002, mei 2009 (2), mei 2010 (1), september 2013 (2), september 2014 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



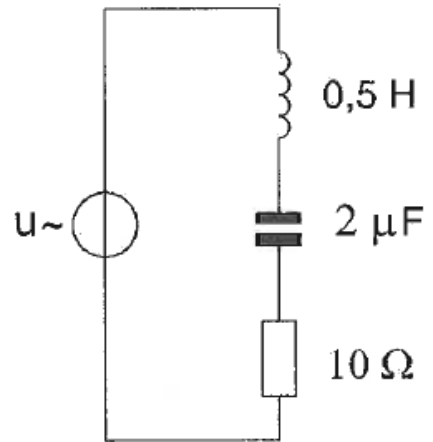
5.4.134 Opgave 5-134

De weerstand dissipeert het grootste vermogen bij een frequentie van ongeveer

- A. 320 Hz
- B. 160 Hz
- C. 6400 Hz
- D. 3200 Hz

(F-examen augustus 2010)

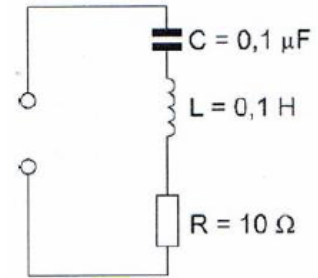
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




5.4.135 Opgave 5-135

De resonantiefrequentie van de schakeling is ongeveer

- A. 32 kHz
- B. 1,6 kHz
- C. 63 kHz
- D. 3,2 kHz



(F-examen juni 2011, augustus 2011, januari 2015, maart 2015, november 2019)

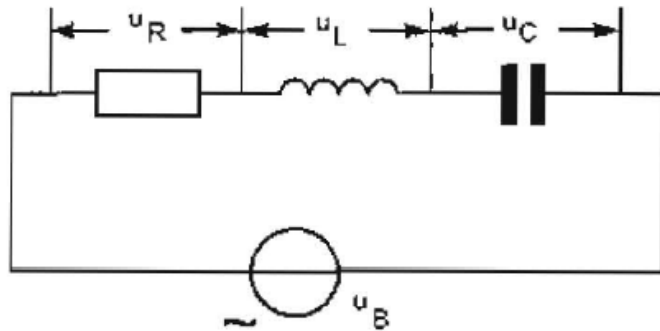
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

5.4.136 Opgave 5-136

Onafhankelijk van de waarden van de onderdelen geldt bij resonantie:

- A. $U_R = U_C$
- B. $U_R = U_B$
- C. $U_L = U_B$
- D. $U_R = U_L$

(F-examen november 2011, mei 2019 (1))



Antwoord gevonden? Naar de uitwerking






5.4.137 Opgave 5-137

Van een seriekring in resonantie wordt de serieweerstand vergroot van $R_s = 10$ ohm naar $R_s = 20$ ohm. De kwaliteitsfactor Q wordt hierdoor:

- A. Niet veranderd
- B. Verviervoudigd
- C. Verdubbeld
- D. Gehalveerd

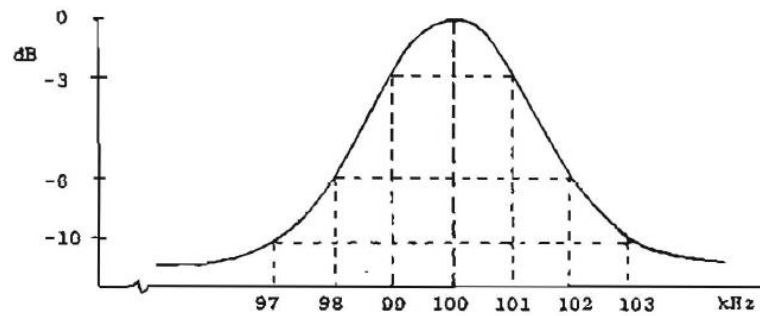
(F-examen voorjaar 2000, voorjaar 2003, september 2009 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

5.4.138 Opgave 5-138

Dit is de frequentiecarakteristiek van een resonantiekring. De kwaliteitsfactor (Q) van deze kring bedraagt:

- A. 50
- B. 25
- C. 100
- D. 16,7



(F-examen najaar 2002, september 2010 (1), maart 2011 (1), december 2011, mei 2014 (2), september 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





5.4.139 Opgave 5-139

De Q -factor in een resonantiekring heeft vooral invloed op de

- A. Selectiviteit van de kring
- B. Koppelfactor van de spoel
- C. Resonantiefrequentie van de kring
- D. Eigencapaciteit van de spoel

(F-examen februari 2011 (2), juli 2011, september 2011 (2), mei 2012 (2), september 2013 (2), september 2014 (1))

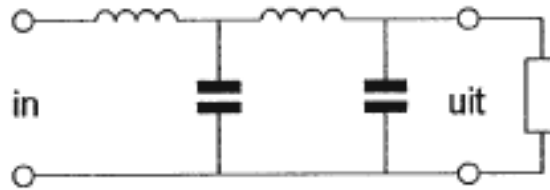
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




5.4.140 Opgave 5-140

Dit is het schema van een

- A. Banddoorlaatfilter
- B. Bandsperfilter
- C. Hoogdoorlaatfilter
- D. Laagdoorlaatfilter



(F-examen voorjaar 2006, november 2013 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



5.5 Uitwerkingen

5.5.101 Uitwerking van Opgave 5-101

De reactantie van een spoel wordt groter, zowel bij:

- A. Hogere frequentie als bij grotere zelfinductie
- B. Hogere frequentie als bij kleinere zelfinductie
- C. Lagere frequentie als bij grotere zelfinductie
- D. Lagere frequentie als bij lagere zelfinductie

(F-examen voorjaar 2000, september 2008, februari 2010 (1), september 2013 (1), januari 2015)

Uitwerking

De reactantie X_L van een spoel is afhankelijk van de zelfinductie L en de frequentie f volgens

$$X_L = 2\pi fL$$

Dus hoe groter f , des te groter X_L en hoe groter L , des te groter X_L .

Dat betekent dat antwoord A goed is.



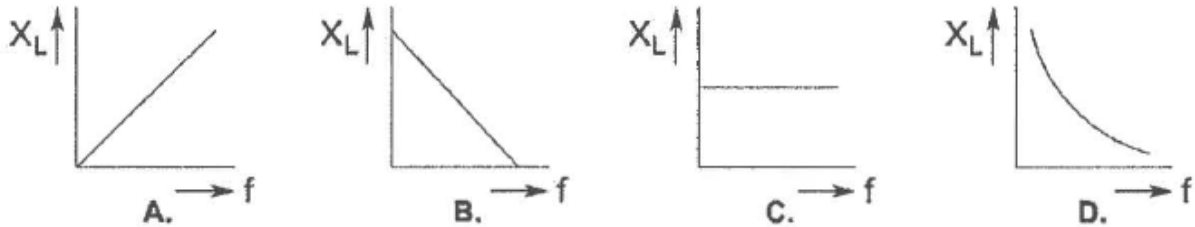
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.102 Uitwerking van Opgave 5-102

De reactantie van een zelfinductie als functie van de frequentie verloopt volgens:



- A. Figuur B
- B. Figuur D
- C. **Figuur A**
- D. Figuur C

Uitwerking

De reactantie X_L neemt rechtlijnig toe met de frequentie volgens de vergelijking

$$X_L = 2\pi fL$$

Er is maar één grafiek die rechtlijnig oploopt met de frequentie f en dat is die in figuur A. Deze grafiek wordt -een beetje verwarrend- genoemd onder antwoord C. Dat is daarom het goede antwoord.

Opmerking

De wat wonderlijke plaatsing van de antwoorden geeft aan dat deze opgave, zoals heel veel zendexamenopgaven, geschikt is bevonden voor hergebruik met verwisselde antwoorden.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.103 Uitwerking van Opgave 5-103

Een spoel met een zelfinductie van 0,2 henry wordt aangesloten op een wisselspanning met een frequentie van 50 Hz.

De schijnbare weerstand van de spoel is ongeveer:

- A. 10 Ω
- B. 3,14 Ω
- C. **62,8 Ω**
- D. 125,6 Ω

Uitwerking

De te gebruiken vergelijking is

$$X_L = 2\pi fL$$

Invullen:

$$X_L = 100\pi \cdot 0,2 \Omega = 20\pi \Omega = 62,8 \Omega$$

Antwoord C is dus het goede antwoord.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**5.5.104 Uitwerking van Opgave 5-104**

Een spoel met een zelfinductie van 0,25 henry wordt aangesloten op een wisselspanning met een frequentie van 400 Hz.

De schijnbare weerstand van de spoel is ongeveer:

- A. 1600 Ω
- B. 100 Ω
- C. 31,4 Ω
- D. **628 Ω**

Uitwerking

Deze opgave is gelijk aan Opgave 5-103, maar met andere getallen. Dus invullen maar weer:

$$X_L = 800\pi \cdot 0,25 \Omega = 200\pi \Omega = 628 \Omega$$

In dit geval wordt het antwoord D.

Opmerking

Deze opgave toont aan, hoe gemakkelijk een bestaande opgave kan worden verbouwd met andere getallen en hoe weinig zin het heeft, antwoorden uit het hoofd te leren. Het leren van uitwerkingen is wel zinvol!



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**5.5.105 Uitwerking van Opgave 5-105**

Van een spoel is gegeven $L=0,25$ H.

Als $f = 100$ Hz, dan is X_L ongeveer:

- A. 2400Ω
- B. 150Ω**
- C. 600Ω
- D. 1200Ω

Uitwerking

Deze opgave is net als Opgave 5-103 en Opgave 5-104 een kwestie van invullen in de vergelijking

$$X_L = 2\pi fL$$

Dat wordt:

$$X_L = 200\pi \cdot 0,25 \Omega = 50\pi \Omega = 157 \Omega \approx 150 \Omega$$

Antwoord B wint.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.106 Uitwerking van Opgave 5-106

Door een spoel met een zelfinductie van 0,2 henry loopt een sinusvormige wisselstroom van 2 ampère. De frequentie van de wisselstroom is $70/2\pi$ Hz. De spanning over de spoel is:

- A. 28 V
- B. 20 V
- C. 56 V
- D. 40 V

Uitwerking

Bereken eerst de reactantie van de spoel; daarna is met de wet van Ohm de spanning over de spoel te berekenen. De reactantie X_L :

$$X_L = 2\pi \frac{70}{2\pi} 0,2 \Omega = 14 \Omega$$

$I=2$ A en $U=IX_L$. Dan is U gelijk aan 2 A maal 14Ω is 28 V. Antwoord A.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.107 Uitwerking van Opgave 5-107

Een smoorspoel met een impedantie van 10 ohm heeft een Ohmse weerstand van 8 ohm en wordt aangesloten op een sinusvormige wisselspanning van 10 volt.

Het gedissipeerde vermogen is

- A. 12,5 W
- B. 10 W
- C. 6 W
- D. **8 W**

Uitwerking

Een zuivere zelfinductie dissipeert niet. De dissipatie vindt alleen plaats in de weerstand van 8 Ω . De stroom wordt bepaald door de impedantie en de spanning. Bij een spanning van 10 V en een impedantie van 10 Ω is de stroom 1 A.

De dissipatie P in het weerstanddeel van de spoel bepaal je met de vergelijking $P = I^2 R$. Voor I van 1 A en R van 8 Ω wordt dat 8 W. Antwoord D dus.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**5.5.108 Uitwerking van Opgave 5-108**

Voor een spoel geldt $R_L = 6 \Omega$ en $X_L = 8 \Omega$.

De spoel wordt aangesloten op een wisselspanning van 84 volt.

De stroom door de spoel is

- A. 10,5 A
- B. 14 A
- C. **8,4 A**
- D. 6 A

Uitwerking

Om de stroom te kunnen berekenen, hebben we de impedantie Z van deze niet-ideale spoel nodig. Die bereken je volgens

$$Z = \sqrt{R_L^2 + X_L^2}$$

De oplettende lezer zal in de 6Ω en de 8Ω (hopelijk) het rijtje 3, 4, 5 van Pythagoras herkennen. In dit geval alles maal 2, dus 6, 8, 10.

Dat betekent $Z = 10 \Omega$. De wet van Ohm vertelt ons dat

$$I = \frac{U}{Z}$$

En dus dat $I = 84 \text{ V} / 10 \Omega = 8,4 \text{ A}$. Antwoord C is dus prijswinnaar.



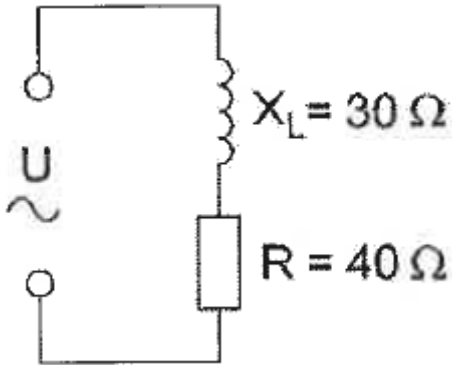
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.109 Uitwerking van Opgave 5-109

In de schakeling is de wisselstroom 0,5 ampère. De aangesloten spanning is:



- A. 25 V
- B. 15 V
- C. 20 V
- D. 35 V

Uitwerking

Voor de uitwerking hebben we de impedantie Z van de schakeling nodig. Die is te berekenen volgens

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Ook hier duikt het rijtje van Pythagoras van $3^2 + 4^2 = 5^2$ weer op, nu met 30, 40 en dus ook 50.

Rekenen is bijna overbodig: $Z = 50 \Omega$. De stroom is 0,5 A en de wet van Ohm vertelt ons dat $U=IR$ en dus ook dat $U=IZ$, zodat $U = 0,5 \cdot 50 \text{ V} = 25 \text{ V}$. Antwoord A is het juiste antwoord.



Terug naar de opgave

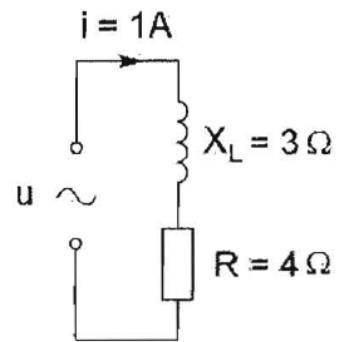
Naar de volgende opgave



5.5.110 Uitwerking van Opgave 5-110

In de schakeling is de wisselstroom i 1 ampère. De op de schakeling aangesloten wisselspanning U is:

- A. 7 V
- B. 4 V
- C. 3 V
- D. 5 V

**Uitwerking**

Deze opgave lijkt sterk op Opgave 5-109, de vorige opgave dus. De stroom is nu het dubbele en de reactantie van de spoel en die van de weerstand zijn door 10 gedeeld.

Voor wie Opgave 5-109 heeft uitgewerkt misschien een makkie, maar misschien ook een nuttige herhaling. We beginnen weer met de impedantie. Het rijtje van Pythagoras is weer eens opvallend aanwezig. 3Ω voor de reactantie, 4Ω voor de weerstand, impedantie Z dus 5Ω . Weerstand en spoel hadden in het schema voor hetzelfde resultaat ook in omgekeerde volgorde mogen staan.

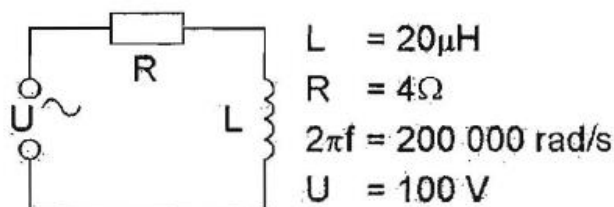
Volgens Ohm is $U = IZ$, dus $U = 1 \cdot 5 \text{ V} = 5 \text{ V}$. Deze keer zit het examenpuntje bij antwoord D.

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

5.5.111 Uitwerking van Opgave 5-111

De spanning U over de spoel is ongeveer gelijk aan:

- A. 20 V
- B. 71 V
- C. 38 V
- D. 50 V



Uitwerking

Om de spanning over de spoel te berekenen, hebben we de stroom nodig. Die is te berekenen uit de spanning over de schakeling en de impedantie van de schakeling. De reactantie is te berekenen uit de zelfinductie en de frequentie. De weerstand $R = 4\Omega$ is gegeven, de frequentie in de vorm van de cirkelfrequentie $2\pi f$ ook.

De reactantie X_L van de spoel bereken je met

$$X_L = 2\pi fL = 200\,000 \cdot 20 \cdot 10^{-6}\Omega = 4 \cdot 10^6 \cdot 10^{-6}\Omega = 4\Omega$$

Dan vinden we Z uit

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{4^2 + 4^2}\Omega = \sqrt{32}\Omega = 4\sqrt{2}\Omega \approx 5,66\Omega$$

Nu nog de stroom. Daarvoor geldt de wet van Ohm

$$I = \frac{U}{Z} \approx \frac{100}{5,66}\text{A} \approx 17,7\text{A}$$

Nu de spanning over de spoel, waarvoor geldt $U = IZ$. $4 \cdot 17,7 \text{ V} \approx 71 \text{ V}$, dus antwoord B.

Opmerking

Hier is het van belang dat je kunt bepalen, welke grootheden je nodig hebt en in welke volgorde.



Terug naar de opgave

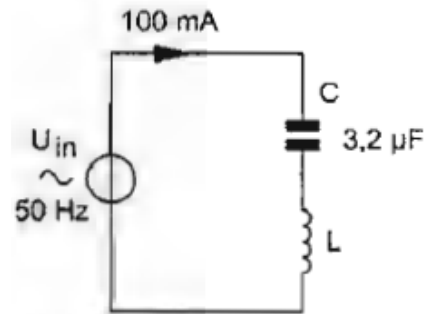
Naar de volgende opgave



5.5.112 Uitwerking van Opgave 5-112

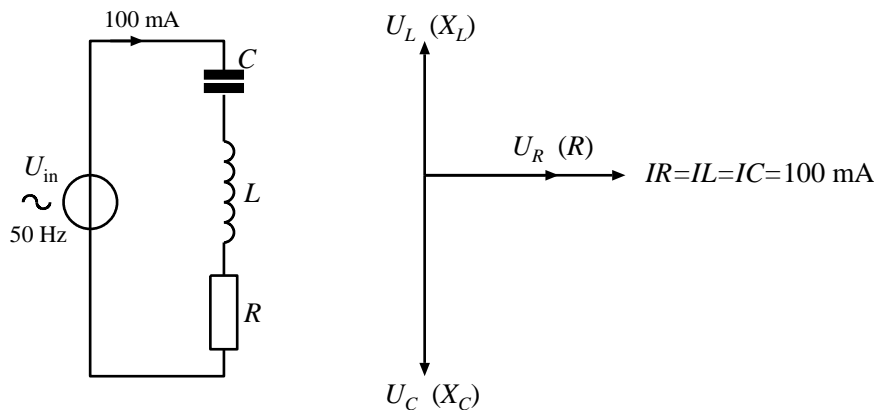
De spoel heeft een gelijkstroomweerstand van 40 ohm.
De reactantie X_L is 1k Ω . De ingangsspanning is ongeveer

- A. 104 V
- B. 204 V
- C. 10 V
- D. 4 V



Uitwerking

Het schema toont een condensator in serie met een spoel. In een vectordiagram (zie afbeelding) zijn de reactanties van beide tegengesteld, zodat de uiteindelijke reactantie het verschil van beide is. Bovendien zit er in het schema nog de gelijkstroomweerstand van de spoel, 40 Ω . Die is in het oorspronkelijke schema hierboven niet meegetekend.



Het vectordiagram van de reactanties zit net zo in elkaar als dat van de spanningen, vandaar dat beide in het vectordiagram staan. De lengten van de pijlen zijn willekeurig en hebben niets te maken met de uitkomst. De richtingen zijn wel juist.

De reactantie X_L is gegeven: 1000 Ω . Die van de condensator moet worden uitgerekend op basis van frequentie f en capaciteit C . Gegeven is dat $C = 3,2 \mu\text{F}$. X_C volgt uit

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 3,2 \cdot 10^{-6}} \Omega = \frac{10^6}{320\pi} \Omega \approx 1\text{k}\Omega$$

X_C en X_L vallen tegen elkaar weg, want ook $X_L = 1 \text{ k}\Omega$. Resteert de spanning over de weerstand. Die is 0,1 A maal 40 Ω is 4 V. Antwoord D is daarom goed.



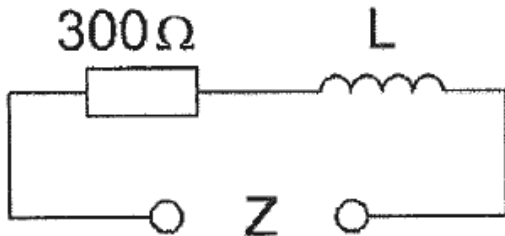
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.113 Uitwerking van Opgave 5-113

Bij een bepaalde frequentie is $X = 400 \Omega$.



Als de frequentie wordt verdubbeld, dan wordt de impedantie Z ongeveer

- A. **850 Ω**
- B. 500 Ω
- C. 1100 Ω
- D. 700 Ω

Uitwerking

Bij de “bepaalde” frequentie is de reactantie $X = 400 \Omega$. Het kan alleen maar om de spoel gaan, want in het schema staat geen ander reactief element. Als de frequentie wordt verdubbeld, wordt de reactantie van elke spoel 2x zo groot (en die van een condensator half zo groot, maar die zit niet in de schakeling). X_L wordt dus 2x zo groot, 800 Ω . Met de weerstand gebeurt niets.

We kunnen uitgaan van de vergelijking voor de impedantie van een serieschakeling van spoel en weerstand. Die luidt

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

De uitwerking:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = 100\sqrt{3^2 + 8^2} \Omega = 100\sqrt{9 + 64} \Omega = 100\sqrt{73} \Omega \approx 854 \Omega$$

Omdat het om “ongeveer” ging, is A het goede antwoord.



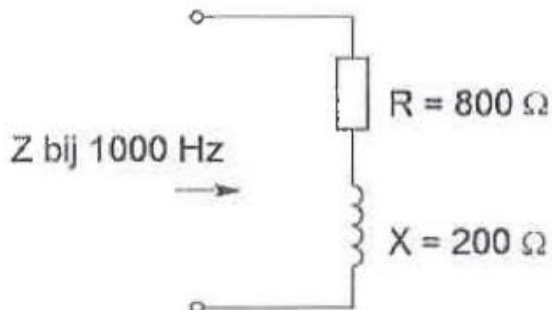
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.114 Uitwerking van Opgave 5-114

Als de frequentie wordt verdrievoudigd, dan wordt deingangsimpedantie



- A. 400Ω
- B. 1400Ω
- C. **1000Ω**
- D. 1800Ω

Uitwerking

Als de frequentie wordt verdrievoudigd, wordt X dat ook. Die wordt dus 600Ω . Met de weerstand R gebeurt niets. Dan hebben we een serieschakeling van een weerstand van 800Ω en een reactantie van 600Ω . Als we die beide delen door 200 , dan hebben we de eerste twee getallen van het Pythagorasrijtje $3, 4, 5$. En voor Z geldt: $Z = \sqrt{X^2 + R^2}$. Zonder moeilijk rekenwerk kunnen we daarom vaststellen dat $Z = 200$ maal 5Ω is, dus 1000Ω .

Antwoord C.



Terug naar de opgave

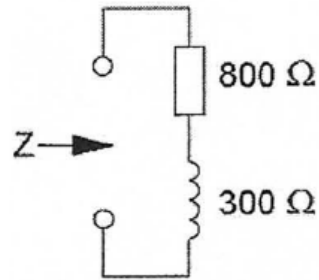
Naar de volgende opgave



5.5.115 Uitwerking van Opgave 5-115

Als de frequentie wordt verdubbeld, dan wordt de ingangsimpedantie

- A. 1100 Ω
- B. 1708 Ω
- C. 2200 Ω
- D. 1000 Ω

**Uitwerking**

Als de frequentie wordt verdubbeld, dan wordt de reactantie dat ook, zodat deze 600 Ω wordt. De weerstand blijft onveranderd op 800 Ω .

Deel beide door 200, dan hebben we de getallen 3 en 4, de eerste twee van het rijtje 3, 4, 5 van Pythagoras. Voor Z geldt

$$Z = \sqrt{X^2 + R^2}$$

zodat we zonder echt rekenwerk kunnen vaststellen dat $Z = 5 \cdot 200 \Omega = 1000 \Omega$.

Het juiste antwoord is dan ook antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.116 Uitwerking van Opgave 5-116

De Q -factor van een spoel in een resonantiekring heeft vooral invloed op de

- A. Eigencapaciteit van de spoel
- B. Koppelfactor van de spoel
- C. **Selectiviteit van de kring**
- D. Resonantiefrequentie van de kring

Uitwerking

In hoofdstuk 5 hebben we gezien dat Q invloed heeft op de bandbreedte. Om het geheugen wat op te frissen: Q is de verhouding van reactantie en verliesweerstand bij resonantie, dus als de reactanties van spoel en condensator even groot zijn. Voor een seriekring geldt

$$Q = \frac{X_{L\text{res}}}{R_{\text{verlies}}}$$

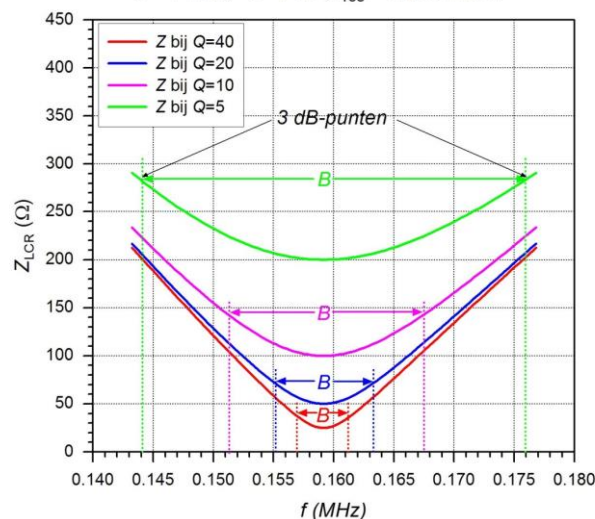
En voor een parallelkring gaat het rechterlid van de vergelijking op de kop

$$Q = \frac{R_{\text{verlies}}}{X_{L\text{res}}}$$

Omdat bij resonantie de reactanties van L en C gelijk zijn, kun je in beide vergelijkingen zonder bezwaar X_L vervangen door X_C . Een set grafieken voor een seriekring, overgenomen uit hoofdstuk 5, staat hieronder.

Impedantie van een seriekring bij het resonantiepunt

$L = 1 \text{ mH}$, $C = 1 \text{ nF}$, $f_{\text{res}} = 0,159 \text{ MHz}$



De bandbreedte B is het omgekeerde van selectiviteit: hoe kleiner de bandbreedte, des te selectiever is de kring.



Het goede antwoord is dan ook C

Opmerking

De koppelfactor is een maat voor de energie-overdracht bij gekoppelde kringen. Hij staat niet in de huidige examenopgaven, maar het gebeurt soms dat begrippen en grootheden die niet meer in de exameneisen staan, toch in opgaven voorkomen.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.117 Uitwerking van Opgave 5-117

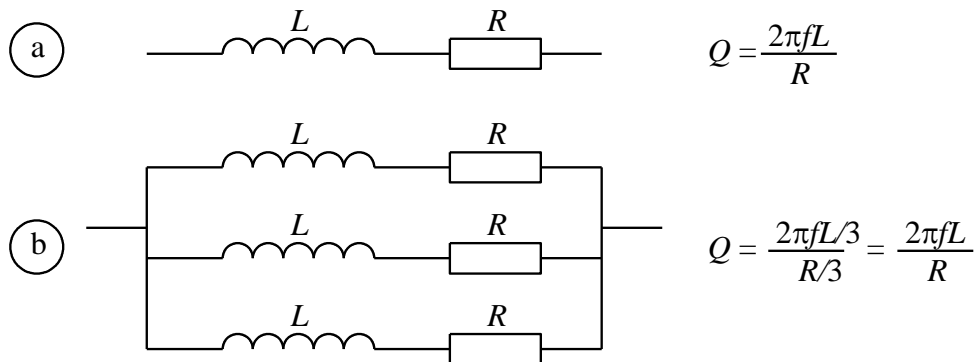
Drie gelijke spoelen met dezelfde Q -factor worden parallel geschakeld. Er is geen magnetische koppeling.

De Q -factor van de schakeling

- A. Wordt 3x hoger
- B. Wordt 9x lager
- C. Blijft gelijk**
- D. Wordt 3x lager

Uitwerking

De spoel kun je zien als een ideale spoel met in serie geschakelde weerstand (zie figuur, deel a)



De vervangingswaarde L_{tot} van drie parallel geschakelde spoelen bereken je volgens

$$\frac{1}{L_{tot}} = 3 \frac{1}{L} = \frac{3}{L} \rightarrow L_{tot} = \frac{L}{3}$$

De vervangingswaarde R_{tot} van de drie parallel geschakelde weerstanden gaat op dezelfde manier, dus

$$R_{tot} = \frac{R}{3}$$

Q_1 is de verhouding van de reactantie van de enkele spoel en grootte van de weerstand (figuur, deel a):

$$Q_1 = \frac{X_L}{R} = \frac{\omega L}{R} = \frac{2\pi fL}{R}$$

Q_3 geldt voor de parallelschakeling van 3 stuks (figuur, deel b):



$$Q_3 = \frac{2\pi fL/3}{R/3} = \frac{2\pi fL}{R} = Q_1$$

Dat bewijst dat $Q_3 = Q_1$. Het maakt voor Q dus niets uit of je drie van deze spoelen parallel schakelt of uitgaat van een enkele spoel: antwoord C.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.118 Uitwerking van Opgave 5-118

Een spoel van $2 \mu\text{H}$ met een draadweerstand van $0,1 \Omega$ wordt toegepast op een frequentie van 2 MHz . De Q -factor van de spoel is ongeveer:

- A. 0,1
- B. 20×10^{-6}
- C. **250**
- D. 2,5

Uitwerking

Een spoel met een draadweerstand (= weerstand van de draad waaruit de spoel bestaat) is op te vatten als een ideale spoel in serie met een weerstand. In dat geval hebben we te maken met de vergelijking voor de Q van een seriekring: reactantie gedeeld door weerstand.

De weerstand is gegeven; die is $0,1 \Omega$. De reactantie X_L van de spoel moeten we uitrekenen uit zelfinductie L en frequentie f volgens de vergelijking

$$X_L = 2\pi fL$$

En dus

$$X_L = 2\pi \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \Omega \approx 25,1 \Omega$$

$25,1 \Omega$ gedeeld door $0,1 \Omega$ is $251 \approx 250$. Dat wordt antwoord C.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.119 Uitwerking van Opgave 5-119

Een seriekring bestaat uit een spoel van $1 \mu\text{H}$ met een Ohmse weerstand van $0,1 \Omega$ en een condensator. De resonantiefrequentie bedraagt 8MHz . De Q -factor van de kring is ongeveer:

- A. $0,8 \times 10^{-6}$
- B. 50
- C. 500**
- D. $0,1 \times 10^{-6}$

Uitwerking

De weerstand van $0,1 \Omega$ is gegeven. We hebben de reactantie X_L van de spoel nodig om Q te berekenen.

X_L vinden we uit zelfinductie L en frequentie f volgens de vergelijking

$$X_L = 2\pi fL$$

Invullen:

$$X_L = 2\pi \cdot 8 \cdot 10^6 \cdot 10^{-6} \Omega \approx 50,3 \Omega$$

Q vinden we uit reactantie X_L en de weerstand $R = 0,1 \Omega$:

$$Q = \frac{X_L}{R} = \frac{50,3}{0,1} = 503 \approx 500$$

Dat betekent dat antwoord C het juiste antwoord is



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**5.5.120 Uitwerking van Opgave 5-120**

De 3 dB – bandbreedte van een parallelkring met $f_{res} = 21$ MHz en een Q van 70 is:

- A. 150 kHz
- B. 300 kHz**
- C. 600 kHz
- D. 1470 kHz

Uitwerking

De 3 dB bandbreedte B is de afstand tussen de twee -3 dB-punten aan weerskanten van de resonantiefrequentie. B wordt gevonden uit

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

In dit geval is dat $21 \text{ MHz}/70 = 300 \text{ kHz}$. Antwoord B is dus het juiste antwoord.

Opmerking

De valkuil is hier antwoord C. Een bandbreedte van x kHz is niet x kHz omlaag en x kHz omhoog, maar x kHz totaal. Antwoord A is hetzelfde foutje, maar in omgekeerde richting.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**5.5.121 Uitwerking van Opgave 5-121**

Een sinusvormige wisselstroom met een amplitude (I_{max}) van 10 ampère loopt door een weerstand van 10 ohm.

Het opgenomen vermogen is:

- A. 1000 W
- B. 500 W**
- C. 100 W
- D. 50 W

Uitwerking

Als het om vermogen gaat, is niet de amplitude het uitgangspunt, maar de effectieve waarde I_{eff} . Daarvoor geldt dat $I_{eff} = I_{max} / \sqrt{2}$. Voor het vermogen P geldt $P = I_{eff}^2 R$.

Dat laatste laat zich omzetten naar $P = R \left(I_{max} / \sqrt{2} \right)^2 = I_{max}^2 R / 2$. Voor vermogen moet je daarom de helft van $I_{max}^2 R$ nemen. Dat rekt gemakkelijker dan gedoe met $\sqrt{2}$. Dan is P de helft van $10^2 \cdot 10 \text{ W} = 1000 \text{ W}$ en dat is 500 W. Antwoord B



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



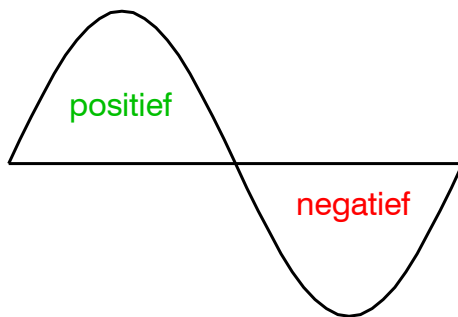
5.5.122 Uitwerking van Opgave 5-122

Een sinusvormige wisselspanning heeft een amplitude U_{max} van 10 volt. De gemiddelde waarde, gerekend over een hele periode is:

- A. 5 V
- B. 6,37 V
- C. 0 V
- D. 7,07 V

Uitwerking

Soms, zoals ook hier, is het nuttig om eerst een afbeelding te maken. Die volgt hieronder.



We zien één volle periode van een sinus. De eerste halve periode is positief, de tweede negatief. Beide perioden zijn elkaars spiegelbeeld. Even groot, maar ten opzichte van elkaar op de kop. De oppervlakte links is positief, de even grote oppervlakte rechts negatief. De som van beide is daarom 0. Dan moet de gemiddelde waarde ook 0 zijn. Antwoord C dus.

Opmerkingen

Let bij dit soort vragen op, over welk deel van de sinus het gaat. De gemiddelde waarde van een halve sinusperiode is $\frac{2}{\pi}$. Een halve sinusperiode met een maximale waarde van 10 V heeft daarom een gemiddelde waarde van $\frac{20}{\pi}$ V, dat is ongeveer 6,37 V.

Het gegeven van de amplitude is hier vooral bedoeld om verwarring te stichten. Het antwoord is voor elke amplitude hetzelfde: 0 V.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.123 Uitwerking van Opgave 5-123

Een symmetrisch blokvormig signaal met een grondfrequentie van 1 kHz bevat onder meer de volgende harmonischen:

- A. 2000 Hz, 3000 Hz en 5000 Hz
- B. 3000 Hz, 5000 Hz en 7000 Hz**
- C. 500 Hz, 1000 Hz en 2000 Hz
- D. 100 Hz, 300 Hz en 900 Hz

Uitwerking

Een symmetrisch blokvormig signaal heeft alleen oneven harmonischen. Een harmonische is een geheel veelvoud van de grondfrequentie. Daarmee vallen antwoorden C en D af, want die bevatten frequenties die lager zijn dan de grondfrequentie. Antwoord A valt ook af, want 2000 Hz is een even harmonische van 1 kHz en bij een symmetrische blokgolf is die afwezig. Resteert antwoord B en inderdaad staan daarin alleen oneven harmonischen van 1 kHz.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**5.5.124 Uitwerking van Opgave 5-124**

De periodeduur van een golfvorm bedraagt 2 milliseconde.

De frequentie is dan:

- A. 500 Hz
- B. 50 Hz
- C. 2 Hz
- D. 200 kHz

Uitwerking

Eén golfvorm is 1 periode. Frequentie is het aantal perioden per seconde. Als één periode 2 ms duurt, hoeveel perioden zitten er dan in 1 seconde? $1\text{ s} = 1000\text{ ms}$. In 1000 ms gaan 500 eenheden (perioden) van 2 ms, want $2 * 500 = 1000$. Dan is de frequentie $f = 500\text{ Hz}$.

Het kan ook met de vergelijking $f = 1/T$. Daarin is T de periodeduur van $2\text{ms} = 2 \cdot 10^{-3}\text{s}$.

Dan is $f = (1/2 \cdot 10^{-3})\text{ Hz} = 500\text{ Hz}$. Zelfde uitkomst, zoals het hoort. Antwoord A



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.125 Uitwerking van Opgave 5-125

Van een wisselstroom wijzigt de stroom 3.500.000 maal per seconde van richting.

De frequentie bedraagt:

- A. 825 kHz
- B. 3500 kHz
- C. 7000 kHz
- D. 1750 kHz

Uitwerking

Dit is een beetje een instinker, omdat je gemakkelijk vergeet dat een wisselstroom per periode niet één, maar twee keer van richting wisselt. Dat gebeurt op het hoogste punt van de positieve halve periode en op het laagste punt van de negatieve. 3.500.000 veranderingen van richting in 1 seconde betekenen dan ook $3.500.000/2 = 1.750.000$ perioden per seconde is 1.750.000 Hz is 1750 kHz (of 1,75 MHz, maar die staat niet bij de antwoorden). Het wordt dus antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**5.5.126 Uitwerking van Opgave 5-126**

De momentele waarde van een sinusvormige wisselspanning is per definitie:

- A. De waarde van de spanning op een bepaald tijdstip
- B. $\frac{1}{2} \sqrt{2}$ maal de maximale waarde
- C. $\sqrt{2}$ maal de effectieve waarde
- D. $\sqrt{3}$ maal de effectieve waarde

Uitwerking

De naam “momentele waarde” zegt het eigenlijk al. De waarde op een bepaald tijdstip. Dat kan elke waarde tussen het maximum van de positieve en het minimum van de negatieve periode zijn. Antwoord A.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.127 Uitwerking van Opgave 5-127

Afscherming tegen elektrische velden kan worden bereikt door

- A. Een LC-kring in resonantie
- B. Een geaarde metalen plaat**
- C. Een spoel naar aarde
- D. Een ontkoppelcondensator

Uitwerking

Elektrische velden worden afgeschermd door geleidend materiaal dat aan een vaste potentiaal, zoals aarde ligt. Dan ligt een geaarde metalen plaat voor de hand. Een LC-kring, een spoel of een condensator kun je wel aan aarde leggen, maar op een elektrisch veld hebben ze weinig of geen invloed. Antwoord: B.



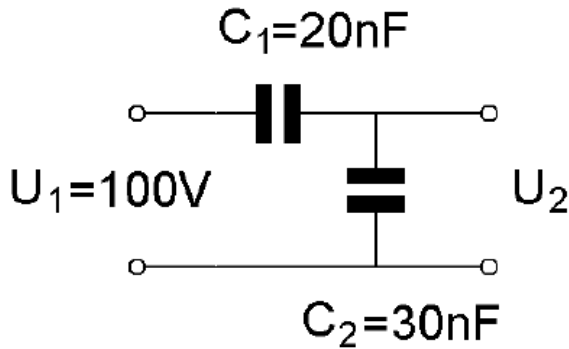
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.128 Uitwerking van Opgave 5-128

Op de schakeling van twee ideale condensatoren wordt een sinusvormige spanning U_1 van 100 volt aangesloten.



De spanning U_2 is:

- A. 100 V
- B. 60 V
- C. 50 V
- D. 40 V

Uitwerking

De verhouding van de spanningen over in serie geschakelde condensatoren wordt bepaald door hun reactanties, net als de weerstandswaarden bij in serie geschakelde weerstanden. Bij condensatoren is de reactantie omgekeerd evenredig met de capaciteit. De spanningen over C_1 en C_2 verhouden zich daarom als $1/20 : 1/30 = 1/2 : 1/3 = 3/6 : 2/6 = 3 : 2$. Over de kleinste condensator staat dus de grootste spanning, net andersom als bij weerstanden.

Over C_1 staan 3 delen en over C_2 staan 2 delen van de totale spanning van 100 V, samen 5 delen van elk 20 V. Dan staat over C_2 2 keer 20 V is 40 V. Omdat U_2 over C_2 staat, is U_2 gelijk aan 40 V, antwoord D.



Terug naar de opgave

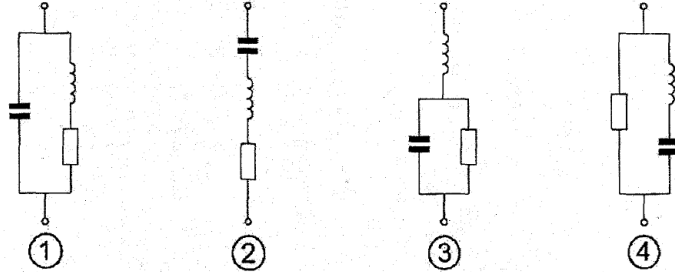
Naar de volgende opgave



5.5.129 Uitwerking van Opgave 5-129

Een niet-ideale spoel is voor te stellen door:

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



Uitwerking

Een spoel in de werkelijke wereld bestaat uit een Ohms deel (weerstand van de draad) in serie met een ideale zelfinductie. Parallel aan beide staat een capaciteit, want de gewikkelde draad heeft een over zijn hele lengte verdeelde (kleine) capaciteit. Die is voor te stellen als heel veel parallelle micro-capaciteitjes.

Schakeling 1 voldoet daaraan, maar we controleren toch de andere drie. Door een spoel kan gelijkstroom lopen. In Nummer 2 kan dat niet door de condensator. Die valt af.

Bij 3 staat de capaciteit alleen parallel aan de weerstand. Die kan ook weg, want de capaciteit hoort parallel aan spoel en weerstand te staan. Dan hebben we nummer 4, waarin de weerstand parallel aan de spoel staat (fout) en de capaciteit in serie (ook fout). Nummer 4 kan dus ook de prullenmand in. Blijft over schakeling 1 en dat is antwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.130 Uitwerking van Opgave 5-130

Een condensator met aansluitdraden gedraagt zich voor frequenties in het UHF-gebied voornamelijk als een

- A. Condensator met veel verlies
- B. Weerstand
- C. Parallelkring
- D. Spoel

Uitwerking

Voor wie dat (nog) niet weet: het UHF-gebied is het frequentiegebied tussen 300 MHz en 3 GHz. Komt verderop in de cursus aan bod.

Bij dit soort hoge frequenties geeft een stukje draad van een paar cm al een flinke inductieve reactantie. Voor een condensator is het omgekeerde het geval. De reactantie van een condensator wordt kleiner naarmate de frequentie hoger is. Een condensator met twee draadjes eraan is te zien als een seriekring (plaatje) die bij hoge frequenties een inductief gedrag vertoont. Het antwoord is dus D.



Opmerking

Er zijn capaciteiten en draadlengtes te verzinnen, waarbij een condensator met aansluitdraden nog steeds een capacitief gedrag vertoont. In de opgave wordt niet gesproken over de lengte van de aansluitdraden of de capaciteit van de condensator. In de praktijk zal het vrijwel altijd antwoord D zijn, maar de schrijver is vanwege de mate van onzekerheid bij het antwoord niet 100% gelukkig met de vraagstelling.



Terug naar de opgave

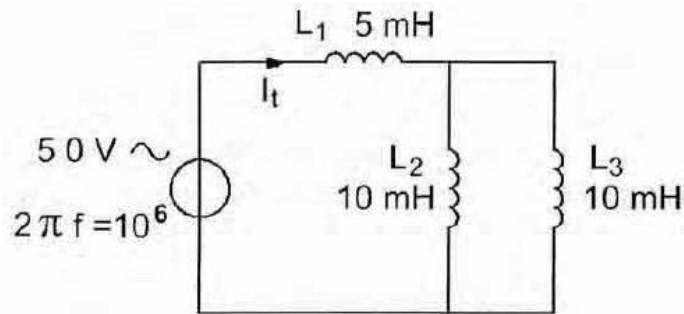
Naar de volgende opgave



5.5.131 Uitwerking van Opgave 5-131

L_1 , L_2 en L_3 zijn niet gekoppeld. I_t is:

- A. 10 mA
- B. 50 mA
- C. 5 mA
- D. 1 mA



Uitwerking

Eerst moet de belasting van de wisselspanningsbron worden uitgerekend. L_2 en L_3 staan parallel en zijn allebei 10 mH. De vervangingswaarde is daarom de helft van 10 mH is 5 mH. In serie met de 5 mH van L_1 wordt dat weer 10 mH.

Vervolgens berekenen we de reactantie X_L van 10 mH bij een cirkelfrequentie $2\pi f = \omega$ van 10^6 Hz: $X_L = \omega L = 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \Omega = 10^4 \Omega = 10 \text{ k}\Omega$.

50 V over 1 k Ω betekent 50 mA. Dat wordt bij 10 k Ω , een 10x zo grote weerstand een 10x zo kleine stroom, dus 5 mA. Antwoord C is de prijswinnaar.



Terug naar de opgave

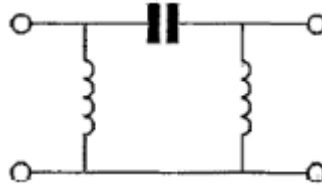
Naar de volgende opgave



5.5.132 Uitwerking van Opgave 5-132

Dit is het schema van een

- A. Laagdoorlaatfilter
- B. Bandsperfilter
- C. Hoogdoorlaatfilter
- D. Banddoorlaatfilter



Uitwerking

Over de uitgang staat een spoel. Voor lage frequenties heeft die een lage reactantie, voor hoge frequenties een hoge. Datzelfde geldt voor de spoel over de ingang. Lage frequenties kunnen dus gemakkelijk “weglekken”, hoge minder gemakkelijk.

Voor de capaciteit geldt het omgekeerde. Die laat frequenties gemakkelijker door, naarmate ze hoger zijn. Dit moet daarom een hoogdoorlaatfilter zijn (antwoord C).

Opmerking

Verwar dit soort LC-filters niet met afgestemde kringen. Dit is een pi-filter genoemd naar de vorm van de Griekse letter π . De twee spoelen zijn de “pootjes”, de condensator zit in de bovenkant. De meeste pi-filters zijn trouwens het tegendeel: een spoel horizontaal en condensatoren in de “pootjes”. Dan is het een laagdoorlaatfilter. Bij de zenders zullen we zien dat dit soort filters ook (en vooral) wordt gebruikt voor impedantie-aanpassing. Dat is nu misschien nog een onbekende term, maar die wordt vooral in hoofdstuk 14 uitvoerig behandeld.



Terug naar de opgave

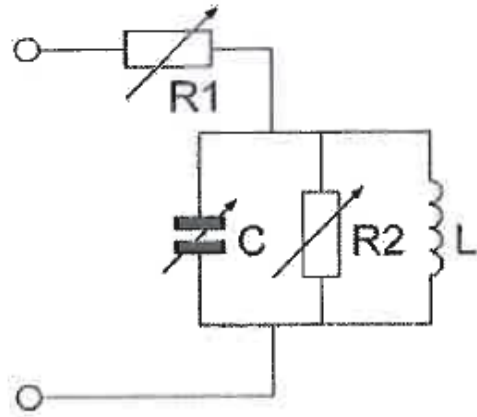
Naar de volgende opgave



5.5.133 Uitwerking van Opgave 5-133

De resonantiefrequentie van de schakeling wordt beïnvloed door de

- A. Capaciteit C
- B. Weerstand R_2
- C. Weerstand R_1
- D. Weerstanden R_1 en R_2



(F-examen voorjaar 2002, mei 2009 (2), mei 2010 (1), september 2013 (2), september 2014 (1))

Uitwerking

Resonanties van afgestemde kringen worden bepaald door het LC-deel. Weerstanden hebben alleen gevolgen voor de kwaliteitsfactor Q . Het enige regelbare onderdeel dat frequentiebepalend is, is C . De spoel is niet regelbaar. Dan kan alleen antwoord A juist zijn.



Terug naar de opgave

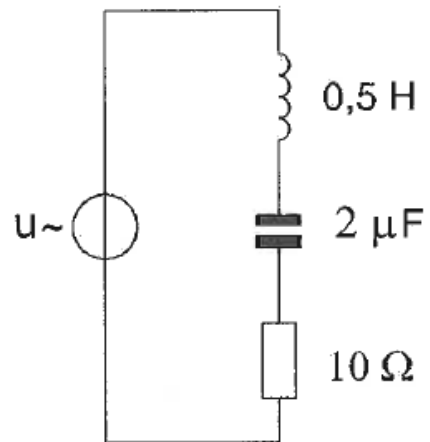
Naar de volgende opgave



5.5.134 Uitwerking van Opgave 5-134

De weerstand dissipeert het grootste vermogen bij een frequentie van ongeveer

- A. 320 Hz
- B. 160 Hz**
- C. 6400 Hz
- D. 3200 Hz

**Uitwerking**

Dit is een seriekring. In een seriekring is de impedantie het laagst bij resonantie. Dan is de stroom het grootst en de dissipatie in de weerstand ook. We kunnen dus de vraag gelijkstellen aan “wat is de resonantiefrequentie f_{res} van deze kring?” Die bereken je volgens

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

Invullen van 0,5 H voor L en $2 \cdot 10^{-6}$ F voor C levert een frequentie van 159 Hz op. Dat wordt dan antwoord B, want er stond “ongeveer” in de vraag.



Terug naar de opgave

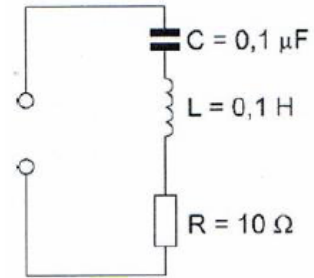
Naar de volgende opgave



5.5.135 Uitwerking van Opgave 5-135

De resonantiefrequentie van de schakeling is ongeveer

- A. 32 kHz
- B. 1,6 kHz**
- C. 63 kHz
- D. 3,2 kHz

**Uitwerking**

De resonantiefrequentie f bereken je uit capaciteit C en zelfinductie L . De weerstand R heeft er niets mee van doen; die is alleen van belang als het om de kwaliteitsfactor Q gaat. Die laatste is hier niet aan de orde.

De toe te passen vergelijking is:

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

De eenheden staan in H en F. Een handigheidje: zet de capaciteit in μF , dat is 10^{-6} F, dan komt de frequentie eruit in kHz (10^3 Hz). Door het wortelteken wordt namelijk de exponent gehalveerd en door de positie in de noemer verdwijnt bij f het minteken van de exponent.

Dan nu de uitwerking met het handigheidje:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,1 \cdot 0,1}} \text{ kHz} = \frac{1}{0,2\pi} \text{ kHz} = 1,592 \text{ kHz} \approx 1,6 \text{ kHz}$$

Antwoord B.



Terug naar de opgave

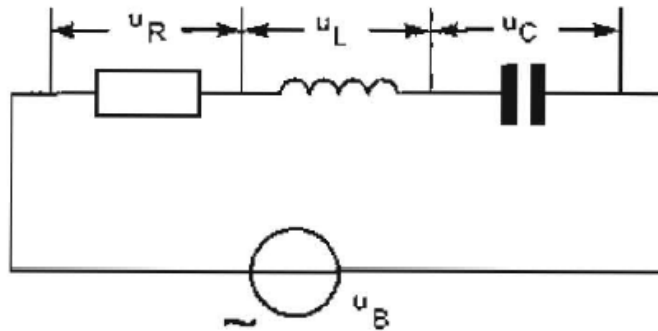
Naar de volgende opgave



5.5.136 Uitwerking van Opgave 5-136

Onafhankelijk van de waarden van de onderdelen geldt bij resonantie:

- A. $U_R = U_C$
- B. $U_R = U_b$
- C. $U_L = U_b$
- D. $U_R = U_L$



Uitwerking

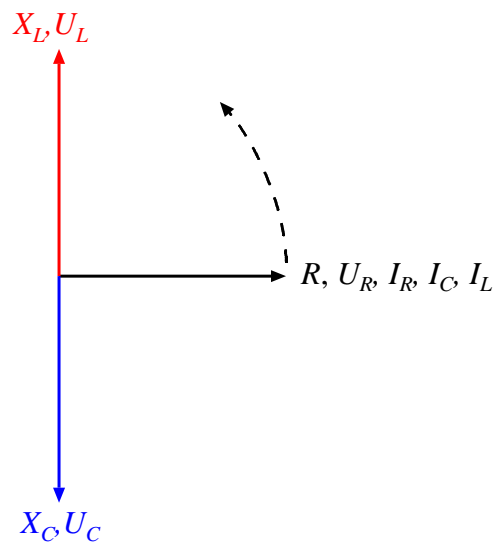
Dit is een LC-seriekring met een weerstand erin.

De stroom door alle drie onderdelen is dezelfde, want alles staat in serie. De spanning U_L (rood) over de spoel is gelijk aan, maar in tegenfase met de spanning U_C (blauw) over de condensator, zodat die twee tegen elkaar wegvallen (zie vectordiagram hiernaast). Dan moet de spanning U_R over de weerstand gelijk zijn aan de bronspanning U_b .

Dat zegt antwoord B ook, dus dat moet het juiste antwoord zijn.

Opmerking

Omdat weerstand, impedantie en reactantie enerzijds en spanning anderzijds evenredig zijn, geldt het vectordiagram voor beide en zijn ze ook beide aangegeven.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.137 Uitwerking van Opgave 5-137

Van een seriekring in resonantie wordt de serieweerstand vergroot van $R_s = 10$ ohm naar $R_s = 20$ ohm. De kwaliteitsfactor Q wordt hierdoor:

- A. Niet veranderd
- B. Verviervoudigd
- C. Verdubbeld
- D. **Gehalveerd**

Uitwerking

De kwaliteitsfactor Q is bij een seriekring gelijk aan de reactantie X_L van de spoel bij resonantie, gedeeld door de verliesweerstand die bij een seriekring wordt voorgesteld als een serieweerstand R_s , dus

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

Daaruit blijkt dat bij een 2x zo grote R_s , de uitkomst van de deling, Q dus, 2x zo klein wordt. Daaruit volgt dat antwoord D goed is.



Terug naar de opgave

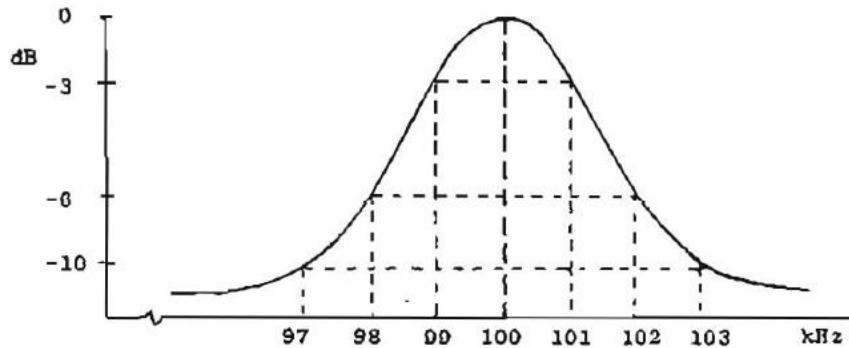
Naar de volgende opgave



5.5.138 Uitwerking van Opgave 5-138

Dit is de frequentiecarakteristiek van een resonantiekring. De kwaliteitsfactor (Q) van deze kring bedraagt:

- A. 50
- B. 25
- C. 100
- D. 16,7


Uitwerking

Uit de grafiek is de bandbreedte B af te lezen als de afstand tussen de twee -3 dB-punten op de karakteristiek. Die liggen respectievelijk op 99 en 101 kHz, bij een resonantiefrequentie f_{res} van 100 kHz. De afstand ertussen is dus 2 kHz = B . Het verband tussen Q , f_{res} en B is

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

Daaruit volgt dat $Q = 100/2 = 50$. Dat is antwoord A.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**5.5.139 Uitwerking van Opgave 5-139**

De Q -factor in een resonantiekring heeft vooral invloed op de

- A. Selectiviteit van de kring
- B. Koppelfactor van de spoel
- C. Resonantiefrequentie van de kring
- D. Eigencapaciteit van de spoel

Uitwerking

De Q -factor van een resonantiekring bepaalt de bandbreedte (frequentie-afstand tussen de -3 dB-punten op de doorlaatkromme) van een resonantiekring. De selectiviteit hangt direct samen met de bandbreedte. Antwoord A.



Terug naar de opgave

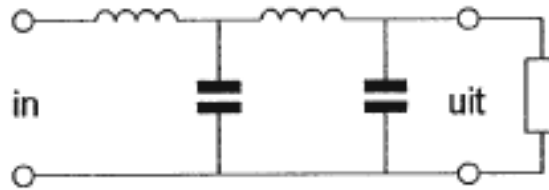
Naar de volgende opgave



5.5.140 Uitwerking van Opgave 5-140

Dit is het schema van een

- A. Banddoorlaatfilter
- B. Bandsperfilter
- C. Hoogdoorlaatfilter
- D. **Laagdoorlaatfilter**



Uitwerking

Het pad van het signaal van in- naar uitgang wordt gevormd door twee zelfinducties. Daarvan is de reactantie hoger naarmate de frequentie van het signaal hoger is. De zijpaden waarlangs signaal wordt afgevoerd, zijn capaciteiten, waarvan de reactantie kleiner wordt naarmate de frequentie hoger is.

Kortom, hoe lager de frequentie, des te gemakkelijker wordt de route van in- naar uitgang en des te kleiner worden de verliezen via de capacitieve zijpaden. Een typisch laagdoorlaatfilter. Antwoord D.

Opmerkingen

1. Kijk ook nog eens naar Opgave 5-132, Daar is de doorgang via een condensator; het omgekeerde van het schema dat we hier zien. Dat is dan ook een hoogdoorlaatfilter.
2. Filters met spoelen en condensatoren zijn effectiever dan van één van die twee met een weerstand. Bovendien staan in het schema van deze opgave eigenlijk twee filters achter elkaar geschakeld, waarmee een nóg scherper filter wordt gerealiseerd. Hiervan een hoogdoorlaatfilter te maken, is een kwestie van spoelen en condensatoren omwisselen (Opgave 5-132).



Terug naar de opgave