



Inhoudsopgave

5	Uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 5, deel A.....	5-5
5.1	Waartoe dient dit hoofdstuk met uitwerkingen en hoe gebruik je het?.....	5-5
5.2	Enkele opmerkingen	5-6
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	5-9
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
5.4.1	Opgave 5-1.....	5-17
5.4.2	Opgave 5-2.....	5-18
5.4.3	Opgave 5-3.....	5-19
5.4.4	Opgave 5-4.....	5-20
5.4.5	Opgave 5-5.....	5-21
5.4.6	Opgave 5-6.....	5-22
5.4.7	Opgave 5-7.....	5-23
5.4.8	Opgave 5-8.....	5-24
5.4.9	Opgave 5-9.....	5-25
5.4.10	Opgave 5-10.....	5-26
5.4.11	Opgave 5-11.....	5-27
5.4.12	Opgave 5-12.....	5-28
5.4.13	Opgave 5-13.....	5-29
5.4.14	Opgave 5-14.....	5-30
5.4.15	Opgave 5-15.....	5-31
5.4.16	Opgave 5-16.....	5-32



5.4.17	Opgave 5-17.....	5-33
5.4.18	Opgave 5-18.....	5-34
5.4.19	Opgave 5-19.....	5-35
5.4.20	Opgave 5-20.....	5-36
5.4.21	Opgave 5-21.....	5-37
5.4.22	Opgave 5-22.....	5-38
5.4.23	Opgave 5-23.....	5-39
5.4.24	Opgave 5-24.....	5-40
5.4.25	Opgave 5-25.....	5-41
5.4.26	Opgave 5-26.....	5-42
5.4.27	Opgave 5-27.....	5-43
5.4.28	Opgave 5-28.....	5-44
5.4.29	Opgave 5-29.....	5-45
5.4.30	Opgave 5-30.....	5-46
5.4.31	Opgave 5-31.....	5-47
5.4.32	Opgave 5-32.....	5-48
5.4.33	Opgave 5-33.....	5-49
5.4.34	Opgave 5-34.....	5-50
5.4.35	Opgave 5-35.....	5-51
5.4.36	Opgave 5-36.....	5-52
5.4.37	Opgave 5-37.....	5-53
5.4.38	Opgave 5-38.....	5-54
5.4.39	Opgave 5-39.....	5-55
5.4.40	Opgave 5-40.....	5-56
5.4.41	Opgave 5-41.....	5-57
5.4.42	Opgave 5-42.....	5-58
5.4.43	Opgave 5-43.....	5-59
5.4.44	Opgave 5-44.....	5-60
5.4.45	Opgave 5-45.....	5-61
5.4.46	Opgave 5-46.....	5-62
5.4.47	Opgave 5-47.....	5-63



5.4.48	Opgave 5-48.....	5-64
5.4.49	Opgave 5-49.....	5-65
5.4.50	Opgave 5-50.....	5-66
5.5	Uitwerkingen.....	5-67
5.5.1	Uitwerking van Opgave 5-1	5-68
5.5.2	Uitwerking van Opgave 5-2	5-69
5.5.3	Uitwerking van Opgave 5-3	5-70
5.5.4	Uitwerking van Opgave 5-4	5-71
5.5.5	Uitwerking van Opgave 5-5	5-72
5.5.6	Uitwerking van Opgave 5-6	5-73
5.5.7	Uitwerking van Opgave 5-7	5-74
5.5.8	Uitwerking van Opgave 5-8	5-75
5.5.9	Uitwerking van Opgave 5-9	5-76
5.5.10	Uitwerking van Opgave 5-10	5-77
5.5.11	Uitwerking van Opgave 5-11	5-78
5.5.12	Uitwerking van Opgave 5-12	5-79
5.5.13	Uitwerking van Opgave 5-13	5-80
5.5.14	Uitwerking van Opgave 5-14	5-81
5.5.15	Uitwerking van Opgave 5-15	5-82
5.5.16	Uitwerking van Opgave 5-16	5-83
5.5.17	Uitwerking van Opgave 5-17	5-84
5.5.18	Uitwerking van Opgave 5-18	5-85
5.5.19	Uitwerking van Opgave 5-19	5-86
5.5.20	Uitwerking van Opgave 5-20	5-87
5.5.21	Uitwerking van Opgave 5-21	5-88
5.5.22	Uitwerking van Opgave 5-22	5-89
5.5.23	Uitwerking van Opgave 5-23	5-90
5.5.24	Uitwerking van Opgave 5-24	5-92
5.5.25	Uitwerking van Opgave 5-25	5-95
5.5.26	Uitwerking van Opgave 5-26	5-96
5.5.27	Uitwerking van Opgave 5-27	5-97



5.5.28	Uitwerking van Opgave 5-28	5-99
5.5.29	Uitwerking van Opgave 5-29	5-100
5.5.30	Uitwerking van Opgave 5-30	5-101
5.5.31	Uitwerking van Opgave 5-31	5-102
5.5.32	Uitwerking van Opgave 5-32	5-103
5.5.33	Uitwerking van Opgave 5-33	5-104
5.5.34	Uitwerking van Opgave 5-34	5-105
5.5.35	Uitwerking van Opgave 5-35	5-106
5.5.36	Uitwerking van Opgave 5-36	5-107
5.5.37	Uitwerking van Opgave 5-37	5-108
5.5.38	Uitwerking van Opgave 5-38	5-109
5.5.39	Uitwerking van Opgave 5-39	5-110
5.5.40	Uitwerking van Opgave 5-40	5-111
5.5.41	Uitwerking van Opgave 5-41	5-112
5.5.42	Uitwerking van Opgave 5-42	5-113
5.5.43	Uitwerking van Opgave 5-43	5-114
5.5.44	Uitwerking van Opgave 5-44	5-116
5.5.45	Uitwerking van Opgave 5-45	5-117
5.5.46	Uitwerking van Opgave 5-46	5-118
5.5.47	Uitwerking van Opgave 5-47	5-119
5.5.48	Uitwerking van Opgave 5-48	5-120
5.5.49	Uitwerking van Opgave 5-49	5-121
5.5.50	Uitwerking van Opgave 5-50	5-122



5 Uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 5, deel A

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 A met 50 opgaven. Deel B bevat er ook 50, deel C 40 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.

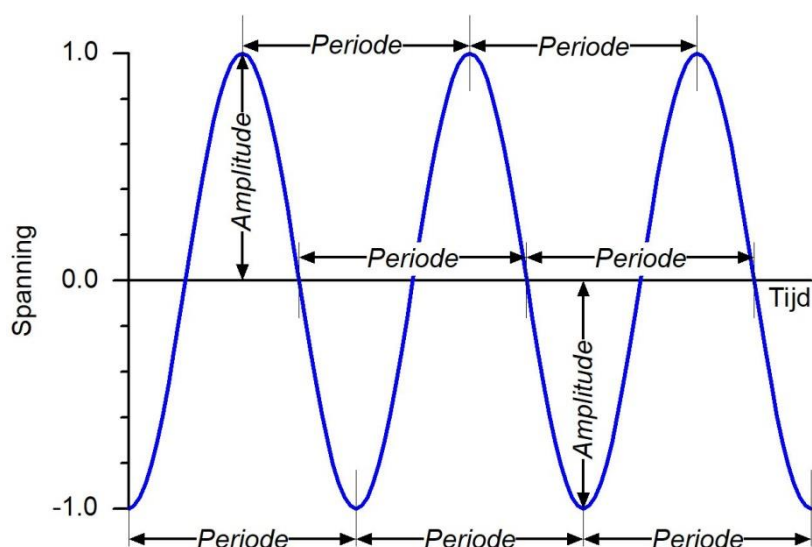
Voorafgaand aan de opgaven volgt nu een formularium. Dat is een overzicht van vergelijkingen (“formules”) met soms wat handigheidjes. We raden aan, dit eerst door te nemen.

5.3 Formulierium

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

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

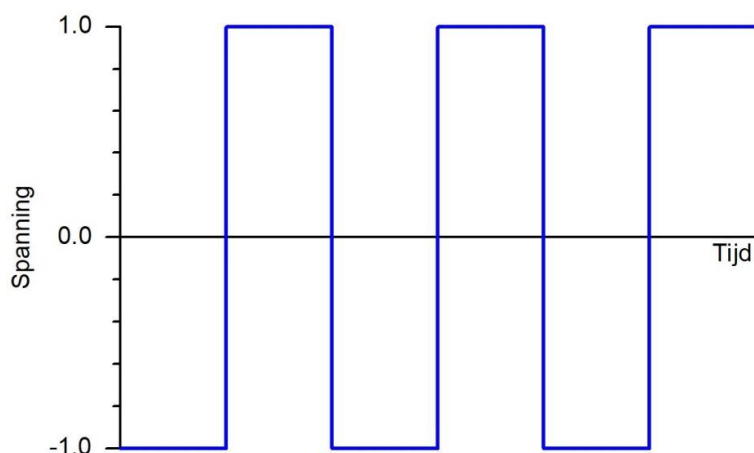
En voor $U_{\max}$ geldt

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

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

Voor een symmetrische blokspanning (Figuur 5.3-2) geldt

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



Figuur 5.3-2. Symmetrische blokspanning.

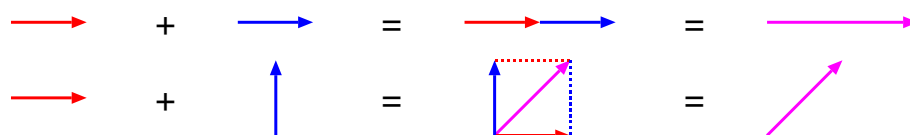
Fase is het deel van de periode die sinds het begin ervan is gerealiseerd.

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

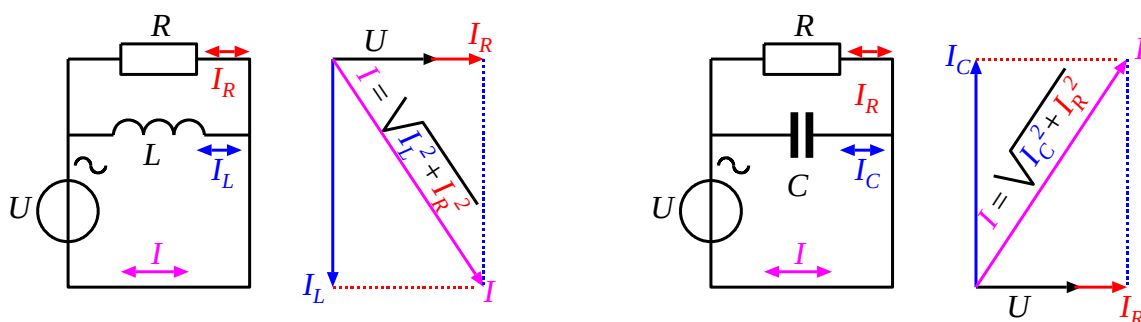
Bij parallelschakelingen is de spanning het uitgangspunt, want die hebben parallel geschakelde elementen gemeenschappelijk.

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 :

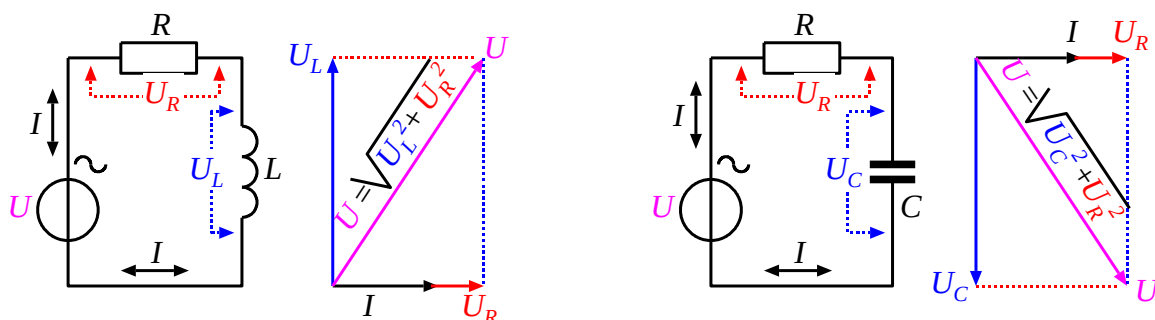
$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{X^2} + \frac{1}{R^2}} \quad (5.3-11)$$

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:

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

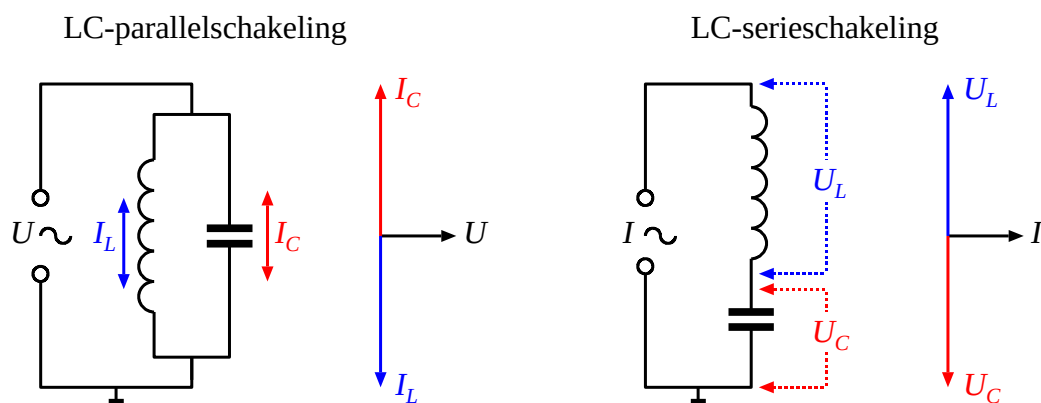
Weerstand en reactantie zijn evenredig met de spanning. Daarom geldt voor de impedantie Z van de serieschakeling

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

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

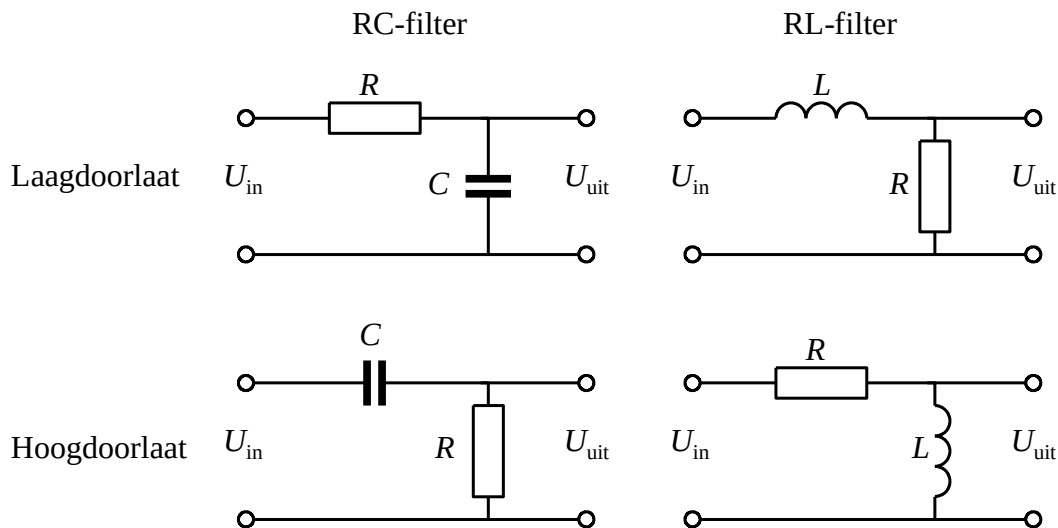
$U_C > U_L$: reageert als een capaciteit (condensator). De frequentie ligt **onder** de resonantiefrequentie

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:

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

Voor een seriekring gaat de zaak op de kop:

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

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:

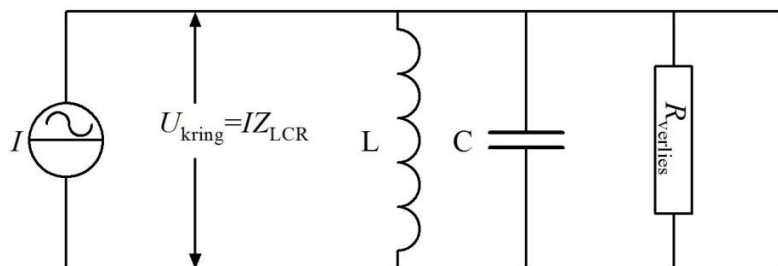
$$B = \frac{f_{\text{res}}}{Q} \quad (5.3-21)$$

Je kunt Q daarom bepalen uit de bandbreedte:

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

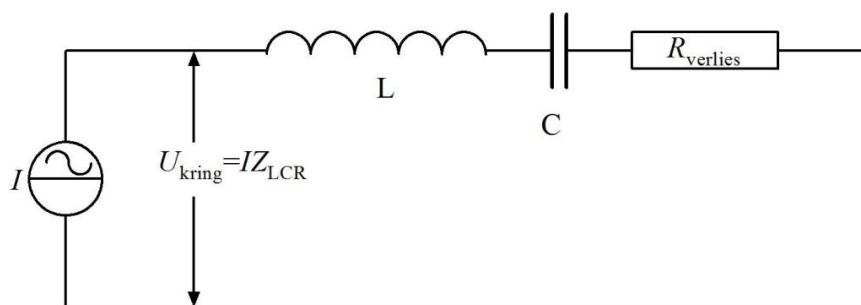
De -3 dB-punten liggen $\frac{1}{2}B$ onder en boven f_{res} .

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.

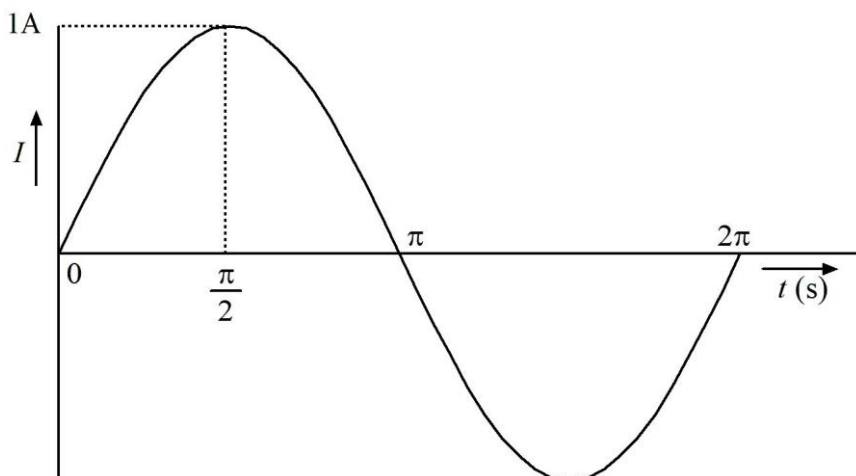
Een bijzonder geval is een symmetrische blokgolf (Figuur 5.3-2). Die heeft alleen oneven harmonischen. Een symmetrische blokgolf van 1000 Hz bevat dus sinussen van 1000 Hz, 3000 Hz, 5000 Hz, enz. Examenvragen hierover komen met enige regelmaat voor.



5.4 Opgaven

5.4.1 Opgave 5-1

De gemiddelde waarde van de stroom over het tijdsinterval van 0 tot $\pi/2$ seconde is



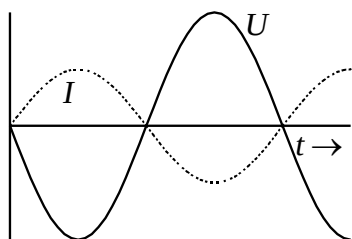
- A. 0 A
- B. $2/\pi$ A
- C. π A
- D. $1/\pi$ A

(F-examen mei 2013 (2), 7-09-2016)

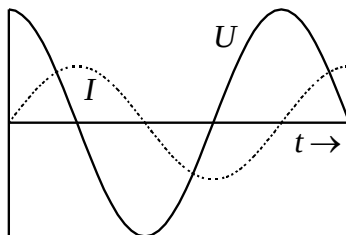
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



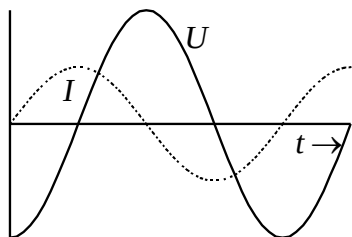
5.4.2 Opgave 5-2



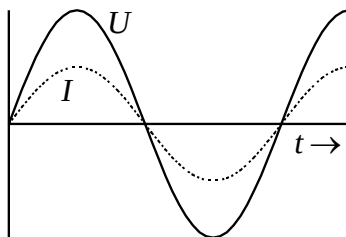
Afbeelding 1



Afbeelding 2



Afbeelding 3



Afbeelding 4

De spanning is in fase met de stroom in

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

(F-examen najaar 2006, april 2008, november 2008 (2), mei 2010 (2), november 2011, maart 2014, november 2014, november 2015, 7-09-2016, mei 2017 (1), september 2017, januari 2020)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





5.4.3 Opgave 5-3

Indien van een parallelkring de capaciteit 4 maal zo groot wordt, zal de resonantiefrequentie

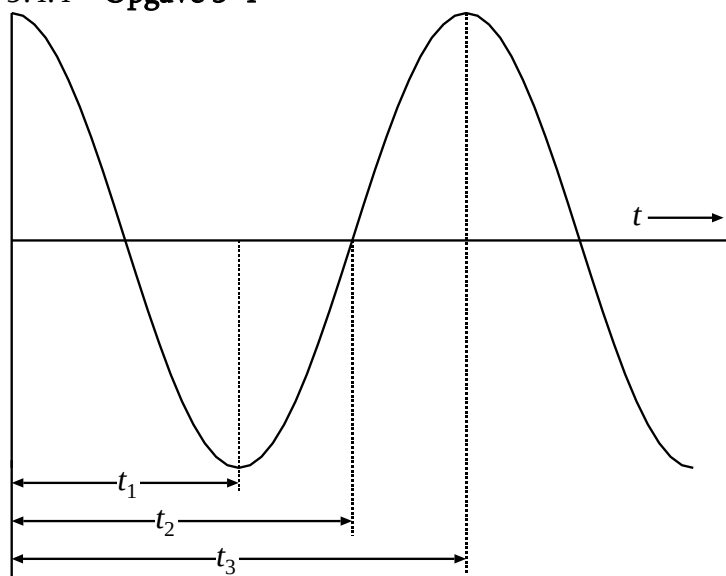
- A. 4 maal zo hoog worden
- B. 2 maal zo hoog worden
- C. Gereduceerd worden tot een kwart
- D. Gehalveerd worden

(F-examen najaar 2006, september 2009 (2), augustus 2011, maart 2013, 7-09-2016)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.4 Opgave 5-4



De duur van een periode is

- A. t_1
- B. t_2
- C. t_3
- D. $t_3 - t_1$

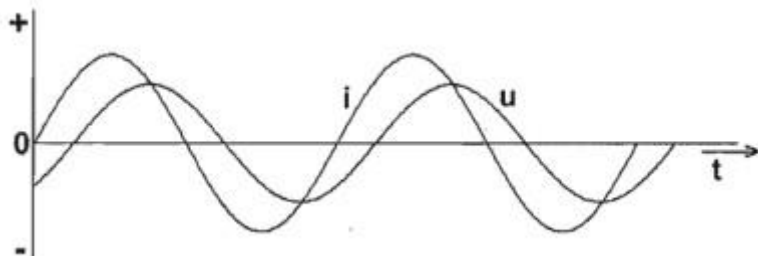
(F-examen mei 2010 (2), november 2016)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.5 Opgave 5-5

Een belasting wordt aangesloten op een sinusvormige wisselspanning. Het verloop van de stroom i en de spanning u is in de grafiek aangegeven.



De belasting bestaat uit een

- A. Weerstand
- B. Spoel plus condensator
- C. Condensator plus weerstand
- D. Spoel plus weerstand

(F-examen voorjaar 2005, april 2011, september 2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



5.4.6 Opgave 5-6

Een seriekring met hoge Q gedraagt zich op zijn resonantiefrequentie als een

- A. Hoge weerstand
- B. Kortsluiting
- C. Lage weerstand
- D. Oneindig hoge weerstand

(F-examen 2-11-2016)

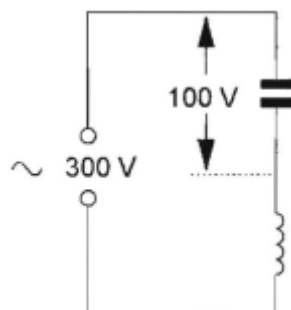
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.7 Opgave 5-7

De spanning over de spoel is

- A. 200 V
- B. 100 V
- C. 400 V
- D. 300 V

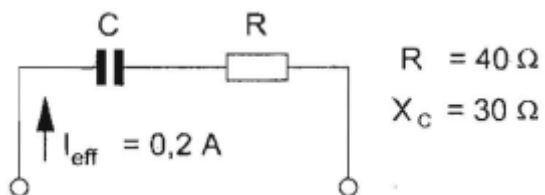


(F-examen voorjaar 2004, februari 2009, april 2009, 11-01-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.8 Opgave 5-8



Het door de schakeling opgenomen vermogen is

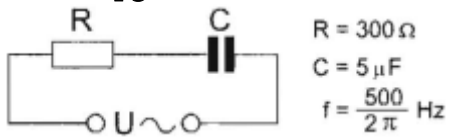
- A. 2 W
- B. 1,6 W
- C. 2,8 W
- D. 10 W

(F-examen voorjaar 2002, juni 2010, 11-01-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.9 Opgave 5-9



De impedantie van de schakeling is

- A. $700\ \Omega$
- B. $500\ \Omega$
- C. $400\ \Omega$
- D. $300\ \Omega$

(F-examen februari 2009, september 2011 (1), 11-01-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



5.4.10 Opgave 5-10

Het aanbrengen van een geaarde aluminium bus om een spoel waardoor een HF wisselstroom loopt heeft tot gevolg, dat buiten de bus:

- A. Het elektrisch veld wordt verkleind en het magnetisch veld wordt versterkt
- B. Alleen het elektrisch veld wordt versterkt
- C. Zowel het elektrisch als het magnetisch veld wordt verkleind
- D. Alleen het magnetisch veld wordt verkleind

(F-examen mei 2009 (2), 01-03-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





5.4.11 Opgave 5-11

Bij een condensator is het faseverschil tussen stroom en spanning

- A. 0°
- B. 90°
- C. 180°
- D. Afhankelijk van de frequentie

(F-examen najaar 2005, oktober 2009, september 2010 (2), maart 2015, 01-03-2017, mei 2018 (2), 06-03-2019, mei 2019 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.12 Opgave 5-12

Variabele condensatoren worden gevormd door twee geleiders met daartussen een diëlektricum. Ze worden veelal toegepast voor

- A. Het regelen van de diëlektrische constante
- B. Het regelen van de zelfinductie
- C. Het laten naitjlen van de stroom op de spanning
- D. Afstemming en afregeling

(F-examen maart 2009 (1), augustus 2013, november 2014 (2), januari 2015, 1-03-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





5.4.13 Opgave 5-13

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. 1600Ω
- B. 100Ω
- C. $31,4\Omega$
- D. 628Ω

(F-examen maart 2016, 1-03-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





5.4.14 Opgave 5-14

Indien van een seriekring de zelfinductie wordt verdubbeld, zal de resonantiefrequentie

- A. Gehalveerd worden
- B. $\sqrt{2}$ maal zo laag worden
- C. Verdubbeld worden
- D. $\sqrt{2}$ maal zo hoog worden

(F-examen juni 2011, augustus 2011, maart 2015, 1-03-2017)

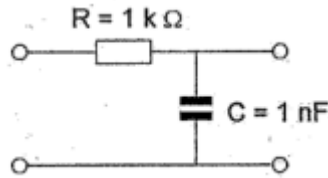
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.15 Opgave 5-15

De kantelfrequentie van dit filter bedraagt ongeveer:

- A. 160 kHz
- B. 628 kHz
- C. 1 kHz
- D. 100 kHz



(F-examen mei 2010 (1), september 2010 (1), november 2010 (2), december 2010, mei 2013, september 2014 (2), 01-03-2017, 09-01-2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



5.4.16 Opgave 5-16

De amplitude van een sinusvormige wisselspanning is gedefinieerd als de

- A. Topwaarde
- B. Topwaarde gedeeld door $\sqrt{2}$
- C. Top-top waarde
- D. Topwaarde vermenigvuldigd met $\sqrt{2}$

(F-examen najaar 2001, 17-05-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





5.4.17 Opgave 5-17

In een ideale condensator, aangesloten op een wisselspanningsbron, is het faseverschil tussen stroom en spanning

- A. Afhankelijk van de stroom
- B. Afhankelijk van de frequentie
- C. Afhankelijk van de spanning
- D. Altijd 90°

(F-examen 17-05-2017)

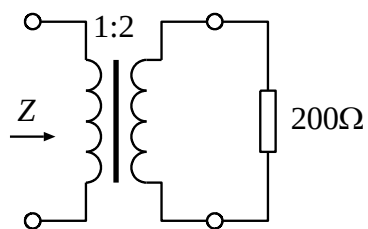
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.18 Opgave 5-18

De impedantie Z is:

- A. 100Ω
- B. 50Ω
- C. 400Ω
- D. 800Ω



(F-examen 17-05-2017, januari 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





5.4.19 Opgave 5-19

De effectieve waarde van een sinusvormige wisselspanning met een maximale waarde van 10 volt is

- A. 7,07 V
- B. 10 V
- C. 6,67 V
- D. 5 V

(F-examen voorjaar 2006, november 2014 (1), 24-05-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



5.4.20 Opgave 5-20

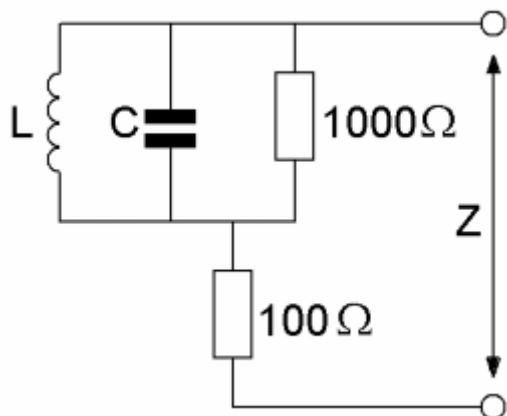
Een symmetrisch blokvormig signaal, met een grondfrequentie van 1 kHz, bevat onder meer de volgende harmonischen:

- A. 2kHz, 4 kHz en 6 kHz
- B. 3 kHz, 5 kHz en 7 kHz
- C. 2 kHz, 3 kHz en 4 kHz
- D. 3 kHz, 4 kHz en 5 kHz

(F-examen november 2011, november 2014 (1), 24-05-2017, 01-11-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

5.4.21 Opgave 5-21



De impedantie Z is bij resonantie:

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

(F-examen april 2008, november 2008 (2), februari 2010 (1), maart 2011 (1), 24-05-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.22 Opgave 5-22

Indien van een parallelkring de capaciteit wordt gehalveerd, zal de resonantiefrequentie

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

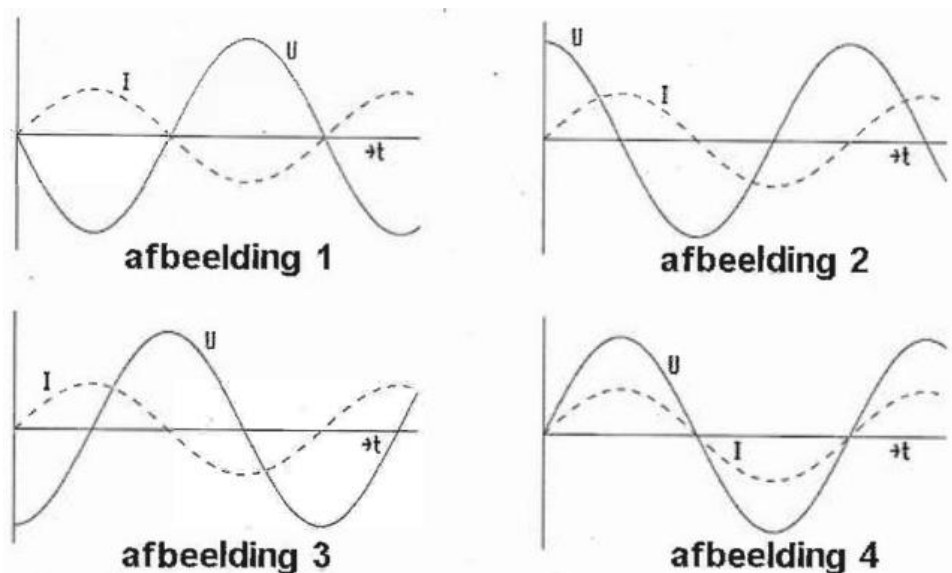
(F-examen mei 2015 (2), 24-05-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.23 Opgave 5-23

De spanning loopt 90° in fase achter op de stroom in:



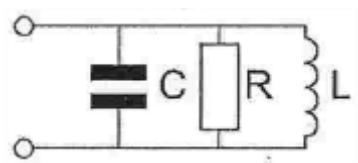
- A. Afbeelding 2
- B. Afbeelding 4
- C. Afbeelding 1
- D. Afbeelding 3

(F-examen najaar 2006, april 2008, november 2008 (2), mei 2010 (2), november 2011, maart 2014, november 2014, november 2015, 7-09-2016, mei 2017 (1), 06-09-2017, januari 2020)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.24 Opgave 5-24



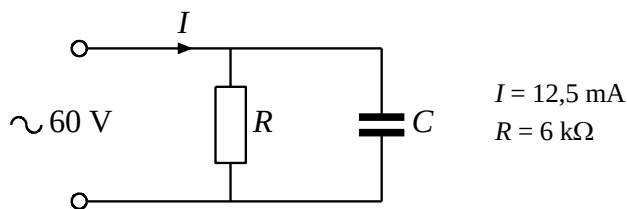
In de kring wordt de waarde van R gehalveerd. De bandbreedte wordt hierdoor:

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

(F-examen december 2008, oktober 2009, april 2011, 06-09-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

5.4.25 Opgave 5-25



De stroom door de condensator is

- A. 10 mA
- B. 12,5 mA
- C. 7,5 mA
- D. 2,5 mA

(F-examen juni 2009, mei 2010 (2), november 2010 (1), maart 2012, november 2014 (2), 01-11-2017, 09-01-2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**5.4.26 Opgave 5-26**

Een spoel heeft een gelijkstroomweerstand van $24\ \Omega$. Bij een bepaalde frequentie is de reactantie $32\ \Omega$. De impedantie is dan:

- A. $24\ \Omega$
- B. $32\ \Omega$
- C. $40\ \Omega$
- D. $56\ \Omega$

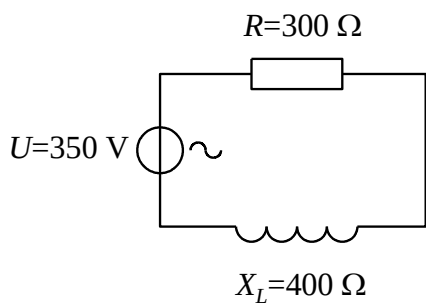
(F-examen najaar 2002, januari 2010, januari 2013, november 2015, 01-11-2017, 05-09-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.27 Opgave 5-27

De spanning over de weerstand is



- A. 280 V
- B. 150 V
- C. 200 V
- D. 210 V

(F-examen september 2009 (2), oktober 2009, 01-11-2017)

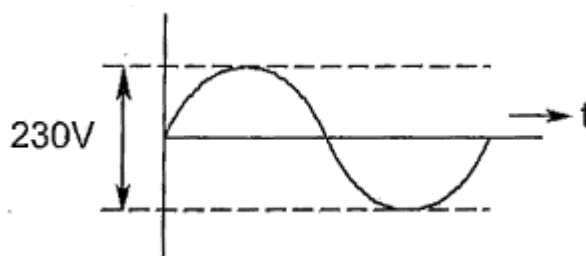
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.28 Opgave 5-28

De effectieve waarde van de spanning is ongeveer

- A. 0 V
- B. 81 V
- C. 163 V
- D. 128 V



(F-examen januari 2015, 10-01-2018)

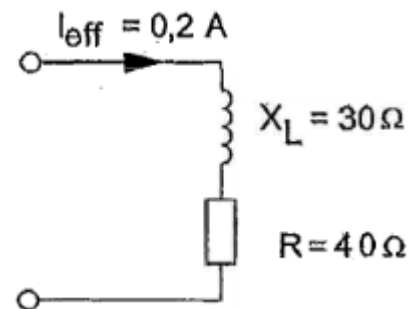
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.29 Opgave 5-29

Het opgenomen vermogen is

- A. 10 W
- B. 1,6 W
- C. 2,8 W
- D. 2 W



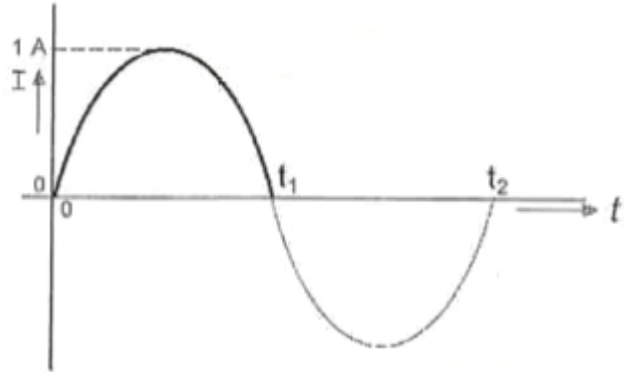
(F-examen februari 2010, mei 2016 (2), januari 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

5.4.30 Opgave 5-30

De gemiddelde waarde van de stroom over het tijdsinterval 0 tot t_1 seconde is

- A. $1/\pi$ A
- B. 0 A
- C. π A
- D. $2/\pi$ A



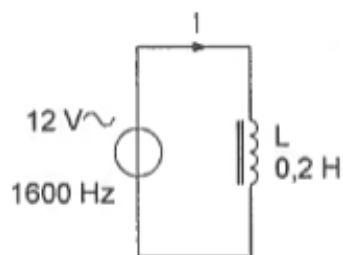
(F-examen najaar 2005, september 2010 (2), januari en februari 2011, september 2013 (2), 07-03-2018, 16-05-2018, september 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

5.4.31 Opgave 5-31

De stroom door de spoel is ongeveer

- A. 6 mA
- B. 2,4 A
- C. 60 A
- D. 0,24 mA



(F-examen maart 2009 (1), augustus 2009, mei 2011 (2), mei 2012 (1), maart 2016, 07-03-2018, 07-11-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**5.4.32 Opgave 5-32**

Een sinusvormige wisselspanning heeft een effectieve waarde van 100 volt. De momentele waarden van deze wisselspanning liggen tussen:

- A. -70,7 V en +70,7 V
- B. -141,4 V en +141,4 V
- C. 0 V en +1,414 V
- D. -100 V en +100 V

(F-examen najaar 2002, mei 2008 (1), november 2008 (2), 16-05-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**5.4.33 Opgave 5-33**

Door een ideale spoel loopt een sinusvormige stroom. De spanning over de spoel is:

- A. In tegenfase met de stroom
- B. 90° naijlend op de stroom
- C. 90° voorijlend op de stroom
- D. In fase met de stroom

(F-examen juli 2010, juni 2011, augustus 2011, september 2011 (2), mei 2012 (2), november 2012, 16-05-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**5.4.34 Opgave 5-34**

Aan een milli-ampèremeter met een eigen weerstand van 50 ohm en een meetbereik van 0,5 mA wordt een weerstand van 5 ohm parallel geschakeld.

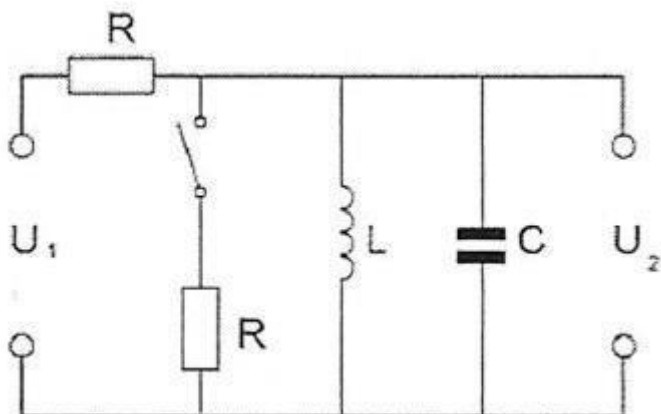
Bij volle uitslag is het bereik van de meter is de totale stroom door deze meetschakeling

- A. 0,55 mA
- B. 5,5 mA
- C. 5 mA
- D. 4,5 mA

(F-examen voorjaar 2006, augustus 2013, 03-09-2014, november 2015, 7-03-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

5.4.35 Opgave 5-35



De kring is in resonantie. Na het sluiten van de schakelaar wordt

- A. De spanning U_2 groter en de bandbreedte van de kring groter
- B. De spanning U_2 kleiner en de bandbreedte van de kring groter
- C. De spanning U_2 kleiner en de bandbreedte van de kring kleiner
- D. De spanning U_2 groter en de bandbreedte van de kring kleiner

(F-examen voorjaar 2004, november 2009 (1), september 2013 (1), november 2014 (2), 16-05-2018, september 2019, januari 2020)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**5.4.36 Opgave 5-36**

Een verliesvrije condensator is aangesloten op een sinusvormige spanning. Welke bewering is juist?

- A. De condensator neemt het dubbele vermogen op bij verdubbeling van de capaciteit
- B. De condensator neemt het dubbele vermogen op bij verdubbeling van de spanning
- C. De condensator neemt geen vermogen op
- D. De condensator neemt bij een bepaalde frequentie maximaal vermogen op

(F-examen juni 2009, juni 2010, november 2015, maart 2016, 29-05-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





5.4.37 Opgave 5-37

Bij een condensator is het faseverschil tussen stroom en spanning

- A. 180°
- B. 0°
- C. Afhankelijk van de frequentie
- D. 90°

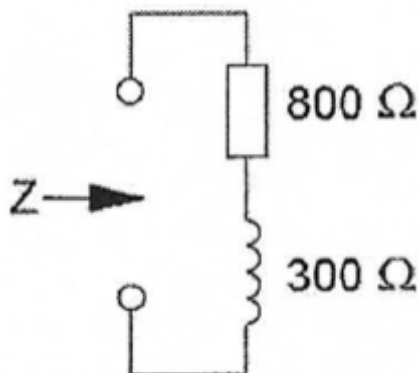
(F-examen najaar 2005, oktober 2009, september 2010 (2), maart 2015, maart 2017, 29-05-2018, maart 2019, mei 2019 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.38 Opgave 5-38

Als de frequentie wordt verdubbeld, dan wordt de ingangsimpedantie



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

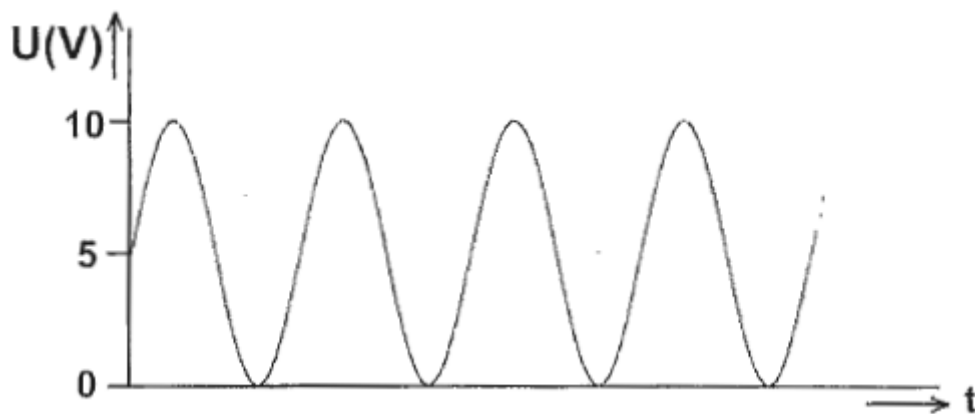
(F-examen voorjaar 2000, augustus 2010, februari 2011, maart 2011, augustus 2013, september 2005, 29-05-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.39 Opgave 5-39

Een sinusvormig signaal is opgeteld bij een gelijkspanning.



De gelijkspanning bedraagt:

- A. 10 V
- B. 6,37 V
- C. 7,07 V
- D. 5 V

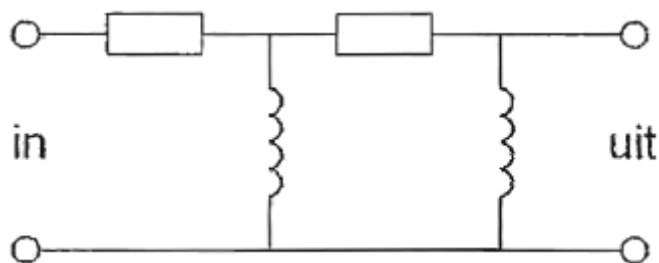
(F-examen najaar 2004, 07-11-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.40 Opgave 5-40

Dit is het schema van een:



- A. Bandfilter
- B. Hoogdoorlaatfilter
- C. Laagdoorlaatfilter
- D. Frequentie-afhankelijke verzwakker

(F-examen maart 2011 (1), 07-11-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**5.4.41 Opgave 5-41**

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

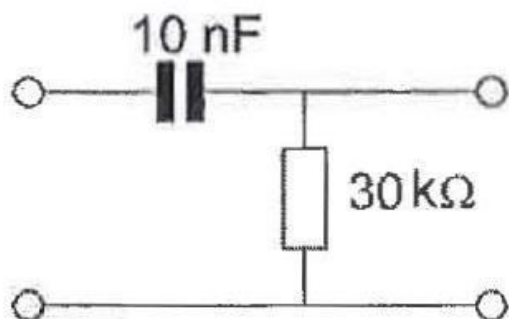
(F-examen van voorjaar 2007, november 2009, november 2015, 07-11-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.42 Opgave 5-42

De kantelfrequentie van dit filter bedraagt ongeveer



- A. 200 Hz
- B. 50 Hz
- C. 2000 Hz
- D. 500 Hz

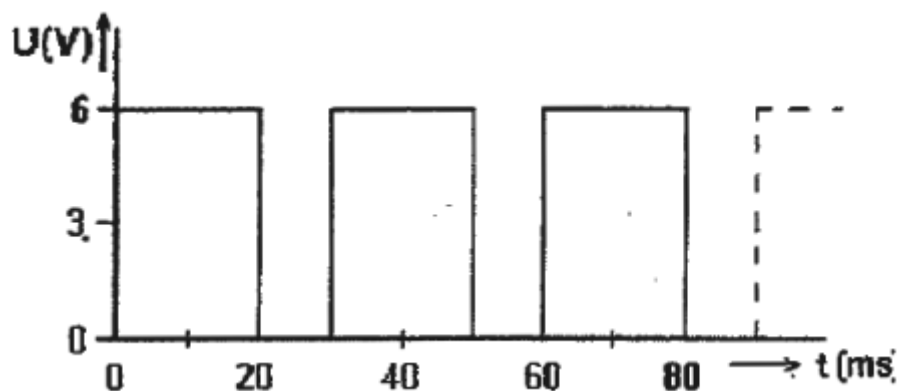
(F-examenjuli 2009, 07-11-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.43 Opgave 5-43

De gelijkspanningscomponent van dit signaal is



- A. 2 V
- B. 4 V
- C. 3 V
- D. 6 V

(F-examen maart 2013, 09-01-2019)

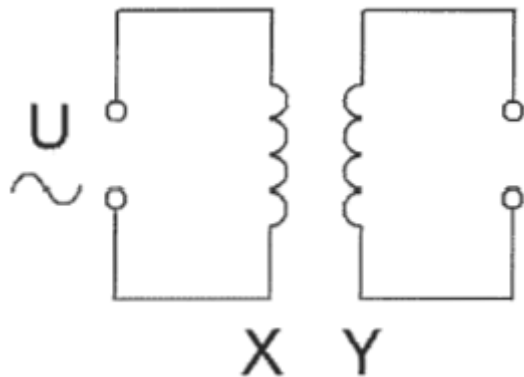
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.44 Opgave 5-44

De spanning U heeft een frequentie van 1 MHz

Om spoel Y af te screenen van het magnetisch veld van spoel X, dient men:



- A. een ijzerkern aan te brengen in spoel X
- B. een ijzerkern aan te brengen in beide spoelen
- C. spoel X in een koperen bus te plaatsen
- D. een koperkern aan te brengen in spoel Y

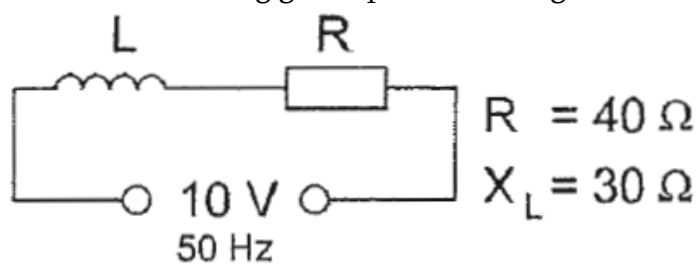
(F-examen voorjaar 2002, juni 2013, 09-01-2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.45 Opgave 5-45

Het in de schakeling gedissipeerde vermogen is:



- A. 2,5 W
- B. 1,6 W
- C. 1,2 W
- D. 1,4 W

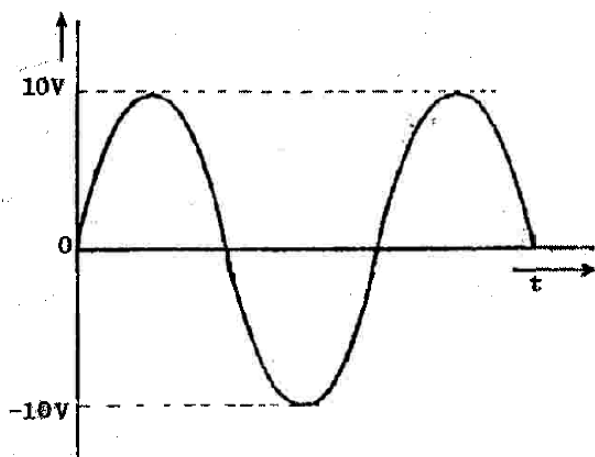
(F-examen februari 2010 (1), mei 2016 (2), 09-01-2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

5.4.46 Opgave 5-46

Deze wisselspanning wordt aangesloten op een weerstand van 10 ohm.

Het opgenomen vermogen is:



- A. 10 W
- B. 5 W
- C. 7,07 W
- D. 100 W

(F-examen najaar 2002, juni 2013, 09-01-2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**5.4.47 Opgave 5-47**

Een sinusvormige spanning van $100\text{ V}_{\text{eff}}$ heeft op $t=0$ een nuldoorgang van negatief naar positief. Een halve periode later is de momentele waarde:

- A. 0 V
- B. $+50\text{ V}$
- C. $-141,4\text{ V}$
- D. $+141,4\text{ V}$

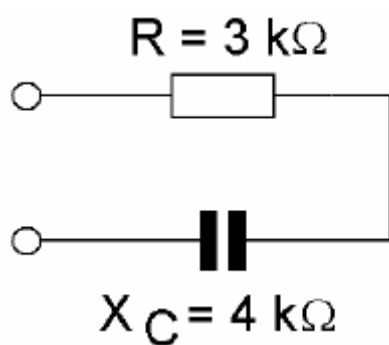
(F-examen voorjaar 2007, 09-01-2019).

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



5.4.48 Opgave 5-48

De impedantie tussen de aansluitpunten van de schakeling is:



- A. $5 \text{ k}\Omega$
- B. $1,71 \text{ k}\Omega$
- C. $1 \text{ k}\Omega$
- D. $7 \text{ k}\Omega$

(F-examen voorjaar 2007, 09-01-2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**5.4.49 Opgave 5-49**

Door een lange spoel loopt een HF-wisselstroom. Een aluminium huls is in de lengterichting van een smalle luchtspleet voorzien en om de spoel geschoven en geaard. Dit wordt gedaan om:

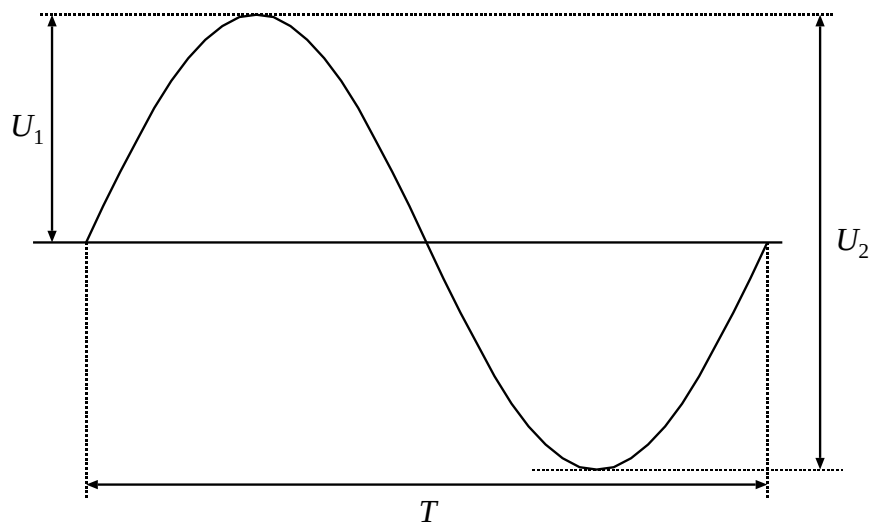
- A. Het elektrisch en magnetisch veld af te schermen
- B. De magnetische veldlijnen te concentreren bij de luchtspleet
- C. Alleen het elektrisch veld af te schermen
- D. De zelfinductie te vergroten

(F-examen juni 2009, september 2010 (1), maart 2014, 05-09-2018, januari 2020)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

5.4.50 Opgave 5-50

De amplitude van de wisselspanning is



- A. U_1
- B. U_2
- C. T
- D. $T/2$

(F-examen voorjaar 2005, maart 2009 (2), september 2010 (1), 05-09-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

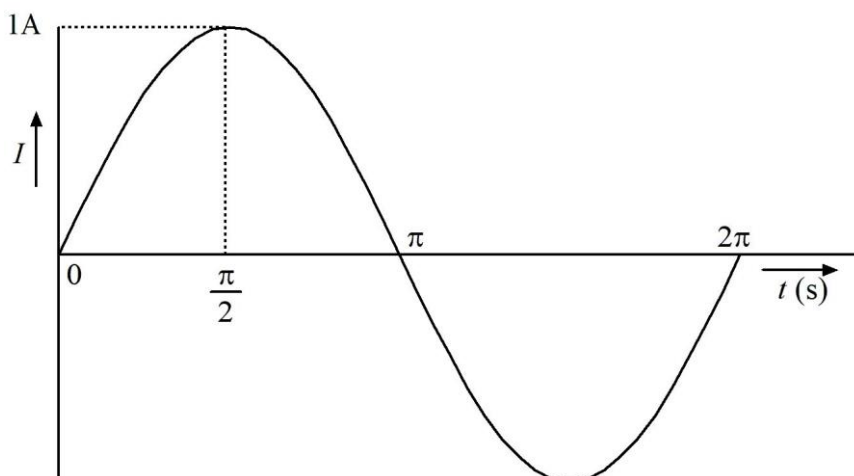




5.5 Uitwerkingen

5.5.1 Uitwerking van Opgave 5-1

De gemiddelde waarde van de stroom over het tijdsinterval van 0 tot $\pi/2$ seconde is



- A. 0 A
- B. $2/\pi$ A
- C. π A
- D. $1/\pi$ A

Het gaat om de kwart periode van $t = 0$ tot $t = \pi/2$ s. De oppervlakte van een halve sinusgolf met een duur van π radialen en een maximale waarde van 1 A is 2π As (ampère.seconde). Voor de gemiddelde waarde moet die worden gedeeld door de duur van π s. Daar komt $2/\pi$ A uit. De halve periode kun je opdelen in twee gelijke kwart perioden, gescheiden door de verticale stippellijn bij $t = \pi/2$. De helften zijn elkaars spiegelbeeld, maar zijn exact even groot. De gemiddelde waarde van elke helft moet daarom ook $2/\pi$ A zijn. Antwoord B dus.

Een andere redenering met dezelfde uitkomst: de oppervlakte van een kwart sinusgolf tussen $t = 0$ s en $t = \pi/2$ s is 1 As. Dat gedeeld door $\pi/2$ s is $2/\pi$ A.

Opmerkingen

Antwoord A zou goed zijn als het over de hele periode, dus van 0 tot 2π zou gaan

Antwoord C is gewoon fout

Antwoord D is de valkuil als je over het hoofd ziet dat de gemiddelde waarde van één helft van een halve sinusperiode (een kwart dus) gelijk is aan die van twee helften aan dezelfde kant van de nullijn.

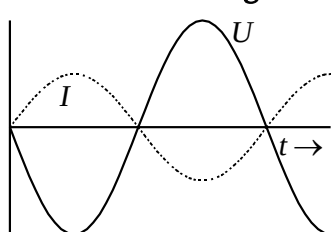


Terug naar de opgave

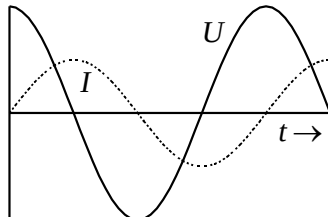
Naar de volgende opgave



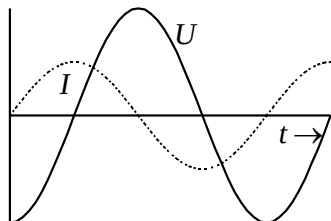
5.5.2 Uitwerking van Opgave 5-2



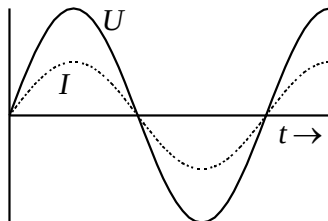
Afbeelding 1



Afbeelding 2



Afbeelding 3



Afbeelding 4

De spanning is in fase met de stroom in

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

Uitwerking

Als spanning en stroom in fase zijn, lopen ze gelijk op, dat wil zeggen dat stroom stijgt als spanning stijgt en stroom daalt als spanning daalt. De maxima vallen tegelijk, de minima ook. De enige grafiek die daaraan voldoet, is Afbeelding 4. Antwoord C dus

Alternatieve redenering

Je kunt ook zoeken naar afbeeldingen met grafieken die op hetzelfde punt de nullijn kruisen. Daarmee vallen nummer 2 en 3 af. Dan resteren nummer 1 en 4. Bij de één zijn stroom en spanning in tegenfase, bij de ander in fase. Als ze in tegenfase zijn, gaat op elk snijpunt met de nullijn de ene grafiek omhoog en de ander omlaag. Zijn ze in fase, dan gaan beide grafieken op een snijpunt met de nullijn tegelijk omhoog of omlaag. Aan dit laatste voldoet alleen Afbeelding 4. Ook dit leidt tot antwoord C.

Opmerkingen

In afbeelding 1 zijn spanning en stroom in tegenfase. In afbeelding 2 loopt de stroom 90° achter op de spanning. In afbeelding 3 loopt de spanning 90° achter op de stroom



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.3 Uitwerking van Opgave 5-3

Indien van een parallelkring de capaciteit 4x zo groot wordt, zal de resonantiefrequentie

- A. 4 maal zo hoog worden
- B. 2 maal zo hoog worden
- C. Gereduceerd worden tot een kwart
- D. Gehalveerd worden

Antwoord:

Voor het verband tussen L , C en resonantiefrequentie f hebben we de vergelijking

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

Als C 4 keer zo groot wordt, wordt de noemer in de breuk $\sqrt{4}$ is 2 keer zo groot, omdat C onder het wortelteken staat. Noemer 2 keer zo groot betekent uitkomst 2x zo klein, ofwel een halvering. Uitkomst D is dus goed.

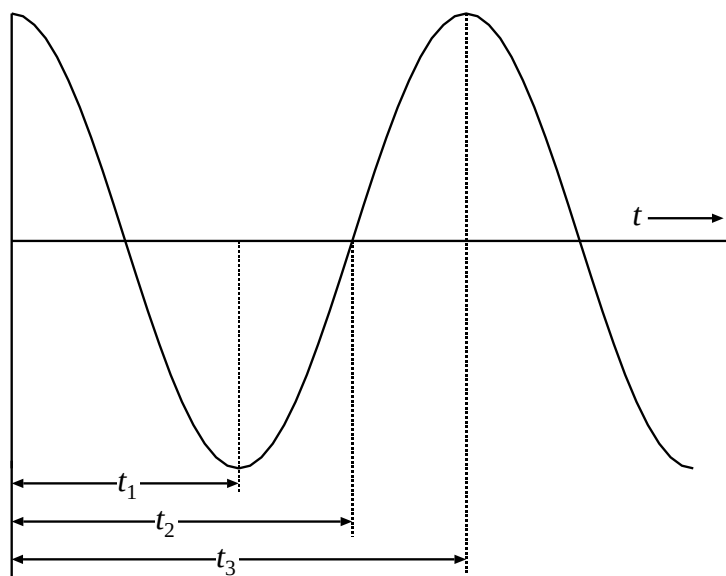


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.4 Uitwerking van Opgave 5-4



De duur van een periode is

- A. t_1
- B. t_2
- C. t_3
- D. $t_3 - t_1$

Uitwerking

De periodeduur van een wisselspanning of -stroom is de tijdsduur tussen twee overeenkomstige punten op de grafiek, ofwel 360° of $\frac{1}{2}\pi$. In dit geval is dat t_3 . Die loopt van een top naar de eerstvolgende top op de curve. Antwoord C dus.

Opmerking. Antwoord A is een halve periode, antwoord B driekwart periode en D weer een halve periode (een hele periode min een halve).



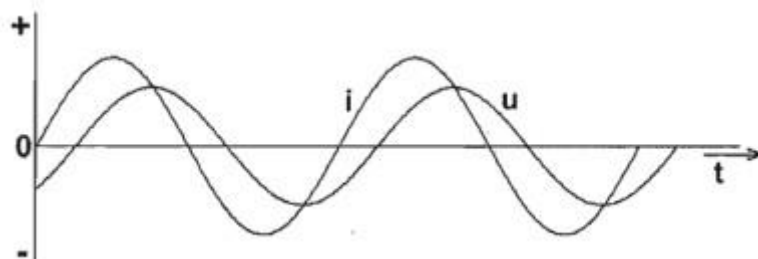
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.5 Uitwerking van Opgave 5-5

Een belasting wordt aangesloten op een sinusvormige wisselspanning. Het verloop van de stroom i en de spanning u is in de grafiek aangegeven.



De belasting bestaat uit een

- A. Weerstand
- B. Spoel plus condensator
- C. **Condensator plus weerstand**
- D. Spoel plus weerstand

Uitwerking

Stroom en spanning zijn niet in fase. De belasting bevat dus een reactantie. Met die vaststelling kunnen we antwoord A meteen afschrijven.

Met alleen reactanties zonder weerstand zou het faseverschil van i en u precies 90° moeten zijn (welke van de twee voorloopt, ligt aan het verschil tussen de reactanties en of het om een serie- dan wel parallelschakeling gaat). De ene curve moet dan zijn top bereiken als de andere de nullijn snijdt. Dat is niet zo. De top van u komt duidelijk eerder dan het punt waarop i door de nullijn gaat. Dan moeten er een weerstand en een reactantie in het spel zijn. Antwoord B mag dus samen met antwoord A de prullenbak in.

Zo houden we C en D over. Zit er nu met de weerstand een spoel of een condensator in de belasting? Bij een spoel loopt de stroom achter op de spanning, bij een condensator loopt de stroom juist vóór. In het plaatje zien we dat i voorloopt op u . Dan wordt het de condensator. Antwoord C.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.6 Uitwerking van Opgave 5-6

Een seriekring met hoge Q gedraagt zich op zijn resonantiefrequentie als een

- A. Hoge weerstand
- B. Kortsluiting**
- C. Lage weerstand
- D. Oneindig hoge weerstand

Uitwerking

In een ideale seriekring (tekening hieronder) is bij resonantie de reactantie 0 omdat de reactanties spoel en condensator elkaar opheffen.



Dat komt doordat

- De stroom door spoel en condensator dezelfde is
- De reactanties van spoel en condensator even groot zijn
- Daardoor de wisselspanningen over spoel en condensator ook even groot zijn
- Bij de spoel de spanning 90° voorloopt op de stroom en bij de condensator de spanning er 90° op achterloopt. Het verschil is 180° , beide spanningen zijn in tegenfase en heffen elkaar precies op.

De reactantie van de kring is dan 0. In de praktijk zit er altijd wel ergens een weerstand(je) in, want zelfs de weerstand van een stuk koper- of zilverdraad is groter dan 0. De kring gedraagt zich dan dus als een heel kleine weerstand.

Bij een seriekring is $Q = X_L/R$, dus voor $R = 0$ is $Q = \infty$ (oneindig). Maar als de weerstand niet 0 kan zijn, bestaat een oneindige Q ook niet. Wel is Q hoog als R klein is ten opzichte van de reactanties. Je zou zeggen dat dan antwoord C goed is.

Maar.....

Wat is in de praktijk het verschil tussen een “lage weerstand” en een kortsluiting als weerstanden van 0Ω niet bestaan? Hoe laag is “laag”? Antwoord B is dan ook goed en is het “officiële” goede antwoord naar de mening van AT, de instantie die eindverantwoordelijk is voor de examens. Het is maar dat je het weet, want deze of een vergelijkbare vraag kun je op een examen tegenkomen. Eigenlijk zou een vraag als deze met dit setje antwoorden op een examen niet mogen worden gesteld, vindt uw schrijver.



Terug naar de opgave

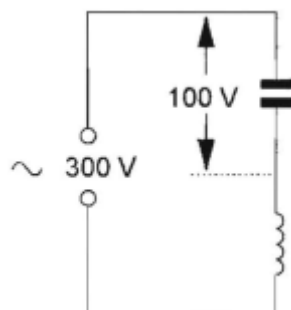
Naar de volgende opgave



5.5.7 Uitwerking van Opgave 5-7

De spanning over de spoel is

- A. 200 V
- B. 100 V
- C. 400 V
- D. 300 V

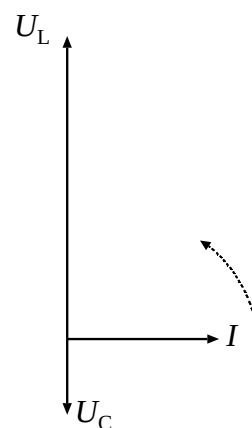


Uitwerking

We hebben hier te maken met een serieschakeling van een spoel en een condensator. Omdat er verder niets bij staat, mogen we beide ideaal veronderstellen.

Omdat het een serieschakeling is, is de wisselstroom door condensator en spoel dezelfde: even groot, zelfde fase. Dat geldt niet voor de spanningen.

De wisselspanning over een condensator loopt 90° achter op de stroom, de wisselspanning over een spoel doet het omgekeerde: 90° voor op de stroom (denk aan het ezelsbruggetje LUI). We zien het weergegeven in het vectordiagram hiernaast. De spanningen over spoel en condensator zijn in tegenfase. Dat is meteen het addertje onder het gras van deze opgave.



Zou het om weerstanden gaan, dan is de gevraagde spanning 200 V, gewoon de tweede wet van Kirchhoff. Dan zou antwoord A goed zijn. Maar omdat U_C en U_L in tegenfase zijn, moet, om aan het eind 300 V over te houden, U_L 400 V zijn, want die 100 V over de condensator gaat daarvan af. Het wordt dus antwoord C.

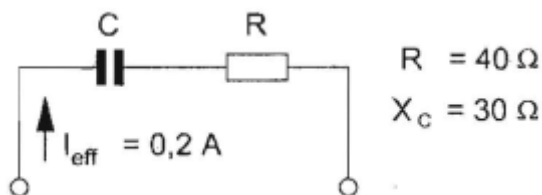


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.8 Uitwerking van Opgave 5-8



Het door de schakeling opgenomen vermogen is

- A. 2 W
- B. 1,6 W**
- C. 2,8 W
- D. 10 W

Uitwerking

Als gevolg van een niet nader omschreven oorzaak loopt door weerstand en condensator een stroom van 0,2 A effectief. Ze staan in serie, dus de stroom is voor alle twee gelijk in sterkte en in fase. Condensatoren nemen geen vermogen op (= dissiperen geen vermogen), weerstanden wel. De reactantie X_C is dan ook een overbodig gegeven.

Voor vermogen P in een weerstand geldt:

$$P = I^2 R$$

P is dan gelijk aan $0,2 * 0,2 * 40 \text{ W} = 1,6 \text{ W}$. Antwoord B is goed.

Opmerking

Ook hier zijn niet alle gegevens nodig. Het toepassen en van bruikbare gegevens en het links laten liggen van onbruikbare gegevens is even goed een test op begrip als iets kunnen uitrekenen.

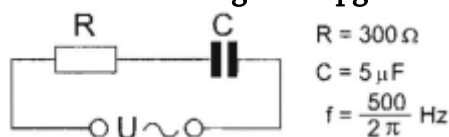


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.9 Uitwerking van Opgave 5-9



De impedantie van de schakeling is

- A. $700\ \Omega$
- B. **$500\ \Omega$**
- C. $400\ \Omega$
- D. $300\ \Omega$

Uitwerking

De impedantie van een in serie geschakelde weerstand R en reactantie X wordt berekend volgens

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

De waarde van R is gegeven; X moeten we uitrekenen op basis van frequentie f en capaciteit C . Voor de reactantie X_C van een condensator geldt

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

Nu is het een kwestie van invullen:

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot \frac{500}{2\pi} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}\ \Omega = \frac{10^6}{2500}\ \Omega = 400\ \Omega$$

De weerstand R is $300\ \Omega$. Voor de impedantie Z kunnen we nu de eerste vergelijking op deze bladzijde toepassen: $Z = 500\ \Omega$ en antwoord B is het juiste.

Opmerking

De combinatie 3, 4, 5 is een in examens vaak voorkomende combinatie als de stelling van Pythagoras moet worden toegepast, zoals hier. $3^2 + 4^2 = 5^2$, want $9 + 16 = 25$. De getallen 3, 4 en 5 zijn de enige drie opeenvolgende gehele getallen, waarbij het kwadraat van het grootste getal gelijk is aan de som van de kwadraten van de twee kleinere. Het is daarom de moeite waard, het getallensetje 3, 4, 5 te onthouden. We zullen het verderop vaak het “rijtje van Pythagoras” noemen, hoewel dat geen officiële benaming is.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





5.5.10 Uitwerking van Opgave 5-10

Het aanbrengen van een geaarde aluminium bus om een spoel waardoor een HF wisselstroom loopt heeft tot gevolg, dat buiten de bus:

- A. Het elektrisch veld wordt verkleind en het magnetisch veld wordt versterkt
- B. Alleen het elektrisch veld wordt versterkt
- C. **Zowel het elektrisch als het magnetisch veld wordt verkleind**
- D. Alleen het magnetisch veld wordt verkleind

Uitwerking

Een spoel waardoorheen een wisselstroom loopt, maakt zowel een magnetisch als een elektrisch veld. Het magnetische veld wordt veroorzaakt door de stroom, het elektrische veld door de spanning tussen de uiteinden van de spoel. Samen zijn die twee een elektromagnetisch veld.

Dit veld veroorzaakt een HF-spanning en -stroom in de bus die tegengesteld zijn aan die in de spoel. Het gevolg is dat zowel het elektrische als het magnetische veld van de spoel worden verkleind.

Opmerkingen

Dit soort constructies dient om de spoel elektromagnetisch af te schermen van zijn omgeving. De bus heet daarom niet voor niets *afschermbus*.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





5.5.11 Uitwerking van Opgave 5-11

Bij een condensator is het faseverschil tussen stroom en spanning

- A. 0°
- B. 90°
- C. 180°
- D. Afhankelijk van de frequentie

Uitwerking

Bij een ideale condensator loopt de stroom 90° voor op de spanning en de spanning dus 90° achter op de stroom. In deze opgave wordt niet meer gevraagd dan het faseverschil. Bij zowel spoel als condensator is dat 90° . Antwoord B is dan ook goed, maar zie Opmerking 2.

Opmerking 1

Het antwoord verandert niet als we in de vraag het woord “condensator” vervangen door “spoel”. Maar er is wel een verschil. Dat staat in hoofdstuk 5, samen met enkele ezelsbruggetjes en in het kort in het formularium, 5.3.3 en 5.3.4.

Opmerking 2

In de vraagstelling wordt niet gesproken over een ideale condensator. Is de condensator niet ideaal, dan zit er wat weerstand in (en wat zelfinductie). Dan is die 90° strikt genomen niet meer aan de orde. Hoe hoger de frequentie, des te belangrijker wordt die weerstand. Dan zou antwoord D aan de orde moeten zijn, maar het “officiële” antwoord is desondanks B. Tegenwoordig is er ook een versie van deze vraag met een “ideale” condensator. Die vinden we in Opgave 5-17.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





5.5.12 Uitwerking van Opgave 5-12

Variabele condensatoren worden gevormd door twee geleiders met daartussen een diëlektricum. Ze worden veelal toegepast voor

- A. Het regelen van de diëlektrische constante
- B. Het regelen van de zelfinductie
- C. Het laten najlen van de stroom op de spanning
- D. Afstemming en afregeling**

Uitwerking

Variabele condensatoren zijn niet voor niets variabel. Ze worden meest in LC-kringen toegepast om de resonantiefrequentie te kunnen instellen. Als dat instellen éénmalig is, heet het *afregeling*; als het veelvuldig moet gebeuren heet het *afstemming*. Antwoord D is dan ook het juiste.

Opmerkingen

De diëlektrische constante is een materiaaleigenschap en daaraan valt niets te regelen. Daarmee valt antwoord A af.

Een ideale condensator heeft geen zelfinductie en een echte vrijwel niet. Ze hebben soms wel een variabele capaciteit, meestal iets tussen een paar pF en ongeveer 800 pF. Antwoord B kunnen we dus ook doorstrepen.

Het laten najlen van de stroom op de spanning moet je aan zelfinducties (spoelen) overlaten. Bij een condensator ijlt de stroom vóór op de spanning. Antwoord C deugt daarom net zo min als A en B..

Ook door foute antwoorden weg te strepen is de opgave op te lossen, ook al is dat zelden onze aanbevolen werkwijze.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**5.5.13 Uitwerking van Opgave 5-13**

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. 1600Ω
- B. 100Ω
- C. $31,4\Omega$
- D. 628Ω

Uitwerking

“Schijnbare weerstand” is hier hetzelfde als “reactantie”, geschreven als X_L . Die is bij een spoel gelijk aan $2\pi fL$. Dan is het verder een kwestie van invullen: $2 * 3,14 * 400 * 0,25 = 628$, dus dat wordt 628Ω . Antwoord D dus. Rechttoe-rechtaan deze keer.

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



5.5.14 Uitwerking van Opgave 5-14

Indien van een seriekring de zelfinductie wordt verdubbeld, zal de resonantiefrequentie

- A. Gehalveerd worden
- B. $\sqrt{2}$ maal zo laag worden**
- C. Verdubbeld worden
- D. $\sqrt{2}$ maal zo hoog worden

Uitwerking

We hebben bij afgestemde kringen te maken met de vergelijking van Thomson:

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

Die geldt voor zowel parallel- als seriekringen, dus de term “LC-kring” zou hier voldoende zijn geweest.

Zowel L als C staan broederlijk (zusterlijk) naast elkaar onder het wortelteken in de noemer. Als één van de twee wordt verdubbeld, wordt de noemer $\sqrt{2}$ maal zo groot. De uitkomst f wordt daardoor $\sqrt{2}$ maal zo klein. Dat zegt antwoord B ook, dus dat is het juiste antwoord.



Terug naar de opgave

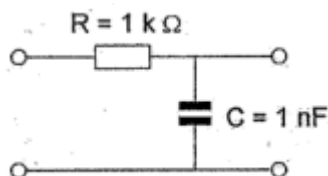
Naar de volgende opgave



5.5.15 Uitwerking van Opgave 5-15

De kantelfrequentie van dit filter bedraagt ongeveer:

- A. 160 kHz
- B. 628 kHz
- C. 1 kHz
- D. 100 kHz



Uitwerking

Bij een kantelfrequentie geldt dat weerstand en reactantie gelijk zijn

Daaruit volgt

$$R = \frac{1}{2\pi fC}$$

Frequentie en weerstand mogen van plek wisselen (aan weerskanten van het = teken delen door R en vermenigvuldigen met f). Dan krijgen we

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

En dan is het een kwestie van invullen:

$$f = \frac{1}{2\pi 10^3 10^{-9}} \text{ Hz} = \frac{10^6}{6,28} \text{ Hz} \approx 160 \text{ kHz}$$

Het wordt dus antwoord A.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



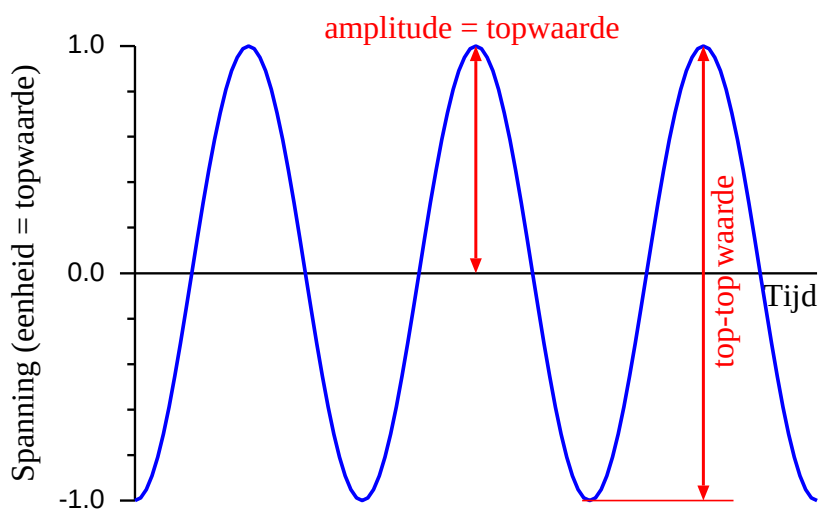
5.5.16 Uitwerking van Opgave 5-16

De amplitude van een sinusvormige wisselspanning is gedefinieerd als de

- A. Topwaarde
- B. Topwaarde gedeeld door $\sqrt{2}$
- C. Top-top waarde
- D. Topwaarde vermenigvuldigd met $\sqrt{2}$

Uitwerking

De amplitude is gedefinieerd als de topwaarde.: een verplicht weetje. Antwoord A. Zie de figuur hieronder.



Opmerking

Antwoord B is de *effectieve waarde*. Antwoord C, de top-top waarde is 2x de amplitude (zie figuur). Antwoord D is voor degenen die wel eens van die $\sqrt{2}$ hebben gehoord, maar niet precies (meer) weten hoe het zit.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





5.5.17 Uitwerking van Opgave 5-17

In een ideale condensator, aangesloten op een wisselspanningsbron, is het faseverschil tussen stroom en spanning

- A. Afhankelijk van de stroom
- B. Afhankelijk van de frequentie
- C. Afhankelijk van de spanning
- D. Altijd 90°

Uitwerking

Bij een ideale condensator loopt de stroom 90° voor op de spanning en de spanning dus 90° achter op de stroom. Hier wordt alleen het verschil gevraagd. Met stroom, frequentie of spanning heeft die 90° niets te maken. Antwoord D is dan ook goed.

Opmerking

Deze vraag is sterk verwant aan Opgave 5-11.

Het antwoord verandert niet als we in de vraag het woord “condensator” vervangen door “spoel”. Maar er is wel een verschil tussen beide. Dat staat in hoofdstuk 5, samen met enkele ezelsbruggetjes. Het staat ook kort in het formularium en wel in 5.3.3 en 5.3.4



Terug naar de opgave

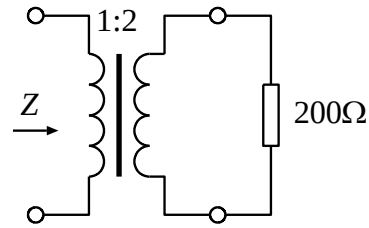
Naar de volgende opgave



5.5.18 Uitwerking van Opgave 5-18

De impedantie Z is:

- A. 100Ω
- B. 50Ω
- C. 400Ω
- D. 800Ω



Uitwerking

Let op dat bij transformatie van impedanties de onbekende impedantie gelijk is aan de bekende, vermenigvuldigd met **het kwadraat** van de wikkilverhouding. Het aantal windingen aan de kant van de 200Ω is het dubbele van het aantal aan de kant van Z . Z is dan niet de helft ($\frac{1}{2}$), maar een kwart ($\frac{1}{4}$) van 200Ω , is 50Ω . Antwoord B is dus goed

Opmerkingen

Als je de transformatieverhouding van spanningen in plaats van impedanties neemt, kom je op het foute antwoord A. Als je de wikkilverhouding verkeerd om neemt, krijg je het eveneens foute antwoord D. Als je beide fouten combineert, kom je op het dubbel foute antwoord C.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





5.5.19 Uitwerking van Opgave 5-19

De effectieve waarde van een sinusvormige wisselspanning met een maximale waarde van 10 volt is

- A. 7,07 V
- B. 10 V
- C. 6,67 V
- D. 5 V

Uitwerking

Dit is een belangrijk weetje. De effectieve waarde van een sinusvormige wisselspanning is de maximale waarde gedeeld door $\sqrt{2}$. $\sqrt{2} = 1,4142$ met nog een oneindige reeks decimalen erachter. Delen door $\sqrt{2}$ is hetzelfde als vermenigvuldigen met 0,707 met nog een rij decimalen erachter. $0,707 \cdot 10 = 7,07$. Antwoord A is dus goed.

Opmerking

Let op: het moet wel gaan om een sinusvormige wisselspanning. Bij een zuivere blokgolf bijvoorbeeld is de effectieve waarde gelijk aan de maximale waarde.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.20 Uitwerking van Opgave 5-20

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

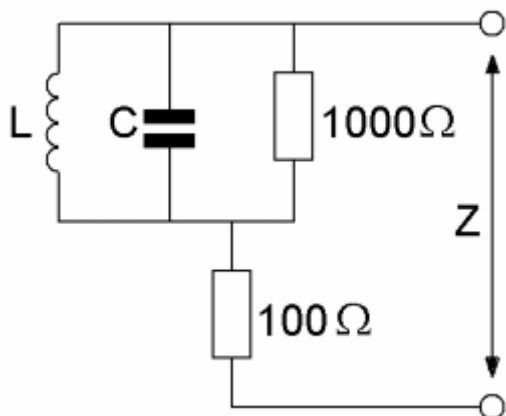
- A. 2kHz, 4 kHz en 6 kHz
- B. 3 kHz, 5 kHz en 7 kHz**
- C. 2 kHz, 3 kHz en 4 kHz
- D. 3 kHz, 4 kHz en 5 kHz

Uitwerking

Een blokgolf bevat alleen oneven harmonischen. (zie ook het filmpje in hoofdstuk 5 van de cursustekst). Het enige antwoord dat alleen oneven harmonischen laat zien, is B. Dat is dan ook het goede antwoord.

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

5.5.21 Uitwerking van Opgave 5-21



De impedantie Z is bij resonantie:

- A. 100Ω
- B. 1100Ω**
- C. Oneindig hoog
- D. 1000Ω

Uitwerking

We zien een parallelkring parallel aan een weerstand van 1000Ω en dit alles in serie met een weerstand van 100Ω . Op de resonantiefrequentie is de reactantie van de parallelkring in theorie oneindig hoog, in werkelijkheid is de impedantie zeer hoog. Die zeer hoge impedantie staat parallel aan 1000Ω . In de praktijk zal de vervangende impedantie bijna 1000Ω zijn (1000Ω parallel aan een zeer hoge impedantie). Die bijna 1000Ω staat in serie met een weerstand van 100Ω , samen bijna 1100Ω , antwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.22 Uitwerking van Opgave 5-22

Indien van een parallelkring de capaciteit wordt gehalveerd, zal de resonantiefrequentie

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

Uitwerking

Of het nu om een serie- of een parallelkring gaat, in beide gevallen bereken je de resonantiefrequentie f_{res} met de vergelijking van Thomson:

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

Als C wordt gehalveerd, wordt de noemer in de breuk $\sqrt{2}$ maal zo klein, omdat C onder het wortelteken staat. De uitkomst, f_{res} , wordt dan $\sqrt{2}$ maal zo groot. Dat wordt dus antwoord D.



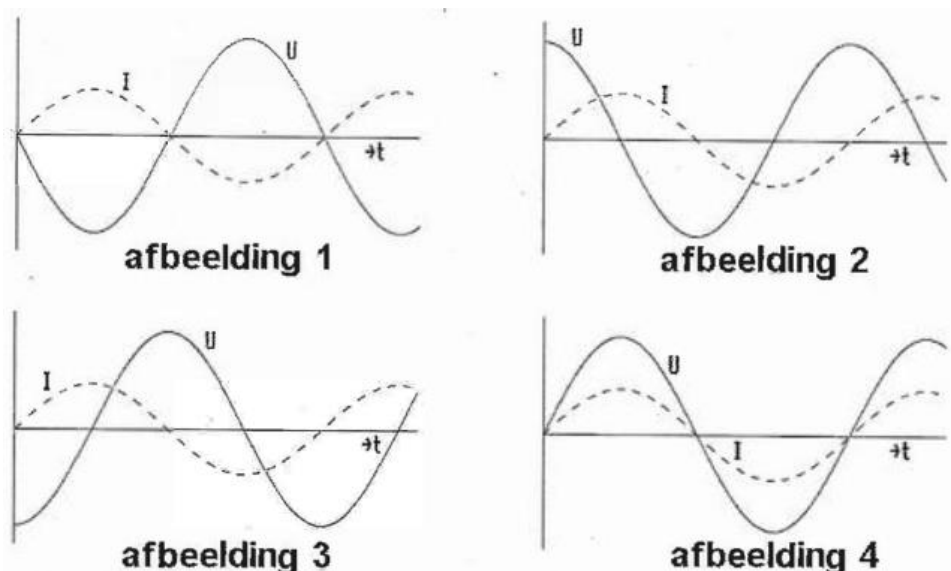
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.23 Uitwerking van Opgave 5-23

De spanning loopt 90° in fase achter op de stroom in:



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

Uitwerking

Let om te beginnen op de tijd. Die loopt van links naar rechts. Wat meer naar rechts zit, komt later en loopt daarom achter. 90° is $\frac{1}{4}$ (een kwart) periode. We moeten dus een plaatje vinden waarin de spanning een kwart periode achterloopt op de stroom. De spanning is de getrokken sinus, de stroom is de gestippelde. Kortom: vind het plaatje, waarin de getrokken lijn $\frac{1}{4}$ periode achter de gestippelde lijn aanloopt. We lopen ze langs.

Afbeelding 1. Er zit een halve periode verschil tussen beide sinussen in plaats van een kwart, dus daar hoeven we niet verder naar te kijken.

Afbeelding 2. Die toont wel een kwart periode verschil. Maar.... De spanning bereikt zijn maximum op het begin van de grafiek, de stroom een kwart periode later. En zo gaat het ook met de punten waarop de grafieken onder de nullijn duiken, enz. De spanning loopt dus voor op de stroom, niet achter. Ook deze kan dus worden afgekeurd.

Afbeelding 3. Hier gaat de stroom aan het begin van de grafiek omhoog van de nullijn en de spanning doet dat een kwart periode later. Dat geldt natuurlijk ook voor de punten



waarop stroom en spanning weer onder de nullijn duiken en voor de maxima. Dit zou hem moeten zijn. Voor de zekerheid bekijken we toch nog

Afbeelding 4. Hier lopen stroom en spanning gelijk op, zoals bij een weerstand. Faseverschil 0 dus.

De winnaar is.... afbeelding 3 en dat is antwoord D.

Opmerking

We zijn gewend, gebeurtenissen in schrijfrichting, dus van links naar rechts, voor te stellen. Als twee wandelaars van links naar rechts achter elkaar aanlopen, komt de rechter wandelaar het eerst langs, gevolgd door de linker. De rechter wandelaar loopt dus voorop. Bij grafieken zoals in deze opgave is het net andersom. De grafiek lees je ook van links naar rechts, maar wat links is, is geweest als rechts nog moet komen. Links komt dus eerder dan rechts. Dat is in tegenstelling met de twee wandelaars. Bij grafieken met tijd op de horizontale as kan het een gemene valkuil zijn als je twee van die grafieken moet vergelijken en aangeven wat in de tijd eerst komt. Opletten dus!

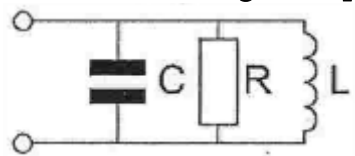


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.24 Uitwerking van Opgave 5-24



In de kring wordt de waarde van R gehalveerd. De bandbreedte wordt hierdoor:

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

Uitwerking

Hier moeten we een eindje graven in de theorie.

De kring in de figuur is een parallelkring, want L en C staan parallel geschakeld, samen met de verliesweerstand R . De bandbreedte B is de frequentie-afstand tussen de -3dB-punten. Dat zijn de punten aan weerskanten van de resonantiefrequentie f_{res} , waarbij de impedantie van de kring $\sqrt{2}$ keer zo klein wordt als op het resonantiepoint. Die afstand wordt bepaald door de kwaliteitsfactor Q . Q is de verhouding van de reactantie van C of L (bij resonantie zijn beide gelijk) en de weerstand R volgens de vergelijking in hoofdstuk 5:

$$Q = \frac{R_{verlies}}{X_{Lres}} = \frac{R_{verlies}}{2\pi f_{res} L}$$

We gaan uit van de reactantie van de spoel. Die van de condensator mag ook, maar die rekent wat lastiger. Voor de bandbreedte B kennen we de vergelijking

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

In de eerste vergelijking zien we dat Q evenredig is met R . R 2x zo klein, Q 2x zo klein, enz. En uit de tweede vergelijking volgt dat B omgekeerd evenredig is met Q en dus ook met R . Conclusie: R 2x zo klein, bandbreedte 2x zo groot, antwoord D. Bij een **seriekring** gaat het andersom: R 2x zo klein, bandbreedte 2x zo klein. Kijk het eventueel nog eens na in hoofdstuk 5.

Opmerking 1 (Opmerking 2 zit voorbij de twee figuren)

Om te onthouden voor dit soort opgaven

Parallelkring: parallelweerstand R evenredig met Q , Q omgekeerd evenredig met B .

Resultaat: R omgekeerd evenredig met B .

Ezelsbrug: BeROEP, Bandbreedte en R Omgekeerd Evenredig bij Parallelkring.

Seriekring: serieweerstand omgekeerd evenredig met bandbreedte, Q omgekeerd evenredig met B . **Resultaat:** R evenredig met B .

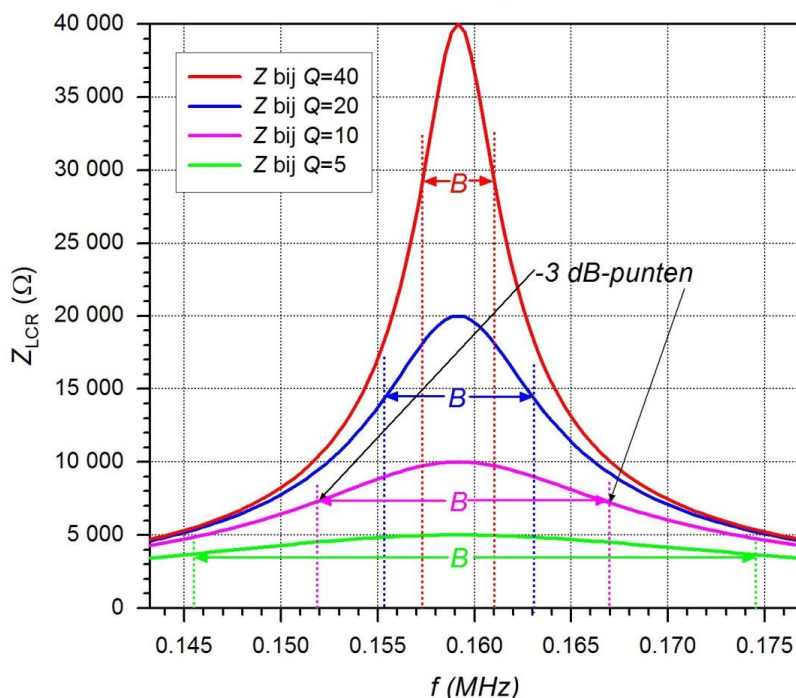
Ezelsbrug: BRES, Bandbreedte en R Evenredig bij Seriekring.

©2021, Vereniging van Radiozendamateurs VRZA (opgaven in par. 5.4 uitgezonderd)

Om het nog een keer in beeld te brengen, geven we hieronder de bijbehorende figuren uit hoofdstuk 5. Eerst de parallelkring, dan de seriekring.

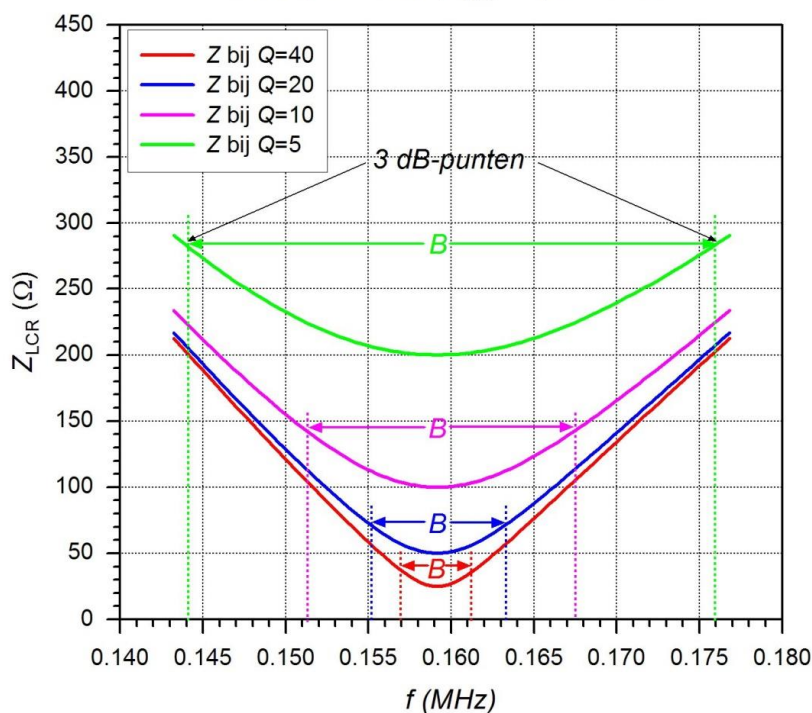
Impedantie van een parallelkring bij het resonantiepunt

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



Impedantie van een seriekring bij het resonantiepunt

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



Opmerking 2

Er is een “maar”. Want het officiële antwoord geldt alleen als er links van de aansluitpunten van de schakeling iets zit met een oneindig hoge weerstand. Dat zou een ideale stroombron kunnen zijn. Nu bestaan die dingen niet in het echt, maar een redelijke benadering is wel mogelijk (werken we hier niet uit).

Dus moet de stroom/spanning op de aansluitpunten uit een bron komen met een inwendige weerstand. Die weerstand staat parallel aan R . Als die weerstand samen met R ook wordt gehalveerd, klopt het officiële antwoord, maar dat lijkt uw schrijver geen oplossing uit de praktijk. Anders wordt de bandbreedte meer dan 1x (= onveranderd) en minder dan 2x zo groot, afhankelijk van de verhouding van R en de weerstand buiten de aansluitpunten.



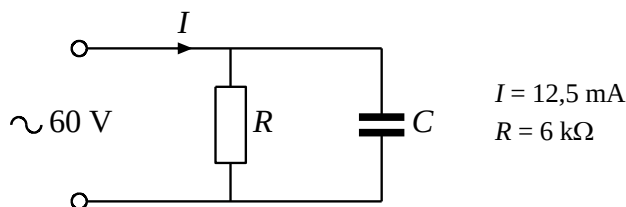
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.25 Uitwerking van Opgave 5-25

De stroom door de condensator is

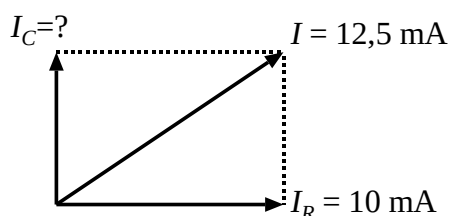


- A. 10 mA
- B. 12,5 mA
- C. 7,5 mA**
- D. 2,5 mA

Uitwerking

Deze schakeling vraagt om een vectoroplossing, omdat de stromen door weerstand en condensator onderling niet in fase zijn. We kunnen in elk geval vaststellen dat het om een parallelschakeling gaat, zodat over weerstand en condensator dezelfde wisselspanning van 60 V staat. De stroom door R is natuurlijk in fase met U , de stroom door C loopt 90° voor op U .

De stroom I_R door de weerstand is snel uitgerekend: 60 V over 6 kΩ betekent 10 mA. We hebben nu $I = 12,5$ mA en $I_R = 10$ mA. I_C loopt 90° voor op I_R . Daarmee is I_C uit te rekenen met de stelling van Pythagoras, maar een vectordiagram verduidelijkt het beeld. Hier komt het:



Nu schiet Pythagoras te hulp:

$$I_C = \sqrt{I^2 - I_R^2} = \sqrt{12,5^2 - 10^2} \text{ mA} = \sqrt{56,25} \text{ mA} = 7,5 \text{ mA}$$

Dat komt neer op antwoord C.

Opmerking

We zien hier het bekende Pythagoras-rijtje 3, 4, 5 ($3^2 + 4^2 = 5^2$) in vermomming. Vermenigvuldig 3, 4 en 5 maar eens met 2,5 en bovenstaand vraagstuk rolt eruit.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.26 Uitwerking van Opgave 5-26

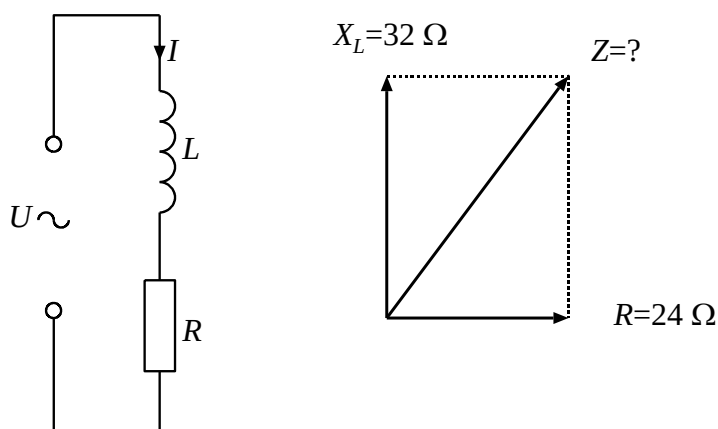
Een spoel heeft een gelijkstroomweerstand van $24\ \Omega$. Bij een bepaalde frequentie is de reactantie $32\ \Omega$. De impedantie is dan:

- A. $24\ \Omega$
- B. $32\ \Omega$
- C. $40\ \Omega$
- D. $56\ \Omega$

Uitwerking

Om te beginnen moet je hier het verschil tussen reactantie en impedantie weten. Verder vraagt deze opgave om een vectordiagram. Bij een spoel (zelfinductie) loopt de stroom 90° achter op de spanning, oftewel de spanning loopt 90° voor op de stroom.

Een spoel met een gelijkstroomweerstand is te vervangen door een ideale spoel in serie met een eveneens ideale weerstand. Door beide loopt dezelfde stroom. De impedantie is de vectorsom van de spanningen over weerstand en condensator, gedeeld door de stroom. Om bij deze gegevens de impedantie te berekenen, kun je ook de vectorsom bepalen van de weerstand en de reactantie, want de stroom is voor beide componenten dezelfde. Wel zo gemakkelijk. Hier komt het plaatje:



En hier schiet Pythagoras te hulp: $Z = \sqrt{X_L^2 + R^2} = \sqrt{(32\Omega)^2 + (24\Omega)^2} = 40\Omega$.
Antwoord C.

Opmerking

In deze rekensom zit het bijzondere rijtje 3, 4, 5 verstopt. $3 \cdot 8$, $4 \cdot 8$ en $5 \cdot 8$ om precies te zijn. 3 en 4 zijn de enige opeenvolgende gehele getallen waarvan de som van hun kwadraten het kwadraat van het volgende gehele getal, 5 is. Als je dat kunt onthouden en in voorkomende gevallen herkennen, scheelt dat rekenwerk.



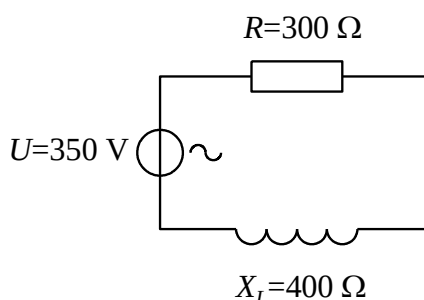
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.27 Uitwerking van Opgave 5-27

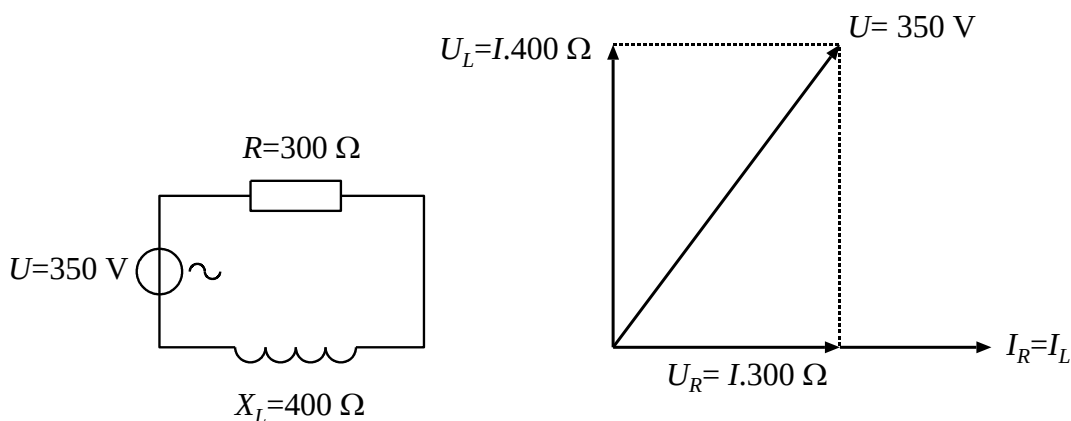
De spanning over de weerstand is



- A. 280 V
- B. 150 V
- C. 200 V
- D. 210 V

Uitwerking

Een schakeling met een weerstand en een spoel vraagt om een vectordiagram. Daarvoor moeten we eerst bedenken hoe het precies zit. Het gaat om een serieschakeling, dus met dezelfde stroom I door beide componenten, zodat $I_R = I_L$. De spanning van 350 V is de vectorsom van de spanningen over weerstand en condensator. Dat zien we in het plaatje hieronder.



We zien hier weer een 3 en een 4 opduiken bij een rechthoekig vectordiagram. Misschien weer het unieke Pythagoras-rijtje 3, 4, 5 waarvoor geldt $3^2 + 4^2 = 5^2$? Het vectordiagram wijst erop met die 400 en 300 Ω. Die 350 V moet dan stroom I maal impedantie Z , dus IZ zijn. Volgens het Pythagoras-rijtje is $Z=500 \Omega$. Dan is $IZ = I * 500 \Omega = 350 \text{ V}$, de 350 V uit het schema. Daaruit volgt $I = 350 \text{ V} / 500 \Omega = 0,7 \text{ A}$. De spanning over de weerstand is dan $0,7 \text{ A} * 300 \Omega = 210 \text{ V}$. Antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

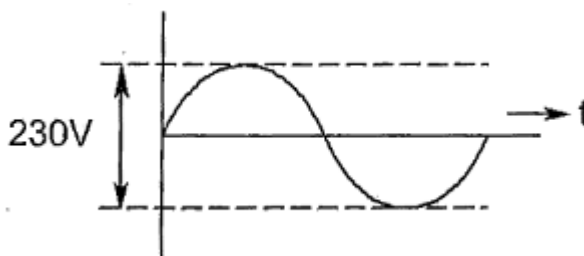




5.5.28 Uitwerking van Opgave 5-28

De effectieve waarde van de spanning is ongeveer

- A. 0 V
- B. 81 V
- C. 163 V
- D. 128 V



Uitwerking

Let op dat de gegeven spanning niet U_{max} is, maar U_{pp} . (pp staat voor piek-piek). $U_{max} = \frac{1}{2} U_{pp}$. De effectieve waarde $U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = 0,707 U_{max}$

Nu de getallen: $U_{max} = 230 \text{ V} / 2 = 115 \text{ V}$. $U_{eff} = 0,707 * 115 \text{ V} \approx 81 \text{ V}$. Antwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



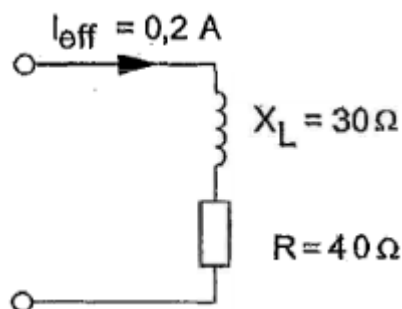
5.5.29 Uitwerking van Opgave 5-29

Het opgenomen vermogen is

- A. 10 W
- B. 1,6 W
- C. 2,8 W
- D. 2 W

Uitwerking

Een vectordiagram is hier niet nodig. Een (ideale) spoel neemt geen vermogen op (= dissipeert geen vermogen). Deze spoel zaait hoogstens verwarring bij de examenkandidaat. Het gaat om de weerstand. Die is $40\ \Omega$. De stroom is $0,2\text{ A}$. Het opgenomen vermogen P is dan gelijk aan $I^2 R = 0,2^2 * 40\text{ W} = 0,04 * 40\text{ W} = 1,6\text{ W}$. Antwoord B dus.

**Opmerking 1**

Je kunt hier nog meer aan uitrekenen. Bij wijze van oefening doen we dat. De impedantie van het geheel is via het Pythagoras-rijtje van 3, 4, 5 ($3^2 + 4^2 = 5^2$) uit te rekenen: $50\ \Omega$. Dan is de spanning op de aansluitingen $0,2 * 50\text{ V} = 10\text{ V}$.

Opmerking 2

Deze opgave lijkt sterk op Opgave 5-8, alleen staat daar een condensator in plaats van een spoel in het schema.



Terug naar de opgave

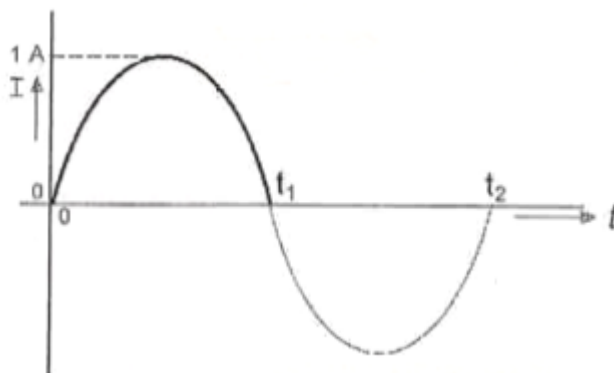
Naar de volgende opgave



5.5.30 Uitwerking van Opgave 5-30

De gemiddelde waarde van de stroom over het tijdsinterval 0 tot t_1 seconde is

- A. $1/\pi$ A
- B. 0 A
- C. π A
- D. $2/\pi$ A



Uitwerking

Deze opgave lijkt nogal op Opgave 5-1. Het enige verschil is dat nu de gemiddelde waarde over de positieve halve periode wordt gevraagd en in Opgave 5-1 over een kwart periode.

Voor t_1 mogen we ook π schrijven, want op dat tijdstip is er een halve periode voorbij en een hele periode is 2π radialen. Het gaat dus om de halve periode van $t = 0$ tot $t = \pi$. De oppervlakte van een halve sinusgolf met een duur van π seconden en een maximale waarde van 1 A is $2As$ (Ampère maal seconde). Voor de gemiddelde waarde moet die worden gedeeld door π seconden. Daar komt $2/\pi$ A uit. Antwoord D dus.

Opmerking

In de grafiek staat niet dat t in seconden is. We zijn er bij de oplossing stilzwijgend wel van uitgegaan. Maar als er uren of jaren hadden gestaan, was de uitkomst niet anders geweest, omdat je eerst stilzwijgend de gemiddelde waarde met de tijdsduur vermenigvuldigt en er vervolgens weer door deelt. Eigenlijk maakt de eenheid dus niets uit. Je mag de horizontale aslengte ook in radialen uitdrukken. Dat is wiskundig correcter, maar voor ons van weinig belang.



Terug naar de opgave

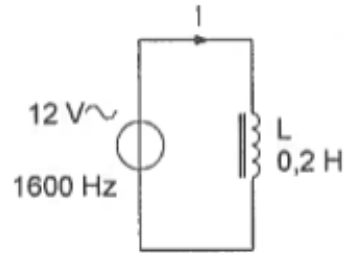
Naar de volgende opgave



5.5.31 Uitwerking van Opgave 5-31

De stroom door de spoel is ongeveer

- A. **6 mA**
- B. 2,4 A
- C. 60 A
- D. 0,24 mA



Uitwerking

We hebben hier te maken met de wet van Ohm, maar dan voor reactanties. Over faseverschillen wordt niets gevraagd, dus die blijven buiten beschouwing. Spanning en frequentie zijn gegeven. Ook de zelfinductie staat in het schema: 0,2 H.

Dat wordt dus berekenen van 1) de reactantie X_L van de spoel en 2) de stroom door de spoel bij de gegeven spanning.

Eerst de reactantie: $X_L = \omega L = 2\pi f L = 2\pi \cdot 1600 \cdot 0,2 \Omega = 2011 \Omega \approx 2000 \Omega$

Dan de wet van Ohm: $I = U / X_L$ en dus: $I = 6V / 2 \text{ k}\Omega = 6 \text{ mA}$. Ook hier geldt weer: gebruik $\text{k}\Omega$ en je krijgt mA van ome Ohm. Het goede antwoord is A.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



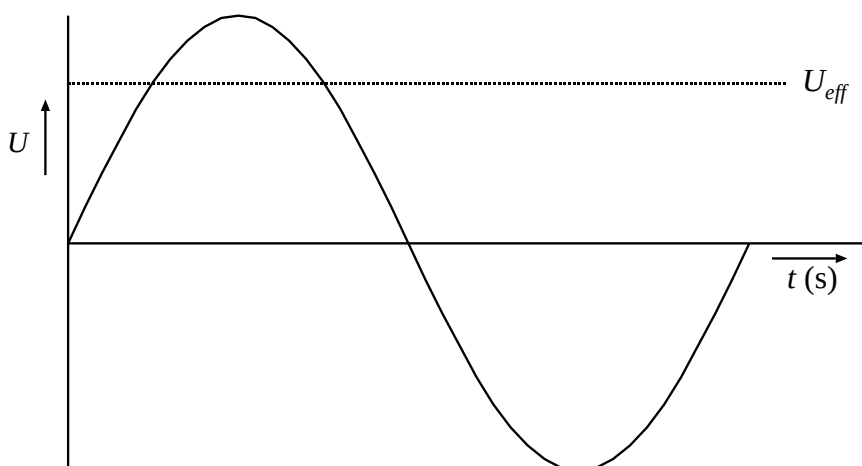
5.5.32 Uitwerking van Opgave 5-32

Een sinusvormige wisselspanning heeft een effectieve waarde van 100 volt. De momentele waarde van de wisselspanning ligt tussen:

- A. -70,7 V en +70,7 V
- B. -141,4 V en +141,4 V**
- C. 0 V en +1,414 V
- D. -100 V en +100 V

Uitwerking

We beginnen met een plaatje.



Daarin is een sinusvormige spanning getekend met zijn effectieve waarde U_{eff} (horizontale stippellijn). We zien dat de momentele waarden (alle punten op de sinuskromme) zowel boven als onder de effectieve waarde liggen. Voor de maximale waarde U_{max} geldt

$$U_{max} = U_{eff}\sqrt{2} \approx 1,414U_{eff}$$

De minimale waarde $U_{min} = -U_{max}$. Daaruit rolt meteen het goede antwoord en dat is B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.33 Uitwerking van Opgave 5-33

Door een ideale spoel loopt een sinusvormige stroom. De spanning over de spoel is:

- A. In tegenfase met de stroom
- B. 90° naijlend op de stroom
- C. 90° voorijlend op de stroom**
- D. In fase met de stroom

Uitwerking

Een spoel heeft een schijnbare weerstand die we meestal reactantie noemen. Bij een echte weerstand zijn spanning en stroom in fase, bij een spoel niet. Daarmee valt antwoord D af. Spanning en stroom zijn bij een enkel reactief element (condensator of spoel) ook niet in tegenfase. Daarmee valt antwoord A af. Het is dus B of C.

Sommigen hebben moeite om te onthouden, hoe het zit met vóór- en naijlen. Ook uw schrijver moet meestal even nadenken hoe het ook alweer zit. Het is een kwestie van bedenken, wat wat veroorzaakt, want de oorzaak komt eerst en het gevolg daarna. Daarom heet het gevolg ook zo. Bij een spoel veroorzaakt een spanning een oplopende stroom; bij een condensator veroorzaakt een stroom een oplopende spanning (hoofdstuk 4). De spanning loopt (of ijlt) bij een spoel daarom vóór op de stroom, of als je wilt: de stroom ijlt na op de spanning. Dat wordt dus antwoord C.

Opmerking

Wie een luie ezelsbrug wil, wordt op zijn wenken bediend met het woord LUI: bij L komt U vóór I.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



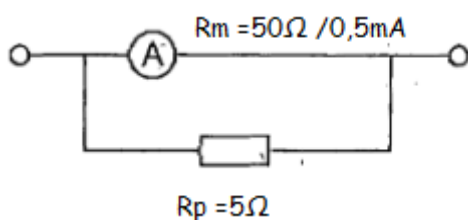
5.5.34 Uitwerking van Opgave 5-34

Aan een milli-ampèremeter met een eigen weerstand van 50 ohm en een meetbereik van 0,5 mA wordt een weerstand van 5 ohm parallel geschakeld.

Bij volle uitslag is het bereik van de meter is de totale stroom door deze meetschakeling

- A. 0,55 mA
- B. 5,5 mA**
- C. 5 mA
- D. 4,5 mA

Uitwerking (zie plaatje)



De weerstand van de meter is 50 ohm, die van de parallelweerstand R_p 5 ohm. Dan lopen van elke stroom door de hele schakeling 10 delen door R_p en 1 deel door de meter. Als de meter 0,5 mA aanwijst, loopt er 0,5 mA door de meter en 10x zoveel, 5 mA dus, door de weerstand. Samen is dat voor de hele schakeling 5,5 mA: antwoord B.

Opmerkingen

Wie **antwoord A** heeft, heeft zich waarschijnlijk een factor 10 vergist.

Wie **antwoord C** heeft, heeft vermoedelijk alleen de stroom door de parallelweerstand meegeteld

Bij **antwoord D** is waarschijnlijk de meterstroom afgetrokken van de stroom door de weerstand in plaats van erbij opgeteld.

Het schemasymbool geldt eigenlijk voor een ideale stroommeter zonder inwendige weerstand. Gelukkig staat erbij wat hier bedoeld wordt.

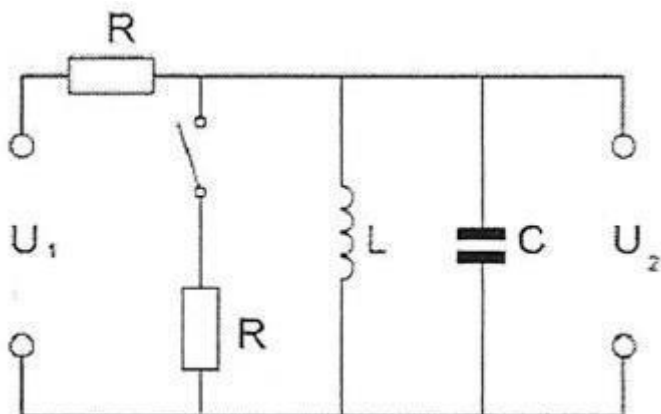


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.35 Uitwerking van Opgave 5-35



De kring is in resonantie. Na het sluiten van de schakelaar wordt

- A. De spanning U_2 groter en de bandbreedte van de kring groter
- B. De spanning U_2 kleiner en de bandbreedte van de kring groter**
- C. De spanning U_2 kleiner en de bandbreedte van de kring kleiner
- D. De spanning U_2 groter en de bandbreedte van de kring kleiner

Uitwerking

De kring is een parallelkring. Bij resonantie is de impedantie maximaal, doordat de reactanties van spoel en condensator even groot en hun stromen even groot en tegengesteld zijn. (Strikt genomen is er dan geen impedantie maar een weerstand, doordat de reactanties samen een isolator vormen). In werkelijkheid heeft elke parallelkring wel ergens een weerstand die is voor te stellen als parallelweerstand R_p . De kwaliteitsfactor Q hangt van R_p af volgens de vergelijking

$$Q = \frac{R_p}{X_L} = \frac{R_p}{X_C}$$

Door de schakelaar te sluiten wordt R als parallelweerstand aan R_p toegevoegd. De vervangingsweerstand van beide is de nieuwe R_p . Die is lager dan de oorspronkelijke R_p . Zo vermindert Q . De spanning over de kring wordt daardoor lager en de bandbreedte groter. Het verband tussen Q , resonantiefrequentie f_{res} en bandbreedte B is

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

In het schema wordt door het sluiten van de schakelaar dus Q kleiner, U_2 kleiner en de bandbreedte groter, antwoord B. Twee ezelsbruggetjes voor de bandbreedte vind je bij de uitwerking van Opgave 5-24.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.36 Uitwerking van Opgave 5-36

Een verliesvrije condensator is aangesloten op een sinusvormige spanning. Welke bewering is juist?

- A. De condensator neemt het dubbele vermogen op bij verdubbeling van de capaciteit
- B. De condensator neemt het dubbele vermogen op bij verdubbeling van de spanning
- C. De condensator neemt geen vermogen op**
- D. De condensator neemt bij een bepaalde frequentie maximaal vermogen op

Uitwerking

Doordat bij een condensator spanning en stroom 90° in fase verschillen, neemt een condensator geen vermogen op. De energie die in een ideale condensator wordt opgeslagen, geeft hij bij wisselspanning of -stroom ook weer af. Antwoord C.

Opmerking

Voor een ideale spoel geldt hetzelfde verhaal, alleen wordt de energie opgeslagen in een magnetisch in plaats van in een elektrisch veld.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.37 Uitwerking van Opgave 5-37

Bij een condensator is het faseverschil tussen stroom en spanning

- A. 180°
- B. 0°
- C. Afhankelijk van de frequentie
- D. 90°

Uitwerking

Bij een condensator loopt de spanning 90° achter op de stroom, want de stroom moet de lading en dus ook de spanning opbouwen. Oorzaak komt vóór gevolg. Ezelsbrug: bij een spoel komt U vóór I (LUI), bij een condensator is het andersom; I vóór U . Al met al: antwoord D.

Opmerking

Die 90 graden geldt voor een ideale condensator. Voor een echte en dus niet-ideale condensator zou eigenlijk antwoord C moeten gelden: afhankelijk van de frequentie. De meeste typen condensator hebben echter een redelijk groot frequentiebereik waarover ze zich als (vrijwel) ideaal gedragen. Vandaar waarschijnlijk (het officiële) antwoord D.



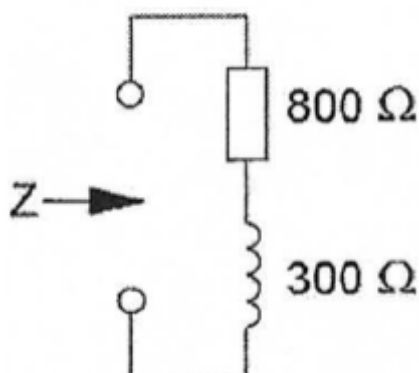
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.38 Uitwerking van Opgave 5-38

Als de frequentie wordt verdubbeld, dan wordt de ingangsimpedantie



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

Uitwerking

De reactantie van de spoel is bij de oorspronkelijke frequentie 300 Ω. Bij verdubbeling van de frequentie verdubbelt ook de reactantie, want $X_L = 2\pi fL$. Die wordt daardoor 600 Ω in plaats van 300. Met de weerstand gebeurt niets. Die blijft zoals hij is: 800 Ω. De nieuwe impedantie Z wordt dan berekend volgens $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = 1000 \Omega$. Antwoord C dus. Gaat dit te snel? Herinner je het Pythagoras-rijtje 3, 4, 5, bijvoorbeeld in de Uitwerking van Opgave 5-9.

$3^2 + 4^2 = 5^2$. In 600, 800 zit het ook: $3 \cdot 200$, $4 \cdot 200$ en dus wordt de uitkomst $5 \cdot 200 = 1000$. De moeite waard om te onthouden, vindt althans de schrijver van deze tekst.



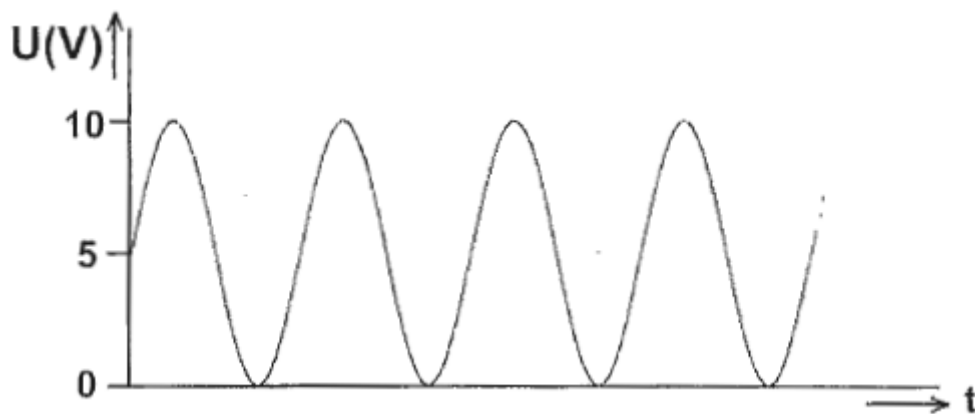
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.39 Uitwerking van Opgave 5-39

Een sinusvormig signaal is opgeteld bij een gelijkspanning.



De gelijkspanning bedraagt:

- A. 10 V
- B. 6,37 V
- C. 7,07 V
- D. 5 V

Uitwerking

Bij een zuivere wisselspanning is de gemiddelde waarde over een of meer volledige perioden 0. Bij de sinus in de tekening zit de gemiddelde waarde op 5 V. Er moet dus een gelijkspanning van 5 V bij zijn opgeteld. Antwoord D dus.

Opmerking

Als je ergens leest dat een wisselspanning is *gesuperponeerd* op een gelijkspanning, betekent dat precies hetzelfde als wat hier gebeurt.



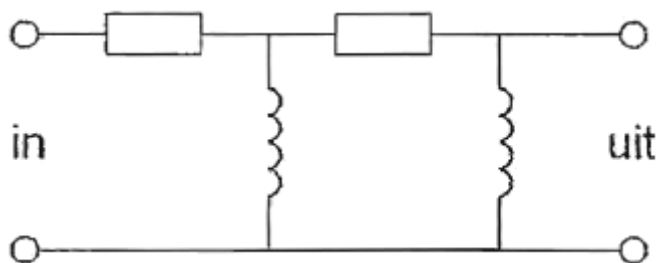
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.40 Uitwerking van Opgave 5-40

Dit is het schema van een:



- A. Bandfilter
- B. Hoogdoorlaatfilter**
- C. Laagdoorlaatfilter
- D. Frequentie-afhankelijke verzwakker

Uitwerking

Dit filter bestaat uit twee spanningsdelers achter elkaar, beide met een weerstand en een spoel (zelfinductie). In hoofdstuk 5 hebben we gezien dat zulke spanningsdelers een hoogdoorlaatfilter zijn. Twee hoogdoorlaatfilters in serie zijn ook een hoogdoorlaatfilter, alleen worden de lage frequenties sterker verzwakt dan bij één filter. Hoe zat het met zo'n filter ook alweer?

De weerstanden zijn frequentie-onafhankelijk. De reactanties van de spoelen worden kleiner, naarmate de frequentie lager is. Dat betekent een grotere verzwakking bij afnemende frequentie en hogere frequenties worden zo beter doorgelaten dan lage. Antwoord B is dan ook het juiste.

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

5.5.41 Uitwerking van Opgave 5-41

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

Uitwerking

We beginnen met de reactantie X_L van de spoel. Die is gelijk aan $2\pi fL$. Voor X_L geldt dan

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

De spanning is dan $I \cdot X_L = 2A \cdot 14\Omega = 28$ V. Antwoord B.



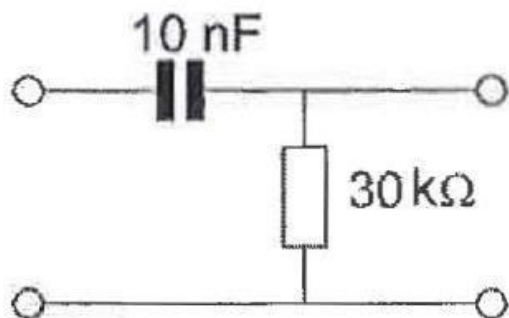
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.42 Uitwerking van Opgave 5-42

De kantelfrequentie van dit filter bedraagt ongeveer



- A. 200 Hz
- B. 50 Hz
- C. 2000 Hz
- D. 500 Hz

Uitwerking

Voor de kantelfrequentie f_k van een RC-filter geldt $f_k = 1/2\pi RC$ (zie ook de uitwerking van Opgave 5-15). Dan is het een kwestie van invullen en uitrekenen:

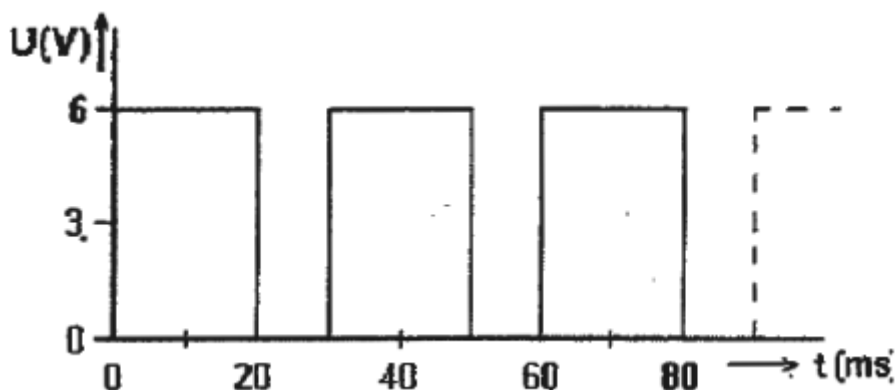
$$f_k = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1 \text{ Hz}}{2\pi \cdot 3 \cdot 10^4 \cdot 10^{-9}} = \frac{1 \text{ Hz}}{6\pi \cdot 10^{-5}} = \frac{10^5 \text{ Hz}}{6\pi} \approx 531 \text{ Hz}$$

531 Hz is, als we toleranties van onderdelen in aanmerking nemen, ongeveer gelijk aan 500 Hz. Het wordt dus antwoord D.

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

5.5.43 Uitwerking van Opgave 5-43

De gelijkspanningscomponent van dit signaal is



- A. 2 V
- B. 4 V
- C. 3 V
- D. 6 V

Uitwerking

Een andere manier om dezelfde vraag te stellen is “Hoeveel volt wijkt dit signaal af van een zuivere wisselspanning?” Zoals we weten is de gemiddelde waarde van een zuivere wisselspanning over één of meer volle perioden gelijk aan 0. Als we de gemiddelde waarde van het signaal in de figuur berekenen, hebben we het verschil te pakken.

Een volle periode duurt 30 ms. Daarvan is de spanning gedurende 20 ms gelijk aan 6 V en gedurende 10 ms gelijk aan 0 V. De vraag is, wat dan de gemiddelde spanning is. Dat is

$$\frac{20 * 6 \text{ V} + 10 * 0 \text{ V}}{20 + 10} = \frac{120 \text{ V}}{30} = 4 \text{ V}$$

Dat is antwoord B.

Opmerking

Op het eerste gezicht zullen velen onder ons antwoord C kiezen, omdat deze waarde halverwege de maximale en de minimale waarde ligt. Dat is alleen goed bij een symmetrische wisselspanning. Daarbij is de ene halve periode het spiegelbeeld van de andere. Dat is hier zichtbaar niet het geval.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

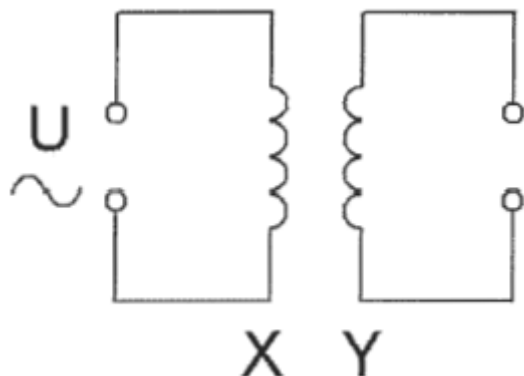




5.5.44 Uitwerking van Opgave 5-44

De spanning U heeft een frequentie van 1 MHz

Om spoel Y af te screenen van het magnetisch veld van spoel X, dient men:



- A. een ijzerkern aan te brengen in spoel X
- B. een ijzerkern aan te brengen in beide spoelen
- C. spoel X in een koperen bus te plaatsen**
- D. een koperkern aan te brengen in spoel Y

Uitwerking

Om een hoogfrequent magnetisch veld af te screenen, gebruikt men een afschermbus (let op de naam!) van geleidend materiaal als koper of aluminium. Het magnetisch veld veroorzaakt daarin wisselstroom die een tegengesteld magnetisch veld vormt en zo het oorspronkelijke veld tenietdoet. Daarmee is de onderlinge magnetische koppeling van de spoelen ook tenietgedaan. Antwoord C.

Opmerking

Bij een onveranderlijk magnetisch veld werkt dit middel niet (dan moet je μ -metaal gebruiken), maar zolang de spoelen ten opzichte van elkaar stilstaan, is er geen onderlinge beïnvloeding.



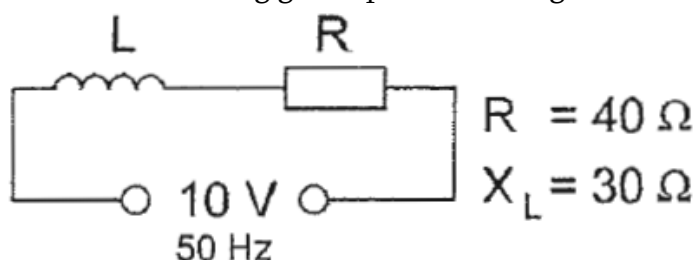
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.45 Uitwerking van Opgave 5-45

Het in de schakeling gedissipeerde vermogen is:



- A. 2,5 W
- B. 1,6 W**
- C. 1,2 W
- D. 1,4 W

Uitwerking

Dit is een serieschakeling van een spoel en een weerstand. Een ideale spoel dissipeert niets, een echte meestal een verwaarloosbaar klein beetje. Van dit laatste gaan we uit, bij gebrek aan meer informatie. De weerstand daarentegen dissipeert wel degelijk energie. De vraag komt dus neer op het vinden van de dissipatie door de weerstand.

De stroom loopt door beide elementen. Die hebben we nodig om de dissipatie te berekenen. De spanning en de impedantie Z bepalen de stroomsterkte. De spanning is 10 V bij 50 Hz, de impedantie rekenen we uit.

$$Z = \sqrt{X_L^2 + R^2} = 50 \Omega$$

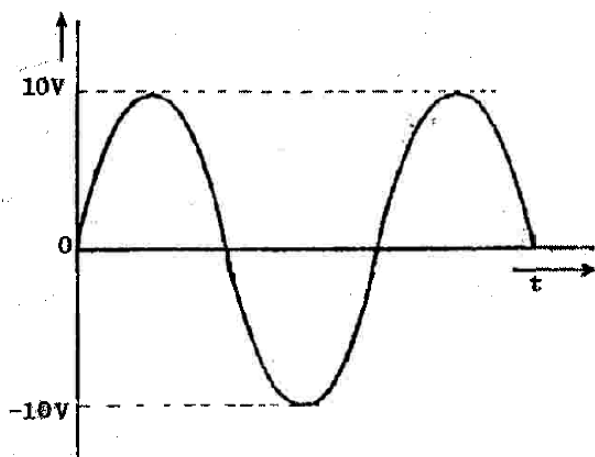
Inderdaad, het Pythagoras-rijtje 3, 4, 5. Dat gaat lekker snel. Dan is de stroom gelijk aan $10 \text{ V} / 50 \Omega$ is 0,2 A. Het gedissipeerde vermogen P vind je met $P = I^2 R$ is $0,2^2$ maal 40 W. Dat is $0,04 \cdot 40 \text{ W}$ is 1,6 W. Antwoord B wint deze keer.

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

5.5.46 Uitwerking van Opgave 5-46

Deze wisselspanning wordt aangesloten op een weerstand van 10 ohm.

Het opgenomen vermogen is:



- A. 10 W
- B. 5 W
- C. 7,07 W
- D. 100 W

Uitwerking

De eerste te beantwoorden vraag is, hoe groot de effectieve spanning is, want het gaat om vermogen. Die spanning is $10\text{ V}/\sqrt{2}$. Dat laten we even zo staan. Voor het vermogen P geldt $P=U^2/R$. Dan vinden we

$$P = \frac{10^2}{(\sqrt{2})^2 10} \text{ W} = \frac{100}{20} \text{ W} = 5 \text{ W}$$

En dat is dan antwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



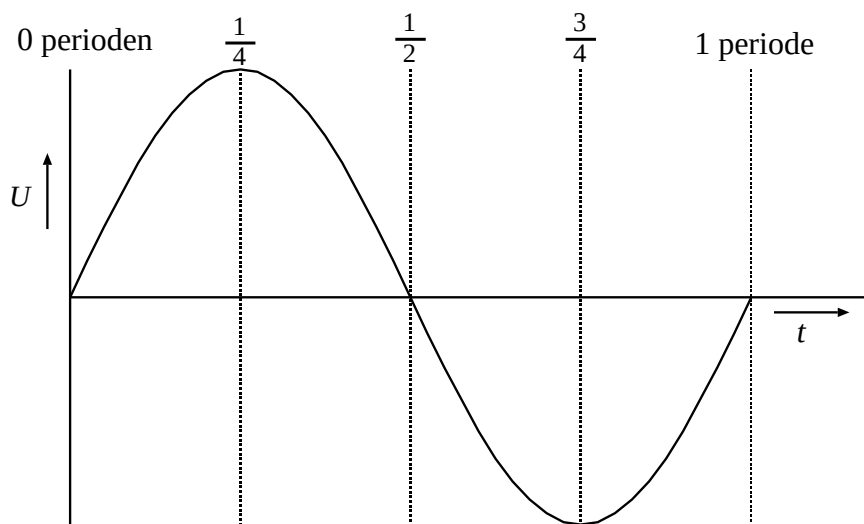
5.5.47 Uitwerking van Opgave 5-47

Een sinusvormige spanning van $100\text{ V}_{\text{eff}}$ heeft op $t=0$ een nuldoorgang van negatief naar positief. Een halve periode later is de momentele waarde:

- A. 0 V
- B. $+50\text{ V}$
- C. $-141,4\text{ V}$
- D. $+141,4\text{ V}$

Uitwerking

Als het over vormen van een wisselspanning en details daarvan gaat, is het altijd verstandig om er een tekening van te maken. Die zien we hieronder.



De tekening toont een volle sinusperiode met kwarten en halven. Die zijn gemarkeerd met een verticale stippellijn. We zien drie nuldoorgangen, de eerste bij $t=0$. Daar gaat de waarde van negatief (buiten beeld) naar positief (in beeld). Een halve periode later zien we weer een nuldoorgang, nu van positief naar negatief. De momentele waarde is daar dus weer 0 en dat betekent antwoord A.

Opmerking

Als je waar dan ook in een sinus een halve periode opschuift, vind je de waarde van je beginpunt weer terug, maar met tegengesteld teken. $+0,1$ wordt dus $-0,1$ en $-0,5$ wordt $+0,5$. Voor 0 maak dat niets uit, want $-0 = +0$.



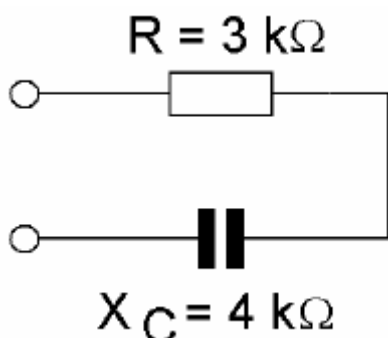
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.48 Uitwerking van Opgave 5-48

De impedantie tussen de aansluitpunten van de schakeling is:

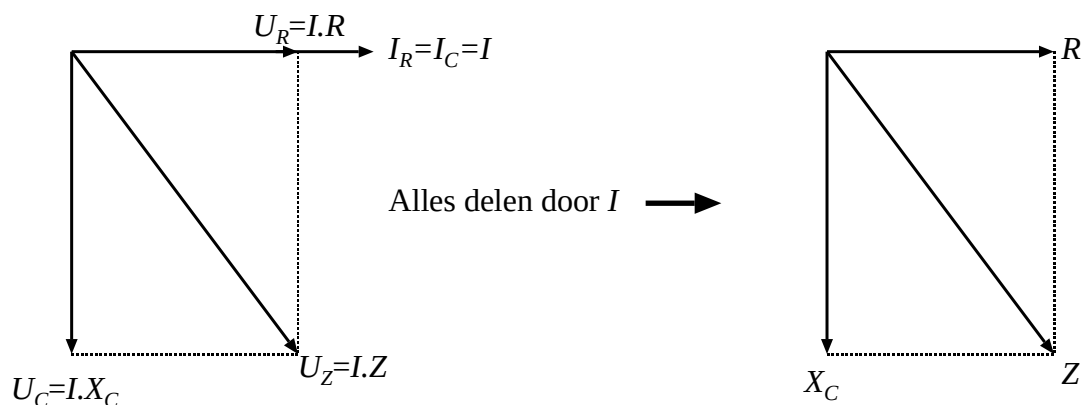


- A. 5 kΩ
- B. 1,71 kΩ
- C. 1 kΩ
- D. 7 kΩ

Uitwerking

Ook deze RC-combinatie los je het gemakkelijkst op met een vectordiagram. De stroom is gemeenschappelijk, want beide elementen staan in serie. De pijl voor R wijst naar rechts, die voor X_C naar beneden en de impedantie is natuurlijk de vectoroptelling van de serieschakeling. Toepassing van Pythagoras dus.

3 en 4? Begin van het rijtje van Pythagoras? Wel degelijk! Zonder te rekenen vinden we 5 kΩ voor de impedantie. Klaar, antwoord A. Voor wie het niet gelooft, is hieronder de tekening.



Het rechter diagram toont dat $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = 5\text{k}\Omega$, want $3^2 + 4^2 = 5^2$. Het Pythagoras-rijtje komt weer eens langs. Antwoord A.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.49 Uitwerking van Opgave 5-49

Door een lange spoel loopt een HF-wisselstroom. Een aluminium huls is in de lengterichting van een smalle luchtspleet voorzien en om de spoel geschoven en geaard. Dit wordt gedaan om:

- A. Het elektrisch en magnetisch veld af te schermen
- B. De magnetische veldlijnen te concentreren bij de luchtspleet
- C. Alleen het elektrisch veld af te schermen**
- D. De zelfinductie te vergroten

Uitwerking

Van een spoel waaromheen een gesloten en geaarde bus van geleidend materiaal wordt geschoven, zijn zowel elektrisch als magnetisch veld van de buitenwereld afgeschermd. Het elektrisch veld is afgeschermd, doordat de bus door de aarding een constante spanning heeft.

Het magnetisch veld is bij een geheel gesloten bus afgeschermd, doordat in de afschermbus een stroom loopt die tegengesteld is aan die in de spoel. Door de aanwezigheid van een luchtspleet wordt die stroom onderbroken. Dan is de magnetische afscherming niet meer werkzaam. De afscherming van het elektrisch veld verandert door de luchtspleet vrijwel niet, doordat de constante spanning van de afschermbus blijft.

Conclusie: antwoord C.

Opmerking 1

De breedte van de luchtspleet moet voor de elektrische afscherming veel kleiner zijn dan de diameter van de bus.

Opmerking 2

De magnetische afscherming werkt alleen als er een wisselstroom door de spoel loopt. Bij een gelijkstroom moet mu-metaal worden gebruikt, maar in de praktijk van de zendamateur komt dat praktisch niet voor.



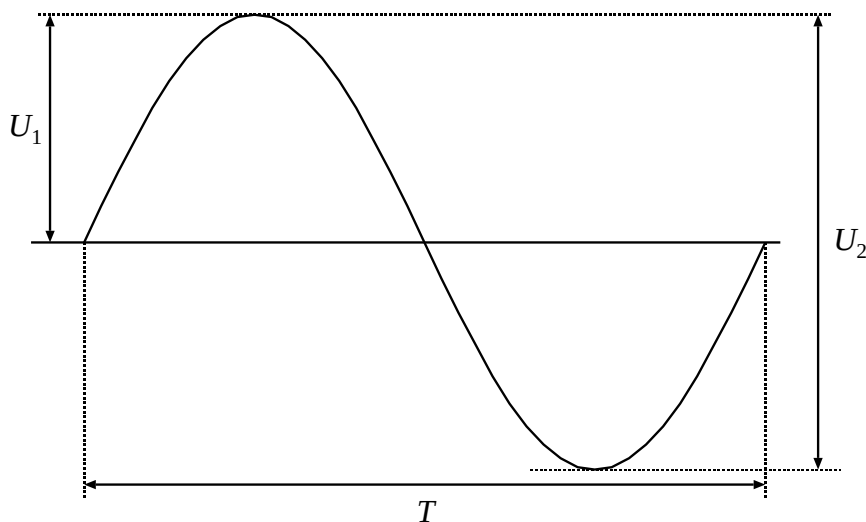
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



5.5.50 Uitwerking van Opgave 5-50

De amplitude van de wisselspanning is



- A. U_1
- B. U_2
- C. T
- D. $T/2$

Uitwerking

De amplitude is per definitie gelijk aan U_1 . Het juiste antwoord is daarom A. Andere benamingen zijn U_{top} (Engels: U_{peak}) of U_{max}

Opmerking

Ook de andere getoonde grootheden hebben een naam. U_2 gaat meestal door het leven als $U_{top-top}$ of in het Engels $U_{peak-peak}$ of U_{p-p} . T is de periodeduur en $T/2$ is vanzelfsprekend de *halve periodeduur* of de *duur van een halve periode*. De frequentie f is zoals bekend gelijk aan $1/T$.



Terug naar de opgave

Meer opgaven in deel B