

Formuleblad Wisselstromen

Algemeen

$$U_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{\text{max}} \quad (\text{bij harmonisch variërende spanning})$$

$$I_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_{\text{max}} \quad (\text{bij harmonisch variërende stroom})$$

$$P_{\text{gem}} = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \cos(\varphi)$$

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

$$Z_V = Z_1 + Z_2 + Z_3 \quad (\text{serieschakeling})$$

$$\frac{1}{Z_V} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} \quad \text{en} \quad Z_V = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad (\text{parallelschakeling})$$

Spoel

$$U = L \cdot \frac{dI}{dt}$$

$$Z = j\omega L$$

Condensator

$$I = C \cdot \frac{dU}{dt}$$

$$Z = \frac{1}{j\omega C}$$

Filters

$$H = \frac{U_{\text{UIT}}}{U_{\text{IN}}}$$

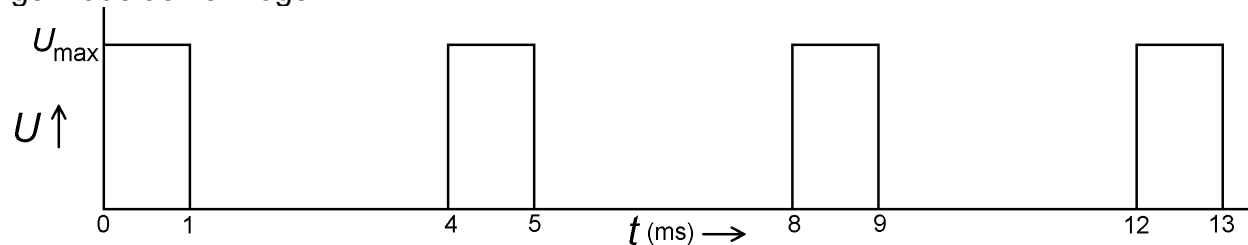
$$H = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} \quad (\text{bij een spanningsdeler als filter})$$

Naam: _____ Klas: _____

Repetitie Wisselstromen (versie A)

Opgave 1

Een weerstand R wordt aangesloten op een 'blokspanning'. In de onderstaande figuur is deze blokspanning als functie van de tijd weergegeven. In deze opgave is P_{\max} het maximale (momentane) vermogen dat aan de weerstand geleverd wordt en P_{gem} het gemiddelde vermogen.



Het gemiddelde vermogen is kleiner dan het maximale vermogen. Dit kan worden weergegeven als:

$$P_{\text{gem}} = \frac{P_{\max}}{a}.$$

Hierin is a een getal dat groter is dan 1.

a.

Hoe groot is de waarde van a ? Als je het antwoord hierop niet weet, kun je uitgaan van $a = 6$ bij het beantwoorden van de volgende vraag.

De effectieve spanning U_{eff} is kleiner dan de maximale spanning U_{\max} . Dit kan worden weergegeven als:

$$U_{\text{eff}} = \frac{U_{\max}}{b}.$$

Hierin is b een getal dat groter is dan 1.

b.

Hoe groot is de waarde van b ?

Opgave 2

Een spoel met een zelfinductie van 300 mH wordt op een harmonisch variërende spanning aangesloten. De maximale waarde hiervan is 4,0 V en de frequentie is 200 Hz.

a.

Bereken de maximale waarde van de stroom door de spoel.

b.

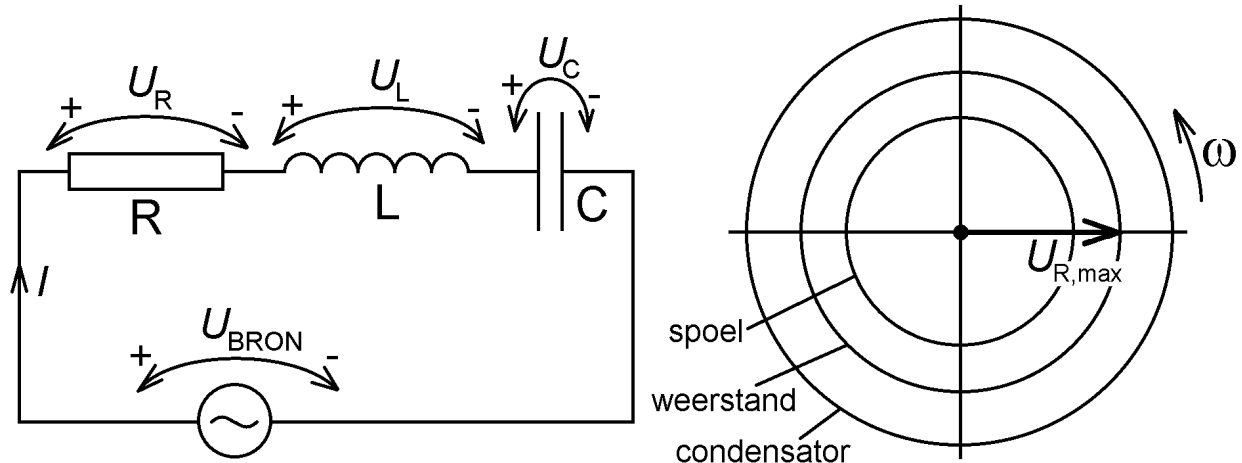
Bereken de effectieve spanning over de spoel.

c.

Hoe groot is het (gemiddelde) vermogen dat aan de spoel geleverd wordt?

Opgave 3

In de onderstaande linker figuur zijn weerstand R , spoel L en condensator C op een sinusvormige wisselspanning aangesloten. In de rechter figuur is de signaalvector van de spanning over de weerstand getekend en aangegeven met $U_{R,max}$. De drie cirkels (in volgorde van toenemende straal) horen bij de spanning over de spoel, de weerstand en de condensator.



a. Teken in de rechter figuur de signaalvectoren van de spanning over de condensator en over de spoel.

b. Teken in de rechter figuur de signaalvector van de bronspanning. Doe dat bij voorkeur met een andere kleur en geef deze aan met $U_{BRON,MAX}$.

c. Leid het verband af tussen de volgende grootheden.

$U_{BRON,MAX}$ = amplitude van de bronspanning;

I_{MAX} = amplitude van de stroom;

R = weerstand;

L = zelfinductie;

C = capaciteit;

ω = hoekfrequentie.

In het af te leiden verband mogen geen andere grootheden voorkomen.

Ter geruststelling: het verband hoeft niet 'gefatsoeneerd' te worden. Bijvoorbeeld mogen kwadraten van grootheden in het verband blijven staan en gemeenschappelijke factoren hoeven niet buiten haakjes gehaald te worden.

Opgave 4

Werk het product $(2 + 4 \cdot i) \cdot (1 + 3 \cdot i)$ zodanig uit dat je de vorm $a + b \cdot i$ krijgt.

Bereken de modulus en het argument van $3 + 2 \cdot i$.

Complex getal z_1 heeft modulus 10 en argument 60° .

Complex getal z_2 heeft modulus 2 en argument 20° .

Bereken de modulus en het argument van de breuk z_1 / z_2 . Schrijf deze breuk vervolgens in de vorm $a + b \cdot i$ waarbij a en b reële getallen zijn.

Opgave 5

In de figuur hiernaast zijn spoel L en condensator C in serie op een wisselspanningsbron aangesloten.

a.

Welke van de volgende beweringen is juist?

1)

De stroom door de spoel is in tegenfase met de stroom door de condensator.

2)

De spanning over de spoel is in tegenfase met de spanning over de condensator.

3)

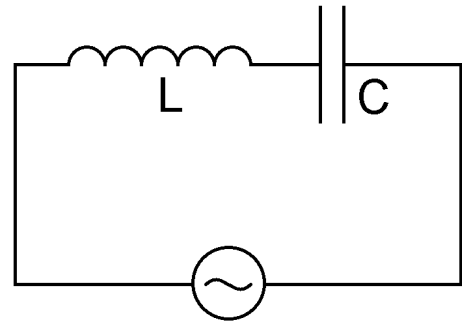
Zowel de eerste als de tweede bewering zijn juist.

4)

Zowel de eerste als de tweede bewering zijn niet juist.

b.

Stel een uitdrukking op voor de vervangingsimpedantie van de serieschakeling van de spoel en de condensator. Werk hierbij met *complexe* impedanties.



Bij een bepaalde frequentie is de vervangingsimpedantie van de serieschakeling van spoel en condensator nul. Jan beweert dat er dan geen stroom door de stroomkring kan lopen. Piet beweert dat de bron dan als het ware is kortgesloten.

c.

Wie heeft gelijk: Jan of Piet?

De frequentie waarbij de vervangingsimpedantie van de serieschakeling nul is, hangt af van L (= zelfinductie) en van C (= capaciteit).

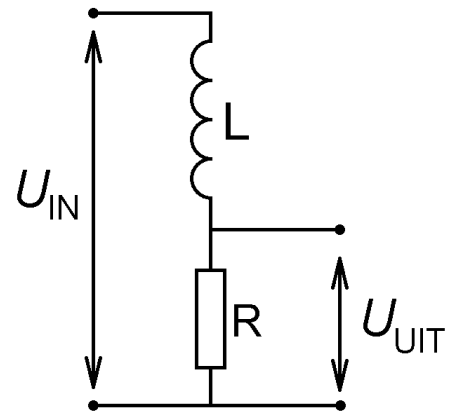
d.

Leid de formule af waarin deze frequentie wordt uitgedrukt in L en in C. Ga daarbij uit van je antwoord op vraag b.

Opgave 6

De figuur hiernaast toont een filter.

- a.
Leg uit of dit een laag- of een hoogdoorlaatfilter is.



- b.
Geef een uitdrukking voor de overdracht van het filter.

- c.
Hoe kunnen we deze formule bij lage frequenties in goede benadering vereenvoudigen?

- d.
Hoe kunnen we deze formule bij hoge frequenties in goede benadering vereenvoudigen?

- e.
Vul in:
Bij hoge frequenties loopt de uitgangsspanning _____ (getal invullen) graden _____ ('voor' of 'achter' invullen) op de ingangsspanning.

Opgave 7

Een serieschakeling van een spoel en een (ohmse) weerstand is aangesloten op een wisselspanningsbron. Deze levert een effectieve spanning van 4,0 V. De door de bron geleverde effectieve stroom bedraagt 0,42 A en loopt een veertiende periode achter op de bronspanning. Bereken het aan de schakeling geleverde netto vermogen.

Antwoorden op de opgaven (Versie A)

Opgave 1

a.

In een vierde deel van de tijd wordt er vermogen geleverd dus $a = 4$.

b.

Uit $P_{gem} = \frac{P_{max}}{a}$ volgt $\frac{U_{eff}^2}{R} = \frac{U_{max}^2}{a \cdot R}$ en dus $U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{a}}$. Dus geldt $b = 2$.

Opgave 2

a.

$$Z_L = \omega L = 2\pi \cdot 200 \cdot 300 \cdot 10^{-3} = 377 \Omega$$

$$I_{max} = \frac{U_{max}}{Z_L} = \frac{4,0 \text{ V}}{377 \Omega} = 10,6 \text{ mA}$$

b.

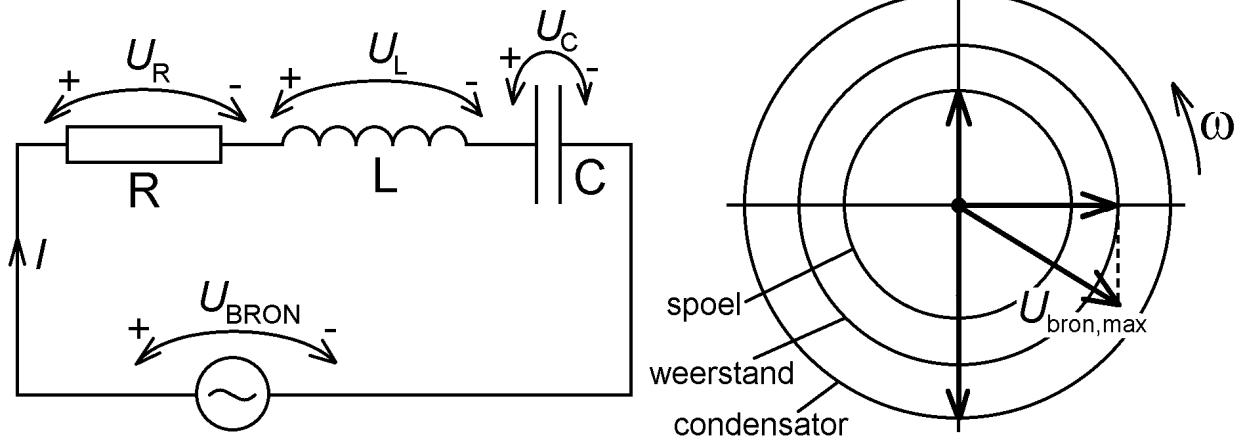
$$U_{eff} = \frac{4,0 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 2,8 \text{ V}$$

c.

0 W.

Opgave 3

a. en b.



c.

$$U_{bron,max}^2 = U_{R,max}^2 + (U_{C,max} - U_{L,max})^2$$

$$U_{bron,max}^2 = I_{max}^2 R^2 + \left(\frac{I_{max}}{\omega C} - I_{max} \omega L \right)^2$$

$$U_{bron,max}^2 = I_{max}^2 \left[R^2 + \left(\frac{1}{\omega C} - \omega L \right)^2 \right]$$

Opgave 4

$$(2 + 4 \cdot i)(1 + 3 \cdot i) = 2 - 12 + 6 \cdot i + 4 \cdot i = -10 + 10 \cdot i$$

$$|z| = \sqrt{3^2 + 2^2} = 3,6$$

$$\varphi = \arctan(2/3) = 33,7^\circ$$

$$|z_1 / z_2| = 10 / 2 = 5$$

$$\arg(z_1 / z_2) = 60^\circ - 20^\circ = 40^\circ$$

$$a = 5 \cdot \cos(40^\circ) = 3,8$$

$$b = 5 \cdot \sin(40^\circ) = 3,2$$

$$\text{Dus } z_1 / z_2 = 3,8 + 3,2 \cdot i$$

Opgave 5

a.

Bewering 2 is juist

b.

$$Z_{\text{serie}} = j\omega L + \frac{1}{j\omega C}$$

c.

Piet (de deelspanningen heffen elkaar op en is de totale spanning dus nul).

d.

$$0 = j\omega L + \frac{1}{j\omega C}$$

$$j\omega L = \frac{-1}{j\omega C}$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

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

Opgave 6

a.

Laagdoorlaatfilter

Bij lage frequenties is de spoel een kortsluiting.

b.

$$H = \frac{R}{R + j\omega L}$$

c.

$$H = 1$$

d.

$$H = \frac{R}{j\omega L} \text{ met als limiet } H = 0.$$

e.

90° achter

Opgave 7

$$\varphi = \frac{360^\circ}{14} = 25,7^\circ$$

$$P_{gem} = U_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \cos(\varphi) = 4,0 \text{ V} \cdot 0,42 \text{ A} \cdot \cos(25,7^\circ) = 1,5 \text{ W}$$