



## Wisselstroomtheorie wordt minder complex dankzij de complexe getallen.

- ⊙ Alain Risack
- ⊙ Les elektriciteit in KHBO
- ⊙ Toepassingsvoorbeelden van complexe getallen binnen de elektriciteit.
- ⊙ Complexe getallen laten ons toe om berekeningen met sinusvormige grootheden te vereenvoudigen.
  - Uitleg principe
  - Voorbeeld
    - Som van stromen
  - Impedantie
  - Impedantie van een serieschakeling + resonantie + voorbeeld
  - Admittantie van een parallelschakeling
  - Bepalen van de resonantiefrequentie van een gemengde kring + voorbeeld
  - Bepalen van stromen en spanningen in een gemengde kring + voorbeeld

Voorstellen van een sinusvormige grootheid in het complexe vlak.

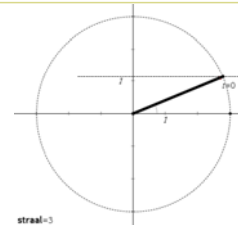


wt naar sin met beginhoek.tns

$$y = Y_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$\vec{y} = Y_m \cdot e^{i \cdot (\omega t + \varphi_0)}$$

$$\begin{aligned} \vec{y} &= Y_m \cdot \cos(\omega t + \varphi_0) + i \cdot Y_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) \\ &= \text{Re} \quad + i \cdot \quad \text{Im} \end{aligned}$$



"Probleem": i = stroomsterkte => j

khbo

Risack A

3

talent@work

Voorstellen van een sinusvormige grootheid in het complexe vlak.

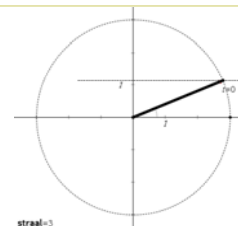


wt naar sin met beginhoek.tns

$$y = Y_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$\vec{y} = Y_m \cdot e^{j \cdot (\omega t + \varphi_0)}$$

$$\begin{aligned} \vec{y} &= Y_m \cdot \cos(\omega t + \varphi_0) + j \cdot Y_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) \\ &= \text{Re} \quad + j \cdot \quad \text{Im} \end{aligned}$$



$\omega t$  wijzigt in functie van t  $\Leftrightarrow$  symbolisch werken  
voldoende info op t=0  
symbolisch werken is niet nodig  
 $\Rightarrow$  Tijdsafhankelijk  $\Rightarrow$  op t=0 is  $\omega t=0$

khbo

Risack A

4

talent@work

Voorstellen van een sinusvormige grootheid in het complexe vlak.



wt naar sin met beginhoek.tns

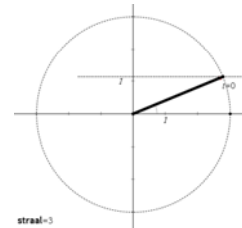
$$y = Y_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$\vec{y} = Y_m \cdot e^{j\varphi_0}$$

$$\vec{y} = Y_m \cdot \cos(\varphi_0) + j \cdot Y_m \cdot \sin(\varphi_0)$$

$$= \text{Re} + j \cdot \text{Im}$$

Eenheid van  $\varphi_0 = \text{rad} \Rightarrow \text{graden}$   
 Typen van exponenten  $\Rightarrow$  Amerikaanse notatie



straal=3

khbo

talent@work

Risack A

5

Voorstellen van een sinusvormige grootheid in het complexe vlak.



wt naar sin met beginhoek.tns

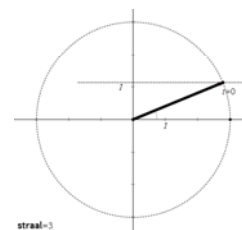
$$y = Y_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$\vec{y} = Y_m \cdot e^{j\varphi_0} \quad \varphi_0 \text{ moet in } \text{rad!}$$

$$\vec{y} = Y_m \cdot \cos(\varphi_0) + j \cdot Y_m \cdot \sin(\varphi_0)$$

$$\vec{y} = Y_m \angle \varphi_0 \quad \varphi_0 \text{ in } \text{graden of rad}$$

TI-Nspire geeft (als hij polair ingesteld is) antwoorden in de Amerikaanse notatie als hij in graden staat  
 de e-macht notatie als hij in rad staat



straal=3

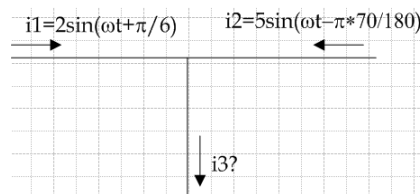
khbo

talent@work

Risack A

6

Voorbeeld: het optellen van stromen.



5 Instellingen & status

2 Instellingen

1 Algemeen

Hoek: Radialen

Reël of complex: Polair

OK

$$i_3 = i_1 + i_2$$

$$\bar{i}_1 = 2e^{j\frac{\pi}{6}} = 2\angle 30^\circ = 1,73 + j1$$

$$\bar{i}_2 = 5e^{j\frac{-70}{180}\pi} = 5\angle -70^\circ = 1,71 - j4,698$$

$$\begin{aligned} (2e^{j\frac{30}{180}\pi}) & \quad (5e^{j\frac{-70}{180}\pi}) \\ (2\angle \frac{30}{180}\pi) & \quad (5\angle \frac{-70}{180}\pi) \\ (2\angle 30^\circ) & \quad (5\angle -70^\circ) \end{aligned}$$

$$\bar{i}_3 = (2\angle \frac{30}{180}\pi) + (5\angle -70^\circ)$$

$$\bar{i}_3 = e^{-0,8213j} \cdot 5,052 = 5,052 \cdot e^{-0,8213j}$$

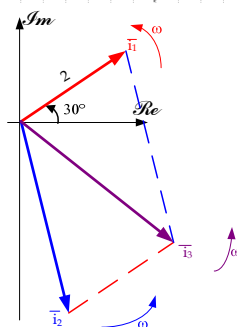
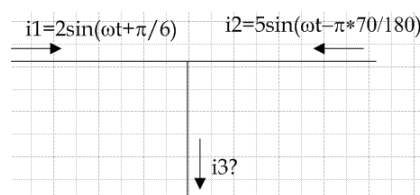


Risack A

7

talent@work

Voorbeeld: het optellen van stromen.



$$i_3 = i_1 + i_2$$

$$\bar{i}_1 = 2e^{j\frac{\pi}{6}} = 2\angle 30^\circ = 1,73 + j1$$

$$\bar{i}_2 = 5e^{j\frac{-70}{180}\pi} = 5\angle -70^\circ = 1,71 - j4,698$$

$$\begin{aligned} (2e^{j\frac{30}{180}\pi}) & \quad (5e^{j\frac{-70}{180}\pi}) \\ (2\angle \frac{30}{180}\pi) & \quad (5\angle \frac{-70}{180}\pi) \\ (2\angle 30^\circ) & \quad (5\angle -70^\circ) \end{aligned}$$

$$\bar{i}_3 = (2\angle \frac{30}{180}\pi) + (5\angle -70^\circ)$$

$$\bar{i}_3 = e^{-0,8213j} \cdot 5,052 = 5,052 \cdot e^{-0,8213j}$$

$$i_3 = 5,052 \cdot \sin(\omega t - 0,8213)$$

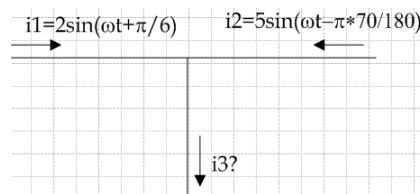


Risack A

8

talent@work

Voorbeeld: het optellen van stromen.



on

5 Instellingen & status

2 Instellingen

1 Algemeen

Hoek: Graden

Reëel of complex: Polair

OK

4 Huidig

$$i_3 = i_1 + i_2$$

$$\bar{i}_1 = 2e^{j\frac{\pi}{6}} = 2\angle 30^\circ = 1,73 + j1$$

$$\bar{i}_2 = 5e^{j\frac{-70}{180}\pi} = 5\angle -70^\circ = 1,71 - j4,698$$

$$\begin{aligned} (2e^{j\frac{30}{180}\pi}) & \quad (5e^{j\frac{-70}{180}\pi}) \\ (2\angle \frac{30}{180}\pi) & \quad (5\angle \frac{-70}{180}\pi) \\ (2\angle 30^\circ) & \quad (5\angle -70^\circ) \end{aligned}$$

$$\bar{i}_3 = (2\angle \frac{30}{180}\pi) + (5\angle -70^\circ)$$

$$\bar{i}_3 = 6,79\angle 7,56 \quad ???$$

$$i_3 = 5,052 \cdot \sin(\omega t - 0,8213)$$

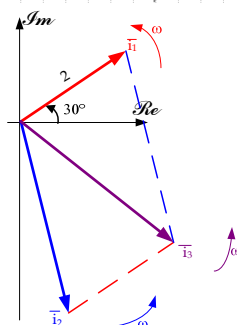
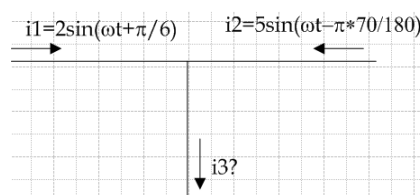
knbo

Risack A

9

talent@work

Voorbeeld: het optellen van stromen.



$$i_3 = i_1 + i_2$$

$$\bar{i}_1 = 2e^{j\frac{\pi}{6}} = 2\angle 30^\circ = 1,73 + j1$$

$$\bar{i}_2 = 5e^{j\frac{-70}{180}\pi} = 5\angle -70^\circ = 1,71 - j4,698$$

$$\begin{aligned} (2e^{j\frac{30}{180}\pi}) & \quad \text{"Fout Domeinfout"} \\ (2\angle (\frac{30}{180}\pi)^r) & \quad (5\angle (\frac{-70}{180}\pi)^r) \\ (2\angle 30) & \quad (5\angle -70) \end{aligned}$$

$$\bar{i}_3 = (2\angle (\frac{30}{180}\pi)^r) + (5\angle -70)$$

$$\bar{i}_3 = 5,052\angle -47,056$$

$$i_3 = 5,052 \cdot \sin(\omega t - 47,056^\circ)$$

knbo

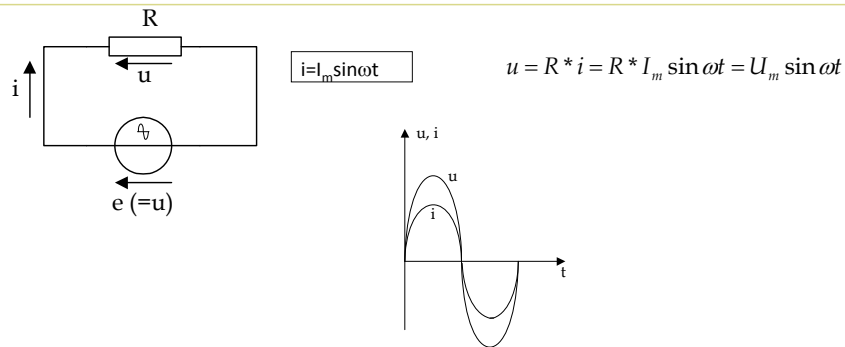
Risack A

10

talent@work

## De wet van Ohm

### De impedantie $Z$ = wisselstroomweerstand



khbo

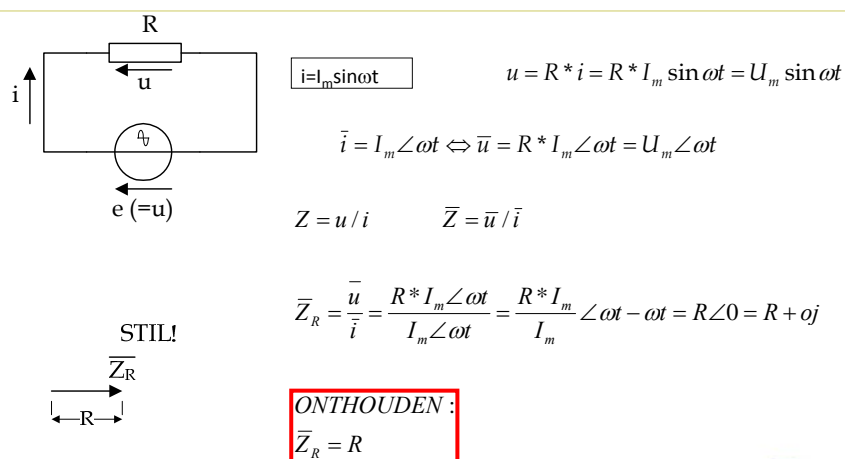
talent@work

Risack A

11

## De wet van Ohm

### De impedantie $Z$ = wisselstroomweerstand



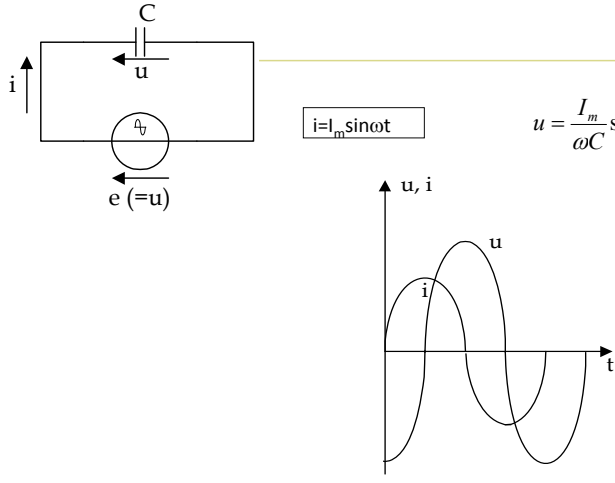
khbo

talent@work

Risack A

12

De wet van Ohm  
De impedantie  $Z$  = wisselstroomweerstand



$i = I_m \sin \omega t$        $u = \frac{I_m}{\omega C} \sin(\omega t - \pi/2)$

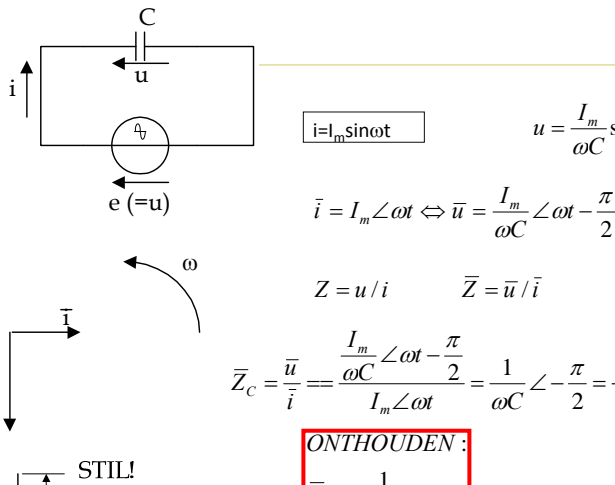
$u, i$

$t$

khbo  
talent@work

Risack A      13

De wet van Ohm  
De impedantie  $Z$  = wisselstroomweerstand



$i = I_m \sin \omega t$        $u = \frac{I_m}{\omega C} \sin(\omega t - \pi/2)$

$\vec{i} = I_m \angle \omega t \Leftrightarrow \vec{u} = \frac{I_m}{\omega C} \angle \omega t - \frac{\pi}{2}$

$Z = u / i$        $\bar{Z} = \bar{u} / \bar{i}$

$\bar{Z}_C = \frac{\bar{u}}{\bar{i}} = \frac{\frac{I_m}{\omega C} \angle \omega t - \frac{\pi}{2}}{I_m \angle \omega t} = \frac{1}{\omega C} \angle -\frac{\pi}{2} = -\frac{1}{\omega C} j = -\frac{1}{\omega C} j^* j = \frac{1}{j \omega C}$

ONTHOUDEN :  
 $\bar{Z}_C = \frac{1}{j \omega C}$

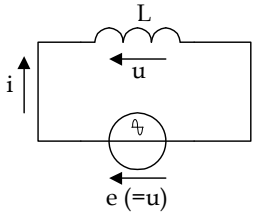
STIL!

$1/\omega C$

khbo  
talent@work

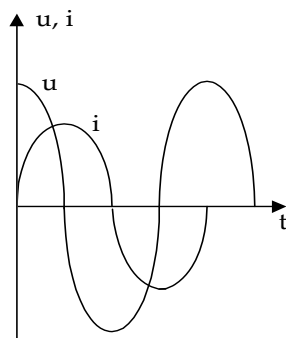
Risack A      14

De wet van Ohm  
De impedantie  $Z$  = wisselstroomweerstand



$i = I_m \sin \omega t$

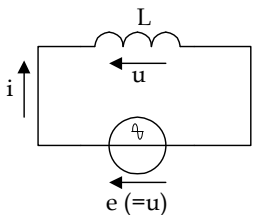
$u = \omega L * I_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$



khbo  
talent@work

Risack A 15

De wet van Ohm  
De impedantie  $Z$  = wisselstroomweerstand



$i = I_m \sin \omega t$

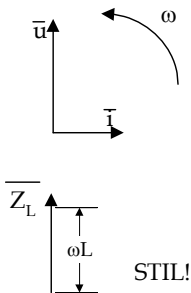
$u = \omega L * I_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$

$\vec{i} = I_m \angle \omega t \Leftrightarrow \vec{u} = \omega L * I_m \angle \omega t + \frac{\pi}{2}$

$Z = u / i \quad \vec{Z} = \vec{u} / \vec{i}$

$\vec{Z}_L = \frac{\vec{u}}{\vec{i}} = \frac{\omega L * I_m \angle \omega t + \frac{\pi}{2}}{I_m \angle \omega t} = \omega L \angle + \frac{\pi}{2} = j \omega L$

ONTHOUDEN :  
 $\vec{Z}_L = j \omega L$



khbo  
talent@work

Risack A 16



De wet van Ohm  
De impedantie  $Z$  = wisselstroomweerstand

ONTHOUDEN!	
Element	Impedantie
Weerstand	$\bar{Z}_R = R$
Condensator	$\bar{Z}_C = \frac{1}{j\omega C}$
Spoel	$\bar{Z}_L = j\omega L$
$\bar{u} = \bar{Z} * \bar{i}$	



Serieschakelingen

Gelijkstroomtheorie:

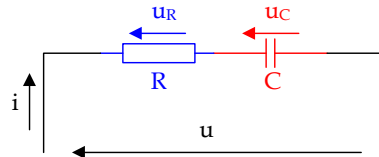
$$R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Wisselstroomtheorie:

$$\bar{Z}_T = \bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \dots + \bar{Z}_n$$



## Serieschakeling van een R en een C



$$\vec{i} = I_m \angle \omega t$$

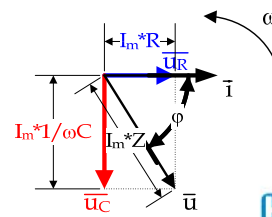
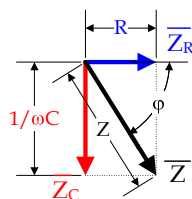
$$\vec{u}_R = R * I_m \angle \omega t$$

$$\vec{u}_C = \frac{1}{j\omega C} * I_m \angle \omega t$$

$$\vec{u} = \vec{u}_R + \vec{u}_C = R * I_m \angle \omega t + \frac{1}{j\omega C} * I_m \angle \omega t$$

$$= (R + \frac{1}{j\omega C}) * I_m \angle \omega t = (R + \frac{1}{j\omega C}) * \vec{i}$$

$$\vec{Z} = R + \frac{1}{j\omega C} = \vec{Z} \angle \varphi \quad \text{met } \varphi < 0$$



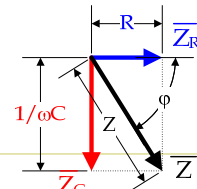
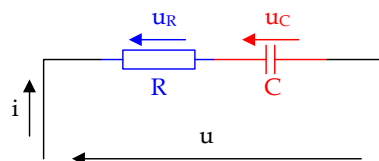
khbo

Risack A

19

talent@work

## Serieschakeling van een R en een C



Voorbeeld:  
 $R=1000\Omega$ ;  $C=4700\text{nF}$ ;  $f=50\text{Hz}$ .  
 Bepaal  $Z_t$

Wat gebeurt er als de frequentie stijgt of daalt?

$r=1000$ $c=4.7\text{E-}6$ $f=50$ $z_c = \frac{1}{2\pi f c i}$ $z_t = r + z_c$ $z_t = r + z_c$	$1000$ $0.000005$ $50$ $-677.255 i$ $1000 - 677.255 i$ $e^{0.595297 i} \cdot 1207.76$ $7/99$	$c=4.7\text{E-}6$ $f=50$ $z_c = \frac{1}{2\pi f c i}$ $z_t = r + z_c$ $z_t = r + z_c$ $z_t = r + z_c$	$0.000005$ $50$ $-677.255 i$ $1000 - 677.255 i$ $e^{0.595297 i} \cdot 1207.76$ $(1207.76 \angle -34.108)$ $7/99$	$r=100$ $c=4.7\text{E-}6$ $f=50$ $z_c = \frac{1}{2\pi f c i}$ $z_t = r + z_c$ $z_t = r + z_c$	$100$ $0.000005$ $50$ $-677.255 i$ $100 - 677.255 i$ $e^{0.595297 i} \cdot 1207.76$ $(1207.76 \angle -34.108)$ $12/99$
---	--	--	--	--	---

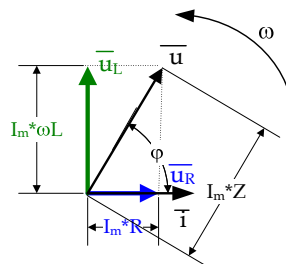
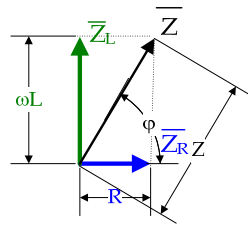
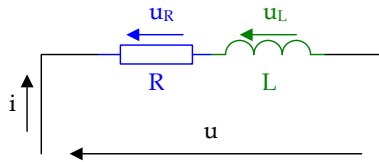
khbo

Risack A

20

talent@work

## Serieschakeling van een R en een L



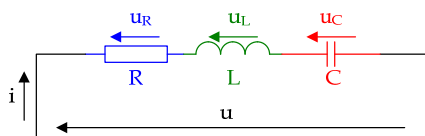
khbo

talent@work

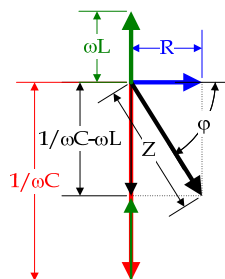
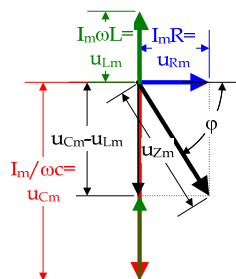
Risack A

21

## Serieschakeling van een R, een C en een L



Wat gebeurt er als de f stijgt of daalt?



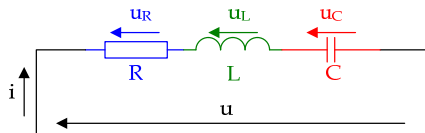
khbo

talent@work

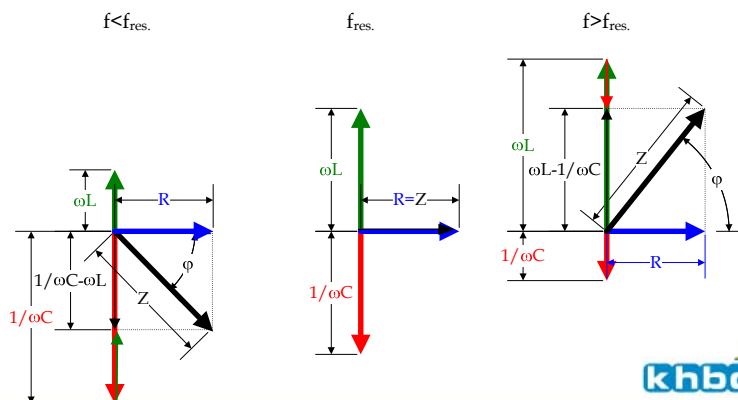
Risack A

22

## Serieschakeling van een R, een C en een L



Voorbeeld:

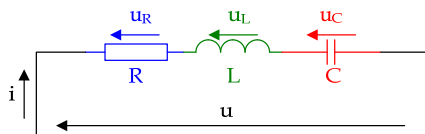
 $R=1000\Omega$ ;  $C=4700\text{nF}$ ;  $L=0,2\text{H}$ Tekens  $Z_t(f)$  (tussen 0 en 3000Hz)?

Risack A

23

khbo  
talent@work

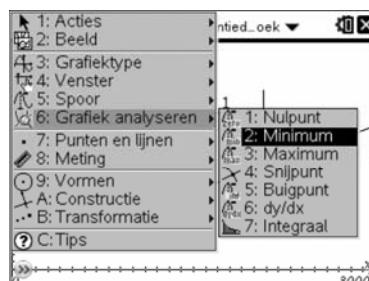
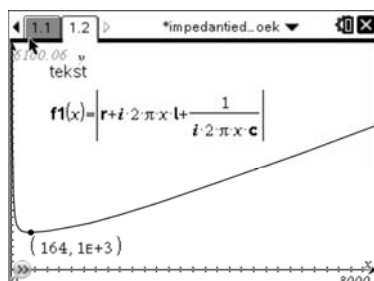
## Serieschakeling van een R, een C en een L



Voorbeeld:

 $R=1000\Omega$ ;  $C=4700\text{nF}$ ;  $L=0,2\text{H}$ Tekens  $Z_t(f)$  (tussen 0 en 3000Hz)?Zoek bij welke f  $Z_t$  minimaal is?

Betekenis?



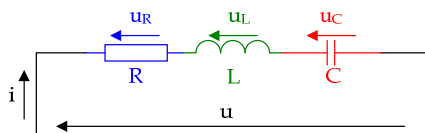
Merk op: hetzelfde kan met de fase, spanningen,...

Risack A

24

khbo  
talent@work

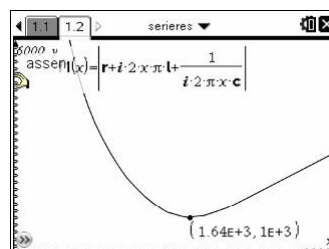
## Serieschakeling van een R, een C en een L



Voorbeeld:

 $R=1000\Omega$ ;  $L=0,2H$ Wijzig  $C=4700nF$  in  $47nF$ 

$r=1000$	1000
$c=4.7E-6$	0.000005
$l=0.2$	0.2
$c=4.7E-8$	4.7E-8



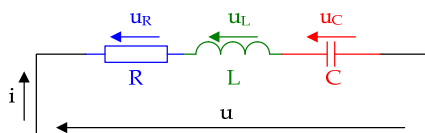
khbo

talent@work

Risack A

25

## Serieschakeling van een R, een C en een L



Voorbeeld:

 $R=1000\Omega$ ;  $L=0,2H$ Wijzig  $C=4700nF$  in  $47nF$ 

Bepaal de resonantiefrequentie op een andere manier.

$$res \Leftrightarrow \varphi = 0 \Leftrightarrow \text{Im}(\bar{Z}_t) = 0$$

$r=1000$	1000
$c=4.7E-6$	0.000005
$l=0.2$	0.2
$c=4.7E-8$	4.7E-8
solve(imag(r+i*2*x*pi/l+1/(i*2*pi*x*c))=0,x)	
$x=-1641.56$ or $x=1641.56$	

Het domein van het resultaat is mogelijk groter d...

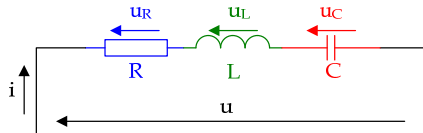
khbo

talent@work

Risack A

26

## Serieschakeling van een R, een C en een L

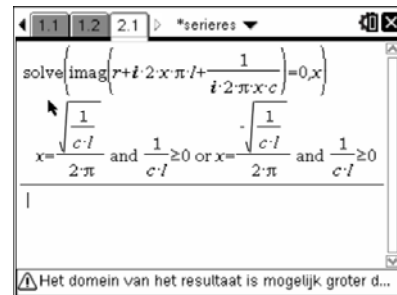


Voorbeeld:  
Symbolische bepaling  
van de resonantiefrequentie

Nieuwe opgave: ; 4; 1; 1

zodat er geen variabelen vastliggen

Tip: kopieer de formule in de vorige opgave.



Risack A

27

talent@work

## Parallelschakeling

Gelijkstroomtheorie:

$$R_T^{-1} = R_1^{-1} + R_2^{-1} + \dots + R_n^{-1} \Leftrightarrow G_T = G_1 + G_2 + \dots + G_n$$

Wisselstroomtheorie:

$$\bar{Z}_T^{-1} = \bar{Z}_1^{-1} + \bar{Z}_2^{-1} + \dots + \bar{Z}_n^{-1} \Leftrightarrow \bar{Y}_T = \bar{Y}_1 + \bar{Y}_2 + \dots + \bar{Y}_n$$

Y= admittantie

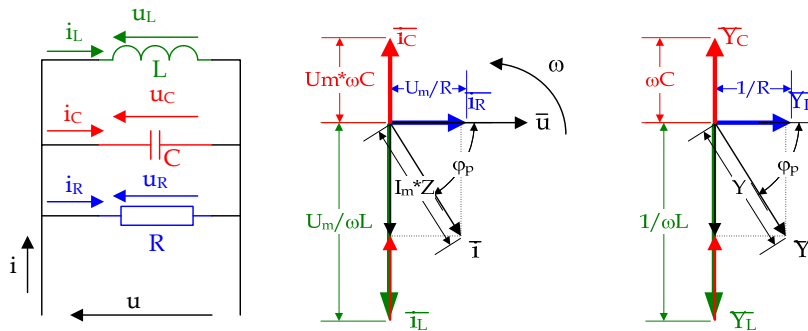


Risack A

28

talent@work

## Parallelschakeling van een R, een C en een L



Men kan dezelfde berekeningen en grafieken maken als bij de serieschakeling (zie tekst)

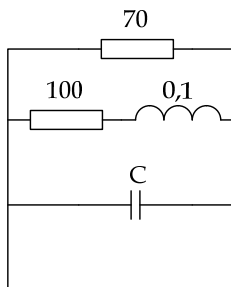


Risack A

29

talent@work

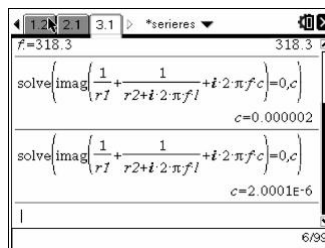
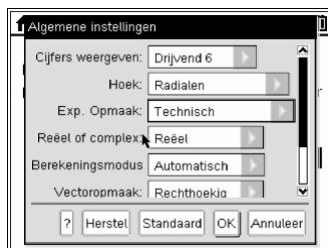
## Gemengde kringen. Voorbeeld 1



Bij welke waarde van C zal de kring in resonantie zijn bij een frequentie van 318,3Hz?

$$\text{solve}(\text{imag}((1/r1) + (1/(r2 + i \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot l)) + i \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot c) = 0, c)$$

5; 2; 1; exp. Opmaak plaatsen in technisch; ok; 4.

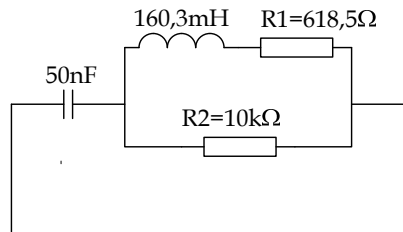


Risack A

30

talent@work

## Gemengde kringen. Voorbeeld 2



Stel een formule op om de resonantiefrequentie te bepalen.

$$\text{solve}\left(\text{imag}\left(\frac{1}{i2\pi f c} + \left(\frac{1}{i2\pi f l + R1} + \frac{1}{R2}\right)^{-1}\right)^{-1}\right) = 0, f$$

$$\text{solve}\left(\text{imag}\left(\frac{1}{i2\pi f c} + \left(\frac{1}{i2\pi f l + R1} + \frac{1}{R2}\right)^{-1}\right)^{-1}\right) = 0, f$$

```

2.1 3.1 4.1 > *serieses
e\imag\left(\frac{1}{i\cdot2\cdot\pi\cdot f\cdot c} + \left(\frac{1}{i\cdot2\cdot\pi\cdot f\cdot l + r1} + \frac{1}{r2}\right)^{-1}\right)^{-1}=0,f
\frac{1}{c\cdot r2^2 - l\cdot l} \cdot (r1 + r2)
\frac{r1^2}{2\cdot\pi} \geq 0 \text{ or } f = \frac{\sqrt{c\cdot r2^2 - l\cdot l}}{2\cdot\pi} \text{ and } \frac{r1^2}{2\cdot\pi}

```

```

2.1 3.1 4.1 > *serieses
e\imag\left(\frac{1}{i\cdot2\cdot\pi\cdot f\cdot c} + \left(\frac{1}{i\cdot2\cdot\pi\cdot f\cdot l + r1} + \frac{1}{r2}\right)^{-1}\right)^{-1}=0,f
\frac{1}{c\cdot r2^2 - l\cdot l} \cdot (r1 + r2)
\frac{r1^2 + 2\cdot r1\cdot r2 + r2^2}{(c\cdot r2^2 - l\cdot l)\cdot l} \geq 0

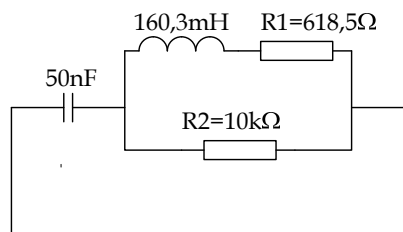
```

Risack A

31

khbo  
talent@work

## Gemengde kringen. Voorbeeld 2



Stel een formule op om de resonantiefrequentie te bepalen.

Bereken de resonantiefrequentie?

```

2.1 3.1 4.1 > *serieses
4\pi
c:=5.E-8 50.E-9
l:=0.1603 160.3E-3
r1:=618.5 618.5E0
r2:=10000. 10.E3
e\imag\left(\frac{1}{i\cdot2\cdot\pi\cdot f\cdot c} + \left(\frac{1}{i\cdot2\cdot\pi\cdot f\cdot l + r1} + \frac{1}{r2}\right)^{-1}\right)^{-1}=0,f

```

```

2.1 3.1 4.1 > *serieses
l:=0.1603 160.3E-3
r1:=618.5 618.5E0
r2:=10000. 10.E3
solve\imag\left(\frac{1}{i\cdot2\cdot\pi\cdot f\cdot c} + \left(\frac{1}{i\cdot2\cdot\pi\cdot f\cdot l + r1} + \frac{1}{r2}\right)^{-1}\right)^{-1}=0,f
f=-1.9187E3 or f=1.9187E3

```

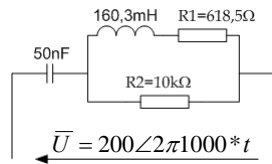
Risack A

32

khbo  
talent@work



## Gemengde kringen. Voorbeeld 3



Bereken de stromen en spanningen.

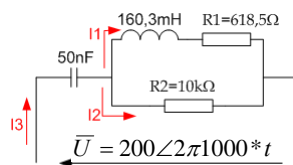


Risack A

33

talent@work

## Gemengde kringen. Voorbeeld 3



Bereken de stromen en spanningen.

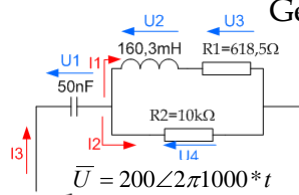


Risack A

34

talent@work

## Gemengde kringen. Voorbeeld 3



Bereken de stromen en spanningen.

$$\bar{I}_3 = \frac{\bar{U}}{\bar{Z}_t}$$

2.1	3.1	4.1	*series
$z_t = \frac{1}{i \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot c} + \left( \frac{1}{i \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot l + r1} + \frac{1}{r2} \right)^{-1}$			
666.448E0-2.29779E3·i			
$u := (200 \angle 0)$			
200			
$i3 := \frac{u}{z_t}$			
23.2862E-3+80.2864E-3·i			

Algemene instellingen

Cijfers weergeven: Drijvend 6

Hoek: Graden

Exp. Opmaak: Technisch

Reëel of complex: Polair

Berekeningsmodus: Automatisch

Vectoropmaak: Rechthoekig

? Herstel Standaard OK Annuleer

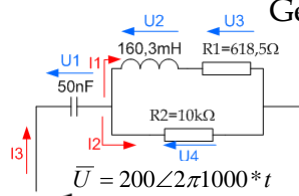


Risack A

35

talent@work

## Gemengde kringen. Voorbeeld 3



Bereken de stromen en spanningen.

$$\bar{I}_3 = \frac{\bar{U}}{\bar{Z}_t}$$

$$\bar{U}_1 = \bar{I}_3 \cdot \frac{1}{j2\pi f \cdot C}$$

2.1	3.1	4.1	*series
$i \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot c \setminus (i \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot l + r1 \parallel r2)$			
666.448E0-2.29779E3·i			
$u := (200 \angle 0)$			
200			
$i3 := \frac{u}{z_t}$			
23.2862E-3+80.2864E-3·i			
$i3 := \frac{u}{z_t}$			
(83.5952E-3 ∠ 73.8258E0)			

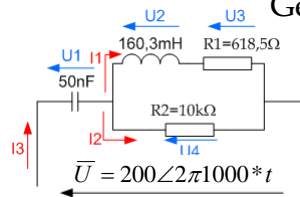


Risack A

36

talent@work

## Gemengde kringen. Voorbeeld 3



Bereken de stromen en spanningen.

$$\bar{I}_3 = \frac{\bar{U}}{\bar{Z}_t} \quad \bar{U}_1 = \bar{I}_3 \cdot \frac{1}{j2\pi f \cdot C}$$

$$\bar{U}_4 = \bar{U} - \bar{U}_1$$

2.1	3.1	4.1	*serieses
$i3 = \frac{u}{zt}$			23.2862E-3 + 80.2864E-3 i
$i3 = \frac{u}{zt}$			(83.5952E-3 ∠ 73.8258E0)
$u1 = i3 \cdot \frac{1}{j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot c}$			(266.092E0 ∠ -16.1742E0)
			13/99

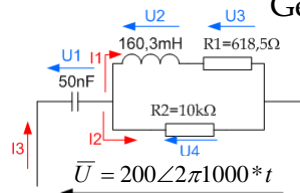


talent@work

Risack A

37

## Gemengde kringen. Voorbeeld 3



Bereken de stromen en spanningen.

$$\bar{I}_3 = \frac{\bar{U}}{\bar{Z}_t} \quad \bar{U}_1 = \bar{I}_3 \cdot \frac{1}{j2\pi f \cdot C}$$

$$\bar{U}_4 = \bar{U} - \bar{U}_1 \quad \bar{I}_2 = \frac{\bar{U}_4}{R2}$$

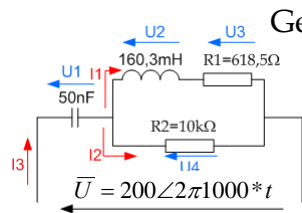
2.1	3.1	4.1	*serieses
$i3 = \frac{u}{zt}$			(83.5952E-3 ∠ 73.8258E0)
$u1 = i3 \cdot \frac{1}{j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot c}$			(266.092E0 ∠ -16.1742E0)
$u4 = u - u1$			(92.6336E0 ∠ 126.854E0)
			14/99



talent@work

Risack A

38



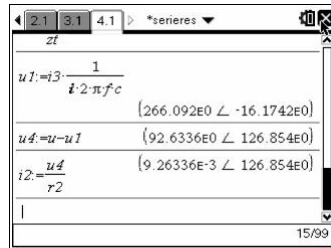
### Gemengde kringen. Voorbeeld 3

**Bereken de stromen en spanningen.**

$$\bar{I}_3 = \frac{\bar{U}}{\bar{Z}_t} \quad \bar{U}_1 = \bar{I}_3 \cdot \frac{1}{j2\pi f * C}$$

$$\bar{U}_4 = \bar{U} - \bar{U}_1 \quad \bar{I}_2 = \frac{\bar{U}_4}{R2}$$

$$\bar{I}_1 = \frac{\bar{U}_4}{j2\pi f.L + R1}$$

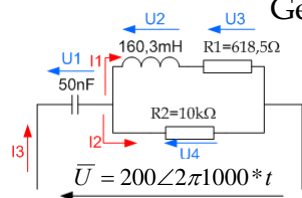


## Risack A

39



talent@work



### Gemengde kringen. Voorbeeld 3

**Bereken de stromen en spanningen.**

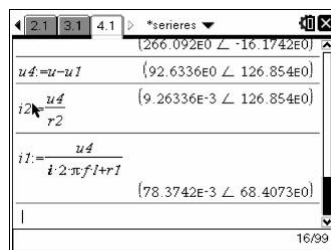
$$\bar{I}_3 = \frac{\bar{U}}{\bar{Z}_l} \quad \bar{U}_1 = \bar{I}_3 \cdot \frac{1}{j2\pi f^* C}$$

$$\overline{U}_4 = \overline{U} - \overline{U}_1 \quad \overline{I}_2 = \frac{\overline{U}_4}{R2}$$

$$\bar{I}_1 = \frac{\bar{U}_4}{j2\pi f.L + R1}$$

**Controle:**

$$\bar{I}_3 = \bar{I}_1 + \bar{I}_2$$



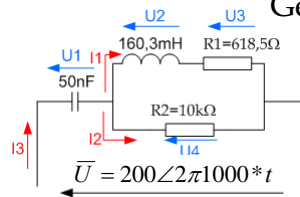
## Risack A

40



talent@work

## Gemengde kringen. Voorbeeld 3



u4:=u-u1	(92.6336E0 ∠ 126.854E0)
i2:= $\frac{u4}{r2}$	(9.26336E-3 ∠ 126.854E0)
i1:= $\frac{u4}{i \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot l + r1}$	(78.3742E-3 ∠ 68.4073E0)
i1+i2	(83.5952E-3 ∠ 73.8258E0)

Bereken de stromen en spanningen.

$$\bar{I}_3 = \frac{\bar{U}}{\bar{Z}_t} \quad \bar{U}_1 = \bar{I}_3 \cdot \frac{1}{j2\pi f \cdot C}$$

$$\bar{U}_4 = \bar{U} - \bar{U}_1 \quad \bar{I}_2 = \frac{\bar{U}_4}{R2}$$

$$\bar{I}_1 = \frac{\bar{U}_4}{j2\pi f \cdot L + R1}$$

Controle:

$$\bar{I}_3 = \bar{I}_1 + \bar{I}_2$$

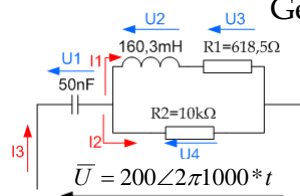


Risack A

41

talent@work

## Gemengde kringen. Voorbeeld 3



u4:=u-u1	(92.6336E0 ∠ 126.854E0)
i2:= $\frac{u4}{r2}$	(9.26336E-3 ∠ 126.854E0)
i1:= $\frac{u4}{i \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot l + r1}$	(78.3742E-3 ∠ 68.4073E0)
i1+i2	(83.5952E-3 ∠ 73.8258E0)

Bereken de stromen en spanningen.

$$\bar{I}_3 = \frac{\bar{U}}{\bar{Z}_t} \quad \bar{U}_1 = \bar{I}_3 \cdot \frac{1}{j2\pi f \cdot C}$$

$$\bar{U}_4 = \bar{U} - \bar{U}_1 \quad \bar{I}_2 = \frac{\bar{U}_4}{R2}$$

$$\bar{I}_1 = \frac{\bar{U}_4}{j2\pi f \cdot L + R1}$$

$$\bar{U}_2 = \bar{I}_1 \cdot j2\pi f \cdot L \quad \bar{U}_3 = \bar{I}_1 \cdot R1$$

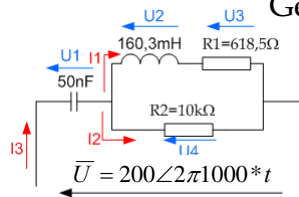


Risack A

42

talent@work

## Gemengde kringen. Voorbeeld 3



i1:	$i \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + r1$	(78.3742E-3 ∠ 68.4073E0)
i1+i2		(83.5952E-3 ∠ 73.8258E0)
u2:=i1+i2·2·π·f·t		(78.9381E0 ∠ 158.407E0)
u3:=i1·r1		(48.4744E0 ∠ 68.4073E0)

Bereken de stromen en spanningen.

$$\bar{I}_3 = \frac{\bar{U}}{\bar{Z}_t} \quad \bar{U}_1 = \bar{I}_3 \cdot \frac{1}{j2\pi f \cdot C}$$

$$\bar{U}_4 = \bar{U} - \bar{U}_1 \quad \bar{I}_2 = \frac{\bar{U}_4}{R2}$$

$$\bar{I}_1 = \frac{\bar{U}_4}{j2\pi f \cdot L + R1}$$

$$\bar{U}_2 = \bar{I}_1 \cdot j2\pi f \cdot L \quad \bar{U}_3 = \bar{I}_1 \cdot R1$$

Controle:

$$\bar{U}_4 = \bar{U}_2 + \bar{U}_3$$

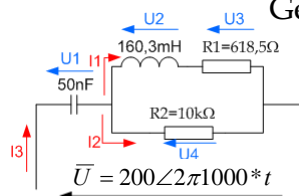


talent@work

Risack A

43

## Gemengde kringen. Voorbeeld 3



i1:	$i \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + r1$	(78.3742E-3 ∠ 68.4073E0)
i1+i2		(83.5952E-3 ∠ 73.8258E0)
u2:=i1+i2·2·π·f·t		(78.9381E0 ∠ 158.407E0)
u3:=i1·r1		(48.4744E0 ∠ 68.4073E0)
u2+u3		(92.6336E0 ∠ 126.854E0)

Bereken de stromen en spanningen.

$$\bar{I}_3 = \frac{\bar{U}}{\bar{Z}_t} \quad \bar{U}_1 = \bar{I}_3 \cdot \frac{1}{j2\pi f \cdot C}$$

$$\bar{U}_4 = \bar{U} - \bar{U}_1 \quad \bar{I}_2 = \frac{\bar{U}_4}{R2}$$

$$\bar{I}_1 = \frac{\bar{U}_4}{j2\pi f \cdot L + R1}$$

$$\bar{U}_2 = \bar{I}_1 \cdot j2\pi f \cdot L \quad \bar{U}_3 = \bar{I}_1 \cdot R1$$

Controle:

$$\bar{U}_4 = \bar{U}_2 + \bar{U}_3$$



talent@work

Risack A

44