

RL - led 1

Indholdsfortegnelse

- 1.0 RL - serieled, side 2
- 1.1 Fasedrejning, side 5
- 1.2 Eksempel 1 og 2, side 6
- 1.3 Facitliste til eksempel 1 og 2, side 7

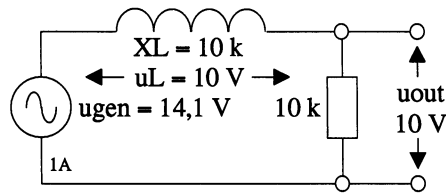
- 2.0 RL - led, side 8
- 2.1 Eksempel 3, side 9
- 2.2 Facitliste til eksempel 3, side 10

- 3.0 Lavpasled, side 12
- 3.1 Facitliste til lavpasled, side 14

- 4.0 Opgaver, side 15

- 5.0 Facitliste til opgaver, side 17

1.0 RL - serieled



Tegningen viser et RL- serieled. U_R er målt til 10 V, u_L er målt til 10 V, og generatorspændingen er målt til 14,1 V.

Den samlede vekselstrømsmodstand i leddet kaldes en impedans og benævnes med Z .

Impedansen består af en reaktans X_L og modstand R .

Når impedansen skal findes, kan R og X_L ikke lægges sammen.

I en serieforbindelse af en spole og en modstand, er det nødvendigt at tage hensyn til, at der er en fasedrejning på mellem strøm og spænding i spolen.

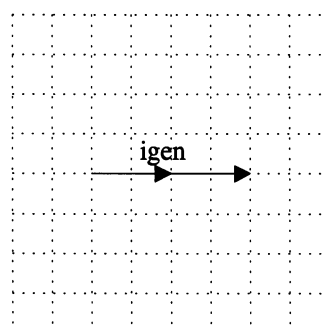
Derfor skal der bruges et vektordiagram.

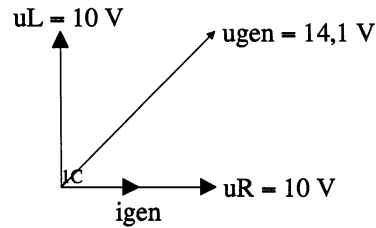
På vektordiagrammet skal du vise, hvordan u_R , u_L og u_{gen} skal placeres, når strømmen i generatoren ligger som vist på tegningen herunder.

Hvor stor er u_R , og hvor ligger den?

Hvor stor er u_L , og hvor ligger den?

Hvor stor er u_{gen} , og hvor ligger den?





I en spole er spændingen 90° før strømmen. Da det er et serieled er det strømmen der er fælles for de to komponenter. Derfor tegnes strømmen på den vandrette akse.

Spændingen over modstanden er i fase med strømmen, derfor tegnes den også på den vandrette akse.

Da spændingen over spolen er 90° før strømmen, skal den tegnes opad.

I det viste eksempel er $X_L = R$. Derfor er $u_L = u_R$.

Når u_R og R kendes, kan strømmen beregnes.

Hvor stor bliver strømmen i kredsløbet?

$$i_R = i_L = i_{gen} = \frac{u_R}{R} = \frac{10 \text{ V}}{10 \text{ k}} = \underline{1 \text{ mA}}$$

Generatorspændingen er målt til 14,1 V.

Hvordan beregnes u_{gen} , når man kender u_R og u_L ?

$u_{gen} =$ _____

Vektordiagrammet viser at u_R og u_L er faseforskudt 90° , derfor er det nødvendigt at bruge Pythagoras.

$$u_{gen} = \sqrt{u_R^2 + u_L^2}$$

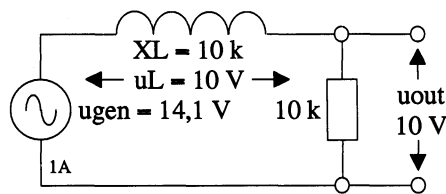
$$u_{gen} = \sqrt{10\text{V}^2 + 10\text{V}^2} = \underline{14,1 \text{ V}}$$

Omskrives formlen, kan u_R eller u_C findes.

$$u_R = \sqrt{u_{gen}^2 - u_L^2}$$

$$u_L = \sqrt{u_{gen}^2 - u_R^2}$$

Hvor stor er den samlede impedans i kredsløbet, når X_L er $10\text{ k}\Omega$, og R er $10\text{ k}\Omega$?



$$Z = \underline{\hspace{15em}}$$

Impedans i kredsløbet beregnes på følgende måde.

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

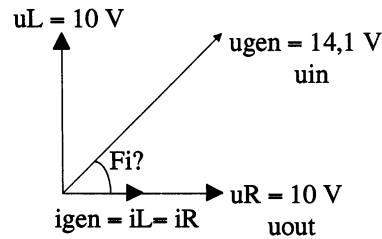
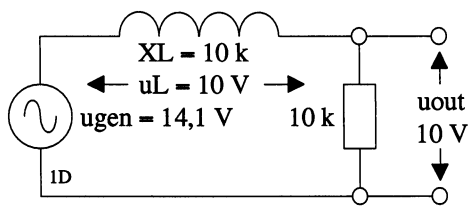
$$Z = \sqrt{10\text{k}^2 + 10\text{k}^2} = \underline{\underline{14,1\text{k}\Omega}}$$

Omskrive formlen, kan R eller X_L findes.

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

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

1.1 Fasedrejning



Når man taler om fasedrejningen i et RL-led, er det faseforholdet mellem ind- og udgangsspændingen man ønsker at finde.

Vinklen kaldes φ_i og benævnes θ .

$$\theta = \arcsin \frac{u_L}{u_{in}} = \arcsin \frac{u_{out}}{u_{in}} = \arcsin \frac{u_L}{u_{out}}$$

Hvor stor er fasedrejningen, når $u_L = 10 \text{ V}$ og $u_{in} = 14,1 \text{ V}$?

$$\theta = \arcsin \frac{u_L}{u_{in}} = \arcsin \frac{10 \text{ V}}{14,1 \text{ V}}$$

$$\theta = \arcsin 709,2 \text{ m} = \underline{45,2^\circ} \sim \underline{45^\circ}$$

$$\theta = \arcsin \frac{u_{out}}{u_{in}} = \arcsin \frac{10 \text{ V}}{14,1 \text{ V}}$$

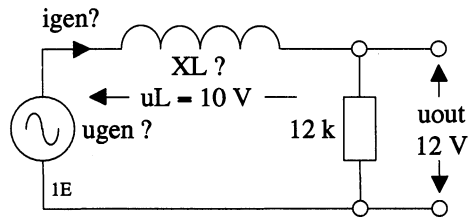
$$\theta = \arcsin 709,2 \text{ m} = \underline{44,8^\circ} \sim \underline{45^\circ}$$

$$\theta = \arcsin \frac{u_L}{u_{out}} = \arcsin \frac{10 \text{ V}}{10 \text{ V}}$$

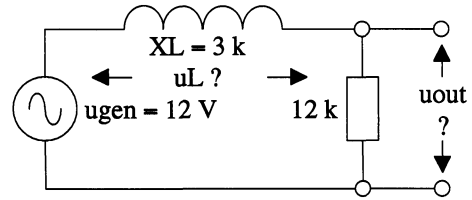
$$\theta = \arcsin 1 = \underline{45^\circ}$$

1.2 Eksempel 1 og 2

Beregn følgende for de viste led.



Eksempel 1



Eksempel 2

Eksempel 1

i_{gen} er ca. _____

X_L er ca. _____

Z er ca. _____

u_{gen} er ca. _____

θ er ca. _____

Eksempel 2

Z er ca. _____

i_{gen} er ca. _____

u_L er ca. _____

u_{out} er ca. _____

θ er ca. _____

1.3 Facitliste til eksempel 1 og 2

Eksempel 1

$$i_{gen} = i_R = \frac{u_R}{R} = \frac{12 \text{ V}}{12 \text{ k}} = \underline{1 \text{ mA}}$$

$$X_L = \frac{u_L}{i_L} = \frac{10 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = \underline{10 \text{ k}\Omega}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{12\text{k}^2 + 3\text{k}^2} = \underline{15.6 \text{ k}\Omega}$$

$$u_{gen} = \sqrt{u_R^2 + u_L^2} = \sqrt{10\text{V}^2 + 12\text{V}^2} = \underline{15.6 \text{ V}}$$

$$\theta = \arctan \frac{u_L}{u_R} = \arctan \frac{10 \text{ V}}{12 \text{ V}} = \underline{39.8^\circ}$$

Eksempel 2

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{12\text{k}^2 + 3\text{k}^2} = \underline{12.4 \text{ k}\Omega}$$

$$i_{gen} = \frac{u_{gen}}{Z} = \frac{12 \text{ V}}{12.4 \text{ k}} = \underline{968 \mu\text{A}}$$

$$u_L = X_L \times i_{gen} = 3 \text{ k}\Omega \times 968 \mu\text{A} = \underline{2.9 \text{ V}}$$

$$u_{out} = R \times i_{gen} = 12 \text{ k}\Omega \times 968 \mu\text{A} = \underline{11.6 \text{ V}}$$

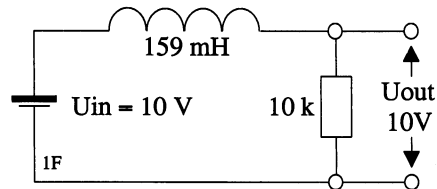
$$\theta = \arctan \frac{u_L}{u_{out}} = \arctan \frac{2.9 \text{ V}}{11.6 \text{ V}} = \underline{14^\circ}$$

$$\theta = \arccos \frac{u_{out}}{u_{in}} = \arccos \frac{11.6 \text{ V}}{12 \text{ V}} = \underline{14^\circ}$$

$$\theta = \arcsin \frac{u_L}{u_{in}} = \arcsin \frac{2.9 \text{ V}}{12 \text{ V}} = \underline{14^\circ}$$

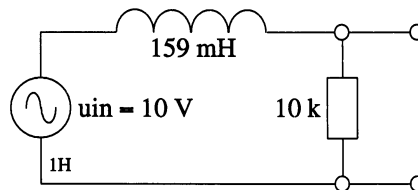
2.0 LP - led

Når man ser et RL-led, skal man kunne afgøre, om der er tale om et HP-led eller et LP-led.



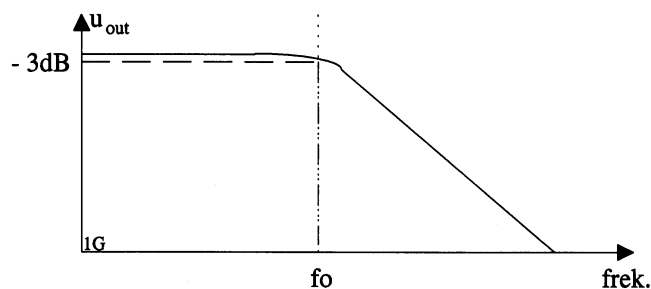
Hvis man starter med at tilføre en DC spænding til leddet, vil spolen virke som en kortslutning. Udgangsspændingen vil derfor være lig med indgangsspændingen.

Ændres frekvensen stiger spolens reaktans, og udgangsspændingen falder.



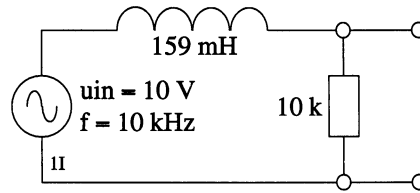
Ved frekvensen hvor $X_L = R$, findes overgangsfrekvensen = f_o . Her er udgangsspændingen faldet 3dB.

Udgangsspændingen vil falde lidt inden overgangsfrekvensen. Efter overgangsfrekvensen falder den med 6dB/oktav eller 20dB/dekade.



2.1 Eksempel 3

Beregn følgende for det viste RC-led.



f_0 er ca. _____

Z ved f_0 er ca. _____

igen er ca. _____

u_L er ca. _____

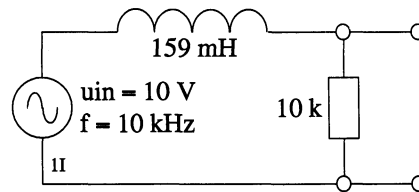
u_R er ca. _____

θ er ca. _____

Dæmpningen i gange er ca. _____

Dæmpningen i dB er ca. _____

2.2 Facitliste til eksempel 3



Overgangsfrekvensen beregnes. Det er den frekvens hvor $X_L = R$.

Man går ud fra grundformlen for en spole.

$$X_L = 2\pi \times f \times L$$

X_L erstattes af R , og f erstattes af f_0 .

$$f_0 = \frac{R}{2\pi \times L}$$

$$f_0 = \frac{10 \text{ k}}{2\pi \times 159 \text{ m}} = \underline{10 \text{ kHz}}$$

Nu kan den samlede impedans ved f_0 findes.

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{10\text{k}^2 + 10\text{k}^2} = \underline{14.14 \text{ k}\Omega}$$

Strømmen i kredsløbet kan nu beregnes.

$$i_{\text{gen}} = i_R = i_L = \frac{u_{\text{gen}}}{Z} = \frac{10 \text{ V}}{14,14 \text{ k}} = \underline{707 \mu\text{A}}$$

Kender man strømmen i kredsløbet, kan spændingen over de enkelte komponenter findes.

Ved f_0 er $X_L = R$. Derfor er spændingen over spolen lig med spændingen over modstanden.

$$u_L = u_R = iZ \times R$$

$$u_L = u_R = 707\mu \times 10\text{k} = \underline{7.07\text{v} \sim 7.1\text{v}}$$

Kender man u_{in} og u_R , kan fasedrejningen findes.

$$\theta = \arccos \frac{u_{out}}{u_{in}} = \arccos \frac{7,07 \text{ V}}{10 \text{ V}}$$

$$\theta = \arccos 0,707 = \underline{45^\circ}$$

Når dæmpningen skal beregnes, er det u_{in} i forhold til u_{out} .

$$\text{Dæmpningen i gange} = \frac{u_{in}}{u_{out}} = \frac{10 \text{ V}}{7,07 \text{ V}} = \underline{1,41 \text{ gange.}}$$

$$\text{Dæmpningen i dB} = 20 \times \log \left(\frac{u_{in}}{u_{out}} \right)$$

$$\text{Dæmpningen i dB} = 20 \times \log \left(\frac{10 \text{ V}}{7,07 \text{ V}} \right) = \underline{3,0 \text{ dB}}$$

Kender man X_L og den samlede impedans af et RL-led, kan R beregnes.

Man går ud fra grundformlen, og omskriver den.

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}, \quad \text{det medfører at}$$

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}. \quad \text{Her er det}$$

$$X_L = \sqrt{14,14 \text{ k}^2 - 10 \text{ k}^2} = \underline{10 \text{ k}\Omega}$$

Kender man spændingen over modstanden, og spændingen fra generatoren, kan spændingen over spolen beregnes.

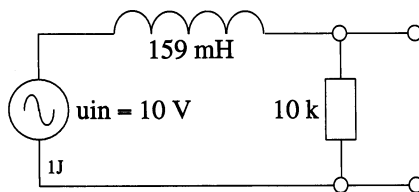
Man går ud fra grundformlen, og omskriver den.

$$u_{gen} = \sqrt{u_L^2 + u_R^2}, \quad \text{det medfører at}$$

$$u_L = \sqrt{u_{gen}^2 - u_R^2}. \quad \text{Her er det}$$

$$u_L = \sqrt{10^2 + 7,1^2} = \underline{7,1 \text{ V}}$$

3.0 Lavpasled



For det viste lavpasled skal følgende beregnes.

XL ved 100 Hz er ca. _____

XL ved 1 kHz er ca. _____

XL ved 10 kHz er ca. _____

XL ved 100 kHz er ca. _____

XL ved 1 MHz er ca. _____

Z ved 100 Hz er ca. _____

Z ved 1 kHz er ca. _____

Z ved 10 kHz er ca. _____

Z ved 100 kHz er ca. _____

Z ved 1 MHz er ca. _____

igen ved 100 Hz er ca. _____

igen ved 1 kHz er ca. _____

igen ved 10 kHz er ca. _____

igen ved 100 kHz er ca. _____

igen ved 1 MHz er ca. _____

u_{out} ved 100 Hz er ca. _____

u_{out} ved 1 kHz er ca. _____

u_{out} ved 10 kHz er ca. _____

u_{out} ved 100 kHz er ca. _____

u_{out} ved 1 MHz er ca. _____

Dæmpningen ved 100 Hz er ca. _____

Dæmpningen ved 1 kHz er ca. _____

Dæmpningen ved 10 kHz er ca. _____

Dæmpningen ved 100 kHz er ca. _____

Dæmpningen ved 1 MHz er ca. _____

θ ved 100 Hz er ca. _____

θ ved 1 kHz er ca. _____

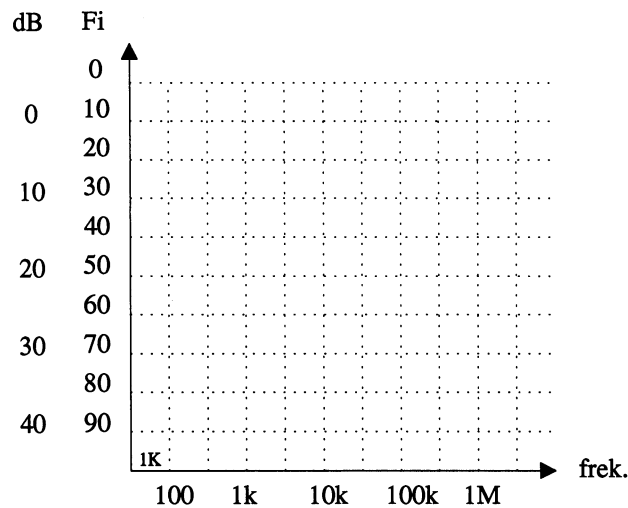
θ ved 10 kHz er ca. _____

θ ved 100 kHz er ca. _____

θ ved 1 MHz er ca. _____

Indtegn dæmpningen og θ som funktion af frekvensen i koordinatsystemet på næste side.

3.1 Facitliste lavpasled



Reaktansen X_L ved 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz og 1 MHz.

100 Ω 1 k Ω 10 k Ω 100 k Ω 1 M Ω

Impedansen Z ved 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz og 1 MHz.

10 k Ω 10 k Ω 14,1 k Ω 100 k Ω 1 M Ω

igen ved 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz og 1 MHz.

1 mA 1 mA 707 μ A 100 μ A 10 μ A

u_{out} ved 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz og 1 MHz.

10 V 10 V 7,1 V 1 V 100 mV

Dæmpningen ved 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz og 1 MHz.

0 dB 0 dB 3 dB 20 dB 40 dB

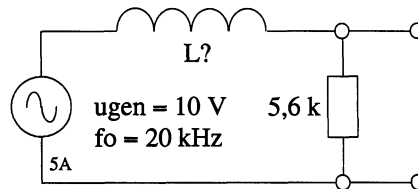
θ ved 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz og 1 MHz.

0 $^\circ$ 0 $^\circ$ 45 $^\circ$ 84 $^\circ$ 90 $^\circ$

4.0 Opgaver

Beregn følgende for opgaverne.

Opgave 1



L er ca. _____

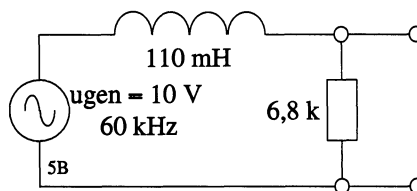
Z er ca. _____

u_{gen} er ca. _____

u_{out} er ca. _____

u_L er ca. _____

Opgave 2



X_L er ca. _____

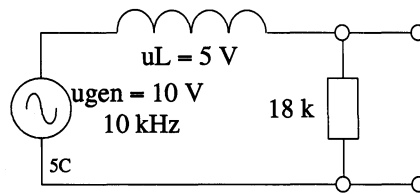
Z er ca. _____

u_{gen} er ca. _____

u_{out} er ca. _____

Dæmpningen i dB er ca. _____

Opgave 3



u_{out} er ca. _____

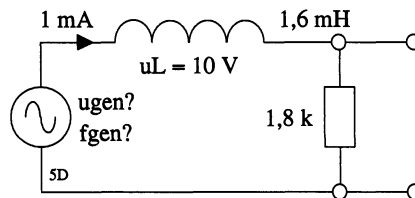
i_{gen} er ca. _____

X_L er ca. _____

L er ca. _____

θ er ca. _____

Opgave 4



u_{out} er ca. _____

u_{gen} er ca. _____

X_L er ca. _____

i_{gen} er ca. _____

Dæmpningen i dB er ca. _____

θ er ca. _____

5.0 Facitliste til opgaverne

Opgave 1

$$L = 44,6 \text{ mH}$$

$$Z = 7,92 \text{ k}\Omega$$

$$i_{\text{gen}} = 1,26 \text{ mA}$$

$$u_{\text{out}} = 7,1 \text{ V}$$

$$u_L = 7,1 \text{ V}$$

Opgave 2

$$X_L = 41,5 \text{ k}\Omega$$

$$Z = 42 \text{ k}\Omega$$

$$i_{\text{gen}} = 238 \text{ }\mu\text{A}$$

$$u_{\text{out}} = 1,6 \text{ V}$$

$$\text{Dæmpningen} = 15,8 \text{ dB}$$

Opgave 3

$$u_{\text{out}} = 8,6 \text{ V}$$

$$i_{\text{gen}} = 481 \text{ }\mu\text{A}$$

$$X_L = 10 \text{ k}\Omega$$

$$L = 166 \text{ mH}$$

$$\theta = 30^\circ$$

Opgave 4

$$u_{\text{out}} = 1,8 \text{ V}$$

$$u_{\text{gen}} = 10,2 \text{ V}$$

$$X_L = 10,4 \text{ k}\Omega$$

$$f_{\text{gen}} = 1 \text{ kHz}$$

$$\text{Dæmpningen} = 15,7 \text{ dB}$$

$$\theta = 80^\circ$$