UNDERVISNINGSMINISTERIET, Erhvervsskoleafdelingen
Sektionen for Specialpædagogisk Støtte
011192

FOU-projekt nr. 519 (1991) SPECIALUNDERVISNINGSMATERIALE I HF-TEKNIK

Projektansvarlig: Faglærer Lorents Nielsen, Håndværkerskolen i Sønderborg

HF-TEKNIK

HF-TEKNIK:

Afsnit 1. SPOLER

Disposition.

1.1 Indledning

1.2 Spolen som vekselstrømsmodstand

1.3 Opgaver

1.4 Spolen og dens tabsmodstand

1.5 LR-serieled

1.6 Opgaver

1.7 LR-parallelled

1.8 Opgaver

2. KONDENSATORER

Disposition.

2.1 Kondensatorens opbygning

2.2 Kondensatoren som vekselstrømsmodstand

2.3 Opgaver

2.4 RC-serieled

2.5 Opgaver

2.6 RC-parallelled

2.7 Opgaver

3. SVINGNINGSKREDSE

Disposition.

3.1 Indledning

3.2 Seriesvingsningskredse

3.3 Beregningseksempel

3.4 Opgaver

3.5 Parallelsvingningskredse

3.6 Beregningseksempel

3.7 Opgaver

4. IMPEDANSTRANSFORMERING

Disposition.

4.1 Indledning

4.2 Transformering generelt.

4.3 Opgaver

4.4 Impedanstransformering med induktivt udtag

4.5 Opgaver

4.6 Impedanstransformering med kapacitivt udtag

4.7 Opgaver

5. TRANSMISSIONSLINIER

Disposition.

5.1 Indledning

5.2 Transmissionskablet

5.3 Opgaver

5.4 Signalets udbredelseshastighed

5.5 Stående bølger

5.6 Beregningseksempel

5.7 Opgaver

Spoler.

Disposition.

1. Indledning.
2. Spolen som vekselstrømsmodstand.
3. Opgaver.
4. Spolen og dens tabsmodstand.
5. LR-serieled.
6. Opgaver.
7. LR-parallelled.
8. Opgaver.

1. Indledning.

Alle elektriske ledere er i princippet en spole. Det der bestemmer, om spolen får en virkning på strømmen, der går i den, er sammenhænget mellem spolens "størrelse" selvinduktionen og frekvensen.

Spolens størrelse, eller selvinduktion, måles i "Henry" og benævnes med L.

Det der bestemmer størrelsen, er vindingstallet, spolens dimmensioner og den magnetiske modstand i kernematerialet.

$L = n^2 \times \mu \times \mu_0 / s \times q.$

n = vindingstal.

μ= kernematerialets permabilitet.

μ_0 = permabiliteten i vacum.

s = spolens længde i meter.

q = spolens tværsnitsareal.

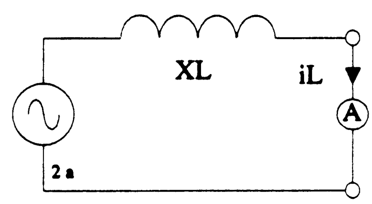
Permabilitet er et materiales evne til at lede magnetiske kraftlinier.

Se også afsnit 2.13 i LF og DC-teknik

2. Spolen som vekselstrømsmodstand.

Når man ser en spole i et elektriske kredsløb, er det næsten altid i forbindelse med en modstand eller en kondensator. For at forstå samspillet mellem spolen og andre komponenter, er det nødvendigt at have et grundigt kendskab til spolen som komponent.

Tilsluttes en spole til en vekselstrømsgenerator, viser det sig, at strømmen i spolen aftager med frekvensen. Det betyder, at spolens vekselstrømsmodstand er frekvensafhængig.



Vekselstrømsmodstanden kaldes også for reaktansen og benævnes XL. Man kan vise, at reaktansen er afhængig af selvinduktionen og frekvensen.

$XL = 2\pi \times f \times L.$

Ved omskrivning af formlen kan man finde selvinduktionen L eller frekvensen f.

$L = XL / 2\pi \times f$

$f = XL / 2\pi \times L$

Beregn vekselstrømsmodstande for en spole på 159µH, og indsæt værdierne i koordinatsystemet.

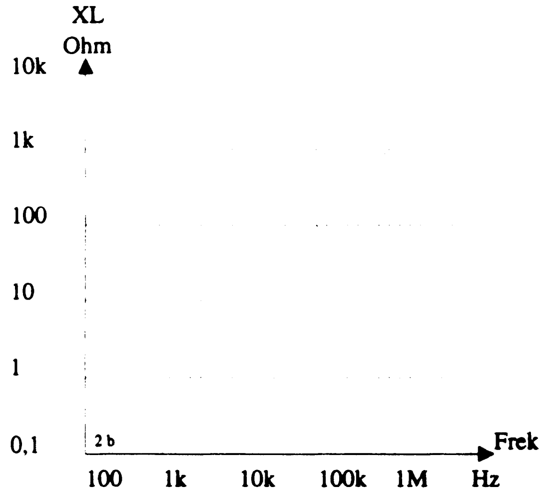
XL ved 100Hz = ____________________

XL ved 1kHz = ____________________

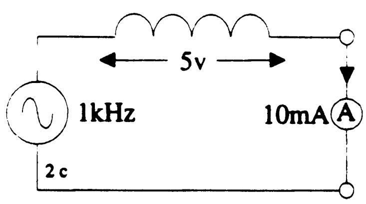
XL ved 10kHz = ____________________

XL ved 100kHz = ____________________

XL ved 1MHz = ____________________



Strøm og spændingsforhold i spolen.
I den ideele spole er strømmen 90° efter spændingen. Det får ingen indflydelse på beregningerne, man kan foretage, sålænge spolen ikke er sat sammen med en anden komponent.



I det viste eksempel er strømmen 10mA, spændingen er 5v, og generatorfrekvensen er 1kHz.

I det efterfølgende skal XL, L og effekten i spolen beregnes.

Ved hjælp af Ohms lov beregnes XL.

XL = uL / iL = 5v / 10mA = 500Ω

Nu kan L beregnes.

L = XL / 2π x f = 500Ω / 2π x 1kHz

L = 79,6mH~ 80mH

Når effekten i spolen skal beregnes, skal man huske, at strøm og spænding ikke er i fase.

Man kan vise, at den effekt spolen optager fra generatoren i den ene halvperiode, bliver afleveret igen i den anden halvperiode.

Med andre ord er effekten, der afsættes i spolen = 0W.

Bruger man en formel, skal den se ud på følgende måde.

P = u x i x cosΦ.

cosΦ = faseforholdet mellem strømmen og spændingen

P = 5v x 10mA x cos90° = 0Watt

Hvis spolen er behæftet med tab, er strøm og spænding forskudt mindre end 90° . Derfor er der et effekttab i spolen.

3. Opgaver.

Opgave 1.
En spole på 240mH skal bruges som filterspole i en switch mode netdel.

Switch frekvensen er 12kHz.

Beregn spolens vekselstrømsmodstand.

XL = ____________________

Opgave 2.
Hvilken spole skal der bruges, når den skal have en reaktans på 3,6kΩ ved 2,4kHz.

L = ____________________

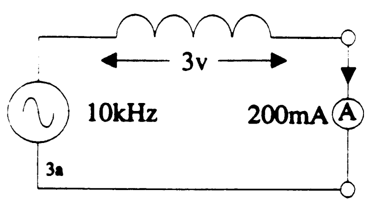
Opgave 3.
Når f = 19kHz og L = 120μH er

XL =____________________

Opgave 4.
Ved hvilken frekvens har en spole på 160mH en reaktans på 10kΩ.

f = ____________________

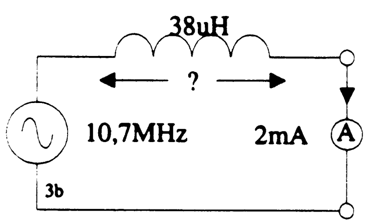
Opgave 5.
I det viste eksempel er uL = 3v, iL = 200mA og frekvensen er 10kHz



Beregn spolen.

L = ______________________

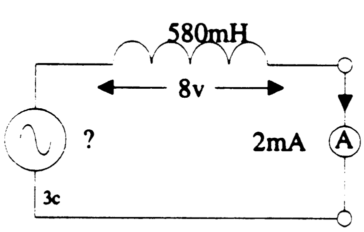
Opgave 6.
I det viste eksempel er frekvensen 10,7MHz, L = 38μH og iL = 2mA.



Beregn spændingen over spolen.

uL = ______________________

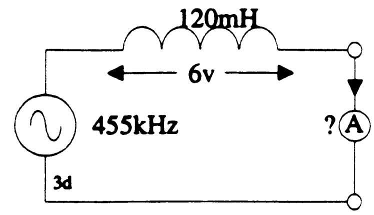
Opgave 7.
I det viste eksempel er L = 580mH, uL = 8v og iL = 2mA.



Beregn frekvensen.

f = ______________________

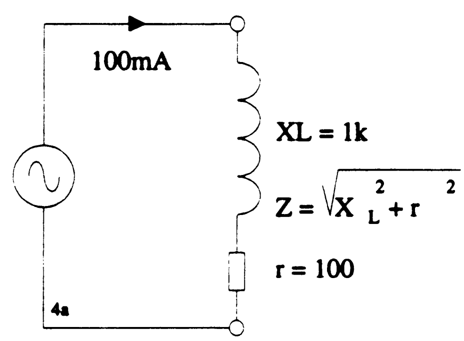
Opgave 8.
I det viste eksempel er frekvensen = 455kHz, L = 120mH og uL = 6v.



Beregn strømmen i spolen.

iL = ______________________

4. Spolen og dens tabsmodstand.



På tegningen har spolen en serietabsmodstand. Den benævnes r.
Tabsmodstanden stammer dels fra trådens ohmske modstand, og dels fra tabene i kernematerialet.

Den samlede vekselstrømsmodstand kaldes spolens impedans Z.
Den består af en reaktans XL og af tabsmodstanden r.

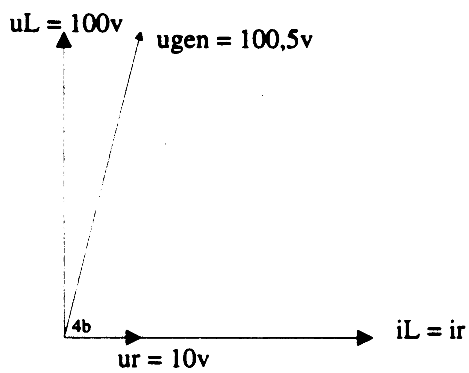
Når den samlede impedans skal findes, KAN MAN IKKE lægge dem sammen.
Z er altså IKKE = XL + r.

Grunden til det er, at strøm og spænding ikke er i fase i spolen.
Når spolen deles op som vist, betragter man den som en ideel spole med en modstand i serie.

I den ideelle spole er strøm og spænding faseforskudt 90°.

For at forstå hvorfor de to komponenter ikke kan lægges sammen, kan man se på et vektordiagram.

I en serieforbindelse er det strømmen, der er fælles for de to komponenter.



På tegningen kan man se, at strømmen er fælles. Den er tegnet på den vandrette akse.
Spændingen over modstanden er i fase med strømme. Den er også tegnet på den vandrette akse.
I en spole er spændingen 90° før strømmen. Den er derfor tegnet opad.

Man kan nu finde spændingen over de enkelte komponenter.
Se tegningen på den foregående side.

ur = i x r = 100mA x 100Ω = $\underline{\underline{10v}}$

uL = i x XL = 100mA x 1kΩ = $\underline{\underline{100v}}$

For at finde den samlede spænding skal man bruge Pythagoras.

$$ugen = \sqrt{uL^2 + ur^2} = \underline{\underline{100{,}5v}}$$

Når man kender den samlede strøm og spænding fra generatoren, kan man finde den samlede impedans.

Z = ugen / igen = 100,5v / 100mA = $\underline{\underline{1005\Omega}}$

Den samlede impedans kan findes på følgende måde.

$$Z = \sqrt{Z^2 + r^2}.$$

$$Z = \sqrt{1k^2 + 100^2} = \underline{\underline{1005\Omega}}$$

Hvis formlen omskrives, kan man finder r eller XL.

$$r = \sqrt{Z^2 - XL^2}$$

$$XL = \sqrt{Z^2 - r^2}$$

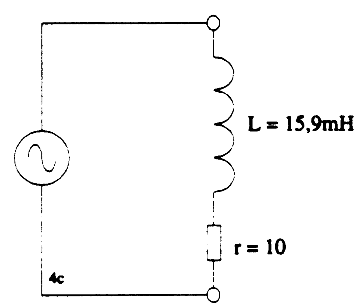
I forbindelse med spoler ser man ofte, at der bruges et udtryk der hedder Q.

Q er et udtryk for spolens "kvalitet". Q er forholdet mellem XL og r. Da XL er frekvensafhængig, er Q det også.

Q = XL / r

I det viste eksempel er Q = 1k / 100 = $\underline{\underline{10.}}$

For den viste opstilling skal XL, Z og r indtegnes i et koordinatsystem.



Start med at beregne XL ved følgende frekvenser.

XL ved 10Hz = ____________________

XL ved 100Hz = ____________________

XL ved 1kHz = ____________________

XL ved 10kHz = ____________________

XL ved 100kHz = ____________________

Beregn nu Z ved følgende frekvenser.

Z ved 10Hz = ______________________________

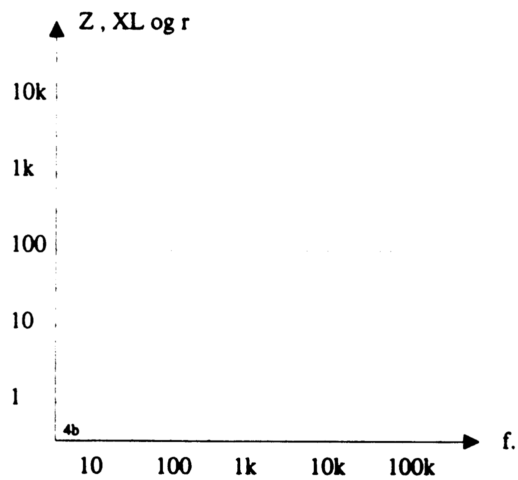
Z ved 100Hz = ______________________________

Z ved 1kHz = ______________________________

Z ved 10kHz = ______________________________

Z ved 100KHz = ______________________________

Indtegn værdierne for r, XL og Z i koordinatsystemet.
Benævn kurverne med r, XL og Z.



Beregn nu Q ved følgende frekvenser.

Q ved 10Hz = ______________________________

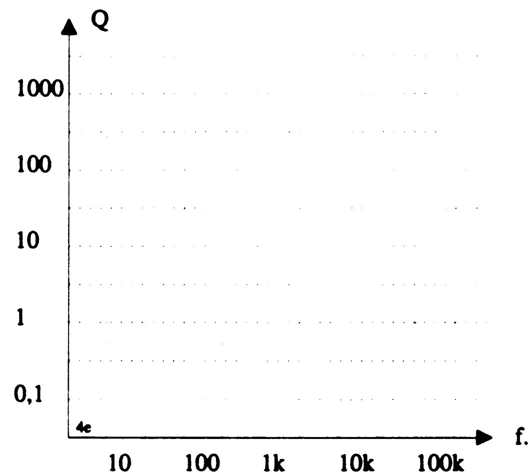
Q ved 100Hz = ______________________________

Q ved 1kHz = ______________________________

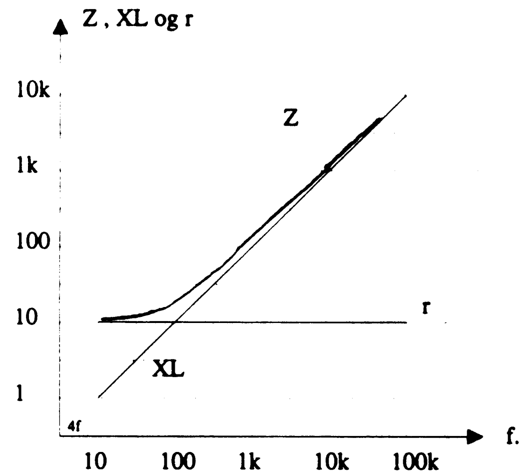
Q ved 10kHz = ______________________________

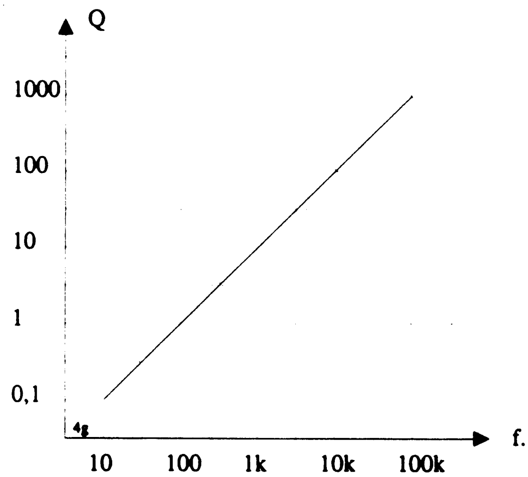
Q ved 100kHz = ______________________________

Indtegn værdierne for Q i koordinatsystemet.



På næste side kan du se hvordan kurverne skal se ud.



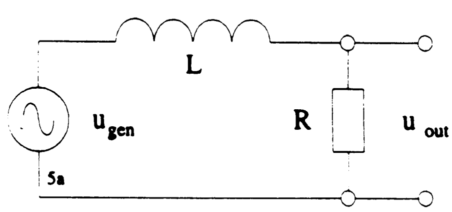


5. LR-serieled.

I det efterfølgende ses der bort fra spolens tabsmodstand, da den er uden betydning, i de led der skal vise her.

Se også afsnit 2.17 i LF og DC teknik.

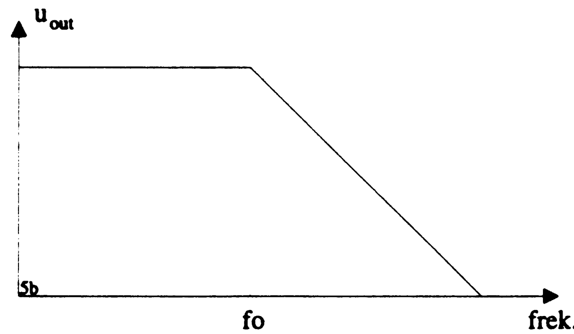
Første skal man afgøre er om der er tale om et HP-led eller et LP-led.
Her skal man huske at spolen virker som en kortslutning ved DC.



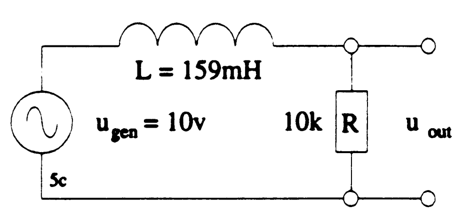
Man starter med at tilføre en DC spænding til leddet. Da spolen virke som en kortslutningv ill uout være den samme som uin.

Øges frekvensen stiger spolens reaktanst, og udgangsspændingen falder.
Ved den frekvens hvor XL = R er overgangsfrekvensen.
Her er udgangsspændingen faldet 3dB.
Udgangsspændingen vil inden overgangsfrekvensen falde lidt.
Efter overgangsfrekvensen falder den med 6dB/oktav eller 20dB/dekade.

Man ser dog ofte at udgangskurven er erstattet af rette linier.



I det efterfølgende skal det viste LP-ledet undersøges nærmere.



Først skal overgangsfrekvensen beregnes.
Det er den frekvens hvor XL = R.
Man går ud fra grundformlen for en spole.

$XL = 2\pi \times f \times L.$

Ved at omskrive formlen og erstatte XL med R fås følgende:

$fo = R / 2\pi \times L$

$fo = 10k / 2\pi \times 159m = \underline{\underline{10kHz}}$

Nu kan den samlede impedans ved fo findes.

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

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

Strømmen i kredsløbet kan nu findes.

igen = iR = iL = iZ = ugen / Z

igen = 10v / 14,14kΩ = $\underline{\underline{707\mu A}}$

Når man kender strømme, kan spændingen over de enkelte komponenter findes. Ved fo er XL = R . Derfor er spændingen over spolen og spændingen over modstanden ens.

uL = uR = iZ x R

uL = uR = 707µ x 10k = $\underline{\underline{7{,}07v \sim 7{,}1v}}$

Hvis dæmpningen i dB skal beregnes kan følgende fremgangsmåde benyttes.

Først regnes dæmpningen i antal gange. Det gør man ved at dividere udgangsspændingen op i indgangsspændingen.

Dæmpningen i gange = uin / uout = 10v / 7,1v = 1,41gange.

Herefter tages logaritmen af 1,41. Det er = 0,149. Resultatet ganges nu med 20. Det er 3.

Dæmpningen i dB = 20 x Log (uin / uout) =

20 x Log (10v / 7,1v) = $\underline{\underline{3dB}}$.

Hvis man kender XL og den samlede impedans af et LR-led, kan man finde R.

Man går udfra grundformlen og omskriver den.

$Z = \sqrt{XL^2 + R^2}$ det merdfører at

$XL = \sqrt{Z^2 - R^2}$ Her er det

$XL = \sqrt{14,14k^2 - 10k^2} = \underline{\underline{1k\Omega}}$

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

Man går udfra grundformlen og omskriver den.

$ugen = \sqrt{uL^2 + uR^2}$.

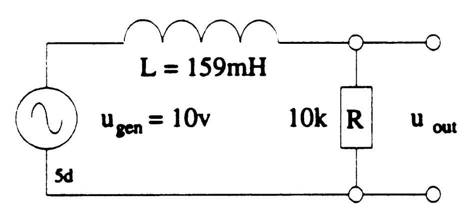
Det medfører at

$uL = \sqrt{ugen^2 - uR^2}$

Her er det

$uL = \sqrt{10v^2 - 7,1v^2} = \underline{\underline{7{,}1v}}$

For det viste led skal u out beregnes ved følgende frekvenser.



100Hz, 1kHz, 10kHz, 100kHz og 1MHz

Først skal XL beregnes.

XL ved 100Hz = ____________________

XL ved 1kHz = ____________________

XL ved 10kHz = ____________________

XL ved 100kHz = ____________________

XL ved 1MHZ = ____________________

Derefter skal Z beregnes.

Z ved 100Hz = ____________________________

Z ved 1kHz = ____________________________

Z ved 10kHz = ____________________________

Z ved 100kHz = ____________________________

Z ved 1MHZ = ____________________________

Når man kender den samlede impedans, kan strømmen findes.

iR ved 100Hz = ____________________________

iR ved 1kHz = ____________________________

iR ved 10kHz = ____________________________

iR ved 100kHz = ____________________________

iR ved 1MHZ =____________________________

Når man kender strømmen i modstanden, kan spændingen over den beregnes.

uR ved 100Hz = ____________________________

uR ved 1kHz = ____________________________

uR ved 10kHz = ____________________________

uR ved 100kHz = ____________________________

uR ved 1MHZ = ____________________________

Når man kender uout og uin kan man finde dæmpningen i antal gange og i dB.

Ved 100Hz gange _____ dB__________________

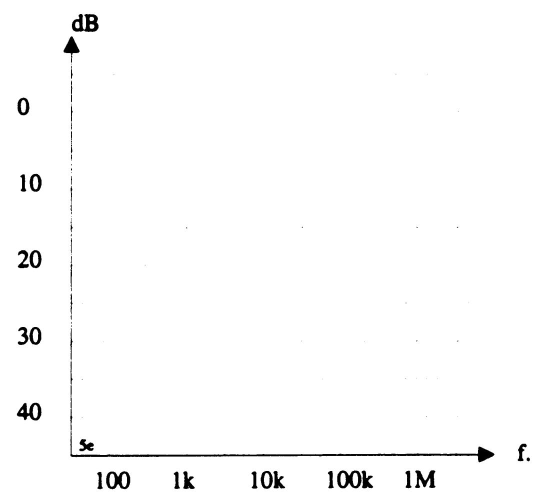
Ved 1kHz = gange______dB__________________

Ved 10kHz = gange_____dB__________________

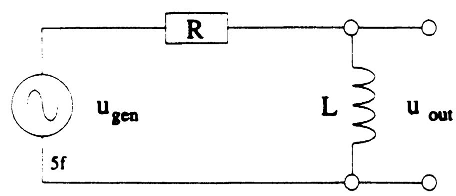
Ved 100kHz = gange____dB__________________

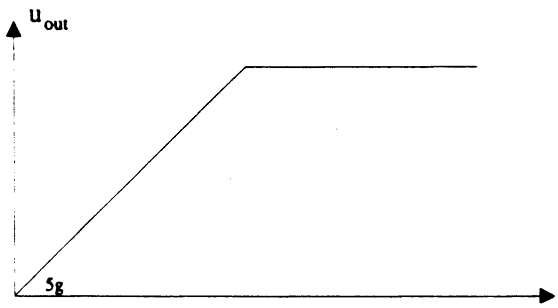
Ved 1MHZ = gange______dB__________________

Indtegn dæmpningen som funktion af frekvensen i koordinatsystemet.



Når spolen og modstanden byttes om, kaldes ledet et højpasled.





Tilføres ledet en DC spænding, vil udgangsspændingen være 0v, da spolen virker som en kortslutning.

Hvis indgangssignalets frekvensen øges, stiger vekselstrømsmodstanden i spolen.
Når bundmodstanden i spændingsdeleren stiger, vil udgangsspændingen også stige.

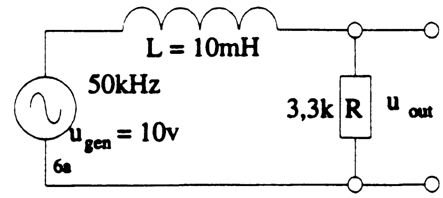
Ved overgangsfrekvensen er XL = R.
Her er spændingen over spolen og modstanden lige store.

Ved fo er udgangsspændingen faldet 3dB.

De samme formler anvendes til såvel et HP-led som et LP- led.

6. Opgaver

Opgave 1.

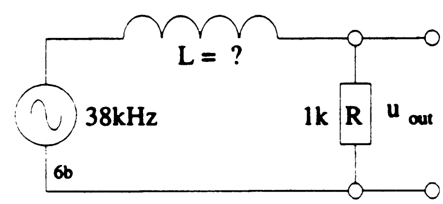


Beregn den samlede impedans og u out ved 50kHz.

Z = ______________________

u out = ______________________

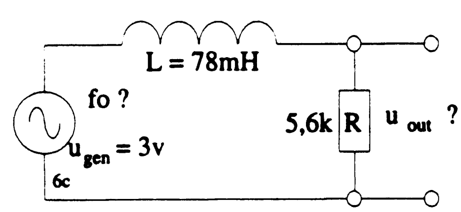
Opgave 2.



Det viste led skal have en fo på 38kHz.
Beregn L.

L = ______________________

Opgave 3.

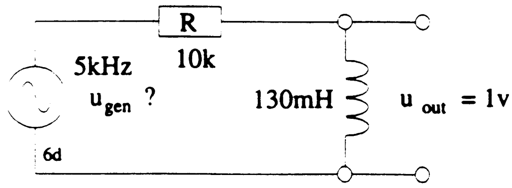


Beregn fo samt u out ved 100kHz.

fo = ______________________

u out = ______________________

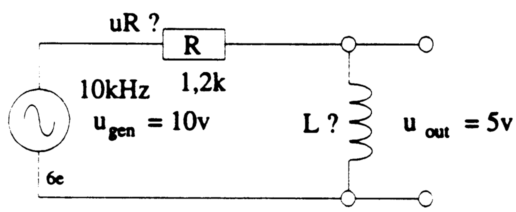
Opgave 4.



På det viste led måles udgangsspændingen til 1v ved 5kHz.
Beregn uin.

uin = ______________________________

Opgave 5.

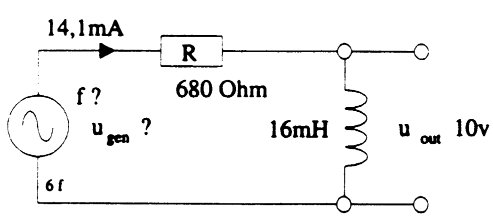


For det viste led ønskes en udgangsspænding på 5v ved 10kHz.
Beregn uR og L.

uR = ______________________________

L = ______________________________

Opgave 6.

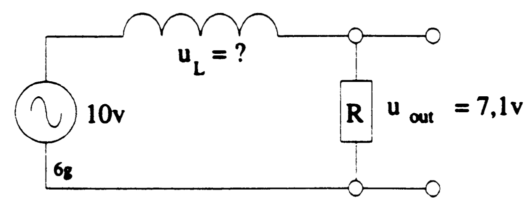


I den viste opstilling måles strømmen til 14,1mA og uL til 10v.
Beregn ugen og generatorfrekvensen.

ugen = ______________________________

fgen = ______________________________

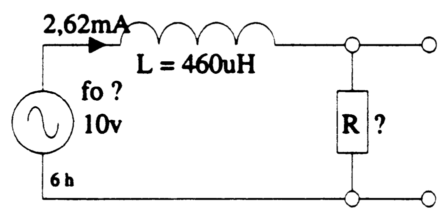
Opgave 7.



I den viste opstilling måles ugen til 10v og uout til 7,1v.
Beregn uL.

uL = ______________________________

Opgave 8.

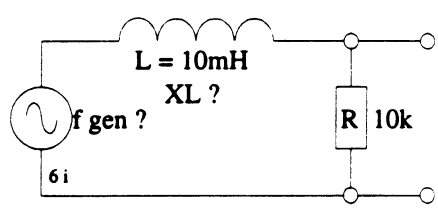


I den viste opstilling måles der 2,62mA ved fo.
Beregn fo og R.

fo = ______________________________

R = ______________________________

Opgave 9.

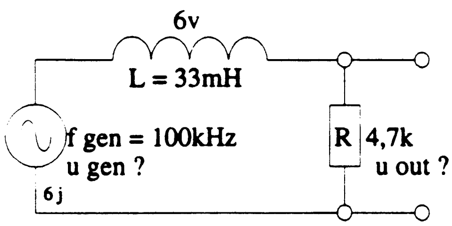


I den viste opstilling måles den samlede impedans til 12k Ohm.
Beregn XL og generatorfrekvensen.

XL = ______________________________

fgen = ______________________________

Opgave 10.

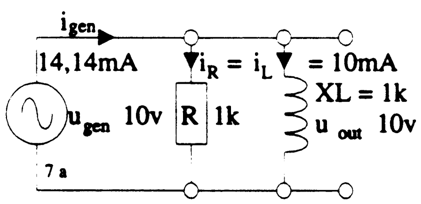


I den viste opstilling måles der 6v over spolen.
Generatorfrekvensen er 100kHz.
Beregn uR og u gen.

uR = ________________________________

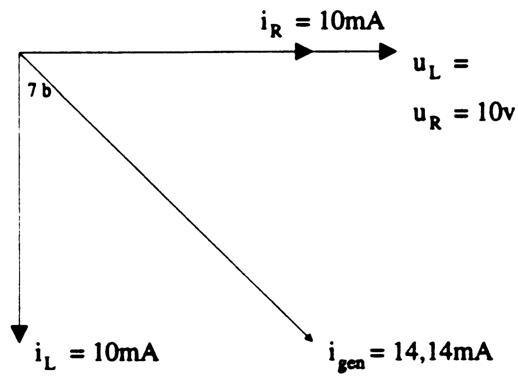
ugen = ________________________________

7. LR-parallelled.



Hvis en reaktan og en modstand parallelforbindes, bliver den samlede impedans altid mindre end den mindste "modstand".
Hvis to almindelige modstande, der er lige store, parallelforbindes, bliver den samlede modstand det halve af de enkelte modstande.
Hvis det er en reaktans og en modstand, der er parallelfordbundet, er det anderledes.
Grunden til det er, at strøm og spænding ikke er i fase i reaktansen.
Hvis det er en spole der er tale om, er spændingen 90^o før strømmen.

Vektordiagrammet i næste spalte viser strøm- og spændingsforholdene i en parallelforbindelse af se spole og en modstand.
I det viste eksempel er XL = R = 1k, og ugen = 10v.
Strømmen i spolen og modstanden er her 10mA, men som det fremgår af vektordiagrammet, bliver den samlede strøm IKKE 20mA.



Hvis den samlede strøm skal beregnes, skal man bruge Pythagores.

i gen = $\sqrt{iL^2 + iR^2}$.

Her er det

i gen = $\sqrt{10mA^2 + 10mA^2}$ = $\underline{\underline{14,14mA.}}$

Når den samlede generatorstrøm og generatorspændingen kendes, kan impedansen også findes.

Z = u gen / i gen = 10v / 14,14mA = $\underline{\underline{707\ \Omega.}}$

Skal man finde den samlede impedans, kan man bruge følgende fremgangsmåde.

7c

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{XL^2}}}$$

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{1k^2} + \frac{1}{1k^2}}} = 707 \text{ Ohm}$$

$$R = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{Z^2} - \frac{1}{XL^2}}}$$

$$X_L = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{Z^2} - \frac{1}{R^2}}}$$

Herover er det vist, hvordan formlen kan omskrives.

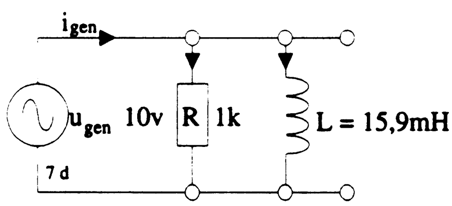
Overgangsfrekvensen for ledet er den frekvens hvor XL = R.

Ved fo er strømmen i spolen og modstanden lige store.

fo kan findes på følgende måde.

fo = R / 2π x L

For det viste led skal generatorstrømmen beregnes ved følgende frekvenser
100Hz, 1kHz, 10kHz, 100kHz og 1MHz



Først skal XL beregnes

XL ved 100Hz = ____________________

XL ved 1kHz = ____________________

XL ved 10kHz = ____________________

XL ved 100kHz = ____________________

XL ved 1MHZ = ____________________

Derefter skal Z beregnes.

Z ved 100Hz = ____________________

Z ved 1kHz = ____________________

Z ved 10kHz = ____________________

Z ved 100kHz = ____________________

Z ved 1MHZ = ____________________

Når man kender den samlede impedans kan strømmen findes.

igen ved 100Hz = ____________________

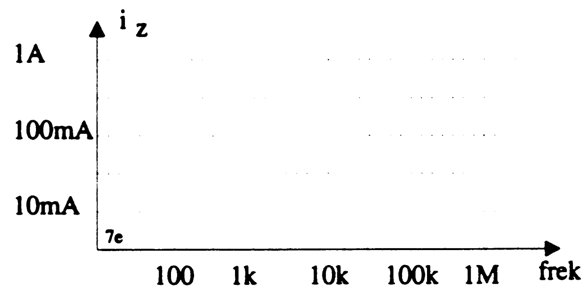
igen ved 1kHz = ____________________

igen ved 10kHz = ____________________

igen ved 100kHz = ____________________

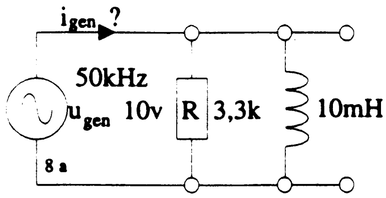
igen ved 1MHZ = ____________________

Indtegn generatorstrømmen som funktion af frekvensen i koordinatsystemet.



8. Opgaver.

Opgave 1.

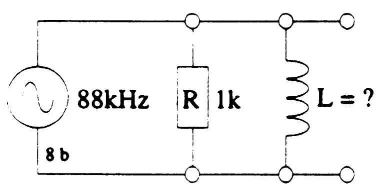


Beregn den samlede impedans og i_{gen} ved 50kHz.

Z = ______________________________

i_{gen} = ______________________________

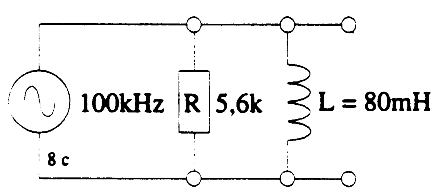
Opgave 2.



Det viste led skal have en fo på 88kHz.
Beregn L.

L = ______________________________

Opgave 3.

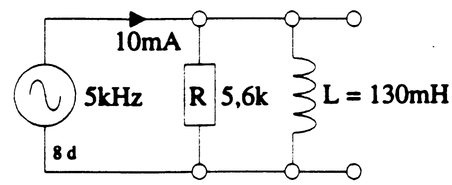


Beregn fo og i_{gen} ved 100kHz.

fo = ______________________________

i_{gen} = ______________________________

Opgave 4.

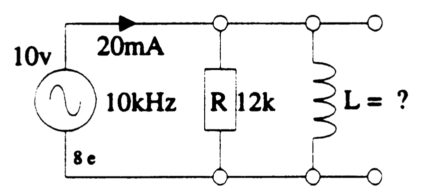


På det viste led måles igen til 10mA ved 5kHz.

Beregn u_{gen}

u_{gen} = ______________________________

Opgave 5.



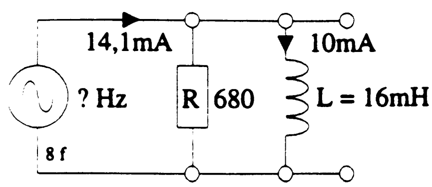
For det viste led ønskes en generatorstrøm på 20mA ved 10kHz.

Beregn iR og L.

iR = ______________________________

L = ______________________________

Opgave 6.

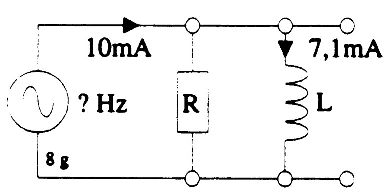


I den viste opstilling måles strømmen til 14,1mA og iL til 10mA.
Beregn u gen og generatorfrekvensen.

u gen = ____________________

f gen = ____________________

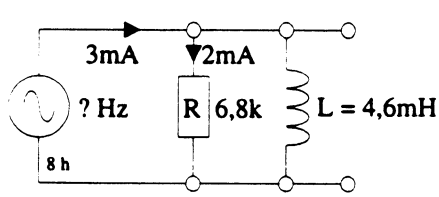
Opgave 7.



I den viste opstilling måles i gen til 10mA og i L til 7,1mA.
Beregn iR.

iR = ____________________

Opgave 8.

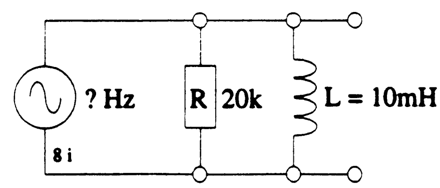


I den viste opstilling måles der 2mA i modstanden og 3mA fra generatoren.
Beregn fgen og iL.

fgen = ____________________

iL = ____________________

Opgave 9.

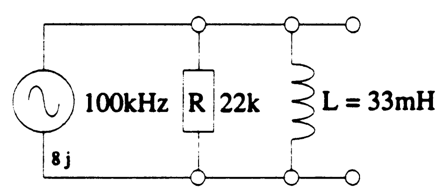


I den viste opstilling måles den samlede impedans til 12k.
Beregn XL og fgen.

XL = ____________________

f gen = ____________________

Opgave 10.



I den viste opstilling måles der 6v over spolen. Generatorfrekvensen er 100kHz.
Beregn iR og i gen.

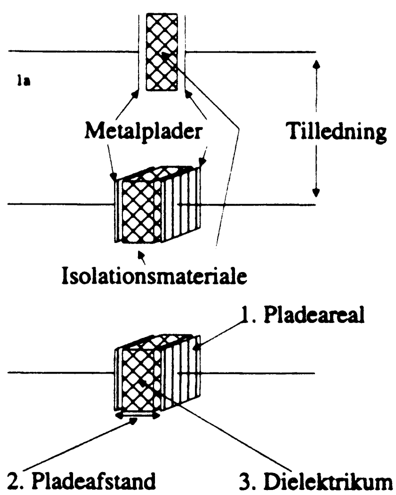
iR = ____________________

i gen = ____________________

Kondensatorer.

Disposition.

1. Kondensatorens opbygning.



Af tegningen fremgår det, at en kondensator i princippet er 2 metalplader adskildt af et isolationsmateriale.
En kondensators kapacitet -størrelse- måles i Farad.
De faktorer der bestemmer kapaciteten er:

a. Pladernes areal.

b. Afstanden mellem pladerne.

c. Isolationsmaterialets dielektricitetskonstant. Det kan oversættes til materialets evne til, at overføre elektriske kraftlinier fra den ene plade til den anden.

a. Pladearealets betydning.
Kondensatorens kapacitet er ligefrem proportional med pladearealets størrelse. Det betyder, at hvis pladearealt fordobles, stiger kapaciteten til det dobbelte.

b. Betydningen af pladeafstanden.
Man kan ved forsøg vise, at kapaciteten er omvendt proportional med pladernes afstand. Det betyder, at øges pladeafstanden til det dobbelte, falder kapaciteten til det halve.

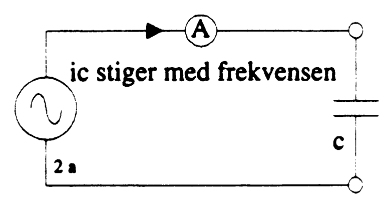
c. Betydningen af isolationsmaterialet.
Det materiale der sidder mellem de to metalplader, kan f.eks være polystyren, glimmer, keramik eller luft. Hvis det er luft, er dielektrisitetskonstanten 1.

Hvis det erstattes polystyren, der har en dielektrisitetskonstanten på f. eks. 100, bliver kondensatorens kapacitet 100 gange større.

Se også afsnit 2.14 i LF og DC-teknik

2. Kondensatoren som vekselstrømsmodstand.

En kondensator i et elektriske kredsløb, arbejder næsten altid sammen med en modstand eller en spole. For at forstå samspillet mellem kondensatoren og andre komponenter, er det nødvendigt at have et grundigt kendskab til kondensatoren som komponent.



Tilsluttes en kondensator til en vekselstrømsgenerator, viser det sig at strømmen i kondensatoren stiger med frekvensen. Det betyder at kondensatorens vekselstrømsmodstand er frekvensafhængig.
Vekselstrømsmodstanden kaldes også for reaktansen og benævnes Xc. Man kan vise at reaktansen Xc er afhængig af kondensatoren og frekvensen.

Xc = 1 / 2 x f x c.

Ved omskrivning af formlen kan man finde kondensatoren c eller frekvensen f.

c = 1 / 2 x f x Xc

f = 1 / 2 x Xc x c

Beregn vekselstrømsmodstande for en kondensator på 159nF, og indsæt værdierne i koordinatsystemet.

Xc ved 100Hz = ____________________

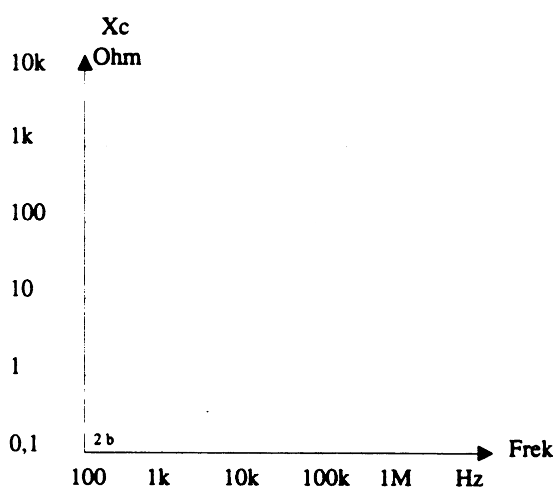
Xc ved 1kHz = ____________________

Xc ved 10kHz = ____________________

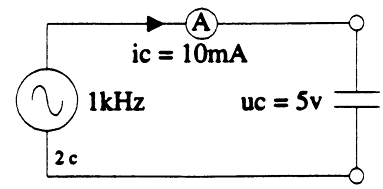
Xc ved 100kHz = ____________________

Xc ved 1MHz = ____________________

Strøm og spændingsforhold i kondensator.



I en kondensator er strømmen 90° før spændingen. Det får ingen indflydelse på beregningerne, sålænge kondensatoren ikke er sat sammen med en anden komponent.



I det viste eksempel er strømmen målt til 10mA, spændinge er 5v og generatorfrekvensen er 1kHz.

Man kan vise, hvordan Pc, Xc og c beregnes.

Ved hjælp af Ohms lov kan Xc beregnes.

Xc = uc / ic = 5 / 10m = <u>500 Ohm</u>

Når man kender Xc og frekvensen kan c findes.

c = 1 / 2 x f x Xc = 1 / 2 x 1k x 500 ohm

c = <u>318nF</u>

Når effekten i kondensatoren skal beregnes, skal man huske på det faktum, at strøm og spænding ikke er i fase.

Man kan vise, at den effekt kondensatoren optager fra generatoren i den ene halvperiode, bliver afleveret igen i den anden halvperiode.

Med andre ord er effekten, der afsættes i kondensatoren = 0Watt.

Hvis man vil bruge en formel, skal den se ud på følgende måde.

P = u x i x cos Φ.

cos Φ = faseforholdet mellem strømmen og spændingen

P = 5 x 10m x cos90° = <u>0Watt</u>

3. Opgaver.

Opgave 1.

En kondensator på 150µF skal bruges som afkobling i en switch mode netdel.
Switch frekvensen er 20kHz.
Beregn kondensatorens vekselstrømsmodstand.

XC = ______________________________

Opgave 2.

Hvilken kondensator skal der bruges, når den skal have en reaktans på 3,6kOhm ved 2,4kHz.

C = ______________________________

Opgave 3.

Når f = 19kHz og c = 120nF er

XC = ______________________________

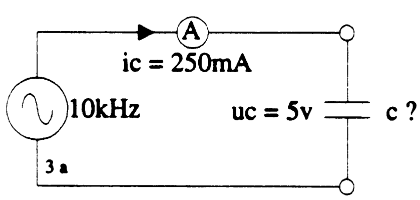
Opgave 4.

Ved hvilken frekvens har en kondensator på 22nF en reaktans på 10kOhm.

f = ______________________________

Opgave 5.

I det viste eksempel er uc = 5v, ic = 250mA og frekvensen er 10kHz

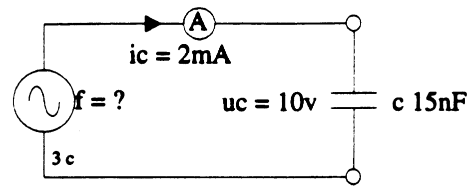


Beregn c.

C = ______________________________

Opgave 6.

I det viste eksempel er frekvensen 10,7MHz, c = 330pF og ic = 50mA.

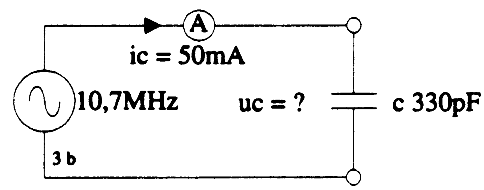


Beregn spændingen over kondensatoren.

uc = ______________________________

Opgave 7.

I det viste eksempel er c = 15nF, uc = 10v og ic = 2mA.

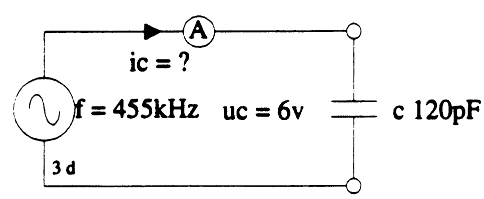


Beregn frekvensen.

f = ______________________________

Opgave 8.

I det viste eksempel er frekvensen = 455kHz, c = 120pF og uc = 6v.



Beregn strømmen i kondensatoren.

ic = ______________________________

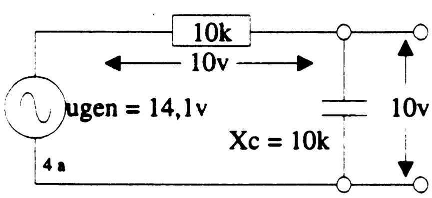
4. Rc-serieled.

Se også afsnit 2.17 i LF og DC teknik.

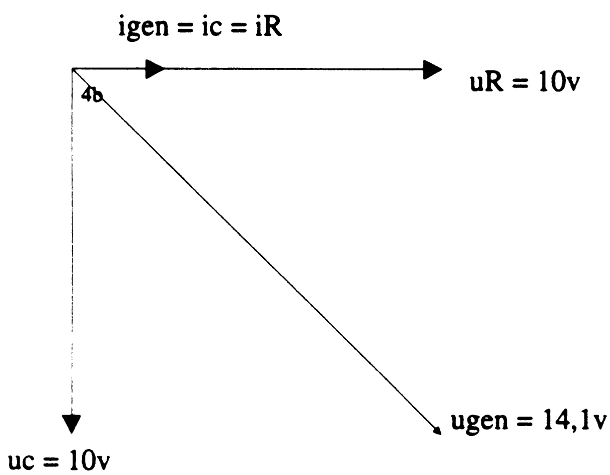
På tegningen ses et RC-serieled. Den samlede vekselstrømsmodstand i leddet kaldes en impedans og benævnese med Z.
Impedansesn betår af en reaktans XC og modstand R

Når den samlede impedans skal findes, kan man IKKE lægge dem sammen.

Z er altså IKKE = XC + R.



Når en kondensator serieforbindes med en modstand, er det nødvendigt at tage hensyn til, at der er en fasedrejning på mellem strøm og spænding.
Derfor skal der bruges et vektordiagram.



I en kondensator er strømmen 90° før spændingen.
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.

Spændingen over kondensatoren er 90° efter strømmen, derfor tegnes den nedad.

I det viste eksempel er Xc = R.
Derfor er uc = uR.

Når uR og R kendes kan strømmen beregnes.

iR = ic = igen = uR / R = 10v / 10k = <u>1mA</u>

Når generatorspændingen skal beregnes er det nødvendigt at bruge Pytagoras.

$$ugen = \sqrt{uR^2 + uc^2} = \sqrt{10^2 + 10^2} = \underline{\underline{14{,}1v}}$$

Ved at omskrive formlen kan uR eller uc findes.

$$uR = \sqrt{ugen^2 - uc^2}$$

$$uc = \sqrt{ugen^2 - uR^2}$$

Hvis man skal finde den samlede impedans af kredsløbet, kan det gøres på følgende måde.

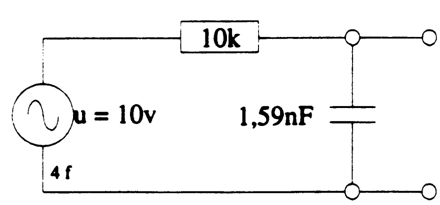
$$Z = \sqrt{R^2 + XC^2} = \sqrt{10k^2 + 10k^2} = \underline{\underline{14{,}1kOhm}}$$

Ved at omskrive formlen kan R eller Xc findes.

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

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

LP- eller HP-led?.

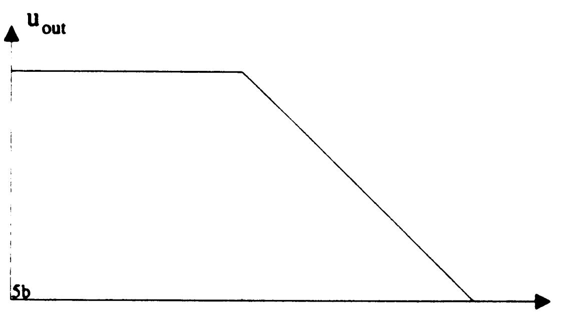


Man skal kunne afgøre, om der er tale om et HP-led eller et LP-led.
Her skal man huske på, at kondensatoren virker som en afbrydelse ved DC.
Hvis man starter med at tilføre en DC spænding til ledet, vil kondensatoren virke som en afbrydelse.

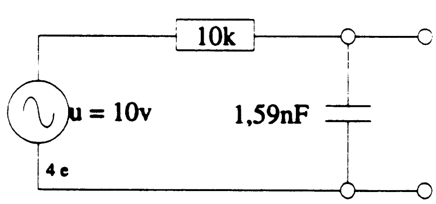
Udgangsspændingen vil derfor være den samme som indgangsspændinge.
Hvis frekvensen ændres vil kondensatorens reaktans falde, og udgangsspændingen vil falde.

Ved den frekvens hvor XC = R, findes overgangsfrekvensen.
Her er udgangsspændingen faldet 3dB.
Udgangsspændingen vil inden overgangsfrekvensen falde lidt.
Efter overgangsfrekvensen falder den med 6dB/oktav eller 20dB/dekade.

Man ser dog ofte at udgangskurven er erstattet af rette linier.



I det følgende skal LP-ledet undersøges nærmere.



Først skal overgangsfrekvensen beregnes. Det er den frekvens hvor Xc = R.
Man går ud fra grundformlen for en kondensator.

Xc = 1 / 2π x f x c.

Ved at omskrive den og erstatte Xc med R fås følgende:

fo = 1 / 2π x R x c.

fo = 1 / 2π x 10k x 1,59nF = 10kHz

Nu kan den samlede impedans ved fo findes.

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

Strømmen i kredsløbet kan nu findes.

igen = iR = ic = iZ = ugen / Z

iZ = ugen / Z

iZ = 10v / 14,14k = 707µA

Når man kender strømmen, kan spændingen over de enkelte komponenter findes.
Ved fo er Xc = R, derfor er spændingen over kondensatoren den samme som spændingen over modstanden.

uc = uR = iZ x R

uc = uR = 707µ x 10k = 7,07v ~ 7,1v

Hvis man skal regne på dæmpningen i dB, kan følgende fremgangsmåde benyttes.

Først regnes dæmpningen i antal gange.
Det gør man ved at dividere udgangsspændingen op i indgangsspændingen.

Dæmpningen i gange = uin / uout

= 10 / 7,1 = 1,41gange.

Herefter tages logaritmen af 1,41 det er = 0,149.
Resultatet ganges nu med 20, det er 3.

Dæmpningen i dB =
20 x Log (uin : uout) =
20 x Log (10 : 7,1) = 3dB.

Hvis man kender XC og den samlede impedans af et RC-led, kan man finde R.

Man går udfra grundformlen, og omskriver den.

Z = $\sqrt{R^2+XC^2}$ det merdfører at

Xc = $\sqrt{Z^2-R^2}$ Her er det

Xc = $\sqrt{14,14k^2-10k^2}$ = $\underline{\underline{10kOhm}}$

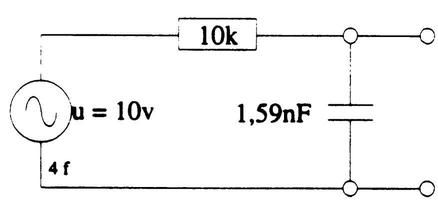
Hvis man kender spændingen over modstanden, og spændingen fra generatoren, kan man finde spændingen over kondensatoren.
Man går udfra grundformlen og omskriver den.

ugen = $\sqrt{uc^2+uR^2}$ det medfører at

uc = $\sqrt{ugen^2-uR^2}$ Her er det

uc = $\sqrt{10^2+7,1^2}$ = $\underline{\underline{7,1v}}$

For det viste led skal u out beregnes ved følgende frekvenser.
100Hz, 1kHz, 10kHz, 100kHz og 1MHz.



Først skal Xc beregnes

Xc ved 100Hz = ____________________

Xc ved 1kHz = ____________________

Xc ved 10kHz = ____________________

Xc ved 100kHz = ____________________

Xc ved 1MHZ = ____________________

Derefter skal Z beregnes.

Z ved 100Hz = ____________________

Z ved 1kHz = ____________________

Z ved 10kHz = ____________________

Z ved 100kHz = ____________________

Z ved 1MHZ = ____________________

Når man kender den samlede impedans, kan strømmen findes.
ic = iR.

iR ved 100Hz = ____________________

iR ved 1kHz = ____________________

iR ved 10kHz = ____________________

iR ved 100kHz = ____________________

iR ved 1MHZ = ____________________

Når man kender strømmen i modstanden og kondensatoren, kan man finde spændingen over kondensatoren.

uc ved 100Hz = ____________________

uc ved 1kHz = ____________________

uc ved 10kHz = ____________________

uc ved 100kHz = ____________________

uc ved 1MHZ = ____________________

Når man kender u out og u in, kan man finde dæmpningen i antal gange og i dB.

Ved 100Hz __________ gange __________ dB

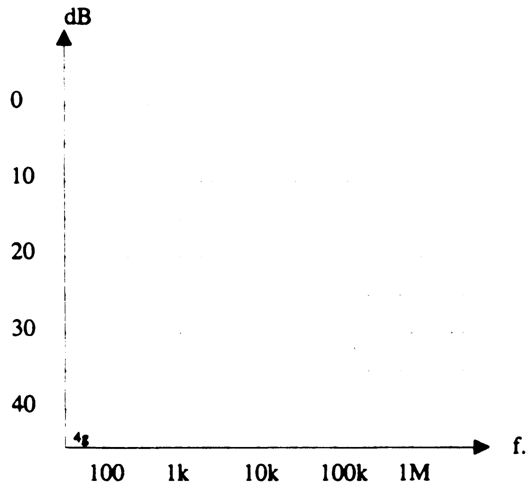
Ved 1kHz = __________ gange__________dB

Ved 10kHz = __________ _gange__________dB

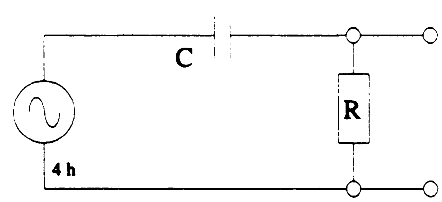
Ved 100kHz = __________ gange__________dB

Ved 1MHZ = __________ _gange__________dB

Indtegn dæmpningen som funktion af frekvensen i koordinatsystemet.



Hvis kondensatoren og modstanden ombyttes, kaldes ledet et højpasled.

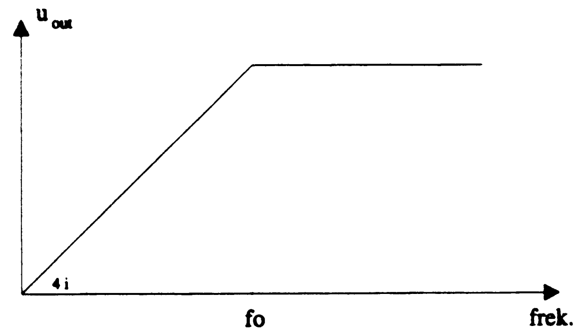


Hvis ledet tilføres en DC spænding, vil udgangsspændingen være 0v, da kondensatoren virker som en afbrydelse.

Hvis indgangssignalets frekvens stiger, falder vekselstrømsmodstanden i kondensatoren. Herved stiger udgangsspændingensi.

Ved overgangsfrekvensen er Xc = R. Her er spændingen over kondensatoren og modstanden lige store.

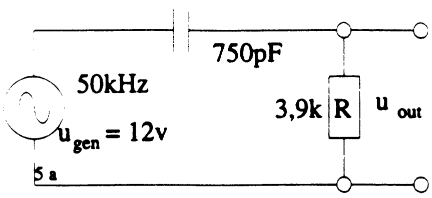
Ved fo er udgangsspændingen faldet 3dB.



Det er de samme formler der anvendes såvel til HP-led som LP- led.

5. Opgaver

Opgave 1.

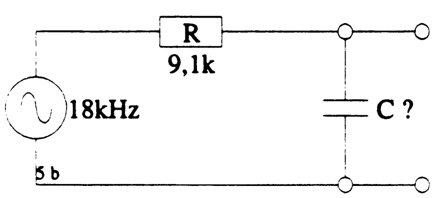


Beregn den samlede impedans og udgangsspændingen ved 50kHz.

Z = ____________________

u out = ____________________

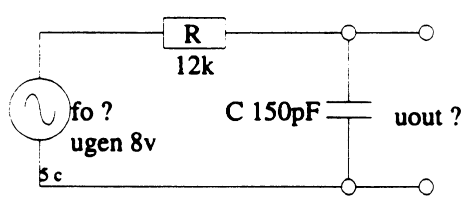
Opgave 2.



Det viste led skal have en overgangsfrekvens på 18kHz.
Beregn C.

C = ____________________

Opgave 3.

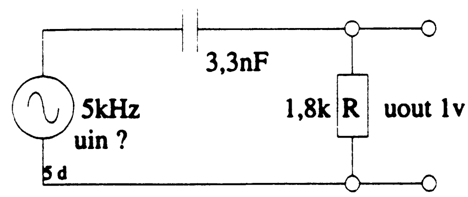


Beregn overgangsfrekvensen og udgangangsspændingen ved 100kHz.

fo = ____________________

u out = ____________________

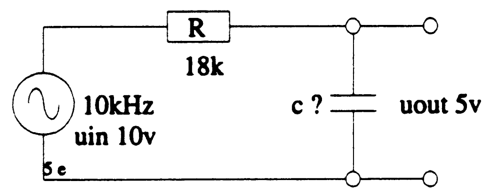
Opgave 4.



På det viste led måles udgangsspændingen til 1v ved 5kHz.
Beregn u in.

u in = ____________________

Opgave 5.

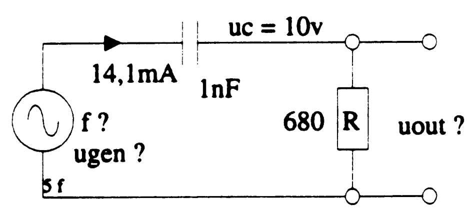


For det viste led ønskes en udgangsspænding på 5v ved 10kHz.
Beregn uR og C.

uR = ____________________

C = ____________________

Opgave 6.



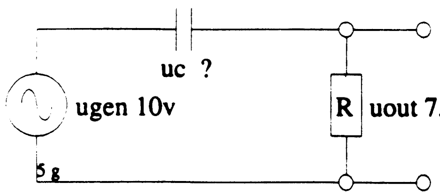
I den viste opstilling måles strømmen til 14,1mA og uC til 10v.
Beregn u gen og generatorfrekvensen.

u gen = ____________________

f gen = ____________________

Opgave 7.

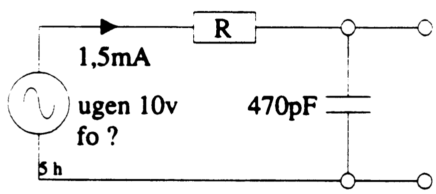
5g



I den viste opstilling måles generatorspændingen til 10v og udgangsspændingen til 7,1v.
Beregn uC.

uC = ____________________________________

Opgave 8.

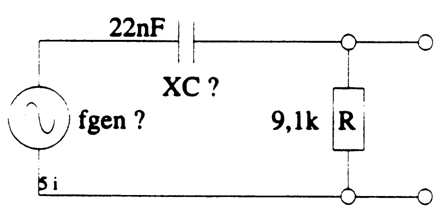


I den viste opstilling måles der 1,5mA ved overgangsfrekvensen.
Beregn fo og R.

fo = ____________________________________

R = ____________________________________

Opgave 9.

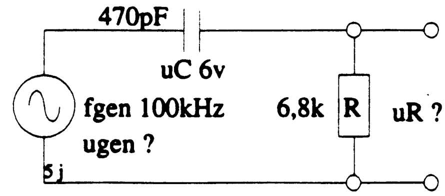


I den viste opstilling måles den samlede impedans til 12k.
Beregn XC og fgen.

XC = ____________________________________

f gen = ____________________________________

Opgave 10.

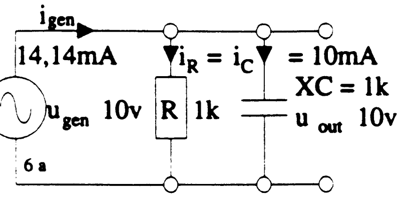


I den viste opstilling måles der 6v over kondensatoren. Generatorfrekvensen er 100kHz.
Beregn generatorspændingen og spændingen over modstanden

uR = ____________________________________

u gen = ____________________________________

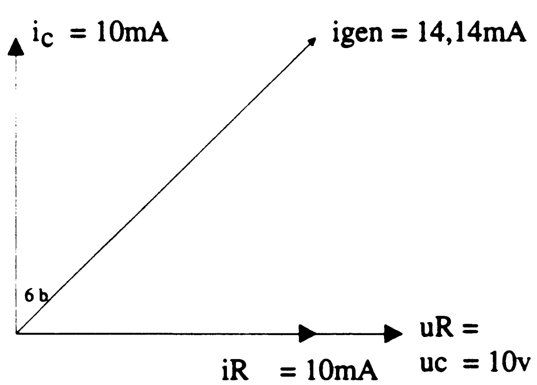
6. RC-parallelled.



Når en reaktans og en modstand parallelforbindes, bliver den samlede impedans altid mindre end den mindste "modstand".

Hvis to almindelige modstande der er lige store parallelforbindes, bliver den samlede modstand det halve af de enkelte modstande.

Når det er en reaktans og en modstand, er der anderledes.
Grunden til det er at strøm og spænding ikke er i fase i reaktansen.
I en kondensator er spændingen 90° efter strømmen.



Vektordiagrammet viser strøm- og spændingsforholdene i en parallelforbindelse af en kondensator og en modstand.
I det viste eksempel er XC = R = 1k og ugen = 10v.
Strømmen i kondensatoren og modstanden er her 10mA, men som det fremgår af tegningen, bliver den samlede strøm IKKE 20mA.

Hvis den samlede strøm skal beregnes, skal man bruge Pythagores.

$$i\ gen = \sqrt{ic^2 + iR^2} = \sqrt{10m^2 + 10m^2} = \underline{\underline{14,14mA}}$$

Når den samlede generatorstrøm og generatorspændingen kendes, kan impedansen findes.

Z = u gen / i gen = 10v / 14,14mA = $\underline{\underline{\text{707 Ohm.}}}$

Skal man finde den samlede impedans, kan man også bruge følgende fremgangsmåde.

6c

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\dfrac{1}{R^2} + \dfrac{1}{Xc^2}}}$$

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\dfrac{1}{1k^2} + \dfrac{1}{1k^2}}} = 707\ \text{Ohm}$$

$$R = \frac{1}{\sqrt{\dfrac{1}{Z^2} - \dfrac{1}{Xc^2}}}$$

$$X_C = \frac{1}{\sqrt{\dfrac{1}{Z^2} - \dfrac{1}{R^2}}}$$

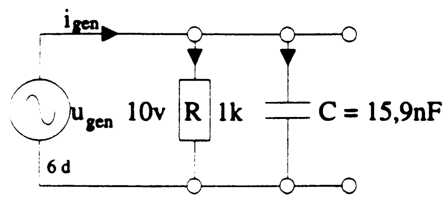
Herover ses det, hvordan formlen kan omskrives.

Overgangsfrekvensen for ledet er den frekvens hvor XC = R.

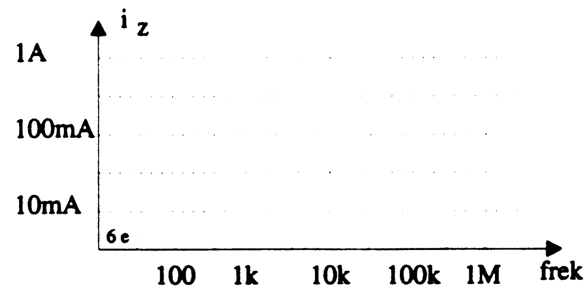
Ved overgangsfrekvensen er strømmen i kondensatoren og modstanden lige store.

Overgangsfreekvensen findes på følgende måde.

fo = 1 / 2π x R x C



Indtegn generatorstrømmen som funktion af frekvensen i koordinatsystemet.



For det viste led skal i gen beregnes ved følgende frekvenser
100Hz, 1kHz, 10kHz, 100kHz og 1MHz

Først skal XC beregnes

XC ved 100Hz = ____________________________

XC ved 1kHz = ____________________________

XC ved 10kHz = ____________________________

XC ved 100kHz = ____________________________

XC ved 1MHZ = ____________________________

Derefter skal Z beregnes.

Z ved 100Hz = ____________________________

Z ved 1kHz = ____________________________

Z ved 10kHz = ____________________________

Z ved 100kHz = ____________________________

Z ved 1MHZ = ____________________________

Når man kender den samlede impedans kan strømmen findes.

igen ved 100Hz = ____________________________

igen ved 1kHz = ____________________________

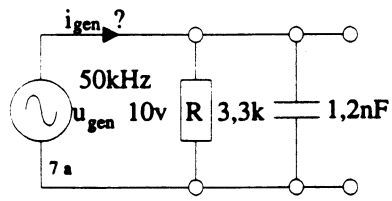
igen ved 10kHz = ____________________________

igen ved 100kHz = ____________________________

igen ved 1MHZ = ____________________________

7. Opgaver.

Opgave 1.

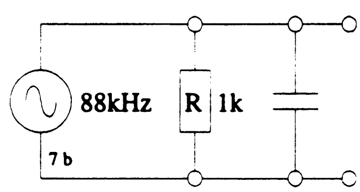


Beregn den samlede impedans og igen ved 50kHz.

Z = ____________________

igen = ____________________

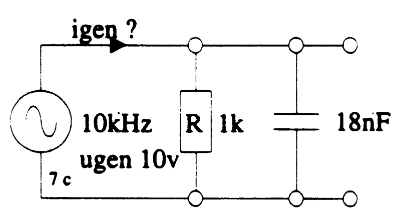
Opgave 2.



Det viste led skal have en fo på 88kHz.
Beregn C.

C = ____________________

Opgave 3.

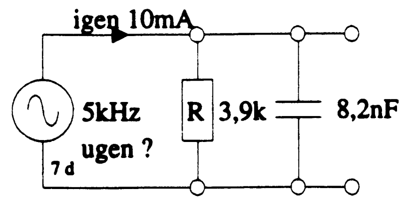


Beregn XC og i gen ved 10kHz.

XC = ____________________

i gen = ____________________

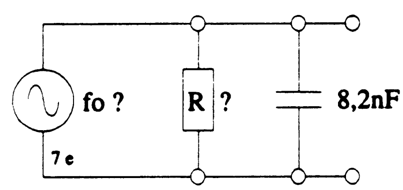
Opgave 4.



På det viste led måles igen til 10mA ved 5kHz.
Beregn u gen

u gen = ____________________

Opgave 5.

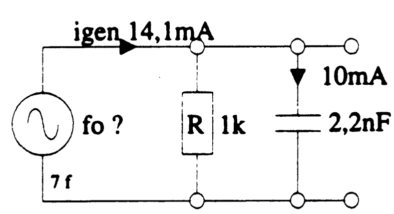


I det viste led er den samlede impedans 15,6k ved overgangsfrekvensen.
Beregn R og fo.

R = ____________________

fo = ____________________

Opgave 6.

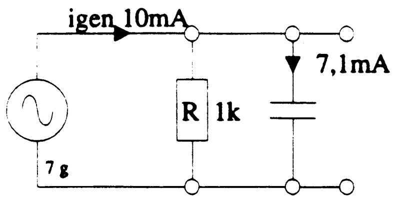


I den viste opstilling måles generatorstrømmen til 14,1mA og iC til 10mA.
Beregn u gen og generatorfrekvensen.

u gen = ____________________

f gen = ____________________

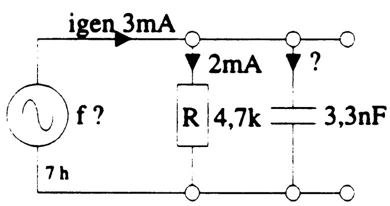
Opgave 7.



I den viste opstilling måles i gen til 10mA og i C til 7,1mA.
Beregn strømmen i modstanden.

iR = ______________________________

Opgave 8.

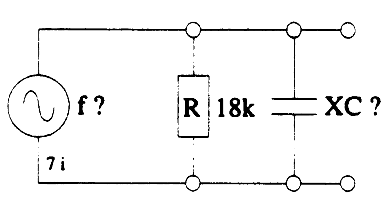


I den viste opstilling måles der 2mA i modstanden og 3mA fra generatoren.
Beregn fgen og iC.

fgen = ______________________________

iC = ______________________________

Opgave 9.

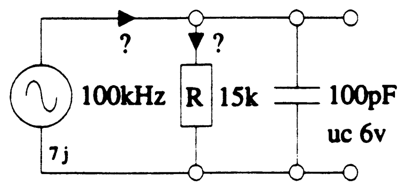


I den viste opstilling måles den samlede impedans til 12kOhm.
Beregn XC og generatorfrekvensen.

XC = ______________________________

f gen = ______________________________

Opgave 10.



I den viste opstilling måles der 6v over kondensatoren. Generatorfrekvensen er 100kHz.
Beregn generatorstrømmen og strømmen i modstanden.

iR = ______________________________

i gen = ______________________________

Svingningskredse.

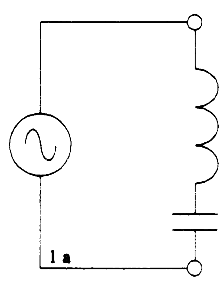
Disposition.

1. Indledning.
2. Seriesvingningskredse.
3. Beregningseksempel.
4. Opgaver.
5. Parallelsvingningskredse.
6. Beregningseksempel.
7. Opgaver.

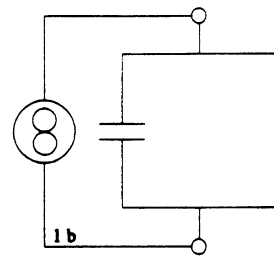
Indledning.

Svingningskredse danner grundlaget for alle former for HF- kredsløb. I dag ser man ofte, at svingningskredse er erstattet af krystalfiltre. Det er dog stadig nødvendig at have et grundigt kendskab til LC-svingningskredse, for at forstå hvordan forskellige HF-kredsløb fungere.

LC-svingningskredse kan deles op i serie- og parallelsvivgningskredse.
Seriesvingningskredsen er lavimpedanset, den kan derfor arbejde sammen med enten en spændingsgenerator eller en strømgenerator.
Parallelsvingningskredsen er højimpedanset, den skal derfor arbejde sammen med en strømgenerator.



Seriesvingningskreds med spændingsgenerator.

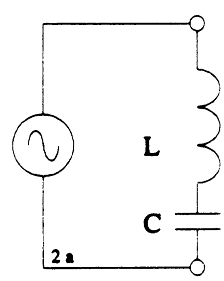


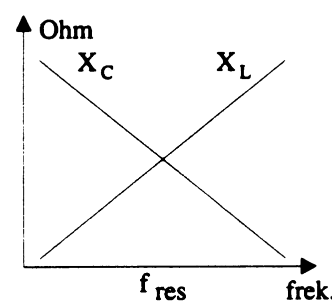
Parallelsvingningskreds med strømgenerator.

2. Seriesvingningskredse.

Se også afsnit 2.1 i HF-teknik.

I tidligere afsnit er spolen og kondensatoren omtalt hver for sig. Det skal nu vises, hvad der sker når komponenterne serieforbindes.

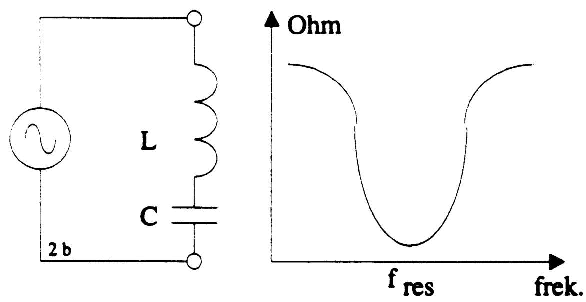




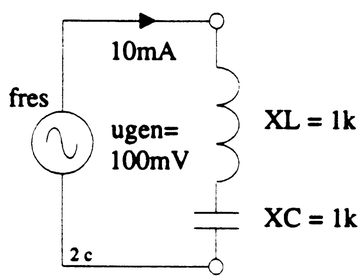
På tegningen er reaktansforløbet for en spole og en kondensator vist.
Frekvensen hvor spolens- og kondensatorens reaktans er lige store kaldes resonansfrekvensen, og benævnes fres.

Ved resonansfrekvensen "optræder" kredsen som en lille modstand. Den samlede værdi er bestemt af spolens tabsmodstand.
Hvis man kunne finde komponenter uden tab, ville kredsen optræde som en kortslutning.
Ved resonansfrekvensen er generatorstrømmen og generatorspændingen i fase. Derfor siger man, at kredsløbet er "Ohmsk".

På tegningen er impedansforløbet for seriesvingningskredsen vist.



Eksempel 1.



Ved resonansfrekvensen er XL = XC.
I det viste eksempel er XC og XL = 1kΩ, og generatorstrømmen er 10mA.
Da det er en seriekreds, er strømmen den samme i spolen og kondensatoren.
Når man kender strømmen i en komponent og komponentens reaktans, kan man finde spændingen over komponenten.

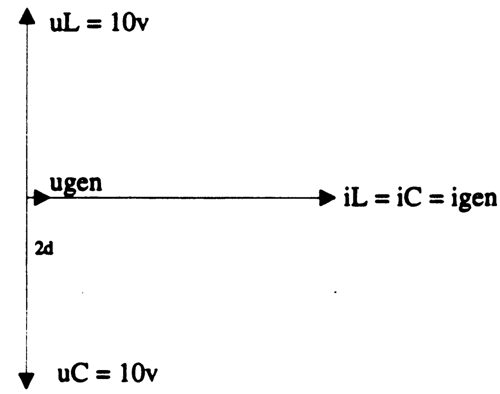
uL = XL x iL = 1k x 10mA = 10volt

uC = XC x iC = 1k x 10mA = 10volt

Hvis det havde været 2 almindelige modstande, havde den samlede spænding over kredsen været 20volt.

MEN DET ER DET IKKE, DERFOR BLIVER RESULTATET ET ANDET.

Af vektordiagrammet for kredsløbet fremgår det, at strømmen er fælles. Den er tegnet på den vandrette akse.



I en spole er spændingen 90° før strømmen, derfor er uL tegnet opad.
I en kondensator er spændingen 90° efter strømmen, derfor er uC tegnet nedad.

Spændingen over spolen og kondensatoren er lige store, men de er i modfase. Derfor siger man, at de to spændinger ophæver hinanden. Den samlede spænding over kredsløbet vil derfor nærme sig 0volt.
Hvis komponenterne havde været uden tab, ville generatorspændingen være 0volt.
I eksemplet er spændingen 100mV.
Når man kender spændingen over kredsløbet og strømmen i kredsløbet kan man finde kredsløbets resonansimpedans.

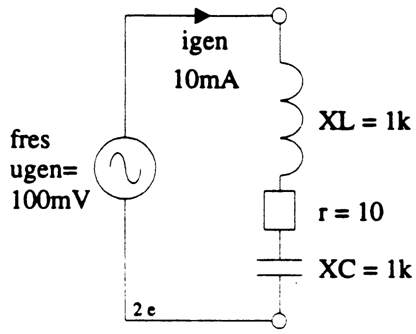
Zres = ugen / igen = 100mV / 10mA = 10Ω

Ved resonansfrekvensen optræder kredsløbet som en lille "Ohmsk" modstand.
På tegningen næste side ses det, at r er tegnet som en selvstændig komponent.
I virkeligheden repræsentere den de samlede tab i kredsløbet. Man ser dog ofte, at den er tegnet for sig selv, i forbindelse med forklaringer til svingningskredse. På fabriksdiagrammer er den aldrig medtaget.

I en seriekreds er resonansimpedansen = r.

Zres = r

I det viste eksempel er r = 10Ω



Resonansfrekvensen er den frekvens hvor
XC = XL.
Hvis man kender L og C kan man finde resonansfrekvensen for kredsløbet.

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

Hvis formlen omskrives, kan man finde henholdsvis L og C

$$L = \frac{1}{(2\pi fres)^2\, xC}$$

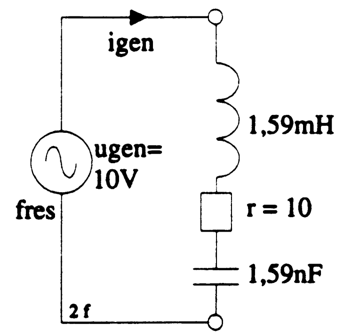
$$C = \frac{1}{(2\pi fres)^2\, xL}$$

Når man kender L og C, kan man finde XL og XC ved resonansfrekvensen.

$$XL = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

I HF-teknik er det vist, hvordan formlerne udledes.

Eksempel 2.



For det viste kredsløb skal følgende beregnes:

fres = ______________________

Zres = ______________________

XL = ______________________

XC = ______________________

igen = ______________________

uL = ______________________

uC = ______________________

Prøv at løse opgaverne, og brug så det efterfølgende som facitliste.

$$fres = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1.59mH x 1.59nF}} = \underline{\underline{100Hz}}$$

I en seriekreds er Zres = r.

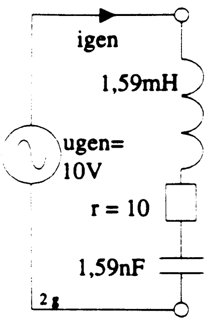
I det viste eksempel er Zres = $\underline{\underline{10\Omega}}$

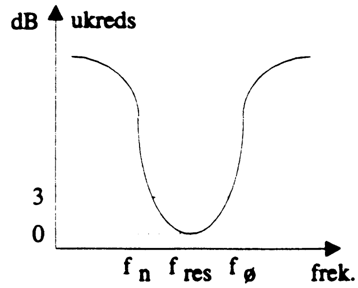
$$XL = XC = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{1.59mH}{1.59nF}} = \underline{\underline{1k\Omega}}$$

igen = ugen / r = 10v / 10Ω = $\underline{\underline{1A}}$

Når man kender igen, XL og XC, kan man finde spændingen over spolen og kondensatoren, da strømmen er fælles i en seriekreds.

uL = uC = XL x igen = 1k x 1A = $\underline{\underline{1000volt}}$





$f_n = 999{,}5kHz$

$f_ø = 1000{,}5kHz$

$f_{res} = 1000kHz$

For kredsløbet er spændingen over det som funktion af frekvensen indtegnet.
På tegningen er fn og fø markeret.
Det er de frekvenser, hvor spændingen over kredsløbet hvor er steget 3dB i forhold til spændingen ved fres.
Forskellen mellem fø og fn kaldes båndbredden.

b3 = fø - fn = 1000,5kHz - 999,5kHz = 1kHz

Det der afgør båndbredden, er kredsløbets tabsmodstand, r.
Hvis r bliver størrer, stiger båndbredden.
Normalt tilstræber man så lille en båndbredde som mulig.
Når man kender kredsløbets båndbredde og resonansfrekvens, kan man finde Q.
Q er et udtryk for kredsløbets "kvalitet". Det skal være så stort som muligt.

Q = fres / b3.

Her er det 100kHz / 1kHz = 100

Man kan også vise, at Q er bestemt af forholdet mennem XL og r

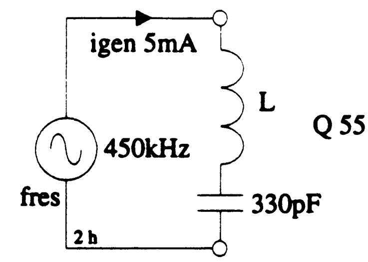
Q = XL / r

Q = 1kΩ / 10Ω = 100

Man kan også vise, at spændingen over spolen eller kondensatoren er Q gange større end spændingen over hele kredsløbet.
Det sidste gælder dog kun ved resonansfrekvensen.

uL = Q x ugen = 100 x 10v = 1000v

Eksempel 3.



For det viste kredsløb skal følgende beregnes.

L = ______________________________

XL = ______________________________

Zres = ______________________________

b3 = ______________________________

ukreds = ______________________________

uL = ______________________________

Prøv at løse opgaverne, og brug så det efterfølgende som facitliste.

Først beregnes L.

$$L = \frac{1}{(2\pi fres)^2 xC} = \frac{1}{(2\pi 450kHz)^2 x330pF} = \underline{\underline{379\mu H}}$$

Herefter beregnes XL

$$XL = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{379uH}{330pF}} = \underline{\underline{1{,}07k\Omega}}$$

Når XL og Q er kendt kan Zres beregnes

Zres = r = XL / Q = 1,07kΩ / 55 = 19,5Ω

b3 = fres / Q = 450kHz / 55 = 8,2kHz

Når Zres og igen er kendte, kan ukreds beregnes

ukreds = Zres x igen = 19,5Ω x 5mA = 97,5mvolt

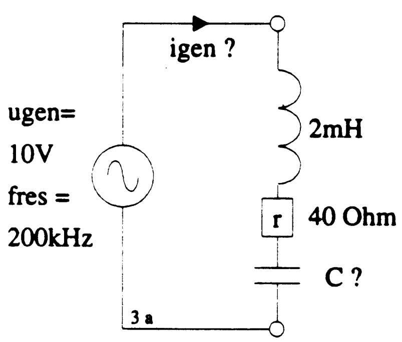
Når XL og igen er kendte, kan uL findes.

uL = XL x igen = 1,07k x 5m = 5,4volt

Man kan også finde uL ved at bruge ukreds og Q.

uL = ukreds x Q = 97,5mv x 55 = 5,4volt

3. Beregningseksempel



Opgaven går ud på at beregne følgende:

C = ______________________

XL = ______________________

Zres = ______________________

b3 = ______________________

Q = ______________________

igen = ______________________

uL = ______________________

uC = ______________________

PL = ______________________

PC = ______________________

Pkreds = ______________________

Prøv at løse opgaverne, og brug det efterfølgende som facitliste.

Først beregnes kondensatoren. Det kan gøres på flere måder. Man kan f.eks gå ud fra grundformlen for resonansfrekvensen, og løse den med hensyn til C.

$$C = \frac{1}{(2\pi fres)^2\, xL} = \frac{1}{(2\pi 200kHz)^2\, x2mH} = \underline{\underline{317pF}}$$

Nu kan XL beregnes. Det kan også gøre på flere måder. Her bruges formlen, der gælder ved resonansfrekvensen.

$$XL = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{2mH}{317pF}} = \underline{\underline{2{,}5k\Omega}}$$

Herefter beregnes resonansimpedansen. Ved resonansfrekvensen er XL og XC lige store, men da de er i "modfase" ophæver de hinanden. Derfor er resonansimpedansen den samme som = r.

Zres = r = 40Ω

Når XL og Zres er fundet, kan Q beregnes.

Q = XL / r = 2,5k / 40 = 62,5

Ved resonansfrekvensen optræder kredsløbet som en lille modstand Zres. Når den er fundet, og når man kender spændingen over kredsløbet, kan man finde generatorstrømmen.

igen = ugen / Zres = 10v / 40Ω = 250mA

Når generatorstrømmen og spolens og kondensatorens vekselstrømsmodstand er kendte, kan man finde spændingen over spolen og kondensatoren.

uL = igen x XL = 250mA x 2,5kΩ = 625volt

uC = igen x XC = 250mA x 2,5kΩ = 625volt

Man kan også benytte sig af det forhold, at spændingen over de enkelte komponenter i et seriekredsløb, er Q gange større end spændingen over hele kredsløbet.

uL = Q x ugen = 62,5 x 10v = 625volt

uC = Q x ugen = 62,5 x 10v = 625volt

Båndbredden findes på følgende måde.

b3 = fres / Q = 200kHz / 62,5 = 3,2kHz

Når effekten i spolen eller kondensatoren skal findes, skal man huske på det faktum, at strøm og spænding ikke er i fase i disse komponenter. I spolen er spændingen 90° før strømmen, og i kondensatoren er det strømmen, der er 90° før spændingen. Den effekt der optages fra generatoren i en spole eller kondensator i den ene halvperiode, afleveres igen til generatoren i den anden halvperiode.

PL = uL x igen x cos Φ, hvor Φ er fasedrejningen mellem strøm og spænding i komponenten.

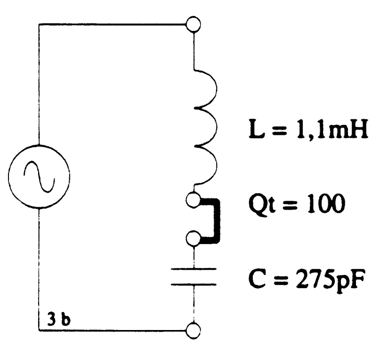
PL = 625v x 250mA x cos 90° = 0 Watt

PC = uC x igen x cos Φ =
625v x 250mA x cos 90° = 0 Watt

Effekten der optages i svingningskredsen, afsættes i serietabsmodstanden r også kaldet Zres.

Pkreds = ukreds x igen = 10v x 250mA = 2,5 Watt

Ubelastet svingningskreds.



Mellem spolen og kondensatoren er der indsat en kortslutningsbøjle på 0Ω.

Følgende skal beregnes i den viste opgave.

fres = ______________________

b3 = ______________________

Zres = ______________________

Prøv at løse opgaven, og brug så det efterfølgende som facitliste.

$$fres = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1,1mHx275fP}} = \underline{\underline{290kHz}}$$

For at finde båndbredden skal man kende Q og fres.
Her er Qt opgivet.
Qt er benævnelsen for Q tomgang, som igen betyder at kredsløbet ikke er belastet.

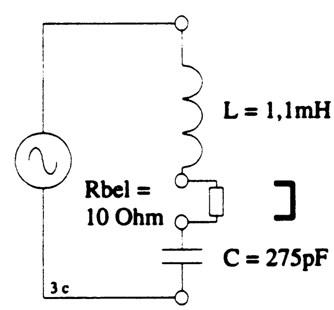
b3 = fres/Qt = 290kHz / 100 = 2,9kHz

For at finde Zres er det nødvendigt at kende XL.

$$XL = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{1,1mH}{275pF}} = \underline{\underline{2k\Omega}}$$

Zres = XL / Qt = 2kW / 100 = 20Ω

Belastet svingningskreds.



Kortslutningsbøjlen er erstattet af en modstand på 10Ω

Opgaven går ud på at finde ud af, hvad der sker med Q, båndbredden og resonansimpedansen, når en seriesvingningskreds belastes af en seriemodstand.

I kredsløbet er der indført en seriemodstand på 10Ω.
Man kan nu finde den belastede resonansimpedans.

Zres bel = Zres + Rbel = 20Ω + 10Ω = 30Ω

Når kredsløbet belastes af en seriemodstand, "belastes" Qt.

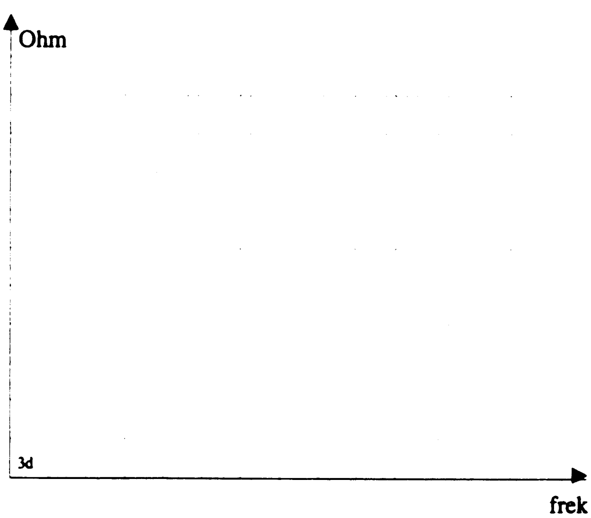
Qbel findes her på følgende måde.

Qbel = XL / Zres bel = 2kΩ / 30Ω = $\underline{\underline{66,7}}$

Når Q falder stiger båndbredden.

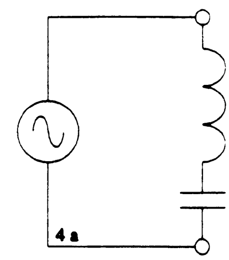
b3 bel = fres / Qbel = 290kHz / 66,7 = $\underline{\underline{4,4kHz}}$

I koordinatsystemet skal du antyde, hvordan impedansforløbet for det ubelastede og det belastede kredsløb kommer til at se ud.
Påfør selv passende værdier på x- og y aksen.



4. Opgaver.

Opgave 1.



uL = 24v

XL = 800 ohm

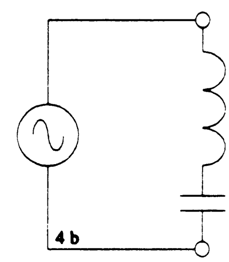
L = 1mH

Beregn C og igen.

C = ________________

igen = ________________

Opgave 2.



Q = 34

L = 14mH

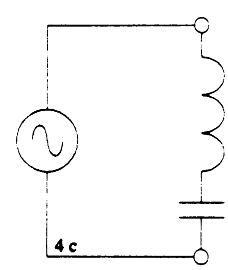
C = 1,2nF

Beregn fres og Zres.

fres = ________________

Zres = ________________

Opgave 3.



Q = 100

Zres = 15 ohm

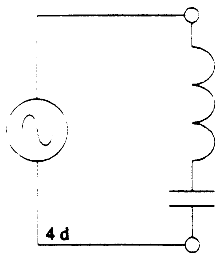
C = 680pF

Beregn L og fres

L = ________________

fres = ________________

Opgave 4.



L = 10mH

fres = 100kHz

ugen = 100mv

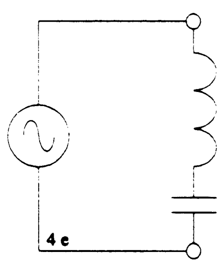
uL = 8v

Beregn C og Q

C = ______________________________

Q = ______________________________

Opgave 5.



L = 1uH

Q = 53,5

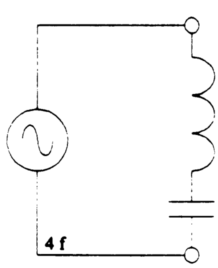
C = 220pF

Beregn b3 og Zres

b3 = ______________________________

Zres = ______________________________

Opgave 6.



ugen = 2,3v

b3 = 68kHz

C = 100pF

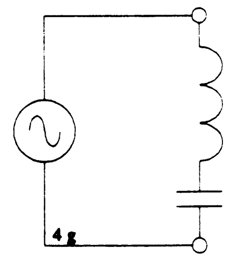
fres = 6,8MHz

Beregn L og igen.

L = ______________________________

igen = ______________________________

Opgave 7.



Q = 45

b3 = 10kHz

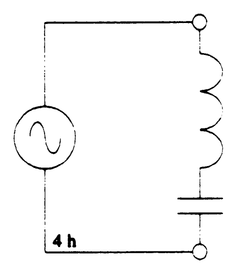
C = 393pF

Beregn fres, L og Zres

L = ______________________________

Zres = ______________________________

Opgave 8.



uL = 10v

iL = 10mA

ugen = 100mv

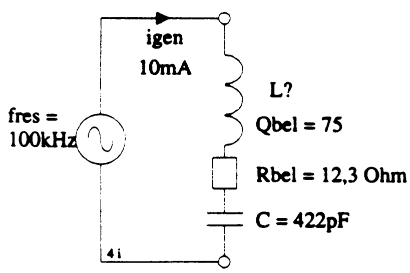
fres = 100kHz

Beregn L og b3.

L = ______________________________

b3 = ______________________________

Opgave 9.

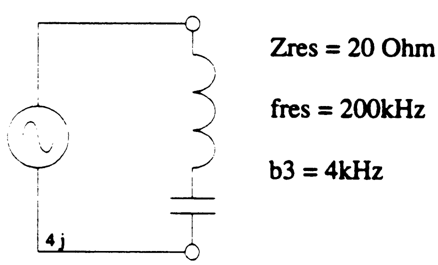


I den viste opstilling måles Qbel til 75 når belastningsmodstanden på 12,3Ω er indsat.
igen = 10mA og C = 422pF.
Beregn L og Qt.

L = ______________________

Qt = ______________________

Opgave 10.

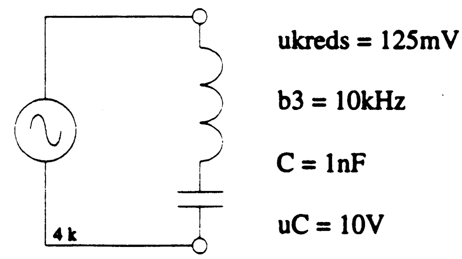


Beregn L og C

L = ______________________

C = ______________________

Opgave 11.



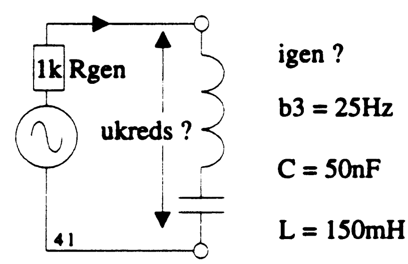
Beregn L, fres og Zres

L = ______________________

fres = ______________________

Zres = ______________________

Opgave 12.

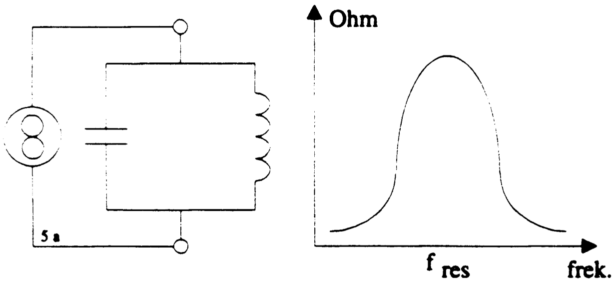


Givet: Generatorens tomgangsspænding = 10V,
L = 150mH og C = 50nF.
Beregn ukreds og igen

ukreds = ______________________

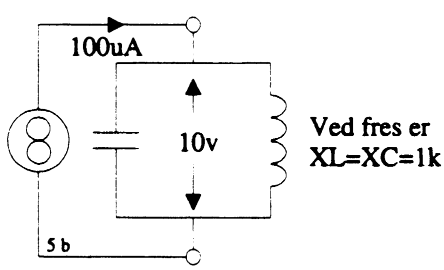
igen = ______________________

5. Parallelkreds.



På tegningen er impedansforløbet for parallelsvingningskredsen vist.
Ved den frekvens hvor spolens- og kondensatorens reaktans er lige store, findes resonansfrekvensen.
Ved resonansfrekvensen "optræder" kredsen som en meget stor modstand, der er bestemt af spolens tabsmodstand.
Hvis man kunne finde komponenter uden tab, ville kredsen optræde som en uendelig stor modstand.
Ved resonansfrekvensen er generatorstrømmen og generatorspændingen i fase. Derfor siger man, at kredsløbet er "Ohmsk".

Eksempel 1

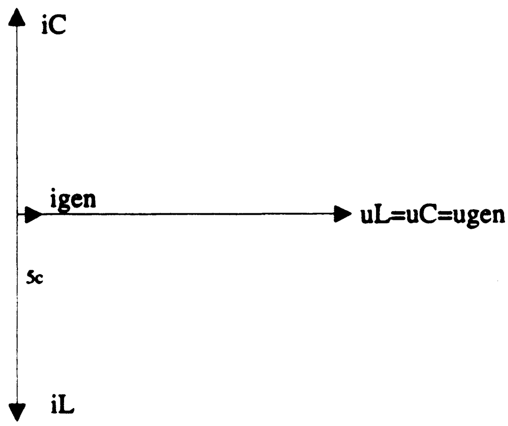


Ved resonansfrekvensen er XL = XC.
I det viste eksempel er XL = XC = 1kΩ.
Generatorstrømmen er målt til 100μA og generatorspændingen er 10v.
Da det er en parallelkreds, er det spændingen over komponenterne, der er fælles.
Når man kender spændingen og komponenternes reaktans, kan man finde strømmen i spolen og kondensatoren.

iL = ugen / XL = 10v / 1kΩ = <u>10mA</u>

iC = ugen / XC = 10v / 1kΩ = <u>10mA</u>

Hvis det havde været 2 almindelige modstande, havde den samlede generatorstrøm været 20mA.
MEN DET ER DET IKKE, DERFOR BLIVER RESULTATET ET ANDET.



Af vektor diagrammet fremgår det, at spændingen er fælles, derfor er den tegnet på den vandrette akse.
I en kondensator er strømmen 90° før spændingen, derfor er den tegnet opad.
I en spole er strømmen 90° efter spændingen, derfor er den tegnet nedad.

Strømmene i kondensatoren og spolen er lige store, men de er i modfase. Derfor siger man, at de to strømme ophæver hinanden. Den samlede strøm fra generatoren, vil nærme sig 0A.
Hvis komponenterne havde været uden tab, ville generatorstrømmen være 0A.
I det viste eksempel er strømmen 100μA.
Når man kender generatorspændingen og generatorstrømmen, kan man finde kredsløbets resonansimpedans.

Zres = ugen / igen = 10v / 100μA = <u>100kΩ</u>

Ved resonansfrekvensen optræder kredsløbet som en stor "Ohmsk" modstand, da generatorstrømmen og generatorspændingen er i fase.
Fra seriekredsen er det kendt, at det er spolens serietabsmodstand der bestemmer resonansimpedansen.
I parallelkredsen kan også man vise, at det er spolens tabsmodstand, der bestemmer resonansimpedansen.

Spolens serietabsmodstand r, bliver transformeret op, så den nu optræder som en stor parallelmodstand R.
I en parallelsvingningskreds er R = resonansimpedansen.

Zres = R

Formlen for resonansfrekvensen er den samme som for seriekredsen.

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

Når man kender L og C, kan man finde XL og XC ved resonansfrekvensen.

$$XL = XC = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

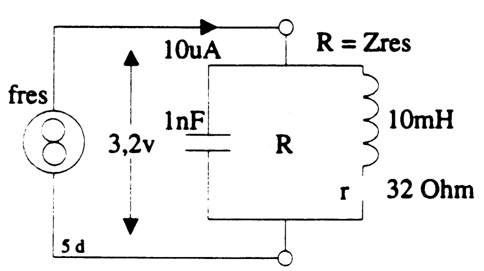
Hvis man kender spolens serietabsmodstand og XL, kan man finde kredsløbets Q.

Q = XL / r

Man kan også finde kredsløbets Q, hvis man kende resonansimpedans og XL.

Q = Zres / XL

Eksempel 2.



For kredsløbet er følgende opgivet.

L = 10mH, - C = 1nF, - igen = 10μA, r = 32Ω og ukreds = 3,2Volt.

For det viste kredsløb skal følgende beregnes.

fres, - XL, - Q, - b3, - Zres, - iC, - iL,
effekten der afsættes i r,
og effekten der afsættes i parallelkredsen.

Når L og C er opgivet, kan resonansfrekvensen findes.

$$fres = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{10mH x 1nF}} = \underline{\underline{50kHz}}$$

Ved resonansfrekvensen er XL = XC

$$XL = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{10mH}{1nF}} = \underline{\underline{3,2k\Omega}}$$

Nu kan spolens Q og dermed kredsløbets Q findes.

Q = XL / r = 3,2kΩ / 32Ω = $\underline{\underline{100}}$

Når man kender resonansfrekvensen og Q, kan man finde kredsløbets båndbredde.

b3 = fres / Q = 50kHz / 100 = $\underline{\underline{500Hz}}$

Når man kender generatorstrømmen og generatorspændingen, kan man finde kredsløbets resonansimpedans.

Zres = R = ugen / igen = 3,2v / 10μA = $\underline{\underline{320k\Omega}}$

Her er en anden måde at finde kredsløbet Q på.

Q = Zres / XL = 320kΩ / 3,2kΩ = $\underline{\underline{100}}$

Strømmen i spolen kan findes på flere måder.
Når man kender spændingen over spolen og spolens reaktans, kan den findes.

iL = ukreds / XL = 3,2v / 3,2kΩ = $\underline{\underline{1mA}}$

Man kan også finde strømmen i spolen, når man kender generatorstrømmen og kredsløbets Q.

iL = Q x igen = 100 x 10μA = $\underline{\underline{1mA}}$

Strømmen i kondensatoren kan findes på flere måder. Når man kender spændingen over kondensatoren og kondensatorens reaktans, kan den findes.

iC = ukreds / XC = 3,2v / 3,2kΩ = 1mA

Man kan også finde strømmen i kondensatoren, når man kender generatorstrømmen og kredsløbets Q.

iC = igen x Q = 10μA x 100 = 1mA

Af det viste fremgår det, at iC = iL ved resonansfrekvensen.

Effekt der afsættes i tabsmodstanden kan findes, da strømmen gennem den kendes.

$Pr = ir^2 \times r\ 1mA^2 \times 32\Omega = 32\mu Watt$

Effekten der afsættes i hele kredsløbet kan findes når generatorstrømmen og generatorspændingen er kendte.

Pkreds = PR = igen x ugen =
10μA x 3,2v = 32μWatt

Den kan også findes ved at bruge Zres og igen.

$PR = igen^2 \times Zres = 10\mu A^2 \times 320kW = 32\mu Watt$

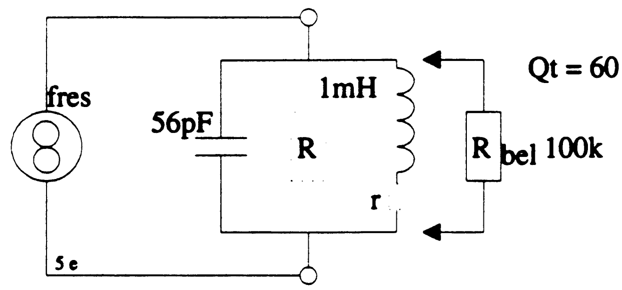
Det viser sig, at den effekt der afsættes i hele kredsløbet, er den samme som effekten der afsættes i spolens serietabsmodstand r.

Man kan vise, at r transformeres op til R i en parallelsvingningskreds.

$Zres = R = r \times (Q^2 + 1) = 32 \times (100^2 + 1) = 320k\Omega$

I HF-Teknik side 39 og 40 er formlen udledt.

Eksempel 3.



For kredsløbet er følgende opgivet:

L = 1mH, - C = 56pF, - Qt = 60 og Rbel = 100kΩ.

Følgende skal beregnes:

fres,- b3,- Zres, - r, - Zres bel, - Qbel og - b3 bel.

Først skal der regnes på kredsløbet, uden at belastningsmodstanden er tilsluttet.

$$fres = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1mHx56pF}} = 673kHz.$$

Qt er kredsløbets Q, inden der tilsluttes en belastningsmodstand.
I eksemplet er den opgivet til 60.

b3 = fres / Qt = 673kHz / 60 = 11,2kHz.

For at finde resonansimpedansen skal man kende XL og Q.

$$XL = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{1mH}{56pF}} = 4,23k\Omega$$

Zres = XL x Qt = 4,23kΩ x 60 = 253,5kΩ

r = XL / Qt = 4,23kΩ / 60 = 70Ω

Det skal her vises, hvad der sker, hvis en parallelsvingningskreds belastes.
I eksemplet er belastningsmodstanden på 100kΩ.

Først beregnes den belastede resonansimpedans.

En parallelsvingningskreds optræder ved resonansfrekvensen som en stor "Ohmsk" modstand.
Når der sættes en belastningsmodstand parallelt over svingningskredsen, vil den samlede modstand blive minder end den mindste modstand.
Da det er 2 "Ohmske" modstande, bruges den almindelige formel for beregning af parallelforbindelser.

Zres bel = Zres // Rbel =
253,5kΩ // 100kΩ = 71,7kΩ

Herefter kan det belastede Q beregnes.
Når kredsløbets samlede modstand er blevet mindre, falder Q.

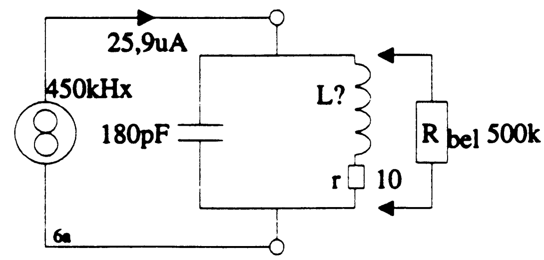
Qbel = Zres bel / XL = 71,7kΩ / 4,23kΩ = 17

Når Q er faldet, vil båndbredden blive større.

b3bel = fres / Qbel = 673kW / 17 = 40kHz.

Af eksemplet fremgår det, at båndbredden altid vil blive større, når en svingningskreds belastes.

6. Beregningseksempel



For kredsløbet er følgende opgivet.
igen = 25,9µA, fres = 450kHz, C = 180pF,
Rbel = 500kΩ og r = 10Ω.

Følgende skal beregnes.
L, - XL, - Qt, - Zres, - ukreds, - iC og b3.
Herefter tilsluttes belastningsmodstanden, og følgende skal beregnes.

Zres bel, - Qbel og b3bel.
Herefter skal det beregnes, hvilken modstand der skal sættes i serie med r, for at "erstatte" Rbel.

Prøv først at løse opgaverne, og noter resultatet herunder.
I det efterfølgende er det vist, hvordan opgaven kan løses. Det kan du bruge som facitliste.

L = ____________________

XL = ____________________

Qt = ____________________

Zres = ____________________

ukreds = ____________________

iC = ____________________

b3 = ____________________

Zres bel = ____________________

Qbel = ____________________

b3bel = ____________________

Seriemodstanden til r = ____________________

Først beregnes spolen. Det gøres, ved at løse grundformlen for resonansfrekvensen med hensyn til L.

$$L = \frac{1}{(2\pi fres)^2 xC} = \frac{1}{(2\pi 450kHz)^2 x180pF} = \underline{\underline{695\mu H.}}$$

Når man kender L og C, kan XL ved resonansfrekvensen beregnes.

$$XL = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{695uH}{180pF}} = \underline{\underline{= 1965\Omega}}$$

Når XL og spolens serietabsmodstand er kendte, kan Qt beregnes.

$Q = Qt = XL / r = 1965\Omega / 10\Omega = \underline{\underline{196,5}}$

Resonansimpedansen kan beregnes på flere måder, når man kender Q, r og XL.

$Zres = Q \times XL = 196,5 \times 1965\Omega = \underline{\underline{386k\Omega}}$

$Zres = (Q^2 + 1) \times r = (196,5^2 + 1) \times 10 = \underline{\underline{386k\Omega}}$

Kredsløbet optræder ved resonansfrekvensen som en "Ohmsk" modstand på 386kΩ.
Når generatorstrømmen samtidig er kendt, kan man beregne generatorspændingen.

$ukreds = Zres \times igen = 386k\Omega \times 25,9\mu A = \underline{\underline{10v}}$

iC kan også findes på flere måder, når man kender igen, ukreds, Q og XC.

$iC = Q \times igen = 196,5 \times 25,9\mu A = \underline{\underline{5,1mA}}$

$iC = ukreds / XC = 10v / 1965\Omega = \underline{\underline{5,1mA}}$

Båndbredden kan findes, når resonansfrekvensen og Q er kendte.

$b3 = fres / Qt = 450kHz / 196,5 = \underline{\underline{2,3kHz}}$

Når kredsløbet belastes af en modstend på 500kΩ, bliver resonansimpedansen mindre.
Den belastede resonansimpedans kaldes Zres bel.

$Zres\ bel = Zres // Rbel = 386k\Omega // 500k\Omega = \underline{\underline{218k\Omega}}$

Når resonansimpedansen er blevet mindre, bliver Q også mindre.

$Qbel = Zres\ bel / XL = 218k\Omega / 1965\Omega = \underline{\underline{111}}$

Når Q falder, stiger båndbredden.

$b3\ bel = fres / Qbel = 450k\Omega / 111 = \underline{\underline{4,1kHz}}$

Nu skal det beregnes, hvilken modstand der skal serieforbindes med r, for at få den samme virkning, som den Rbel forårsagede.
Man kan vise, at en lille seriemodstand kan gøre den samme skade som en stor parallelmodstand.

Man går ud fra grundformlen for Zres.

$Zres = (Q^2 + 1) \times r.$

Når Q er større end 10 kan formlen forenkles.

$Zres = Q^2 \times r.$

Løses den med hensyn til r fås følgende.

$r = Zres / Q^2$

Da kredsløbet blev belastet med en modstand på 500kΩ faldt Q til 111 og Zres blev 218kΩ.
Det er det belastede kredsløb der skal regnes på, derfor er det de belastede størrelser der skal bruges.

$r\ total = Zres\ bel / Qbel^2 / 218k\Omega / 111^2 = \underline{\underline{17,7\Omega.}}$

r total består af r på 10Ω og en seriemodstand R der er ukendt.

$r_{total} = r + R$ det medfører at $R = r_{total} - r$

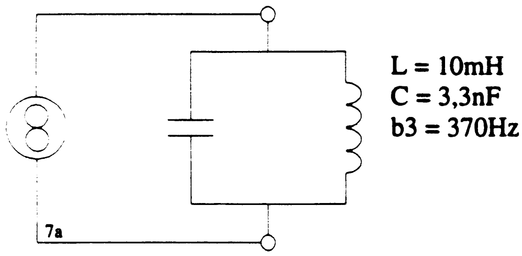
$R = 17,7\Omega - 10\Omega = \underline{\underline{7,7\Omega}}$

Hvis der indsættes en seriemodstand i spolen på 7,7Ω, giver det samme virkning, som hvis spolen parallelforbindes med en modstand på 500kΩ.

Man kan transformere en lille seriemodstand op til en stor parallelmodstand.

7. Opgaver

Opgave 1.

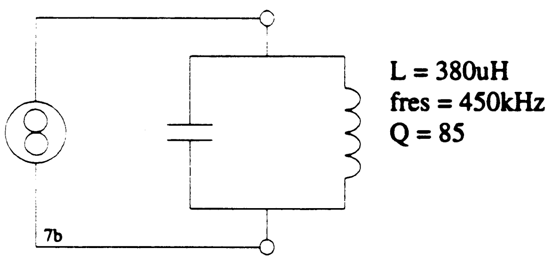


Beregn fres og Q.

fres = ______________________________

Q = ______________________________

Opgave 2.

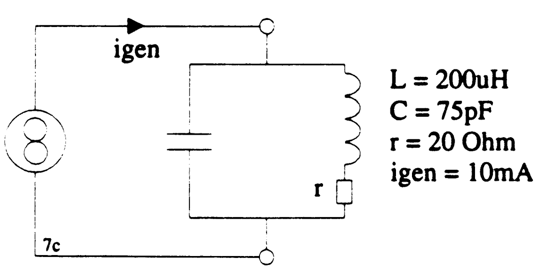


Beregn Zres og C.

Zres = ______________________________

C = ______________________________

Opgave 3.



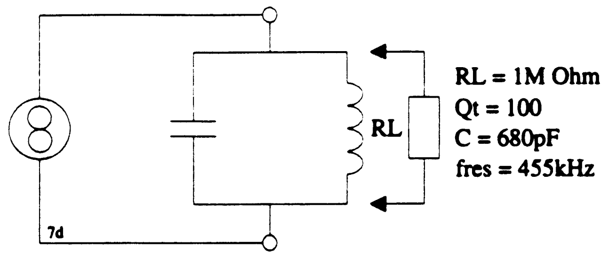
Beregn Zres, ukreds og iC.

Zres = ______________________________

ukreds = ______________________________

iC = ______________________________

Opgave 4.



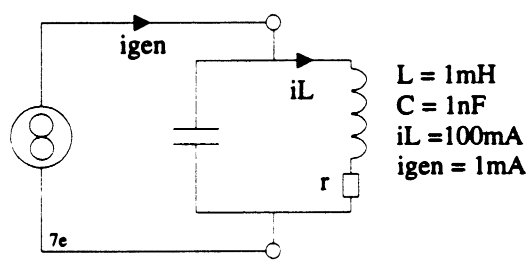
Beregn L, Zresbel og Qbel

L = ______________________________

zresbel = ______________________________

Qbel = ______________________________

Opgave 5.



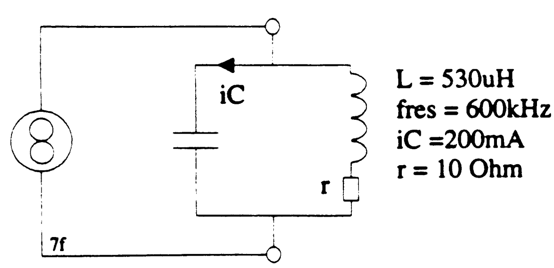
Beregn Zres, ukreds og r.

Zres = ______________________________

ukreds = ______________________________

r = ______________________________

Opgave 6.



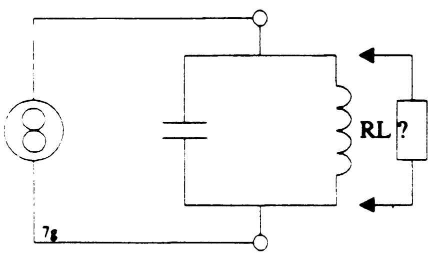
Beregn C, ukreds og Zres.

C = ____________________

ukreds = ____________________

Zres = ____________________

Opgave 7.



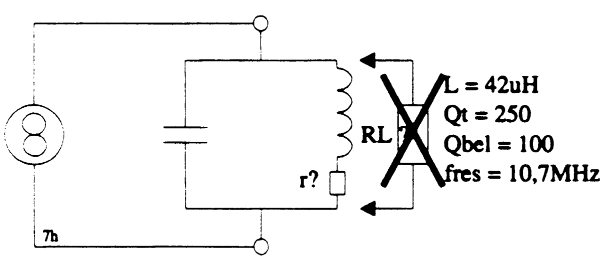
L = 42uH
Qt = 250
Qbel = 100
fres = 10,7MHz

Beregn C og Rbel

C = ____________________

Rbel = ____________________

Opgave 8.

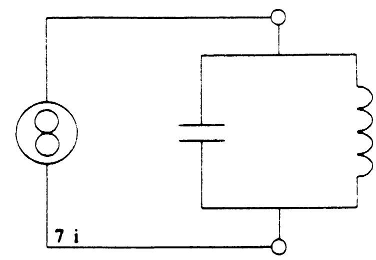


Det er den samme postilling som i opgave 7.

En stor parallelmodstand der belaster spolen, kan erstattes af en lille seriemodstand.
Beregn den modstand, der skal serieforbindes med spolen, så kredsløbet har samme egenskaber som det belastede kredsløb i opgave 7.

Rserie = ____________________

Opgave 9.



igen = 10uA
fres = 10,7MHz
uL = 1,44v
iC = 1mA

Beregn L, C, Q og Zres.

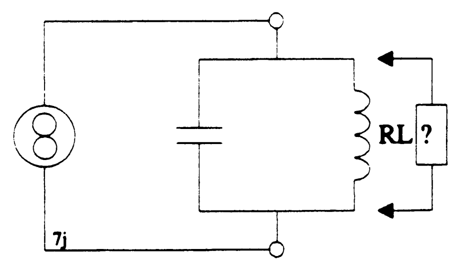
L = ____________________

C = ____________________

Q = ____________________

Zres = ____________________

Opgave 10.



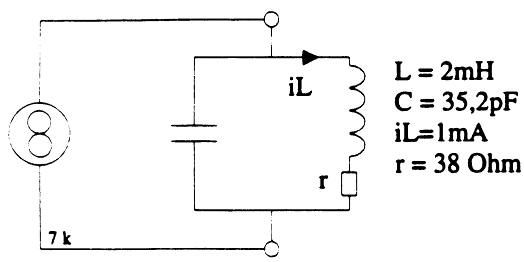
b3 = 4,5kHz
fres = 450kHz

Når kredsløbet belastes med 10kΩ, stiger båndbredden til 9kHz.
Beregn L og C.

L = ____________________

C = ____________________

Opgave 11.



Beregn fres, Q, igen og ugen.

fres = ______________________________

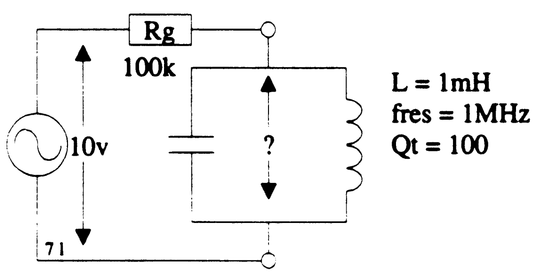
Q = ______________________________

igen = ______________________________

ugen = ______________________________

Opgave 12.

1



Kredsløbets Q er 100. Når generatoren tilsluttes belastes det af Rg på 100kΩ.
Beregn Qbel Zresbel og ukreds når generatoren tilsluttes.

Qbel = ______________________________

Zres bel = ______________________________

ukreds = ______________________________

Impedanstransformering.

Disposition.

1. Indledning.

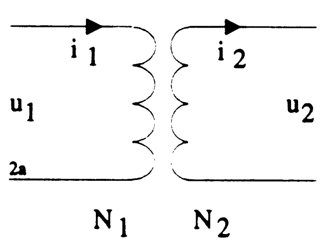
Impedanstransformering kan foretages af to grunde.

a. Enten fordi man ønsker, at en lav belastningsmodstand skal transformeres op, så den ikke belaster den tilhørende svingningskreds.

b. Eller fordi man ønsker impedanstilpasning imellem en generatormodstand og en belastningsmodstand. Herved får man overført maksimal effekt til belastningen.

2. Transformering.

Vi skal starte med at se på den teoretiske transformer. At den er teoretisk betyder her, at der ikke er taget hensyn til tab i den.



n = Omsætningsforholdet

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{u_1}{u_2} = \frac{i_2}{i_1} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} = n$$

u1 = primærspændingen.

u2 = sekundærspændingen.

N1 = antallet af vindinger på primærviklingen.

N2 = antallet af vindinger på sekundærviklingen.

For den viste transformator kan man opstille en formel for spændingstransformeringen. Man kan vise, at u1 forholder sig til u2, som N1 forholder sig til N2.

u1 / u2 = N1 / N2

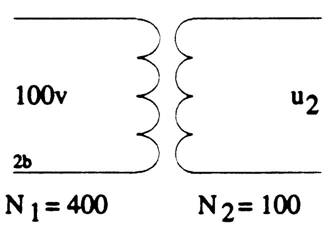
Ved omskrivning af formlen fås:

u2 = (u1 x N2) / N1

Hvis man kender indgangsspændingen og vindingstallet på primær- og sekundærsiden, kan udgangsspændingen findes.

Indgangsspændingen kan transformeres om til en udgangsspænding.

På tegningen ses formlen for omsætningsforholdet.



$$\boxed{\frac{N_1}{N_2} = \frac{u_1}{u_2} = n}$$

$$u_2 = \frac{u_1 \times N_2}{N_1} = \frac{u_1}{n}$$

I det viste eksempel er u1 = 100v, N1 = 400 og N2 = 100.

Omsætningsforholdet er da
N1 / N2 = 400 / 100 = 4

Nu kan udgangsspændingen beregnes.

u2 = u1 / n = 100v / 4 = 25v

Da indgangsspændingen er over viklingen med de mange vindinger, er der tale om en nedtransformering.

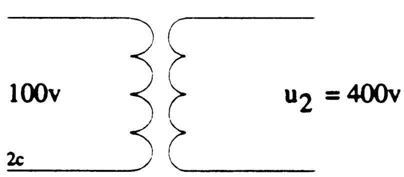
Hvis man ser på indgangsspændingen og vindingstallet N1, kan man beregne det man kalder volt pr. vinding.

u1 / N1 = 100v / 400 = 0,25v

Her er det 0,25v pr. vinding.
Da transformatoren betragtes som tabsfri, er der også 0,25v pr. vinding på sekundærsiden.

Da der er 100 vindinger, bliver udgangsspændingen

100 x 0,25v = 25v



$N_1 = 100$ $N_2 = 400$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{u_1}{u_2} = n$$

$$u_2 = \frac{u_1}{n}$$

Når transformatoren vendes, vil der på primærsiden være 100v over 100 vindinger. Hvis det regnes om til volt pr. vinding giver det 1v pr. vinding.
På sekundærsiden er der nu 400 vindinger. Det giver derfor en udgangsspænding på 400v.

Omsætningsforholdet er

n = N1 / N2 = 100 / 400 = 0,25

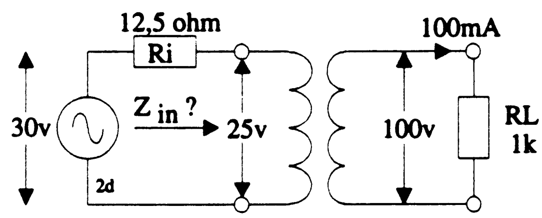
Når formlen bruges ser beregningen ud som følger:

u2 = u1 / n = 100v / 0,25 = 400v

Når man tilfører indgangsspændingen til viklingen med de få vindinger, får man transformeret spændingen op.

Hvis man derimod tilfører indgangsspændingen til viklingen med de mange vindinger, får man transformeret spændingen ned.

Man kan efter behov transformere en spænding op eller ned.



$N_1 = 100$ $N_2 = 400$

$u_t = 30v$ $u_{in} = 25v$ $u_{out} = 100v$

$$n = \sqrt{\frac{Zp}{Zs}} = \sqrt{\frac{Ri}{RL}}$$

Det skal nu vises, at man kan transformere modstande, eller impedanser, op eller ned efter behov.

I eksempelet afgiver generatoren en spænding på 25v til transformatoren. På sekundærsiden måles en spænding på 100v over en belastningsmodstand på 1k Ohm.

Først beregnes strømmen i RL.

iRL = uRL / RL = 100v / 1k = 100mA.

Når man kender strømmen i sekundærviklingen, kan man beregne den i primærviklingen.

iprimær = isekundær / n = 100m / 0,25 = 400mA.

Når spændingen og strømmen på primærsiden er fundet, kan man beregne den modstand transformatoren "ser" ud i, eller belastes af. Den benævnes Zin.

Zin = uprimær / iprimær = 25v / 400mA = 62,5 ohm.

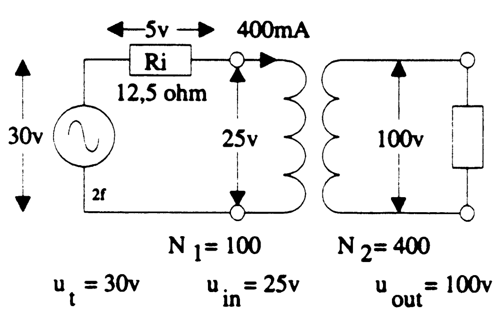
Når der er 25v over primærviklingen, og når strømmen i primærviklingen er 400mA, så er modstanden i primærsiden 62,5 ohm.
Da transformatoren her regnes for tabsfri, er det RL der er transformeret om til primærsiden.

RL sidder på den vikling med de mange vindinger, den bliver derfor transformeret ned.

Det er tidligere vist at omsætningsforholdet =
n = N1 / N2 = u1 / u2.
Det kan her vises at omsætningsforholdet kan beregnes ved hjælp af impedanser.

$$n = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} = \sqrt{\frac{62,5}{1000}} = 0,25$$

Her er Z1 = den impedans generatoren ser ind i, og Z2 er = RL.

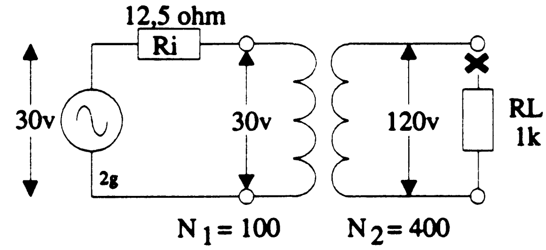


På tegningen er generatorens Ri = 12,5Ohm.
Det skal her vises hvilken værdi den transformeres om til på udgangen.

$Ri' = Ri / n^2 = 12,5 / 0,25^2 = 200$ Ohm.

Ri vil set fra udgangen af transformatoren have en værdi på 200 Ohm.

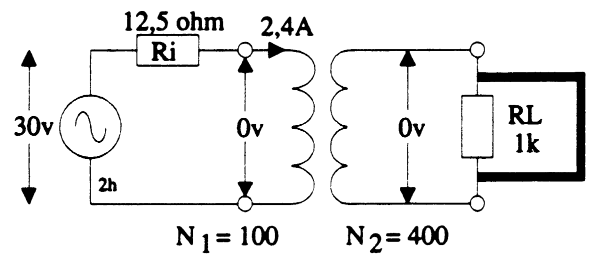
At det er rigtigt, kan man vise på følgende måde.



Hvis RL fjernes, går der ingen strøm i sekundærviklingen, og dermed går der heller ikke strøm i primærviklingen. Over indgangen er der 30v, det er generatorens tomgangsspænding.
Når der er 100 vindinger, er det 0,3v pr. vinding.
Da der på udgangen er 0,3v pr. vinding, giver det en tomgangsspænding på
400 x 0,3v = 120v.

Bruges formlen fås følgende:

u2 = u1 / n = 30v / 0,25 = 120v.



Hvis RL kortsluttes, er der 0v på udgangen.
Der er 0v pr. vinding.
Når udgangen kortsluttes er der også 0v på indgangen. Man kan nu beregne strømmen i primærviklingen.

utomgang / Ri = 30v / 12,5Ohm = 2,4A

Når man kender kortslutningsstrømmen i primærviklingen, kan kortslutningsstrømmen i sekundærviklingen bergnes.

isekundær = iprimær x n = 2,4A x 0,25 = 600mA.

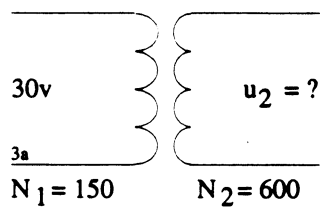
Når man kender tomgangsspændingen og kortslutningsstrømmen kan man finde Ri.

Ri = Ut / ik = 120v / 600mA = 200 Ohm.

Med en transformator kan man transformere impedanser fra den ene side til den anden. På den side hvor der er flest vindinger, er den største impedans, og på den side hvor der er færrest vindinger, er den mindste impedans.

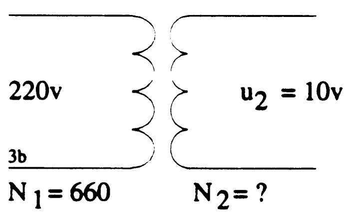
3 Opgaver.

Opgave 1.



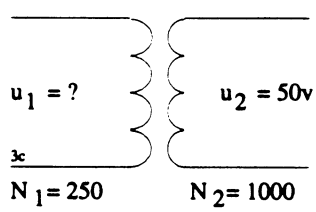
Beregn u2.______________________________

Opgave 2



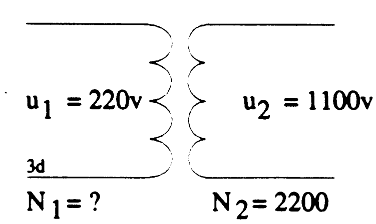
Beregn N2.______________________________

Opgave 3



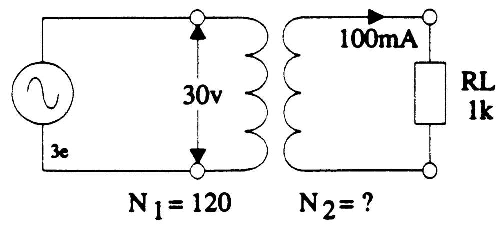
Beregn u1.______________________________

Opgave 4.



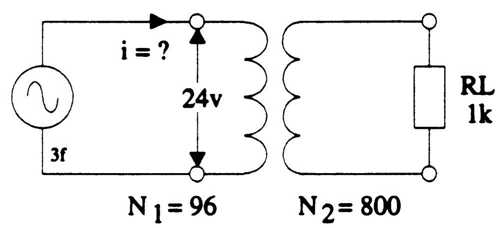
Beregn N1. ______________________________

Opgave 5.



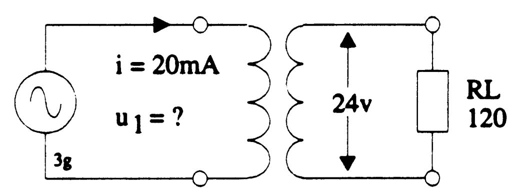
Beregn N2. ______________________________

Opgave 6.



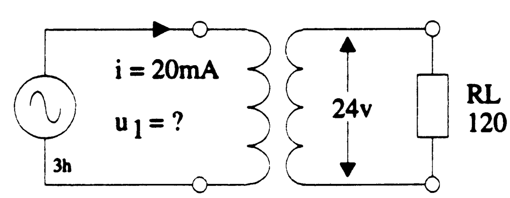
Beregn i1. ______________________________

Opgave 7.



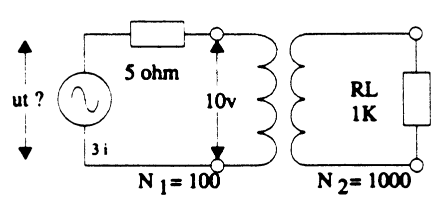
Beregn u1. ______________________________

Opgave 8.



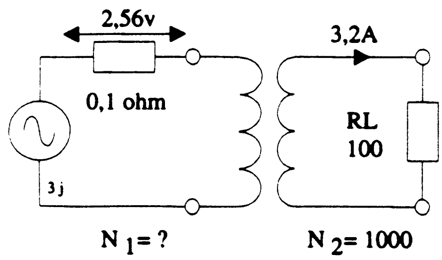
Beregn N2. ______________________________

Opgave 9.



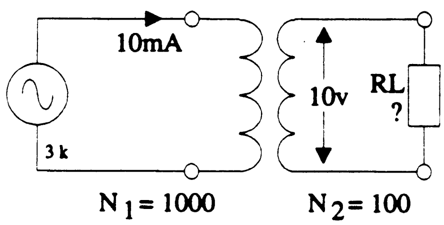
Beregn ut. ______________________________

Opgave 10.



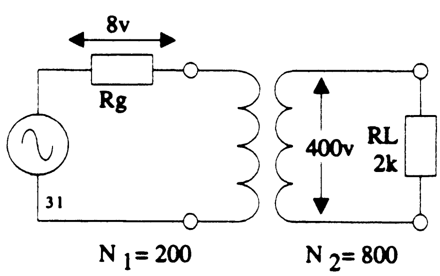
Beregn N1.____

Opgave 11



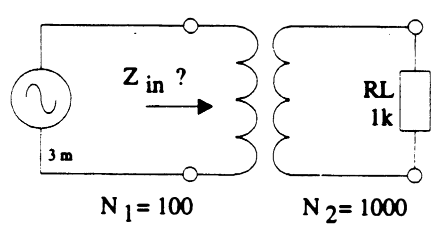
Beregn RL. ____

Opgave 12.



Beregn Rg. ____

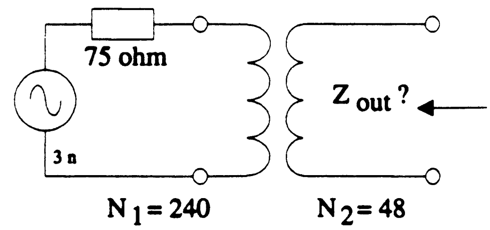
Opgave 13.



Hvilken impedans ser generatoren ind i?

Zin = ____

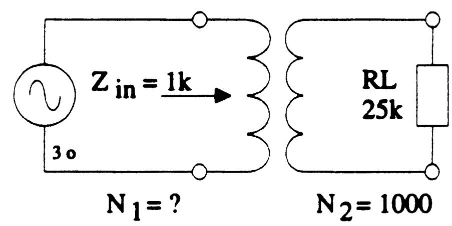
Opgave 14.



Hvilken impedans kan man måle på udgangen?

Zout = ____

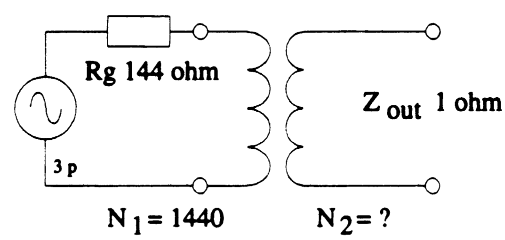
Opgave 15.



Generatoren ser ind i en impedans på 1k ohm.

Beregn N1.____

Opgave 16.



Transformatorens udgangsimpedans er 1 ohm.

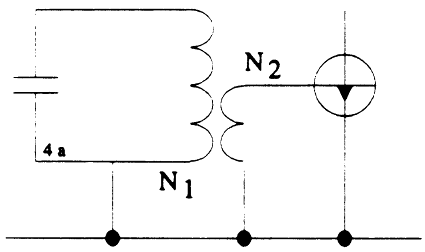
Beregn N2. ____

4. Impedanstransformering med induktivt udtag.

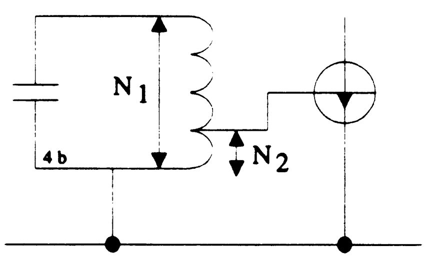
I det følgende skal vi se på impedanstransformeringen i en parallelsvingningskreds. Grunden til at man laver impedanstransformering på en svingningskreds er, at man vil nedsætte belastningen af kredsen. Det kan gøres enten ved hjælp af et udtag, eller ved hjælp af en link.

Når en svingningskreds belastes, falder Q'et, og derved stiger båndbredden.

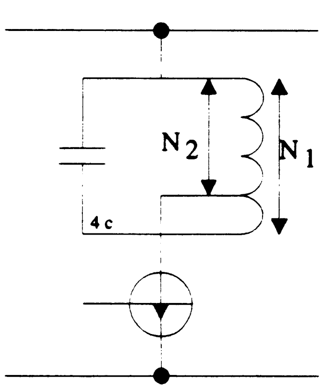
Her er vist 3 eksempler på impedanstransformering ved tilkobling af en transistor til en parallelkreds.



Tilkobling via en link.



Tilkobling via et udtag.



Tilkobling via et udtag.

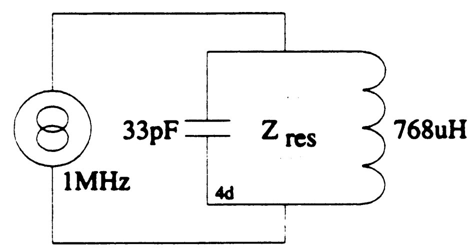
Først betragtes den ubelastede svingningskreds, og samtidig repeteres noget af det, der er gennemgået i tidligere afsnit.

Resonansfrekvensen skal være 1MHz.
Beregn c og afrund til nærmeste standardværdi når Xc skal være 4,8kOhm.

c = ______________________________

Beregn L så resonansfrekvensen bliver 1MHz.

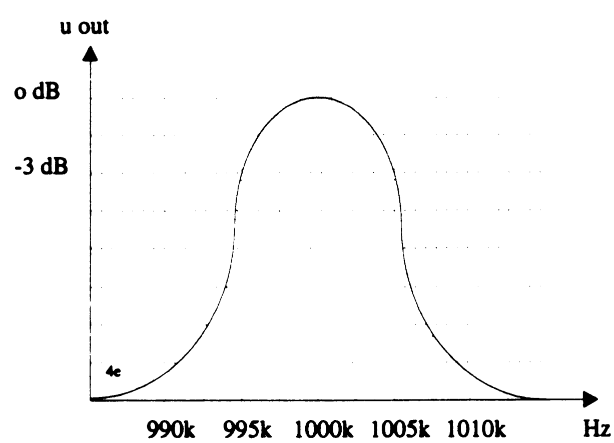
L = ______________________________



På tegningen ses komponentværdierne. Herefter skal kredsløbets resonansimpedans beregnes.

På næste tegning ses gennemgangskurven.
Ud fra den skal du finde svingningskredsens Q.

Q = ______________________________



Q'et er fres / b3 = 1MHz / 10kHz = 100

Når man kender Q og Xc kan man beregne Zres.

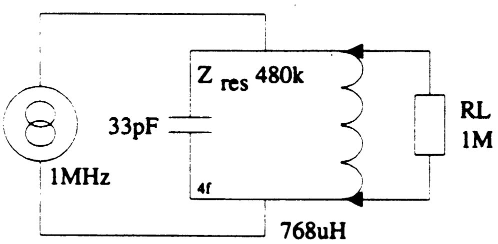
Zres = Q x Xc = 100 x 4,8k = 480k Ohm

Ved resonansfrekvensen optræder kredsen som en meget stor modstand. Hvis man belaster kredsen med f.eks en transistor, falder Q, dermed stiger båndbredden.

På den næste tegning er kredsløbet forsynet med en belastningsmodstand RL.
Beregn Zres bel. - Qbel. og b3 bel.

Zres bel. = ______________________________

Q bel. = ___________b3bel= _______________



Ved resonansfrekvensen optræder kredsen som en stor modstand. Når man tilslutter en belastningsmodstand falder den samlede impedans.

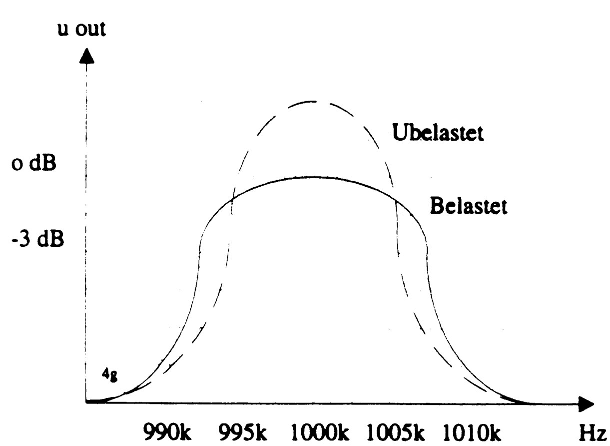
Zres bel. = Zres // RL = 480k // 1M = 323k.

Når Zres kendes kan Qbel findes.

Qbel = Zres bel. / Xc = 323k / 4,8k = 68

Når man kender Qbel. kan man finde b3 bel.

b3 bel = Fres / Qbel. = 1MHz / 68 = 14,7kHz.



Tegningen viser gennemgangskurverne for den ubelastede- og den belastede svingningskreds.

Hvis belastningsmodstanden bliver mindre vil båndbredden stige endnu mere.

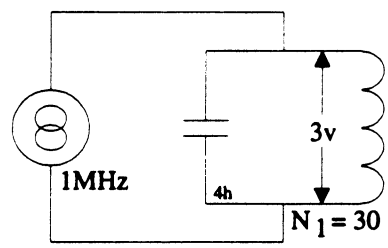
Beregn Zres bel. - Qbel. og b3 bel. hvis RL er 480k.

Zres bel. = ______________________________

Qbel. = ______________________________

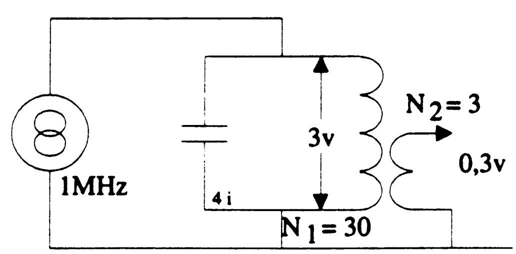
b3 bel. = ______________________________

Hvis parallelsvingningskredsen tilsluttes en transistor med en udgangsimpedans på 10k Ohm, så går det helt galt.
Løsningen er impedanstransformering.



Af tegningen fremgår det at spolen har 30 vindinger. Over hele spolen kan man måle 3v.
Fra tidligere er det kendt, at man kan beregne, hvor mange volt der er pr. vinding.
Her er det 0,1v pr. vinding.

Hvis der tilsluttes en vikling med 3 vindinger, kan det der er beskrevet tidligere i afsnittet bruges.



Z_{res} = 480k L = 768uH c = 33pF

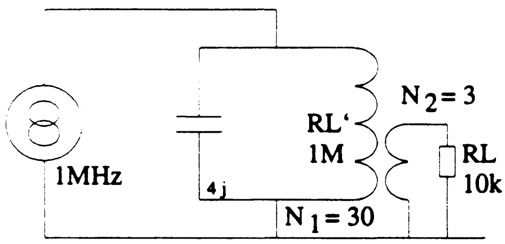
Når man kender vindingstallet på primær- og sekundærviklingen, kan man finde omsætningsforholdet.

n = N1 / N2 = 30 / 3 = 10

Spændingen på udgangen er her:

u2 = u1 / n = 3v / 10 = 0,3v

Når man kender spændingsomsætningsforholdet, benævnt med n, kan man finde impedansomsætningsforholdet. Det er = n^2



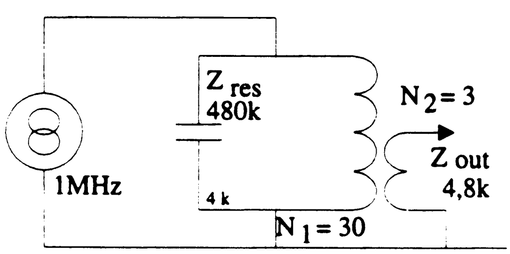
$Z_{res} = 480k$ L = 768uH c = 33pF

Af tegningen fremgår det at RL er transformeret ind i svingningskredsen, her er den benævnt med RL'.

RL'= RL x n^2 = 10k x 10^2 = <u>1M ohm.</u>

Hvis det er svingningskredsen fra side 7 spalte 1, falder Q fra 100 til 68, og båndbredden stiger fra 10kHz til 14,7kHz.
Det er et resultat man må akseptere.
Hvis RL var lagt direkte over kredsen, var Q faldet til ca. 2. Det er ikke brugbart.

Hvis man regner den anden vej, kan man finde ud af hvor stor udgangsimpedansen af svingningskredsen er.



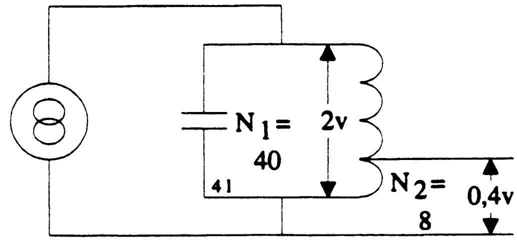
$Z_{res} = 480k$ L = 768uH c = 33pF

Vi ved at Q tomgang er 100, Zres er 480k Ohm og n = 10.

Udgangsimpedansen af kredsen bliver transformeret ned med n^2

Zout = Zres / n^2 = 480k / 10^2 = <u>4,8k</u>

Impedanstransformering med udtag.



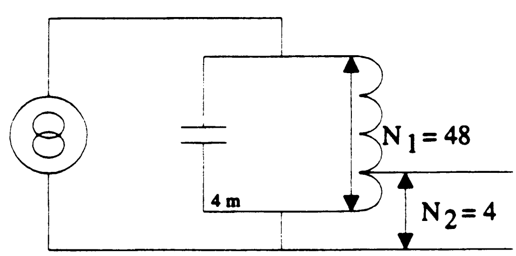
Over den viste svingningskreds er der 2v.
Da indgangsviklingen har 40 vindinger er der 50mv pr. vinding.
Det betyder, at der på udgangen kan måles en spænding på 50mv x 8 = <u>400mv.</u>
Der er sket en nedtransformering af spændingen.
Omsætningsforholdet kan findes på følgende måde:

n = N1 / N2 = 40 / 8 = <u>5.</u>

Når spændingsomsætningsforholdet kan beregnes, kan man beregne impedansomsætningsforholdet.
Det er = n^2

Her er det 5^2 = <u>25.</u>

I en parallelsvingningskreds, kan man lige som i en transformator, transformere spændinger og impedanser op og ned efter behov.
Over viklingen med de få vindinger er den mindste spænding og impedans, og over de mange vindinger de den største spænding og impedans.



For den viste kreds er følgende givet.

L = 350μH, c = 350pF b3 = 5kHz.

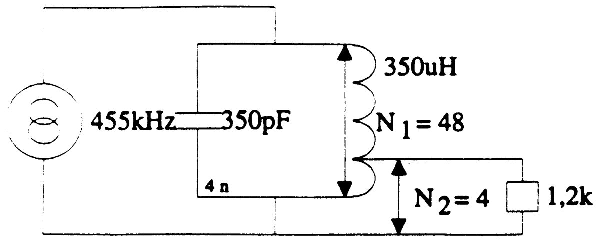
Beregn fres, Zres og Q.

fres = ____________________

Zres = ____________________

Q =

____



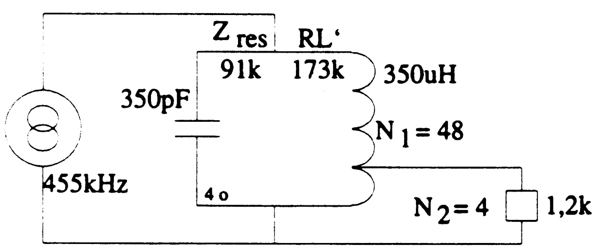
På tegningen kan du kontrollere de beregninger du lige har foretaget.

Med den tilsluttede belastningsmodstand skal du beregne Zres bel, - Q bel og - b3 bel.

Z res bel = ____________________

Q bel = ____________________

b3 bel = ____________________



Af tegningen fremgår det at RL er transformeret ind i svingningskredsen, her benævnes den RL'.

RL'= RL x n ^{2} = 1,2k x 12 ^{2} = 173k

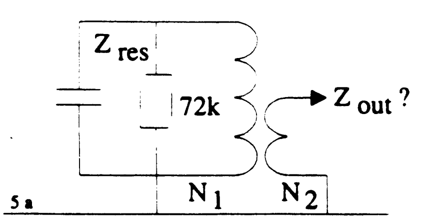
Zres bel = Zres // RL' = 91k // 173k = 60k

Q bel = Zres bel / XL = 60k / 1k = 60

b3 bel = fres / Q bel = 455k / 60 = 7,4k

5. Opgaver

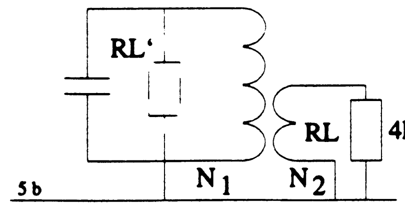
Opgave 1.



Givet N1 = 30, N2 = 5 og Zres = 72k
Beregn Zout.

Zout = ____________________

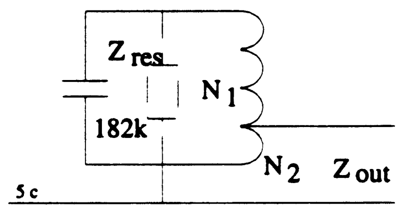
Opgave 2.



Givet N1 = 48, N2 = 8 og RL = 4k
Beregn RL'.

RL' = ____________________

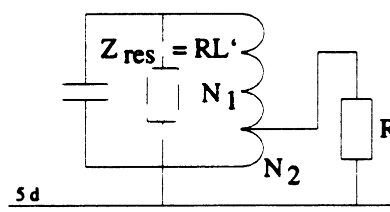
Opgave 3.



Givet N1 = 36, N2 = 4 og Zres = 182k
Beregn Zout

Zout = ____________________

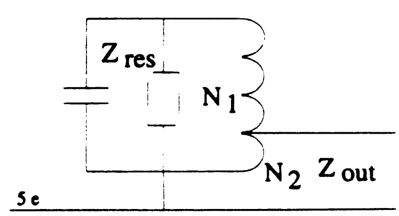
Opgave 4.



Givet N1 = 18, N2 = 4 og RL = 3k
Beregn RL'.

RL'= ____________________

Opgave 5.

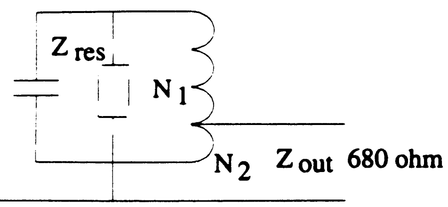


Givet L=6,8mH, c=372pF, Q= 0, N1= 30 og N2 = 6.
Beregn Zres og Zout.

Zres = ____________________

Zout = ____________________

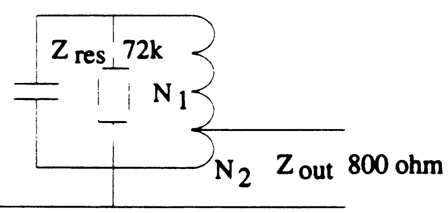
Opgave 6.



Givet L = 56µH, c = 68pF, Zout = 680 ohm,
N1 = 33 og N2 = 4.
Beregn båndbredden.

b3 = ______________________________

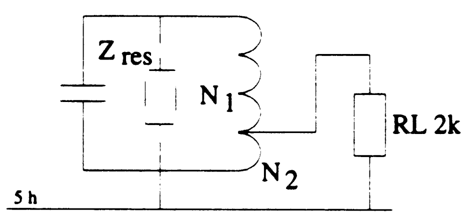
Opgave 7.



Givet Zres = 72,8k Zout = 800 ohm N1 = 27.
Beregn N2.

N2 = ______________________________

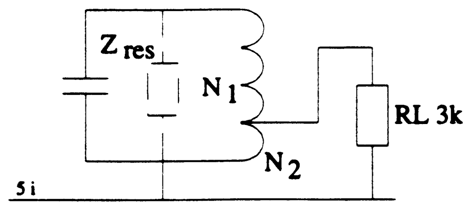
Opgave 8.



Givet L = 100uH, c = 1nF, N2 = 8, RL = 2k
Q ubelastet = Qt = 86 Qbel = 51,5
Beregn N1.

N1 = ______________________________

Opgave 9.

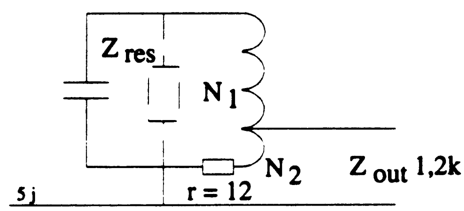


Givet Qt = 78, L = 120uH, c = 240pF, RL = 3k,
N1 = 60 og N2 = 12.
Beregn Qbel og b3bel

Qbel = ______________________________

b3bel = ______________________________

Opgave 10.



Givet L = 191uH, c = 133pF, Zout = 1,2k, N2 = 10 og spolens tabsmodstand r = 12 ohm.
Spolens tabsmodstand udgør de samlede tab i kredsen.
Beregn Zres og N1

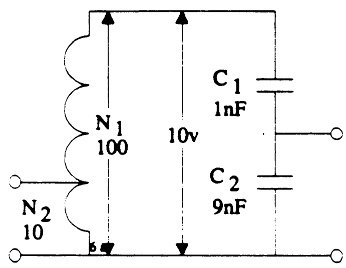
Zres = ______________________________

N1 = ______________________________

6. Impedanstransformering med kapacitivt udtag.

I det følgende skal det vises, at man kan lave impedanstransformering ved at tage signalet ud mellem 2 kondensatorer.

På tegningen ses en svingningskreds med et kapacitivt- og et induktivt udtag. Her skal de to måder, at lave udtag på, sammenlignes.



På det induktive udtag er der et omsætningsforhold på 10.

Her betyder det at der er 1v på udgangen.

På det kapacitive udtag er der også 1v. Selv om man ikke kender frekvensen, kan man beregne spændingen på udgangen, da forholdet mellem Xc1 og Xc2 er konstant ved alle frekvenser.
Man kan vise at

u out = (uin x c1) / c1 + c2 =
(10 x 1nF) / 1nF + 9nF = 1v.

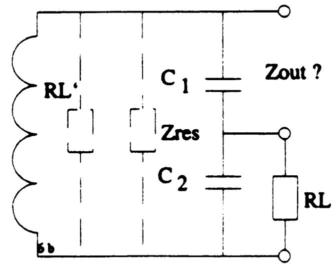
Spændingerne på udtagene er transformeret ned med en faktor 10.

Når man kender N1 og N2 eller c1 og c2 kan omsætningsforholdet beregnes.

n = (c1 + c2) / c1 = (1nF + 9nF) / 1nF = 10.

Læg mærke til, at man skal dividere med den kondensator, man ikke tager signalet ud over.

Eksempel.



For det viste kredsløb er følgende opgivet.

L = 40μH, c1 = 47pF, c2 = 270pF, RL 2,7k og Qt = 95.
Følgende skal beregnes.

Prøv at beregne opgaven inden du går videre i teksten. Det efterfølgende kan du bruge som facitliste.

fres = ____________

b3 = ____________

Zres = ____________

n = ____________

RL' = ____________

Zres bel = ____________

Qbel, b3 bel= ____________

Z out over c1 =____________

$$fres = \frac{1}{2\pi\sqrt{LCtot}} = \underline{\underline{4MHz}}$$

b3 = fres/Qt = 4M / 95 = $\underline{\underline{42kHz}}$

Zres = Q x XL = 95 x 1kΩ = $\underline{\underline{95k\Omega}}$

n = (c1 + c2) / c1 = (47pF + 270pF) / 47pF = $\underline{\underline{6,74}}$

RL'= RL x n ^{2} = 1k x 6,74 ^{2} = $\underline{\underline{123k\Omega}}$

Zres bel = RL'// Zres = 123k // 95k = $\underline{\underline{53,6k\Omega}}$

Qbel = Zres bel / XL = 53,6k / 1k = $\underline{\underline{53,6}}$

b3 bel = fres / Qbel = 4MHz / 53,6 = $\underline{\underline{74,7KHz}}$

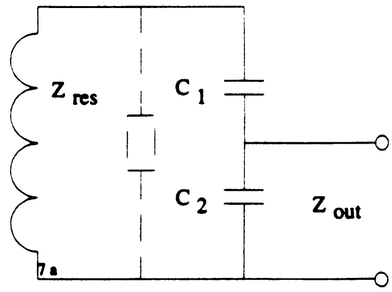
For at finde Zout over c1, er man nødt til at finde n.
Her er det en ny n der er tale om, da det er over c1 impedansen skal findes.

n = (c1 + c2) / c2 = (47p + 270pF) / 270pF = $\underline{\underline{1,17}}$

Zout c1 = Zres bel / n ^{2} = 53,6k / 1,17 ^{2} = $\underline{\underline{38,9k\Omega}}$

7. Opgaver.

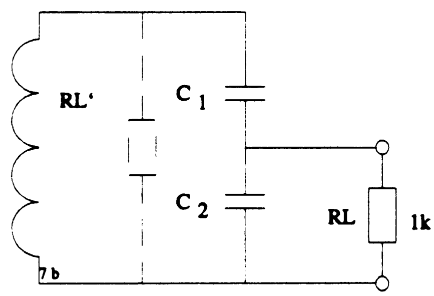
Opgave 1.



Givet Zres = 100k, c1 = 3,3nF og c2 = 10nF.
Beregn Zout.

Zout = ______________________________

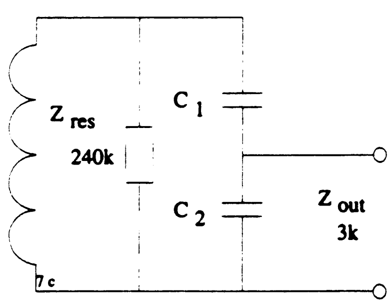
Opgave 2.



Givet RL = 1k, c1 = 1,2nF og c2 = 8,8nF.
Beregn RL'.

RL'= ______________________________

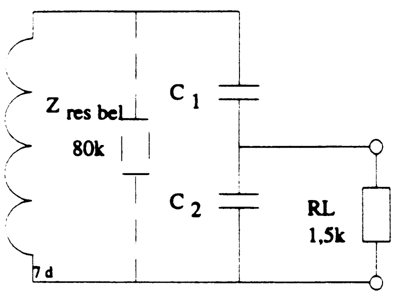
Opgave 3.



Givet Zres = 240k, Zout = 3k og c1 = 33pF.
Beregn c2.

c2 = ______________________________

Opgave 4.

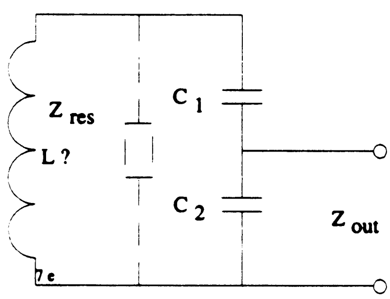


Givet RL = 1,5k, Zres ubelastet = 120k,
Zres bel = 80k og c2 = 120pF.

Beregn c1.

c1 = ________________________________

Opgave 5.

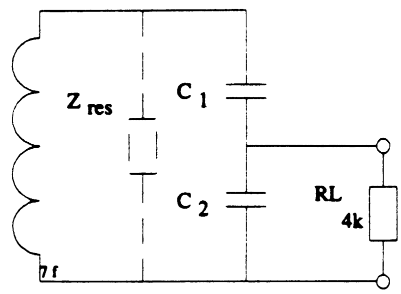


Givet c1 = 56pF, c2 = 150pF, fres = 10MHz og
Qt = 80.
Beregn L og Zout.

L = ________________________________

Zout = ________________________________

Opgave 6.

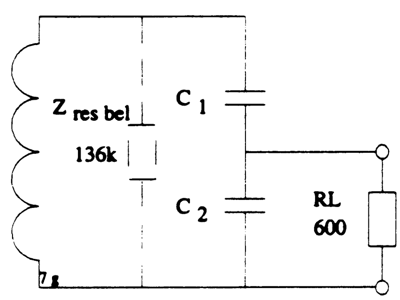


Givet L = 10µH, c1 = 27pF, fres = 10,7MHz,
RL = 4k og Qt = 108.
Beregn c2 og b3 bel.

c2 = ________________________________

b3 bel = ________________________________

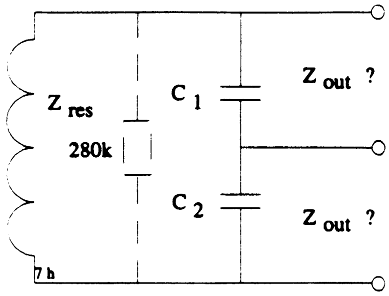
Opgave 7.



Givet Zres bel = 136k, c1 = 10nF, c2 = 560pF og
RL = 600 ohm.
Beregn Zres ubelastet.

Zres = ________________________________

Opgave 8.



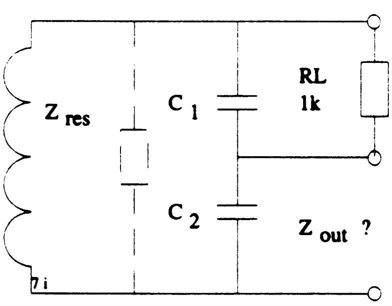
Givet Zres = 280kOhm, c1 = 33nF og c2 = 6,8nF.

Hvilken impedans kan der måles over c1 og c2?

Z c1 = ______________________________

Z c2 = ______________________________

Opgave 9.

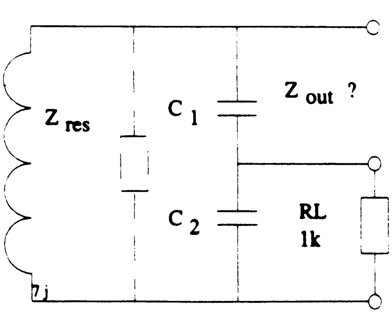


Givet RL = 1k, c1 = 2,2nF, c2 = 450pF og Qt er så stor at den ikke får indflydelse på resultatet.
Beregn RL' og Zout.

RL' = ______________________________

Zout = ______________________________

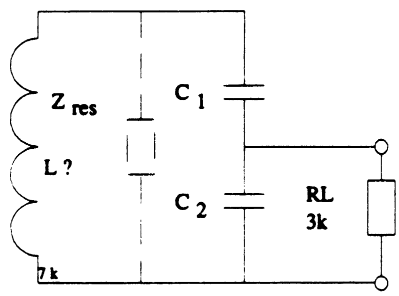
Opgave 10.



Givet c1 = 10nF, c2 = 2nF, RL = 1k og Zres ubelastet = 68k.
Beregn Zout.

Zout = ______________________________

Opgave 11.

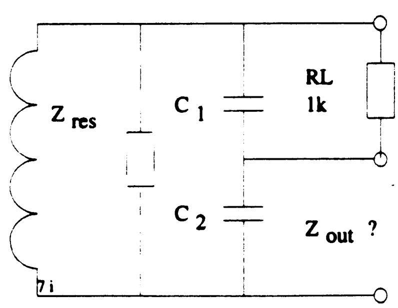


Givet fres = 455kHz c1 = 470pF, c2 = 2,2nF, Qt = 75 og RL = 3k.
Beregn L og b3 bel.

L = ______________________________

b 3 bel = ______________________________

Opgave 12.



Givet c1 = 3,3nF, u kreds = 3v, u out = 0,5v og Zres = 100k.
Beregn c2 og Zout.

c2 = ______________________________

Zout = ______________________________

Transmissionslinier.

Disposition.

En transmissionslinie er en leder, der overfører energi fra en generator til en belastning. Det kunne f. eks. være fra en sender til en antenne.

Når man skal overføre LF-signaler, kræves der kun af transmissionslinien, at den har en lav jævnstrømsmodstand.
Når man overføre LF-signaler, er ledningens reaktans næsten uden betydning, da den oftest er meget lille i forhold til den Ohmske modstand i ledningen.

Hvis frekvensen øges, stiger virkningen af den selvinduktion, der altid findes i ledningen. Samtidig stiger virkningen af den kapacitet, der er mellem lederne.

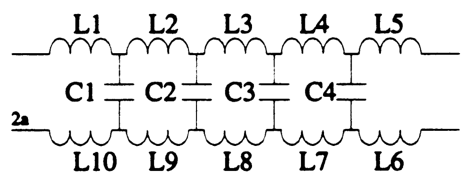
Når frekvensen bliver så høj, at transmissionslinien har en længde, der er større end 1/4 bølgelængde, skal man være opmærksom på de særlige forhold, der gør sig gældende.
På et kabel der ikke er korrekt afsluttet, opstår der stående bølger.
Det betyder bl.a., at der ikke overføres den maksimale effekt til belastningen.

2. Transmissionskablet.

I dette afsnit behandles forholdene for et ideelt kabel. At det er ideelt betyder, at der ikke er taget hensyn til de tab, der i praksis vil være i kabelet. Tabene kan skyldes udstråling, dårligt dielektrikum og den Ohmske modstand.

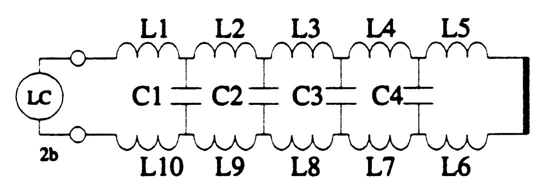
Et kabel består af 2 paralle ledere. Lederene kan opfattes som en selvinduktion, der er afhængig af kablets længde.
Øges kabellængden stiger selvinduktionen.
Det kan ligeledes opfattes som en kapacitet, der er afhængig af kablets dinensioner, afstanden mellem lederene.
Forøges afstanden falder kablets kapacitet.

I et kabel er selvinduktionen og kapaciteten jævnt fordelt i hele kablets længde.
For at gøre det lettere at forstå virkemåden, betragtes kablet, som om det er opbygget af en række spoler med tilhørende kapaciteter.

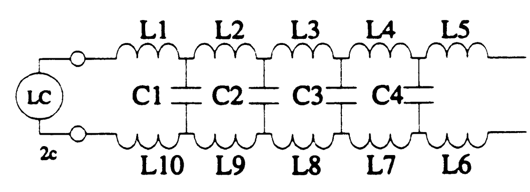


Kablets karakteristiske impedans.

Man kan finde et kabels impedans ,hvis man kender selvinduktionen og kapaciteten i kablet.
I praksis findes værdierne ved at bruge et LC-meter.



Selvinduktionen findes ved at kortslutte kablet i den ende, hvor instrumentet ikke er tilsluttet.



Kapaciteten findes ved at åbne kablet i den ende, hvor instrumentet ikke er tilsluttet.

Kablets karakteristiske impedans benævnes Zo.

$$Zo = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

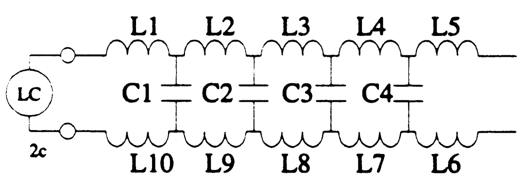
Det er den samme formel, der bruges i forbindelse med LC- svingningskredse.

Den samlede selvinduktion i et 5 meter langt kabel blev målt til 1µH, og den samlede kapacitet blev målt til 400pF.

Den karakteristiske impedans kan nu beregnes.

$$Zo = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{1x10^{-6}}{400x10^{-12}}} = \underline{\underline{50\Omega}}$$

På tegningen er kablet delt op i en række spoler og kondensatore. Find selvinduktionen for de enkelte spoler, og kapaciteten af de enkelte kondensatore.



2c

L = ________________________________

C = ________________________________

Kablets længde forøges til det dobbelte.
Beregn nu den samlede selvinduktion og kapacitet.
Beregn ligeledes den karakteristiske impedans.

L = ________________________________

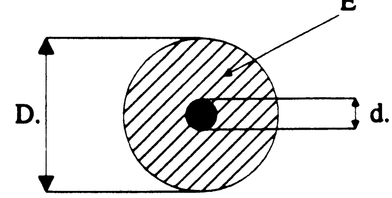
C = ________________________________

Zo = ________________________________

Som det fremgår af beregningerne, er kablets karakteristiske impedans uafhængig af kablets længde.

Der er også en anden måde til at bestemme kablets karakteristiske impedans på. Det gøres ved at se på kablets dimensioner.

2d



E = 2,25

d = 1mm

D = 6,5mm

$$Zo = \frac{138}{\sqrt{E}} \text{ x log } \frac{D}{d} = \underline{\underline{75Ohm}}$$

$$D = \text{alog}\left(\frac{\sqrt{E} \text{ x Zo}}{138}\right) \text{x d}$$

På tegningen er det vist, hvordan de enkelte elementer findes.

E er dielektricitetskonstanten i isolationsmaterialet. Hvis man kender isolationsmaterialet, kan E aflæses i en teknisk formelsamling.
For antennekabler er E ca. 2.25.
Formlen der er brugt, er hentet fra HF-teknik side 176.

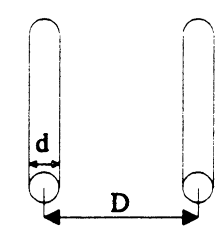
I det viste eksempel bliver impedansen 75Ω.

Beregn kablets karakteristiske impedans hvis inderlederens diameter øges til 1,85mm.

Zo = ________________________________

Som det fremgår af beregningen, bliver impedansen mindre når inderlederens diameter øges.

Man kan også bestemme impedansen af 2 paralle ledere i et frit rum.



D = 12,5m. .meter

d = 2m.meter

2e

$$Zo = 276 \text{ x log } \frac{2D}{d}$$

$$Zo = 276 \text{ x log } \frac{2 \text{ x } 12{,}5m}{2m} = \underline{\underline{303 \text{ Ohm}}}$$

Af tegningen fremgår det, hvordan impedanse beregnes. I det viste eksempel bliver den ca. 300Ω.

Beregn impedansen i de 2 parallelle tråde når afstanden mellem dem øges til det dobbelte.

Zo = ______________________________

3. Opgaver

Opgave 1

I et 20meter langt kabel måles den samlede selvinduktion til 8μH og den samlede kapacitet måles til 90pF.
Beregn kablets karakteristiske impedans.

Zo = ______________________________

Opgave 2.

Hvilken impedans har kablet fra opgave 1, hvis det forlænges til 40meter.

Zo = ______________________________

Opgave 3.

Hvilken selvinduktion og kapacitet kan der måles på kablet fra opgave 1, hvis det forlænges til 100meter.

L = ______________________________

C = ______________________________

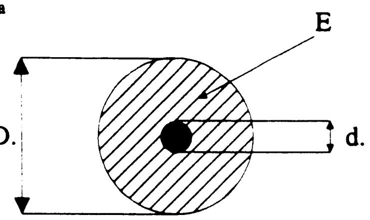
Opgave 4.

I et 600Ωs kabel på 25meter måles selvinduktionen til 10μH.
Beregn kablets kapacitet.

C = ______________________________

Opgave 5.

3 a



E = 1,65

d = 2mm

D = 10mm

For et kabel opgives dimensionerne som følger:
D = 10mm d = 2mm E = 1.65.
Beregn kablets karakteristiske impedans.

Zo = ______________________________

Opgave 6.

Hvis kablet fra opgave 5 skal have en karakteristisk impedans på 50Ω, kan det f.eks gøres ved at bruge et andet isolationsmaterialt.
Hvilken dielektricitetskonstant skal materialet have?

E = ______________________________

Opgave 7.

Hvis kablet fra opgave 5 skal have en karakteristisk impedans på 50Ω, kan det også gøres ved at ændre inderlederens dimensioner.
Beregn inderlederens diameter. E = 1.65

d = ______________________________

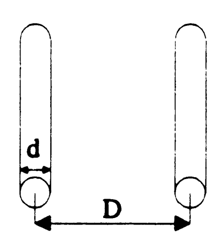
Opgave 8.

Hvis kablet fra opgave 5 skal have en karakteristisk impedans på 50Ω, kan det også gøres ved at ændre kablets ydre dimension.
Beregn kablets diameter. E = 1,65

D = ______________________________

Opgave 9.

For en 2 trådslinie er følgende opgivet:
D = 30,5mm d = 5mm



D = 30,5m. .meter

d = 5m.meter

3 b

Beregn impedansen i linien.

Zo = ______________________________

Opgave 10.

Hvis 2 trådslinien fra opgave 9 skal have en impedans på 240Ω, kan det gøres ved at ændre afstanden mellem lederne.
Beregn afstanden.

D = ________________________________

Opgave 11.

Hvis 2 trådslinien fra opgave 9 skal have en impedans på 240Ω, kan det gøres ved at ænder diameteren på lederene.
Beregn den nye diameter.

d = ________________________________

4. Signalets udbreddelseshastighed.

Radiobølger udbredes som bekendt med en hastighed af 300000km pr. sekund i et frit rum.
Når man kender udbreddelseshastigheden og frekvensen, kan man finde bølgelængden af signalet i rummet

λ = Vl / frek = 300000km / frekvensen.

Beregn bølgelængden af følgende signaler.

Skibsradiofoni på 2000kHz = ______________

Radiotelefonsignal på 150MHz = ____________

TV signal på 600MHz = ________________

NMT-signal på 900MHz = ______________

Radasignal på 10GHz = ________________

Udbreddelseshastigheden i et kabel er mindre end i rummet.

Når man kender L og C for kablet, kan man finde forsinkelsen i kablet, tk, og dermed udbreddelseshastigheden Vk.

$tk = \sqrt{LxC}$

L og C i et 1 meter langt kabel er målt til 250nH og 100pF.

$tk = \sqrt{250nHx100pF}$ = $\underline{\underline{5n\ \text{sekunder}}}$

I det viste eksempel tager det 5n sek. for signalet at gennemløbe et kabel på 1 meter.

Udbreddelseshastigheden i kablet kan nu findes.

Vk = 1/tk = 1/5nsek = 200000km pr. sekund.

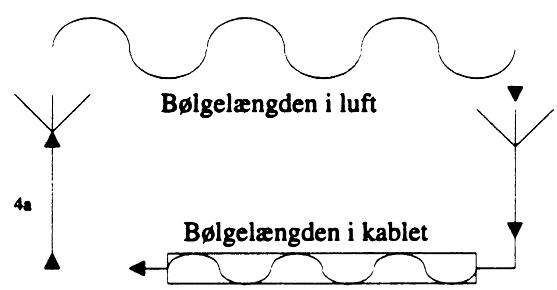
Beregn bølgelængden af følgende signaler i kablet.

Skibsradiofoni på 2000kHz = ______________

Radiotelefonsignal på 150MHz = ____________

TV signal på 600MHz = ________________

NMT-signal på 900MHz = ______________



Den elektriske bølgelængde i luft er længere end den mekaniskebølgelængde i kablet

Bølgelængden i kablet kaldes også den mekaniske bølgelængde.

Når man kender den mekaniske og den elektriske bølgelængde, kan man finde forkortningsfaktoren for kablet.

Forkortningsfaktor = λ Kabel / λLuft

200000km / 300000km = $\underline{\underline{0,66}}$

eller tKabel / tLuft

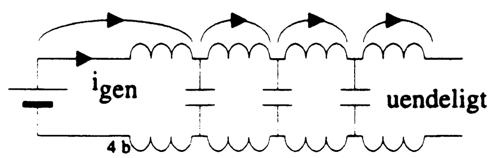
Her er det 3,3nsek / 5nsek = $\underline{\underline{0,66}}$

DC forhold i et kabel.

Hvis et åbent kabel tilføres en DC spænding i den ene ende, vil man naturligvis også kunne måle samme spænding i den anden ende.

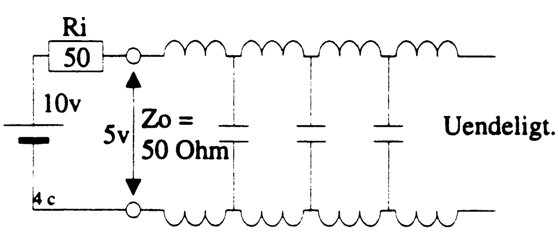
Hvis man undersøger det nærmere, viser det sig, at det tager en tid inden spændingen kan måles i enden af kablet.

Strømmen er konstant i et uendeligt langt kabel.



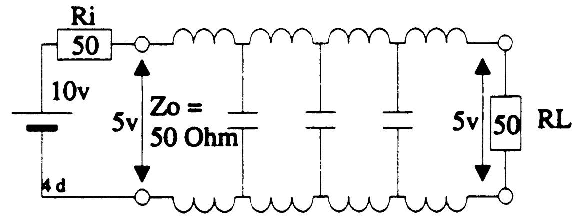
På tegningen er det vist, hvordan signalet går fra den ene svingningskreds til den anden.
I et 50Ωs kabel er udbreddelseshastigheden ca. 200000km/sek.

Hvis man har et uendeligt langt kabel, vil hver enkelt svingningskreds modtage energi fra den foregående og aflevere energien til den næste. (Kablet er uden tab).
Kablet vil altså trække en konstant strøm fra generatoren, og det belaster generatoren, som om det var en Ohmsk modstand med kablets karakteristiske impedans, der var tilsluttet.



I det viste eksempel er spændingskilden 10volt og Ri = Zo = 50Ω.

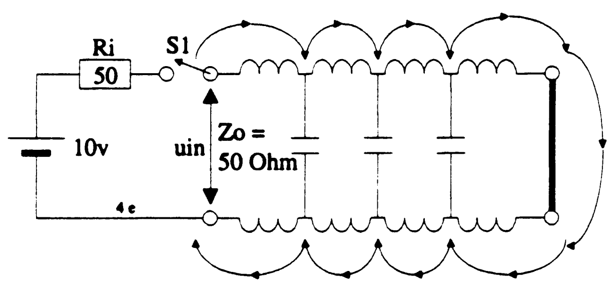
Når kablet trække en konstant strøm, er det fordi, det er uendeligt langt.
Spændingen på indgangen er det halve af generatorens tomgangsspænding.
Hvis kablet afsluttes med en modstand, der er lig med kablets karakteristiske impedans, vil man kunne måle det samme som på et kablet der er uendelig langt.

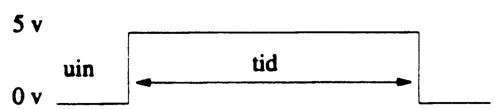


Af det viste eksemple fremgår det, at et 50Ωs kabel der er korrekt afslutte, ikke påvirker det signal, der bliver overført via kablet, da der også er 5volt på udgangen

Det skal nu vises, hvad der sker, hvis kablet ikke er korrekt afsluttet.

Kortsluttet kabel.





S1 sluttes

Hvis kablet er kortsluttet i enden, vil man måle følgende på indgangen af kablet.

I det øjeblik S1 sluttes, vil der på kablets indgangsterminal være 5volt.
Det betyder, at kablet i startøjeblikket belaster generatoren med 50 Ohm.
Af tegningen fremgår det, at der går strøm fra generatoren via L1 til C1.
C1 bliver opladet og sender en strøm videre til C2 osv.
Når strømmen når til enden af kablet, vil den fortsætte gennem kortslutningen.
Nu begynder strømmen at aflade kondensatorene i kablet.
Efter et stykke tid er alle kondensatorene afladet.

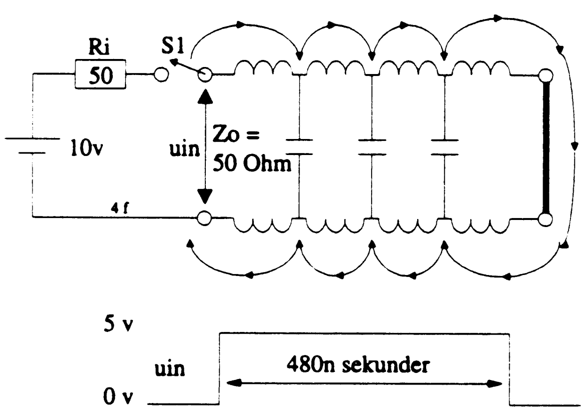
Når det er sket, falder spændingen på kablets indgang til 0 volt.

Tiden der går, inden spændingen bliver 0 volt, svarer til den tid, det tager for signalet, at nå ud til enden af kablet og tilbage igen.

Når man i forvejen kender udbreddelseshastigheden for signalet i kablet, kan man regne ud, hvor langt der er til kortslutningen.

Teknikken bruges bl.a af telefonvæsnet og antennefirmaer.

Eksempel.

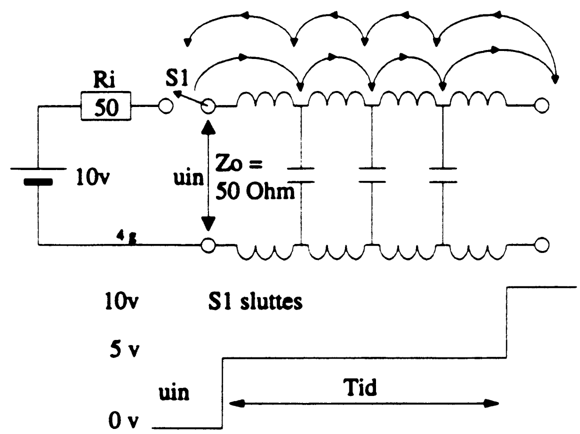


For det viste kabel er udbreddelseshastigheden opgivet til 200000km pr. sekund.
Pulsen er målt til 480nsekunder.
Beregn afstanden til kortslutningen.

Afstanden =
udbreddelseshastigheden x pulstiden / 2

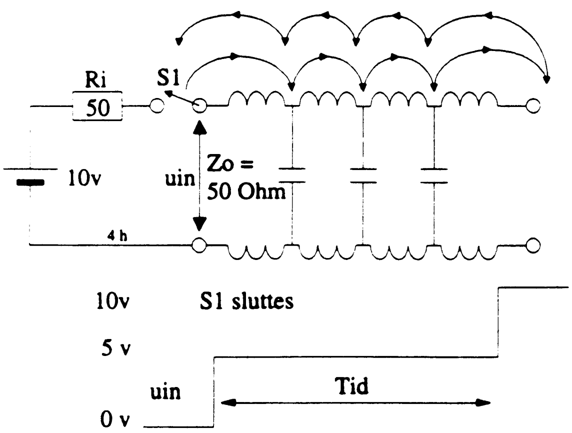
Afstanden = 200000km x 480n / 2 = <u>43meter.</u>

Afbrudt kabel.



Hvis kablet er åbent i enden, vi man måle følgende på indgangen af kablet.

I det øjeblik S1 sluttes, vil er være 5v på indgangen af kablet.
Det betyder, at kablet i startøjeblikket belaster generatoren med 50 Ohm.
Af tegningen fremgår det, at der går strøm fra generatoren via L1 til C1.
C1 bliver herved opladet, og sender strøm via L2 til C2.
Når strømmen når til enden af kablet, vil der ske det, at den vender retning, (som et bølgeskvulp i et langt trug med vand).
Der sker også det, at kondensatorene bliver opladet til den fulde generatorspænding.
De kondensatorer der er længst væk fra kablet vil blive opladet først.
Efter et stykke tid er alle kondensatorer opladet.
Herefter er spændingen 10 volt på indgangen af kablet.



På det viste kabel er udbreddelseshastigheden 240000km pr. sekund og pulsen er målt til 480nsekunder.
Beregn afstanden til kabelbruddet

Afstanden =
udbreddelseshastigheden x pulstiden / 2

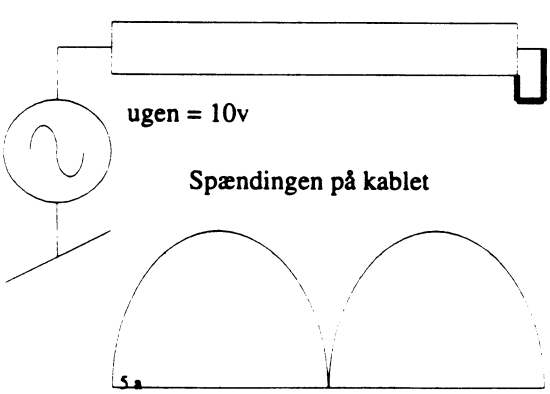
Afstanden = 240000km x 480n / 2 = 57,6meter.

5. Stående bølger

Hvis et kabel ikke er korrekt afsluttet, vil der opstå stående bølger på kablet. Først i det øjeblik, hvor den udsendte effekt kan optages i belastningen, er der ikke stående bølger på kablet.

Stående bølger på et kabel, er en tilstand, der er uhensigtsmessig. Det skal her vises, hvad der sker, hvis kablet er kortsluttet i enden.

Kortsluttet kabel.



1 7/8 3/4 5/8 1/2 3/8 1/4 1/8 0
0v 7.1v 10v 7,1v 0v 7,1v 10v 7,1v 0v

Som det fremgår af tegningen, er spændingen ved kortslutningen 0volt.
Når man skal finde ud af hvordan generatoren belastes af en kortslutning på kablet, skal man altid gå fra kortslutningen og tilbage mod generatoren.
En hel bølgelængde kan man dele op i 360 grader.
Det skal her vises, hvordan man kan beregne størrelsen af den stående bølge, når man går fra kortslutningen og tilbage mod generatoren.

Går man 1/8 bølgelængde tilbage, (45^o) er spændingen på kablet
ugen x sin 45^o = 10v x 0,71 = 7,1v

Går man 1/4 bølgelængde tilbage, (90^o) er spændingen på kablet
ugen x sin 90^o = 10v x 1 = 10v

Går man 3/8 bølgelængde tilbage, (135^o) er spændingen på kablet
ugen x sin 135^o = 10v x 0,71 = 7,1v

Går man 1/2 bølgelængde tilbage, (180^o) er spændingen på kablet
ugen x sin 180^o = 10v x 0 = 0v

Går man 5/8 bølgelængde tilbage, (225^o) er spændingen på kablet
ugen x sin 225^o = 10v x -0,71v = -7,1v

Normalt ser man kun på den numeriske værdi af den stående bølge.
Derfor vil man sige ugen = 10v x 0,71 = 7,1v

Går man 3/4 bølgelængde tilbage, (270^o) er spændingen på kablet
ugen x sin 270^o = 10v x -1v = -10v eller blot 10v

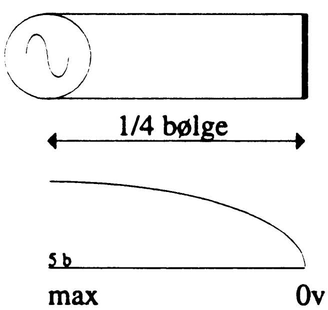
Går man 7/8 bølgelængde tilbage, (315^o) er spændingen på kablet
ugen x sin 315^o = 10v x -0,71 = -7,1v eller blot 7,1v

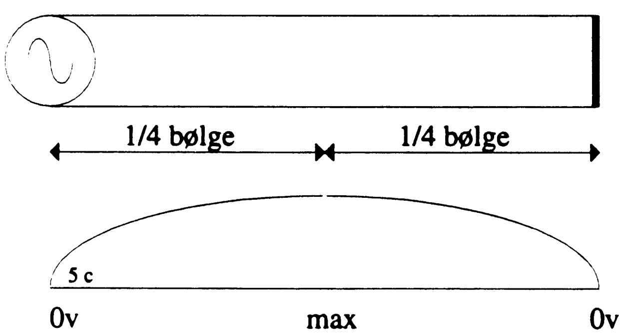
Går man 1 bølgelængde tilbage, (360^o) er spændingen på kablet
ugen x sin 360^o = 10v x 0 = 0volt.

Det der bestemmer hvordan generatoren belastes, er afstanden fra kortslutningen.
Man skal altid gå ud fra kablets ende.
Er generatoren placeret 1/4 bølgelængde fra kortslutningen, er der fuld spænding på udgangen af generatoren.
Den er derfor belastet af en stor modstand.
Det svarer til at den er belastet af en parallelsvingningskreds.

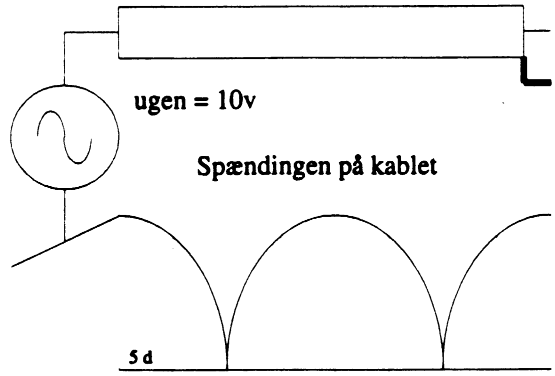
Er generatoren placeret 1/2 bølgelængde fra kortslutningen, er spændingen på udgangen af generatoren 0.
Den er derfor belastet af en lille modstand. Det svarer til, at den er belastet af en seriesvingningskreds.

På tegningen kan man se, hvordan spændingen er på kablet hvis generatoren er placeret i forskellige afstande fra kortslutningen.





Åbent kabel



1	7/8	3/4	5/8	1/2	3/8	1/4	1/8	0
10v	7.1v	0v	7,1v	10v	7,1v	0v	7,1v	10v

Som det fremgår af tegningen, er spændingen ved bruddet 10volt.
Når man skal finde ud af hvordan generatoren belastes af en afbrydelse på kablet, skal man altid gå fra bruddet og tilbage mod generatoren.
En hel bølgelængde kan man dele op i 360 grader.
Det skal her vises, hvordan man kan beregne størrelsen af den stående bølge, når man går fra bruddet og tilbage mod generatoren.

Går man 1/8 bølgelængde tilbage, (45^{o}) er spændingen på kablet
ugen x cos 45^{o} = 10v x 0,71 = 7,1v

Går man 1/4 bølgelængde tilbage, (90^{o}) er spændingen på kablet
ugen x cos 90^{o} = 10v x 0 = 0v

Går man 3/8 bølgelængde tilbage, (135^{o}) er spændingen på kablet
ugen x cos 135^{o} = 10v x -0,71 = -7,1v.
Eller blot 7,1v.

Går man 1/2 bølgelængde tilbage, (180^{o}) er spændingen på kablet
ugen x cos 180^{o} = 10v x -1 = -10v. Eller blot 10v.

Går man 5/8 bølgelængde tilbage, (225^{o}) er spændingen på kablet
ugen x cos 225o = 10v x -0,71v = -7,1v.
Eller blot 7,1v

Går man 3/4 bølgelængde tilbage, (270o) er spændingen på kablet
ugen x cos 270o = 10v x 0 = 0v.

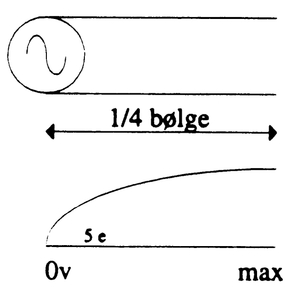
Går man 7/8 bølgelængde tilbage, (315^{o}) er spændingen på kablet
ugen x cos 315^{o} = 10v x 0,71 = 7,1v.

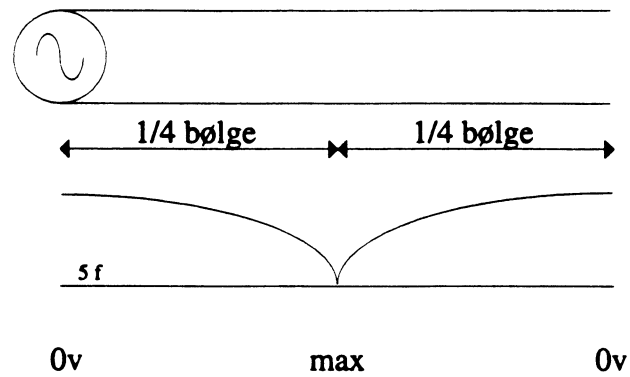
Går man 1 bølgelængde tilbage, (360^{o}) er spændingen på kablet
ugen x sin 360^{o} = 10v x 1 = 10volt.

Det der bestemmer hvordan generatoren belastes, er afstanden fra belastningsmodstanden.
Man skal altid gå ud fra kablets ende.
Er generatoren placeret 1/4 bølgelængde fra bruddet, er der ingen spænding på udgangen af generatoren. Den er derfor belastet af en lille modstand.
Det svarer til, at den er belastet af en seriesvingningskreds.

Er generatoren placeret 1/2 bølgelængde fra bruddet, er spændingen på udgangen af generatoren 10v.
Den er derfor belastet af en stor modstand.
Det svarer til, at den er belastet af en parallelsvingningskreds.

På tegningen kan man se, hvordan spændingen er på kablet, hvis generatoren er placeret i forskellige afstande fra bruddet.



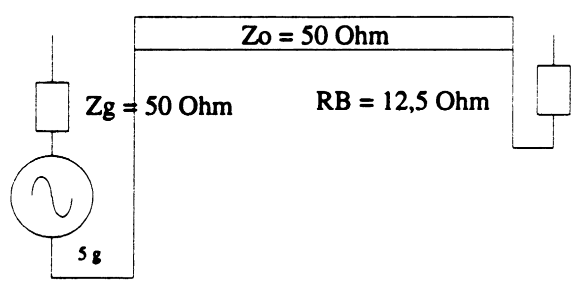


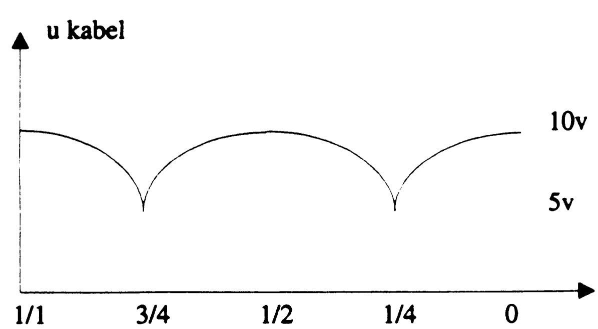
Standbølgeforhold.
Når et kabel ikke er korrekt afsluttet, opstår der stående bølger på kablet.

Standbølgeforholdet = SWR kan findes, hvis man kender den størst og den mindste spænding på kablet.
Det kan også findes, hvis man kender generatormodstanden Zo og belastningsmodstanden ZB.

SWR = Umax / Umin

SWR = Zo / ZB eller ZB / Zo.
Da standbølgeforholdet altid er større end 1, skal man bruge den rigtige formel.





Af tegningen fremgår det, at Umax = 10v og Umin = 5v

SWR = Umax / Umin = 10v / 5v = 2

Når generatorens udgangsimpedans Zo = 50 Ohm kan belastningsimpedansen findes.

SWR = Zo / ZB

2 = 50 / ZB
Det betyder at ZB = 50 / 2 = 25 Ohm

I praksis finder man standbølgeforholdet ved at måle den fremadgående effekt Pin, og den effekt der kommer retur Pr.

Her kan du se formlen for SWR forholdet.
I det viste eksempel, er Pin 25W og Pr 1W

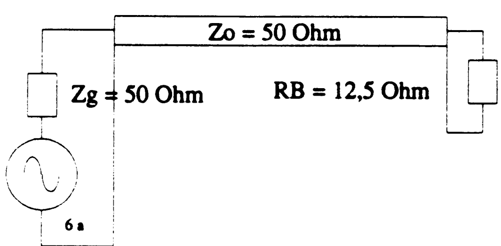
$$SWR = \frac{1+\sqrt{\frac{Pr}{Pin}}}{1-\sqrt{\frac{Pr}{Pin}}} = \frac{1+\sqrt{\frac{1}{25}}}{1-\sqrt{\frac{1}{25}}}$$

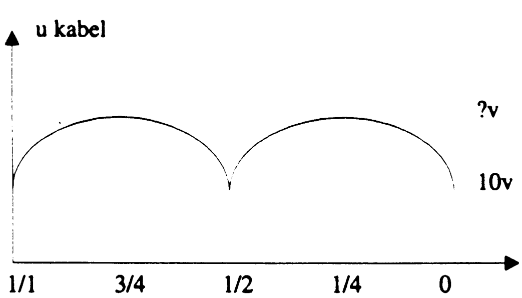
5h

SWR = 1,5

6. Beregningseksempel.

I det viste eksempel skal SWR, Umax, og effekten der afsættes i ZB beregnes.





6a 7,5

Først beregnes SWR.
SWR = Zo / ZB = 50 / 12.5 = 4.

Af tegningen fremgår det at belastningsmodstanden er den mindste, derfor er det over den at den mindste spænding er.
Går man 1/4 bølgelængde tilbage er spændingen max.

Max spænding på kablet er
Umin x SWR = 10v x 4 = 40volt

Effekte der afsættes i modstanden er
P = U2 / R = 10 2 / 12.5 = 8W

7. Opgaver.

Spørgsmål 1.

Hvordan kan der opstå stående bølger på et kabel?

____

____

____

____

Spørgsmål 2.

Hvad sker der med effekten fra en sender hvis der er stående bølger på antennekablet?

____

____

____

____

Spørgsmål 3.

Hvilke forhold er det der bestemmer et kabels karakteristiske impedans?

____

____

____

____

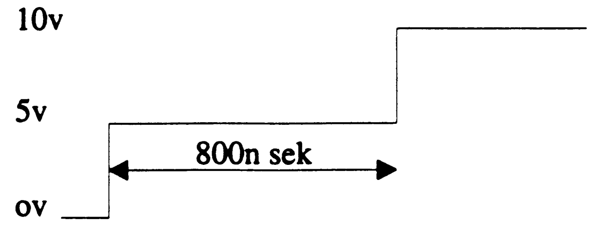
Spørgsmål 4.
Hvordan kan man med måleinstrumenter finde et kabels karakteristiske impedans?

Spørgsmål 5.
Hvad sker der med et koakskabels impedans hvis inderlederen gøres mindre?

Spørgsmål 6.
Hvordan er udbreddelseshastigheden for et signal i et kabel set i forhold til udbreddelseshastigheden i rummet?

Spørgsmål 7.
Hvad sker der med bølgelængden af et signal i et kabel, set i forhold til bølgelængden af det samme signal i rummet?

Spørgsmål 8.



7a

Signalet er målt på et kabel med en forkortningsfaktor på 0,66.

Hvor langt fra måleinstrumentet er kabelfejlen?

Hvilken fejl er der på kablet?

Spørgsmål 9.
Understreg de rigtige svar.
Hvordan optræder et kabel der er uendeligt langt?

Induktiv - Kapacitivt - Som en ohmsk modstand der har samme impedans som kablet - Som en parallelkreds - Som en seriekreds.

Hvordan optræder et kabel der er er korrekt afsluttet?

Induktiv - Kapacitivt - Som en ohmsk modstand der har samme impedans som kablet - Som en parallelkreds - Som en seriekreds.

Hvordan optræder et kabel der er kortsluttet 1/4 bølgelængde fra generatoren?

Induktiv - Kapacitivt - Som en ohmsk modstand der har samme impedans som kablet - Som en parallelkreds - Som en seriekreds.

Hvordan optræder et kabel der afbrudt 1/2 bølgelængde fra generatoren?

Induktiv - Kapacitivt - Som en ohmsk modstand der har samme impedans som kablet - Som en parallelkreds - Som en seriekreds.

Hvordan optræder et kabel der er afbrudt 1/4 bølgelængde fra generatoren?

Induktiv - Kapacitivt - Som en ohmsk modstand der har samme impedans som kablet - Som en parallelkreds - Som en seriekreds.

Hvordan optræder et kabel der er kortsluttet 1/2 bølgelængde fra generatoren?

Induktiv - Kapacitivt - Som en ohmsk modstand der har samme impedans som kablet - Som en parallelkreds - Som en seriekreds.

Spørgsmål 10.
På en sender måles den afgivne effekt til 90W og retur effekten måles til 10W.
Beregn SWR.

SWR = ________________________________