

# Impedanstransformering 1

## Indholdsfortegnelse

- 1.0 Induktivt udtag, side 2
- 1.1 Ubelastet svingningskreds, side 3
- 1.2 Belastet svingningskreds, side 5
  
- 2.0 Impedanstransformation, side 7
- 2.1 Eksempel 1, side 8
- 2.2 Facitliste til eksempel 1, side 9
- 2.3 Eksempel 2, side 10
- 2.4 Facitliste til eksempel 2, side 11
  
- 3.0 Opgaver, side 12
  
- 4.0 Facitliste, side 16

## 1.0 Induktivt udtag

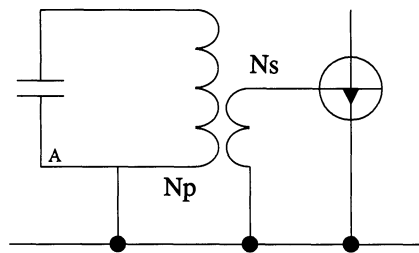
Grunden til at man laver impedanstransformering er, at man vil nedsætte belastningen af svingningskredsen.

Det kan gøres enten ved hjælp af et udtag eller en link.

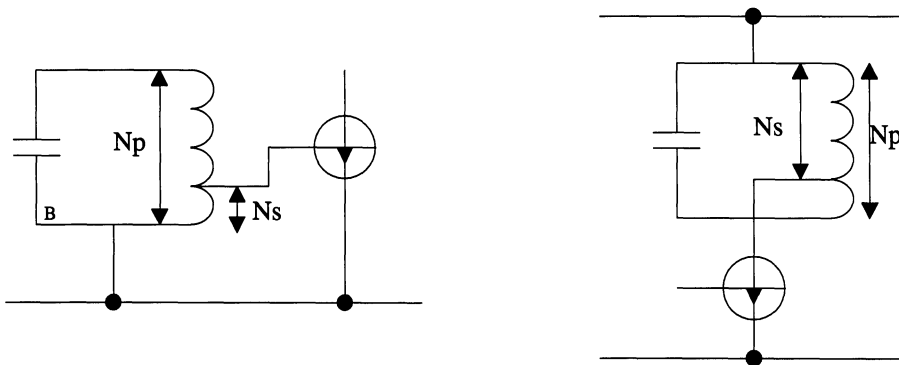
Belastes en svingningskreds falder  $Q$ . Derved stiger båndbredden.

Her er vist 3 eksempler på impedanstransformering.

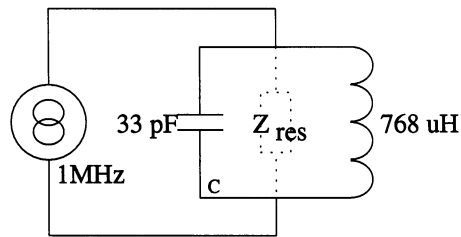
Impedanstransformering via en link.



Impedanstransformering via et udtag.



## 1.1 Ubelastet svingningskreds



Først betragtes den ubelastede svingningskreds.

Resonansfrekvensen skal være 1MHz.

**Beregn C og afrund til nærmeste standardværdi, når XC skal være 4,8 kΩ.**

C = \_\_\_\_\_

**Beregn L så resonansfrekvensen bliver 1MHz.**

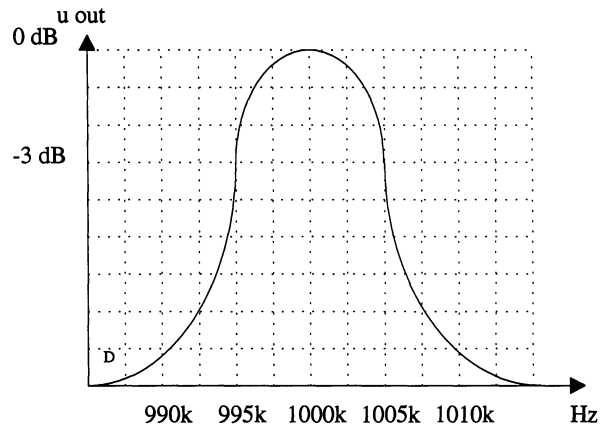
L = \_\_\_\_\_

$$C = \frac{1}{2\pi \times X_C \times f_{res}}$$

$$C = \frac{1}{2\pi \times 4,8 \text{ k}\Omega \times 1 \text{ MHz}} = \underline{\underline{33 \text{ pF}}}$$

$$L = \frac{1}{(2\pi \times f_{res})^2 \times C}$$

$$L = \frac{1}{(2\pi \times 1 \text{ MHz})^2 \times 33 \text{ pF}} = \underline{\underline{768 \text{ uH}}}$$



Tegningen viser gennemgangskurven for kredsløbet.

**Hvad er båndbredden og svingningskredsens  $Q$ ?**

$b_3 =$  \_\_\_\_\_

$Q =$  \_\_\_\_\_

Båndbredden beregnes i 3dB punkterne.

Her er den 10 kHz.

$$Q = \frac{f_{res}}{b_3} = \frac{1 \text{ MHz}}{10 \text{ kHz}} = \underline{100}$$

**Find resonansimpedansen for kredsløbet.**

$Z_{res} =$  \_\_\_\_\_

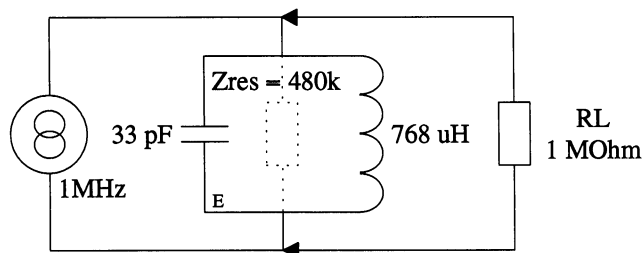
Kender man  $Q$  og  $X_C$ , kan  $Z_{res}$  beregnes.

$$Z_{res} = Q \times X_C = 100 \times 4,82 \text{ k}\Omega = \underline{482 \text{ k}\Omega}$$

Ved resonansfrekvensen optræder kredsen som en stor modstand.

Belastes kredsen med en transistor, falder  $Q$ ,  
og dermed stiger båndbredden.

## 1.2 Belastet svingningskreds



Kredsløbet er forsynet med en belastningsmodstand  $R_L$ .  
Beregn følgende for det belastede kredsløb.

$$Z_{res\ bel} = \underline{\hspace{15cm}}$$

$$Q_{bel} = \underline{\hspace{15cm}}$$

$$b_3\ bel = \underline{\hspace{15cm}}$$

Ved resonansfrekvensen optræder kredsen som en stor modstand.

Tilsluttes en belastningsmodstand, falder den samlede impedans.

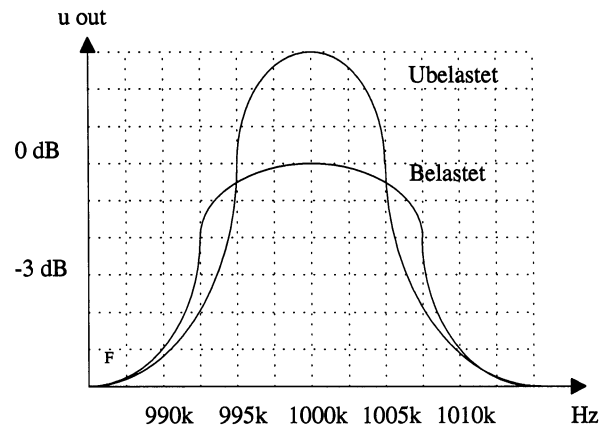
$$Z_{res\ bel} = Z_{res} // R_L = 482\ k\Omega // 1\ M\Omega = \underline{\underline{325\ k\Omega}}$$

Når  $Z_{res}$  kendes, kan  $Q_{bel}$  findes.

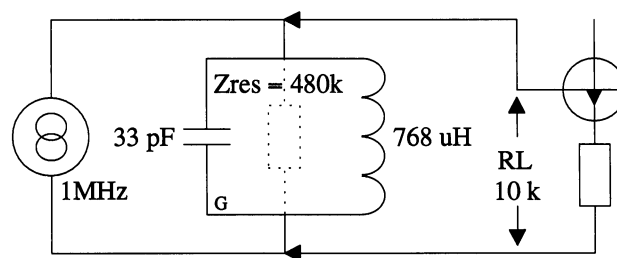
$$Q_{bel} = \frac{Z_{res\ bel}}{X_L} = \frac{325\ k\Omega}{4,82\ k\Omega} = \underline{\underline{67,5}}$$

Kender man  $Q_{bel}$ , kan  $b_3$  bel beregnes.

$$b_3\ bel = \frac{f_{res}}{Q_{bel}} = \frac{1\ MHz}{67,5} = \underline{\underline{14,8\ kHz}}$$



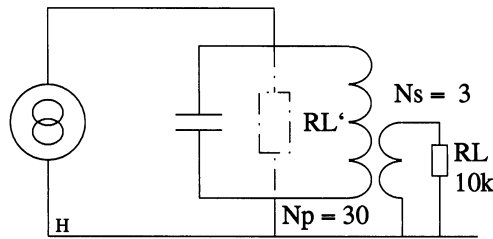
Tegningen viser gennemgangskurverne for den ubelastede- og den belastede svingningskreds. Man kan se at båndbredden er steget, og spændingen over kredsen er faldet. Det er uheldigt.



Forbindes parallelsvingningskredsen til en transistor med en impedans på 10k Ohm, går det helt galt.

Løsningen er impedanstransformering.

## 2.0 Impedanstransformation



Af tegningen fremgår det, at primærspolen har 30 vindinger, og sekundærspolen har 3 vindinger.

**Beregn omsætningsforholdet.**

$m =$  \_\_\_\_\_

Kendes vindingstallet på primær- og sekundærviklingen, kan omsætningsforholdet beregnes.

$$m = \frac{N_1}{N_2} = \frac{30}{3} = \underline{10}$$

Kender man omsætningsforholdet, kan impedansomsætningsforholdet beregnes. Det er  $= m^2$

Af tegningen fremgår det, at  $R_L$  er transformeret ind i svingningskredsen. Her er den benævnt med  $R_L'$ .

**Hvordan beregnes  $R_L'$ ?**

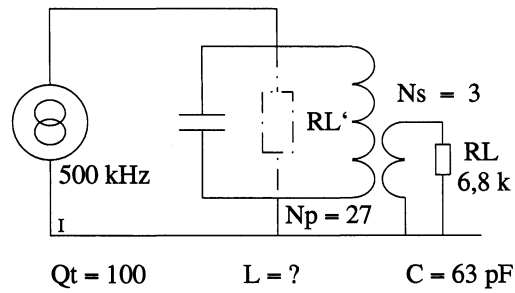
$R_L' =$  \_\_\_\_\_

$$R_L' = R_L \times m^2 = 10 \text{ k}\Omega \times 10^2 = \underline{1 \text{ M}\Omega}$$

$R_L$  sidder over viklingen med det mindste vindingstal. Derfor transformeres den op.

Der er den største impedans over viklingen med mange vindinger.

## 2.1 Eksempel 1



L er ca. \_\_\_\_\_

XL er ca. \_\_\_\_\_

Zres er ca. \_\_\_\_\_

b3 er ca. \_\_\_\_\_

m er ca. \_\_\_\_\_

RL' er ca. \_\_\_\_\_

Zres bel er ca. \_\_\_\_\_

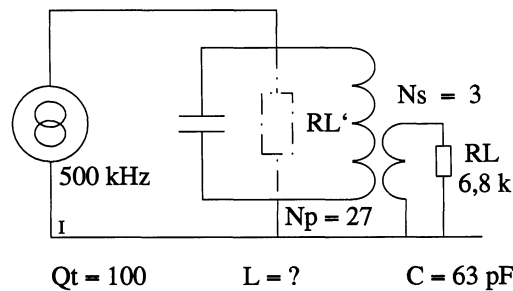
Qbel er ca. \_\_\_\_\_

b3 ubelastet er ca. \_\_\_\_\_

b3 bel er ca. \_\_\_\_\_



## 2.2 Facitliste til eksempel 1



$$L = \frac{1}{(2\pi \times \text{fres})^2 \times C} = \frac{1}{(2\pi \times 500 \text{ kHz})^2 \times 63 \text{ pF}} = \underline{1,6 \text{ mH}}$$

$$X_L = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{1,6 \text{ mH}}{63 \text{ pF}}} = \underline{5 \text{ k}\Omega}$$

$$Z_{\text{res}} = Q_t \times X_L = 100 \times 5 \text{ k}\Omega = 500 \text{ k}\Omega$$

$$b_3 = \frac{\text{fres}}{Q_t} = \frac{500 \text{ kHz}}{100} = \underline{5 \text{ kHz}}$$

$$m = \frac{N_p}{N_s} = \frac{27}{3} = \underline{9}$$

$$R_{L'} = m^2 \times R_L = 9^2 \times 6,8 \text{ k}\Omega = \underline{551 \text{ k}\Omega}$$

$$Z_{\text{res bel}} = Z_{\text{res}} // R_{L'} = 500 \text{ k}\Omega // 551 \text{ k}\Omega = \underline{262 \text{ k}\Omega}$$

$$Q_{\text{bel}} = \frac{Z_{\text{res bel}}}{X_L} = \frac{262 \text{ k}\Omega}{5 \text{ k}\Omega} = \underline{52}$$

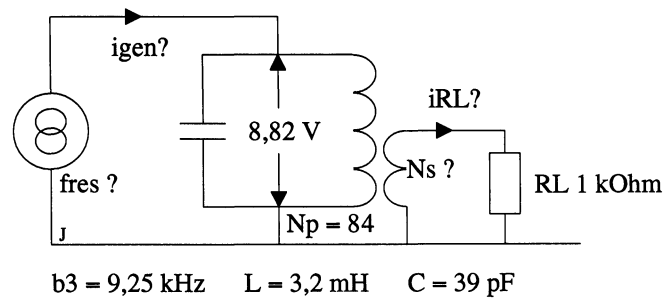
$$b_3 \text{ ubelastet} = \frac{\text{fres}}{Q_t} = \frac{500 \text{ kHz}}{100} = \underline{5 \text{ kHz}}$$

$$b_3 \text{ bel} = \frac{\text{fres}}{Q_{\text{bel}}} = \frac{500 \text{ kHz}}{52} = \underline{9,5 \text{ kHz}}$$

Båndbredden ændres ikke væsentligt. Det er fordi, der er impedanstransformation mellem transistoren og svingningskredsen.

Tilkobles transistoren direkte til kredsen, falder  $Q$  til 1,3.

## 2.3 Eksempel 2



Opgaven går bl. a. ud på at beregne  $N_s$ , så der er impedanstilpasning til  $R_L$

fres er ca. \_\_\_\_\_

$Q_t$  er ca. \_\_\_\_\_

$X_L$  er ca. \_\_\_\_\_

$Z_{res}$  er ca. \_\_\_\_\_

$m$  er ca. \_\_\_\_\_

$N_1$  er ca. \_\_\_\_\_

igen er ca. \_\_\_\_\_

$P_{gen}$  er ca. \_\_\_\_\_

$u_{RL}$  er ca. \_\_\_\_\_

$i_{RL}$  er ca. \_\_\_\_\_

$P_{RL}$  er ca. \_\_\_\_\_

## 2.4 Facitliste til eksempel 2

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi \times \sqrt{L \times C}}$$

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi \times \sqrt{3,2 \text{ mH} \times 39 \text{ pF}}} = \underline{450,5 \text{ kHz}}$$

$$Q_t = \frac{f_{res}}{b_3} = \frac{450,5 \text{ kHz}}{9,25 \text{ kHz}} = \underline{48,7}$$

$$X_L = \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{3,2 \text{ mH}}{39 \text{ pF}} = \underline{9,06 \text{ k}\Omega}$$

$$Z_{res} = Q_t \times X_L = 48,7 \times 9,06 \text{ k}\Omega = \underline{441 \text{ k}\Omega}$$

Ved impedanstilpasning i kredsløbet, skal  $Z_{out}$  være det samme som  $R_L$ . Kendes  $Z_{res}$  og den ønskede  $Z_{out}$ , kan  $m$  beregnes.

$$m = \sqrt{\frac{Z_{res}}{Z_{out}}} = \frac{441 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} = \underline{21}$$

Skal  $N_s$  beregnes, går man ud fra grundformlen for  $m$ .

$$m = \frac{N_p}{N_s} = \underline{9}. \quad \text{Ved omskrivning fås}$$

$$N_s = \frac{N_p}{m} = \frac{84}{21} = \underline{4 \text{ vindinger}}$$

$$i_{gen} = \frac{u_{gen}}{Z_{res}} = \frac{8,82 \text{ V}}{441 \text{ k}\Omega} = \underline{20 \mu\text{A}}$$

$$P_{gen} = u_{gen} \times i_{gen} = 8,82 \text{ V} \times 20 \mu\text{A} = \underline{176,4 \mu\text{W}}$$

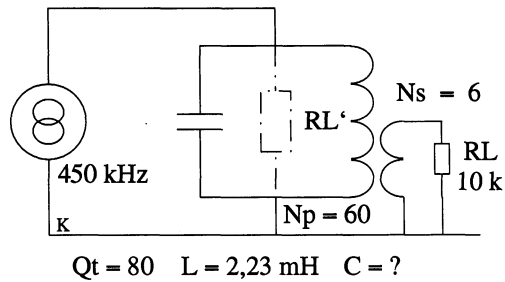
$$U_{RL} = \frac{u_{gen}}{m} = \frac{8,82 \text{ V}}{21} = \underline{420 \text{ mV}}$$

$$i_{RL} = \frac{u_{RL}}{R_L} = \frac{420 \text{ mV}}{1 \text{ k}\Omega} = \underline{420 \mu\text{A}}$$

$$P_{RL} = u_{RL} \times i_{RL} = 420 \text{ mV} \times 420 \mu\text{A} = \underline{176,4 \mu\text{W}}$$

## 3.0 Opgaver

### Opgave 1



C er ca. = \_\_\_\_\_

XL er ca. \_\_\_\_\_

Zres ubelastet er ca. \_\_\_\_\_

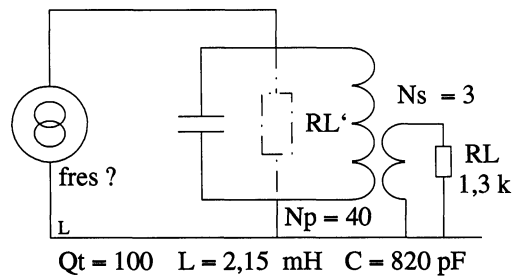
m = \_\_\_\_\_

RL' er ca. \_\_\_\_\_

Zres bel er ca. \_\_\_\_\_

Q bel er ca. \_\_\_\_\_

## Opgave 2



fres er ca. \_\_\_\_\_

$m =$  \_\_\_\_\_

$XL$  er ca. \_\_\_\_\_

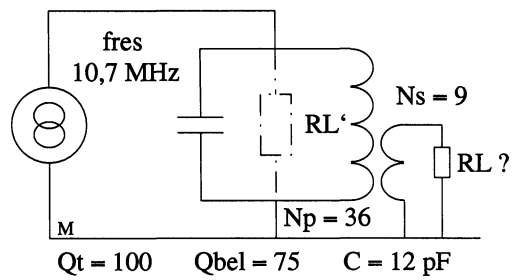
$Z_{res}$  ubelastet er ca. \_\_\_\_\_

$RL'$  er ca. \_\_\_\_\_

$Z_{res}$  belastet er ca. \_\_\_\_\_

$Q$ belastet er ca. \_\_\_\_\_

### Opgave 3



L er ca. \_\_\_\_\_

$X_L$  er ca. \_\_\_\_\_

$Z_{res}$  ubelastet er ca. \_\_\_\_\_

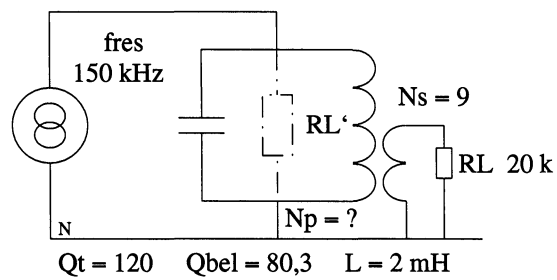
$Z_{res}$  belastet er ca. \_\_\_\_\_

$R_{L'}$  er ca. \_\_\_\_\_

$m =$  \_\_\_\_\_

$R_L$  er ca. \_\_\_\_\_

## Opgave 4



C er ca. \_\_\_\_\_

$X_L$  er ca. \_\_\_\_\_

$Z_{res}$  ubelastet er ca. \_\_\_\_\_

$Z_{res}$  belastet er ca. \_\_\_\_\_

$R_L'$  er ca. \_\_\_\_\_

m er ca. \_\_\_\_\_

$N_p$  er ca. \_\_\_\_\_





## 4.0 Facitliste til opgaverne

### Opgave 1

$$C = 56 \text{ pF} \quad XL = 6,3 \text{ k}\Omega \quad Z_{\text{res}} = 504 \text{ k}\Omega$$

$$m = 10 \quad RL' = 1 \text{ M}\Omega \quad Z_{\text{res bel}} = 335 \text{ k}\Omega$$

$$Q_{\text{bel}} = 53,2$$

### Opgave 2

$$f_{\text{res}} = 120 \text{ kHz} \quad m = 13,3 \quad XL = 1,62 \text{ k}\Omega$$

$$Z_{\text{res ubelastet}} = 162 \text{ k}\Omega \quad RL' = 230 \text{ k}\Omega$$

$$Z_{\text{res belastet}} = 95 \text{ k}\Omega \quad Q_{\text{belastet}} = 58,7$$

### Opgave 3

$$L = 18,4 \text{ }\mu\text{H} \quad XL = 1,24 \text{ k}\Omega \quad Z_{\text{res ubelastet}} = 124 \text{ k}\Omega$$

$$Z_{\text{res belastet}} = 93 \text{ k}\Omega \quad RL' = 372 \text{ k}\Omega$$

$$m = 4 \quad RL = 23,3 \text{ k}\Omega$$

### Opgave 4

$$C = 563 \text{ pF} \quad XL = 1,89 \text{ k}\Omega \quad Z_{\text{res ubelastet}} = 226,2 \text{ k}\Omega$$

$$Z_{\text{res belastet}} = 151 \text{ k}\Omega \quad RL' = 455 \text{ k}\Omega$$

$$m = 4,77 \quad N_p = 43$$