

LABORATION

EL 3

VÄXELSTRÖMSMÄTNINGAR

MÅLSÄTTNING: Att göra Dig bekant med enkla växelströmskretsar

INNEHÅLL:

1. Enkla växelströmskretsar
2. Serieresonsanskretsen

Handledare:

Namn:

Laborationen utförd den:

Inlämnad den:

Godkänd den: av:

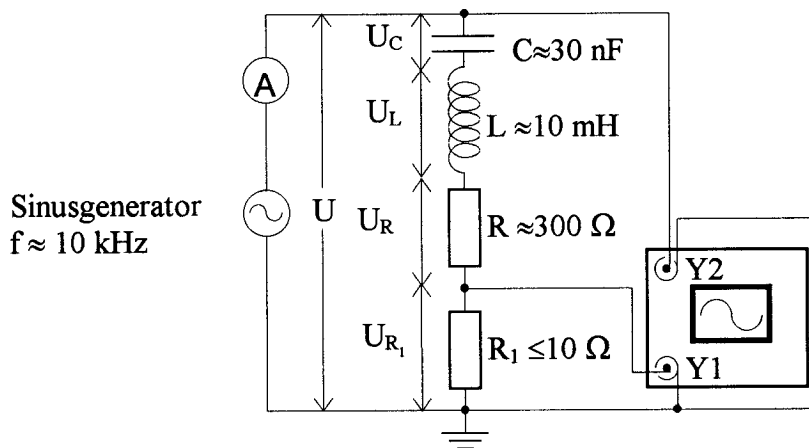
1. ENKLA VÄXELSTRÖMSKRETSAR

Redan i lab EL 1 kunde Du observera fasförskjutning mellan ström och spänning i en kapacitiv växelströmskrets. Vi skall nu fortsätta att systematiskt studera växelströmskretsar. Utöver fasförskjutning i kretsarna skall vi mäta strömmarnas och spänningarnas effektivvärden. Detta ger oss underlag att rita kretsarnas visardiagram.

Om man vill studera strömmar och spänningar i växelströmskretsar kan man antingen använda effektivvärdesvisande instrument (ampere- och voltmetrar) eller ett oscilloskop (helst tvåkanalsoscilloskop). Med hjälp av tvåkanalsoscilloskopet kan man direkt mäta fasförskjutningen mellan ström och spänning.

Ett oscilloskop kan emellertid inte direkt mäta strömmar men man kan utnyttja att i en ren resistans ligger ström och spänning i fas och för både momentanvärden, effektivvärden och toppvärden gäller sambandet $U = RI$. Är U och R kända kan således I beräknas.

Koppla nu upp kretsen i figur 1. Du skall använda samma koppling i flera olika experiment.



Obs, gemensam

jordpunkt.

Figur 1. Krets för samtliga mätningar. (Spole 600 varv har $L \approx 9$ mH.)

Värdet på motståndet R_1 har valts så att spänningsfallet över detta motstånd alltid kan försummas i jämförelse med de övriga spänningarna i kretsen. På så sätt kan Du med oscilloskopet på ena ingången få en representation av strömmen (spänningen över R_1) och samtidigt en representation av den totala spänningen över kretsen på Y2- ingången. Trigga på Y1 (strömmen) i alla uppgifterna 1 a - 1 e. Specialfallen i 1 a - 1 c bör Du klara av snabbt. Ägna Dig sedan åt 1 d, 1 e och det allmänna fallet i uppgift 2.

UPPGIFT 1 a. SPÄNNING OCH STRÖM I EN KRETS MED ENBART RESISTANS.

Kortslut nu spole och kondensator. På så sätt får Du en krets som bara består av ren resistans kopplad till en växelspänningsgenerator som ger en sinusformad spänning. Mät med de effektivvärdesvisande instrumenten (ampere- och voltmeter) ström (I) och total spänning (U) i kretsen. Rita visardiagram som åskådliggör fasförhållandet i kretsen och jämför detta med bilden på oscilloskopskärmen (rita av denna bild bredvid visardiagrammet).

Mätning med volt- och amperemetrar ger

$U = \dots\dots\dots V$

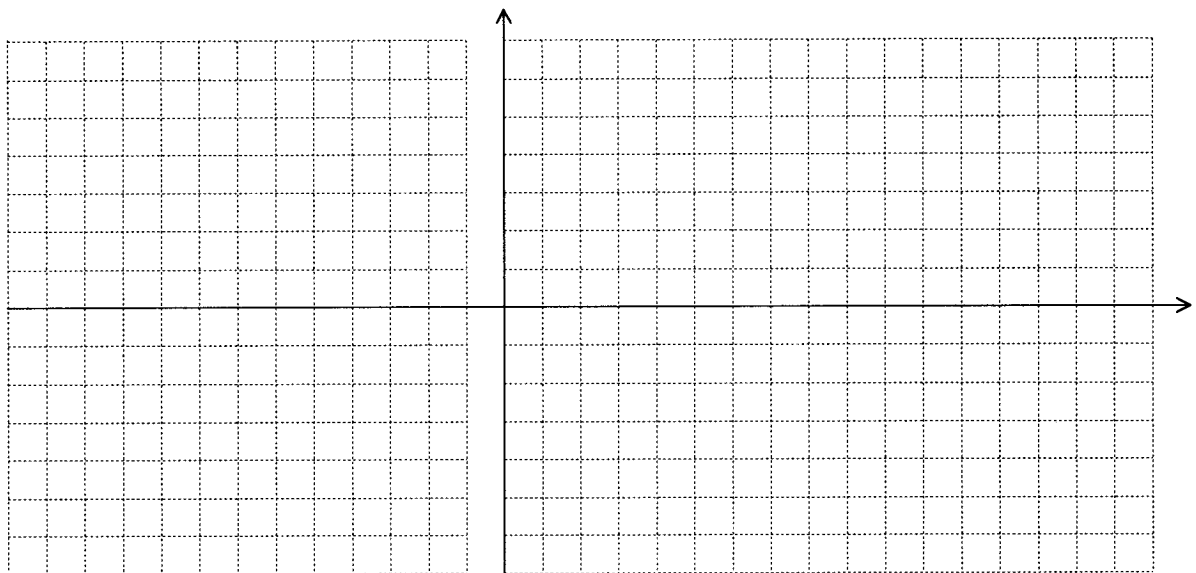
$I = \dots\dots\dots A$ medför att $U_{R_1} = R_1 \cdot I = \dots\dots\dots V$

Stämmer dessa resultat med avläsningarna på oscilloskopskärmen?

Svar (med motivering):

.....
.....

Beräkna även $I \cdot R = U_R = \dots\dots\dots V$. Kontrollera att $U \approx U_R$!



Visardiagram i effektivvärdesskala. Utseende av ström- och spänningskurvor på oscilloskopskärmen.

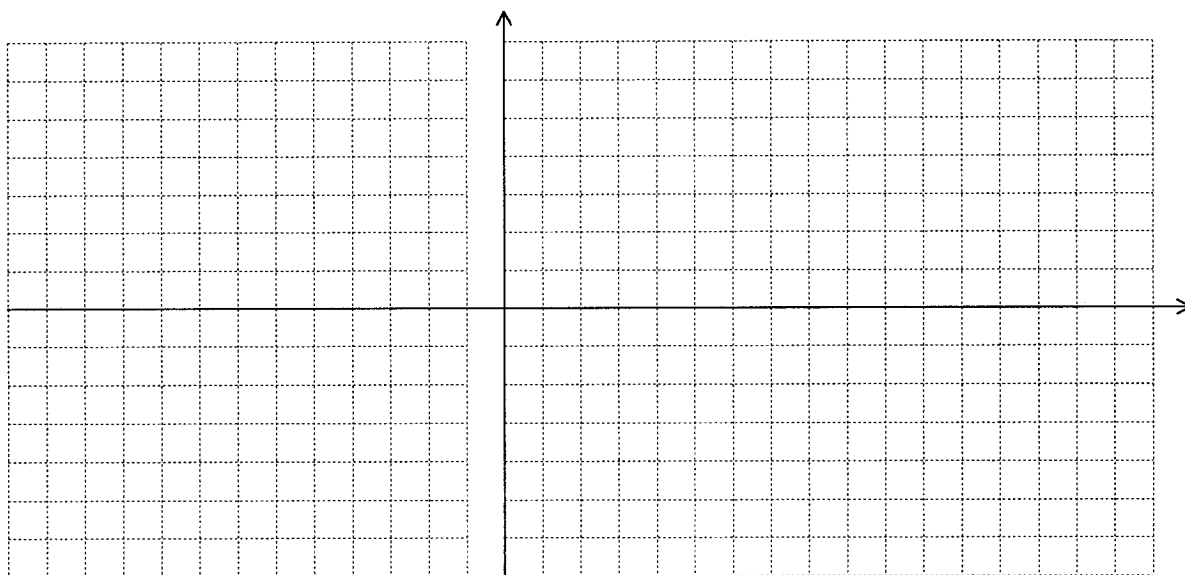
UPPGIFT 1 b. SPÄNNING OCH STRÖM I EN KRETS MED ENBART KAPACITANS.

Kortslut nu istället induktansen och motståndet R. Om frekvensen f har valts så att $1/(2\pi fC) \gg R_1$ kommer kretsen att uppföra sig som en ideal kondensator kopplad till en växelspänningskälla. Mät med volt- och amperemetrarna pålagd spänning och ström. Avläs fasförskjutningen på oscilloskopet. Rita av bilden på oscilloskopet och rita ett visardiagram. Använd strömmen som riktfas (horisontell visare). Mätning med volt- och amperemetrarna ger $U = \dots\dots\dots$ V

$I = \dots\dots\dots$ A

$f = \dots\dots\dots$ Hz medför att $X_C = 1/(2\pi fC) = \dots\dots\dots$ ohm

och $U_C = I/(2\pi fC) = \dots\dots\dots$ V



Visardiagram i effektivvärdesskala.

Utseende av ström- och spänningskurvor på oscilloskopskärmen.

Detta innebär, att i en ren kapacitans ligger spänningen fasförskjuten $\dots\dots\dots^\circ$ före/efter strömmen (stryk det ej tillämpliga).

UPPGIFT 1 c. SPÄNNING OCH STRÖM I EN KRETS MED ENBART INDUKTANS.

Kortslut nu istället motståndet R och kondensatorn. Om frekvensen f har valts så att $2\pi fL \gg R_1$ kommer kretsen att uppföra sig som en ideal induktans kopplad till en växelspanningskälla. Mät med volt- och amperemeter effektivvärdena av pålagd spänning och ström. Studera spännings- och strömkurvorna på oscilloskopskärmen och avläs fasförskjutningen mellan spänning och ström i en ren induktans. Rita av bilden på skärmen och rita ett visardiagram.

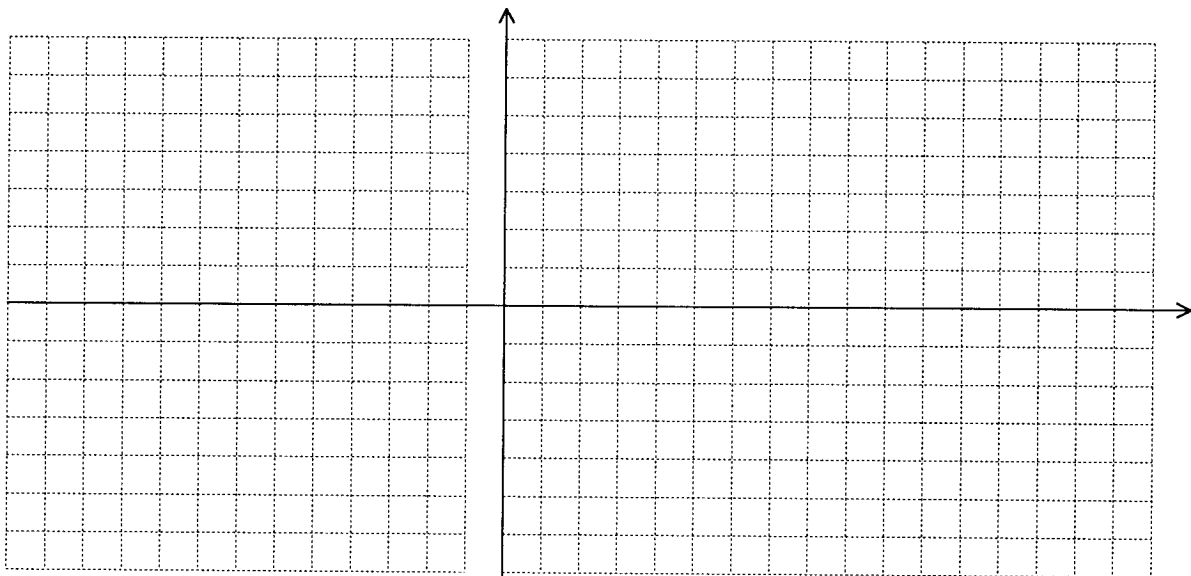
Mätning med volt- och amperemetern ger

$$U = \dots\dots\dots \text{ V}$$

$$I = \dots\dots\dots \text{ A}$$

$$f = \dots\dots\dots \text{ Hz medför att } X_L = 2\pi fL = \dots\dots\dots \text{ ohm och}$$

$$U_L = 2\pi fLI = \dots\dots\dots \text{ V}$$



Visardiagram i effektivvärdesskala. Utseende av ström- och spänningskurvor på oscilloskopskärmen.

Detta innebär att i en ren induktans ligger spänningen fasförskjuten $\dots\dots\dots^\circ$ före/efter strömmen (stryk det ej tillämpliga).

KOMMENTAR: Du har nu studerat inverkan av de grundläggande kretselementen i växelströmskretsen. Då Du i de följande uppgifterna skall behandla en kombination av ett eller flera av dessa element i en seriekrets erhåller Du helt enkelt den resulterande spänningen genom att i visardiagrammet vektoraddera spänningsvisarna för de olika komponenterna (resistor: U_R i fas med strömmen; induktans: U_L 90° FÖRE strömmen; kapacitans: U_C 90°

EFTER strömmen). Vinkeln mellan den resulterande spänningsvisaren (= pålagd spänning) och strömvisaren i visardiagrammet ger fasförskjutningen. Jämför denna vinkel med den som kan avläsas på oscilloskopskärmen enl. formeln $\phi = 360^\circ \cdot \ell_1/\ell_2$ där ℓ_1 och ℓ_2 är fasskillnaden resp. periodlängden mätt i mm på skärmen. Se lab. EL 1.

UPPGIFT 1 d. SPÄNNING OCH STRÖM I EN KRETS MED INDUKTANS OCH RESISTANS I SERIE

Kortslut nu enbart kondensatorn och justera frekvensen så att U_R blir jämförbar med U_L (U_R fortfarande försumbar!) Mät U , U_R , U_L och I med effektivvärdesvisande instrument. Rita visardiagram. Beräkna fasförskjutningen teoretiskt och jämför med avläst värde på oscilloskopet.

Induktans och resistans i serie:

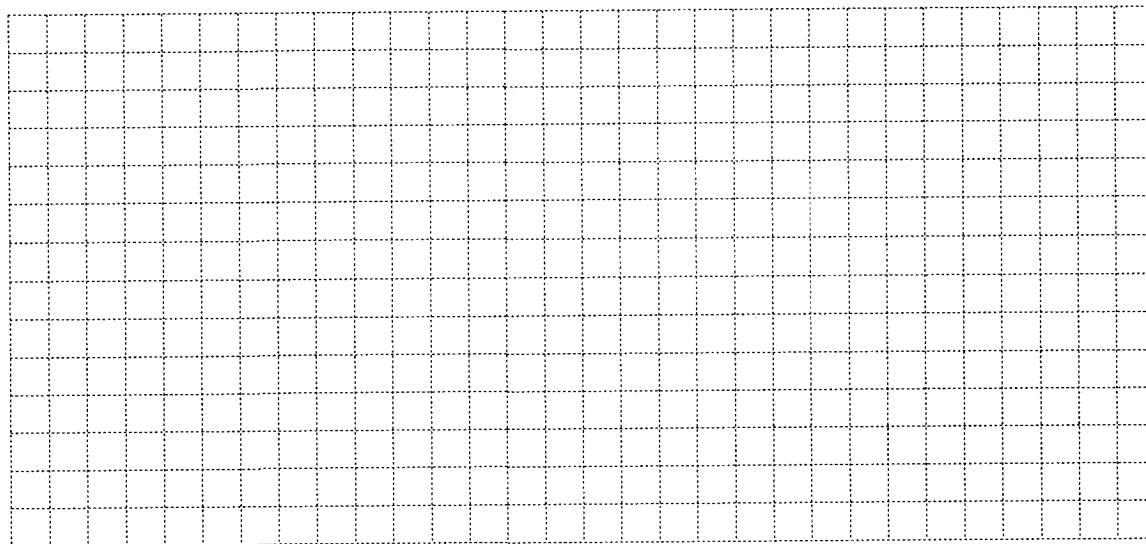
$U = \dots\dots\dots V \quad U_R = \dots\dots\dots V$

$U_L = \dots\dots\dots V \quad I = \dots\dots\dots A$

Enligt växelströmsteorin är $U = I(R^2 + 4\pi^2 f^2 L^2)^{1/2} = \dots\dots\dots V$.

fasförskjutningen $\phi = \arctan 2\pi fL/R = \arctan \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$

Visardiagram för resistans och induktans i serie (effektivvärdesskala, strömmen riktvisare).



Mätning i figuren ger $U = \dots\dots\dots V$, $\phi = \dots\dots\dots$

Oscilloskopet ger att fasförskjutningen $\phi = \dots\dots\dots$

UPPGIFT 1e. SPÄNNING OCH STRÖM I EN VÄXELSTRÖMSKRETS MED KAPACITANS OCH RESISTANS I SERIE.

Kortslut i detta fall enbart induktansen och justera så, att U_R och U_C är av samma storleksordning (U_{R1} försumbar). Mät U , U_R , U_C och I med effektivvärdesvisande instrument samt avläs fasförskjutningen mellan U och I på oscilloskopet. Rita visardiagram. Beräkna fasförskjutningen teoretiskt och jämför med avläst värde.

Resistans och kapacitans i serie:

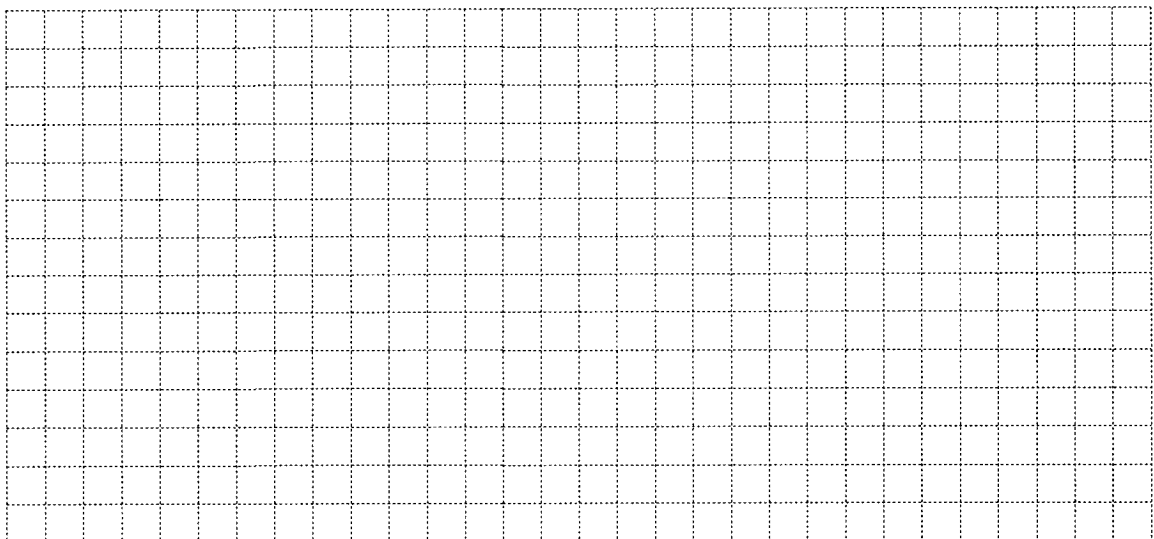
$U = \dots\dots\dots V$ $U_R = \dots\dots\dots V$

$U_C = \dots\dots\dots V$ $I = \dots\dots\dots A$

Enligt växelströmsteorin är $U = I(R^2 + 1/4\pi^2 f^2 C^2)^{1/2} = \dots\dots\dots V$

fasförskjutningen $\phi = -\arctan 1/(2\pi fCR) = -\arctan \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$

Visardiagram för resistans och kapacitans i serie (effektivvärdesskala, strömmen riktvisare).



Mätning i figuren ger $U = \dots\dots\dots V$, $\phi = \dots\dots\dots$

Oscilloskopet ger, att fasförskjutningen $\phi = \dots\dots\dots$

2. SERIERESONANSKRETSEN.

Den allmänna seriekretsen med R, L och C i serie.

I den allmänna seriekretsen blir uttrycket för strömmen

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}\right)^2}}$$

och fasförskjutningen

$$\phi = \arctan \frac{2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}}{R}$$

Detta innebär, att om U är konstant har I ett maximivärde $I_{\max} = U/R$ då

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = f_0 \text{ (resonansfrekvensen)}$$

Då är också fasförskjutningen mellan ström och spänning i kretsen = 0.

UPPGIFT 2 a

Justera frekvensen f så att $U_L = U_C$. Studera samtidigt hur ström- och spänningskurvorna förskjuter sig på oscilloskopet då kretsen är omväxlande induktiv ($X_L > X_C$), rent resistiv ($X_L = X_C$) och kapacitiv ($X_L < X_C$).

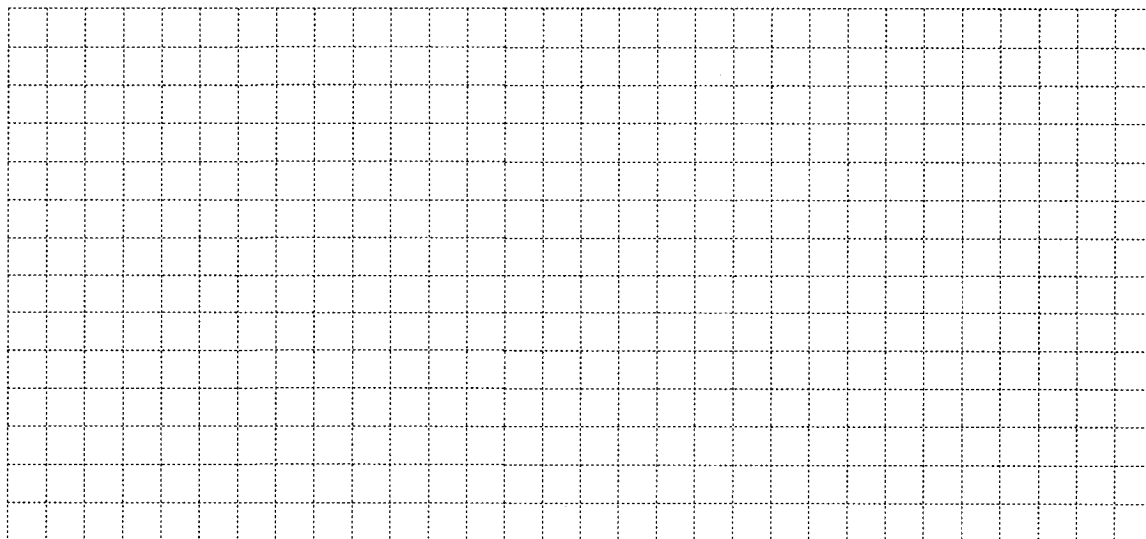
Om Du dessutom ser till, att X_L och X_C är större än R (t ex 2 till 3 gånger större) finner Du, att U_L och U_C är betydligt större än den pålagda spänningen U. Verifiera detta och rita visardiagram!

Resultat (mätningar med effektivvärdesvisande V-meter):

$$U = \dots\dots\dots \text{ V} \quad U_R = \dots\dots\dots \text{ V}$$

$$U_L = \dots\dots\dots \text{ V} \quad U_C = \dots\dots\dots \text{ V}$$

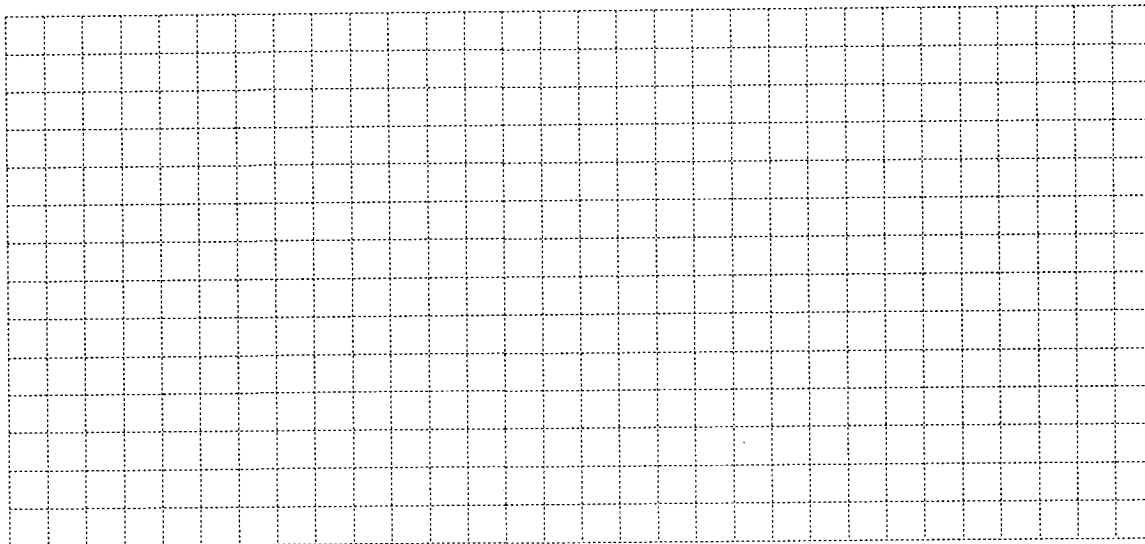
Visardiagram då serieresonans råder:



Inställd frekvens på funktionsgeneratorn $f_{\text{res}} = \dots\dots\dots$ Hz

Teoretisk resonansfrekvens $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \dots\dots\dots$ Hz

Rita ett diagram över I/I_{\max} som funktion av frekvensen.



Ur kurvan ovan bestäms:

- a) Resonansfrekvensen $f_0 = \dots\dots\dots$
- b) Undre gränshfrekvensen*) $f_1 = \dots\dots\dots$
- c) Övre gränshfrekvensen $f_2 = \dots\dots\dots$
- d) Bandbredden $\Delta f = f_2 - f_1$ $\Delta f = \dots\dots\dots$
- e) Q-värdet ($Q = f_0/\Delta f$) $Q = \dots\dots\dots$
- f) Impedansen vid f_0 $|Z_s|_{\min} = \dots\dots\dots$

Beräkna spolens induktans L med hjälp av uttrycket för resonansfrekvensen (se sid. 7)

$L = \dots\dots\dots$

Vilket värde erhåller Du för induktansen med användande av LCR-metern (HP 4261)?

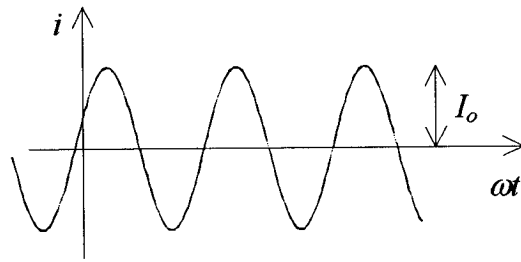
$L = \dots\dots\dots$

*) Man brukar definiera undre och övre gränshfrekvenserna hos resonanskurvan som de frekvenser för vilka strömmen sjunkit till $1/\sqrt{2}$ av maxvärdet.

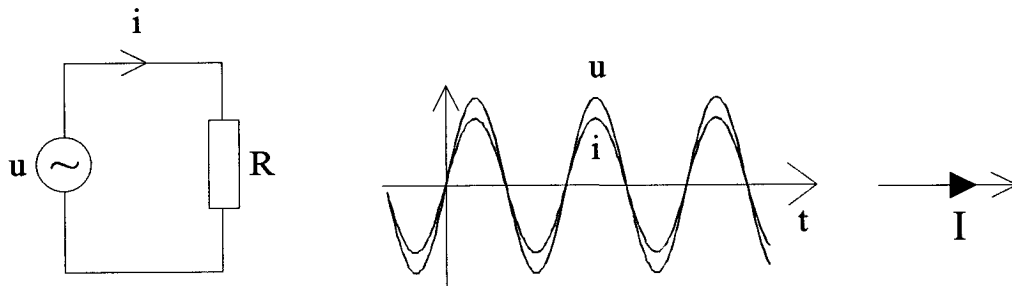
Kontrollfrågor

1. Varför används ett tvåkanaloscilloskop vid undersökningen av de olika växelströmskretsarna?
2. Hur går det till att mäta strömmen i en krets med hjälp av ett oscilloskop?
3. Vilket teoretiskt uttryck gäller för resonansfrekvensen i en serieresonanskrets?
4. Erhålls bred eller smal resonanskurva om Q-värdet för kretsen är högt?
5. Q-värdet kan uttryckas som $f_0/\Delta f$. Vad är f_0 och Δf ?

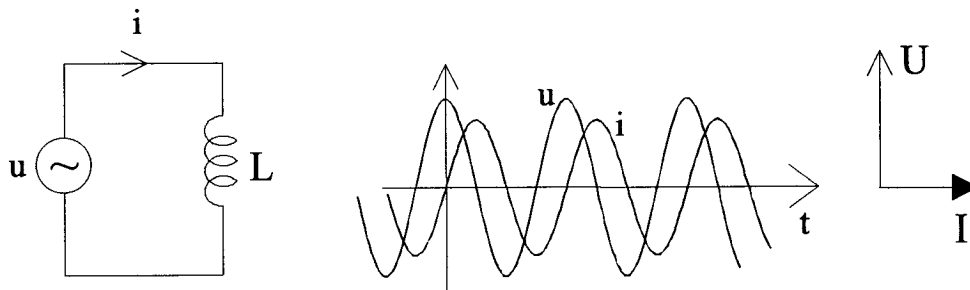
APPENDIX till EL3



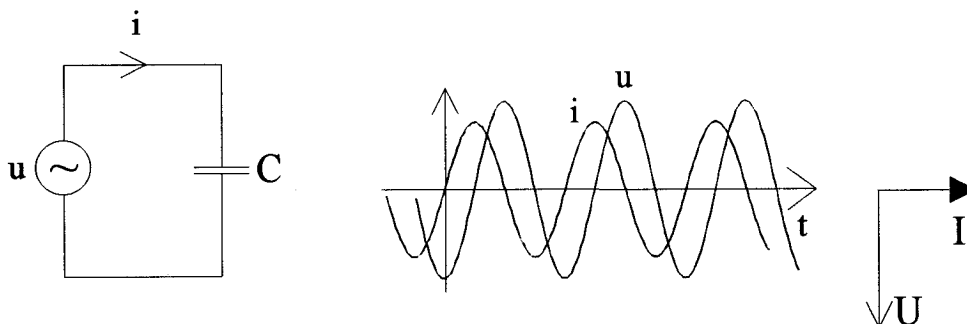
En växelström $i = I_o \sin(\omega t + \alpha)$ representeras med en visare som har en längd motsvarande toppvärdet I_o eller effektivvärdet $I = I_o / \sqrt{2}$



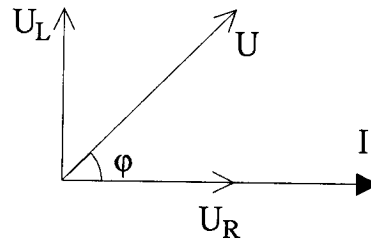
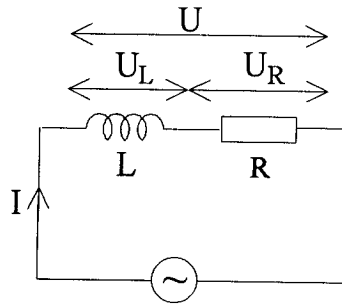
Krets med en växelspänningskälla och en resistans, tidsdiagrammet för ström och spänning samt visardiagrammet för kretsen. Impedansen $Z = \frac{U_o}{I_o} = \frac{U}{I} = R$



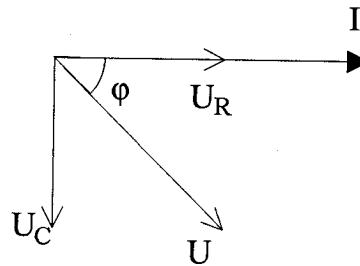
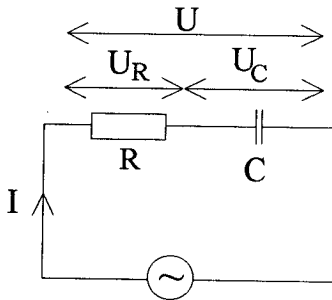
Krets med en växelspänningskälla och en induktans. Tidsdiagrammet för ström och spänning och visardiagrammet visar att spänningen ligger 90° före strömmen. $Z = \frac{U_o}{I_o} = \frac{U}{I} = \omega L = X_L$



Krets med en växelspänningskälla och en kapacitans. Tidsdiagrammet för ström och spänning och visardiagrammet visar att spänningen ligger 90° efter strömmen. $Z = \frac{U_o}{I_o} = \frac{U}{I} = \frac{1}{\omega C} = X_C$

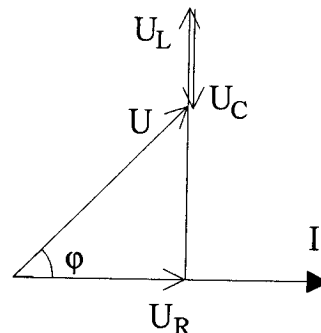
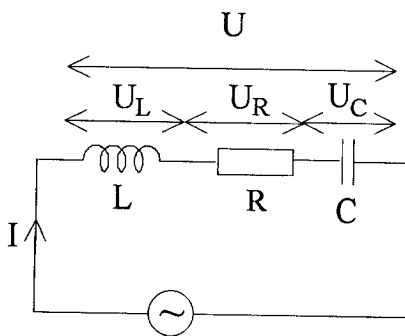


Krets med en växelspänningskälla, en resistans och en induktans. Totala spänningen ligger φ° före strömmen. $Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$, $\tan \varphi = \frac{U_L}{U_R} = \frac{\omega L}{R}$



Krets med en växelspänningskälla, en resistans och en kapacitans. Totala spänningen ligger φ° efter strömmen. Notera att fasvinklar anges som negativa när spänningen är efter strömmen.

$$Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}, \quad \tan(\varphi) = -\frac{U_C}{U_R} = -\frac{1}{\omega CR}$$



Krets med en växelspänningskälla, en resistans, en induktans och en kapacitans. (U_C har sidoförskjutits något i visardiagrammet för att synas tydligt.) $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$,

$$\tan \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$