

PRÀCTICA 10

CORRENT ALTERN:

CIRCUITS RC, RL i RLC SÈRIE

Objectius: Familiaritzar-se amb els circuits de corrent altern fent ús de l'oscil·loscopi. S'utilitzen els circuits RC i RL sèrie per mesurar C i L respectivament. En un circuit RLC es mesuren les tensions a borns dels diferents elements, els desfasaments i la freqüència de ressonància.

1 Fonament teòric

Quan una font de tensió alterna subministra una diferència de potencial (expressada en notació complexa)

$$\bar{V}(t) = V_0 e^{i\omega t}$$

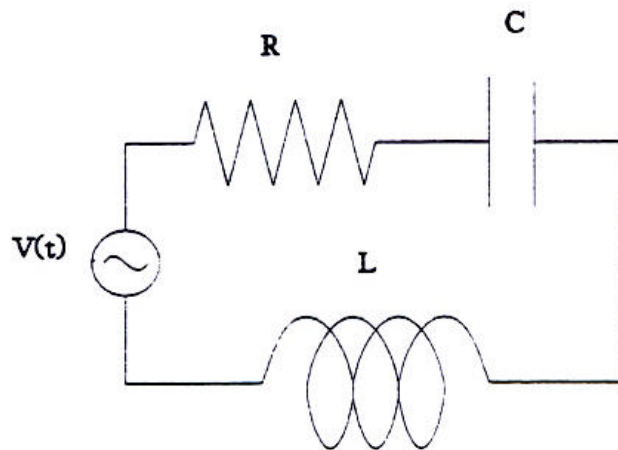
(V_0 és l'amplitud de la tensió i $\omega = 2\pi f$, essent f la freqüència) i es connecta a un circuit RLC sèrie, la intensitat que hi circula ve donada per la llei d'Ohm complexa

$$\bar{I}(t) = \bar{V}(t) / \bar{Z},$$

on

$$\bar{Z} = R + iX = R + i\left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)$$

és la impedància de la càrrega i $X = (L\omega - 1/C\omega)$ s'anomena reactància.



Si expressem la impedància en forma polar, $\bar{Z} = Z e^{i\mathbf{j}}$, aleshores

$$\bar{I}(t) = \frac{\bar{V}(t)}{Z} e^{-i\mathbf{j}} \equiv I_0 e^{i(\omega t - \mathbf{j})}, \quad I_0 = V_0 / Z \quad Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

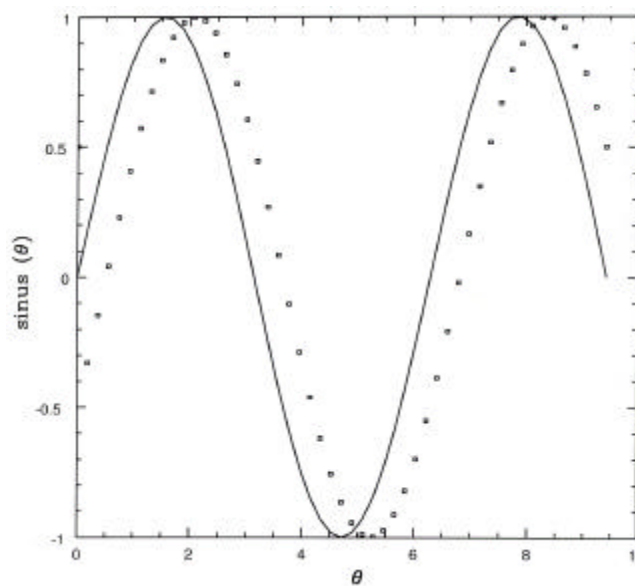
d'on s'observa que, en general, la intensitat estarà desfasada respecte la tensió en un angle \mathbf{j} . L'angle de desfasament satisfà

$$\tan \mathbf{j} = \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right) / R$$

El cosinus de l'angle, $\cos \mathbf{j} = R/Z$, és el factor de potència del circuit.

Si $j > 0$ ($j < 0$) diem que I s'endarrereix (avança) respecte V . Fixeu-vos com es tradueix aquest conveni quan es visualitzen els senyals alterns en funció del temps. Si utilitzem la representació sinus (prenem la part imaginària de les magnituds complexes), la magnitud que s'endarrereix la veurem més a la dreta que la magnitud avançada. Per exemple, si tinguéssim $j = +p/6$ i representem la tensió (proporcional a la funció $\sin(x)$, línia contínua a la figura) i la intensitat (proporcional a $\sin(x-p/6)$, línia de punts) en funció de $x = \omega t$, veurem que la magnitud endarrerida, I , està desplaçada respecte l'altra, V , cap a la dreta. Fixeu-vos que l'angle de desfasament pot trobar-se a partir de la gràfica. Cal recordar que la distància D entre dos màxims consecutius d'una funció sinus correspon a un desfasament de 2π radians. Podem mesurar D a la gràfica, així com la distància entre els màxims de les dues senyals sinusoidals, l . El desfasament j entre aquestes el trobarem mitjançant

$$j = \left(\frac{2p}{D} \right) \cdot l$$



Noteu que la impedància \bar{Z} té, en general, un valor complex, que depèn de R , L , C i ω . S'anomena freqüència de ressonància, f_R , la freqüència del senyal altern que fa que la impedància del circuit sigui real, $\bar{Z} = R$, és a dir, amb reactància $X = (L\omega - 1/C\omega) = 0$. Podeu comprovar que $f_R = \omega_R / 2p = 1/(2p\sqrt{LC})$. Per la freqüència ressonant, el mòdul de la impedància adopta el valor mínim, el que es tradueix en que l'amplitud de la intensitat que circula pel circuit sigui màxima.

Les expressions anteriors corresponen a un circuit RLC sèrie. Són també aplicables a circuits RC (posant $L = 0$), RL (posant $C \rightarrow \infty$) i LC (posant $R = 0$). La llei d'Ohm ens permet relacionar la tensió en extrems de qualsevol element del circuit amb la seva impedància i la intensitat que hi circula:

$$\begin{aligned} \bar{V}_R(t) &= \bar{Z}_R \bar{I}(t), & \bar{Z}_R &= R \\ \bar{V}_L(t) &= \bar{Z}_L \bar{I}(t), & \bar{Z}_L &= iL\omega = L\omega e^{ip/2} \\ \bar{V}_C(t) &= \bar{Z}_C \bar{I}(t), & \bar{Z}_C &= -\frac{i}{C\omega} = \frac{1}{C\omega} e^{-ip/2} \end{aligned}$$

En connectar un canal de l'oscil·loscopi a borns d'un element, podrem observar (a la pantalla de l'oscil·loscopi) la tensió instantània aplicada a l'element. Per exemple, si l'element és la resistència R , podrem saber fàcilment quina és la intensitat instantània que hi circula, només dividint pel valor de R . Si utilitzem les dues sondes disponibles connectant-les a borns de dos elements diferents, podrem visualitzar els dos senyals simultàniament, el que ens permetrà trobar el seu desfasament relatiu.

NOTA: Quan es connecten les dues sondes simultàniament, CAL que els borns negres (de les dues sondes) estiguin connectats al mateix punt. (Això és degut a que l'oscil·loscopi els té internament connectats entre si). Això serà possible quan mesureu diferències de tensió entre dos elements veïns. En canvi, si els elements no són veïns, CAL modificar el circuit de manera que ho siguin.

2. Procediment de mesura

2.1. Circuit RC

1. Mesureu la resistència amb el polímetre.
2. Amb la resistència R i el condensador, munteu un circuit RC sèrie. Connecteu-lo al generador de senyals alterns (ona sinusoidal) amb una amplitud $V_0 = 4 \text{ V}$ i una freqüència $f = 1 \text{ kHz}$. Utilitzeu l'oscil·loscopi per mesurar-ne V_0 i v amb la màxima precisió possible. Connecteu un canal de l'oscil·loscopi a borns de la resistència i mesureu V_{R0} . Feu el mateix a borns del condensador i mesureu V_{C0} .
3. A partir de V_{R0} i V_{C0} deduiu I_0 (l'amplitud de la intensitat) i el valor de la capacitat del condensador C .

2.2 Circuit RL

1. Munteu un circuit RL sèrie. De manera similar a l'apartat anterior, mesureu la nova V'_{R0} i també V_{L0}
2. A partir de V'_{R0} i V_{L0} deduiu I'_0 (l'amplitud de la intensitat) i el valor de l'autoinducció de la bobina, L .

2.3 Circuit RLC

1. Coneguts els valors de R , L i C , munteu el circuit RLC sèrie i connecteu-lo al generador del corrent altern. Manteniu $V_0 = 4 \text{ V}$ i la freqüència $f = 1 \text{ kHz}$. Connecteu les dues sondes de l'oscil·loscopi per mesurar simultàniament V_0 i V_{R0} . Determineu I_0 i Z .
2. Deduiu (a partir de la gràfica de la pantalla de l'oscil·loscopi) quin és el desfasament entre la tensió i la intensitat. Quina magnitud va avançada respecte l'altra? Quant val el factor de potència?
3. Connecteu un canal de l'oscil·loscopi a borns de la resistència. Canvieu el valor de la freqüència del generador de manera contínua fins que l'amplitud de l'ona observada a la pantalla de l'oscil·loscopi sigui màxima. Mesureu, amb l'oscil·loscopi, la freqüència que fa màxima l'amplitud f_R (freqüència de ressonància). Quin és el valor teòric f_R^t ?

Corrent altern: Circuits RC, RL i RLC sèrie

1. Circuit RC

Mesureu la resistència amb el polímetre, $R = \dots\dots\dots$

Amb la resistència R i el condensador, munteu un circuit RC sèrie. Connecteu-lo al generador de senyals alterns (ona sinusoidal) amb una amplitud $V_0 = 4 \text{ V}$ i una freqüència $f = 1 \text{ kHz}$. Utilitzeu l'oscil·loscopi per mesurar-ne V_0 i f amb la màxima precisió possible. Connecteu un canal de l'oscil·loscopi a borns de la resistència i mesureu V_{R0} . Feu el mateix a borns del condensador i mesureu V_{C0} .

$$V_{R0} = \dots\dots\dots \quad V_{C0} = \dots\dots\dots$$

A partir de V_{R0} i V_{C0} deduïu I_0 (l'amplitud de la intensitat) i el valor de la capacitat del condensador C .

$$I_0 = \dots\dots\dots \quad C = \dots\dots\dots$$

2. Circuit RL

Munteu un circuit RL sèrie. De manera similar a l'apartat anterior, mesureu la nova V'_{R0} i també V_{L0}

$$V'_{R0} = \dots\dots\dots \quad V_{L0} = \dots\dots\dots$$

A partir de V'_{R0} i V_{L0} deduïu I'_0 (l'amplitud de la intensitat) i el valor de l'autoinducció de la bobina, L .

$$I'_0 = \dots\dots\dots \quad L = \dots\dots\dots$$

3. Circuit RLC

Coneguts els valors de R , L i C , munteu el circuit RLC sèrie i connecteu-lo al generador del corrent altern. Manteniu $V_0 = 4 \text{ V}$ i $f = 1 \text{ kHz}$. Connecteu les dues sondes de l'oscil·loscopi per mesurar simultàniament V_0 i V_{R0} . Determineu I_0 i Z .

$$I_0 = \dots\dots\dots \quad Z = V_0/I_0 = \dots\dots\dots \quad Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \dots\dots\dots$$

Deduïu (a partir de la gràfica de la pantalla de l'oscil·loscopi) quin és el desfasament j entre la tensió i la intensitat. Quina magnitud va avançada respecte l'altra? Quant val el factor de potència?

$$j = \dots\dots\dots, \quad \dots\dots\dots \text{avança respecte} \dots\dots\dots, \quad \text{Factor de potència} = \dots\dots\dots$$

Connecteu un canal de l'oscil·loscopi a borns de la resistència. Canvieu el valor de la freqüència del generador de manera contínua fins que l'amplitud de l'ona observada a la pantalla de l'oscil·loscopi sigui màxima. Mesureu, amb l'oscil·loscopi, la freqüència que fa màxima l'amplitud f_R (freqüència de ressonància). Quin és el valor teòric? f_R^t ?

$$f_R = \dots\dots\dots \quad f_R^t = \dots\dots\dots$$