

Pràctica 2: Estudi d'un circuit RC i RCL

1. Objectius

Aquesta pràctica mostra algunes propietats fonamentals dels circuits elèctrics bàsics en corrent altern. En la primera part, s'estudia el procés de càrrega i descàrrega d'un condensador en un circuit RC, determinant la constant de temps del circuit. En la segona part, s'analitza el comportament característic d'un circuit RLC en sèrie, observant el fenomen de la ressonància del circuit, per tal de determinar la freqüència de ressonància i el factor Q.

2. Circuit RC

2.1. Fonament teòric

Considereu un circuit RC connectat a una font de corrent continu, DC. Si partiu d'un potencial nul a través d'un condensador, el potencial augmentarà en funció del temps, segons l'equació:

$$V = V_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (1)$$

on el producte RC s'anomena **constant de temps** del circuit. És un paràmetre que s'utilitza per tal d'avaluar la rapidesa amb que es produeix el canvi de tensió, que en aquest cas representa la càrrega del condensador. Després d'un temps igual a la constant de temps el potencial és:

$$V = V_0(1 - e^{-1}) = 0.63 V_0 \quad (2)$$

És a dir, la d.d.p. en el condensador és 0.63 vegades el seu valor màxim, V_0 . Amb una tensió DC, el condensador assoleix el potencial V_0 i manté aquest potencial fins que el descarreguem.

Però, si treballem amb una font AC, forçarem que el potencial en el condensador augmenti i disminueixi com ho fa el potencial del senyal aplicat. Per exemple, si apliquem un senyal quadrat el resultat obtingut serà el que mostra la Fig. 1.

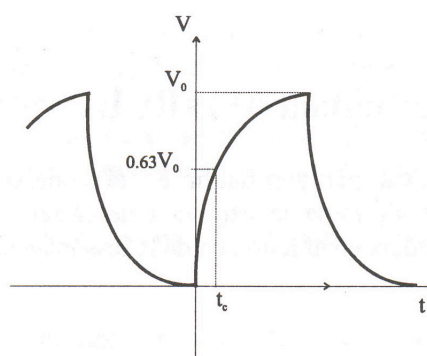


Fig. 1

La diferència de potencial en el condensador augmenta segons l'equació (1), i decreix segons l'equació de descàrrega:

$$V = V_0 e^{\left(\frac{-t}{RC}\right)} \quad (3)$$

La constant de temps (t_c) d'un circuit RC es pot determinar visualitzant a la pantalla de l'oscil·loscopi el potencial en els extrems del condensador en funció del temps. Això es fa mesurant a la pantalla el temps (distància horitzontal en l'eix X) necessari perquè la traça assolixi el valor $0.63V_0$ en l'eix Y.

2.2. Aparells

Generador de funcions CA

Oscil·loscopi

Condensadors: caixa de capacitats variables, o regleta amb condensadors

Resistències: caixa de resistències variables, o regleta amb resistències

2.3. Procediment experimental

(a) Munteu el circuit RC tal com indica la Fig. 2.

Poseu-hi els valors: $R = 10 \text{ k}\Omega$ i $C = 0.1 \text{ }\mu\text{F}$

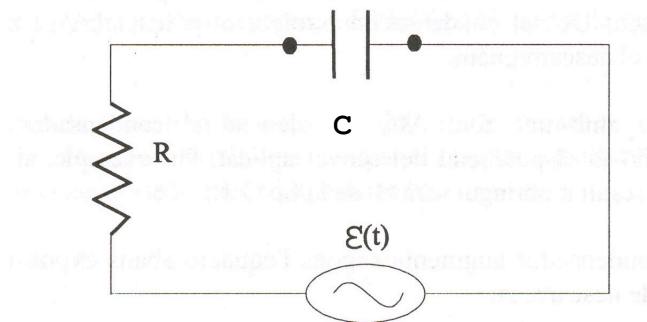


Fig. 2

(b) Seleccioneu en el generador de funcions: senyal de forma quadrada, amb la freqüència a 100 Hz, i l'amplitud del senyal a pràcticament el seu valor màxim.

(c) Ajusteu els controls de l'oscil·loscopi de manera que pugueu visualitzar correctament la tensió en el cicle de càrrega i descàrrega del condensador.

(d) Determineu sobre la pantalla la constant de temps del circuit, seguint el procediment exposat anteriorment (Fig. 1). Anoteu en el full de treball els passos que seguïu.

(e) Canvieu els valors del circuit a $R=100 \text{ k}\Omega$ i $C = 0.01 \text{ }\mu\text{F}$. Repetiu el procediment de determinació de la constant de temps del circuit. Anoteu en el full de treball els passos que seguïu. Compareu el resultat amb el cas anterior.

3. Circuit RLC

3.1. Fonament teòric

En aquesta part analitzarem el comportament de la intensitat de corrent d'un circuit format per R,L,C en sèrie, quan s'hi aplica una tensió alterna sinusoidal de pulsació ω . La intensitat ve donada per la llei d'Ohm:

$$\bar{I} = \frac{\bar{V}}{\bar{Z}} \quad (4)$$

on \bar{Z} és la impedància complexa del circuit que s'escriu com:

$$\bar{Z} = R + j(L\omega - \frac{1}{C\omega}) \quad (5)$$

Notem que el mòdul Z varia amb la freqüència de la tensió alterna aplicada. Si mantenim constants els valors R , L i C del circuit, la intensitat presenta un valor màxim a una certa freqüència ω_r per la qual és mínima la impedància. Aquesta freqüència s'anomena **freqüència de ressonància** i ve determinada per la condició: $L\omega - \frac{1}{C\omega} = 0$

$$\text{D'on s'obté: } \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (6)$$

A partir de la corba de ressonància $I(\omega)$ es defineix el **factor de qualitat (factor Q)** d'un circuit ressonant:

$$Q = \frac{\omega_r}{\Delta\omega} \quad (7)$$

on $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$ és l'**amplada de banda**, essent ω_1 i ω_2 els valors pels quals $I = \frac{I_r}{\sqrt{2}}$, on I_r és el màxim que correspon a la freqüència ω_r .

L'amplada de banda és:

$$\Delta\omega = \frac{R}{L} (\text{rad} / \text{s}) = \frac{R}{2\pi L} (\text{Hz}) \quad (8)$$

3.2. Aparells

Oscil·loscopi

Generador de funcions

Resistència $R=10 \Omega$

Condensador $C=0.1 \mu\text{F}$

Element inductiu $L=10 \text{ mH}$ (o el valor L que tingueu en la regleta del vostre equip experimental)

3.3. Procediment experimental

(a) Munteu el circuit que mostra la Fig. 3.

- Connecteu el canal 1 de l'oscil·loscopi en els extrems del circuit (H i L), coincidint amb el generador. Aquest canal ens permetrà controlar la tensió d'alimentació del circuit.
- El canal 2 es connecta en els extrems de la resistència R (H' i L). Permetrà determinar el corrent que circula pel circuit, a partir de la mesura de la tensió V_R sobre aquesta R coneguda.
- Atenció: tots els punts de terra han de coincidir en el mateix punt del circuit: punt L en la Fig. 3.

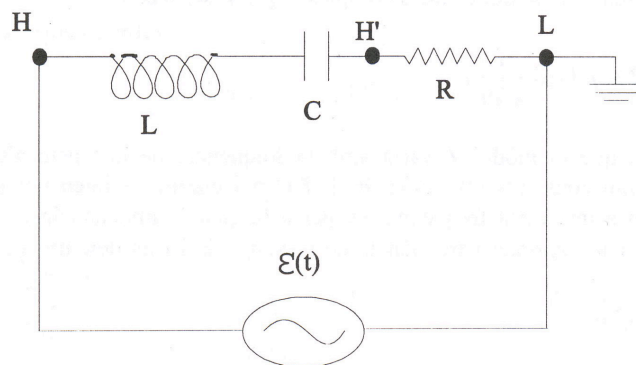


Fig. 3.

- (b) Seleccioneu en el generador: senyal sinusoidal, i una freqüència inicial de 2 kHz.
- (c) Ajusteu els controls de l'oscil·loscopi de manera que pugueu visualitzar correctament el canal 1 (tensió aplicada als extrems del circuit), i el canal 2 (tensió V_R).
- (d) L'objectiu ara és **mesurar el corrent I en funció de la pulsació ω de la tensió aplicada**, per a estudiar posteriorment la corba $I(\omega)$. Heu de fer mesures en l'interval comprès entre 2 kHz i 10 kHz. Fent un escombrat ràpid d'aquest interval de freqüències podeu observar que el corrent presenta un màxim en aquesta regió. Seguiu el següent procés:
- A la freqüència de 2 kHz en el generador, seleccioneu una determinada amplitud de sortida V_0 (mesurant aquest valor en el canal 1 de l'oscil·loscopi).
 - Feu un escombrat de prova entre 2 kHz i 10 kHz per a comprovar si aquest valor d'amplitud seleccionat es pot mantenir constant en tot el recorregut de freqüències, rectificant adequadament el senyal de sortida del generador. En cas contrari, caldrà assajar un altre valor inicial de tensió més petit.
- (e) Quan tingueu establerta una **amplitud de sortida (V_0) que es podrà mantenir constant en tot l'interval de freqüències**, comenceu a prendre mesures:
- Seleccioneu valor de freqüència (partint de 2 kHz), comproveu que teniu l'amplitud V_0 . Cal determinar-les amb precisió usant el canal 1
 - Mesureu la tensió V_R a la resistència utilitzant el canal 2.
 - Repetiu aquest procés, variant la freqüència de la tensió aplicada fins arribar a 10 kHz.
 - Advertència: és convenient que mesureu bastants punts al voltant del valor màxim per a tenir més precisió en la determinació de ω_r .

(f) Observeu la relació entre les fases de la intensitat de corrent en el circuit i de la tensió aplicada a mesura que varieu la freqüència.

4. Resultats, anàlisi i qüestions

Circuit RC:

(a) Determineu els valors teòrics de les constants de temps dels dos circuits RC analitzats, emprant els valors coneguts de R i C. Compareu-los amb els resultats experimentals. Calculeu l'error relatiu. Feu la valoració dels resultats.

Circuit RCL:

(b) A partir de les dades experimentals, feu una taula amb els valors de la freqüència, la pulsació ω , la tensió mesurada sobre la resistència V_R , i la intensitat de corrent I.

(c) Representeu gràficament la relació $I(\omega)$ obtinguda, mostrant en la gràfica els punts experimentals i la corba que els pot ajustar més correctament.

(d) **A partir de la gràfica $I(\omega)$** determineu els valors obtinguts experimentalment de:

- La freqüència de ressonància del circuit, ω_r
- L'amplada de banda $\Delta\omega$
- El factor Q del circuit

Indiqueu sobre la gràfica $I(\omega)$ els valors de la intensitat i de les pulsacions que determinen aquests paràmetres.

(e) Calculeu, d'altra banda, els valors **teòrics** de la freqüència de ressonància, l'amplada de banda i el factor Q. Compareu-los amb els valors determinats experimentalment a partir de la mesura $I(\omega)$. Feu la valoració dels resultats (grau de concordància, possibles causes de discrepàncies, etc.).

(f) Busqueu referències de valors típics del factor Q en alguns circuits de dispositius electrònics.

(g) Què podem concloure respecte a la relació de fases entre I i V que heu anat observant en l'experiment ?

Justifiqueu la relació entre I i V quan el circuit està en ressonància.