

電機工程系

實驗習作 : EEC6303/EPA/LB/09/02

學生姓名: _____ 課程 / 年級: _____ 科目: _____ 日期: _____

電容器的特性及其直流表現

目的：

- 詳細研究電容器的充電和放電特性。
- 計算電容器串聯及並聯時之等效電容值。
- 量度不同種類電容器的消耗因數從而計算其質量因數。
- 介紹電容器失效模式的概念及尋找其故障的方法。

器材：

- 直流電源 (x1)
- 數字萬用錶 (x1)
- 萬用錶 (VOM) (x1)
- LCR 儀錶 (LCR-815B) (x1)
- 電阻板及電容板 (x1)

零件：

- 可變電容器 (VC) (x1)
- 100k Ω 電阻, 100 μ F and 470 μ F 電容 (x1)
- 不同介質電容器 (各 1)

Text Reference: Robbins & Miller, Circuit Analysis: Theory and Practice, ITP Press

- Section 10.1 : Capacitance
- Section 10.5 : Nonideal Effects
- Section 10.6 : Types of Capacitors
- Section 10.7 : Capacitors in Parallel and Series
- Section 10.8 : Capacitors Current and Voltage
- Section 11.2, 11.4 : Capacitor Charging and Discharging Equations

Ver	Author(s)	Date	
1.0	J. Lau, C.L.Yuen	05/98	For EE 120
2.0	M Chan	08/98	Modified for 98/99 IVE syllabus use
2.1	OC Mak	07/09	Logo updated

A 部: 資料

A.1 電容值的定義

電容器由兩塊被絕緣體分隔的導電片所構成。用來量度電容器的電荷儲存量之數字稱為電容量，定義如下：

$$C = \frac{Q}{V} \quad (\text{A1})$$

where C= 電容量, 法拉,F
 Q= 電荷, 庫崙,C
 V= 外加電壓, 伏特,V

問題 A1: 儲存在 50- μ F 電容器的電荷為 10×10^{-3} C。外加電壓是多少？

A2 非理想影響

實際電容器皆有非理想特性。除電容量外，電容器還與幾個參數有關聯，例如損耗因數和質量因數。其定義如下所列：

$$D = \frac{R_s}{X_c} \text{ and } Q = \frac{X_c}{R_s} \quad (\text{A2})$$

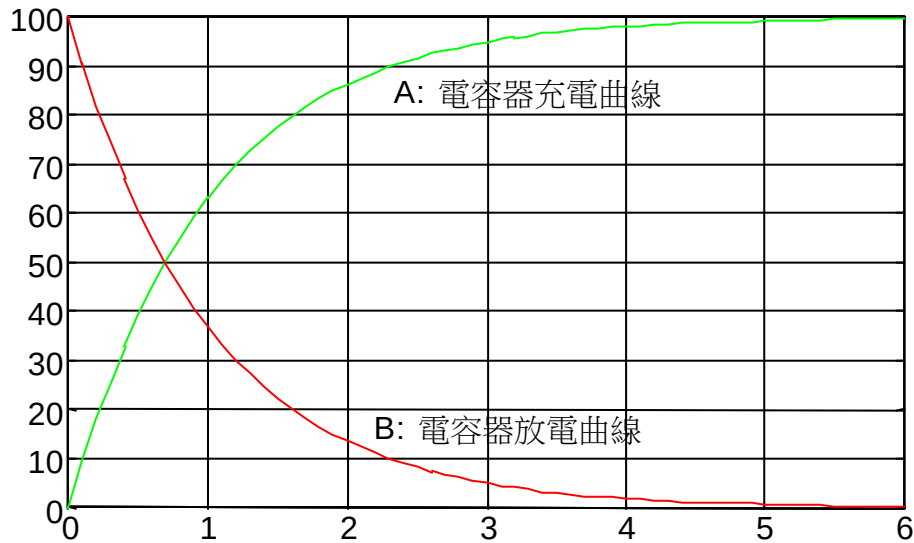
$$\therefore Q = \frac{1}{D} \quad (\text{A3})$$

X_c = 電容器的阻抗, $\Omega = 2\pi fC$
 R_s = 有效串聯電阻, Ω

問題 A2: 電容器是否必須要有高的損耗因數？說明及解釋你的答案。

A3 電容器充電/放電的表現

當電容器被充電或放電時，其 電壓-時間 關係恒跟隨指數規則。下圖之曲線是一 RC 電路之充電 (放電) 典型曲線圖：



RC 電路之時間常數(τ)指示出將電容器充電至等於其外加電壓 **63.2%**或放電至等於其充滿時之電壓 **36.8%**所須的時間。

RC 電路之時間常數(τ)定義如下：

$$\tau = R \times C \quad (\text{A4})$$

where τ = 時間常數，秒
 R = 電阻， Ω
 C = 電容量，F

A4 電容器串聯/並聯接駁

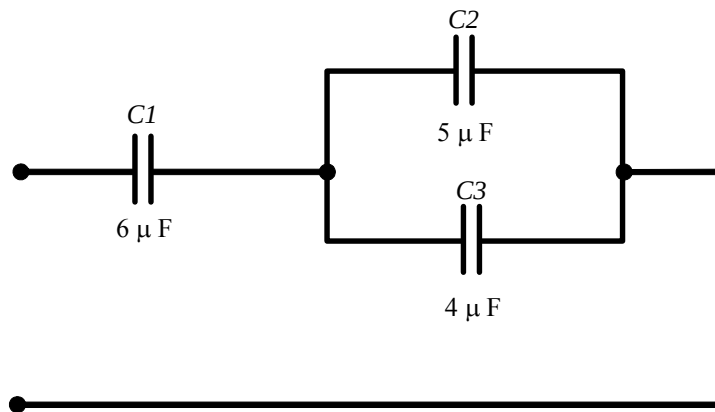
很多時候，市面上不能供應所需要的電容的容量值，一般會利用串並聯技術來得到所需要的電容量，其等效電容量因而可以用下列的方程來描述：

a) 電容器串聯接駁

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad (\text{A5})$$

b) 電容器並聯接駁

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 \quad (\text{A6})$$



問題 A3: 求上電路之等效電容量。寫出你的計算步驟。

A4 電容器失效模式

1. 短路：電容器之洩漏電阻值接近 0Ω 及沒有電荷。
2. 開路：電容器之電阻值無限大，但不能充電。
3. 洩漏：因為電容器的漏電電阻使其不能保持電荷。極化電容器較非極化的容易漏電。

實際上，電容器除電解質和鋁質外，其失效率是十分低。紙、雲母、陶瓷和塑膠等電容器都被認為是良好的，除非在歐姆錶測驗中顯示零電阻值。

兩個常用的故障尋找法：

1. **搭橋法**：當你懷疑電路中的電容器出現故障時，最快的測試方法是將另外一個相同的電容器與被懷疑的電容器並聯。電路若出現任何性能上的改變表示猜測正確。
2. **代入法**：此法只需要用一個良好的相同電容器換入被懷疑的電容器同時觀察其關鍵性能。

B 部: 步驟**B1 電容器的串聯和並聯**

- 1.1 將三個不同數值的電容器接駁成串聯和並聯
- 1.2 計算等效電容量
- 1.3 利用 LCR 儀錶測量它們的等效電容量
- 1.4 以不同組別的電容器，重復步驟 1.1 至 1.3
- 1.5 將結果填入下表

表 B1.1 電容器串聯接駁



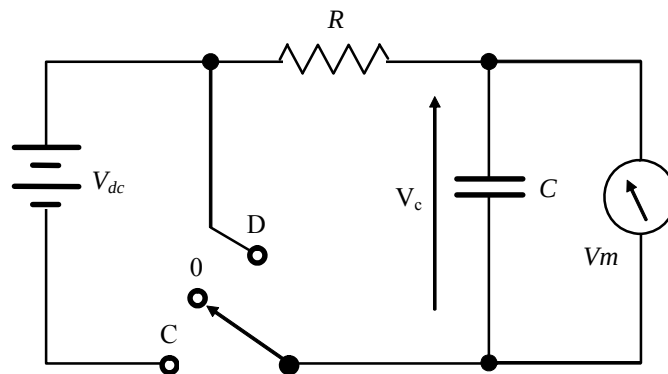
電容器數值	利用方程 (C1) 計算等效電容量	量度的等效電容量
C1= 10uF C2= 100uF C3= 220uF		
C1= 470uF C2= 1000uF C3= 2200uF		

Table B1.2 Capacitors connected in parallel



電容器數值	利用方程 (C2) 計算等效電容量	量度的等效電容量
C1= 2.2uF C2= 1uF C3= 10uF		
C1= 2.2uF C2= 1uF C3= 100uF		

B2 電容器的充電及放電 (RC 時間常數)



D = 放電; C = 充電; 0 = 備用

- 2.1 接駁 $R = 100\text{ k}\Omega$ 電阻及 $C = 100\text{ }\mu\text{F}$ 電容如上電路圖。
 2.2 選用何種儀錶測量跨過電容 C 之電壓？



- 2.3 使用你自己的手錶作為計時秒錶。
 2.4 將充電的結果填入下表。
 2.5 當電容充滿電後，重覆步驟 2.1 至 2.3 將電容放電。
 2.6 將曲線畫在提供的方格紙上。

A) $R = 100\text{ k}\Omega$, $C = 100\text{ }\mu\text{F}$



時間 (秒)	V_c (充電)	V_c (放電)
0		
5		
10		
15		
20		
25		
30		
35		
40		
45		
50		
55		
60		

- 2.7 改用 $470\text{ }\mu\text{F}$ 電容重覆步驟 2.1 至 2.5。

B) $R = 100 \text{ k}\Omega$, $C = 470 \text{ }\mu\text{F}$ 

時間 (秒)	Vc (充電)	Vc (放電)
0		
10		
20		
30		
40		
50		
60		
70		
80		
90		
100		
110		
120		
130		
140		
150		
160		
170		
180		
190		
200		
210		
220		
230		
240		
250		

B3 消耗因數(D)及質量因數(Q)

3.1 利用 LCR 儀錶測量不同種類電容的消耗因數

3.2 將測試模式校至“自動”量度消耗因數。

3.3 計算相對應的質量因數。



		f=120Hz	f=120Hz	f=1kHz	f=1kHz
	電容器的種類	消耗因數 (D)	質量因數 $Q=\frac{1}{D}$	消耗因數 (D)	質量因數 $Q=\frac{1}{D}$
1	陶瓷 10pF				
2	陶瓷 100PF				
3	陶瓷 470PF				
4	雲母 390PF				
5	PVC 1μF				
6	電解 1μF				
7	鉭 1μF				
8	PVC 2μF				
9	電解 2.2μF				
10	鉭 2.2μF				
11	電解 10μF				
12	鉭 10μF				
13	電解 100μF				
14	電解 220μF				
15	電解 470μF				
16	電解 1000μF				
17	電解 2200μF				

B4 部: 討論

4.1 基楚於 B3 部份之實驗結果, 寫出電容的工作頻率與消耗因數間互相依的賴關係。



4.2 從第 2.5 及 2.6 項的電容充電及放電曲線圖中，求被測試電容器的時間常數值。



4.3. 從 B3 項所獲得數據，寫出 電解電容器、陶瓷電容器及鉭電容器 的分別。