

文章编号:1007-2934(2005)02-0056-03

电容的示波器测量法

宋如茂

(营口职业技术学院, 营口, 115000)

摘 要 用示波器测量电容的容量,可用不同的方法。其中只要测电容和电阻两端峰值电压、测流过电容的最大电流、电容电压的变化率、测电容上电流和电压的相位差或测 LC 谐振频率都可以得到电容的容量。

关键词 电压轨迹;电压峰—峰值;相位差;谐振频率

中文分类号:O353.2

文献标识码:A

实验室中,电容的测量通常采用电桥和 Q 表法。这种测量因调节麻烦,学生独立完成有一定的困难。为此我们改用信号发生器和示波器法,该法操作简便,有利于引导学生进一步加深对电容及电容的性质的理解,巩固所学的理论知识。实验中,我们从不同的角度,采用四种方法,对一个值为 $0.01\mu\text{F}$ 的标准电容进行了测量,从实验结果看,误差小于 5%。

方法一

1. 步骤

(1)将电容与 1K 电阻串联起来,接到低信号发生器上(见图 1),调节信号发生器的频率,使其输出 1000Hz 的信号(为提高测量的准确性,可用示波器对该频率进行校正)。

(2)用示波器分别测出电容和电阻两端的电压峰—峰值 U_{pp} 和 V_{pp} 。

(3)改变信号发生器的输出频率和幅度,重复以上测量,测得的结果如下表。

表 1 测量数据

频率 H_z	U_{pp}	V_{pp}	$C = \frac{V_{pp}}{R_0 U_{pp}}$
1000	$4.8\text{cm} \times 0.2\text{v/cm}$	$3.0\text{cm} \times 0.02\text{v/cm}$	$0.009950\mu\text{F}$
2000	$5.0\text{cm} \times 0.2\text{v/cm}$	$2.5\text{cm} \times 0.05\text{v/cm}$	$0.009952\mu\text{F}$
4000	$3.9\text{cm} \times 0.1\text{v/cm}$	$2.0\text{cm} \times 0.05\text{v/cm}$	$0.010207\mu\text{F}$

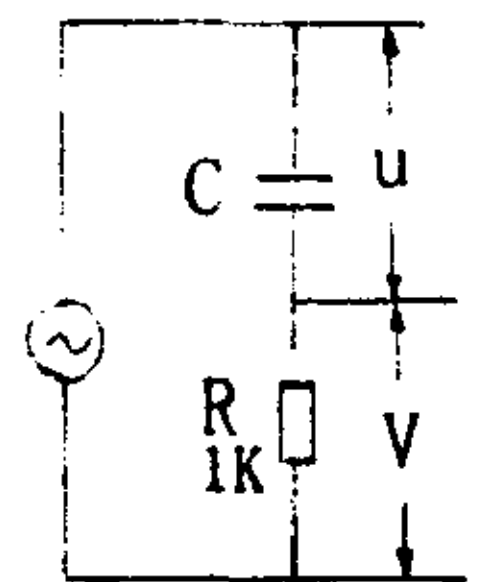


图 1 CR 电路图

收稿日期:2005-03-20

2. 理论根据

设 i 和 u 分别代表某时刻通过电容的电流和电容两端的电压,若 $i = I_m \cos(\omega t)$,则电容上的电量为

$$q = \int_0^T i dt = \int_0^T I_m \cos \omega t d(\omega t) = \frac{I_m}{\omega} \sin(\omega t) = q_m \sin(\omega t)$$

$$q_m = \frac{I_m}{\omega}, \omega = \pi f$$

根据电容的定义

$$C = \frac{q}{U} = \frac{q_m}{U_m} = \frac{I_{pp}/2\omega}{U_{pp}/2} = \frac{V_{pp}}{R\omega U_{pp}}$$

方法二:

1. 步骤

(1)采用双踪示波器电路连接如图 2,信号发生器的频率调至 2000Hz。

(2)调节示波器使荧光屏上分别显示出一个周期的完整波形,如图 3。

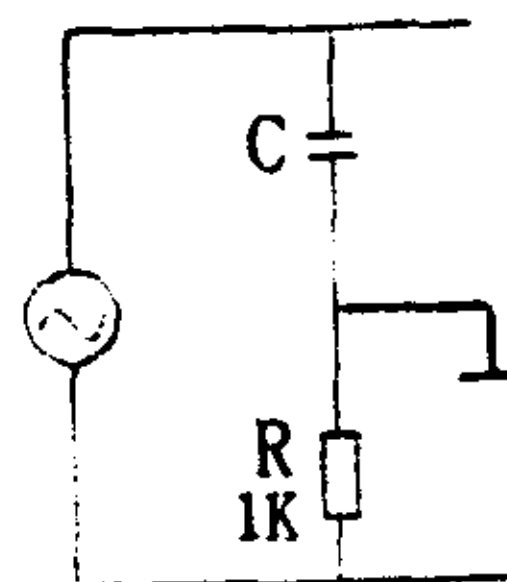


图 2

图 2 电路图

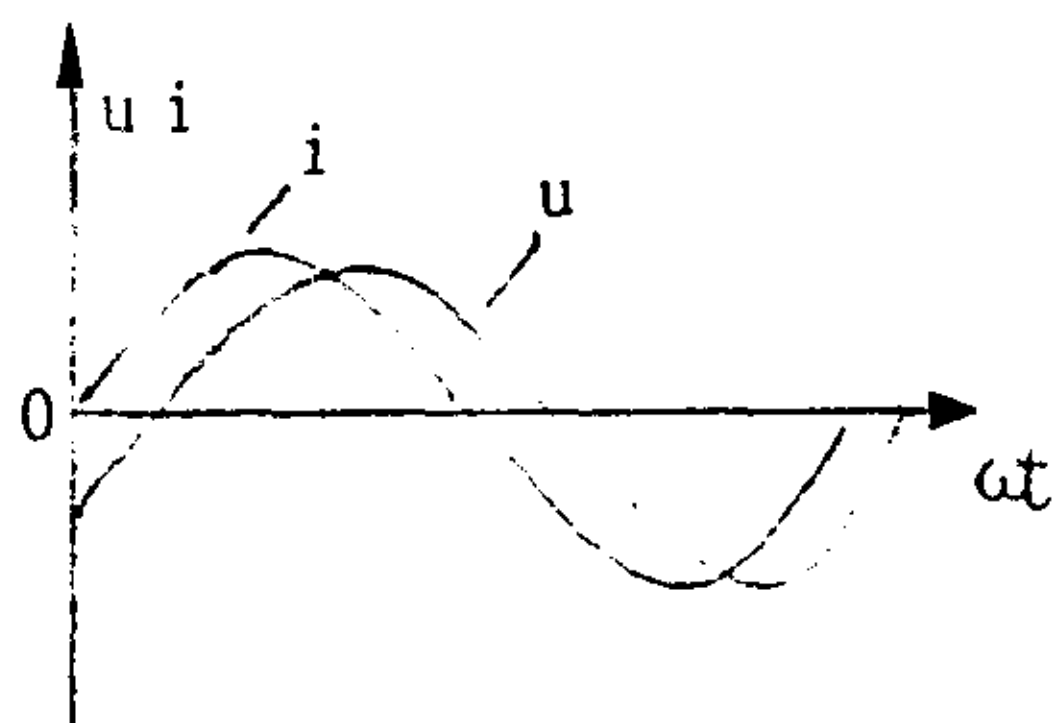


图 3 $u, i - t$ 函数曲线

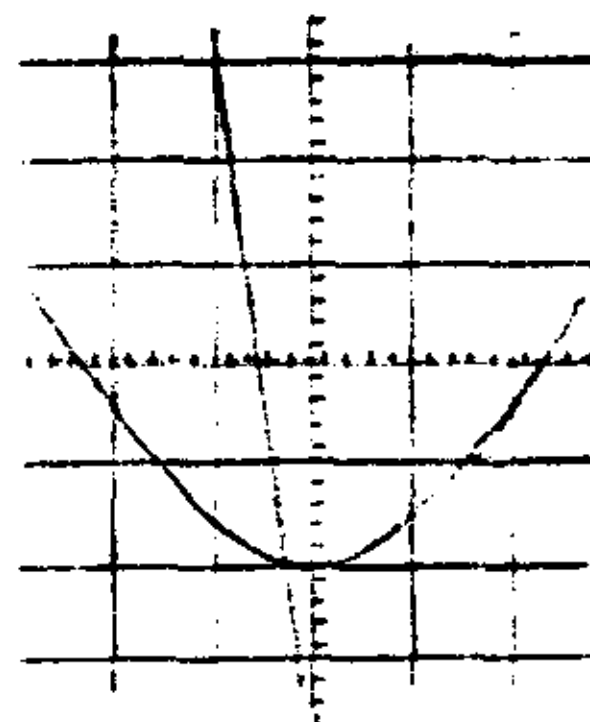


图 4 电压轨迹图

(3)测出电阻两端的电压峰—峰值 V_{pp} (即间接测出流过电容的电流的最大值 $I_m = V_{pp}/2R$)及电容上电压轨迹的最大斜率。为了使测量更为准确,增大扫描时间,并调节示波器的灵敏度,使电压轨迹呈一线性(见照片图 4)测量结果如下表:

频率 Hz	du	dt	V_{pp}	C
2000	5cm × 0.1v/cm	0.5 × 100μs/cm	4cm × 0.05v/cm	0.01μF
1000	4cm × 1v/cm	0.6cm × 0.1ms/cm	6.6cm × 0.1ms/cm	0.00990μF

2. 理论依据

电容 $C = \frac{dq}{du} = \frac{idt}{du} = \frac{i}{du/dt}$,在 $\frac{du}{dt}$ 最大时, i 最大,所以测得流过电容上电流的最大值

及电容两端电压的最大变化率,便可求出 $C = \frac{V_{pp}/2R}{du/dt}$ 。

方法三

1. 步骤

(1)采用双踪示波器连接电路如图 2(电阻 R 的值改用 4.7K),使信号发生器输出频率为 5000Hz。

(2) 调节示波器, 使两个轨迹都显示出一个完整的波形(见图 5), 在水平上测出两个波形的时间差 Δt , $\omega \Delta t$ 便是电流及电压二者的相位差。

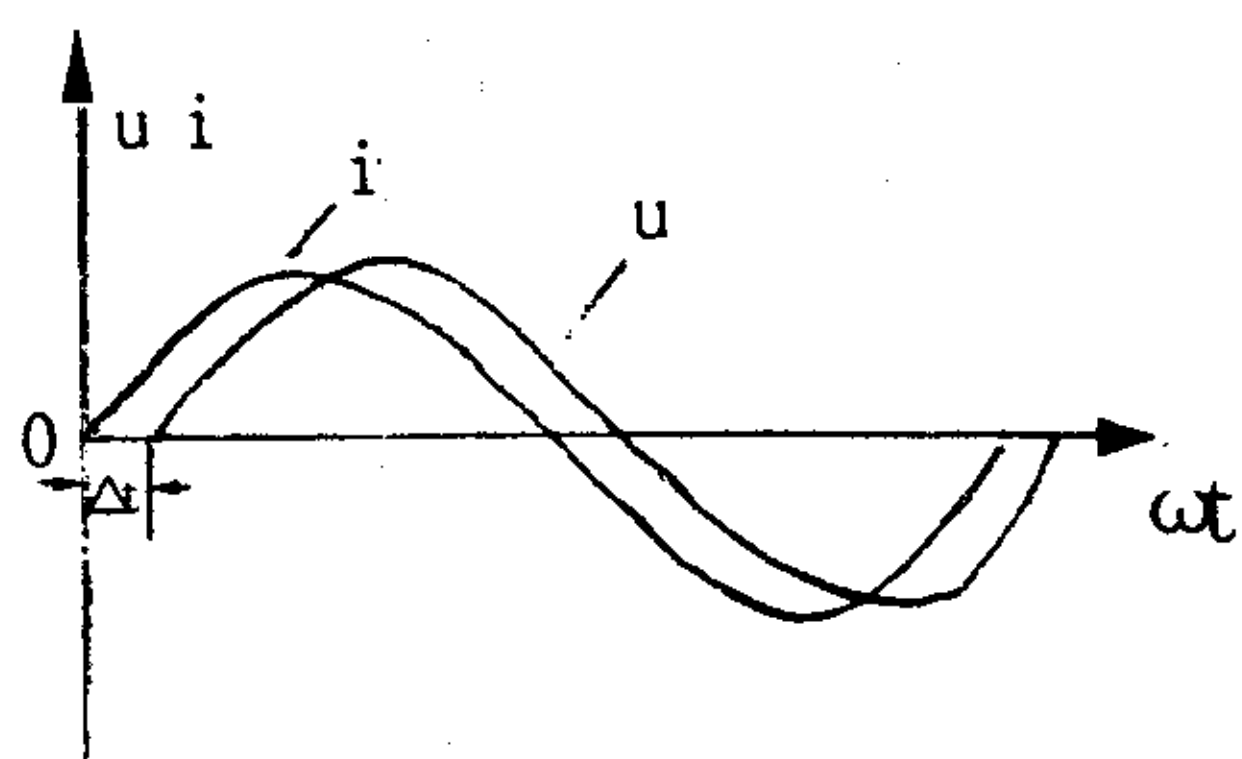


图 5 $M, i-t$ 函数曲线

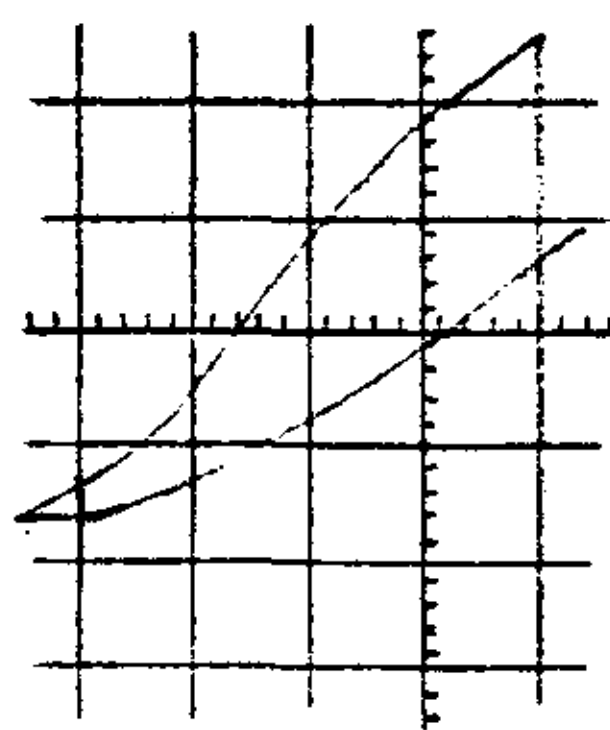


图 6 电压轨迹图

(3) 为了减小测量误差, 增大扫描灵敏度, 使二者的轨迹在过零处尽可能分离得远些(见照片图 6), 测得这个时间差。

2 理论依据

此法是根据电容上的电流与电压的相位差 $\Delta \phi = \text{tg}^{-1} \frac{\omega C}{R}$ 进行测量的, 若已测出 Δt ,

那么 $\omega \Delta t = \Delta \phi = \text{tg}^{-1} \frac{\omega C}{R}$, 则 $C = \frac{1}{R\omega \cdot \text{tg}(\omega \Delta t)} = \frac{1}{R\omega \text{tg}(\Delta \phi)}$ 。测量结果

$$\Delta t = 1.9 \text{cm} \times 0.01 \text{ms} = 0.019 \text{ms},$$

$$\omega \Delta t = 2\pi \times 5000 \times 0.019 = 0.597 (\text{弧度})$$

$$C = \frac{1}{R\omega \cdot \text{tg} \Delta \phi} = 0.00997 \mu\text{F}$$

方法四

1 步骤

(1) 电路连接中图 7

(2) 在调节信号发生器的频率的同时观察电容两端电压的变化, 当调到某一频率时, 电压为最大, 测得这个最大值及信号的周期(或频率), 根据 LC 谐振回路的谐振频率

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \text{ 或 } T = 2\pi \sqrt{LC} \text{ 求得 } C$$

测量结果:

$$T = 6.5 \text{cm} \times 0.1 \text{ms} = 0.65 \text{ms}$$

$$L = 1 \text{H}$$

$$C = \frac{T^2}{4\pi^2 L} = 0.0107 \mu\text{F}$$

测量过程中, 对不同数量级的电容, 应选用不同的频率, 容量越小, 频率越高。电路中的电阻、电感也可选用其他合适的值。

不难看到, 电容的该种测量法, 不仅复习巩固了电磁电工学中的有关知识, 而且为学生创造了使用信号发生器和示波器这些常用仪器的使用练习机会, (下转 62 页)

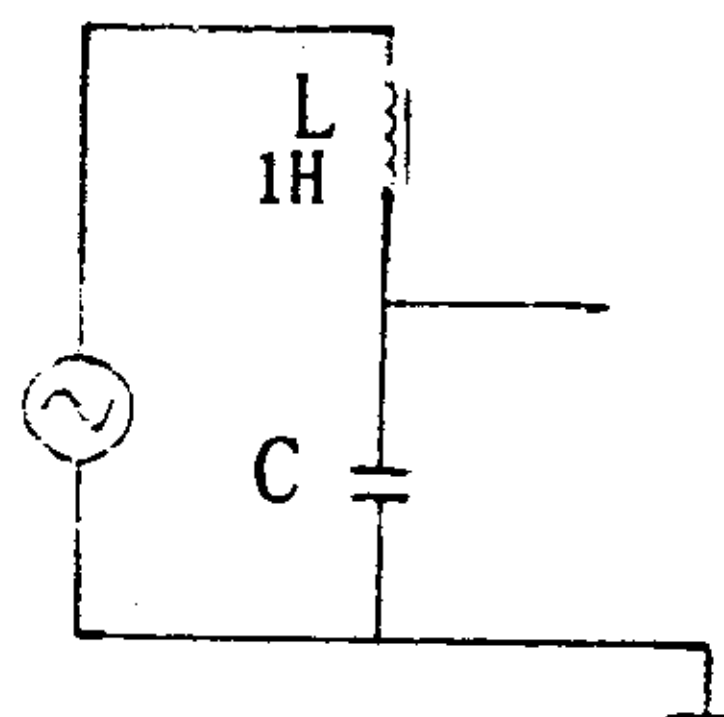


图 7 实验电路图

THE EXPERIMENT OF CHOLESTERIC LIQUID CRYSTAL

Wang Haifei Ma Shaolong Fan Zhixin

(1 Handan college, Handan, 056006)

(2 Hebei University of Technology, Tianjin, 300130)

Abstract: Cholesteric liquid crystal and its application in display have been described in the paper. The experiment on visible light Bragg reflection and color - compensation effects was presented. It is useful to enrich content of college physical experiment and improve students' skills.

Key words: cholesteric liquid crystal; planar texture; Bragg reflection; color - compensation effect

(上接 58 页)这对提高学生的动手能力和分析问题的能力,无疑是大有益处的。

此种方法也适合于电感的测量,测出的电感值,比理论值要小,原因是理论计算忽略了边界效应,这一点请读者予以注意。

参 考 文 献

- [1] 吴旗. 电气测量与仪表. 高等教育出版社, 2004.7
- [2] 席时达. 电工技术. 高等教育出版社, 2000.6
- [3] 廖玄九. 电工学. 人民教育出版社, 1970.8

MEASUREMENT OF CAPACITOR'S OSCILLOSCOPE

Song Rumao

(Yingkou Vocational Technical College, Yingkou, 115000)

Abstract: There are different measurements to measure capacitor's capacity. Capacitor's capacity can be measured by resistance value, volt top - top value between capacitor, the biggest capacitor's electric current value and the smallest volt changing - ratio, phase difference or LC resonance frequency.

Key words: volt locus; volt top - top value; phase difference; resonance frequency