

آزمایش شماره ۵

شارژ و دشارژ خازن

اهداف

- مطالعه خازن‌ها و رسم منحنی شارژ و دشارژ خازن
- به دست آوردن ظرفیت خازن مجهول و خطای نسبی آن
- بررسی قوانین سری و موازی در خازن‌ها

وسایل مورد نیاز

خازن‌های الکترولیتی، کرنومتر، ولت‌متر، منبع تغذیه ولتاژ مستقیم، جعبه مقاومت متغیر و سیم‌های رابط.

زمینه نظری آزمایش

اگر به صفحات یک خازن (نوع ساده آن از دو صفحه موازی که توسط عایقی از هم جدا شده‌اند تشکیل شده است) ولتاژ ثابت یک باتری وصل شود مقداری بار از این باتری به صفحات خازن منتقل شده و در آن ذخیره می‌شود و این بار ذخیره شده متناسب با ولتاژ اعمال شده بوده و از رابطه $q=CV$ تبعیت می‌کند. در این رابطه C ضریب تناسب است که ظرفیت خازن نامیده می‌شود و به صورت نسبت بار یکی از صفحات به اختلاف پتانسیل بین دو صفحه تعریف می‌شود. خازن‌ها همانند مقاومت‌ها، به دو دسته ثابت و متغیر به صورت زیر تقسیم می‌شوند.



شکل (۱): انواع خازن‌ها.

مشخصات خازن

یک خازن دارای مشخصات: ۱- ظرفیت ۲- جنس ۳- ولتاژ مجاز ۴- ضریب حرارتی ۵- خودالقایی ۶- درصد خطا و ... می‌باشد که ظرفیت و درصد خطای آن به اختصار توضیح داده می‌شود.

الف) درصد خطای خازن

اختلاف مجاز بین مقدار معین شده بر روی بدنه خازن با ظرفیت واقعی خازن با درصد خطای خازن، مشخص می‌شود. مقدار درصد خطا معمولاً توسط یک حرف مشخص می‌شود که معنای حروف مزبور به ترتیب زیر است:

جدول (۱): درصد خطای خازن

F = ± %1	G = ± %2	J = ± %5	K = ± %10
M = ± %20	Z = + %80 - %20	P = + %100 - %0	

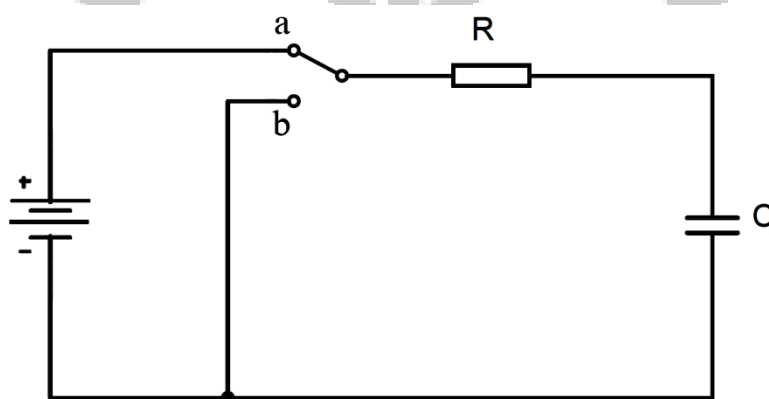
نوع P را اصطلاحاً GMV یا حداقل مقدار تضمین شده می‌نامند و به این معنی است که مقدار ظرفیت خازن از مقدار نوشته شده بر روی آن کم‌تر نیست اما می‌تواند تا ۱۰۰ درصد بیش‌تر باشد.

ب) ظرفیت خازن

ظرفیت خازن به جنس عایق بین صفحات، مساحت صفحه و فاصله آن‌ها بستگی دارد. واحد ظرفیت کولن بر ولت یا فاراد می‌باشد. از آن‌جا که فاراد واحد بزرگی است در عمل از پیشوندهای زیر برای مشخص کردن ظرفیت استفاده می‌شود.

$$1\mu F = 10^{-6} F \quad 1nF = 1 \times 10^{-9} F \quad 1pF = 1 \times 10^{-12} F$$

در مدار شکل ۲ با بستن کلید جریانی در مدار برقرار می‌گردد و بارهای الکتریکی از باتری به طرف خازن جریان می‌یابند. چون در مسیر باتری و خازن یک مقاومت قرار گرفته، پس از بستن کلید، خازن بلافاصله باردار نخواهد شد بلکه بارها، کم‌کم بر روی جوشن‌های خازن جمع می‌شوند. این جریان تا وقتی که ولتاژ دو سر خازن (V_C) برابر ولتاژ باتری (\mathcal{E}) گردد، برقرار است. بنابراین با بستن کلید پس از مدتی اختلاف پتانسیل دو سر خازن از صفر به مقدار بیشینه (\mathcal{E}) می‌رسد. یعنی اگر ضمن باردار شدن ولتاژ دو سر خازن لحظه‌به‌لحظه اندازه‌گیری شود، مشاهده می‌گردد که ولتاژ به تدریج زیاد می‌شود، در صورتی که شدت جریان کاهش می‌یابد.



شکل (۲): مدار شارژ و دشارژ خازن.

بنابراین با بستن کلید در زمان صفر ثانیه در حالت a باری به اندازه q در لحظه t در خازن ذخیره شده و جریانی که از مدار می‌گذرد، $I = \frac{dq}{dt}$ است که با حل معادله دیفرانسیل، رابطه ولتاژ دو سر خازن به صورت زیر به دست می‌آید.

$$\mathcal{E} = V_C + V_R \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{q}{C} + R \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

$$q = C\mathcal{E}(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \Rightarrow V_C = \mathcal{E}(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \Rightarrow V_C = 0.63 \mathcal{E} \quad t=RC$$

(۳) نمودار ولتاژ دو سر خازن بر حسب زمان (نمودار اول) را رسم کنید. اکنون $0.37\varepsilon = 0.37 \times 10 = 3.7V$ را روی محور V_C مشخص کرده و از روی آن ثابت زمانی (τ) را به دست آورید و مقدار ظرفیت خازن را با استفاده از رابطه $\tau = RC$ محاسبه کنید.

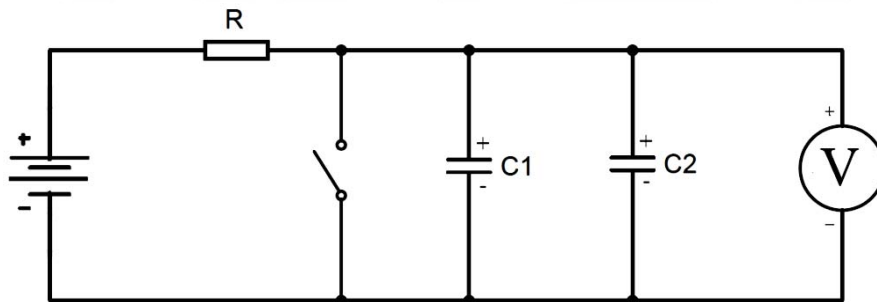
(۴) با رسم نمودار $-Ln\left(\frac{V_C}{\varepsilon}\right)$ بر حسب زمان، (نمودار دوم) ظرفیت خازن را محاسبه نمایید.

(۵) با توجه به ظرفیت نوشته شده روی بدنه خازن، خطای نسبی اندازه‌گیری ظرفیت خازن را محاسبه کنید.

C (ظرفیت نوشته شده روی بدنه خازن)	C _{Exp} (ظرفیت محاسبه شده از روی نمودار)		$\frac{ C_{Exp} - C }{C} \times 100$	
	نمودار اول	نمودار دوم	نمودار اول	نمودار دوم

ج) بررسی قوانین ترکیب موازی خازن‌ها

(۱) اگر مطابق شکل ۶ خازن‌های C_1 و C_2 به هم بسته شوند، (قطب‌های مثبت به هم و قطب‌های منفی نیز به یکدیگر بسته می‌شوند) ظرفیت معادل برابر با $C_{Th} = C_1 + C_2$ است. مانند آزمایش اول ابتدا ولتاژ منبع تغذیه را (V) ۱۰ تنظیم کنید. سپس مقاومت، خازن‌ها و ولت‌متر را مطابق شکل ببندید.



شکل (۶): مدار شارژ خازن‌های موازی.

(۲) با اتصال دو سر یکی از خازن‌ها به یکدیگر هر دو خازن تخلیه شده و همزمان با قطع آن کرنومتر را روشن و به ازای دوازده زمان مختلف ولتاژ را در جدول زیر یادداشت کنید.

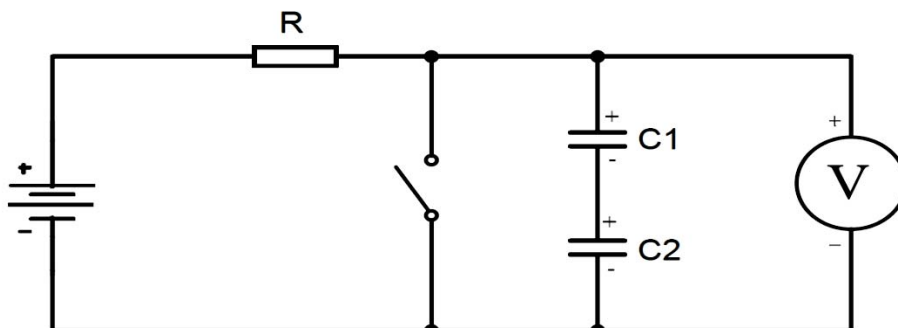
t(s)	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰
V _C (V)												

C ₁	C ₂	C _{Th} = C ₁ + C ₂	C _{Exp}	$\frac{ C_{Exp} - C_{Th} }{C_{Th}} \times 100$

(۳) با رسم نمودار $-Ln\left(\frac{\varepsilon - V_C}{\varepsilon}\right)$ بر حسب زمان، ظرفیت معادل خازن‌ها را محاسبه نمایید و خطای آن را به دست آورید.

(د) بررسی قوانین ترکیب سری خازن‌ها

(۱) مطابق شکل ۷ خازن‌های C_1 و C_2 به صورت متوالی به هم ببندید (به جهت قطب‌ها توجه کنید) ظرفیت معادل برابر با $\frac{1}{C_{Th}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ است. مانند آزمایش اول ابتدا ولتاژ منبع تغذیه را (V) ۱۰ تنظیم کنید.



شکل (۷): مدار شارژ خازن‌های متوالی.

(۲) با اتصال دو سر ابتدایی و انتهایی دو خازن به یکدیگر هر دو خازن تخلیه شده و همزمان با قطع آن کرنومتر را روشن و به ازای دوازده زمان مختلف ولتاژ را در جدول زیر یادداشت کنید.

$t(s)$	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰
$V_C(V)$												

(۳) با رسم نمودار $-Ln\left(\frac{\varepsilon - V_C}{\varepsilon}\right)$ بر حسب زمان، ظرفیت معادل خازن‌ها را محاسبه نمایید و خطای آن را به دست آورید.

C_1	C_2	$C_{Th} = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$	C_{Exp}	$\frac{ C_{Exp} - C_{Th} }{C_{Th}} \times 100$

تکالیف

- علت اختلاف ظرفیت خازن اندازه‌گیری شده با مقدار اسمی آن چیست؟
- اندازه‌گیری ظرفیت خازن از کدام روش دقیق‌تر است؟ چرا؟
- در آزمایش دشارژ خازن، چرا وقتی کلید S از a قطع می‌شود و هنوز به نقطه b وصل نشده است خازن شروع به تخلیه شدن می‌کند؟ (به مقدار خیلی کم)
- خطای نسبی را برای حالت سری و موازی خازن‌ها محاسبه کنید و مشخص کنید دقت کدام حالت در اندازه‌گیری ظرفیت خازن بیشتر است؟
- چرا با کم کردن مقاومت، خازن سریع‌تر شارژ می‌شود؟
- روابط شارژ، دشارژ، سری و موازی خازن‌ها را اثبات نمایید.