

آزمایش ۴

باردارشدن و بی‌بارشدن خازن‌ها

بررسی تجربی باردار شدن و بی‌بار شدن خازن‌ها و ظرفیت معادل خازن‌های سری و موازی

تئوری آزمایش

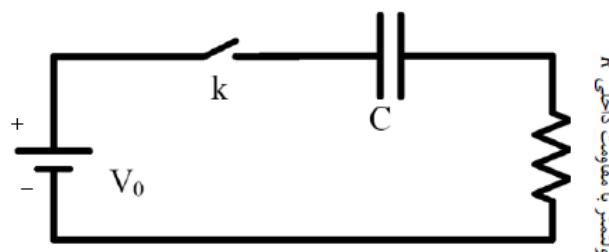
خازن از دو رسانای عایق‌بندی شده تشکیل شده است که اصطلاحاً صفحه نامیده می‌شوند. اگر دو صفحه خازن را به دو سر یک باطری وصل کنیم، بر روی صفحات آن بارهای مساوی و مخالف $\pm q$ جمع می‌شوند که با ولتاژ دو سر باطری متناسب‌بند ($C = CV/q$). ضریب تناسب، ظرفیت خازن نامیده می‌شود که به شکل و محل نسبی رساناها و همچنین محیطی که رساناها در آن قرار دارند بستگی دارد.

- **باردار شدن خازن (شارژ) :** فرض کنید مطابق شکل ۱ خازن و ولتمتر با مقاومت الکتریکی R ، به صورت سری در مدار قرار گیرند، پس از بسته شدن کلید k ، خازن بلافصله باردار نخواهد شد بلکه بارها کم کم بر روی صفحات خازن جمع می‌شوند و با استفاده از اصل پایستگی انرژی (یا قضیه حلقه) اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$V_c = V_0 \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \right)$$

(قانون ولتاژ در مدار شکل ۱ درجهت ساعتگرد: $-V_0 + V_c + V_R = 0$ و با حل این رابطه با استفاده از معادلات دیفرانسیل ولتاژ دوسر خازن بدست می‌آید).

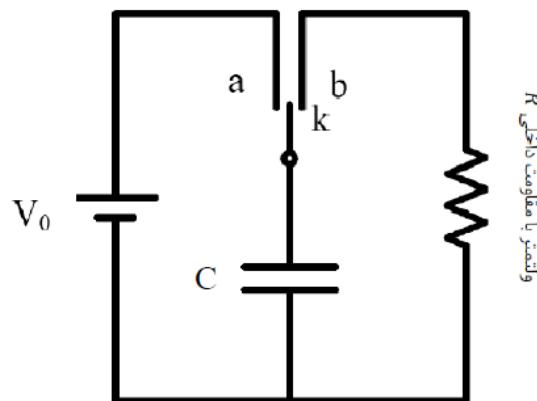
بنابراین در زمان $t = RC$ اختلاف پتانسیل بین دو صفحه خازن $3/63$ اختلاف پتانسیل منبع تغذیه (اختلاف پتانسیل نهایی بین دو صفحه) است. زمان $\tau = RC$ ثابت زمانی مدار نامیده می‌شود.



شکل ۱

- بی بارشدن خازن (دشارژ) : فرض کنید مطابق شکل ۲ باستن کلید k به نقطه a خازن را باردار کنیم و سپس با استن کلید k به نقطه b انرژی جمع شده در خازن را در مقاومت R تخلیه می کنیم. با استفاده از اصل پایستگی انرژی (یا قضیه حلقه) اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن از رابطه زیر به دست می آید.

$$V_c = V_0 \left(\exp \left(-\frac{t}{RC} \right) \right)$$



شکل ۲

در مدار باردارشدن و بی بارشدن خازن‌ها، می‌توان به جای تک خازن از چند خازن به صورت سری یا موازی استفاده کرد. ظرفیت خازن معادل در حالت موازی و در حالت سری از رابطه‌های زیر به دست می‌آید.

$$C = C_1 + C_2 + \dots \quad \text{حالت موازی}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots \quad \text{حالت سری}$$

وسایل آزمایش

منبع تغذیه DC، دو عدد خازن $C_1 = 20 \mu F$ و $C_2 = 4 \mu F$ ، ولت‌متر، زمان‌سنج، سیم رابط (۶ عدد).

روش آزمایش

روش اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل یک خازن باردار با ولت‌متر

- خازن C_1 را با اتصال مستقیم به منبع تغذیه با ولتاژ 10 ولت شارژ کنید (پس از مدت زمانی کوتاه خازن شارژ می‌شود).
- پس از جدا کردن خازن C_1 از منبع تغذیه آن را به صورت موازی به ولت‌متر وصل کنید. تغییر اختلاف پتانسیل دو سر خازن را از روی ولتمتر مشاهده کنید (توجه داشته باشید که بار خازن از راه مقاومت داخلی ولت‌متر تخلیه می‌شود و ولتاژ آن به آهستگی کاهش می‌یابد).
- خازن C_1 را از ولتمتر جدا کرده و دو صفحه خازن را با یک سیم به هم وصل کنید تا تخلیه شود.
- خازن را مجدداً شارژ کرده، برای مدت کوتاهی دو دست خود را به دو اتصال خازن وصل کنید سپس به وسیله ولتمتر اختلاف پتانسیل دو سر خازن را اندازه‌گیری کنید. خواهید دید که ولتمتر، اختلاف پتانسیل کمتری را نشان می‌دهد که به علت تخلیه خازن توسط بدن شماست (دقت کنید در تمام طول آزمایش، اتصالات خازن‌ها را با دو دست لمس نکنید).
- نتایج این قسمت را شرح دهید.

رسم منحنی باردار شدن خازن و تعیین مقاومت داخلی ولت‌متر

- مطابق شکل ۱ خازن C_1 را به صورت سری به یک منبع تغذیه (10 ولت) و یک ولتمتر وصل کنید.
- به ازاء زمانهای درج شده در جدول 1 ، عددی که ولتمتر نشان می‌دهد را در جدول ثبت کنید.
- بین اختلاف پتانسیل منبع تغذیه V_0 ، اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن V_c و عددی که ولتمتر نشان می‌دهد V رابطه زیر برقرار است (طبق قانون ولتاژ) :

$$V = V_0 - V_c = V_0 \left(\exp \left(-\frac{t}{RC} \right) \right)$$

- منحنی نمایش تغییرات V/V_0 را بر حسب زمان روی کاغذ نیمه لگاریتمی رسم کنید.
- با استفاده از شیب خط (از روش کمترین مربعات محاسبه شود)، τ ثابت زمانی مدار را بدست آورده و مقاومت داخلی ولتمتر را محاسبه کنید.

جدول ۱

t (s)	۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰	۱۰۵	۱۲۰	۱۳۵
V (V)										
V/V_0										

رسم منحنی بی‌بار شدن خازن و تعیین مقاومت داخلی ولتمتر

- خازن C_2 را به وسیله یک منبع تغذیه (۱۰ ولت) باردار کنید.
- خازن را از منبع تغذیه جدا کرده و به ولتمتر وصل کنید تا خازن از راه مقاومت داخلی ولتمتر، تخلیه شود.
- به ازاء زمانهای درج شده در جدول ۲، عددی که ولتمتر نشان می‌دهد را در جدول ثبت کنید.
- منحنی نمایش تغییرات V/V_0 را بر حسب زمان روی کاغذ نیمه لگاریتمی رسم کنید.
- با استفاده از شیب خط (از روش کمترین مربعات محاسبه شود)، ثابت زمانی مدار را بدست آورده و مقاومت داخلی ولتمتر را محاسبه کنید.

- مقدار متوسط مقاومت داخلی ولتمتر (\bar{R}) را با استفاده از نتایج بدست آمده در دو قسمت، تعیین کنید و مقدار خطای R نسبت به \bar{R} را در هر قسمت حساب کنید.

$$\left(\frac{|R - \bar{R}|}{\bar{R}} \times 100 \right) \text{درصد خطای}$$

جدول ۲

t (s)	۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰	۱۰۵	۱۲۰	۱۳۵
V (V)										
V/V_0										

بررسی تجربی ظرفیت معادل خازن‌های سری

- مطابق شکل ۱ خازن C_1 و C_2 را به صورت سری به یک منبع تغذیه (۱۰ ولت) و یک ولتمتر وصل کنید.
- به ازاء زمانهای درج شده در جدول ۳، عددی که ولتمتر نشان می‌دهد را در جدول ثبت کنید.

- منحنی نمایش تغییرات V را بر حسب زمان روی کاغذ میلیمتری رسم کنید.
- با استفاده از منحنی و تعریف τ ثابت زمانی مدار، τ را بدست آورید.
- با استفاده از τ بدست آمده و مقاومت داخلی ولتمتر، ظرفیت معادل خازنها را بدست آورید. خطای این ظرفیت را نسبت به ظرفیت معادل $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ محاسبه کنید.

جدول ۳

t (s)	۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰	۱۰۵	۱۲۰	۱۳۵
V (V)										

بررسی تجربی ظرفیت معادل خازن‌های موازی

- خازن C_1 و C_2 را به صورت موازی بسته سپس به وسیله یک منبع تغذیه (۱۰ ولت) باردار کنید.
- خازنها را از منبع تغذیه جدا کرده و به ولتمتر وصل کنید تا خازنها از راه مقاومت داخلی ولتمتر، تخلیه شوند.
- به ازاء زمانهای درج شده در جدول ۴، عددی که ولتمتر نشان می‌دهد را در جدول ثبت کنید.
- منحنی نمایش تغییرات V را بر حسب زمان روی کاغذ میلیمتری رسم کنید.
- با استفاده از منحنی و تعریف τ ثابت زمانی مدار، τ را بدست آورید.
- با استفاده از τ بدست آمده و مقاومت داخلی ولتمتر، ظرفیت معادل خازنها را بدست آورید. خطای این ظرفیت را نسبت به ظرفیت معادل $C = C_1 + C_2$ محاسبه کنید.

جدول ۴

t (s)	۰	۳۰	۶۰	۹۰	۱۲۰	۱۵۰	۱۸۰	۲۱۰	۲۴۰	۲۷۰	۳۰۰
V (V)											