

آزمایش شماره ۱۱

شارژ و تخلیه خازن در مدارهای RC

هدف آزمایش

- (۱) مطالعه شارژ خازن در مدار RC
- (۲) مطالعه تخلیه خازن در مدار RC
- (۳) محاسبه ثابت زمانی خازن

وسایل مورد نیاز

مقاومت، خازن، سیم‌های رابط، آمپرتر، ولت‌متر، کلید، منبع تغذیه ولتاژ مستقیم، زمان سنج

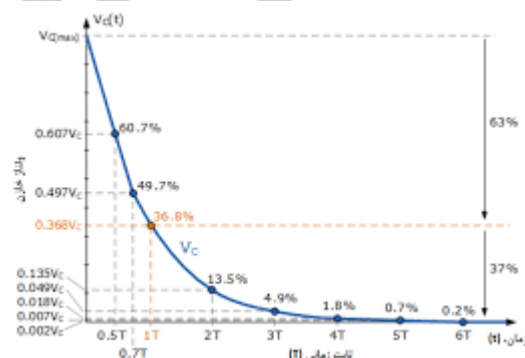
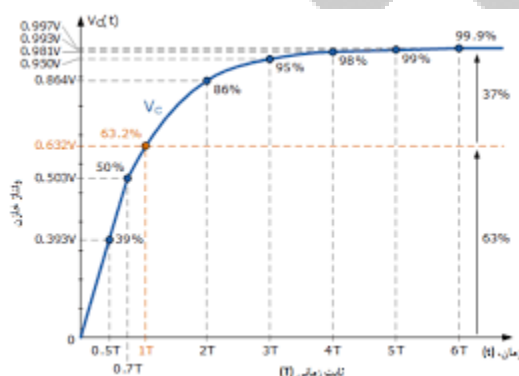
تئوری آزمایش

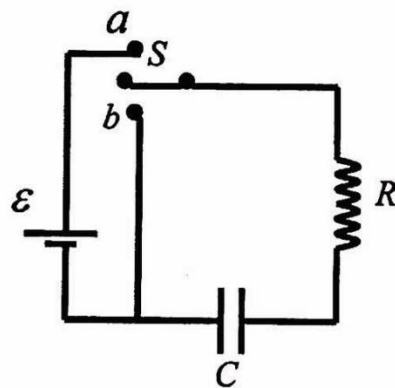
شکل (۱) مدار RC را نشان می‌دهد، در این مدار، یک مقاومت و یک خازن به طور متوالی به یکدیگر متصل شده‌اند. هرگاه کلید S به نقطه a وصل شود خازن توسط منبع تغذیه ولتاژ مستقیم شارژ می‌شود. در این حالت با استفاده از قانون حلقه می‌توان نوشت:

$$\varepsilon - RI - \frac{q}{C} = 0 \quad (۱)$$

با جایگذاری $I = dq/dt$ در رابطه بالا خواهیم داشت:

$$R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = \varepsilon \quad (۲)$$





شکل (۱)

این رابطه، یک معادله دیفرانسیل مرتبه اول ناهمگن است. از حل این معادله می‌توان بار الکتریکی ایجاد شده روی خازن را به صورت تابعی از زمان به صورت زیر به دست آورد.

$$q(t) = C\varepsilon(1 - e^{-t/RC}) \quad (۳)$$

با مشتق‌گیری از رابطه فوق، جریان الکتریکی به صورت زیر به دست می‌آید:

$$I(t) = \frac{\varepsilon}{R} e^{-t/RC} \quad (۴)$$

از روابط $q=CV$ و $V=RI$ می‌توان اختلاف پتانسیل دو سر خازن و مقاومت را نیز تعیین کرد:

$$V_C(t) = \varepsilon(1 - e^{-t/RC}) \quad (۵)$$

$$V_R(t) = \varepsilon e^{-t/RC} \quad (۶)$$

که V_C و V_R به ترتیب اختلاف پتانسیل دو سر خازن و مقاومت هستند.

از روابط (۳) تا (۶) می‌توان مشاهده کرد که بار و اختلاف پتانسیل دو سر خازن با زمان به طور نمایی افزایش می‌یابند در حالی که جریان الکتریکی گذرنده از مقاومت و نیز اختلاف دو سر آن با زمان به طور نمایی کاهش می‌یابند. کمیت $\tau = RC$ ثابت زمانی خازن نامیده می‌شود و مدت زمانی است که طول می‌کشد تا اختلاف پتانسیل دو سر خازن به ۶۳٪ مقدار بیشینه خود (ε) برسد، این موضوع به راحتی از رابطه (۳) قابل درک است. اینک اگر کلید S به نقطه b برده شود خازن در مقاومت تخلیه می‌شود (به شکل (۱) مراجعه کنید). در این حالت از قانون حلقه داریم:

$$RI + \frac{q}{C} = 0 \quad (۷)$$

و یا

$$R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0 \quad (۸)$$

از حل این معادله دیفرانسیل مرتبه اول همگن بار روی خازن به صورت تابعی از زمان به دست می‌آید:

$$q(t) = C\varepsilon e^{-t/RC} \quad (9)$$

با انجام عملیاتی مشابه با حالت شارژ خازن خواهیم داشت:

$$I(t) = C\varepsilon e^{-t/RC} \quad (10)$$

$$V(t) = \varepsilon e^{-t/RC} \quad (11)$$

$$V_R(t) = \varepsilon e^{-t/RC} \quad (12)$$

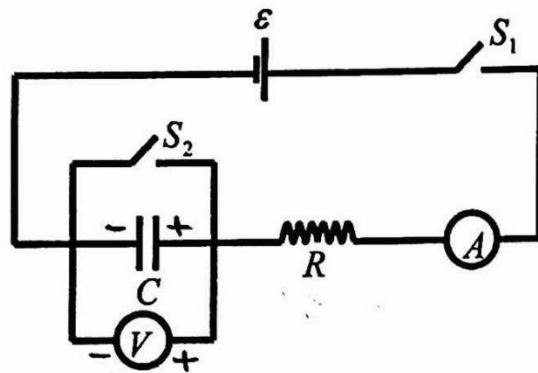
از بررسی روابط (۹) تا (۱۲) می‌توان دید که بار، جریان الکتریکی و اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت و خازن با زمان به طور نمایی کاهش می‌یابند و در نهایت به صفر می‌رسند. از روابط (۱۱) می‌توان به سادگی مشاهده کرد که بعد از یک ثابت زمانی، ولتاژ دو سر خازن در هنگام تخلیه به ۳۷٪ مقدار اولیه‌ی خود کاهش می‌یابد.

روش آزمایش

(۱) مطالعه شارژ خازن

یک مقاومت ۱۸ کیلو اهمی و یک خازن ۱۰۰۰ میکروفارادی را به طور متوالی مطابق شکل (۲) به منبع تغذیه ۱۰ ولتی وصل کنید. اگر از خازن الکتrolیتی استفاده می‌کنید دقت کنید که قطب‌های مثبت و منفی خازن به طور صحیح وصل شوند. برای اندازه‌گیری جریان الکتریکی در مدار از یک آمپر متر مناسب صفر وسط استفاده کنید. برای اندازه‌گیری ولتاژ دو سر خازن از پایانه ۱۰V ولت‌متر الکتریکی استفاده نمایید. ابتدا کلید فشاری S_2 را فشار دهید تا بار احتمالی روی خازن تخلیه گردد. آزمایش را یک بار به طور نمایی انجام دهید. برای این منظور، کلید S_1 را ببندید تا خازن توسط منبع تغذیه نیروی محرکه ولتاژ مستقیم شارژ شود و افزایش ولتاژ دو سر خازن و کاهش جریان آمپر متر را مشاهده کنید. مقدار نهایی ولتاژ دو سر خازن را یادداشت کنید. سپس توسط کلید S_2 خازن را تخلیه کنید تا ولتاژ آن به صفر برسد. با شارژ مجدد خازن، همزمان با بستن کلید S_1 ، زمان سنج را به کار بیندازید. زمان رسیدن ولتاژ خازن را از صفر تا مقدار بیشینه در قدم‌های ۱ ولتی اندازه‌گیری کرده و در جدول (۱) بنویسید. خازن را تخلیه کنید و با شارژ مجدد خازن، این بار زمان رسیدن جریان را در قدم‌های ۵ تایی اندازه‌گیری کرده و در جدول (۲) را کامل کنید.

دانشگاه بوعلی سینا



شکل (۲)

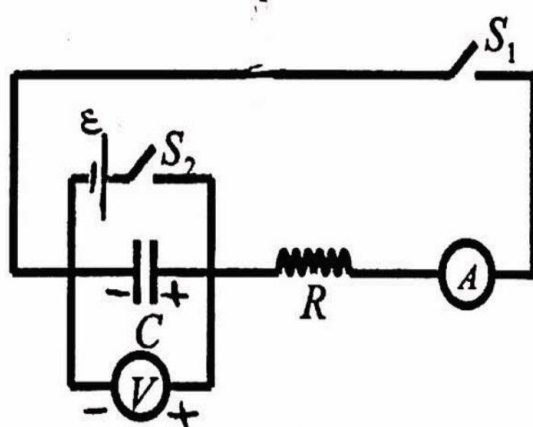
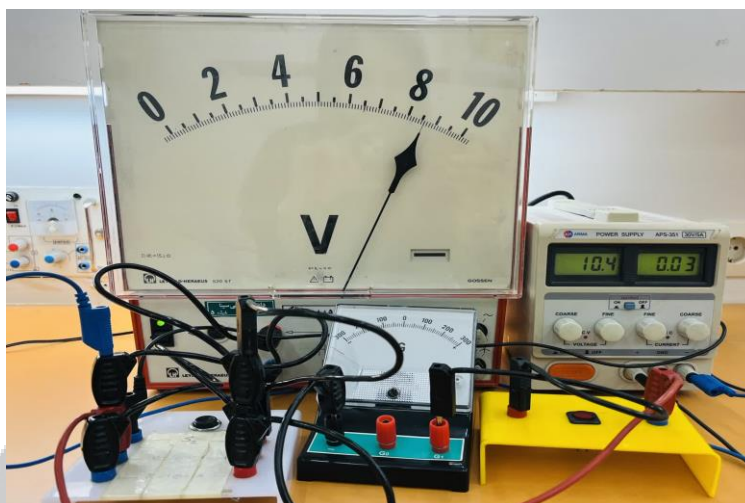
۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	$V(\text{Volt})$
										$t(\text{s})$

جدول (۱)

۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	آخرین درجه	I
							$t(\text{s})$

جدول (۲)

دانشگاه بوعلی سینا



شکل (۳)

۲) مطالعه تخلیه خازن

اینک مدار شکل (۳) را ببندید. در حالی که کلید S_1 باز است کلید S_2 را فشار دهید تا خازن فوراً شارژ شود. سپس کلید S_1 را ببندید تا خازن در مقاومت تخلیه گردد. همزمان با بستن کلید S_1 زمان سنج را به کار بیندازید. در این حالت دو سر خازن و جریان عبوری از مقاومت به تدریج با زمان کاهش می‌یابند. مشابه آزمایش قبل، پس از یک بار مشاهده‌ی عملکرد در مدار، جدول‌های (۳) و (۴) را کامل نمایید.

۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	V(Volt)
										t(s)

جدول (۳)

I	آخرین درجه	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۵	۰
$t(s)$							

جدول (۴)

محاسبات، بررسی نتایج، پرسش‌ها

۱) با استفاده از مقادیر جدول (۱) نمودار ولتاژ خازن را بر حسب زمان در حالت شارژ بر روی کاغذ میلیمتری رسم کنید.

۲) با استفاده از نمودار فوق ثابت زمانی خازن (زمان رسیدن ولتاژ به $0.63 = (1 - \frac{1}{e})$ مقدار بیشینه آن) را به دست آورید.

۳) درصد انحراف مقدار فوق را با $\tau = RC$ محاسبه کنید.

۴) با استفاده از مقادیر جدول (۲) نمودار جریان عبوری از مقاومت را بر حسب زمان در حالت شارژ خازن بر روی کاغذ میلیمتری رسم کنید.

۵) با استفاده از نمودار فوق (زمان رسیدن جریان به $0.37 = \frac{1}{e}$ مقدار بیشینه آن) را به دست آورید.

۶) با استفاده از مقادیر جدول (۳) نمودار ولتاژ خازن را بر حسب زمان در حالت تخلیه بر روی کاغذ میلیمتری رسم کنید.

۷) با استفاده از مقادیر جدول (۳) نمودار ولتاژ خازن را بر حسب زمان در حالت تخلیه بر روی کاغذ نیمه لگاریتمی رسم کنید.

۸) چرا نمودار فوق خطی است؟ شیب این خط معرف چه کمیتی است؟

۹) شیب نمودار فوق را تعیین کنید و درصد اختلاف آن را با مقدار تئوری به دست آورید.

۱۰) علت اختلاف دو مقدار فوق را توضیح دهید.

۱۱) با استفاده از مقادیر جدول (۴) نمودار جریان را بر حسب زمان در حالت تخلیه خازن بر روی کاغذ میلیمتری رسم کنید.

۱۲) با استفاده از نمودار فوق ثابت زمانی خازن را به دست آورید.

۱۳) با استفاده از مقادیر جدول (۴) نمودار جریان را بر حسب زمان در حالت تخلیه خازن بر روی کاغذ نیمه لگاریتمی رسم کنید.

۱۴) شیب نمودار فوق را تعیین کنید. این شیب معرف چه کمیتی است؟ درصد اختلاف آن را با مقدار تئوری به دست آورید.

۱۵) ثابت کنید RC بعد زمان دارد.