آزمایش شمارهٔ ۳

بررسی رفتار خازن در مدارهای D.C

یادآوری

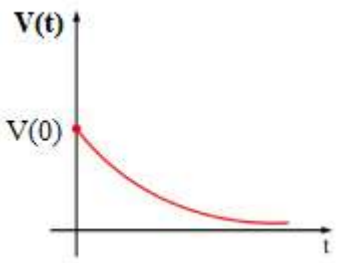
وقتی یک خازن به منبع ولتاژ جریان مستقیم وصل می‌شود، ابتدا جریان نسبتاً بزرگی در مدار جریان می‌یابد و خازن رفته رفته شارژ می‌شود تا ولتاژ دو سر آن به مقدار ثابتی که به آن مقدار نهایی می‌گوییم، برسد. در همین حالت، جریان مدار هم بتدریج کوچک می‌شود تا وقتی که خازن کاملاً شارژ شود و جریان مدار به صفر می‌رسد. پس ازاین فرآیند که حدود ۴ یا ۵ ثابت زمانی طول می‌کشد، خازن در مدار مانند یک کلید باز عمل می‌کند. وقتی ۴ یا ۵ ثابت زمانی سپری می‌شود، در اصطلاح می‌گویند مدار به حالت پایدار یا ماندگار خود رسیده است. ثابت زمانی فقط مختص مدارهای مرتبهٔ اول است و بطوری که هر مدار پس از مدت زمانی در حدود ۴ الی ۵ برابر آن به مقدار دائمی یا ماندگار خود می‌رسد و برابر است با :

*پاسخ حالت کامل= پاسخ حالت صفر + پاسخ ورودی صفر ⟸ پاسخ کامل مدار= پاسخ حالت گذرا + پاسخ حالت ماندگار

$$\tau(\text{بر حسب ثانیه}) = \begin{cases} R_{eq}^{\Omega} \times C^{F} & \Longrightarrow \quad \text{برای مدار R. C} \\ L^{H} \Big/ R_{eq}^{\Omega} & \Longrightarrow \quad \text{برای مدار } R.L \end{cases}$$

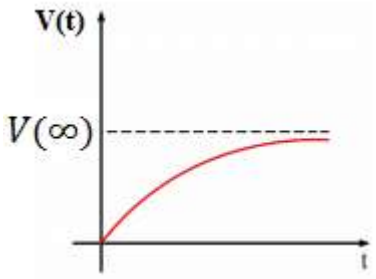
پس در مدارهای جریان مستقیم و در حالت ماندگار، خازن شارژ شده با ولتاژی ثابت به صورت یک کلید باز عمل می‌کند. (Req مقاومت معادل دیده شده از دو سر خازن یا سلف است و از این به بعد به زمانهای بزرگتر از 5τ می‌گوییم بینهایت. البته بینهایت فیزیکی؛ یعنی ممکن است این بینهایت کمتر از میلی ثانیه هم باشد.)درضمن هر پاسخی در مدارهای مرتبهٔ اول به صورت نمایی است و برای انواع پاسخ ها به صورت زیر می‌تواند باشد:

a) شکل موج ولتاژ ورودی صفر، ولتاژ اولیه خازن(یعنی t=0) را V(0) در نظر می‌گیریم و در این زمان خازن با یک مقاومت R بسته می شود:



$$V(t) = V(0) \times e^{-\frac{t}{\tau}}$$

b) شکل موج ولتاژ حالت صفر، در صورتیکه خازن توسط یک مقاومت R به منبع ولتاژ(V_{Source}) بطور سری وصل شود:



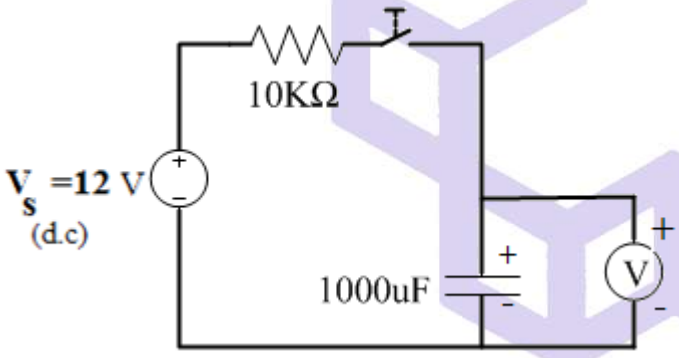
$$V(t) = V(\infty) \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \quad if \quad V(0) = 0$$

شرح آزمایش

۱-۳) شارژ شدن خازن بر حسب زمان:

مدار زیر را بسته و دقت داشته باشید قبل از اتصال کلید، خازن کاملا تخیله شده باشد. سپس مقادیر خواسته شده را در زمان های مورد نظر یادداشت نمایید.

(راهنمایی: از یک ولتمتر برای خواندن V_C و برای محاسبه جریان از رابطه $\left(I_C = \frac{V_s - V_C}{R=10K}\right)$ استفاده نمایید.)



T(sec)	0	5	10	20	30	40	50	60	80	100
$V_C(v)$										
$I_C(mA)$										
خطای مطلق V_C										

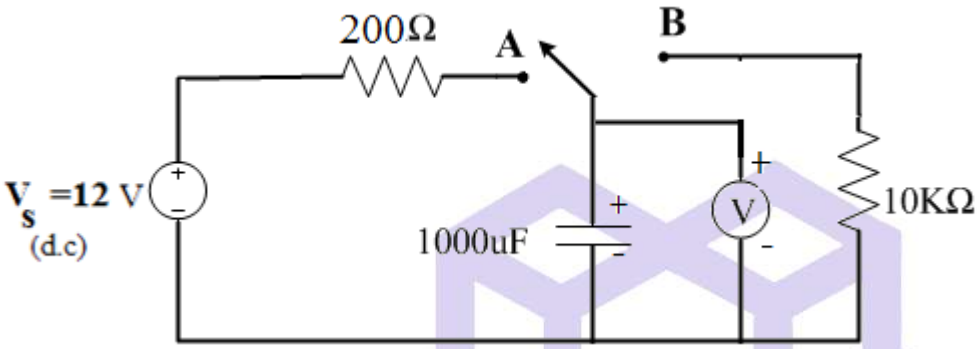
سؤال

منحنی $V_C(t)$ را ترسیم نمایید. τ (مقدار ثابت زمانی) مدار و همچنین مقدار 4τ را هم از طریق محاسبه تئوری و هم از روی جدول بدست آورید.

۲-۳) دشارژ شدن خازن بر حسب زمان:

حال مدار زیر را بسته و اول کلید را در حالت A قرار داده وکمی صبر کنید تا خازن به اندازه ولتاژ منبع شارژ شود. سپس کلید را به وضعیت B برگردانید تا خازن به عنوان یک منبع ولتاژ جداگانه عمل کند. حال با اندازه‌گیری ولتاژ در زمانهای مشخص جدول را کامل نمایید.

(راهنمایی: از یک ولتمتر برای خواندن V_C و برای محاسبه جریان از رابطه $\left(I_C = \frac{V_S - V_C}{R=10K}\right)$ استفاده نمایید.)



T(sec)	0	5	10	20	30	40	50	60	80	100
$V_C(v)$										
$I_C(mA)$										
خطای مطلق V_C										

سؤال

۱) منحنی یا مشخصه $V_C(t)$ را ترسیم نمایید. در نظر داشته باشید زمان شارژ و دشارژ خازن در این مدار متفاوت است.

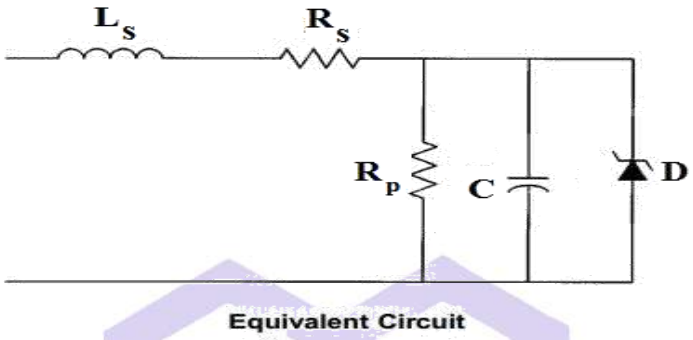
۲) τ (مقدار ثابت زمانی) مدار و همچنین مقدار 4τ را هم از طریق محاسبه تئوری و هم از روی جدول بدست آورید.

۳) نقش قطع و وصل کردن کلید در مداراتی که از المان‌های ذخیره کننده انرژی استفاده می‌شود را توضیح دهید.

۴) تفاوت پاسخ حالت صفر و پاسخ ورودی صفر را توضیح دهید.

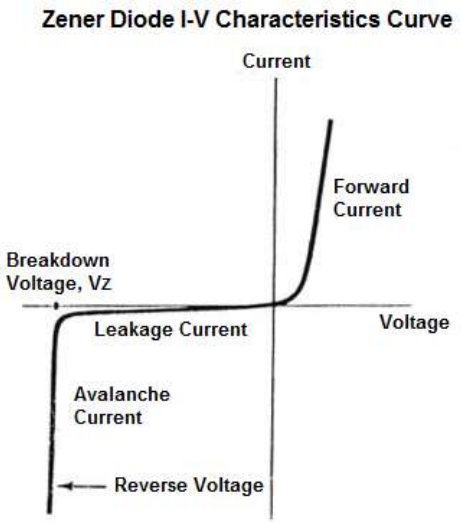
۳-۳) محاسبه جریان Leakage خازن الکترولیتی:

با دانستن اینکه خازن شما1000 میکرو فاراد است دیتاشیت ($Data\ sheet$) آنرا (در صورت امکان از روی اطلاعات خازن یا نام کارخانه سازنده خازن) از اینترنت دانلود کرده، مطالب درج شده را مطالعه نموده سپس توضیحات آنرا در پیش گزارش خود قبل از انجام آزمایش بنویسید. از طرفی می‌دانیم خازن‌هایی که در اختیار داریم ایده‌آل نیستند، برای مدل‌سازی دقیق خازن‌های الکترولیتی، مدار معادل یا داخلی آنرا به صورت زیر در نظر می‌گیریم.



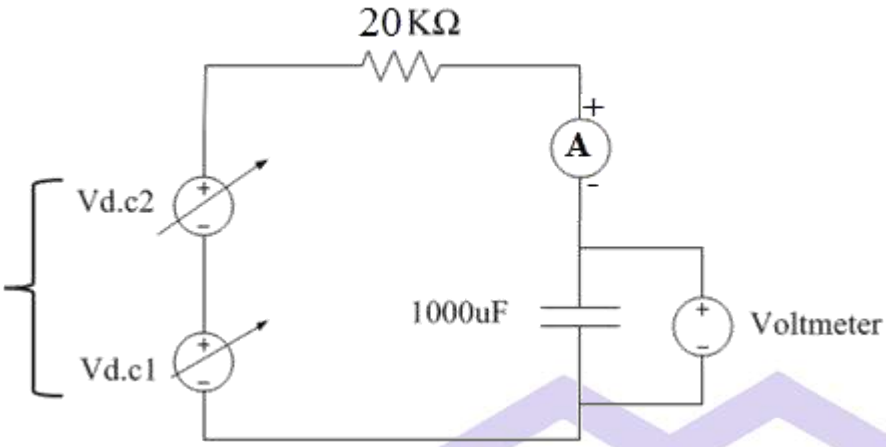
Equivalent Circuit

یک سلف سری $\mathbf{L_s}$ (ESI =equivalent series inductance) و یک مقاومت سری $\mathbf{R_s}$ (ESR=equivalent series resistance) می‌گویند. ولی معمولا در مدل‌سازی از سلف سری صرفنظر می‌کنیم و تنها این مقاومت سری را در نظر می‌گیریم. این مقاومت سری در بحث تلفات و همچنین ریپل ولتاژ خازن نقش مهمی دارد و نکته مهم این است که در خازن‌های الکترولیتی این مقدار بزرگتر از مقدار خازن‌های سرامیکی و پلی استر است. مقدار ولتاژ دیود زنر وابسته به دمای محیط است و در دمای زیر ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی گراد(محیط سرد)، تقریبا دوبرابر ولتاژ کاری درج شده روی خازن الکترولیتی (Working Voltage)است.



شرح آزمایش

با استفاده از دو منبع ولتاژ DC بصورت سری مدار زیر را ببندید. ولتاژ دو منبع را طوری تنظیم نمایید که به اندازه ولتاژ کاری روی خازن (Working Voltage) برسد.



الف) بعد از گذشت مدت ۵ الی ۱۰ دقیقه، مقدار ولتاژ تثبیت شده دوسر خازن چقدر است؟

ب) جریان $\mathbf{I_{Leakage}}$ را بصورت تئوری محاسبه نمایید. برای خواندن جریان نشتی بصورت عملی و از روی آمپرمتر چه کاری انجام می دهید؟ مقدار آنرا یادداشت نمایید.. سپس مقدار جریان نشتی در دیتاشیت این خازن چقدر است؟

ج) مقدار مقاومت موازی در مدار معادل خازن یعنی $\mathbf{R_P = R_{Leakage}}$ را بدست آورید.

سؤال

۱) با توجه به مدار معادل خازن، علل ترکیدن خازن الکترولیتی چیست؟

۲) مدار دیگری را برای بدست آوردن جریان Leakage طراحی نمایید.