فصل هفتم

خازن در جریان مستقیم و متناوب

هدف کلی : بررسی رفتار خازن در جریان‌های مستقیم و متناوب

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:

۱- ساختمان داخلی خازن را شرح دهد.

۲- ظرفیت خازن و عوامل مؤثردر آن را شرح دهد.

۳- شارژ و دشارژ خازن در جریان مستقیم را شرح دهد.

۴- رابطه‌ی بین بار الکتریکی ذخیره شده و ولتاژ دو سر خازن را شرح دهد.

۵- انرژی ذخیره شده در خازن را محاسبه کند.

۶- ثابت زمانی را در یک مدار RC شرح دهد.

۷- ثابت زمانی را در یک مدار RC اندازه بگیرد.

۸- روش آزمایش صحت کار خازن را شرح دهد.

۹- صحت کار یک خازن را به کمک اهم‌متر عقربه‌ای آزمایش کند.

۱۰- ظرفیت یک خازن را به کمک دستگاه LCR متر اندازه بگیرد.

۱۱- انواع خازن ثابت را نام ببرد.

۱۲- فرق خازن ثابت و متغیر را بیان کند.

۱۳- خازن متغیر را شرح دهد.

۱۴- مقدار ظرفیت خازن را با استفاده از رمز عددی بخواند.

۱۵- مشخصات خازن را نام ببرد.

۱۶- مشخصات خازن را شرح دهد.

۱۷- اتصال سری و موازی خازن ها را توضیح دهد.

۱۸- آزمایش اتصال سری و موازی خازن‌ها را انجام دهد.

۱۹- ظرفیت معادل را در اتصالات سری و موازی خازن‌ها به دست آورد.

۲۰- رفتار خازن در جریان متناوب را شرح دهد.

۲۱- رآکتانس خازنی را محاسبه کند.

۲۲- رآکتانس خازنی را اندازه بگیرد.

۲۳- اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در مدار خازنی را توضیح دهد.

۲۴- اختلاف فاز بین ولتاژ دو سر خازن و جریان عبوری از آن را اندازه بگیرد.

۲۵- مدار RC سری و موازی را توضیح دهد.

۲۶- روابط مربوط به مدار RC سری و موازی را محاسبه کند.

۲۷- امپدانس مدار RC سری و موازی را اندازه بگیرد.

توانایی شماره	ساعت آموزش		
	نظری	عملی	جمع
۷	۱۲	۱۶	۲۸

پیش آزمون (۷)

۱- ظرفیت خازن با سطح صفحات خازن نسبت ..... و با فاصله‌ی بین دو صفحه نسبت ..... دارد.

الف) معکوس- مستقیم　　ب) مستقیم- مستقیم

ج) مستقیم- معکوس　　د) معکوس- معکوس

۲- چرا در کنار پایه‌ی بعضی از خازن‌ها علامت مثبت و منفی می گذارند؟

الف) برای اتصال صحیح پایه‌های خازن به مدار

ب) برای مشخص کردن بار ذخیره شده در خازن

ج) به منظور تعیین میزان بارهای مثبت و منفی

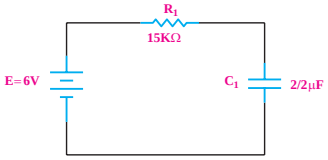
د) برای اندازه‌گیری مقدار ولتاژ

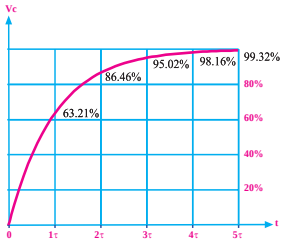
۳- ظرفیت خازن مقابل چه مقدار است؟

الف) ۳۳۳PF　　ب) ۳۳۰۰۰nF

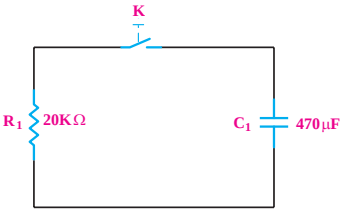
ج) ۳۳nF　　د) ۳۳Pf

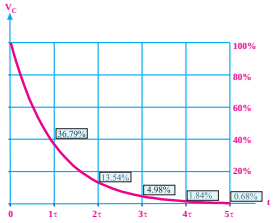
۴- در شکل زیر با توجه به منحنی شارژ خازن بعد از ۳ ثابت زمانی ولتاژ دو سر خازن چند ولت می‌شود؟





۵- در شکل زیر در شرایطی که کلید K در حالت باز قرار دارد، ولتاژ دو سر خازن ۱۵ ولت است. اگر کلید را وصل کنیم ، با توجه به منحنی دشارژ خازن پس از سه ثابت زمانی ولتاژ دو سر خازن چند ولت می‌شود؟





۶- کدام گزینه‌ی زیر صحیح است؟

الف) $V=\frac{C}{Q}$　　ب) $Q=\frac{V}{C}$

ج) $V=\frac{Q}{C}$　　د) $Q=\frac{C}{V}$

۷- خازن ..... خازن متغیری است که مقدار ظرفیت آن را می‌توان با پیچ گوشتی تغییر داد.

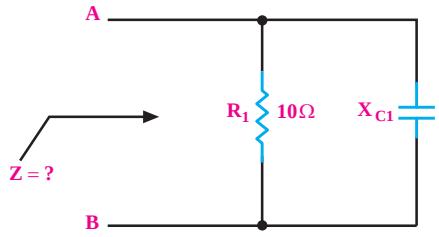
۸- ظرفیت خازن معادل در مدار سری از ظرفیت خازن‌های موجود در مدار ..... است.

الف) کم‌تر　　ب) بیش‌تر

۹- در شکل زیر اگر $\cos\varphi = ۰/۵$ باشد مقدار Z چند اهم است؟

الف) ۱۰ ب) $\sqrt{۱۰}$

ج) ۵ د) $\sqrt{۵}$



۱۰- بـه حداکثر میزان تغییر ظرفیت خـازن به ازای تغییر یک درجه حرارت تلرانس می گویند.

صحیح ❐ غلط ❐

۱۱- مقـدار ظرفیت خازن معادل n خازن مسـاوی که به طور سری قرار گیرند از رابطه‌ی ..... قابل محاسبه است.

الف) $C_T = \frac{C}{n}$ ب) $C_T = nc$

۱۲- در مـدار RC موازی جریـان موثر کل مدار از ولتاژ کل مدار ..... است.

جلوتر ❐ عقب‌تر ❐

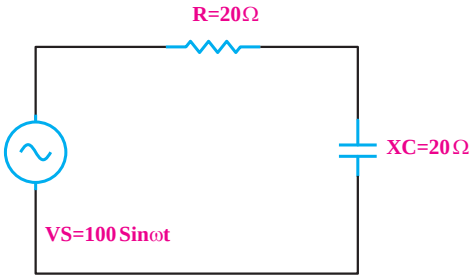
۱۳- پاسخ های صحیح ستون سمت چپ را به ستون سمت راست اتصال دهید.

RC سری	● عامل مشترک جریان
	● عامل مشترک ولتاژ
	● $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$
	● $\cos\varphi = \frac{Z}{R}$
	● $Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$
RC موازی	● $I = \sqrt{I_R^2 + I_c^2}$

۱۴- در شکل زیر امپدانس مدار تقریبا چند اهم است؟

الف) ۱۴ ب) ۴۰

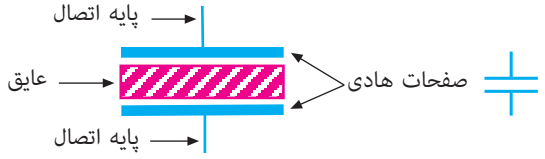
ج) ۲۸ د) بی‌نهایت



۱-۷ ساختمان داخلی خازن

ساختمان داخلی خازن از دو صفحه‌ی هادی که بین آن‌ها عایق قرار دارد تشکیل می‌شود.

به صفحات هادی، جوشن نیز گفته می‌شود. در شکل ۱-۷، علامت قرار دادی و ساختمان داخلی خازن در حالت کلی نشان داده شده است.



الف) علامت قراردادی خازن ب) ساختمان داخلی خازن

شکل ۱-۷ ساختمان داخلی و علامت قرار دادی خازن

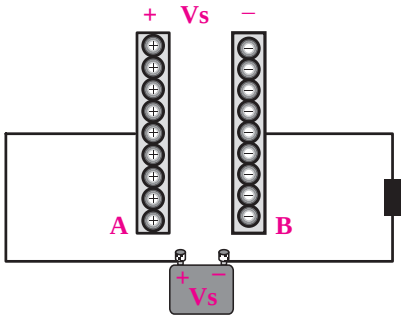
همان‌طور که از شکل ۱-۷ مشاهده می‌شود خازن از دو قسمت اصلی تشکیل شده است.

الف- صفحات هادی

ب- ماده‌ی عایق (دی‌الکتریک)

۲-۷ مفهوم ظرفیت

در صورتی که مانند شکل ۲-۷ صفحات یک خازن را به ولتاژ اتصال دهیم، در صفحات خازن بار الکتریکی ذخیره می‌شود. این شرایط تا زمانی که خازن خالی نشود باقی می‌ماند. به‌همین دلیل در مدارهای الکتریکی از خازن به منظور ذخیره‌ی انرژی الکتریکی استفاده می شود.



شکل ۲-۷ ذخیره‌ی بار الکتریکی خازن

با ذخیره شدن بارهای الکتریکی در خازن، اختلاف پتانسیل به وجود می‌آید. نسبت بین بارهای الکتریکی ذخیره شده در خازن به اختلاف پتانسیل ایجاد شده در دو سر آن را **ظرفیت خازن** می‌نامند و آن را با حرف C نشان می‌دهند. واحد اندازه‌گیری ظرفیت **فاراد** است. رابطه‌ی ظرفیت خازن با ولتاژ و مقدار بار به‌صورت زیر است.

$$C = \frac{Q}{V}$$

در این رابطه مقادیر C ، Q و V به شرح زیر است:

C= ظرفیت خازن بر حسب فاراد

Q= بار الکتریکی ذخیره شده در خازن بر حسب کولمب (کولن)

V= ولتاژ دو سر خازن بر حسب ولت

یک فاراد ظرفیت نسبتا بزرگی است و در عمل معمولاً از واحدهای خیلی کوچک‌تر از فاراد مانند میکرو فاراد، نانو فاراد و پیکو فاراد استفاده می‌شود.

جدول ۱-۷ واحدهای کوچک‌تر خازن و ضرایب آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۷ واحدهای ظرفیت خازن

چگونگی تبدیل	ضریب	حرف اختصاری	واحد
برای تبدیل واحد بیشتر به واحد کمتر، عدد در ۱۰۰۰ ضرب می‌شود.	واحد اصلی	F	فاراد
	10^{-3} F	mF	میلی فاراد
	10^{-6} F	μF	میکرو فاراد
	10^{-9} F	nF	نانو فاراد
	10^{-12} F	pF	پیکوفاراد

میزان توانایی یک خازن در ذخیره بار الکتریکی را « ظرفیت خازن » می گویند.

توجه

در صورتی که بخواهیم واحد کوچکتر را به واحد بزرگ‌تر تبدیل کنیم باید مقدار ظرفیت را بر ضرایب فوق تقسیم کنیم.

مثال ۱: ظرفیت خازنی ۱۰۰ نانو فاراد است. مقدار ظرفیت را بر حسب فاراد به دست آورید.

$$C=۱۰۰nF$$
$$C=۱۰۰\div ۱۰^{۹}=۱۰^{-۷}F$$
$$C=۱۰^{-۷}F$$

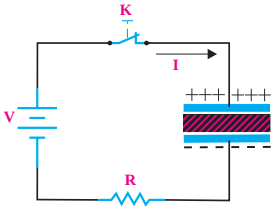
مثال ۲: در یک خازن ۳۳ میکرو کولمب بار الکتریکی ذخیره شده است. اگر ولتاژ دو سر خازن ۱۰V باشد ظرفیت آن چند میکروفاراد است؟

حل :

$$Q=۳۳ \text{ میکروکولمب } ۳۳\times ۱۰^{-۶}=۰/۰۰۰۰۳۳$$
$$Q=C.V$$
$$C=\frac{Q}{V}=\frac{۰/۰۰۰۰۳۳}{۱۰}=۰/۰۰۰۰۰۳۳F$$
$$C=۰/۰۰۰۰۰۳۳\times ۱۰۰۰۰۰۰=۳/۳\mu F$$
$$C=۳/۳\mu F$$

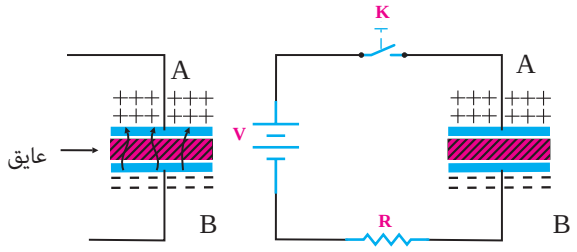
۳-۷ شارژ و دشارژ خازن در جریان مستقیم

وقتی یک خازن را به ولتاژ DC وصل کنیم خازن شارژ می‌شود. در هنگام شارژ، انرژی الکتریکی از منبع به خازن انتقال می یابد و در آن ذخیره می‌شود. مقدار این انرژی بستگی به ظرفیت خازن و ولتاژ منبع دارد. همان‌طور که در شکل ۳-۷ ملاحظه می‌شود، زمانی که کلید بسته می‌شود، در اثر عبور جریان، ذخیره‌ی بارهای الکتریکی در صفحات خازن شروع می‌شود. با تداوم ذخیره‌ی بار الکتریکی در خازن ولتاژ بین صفحات خازن شروع به افزایش و جریان مدار شروع به کاهش می کند، این روند ادامه می‌یابد تا ولتاژ دو سر خازن برابر با ولتاژ منبع و جریان مدار صفر می‌شود. در این حالت می گویند خازن به طور کامل شارژ شده است.



شکل ۳-۷ نحوه‌ی شارژ خازن

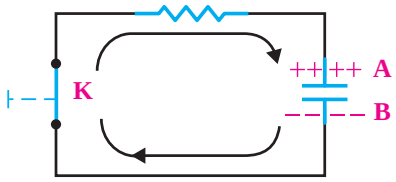
همان‌طور که در شکل ۴-۷ می‌بینید اگر خازن از منبع جدا شود تا مدتی در دو سر آن ولتاژ وجود دارد یعنی انرژی ذخیره شده را در خود نگه می‌دارد. از طرفی چون مقاومت عایق خازن بی‌نهایت نیست (عایق مطلق نیست)، به مرور زمان، الکترون‌ها از طریق عایق از صفحه‌ی B به طرف صفحه‌ی A حرکت می کنند و خازن را تخلیه می‌نمایند. بدیهی است اگر خاصیت عایقی خازن، مطلق باشد خازن برای همیشه انرژی ذخیره شده را در خود حفظ می کند.



الف) شارژ کامل خازن ب) عایق غیر مطلق

شکل ۴-۷ شارژ کامل خازن

بـرای تخلیه‌ی بار الکتریکی صفحات خازن ابتدا خازن را از منبع تغذیه جدا می کنیم، سـپس دو صفحه‌ی A و B خازن را از طریق یک مقاومت به یکدیگر اتصال می‌دهیم.



شکل ۵-۷ مسیر تخلیه ی بار الکتریکی (دشارژ) خازن

۴-۷ انرژی ذخیره شده در خازن

وقتی خازن را به طور مستقیم به یک منبع ولتاژ DC (مثلاً باتری) وصل کنیم بلافاصله انرژی الکتریکی از منبع به خازن انتقـال می یابد و در آن ذخیره می شـود. مقـدار این انرژی بستگی به ظرفیت خازن و ولتاژ منبع دارد.

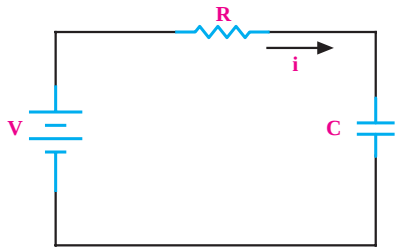
اگـر بار الکتریکی ذخیره شـده بـر روی صفحات خازن معادل Q و اختلاف پتانسـیل بین دو صفحه V باشـد انرژی ذخیره شده در خازن از روابط زیر به‌دست می آید:

$$\begin{cases} W = \frac{1}{2} Q.V \\ Q = CV \end{cases} \Rightarrow W = \frac{1}{2} CV^2$$

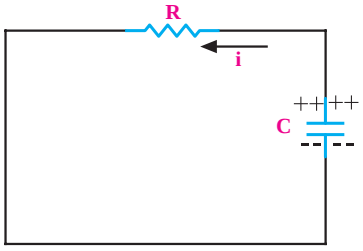
۵-۷ ثابت زمانی

اگر طبق شکل ۶-۷ مداری شـامل یک مقاومت اهمی و یک خازن را که به صورت سـری بسته شـده‌اند به یک منبع ولتاژ DC وصل می کنیم، خازن فوراً شارژ (پُر) نمی‌شود بلکه مدتی طول می کشد تا به شارژ کامل برسد. زمان شارژ بستگی به مقدار R و C دارد. همچنین اگر پایه‌های یک خازن شـارژ شده را به‌وسیله‌ی یک مقاومت اهمی به یکدیگر اتصال دهیم خازن به یک‌باره دشـارژ (خالی) نمی شود، بلکه مدت زمانی طول می کشد تا خازن شارژ خود را از دست بدهد.

این زمان را اصطلاحـاً ثابت زمانی مدار RC می‌نامند که بستگی به مقدار R و C دارد.



الف) مدار شارژ خازن



ب) مدار د شارژ خازن

شکل ۶-۷ مدار شارژ و دشارژ خازن

مقـدار ثابـت زمانـی از حاصل‌ضرب R در C به دسـت می‌آید و آن را با حرف τ(تاو) نشان می‌دهند یعنی

$$\tau = RC$$

τ= ثابت زمانی بر حسب ثانیه

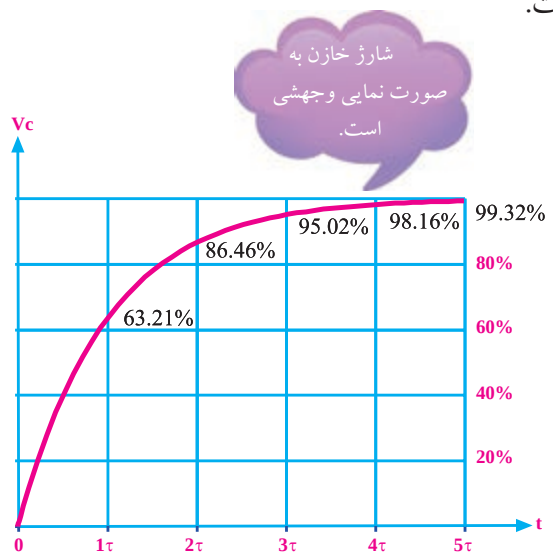
R= مقاومت اهمی سری شده با خازن

C= ظرفیت خازن بر حسب فاراد

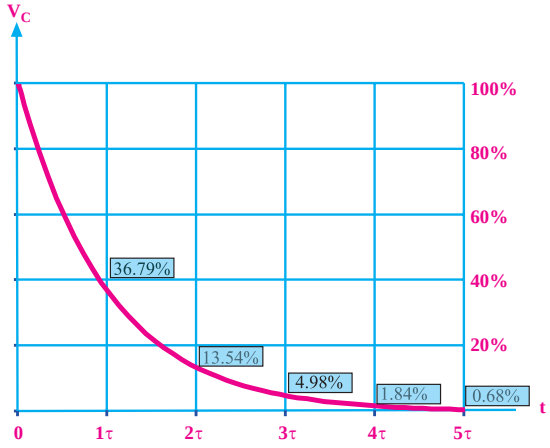
رابطه ی شـارژ خـازن در مـدار شـکل ۶-۷ الف، یک رابطه‌ی خطی نیسـت، بلکه به صورت نمایی (جهشی) است. خازن موجود در مدار شـکل ۶-۷ -الف تقریباً بعد از ۵ ثابت زمانی به‌طور کامل شـارژ می شـود. (بیش از ۹۹/۳ ٪) شکل ۷-۷ -الف منحنی شـارژ خازن را نشـان می‌دهد. به ازای هر ثابت زمانی، خازن به اندازه‌ی درصد معینی شارژ می شود که

مقدار آن روی منحنی مشخص شده است. شکل ۷-۷ -ب منحنی دشارژ خازن را نشان می دهد. در ثابت زمانی اول، ولتاژ دو سر خازن ۶۳/۲۱ ٪ کم می شود. کاهش ولتاژ در ثابت زمانی دوم به ۸۶/۴۶ ٪ ، در ثابت زمانی سوم به ۹۵/۰۲ ٪ و در ثابت زمانی چهارم به ۹۸/۱۶ ٪ و بالاخره در ثابت زمانی پنجم به ۹۹/۳۲٪ می‌رسد.

در این حالت می گوییم خازن کاملا تخلیه شده است. درصدهای مربوط به شارژ خازن نیز کاملا مشابه دشارژ آن است.



الف- منحنی شارژ خازن



ب- منحنی دشارژ خازن

شکل ۷-۷ منحنی‌های شارژ و دشارژ خازن

۷-۶ آزمایش شماره‌ی (۱)

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۷-۶-۱ هدف آزمایش

اندازه‌گیری مقدار ثابت زمانی شارژ و دشارژ خازن در مدار RC سری

۷-۶-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	کرونومتر	یک دستگاه
۲	ولت متر DC	یک دستگاه
۳	منبع تغذیه ۰-۱۵ V	یک دستگاه
۴	مقاومت ۱MΩ و ۱۰Ω	از هر کدام یک عدد
۵	خازن ۱۰μF-۲۵V	یک عدد
۶	سیم دو سر گیره دار ۴۰cm	چهار رشته
۷	سیم یک سر گیره دار ۴۰cm	چهار رشته
۸	سیم بدون گیره (معمولی) ۴۰cm	چهار رشته
۹	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

توجه

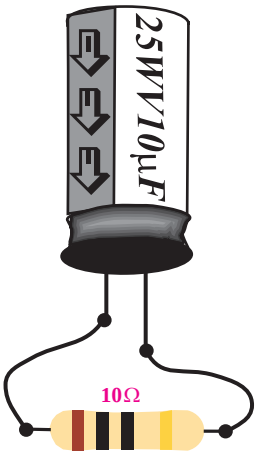
خازن مورد استفاده در این آزمایش از نوع الکترولیتی می باشد. هنگام کاربرد این خازن حتما باید قطب مثبت منبع ولتاژ به قطب مثبت خازن و قطب منفی منبع ولتاژ به قطب منفی خازن وصل شود. در غیر این‌صورت خازن به سرعت آسیب می‌بیند.

۳-۶-۷ مراحل اجرای آزمایش

الف- اندازه‌گیری ثابت زمانی مدار RC سری (در حالت شارژ)

■ وسایل مورد نیاز را آماده کنید.

■ دو سر خازن را از طریق یک مقاومت کم اهم برای یک لحظه اتصال کوتاه کنید تا اگر قبلا در آن ولتاژی وجود داشته باشد (شارژ شده باشد) کاملا تخلیه شود، شکل ۸-۷.



شکل ۸-۷ نحوه‌ی تخلیه‌ی خازن

توجه

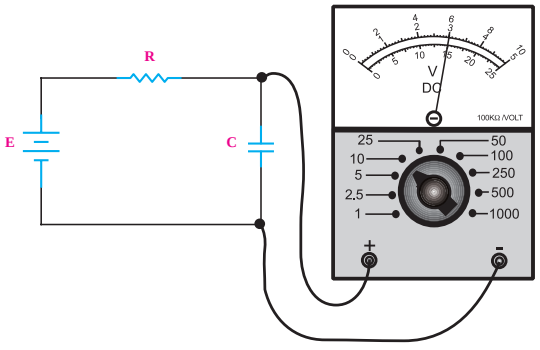
قبل از استفاده از خازن جهت تخلیه ی آن، چند لحظه دوپایه‌ی آن را به کمک یک مقاومت ۱۰Ω به هم اتصال کوتاه کنید.

علامت WV نشان دهنده ی ولتاژ کار خازن (Working Voltage) است.

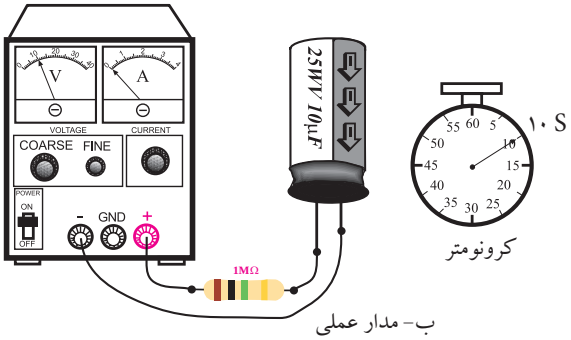
■ مدار شکل ۹-۷ را ببندید.

توجه

در شکل ۹-۷ نقشه‌ی فنی مدار را ملاحظه می کنید. در این لحظه منبع تغذیه را به مدار متصل نکنید.



الف- نقشه ی فنی مدار



کرونومتر

ب- مدار عملی

شکل ۹-۷

■ ثابت زمانی شارژ خازن را از رابطه‌ی زیر محاسبه ومقدار آن را یادداشت کنید.

$$\tau = RC = ۱M\Omega \times ۱۰\mu F = ۱۰S$$

■ منبع تغذیه را قبل از اتصال به مدار روی ۱۰ ولت تنظیم کنید و رنج کلید ولت‌متر را نیز روی ۱۰V قرار دهید.

■ کرونومتر را آماده کنید.

■ منبع تغذیه را در حالی که خاموش است به مدار وصل

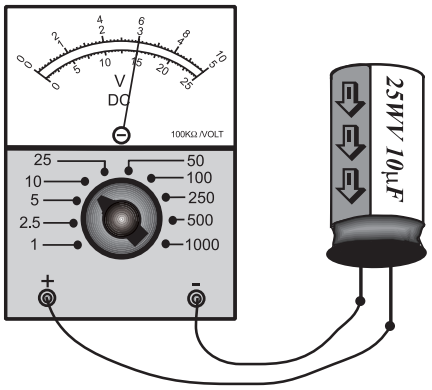
کنید.

■ هم‌زمان با روشن کردن منبع تغذیه، کرونومتر را فعال کنید تا زمان شارژ اندازه گیری شود.

■ به محض اینکــه کرونومتر ۱۰ ثانیه (یک ثابت زمانی) را نشــان داد، بلافاصله منبع تغذیه را خاموش کنید و خازن را از مدار جدا نمایید.

■ مطابق شــکل ۱۰-۷ ولتاژ دو ســر خازن را با ولت متر اندازه‌بگیرید و یادداشت کنید.

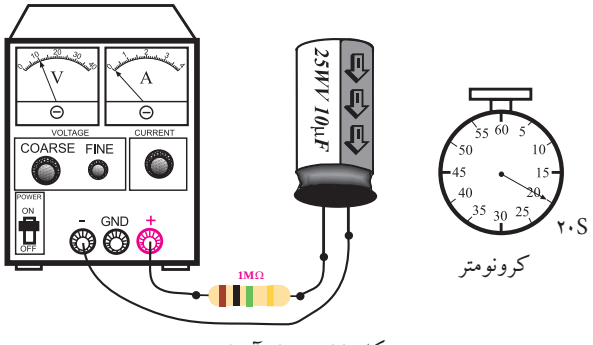
$T_۱=۱۰S \qquad V_c= \ldots\ldots\ldots V$



شکل ۱۰-۷ اندازه گیری ولتاژ خازن

■ دوباره دو سر خازن را برای یک لحظه به کمک یک مقاومت ۱۰Ω اتصال کوتاه کنید تا کاملاً دشارژ شود.

■ مدار شکل ۱۱-۷ را دوباره با خازن کاملا دشارژ شده ببندید.



کرونومتر

شکل ۱۱-۷ مدار آزمایش

■ منبــع تغذیه را دقیقا روی ۱۰ ولت تنظیم کنید و آن را خاموش نمایید.

■ کرونومتــر را صفر کنید. مدار را بــه منبع تغذیه وصل کنید. به طور همزمان منبع تغذیه و کرونومتر را فعال کنید.

■ بعــد از ۲۰ ثانیه (دو ثابت زمانــی) بلافاصله منبع تغذیه را خاموش کنید.

■ خــازن را از مدار جــدا کنید و ولتاژ دو ســر آن را با ولت‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$T_۲=۲۰S \qquad V_c= \ldots\ldots\ldots V$

■ مراحل فــوق را بــرای ۳۰، ۴۰ و ۵۰ ثانیه تکرار کنید. هر بار پس از اندازه‌گیری ولتاژ دو سر خازن، خازن را دشارژ کنید.

مقادیر اندازه‌گیری شده را یادداشت کنید.

$T_۳=۳۰S \qquad V_C= \ldots\ldots\ldots V$

$T_۴=۴۰S \qquad V_C= \ldots\ldots\ldots V$

$T_۵=۵۰S \qquad V_C= \ldots\ldots\ldots V$

سؤال ۱: آیــا مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیری که قبلاً به‌صورت تئوری خوانده‌اید تطبیق دارد؟ توضیح دهید.

نکته‌ی مهم:

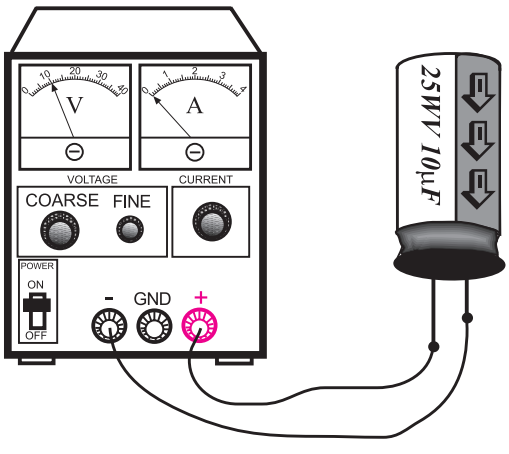
معمولاً مقدار اندازه‌گیری شده با مقدار محاسبه شده قدری تفاوت دارد که مربوط به خطاهای ناشی از اندازه گیری است. ولی در هر صورت باید نتایج تقریبی قابل قبولی به دست آید. در صورت نیاز آزمایش را تکرار کنید.

ب– اندازه‌گیری ثابت زمانی مدار RC سری در حالت دشارژ

- ابتدا وسایل مورد نیاز را آماده کنید.
- منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید و آن را خاموش نمایید.
- خازن را مطابق شکل ۱۲–۷ به منبع تغذیه وصل کنید.

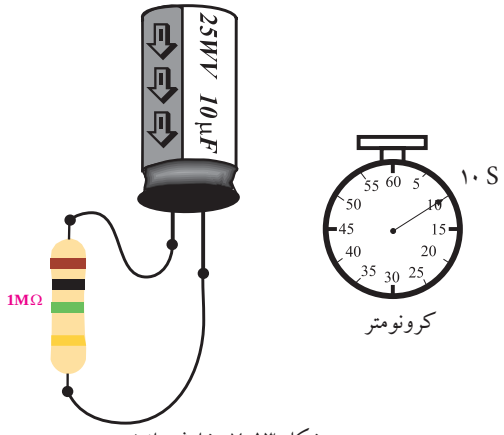
توجه

در هنگام وصل خازن به منبع تغذیه حتماً قطب مثبت خازن را به قطب مثبت منبع تغذیه و قطب منفی آن را به قطب منفی منبع تغذیه وصل کنید



شکل ۱۲–۷ شارژ خازن

- منبع تغذیه را روشن کنید. کمی صبر نمایید سپس آن را خاموش کنید و خازن را از منبع تغذیه جدا کنید.
- کرونومتر را صفر کنید و آماده نگه‌دارید.
- با استفاده از خازن شارژ شده در مرحله‌ی قبل مدار شکل ۱۳–۷ را ببندید. به محض اتصال، کرونومتر را فعال کنید تا زمان را محاسبه کند.

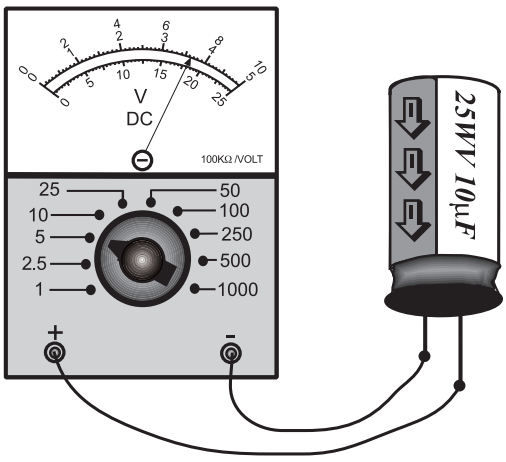


کرونومتر

شکل ۱۳–۷ دشارژ خازن

- پس از ۱۰ ثانیه مقاومت را از خازن جدا کنید.
- ولتاژ دو سر خازن را مطابق شکل ۱۴–۷ با ولت‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$V_C = ...V$



شکل ۱۴–۷ اندازه‌گیری ولتاژ خازن

■ منبع تغذیه را دوباره روی ۱۰ ولت تنظیم کنید.

■ خازن را با رعایت قطب مثبت و منفی مانند شکل ۱۲-۷ به منبع تغذیه وصل کنید و صبر کنید تا به طور کامل ($10V$) شارژ (پر) شود.

■ خازن را از منبع تغذیه جدا کنید و کرونومتر را صفر و آماده نمایید.

■ مقاومت $1M\Omega$ را با خازن مانند شکل ۱۳-۷ موازی کنید و به‌طور همزمان کرونومتر را فعال کنید تا زمان را محاسبه کند.

■ پس از ۲۰ ثانیه (دو ثابت زمانی) خازن را از مدار جدا کنید و ولتاژ دو سر آن را مانند شکل ۱۴-۷ اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$T_۲=۲۰S \quad V_C= \ldots\ldots\ldots V$

■ اندازه‌گیری‌های فوق را برای زمان‌های ۳۰، ۴۰ و ۵۰ ثانیه تکرار کنید و مقادیر را یادداشت نمایید.

$T_۳=۳۰S \quad V_C= \ldots\ldots\ldots V$

$T_۴=۴۰S \quad V_C= \ldots\ldots\ldots V$

$T_۵=۵۰S \quad V_C= \ldots\ldots\ldots V$

سؤال ۲: آیا کاهش مقدار ولتاژ دو سر خازن (دشارژ) با مقادیر موجود در منحنی دشارژ که قبلاً به صورت تئوری خوانده‌اید انطباق دارد؟ توضیح دهید.

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت‌های قبل مراجعه کنید و مطالب را مجدداً مرور نمایید.

توجه

ممکن است مقادیر اندازه‌گیری شده و مقادیر روی منحنی کمی تفاوت داشته باشند. این تفاوت به دلیل خطاهای ناشی از اندازه‌گیری است. در هر صورت باید نتایج تقریبی قابل قبولی به دست آید.

۴-۶-۷ نتایج آزمایش:

نتایج حاصل از آزمایش‌های الف و ب را در چند جمله بیان کنید.

الف .....

ب .....

۷-۷ عوامل مؤثر در ظرفیت خازن

ظرفیت خازن به عوامل فیزیکی زیر بستگی دارد.

الف- سطح صفحات خازن (A)

ب- فاصله‌ی بین صفحات خازن(d)

ج- ماده‌ی عایق یا دی‌الکتریک(K)

ظرفیت خازن خاصیتی است که از مشخصات فیزیکی

خازن تبعیت می‌کند. بدین‌معنی که ظرفیت خازن با سطح صفحات خازن نسبت مستقیم و با فاصله‌ی بین دو صفحه نسبت عکس دارد. هم‌چنین جنس عایق بین صفحات خازن نیز در مقدار ظرفیت آن مؤثر است.

رابطه‌ی زیر اثر عوامل فیزیکی روی ظرفیت خازن را نشان می‌دهد.

$$C = K\frac{A}{d}$$

سطح صفحات خازن

فاصله بین دو صفحه

ضریب مرتبط با جنس عایق بین صفحات

با توجه به رابطه‌ی بالا، هر قدر سطح صفحات بزرگ‌تر و فاصله‌ی بین دو صفحه کم‌تر باشد، ظرفیت خازن بیشتر است و می‌تواند انرژی بیش‌تری را در خود ذخیره کند. هم‌چنین جنس عایق نیز در میزان شارژ خازن دخالت دارد.

۷–۸ انواع خازن‌ها

با توجه به موارد کاربرد، خازن‌ها را با شکل‌های فیزیکی متنوع، ظرفیت‌ها و مشخصات مختلف می سازند که در ادامه به بعضی از آن‌ها اشاره می کنیم.

به طور کلی خازن‌ها را به دو دسته‌ی کلی تقسیم می‌کنند.

- خازن‌های ثابت
- خازن‌های متغیر

۷–۸–۱ خازن‌های ثابت

ظرفیت این خازن‌ها ثابت است و نمی‌توان مقدار آن‌ها را تغییر داد. این نوع خازن‌ها بر اساس جنس ماده‌ی دی‌الکتریک نام‌گذاری می شوند.

از انواع خازن‌های ثابت می‌توان خازن‌های کاغذی، سرامیکی، میکا و الکترولیتی را نام برد.

در شکل ۷–۱۵ چند نمونه خازن ثابت را مشاهده می‌کنید.

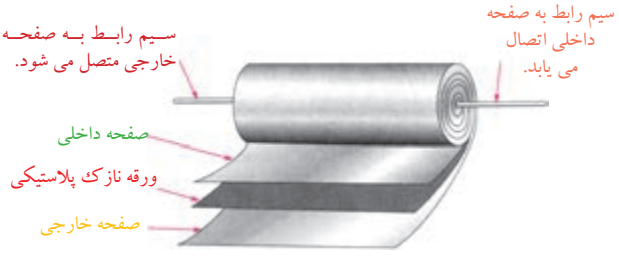
شکل ۷–۱۵ شکل ظاهری چند نمونه خازن

در ادامه به بررسی و تشریح چند نمونه خازن می‌پردازیم.

الف– خازن کاغذی

عایق این نوع خازن از کاغذ است. کاغذ به عنوان عایق بین دو هادی که معمولا از جنس آلومینیوم است قرار می‌گیرد و مانند شکل ۷–۱۶ –الف مجموعه را به صورت لوله می‌پیچند.

در شکل ۷–۱۶–ب شکل ظاهری خازن کاغذی نشان داده شده است.



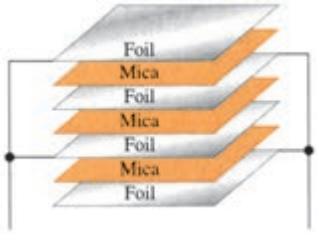
الف– ساختمان داخلی

ب– شکل ظاهری

شکل ۷–۱۶ خازن کاغذی

ب– خازن میکا (Mica)

میـکا یک نوع ماده‌ی معدنی اسـت که در زمین به مقدار زیـاد یافت می‌شـود. در خازن بـا عایق میـکا، از ورقه‌های نازک "میکا" به عنوان عایـق و از ورقه‌های نازک "روی" به عنوان جوشن اسـتفاده می‌کنند. این خازن بسیار دقیق است و کم‌تر تحت تأثیر حرارت قرار می‌گیرد لذا از آن در سـاختن مدارهای دقیق استفاده می‌کنند. شکل ۱۷–۷ ساختمان داخلی و شکل ظاهری خازن میکا را نشان می‌دهد.

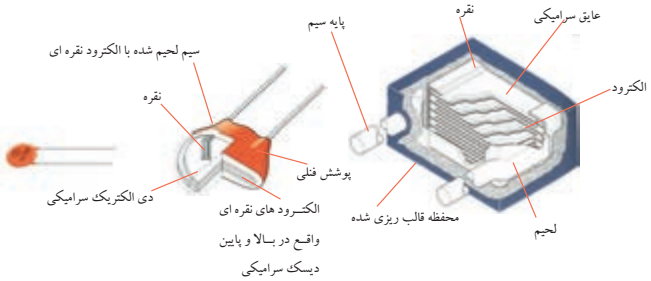


الف) شکل ظاهری خازن میکا ب)ساختمان داخلی خازن میکا

شکل ۱۷–۷ خازن میکا

ج– خازن سرامیکی

در خـازن سـرامیکی مطابق شـکل ۱۸–۷، از یک قرص سـرامیک به‌عنوان ماده‌ی عایق اسـتفاده شـده اسـت. شکل ظاهری ایـن خازن‌ها گرد و کوچک اسـت. به همین جهت به‌آن خازن عدسـی نیز می‌گویند. ظرفیت این خازن‌ها بسـیار کم و در حدود nF (نانو فاراد) اسـت. شـکل ۱۸–۷ شـکل ظاهری و سـاختمان داخلی ۲ نمونه خازن سـرامیکی را نشان می‌دهد.

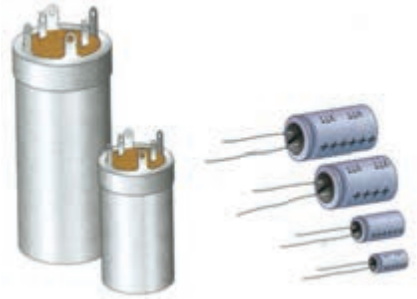


شکل ۱۸–۷ خازن سرامیکی

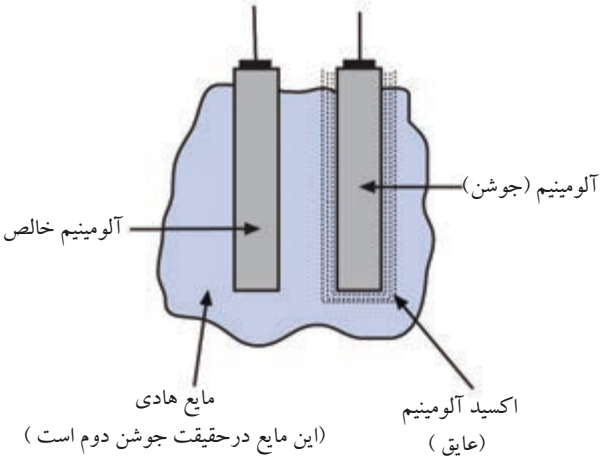
د– خازن‌های الکترولیتی

خازن‌هـای الکترولیتی به خاطر سـاختمان مخصوصی که دارند، دارای ظرفیت زیادی هسـتند. یکی از جوشن‌های این خازن صفحه‌ی نازکی از آلومینیوم اسـت که بر روی آن قشر بسیار نازکی از اکسیدآلومینیوم قرار می‌گیرد.

جوشـن دیگر این خازن یک صفحه‌ی آلومینیوم خالص اسـت که همـراه با مایع هادی اطراف دو جوشـن، تشـکیل جوشن دوم را می‌دهند. شکل ۱۹–۷ شکل ظاهری و ساختمان داخلی این خازن را نشان می‌دهد.



الف) شکل ظاهری خازن الکترولیتی



ب) ساختمان داخلی خازن الکتریکی

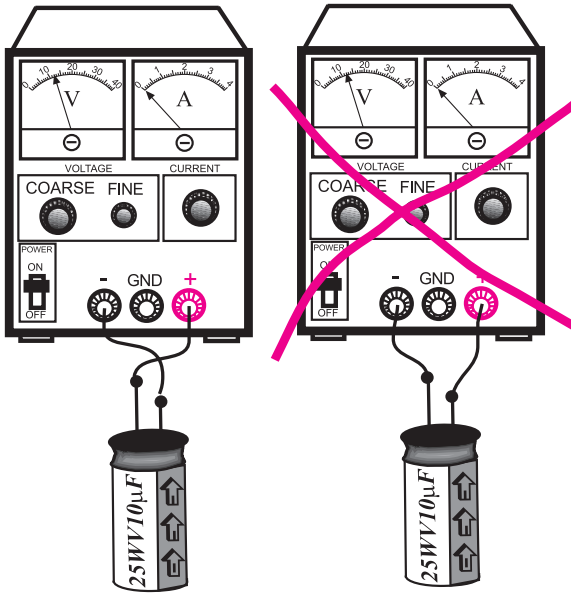
شکل ۱۹–۷ خازن الکترولیتی

ظرفیت خازن الکترولیتی شدیداً تابع حرارت است و عموماً با زیاد شدن درجه‌ی حرارت ظرفیت آن زیاد می شود.

عمر این خازن نسـبتاً کوتاه اسـت، زیرا پس از گذشـت

چندیـن سـال، مایع الکترولیت آن خشـک شـده و ظرفیت آن کاهـش می‌یابـد. یکی از علـل ایجاد عیب در دسـتگاه الکترونیکی تغییر ظرفیت این خازن در طی زمان می‌باشد.

کاربرد عمده‌ی این خازن در محل‌هایی است که ظرفیت زیـاد و حجم کم مطرح باشـد. ایـن خازن‌هـا را «خازن‌های قطب‌بنـدی» شـده نیز می‌نامنـد. همانند شـکل ۲۰-۷ هنگام کاربرد این خـازن حتماً باید قطب مثبت منبـع ولتاژ به قطب مثبت خازن و قطب منفی منبع ولتاژ به قطب منفی خازن وصل شود در غیر این صورت خازن به سرعت معیوب می‌شود.

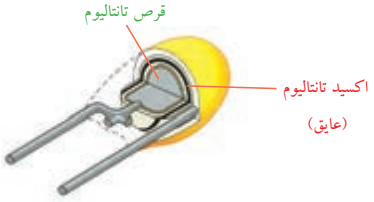


الف- اتصال غلط خازن به منبع ولتاژ DC

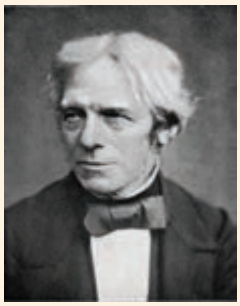
ب- اتصال صحیح خازن به منبع ولتاژ DC

شکل ۲۰-۷ اتصال خازن به منبع ولتاژ DC

در نوع دیگری از خازن الکترولیتی به جای آلومینیوم از فلز تانتالیوم استفاده می‌شود. زیاد بودن ثابت دی‌الکتریک اکسید تانتالیوم نسـبت به اکسیدآلومینیوم سـبب می شود خازن‌های تانتالیومی نسـبت به نوع آلومینیومی در حجم مسـاوی دارای ظرفیت بیش‌تری باشند. شـکل ۲۱-۷ ساختمان داخلی خازن تانتالیوم را نشان می‌دهد.



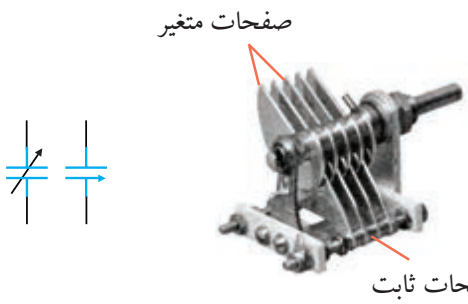
شکل ۲۱-۷ خازن تانتالیوم



میشل فارادی (۱۷۹۱-۱۸۶۷) شیمیدان و فیزیکدان انگلیسی که ظرفیت خـازن بنام او ثبت شـده است.

۲-۸-۷ خازن‌های متغیر

خازن‌هـای متغیر به خازن‌هایی گفته می شـود که دارای ظرفیت ثابت نیسـتند. در این نوع خازن ها عایق بین دو هادی هـوا اسـت. شـکل ۲۲-۷ نمونه‌ای از خـازن با عایـق هوا را نشـان می دهد. این خازن از نوع ظرفیت متغیر اسـت. ساختن ظرفیت‌هـای خیلی بالا از این نوع خازن غیر ممکن اسـت. از این نوع خازن بیشـتر به عنوان خـازن متغیر در فرکانس های بالا و در گیرنده‌های رادیویی استفاده می شود. در خازن‌های متغیـر با تغییر سـطح موثر بین صفحـات (A) می‌توان مقدار ظرفیت خازن را تغییر داد.

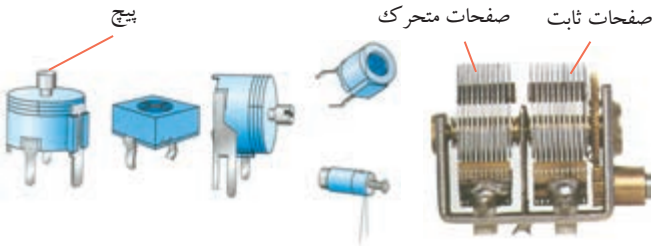


الف)شکل ظاهری خازن متغیر

ب) علامت قرار دادی خازن متغیر

شکل ۲۲-۷ خازن متغیر

این خازن ها در دو شکل «خازن واریابل» یا «تریمر» مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل ۲۳-۷ خازن‌های واریابل و تریمر را نشان می‌دهد. ظرفیت خازن واریابل با کمک دست یا با چرخاندن محور تغییر می‌کند، ولی ظرفیت خازن تریمر با چرخاندن پیچ آن به‌وسیله‌ی پیچ گوشتی تغییر می‌کند.

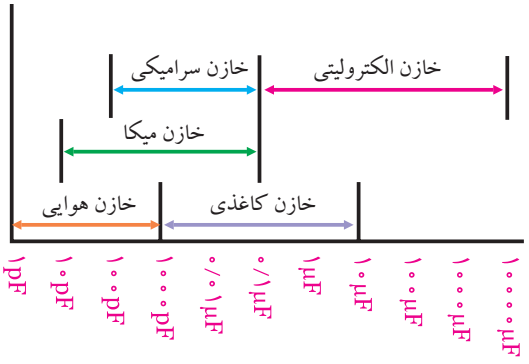


ب- خازن‌های تریمر

الف- خازن واریابل

شکل ۲۳-۷ خازن‌های واریابل و تریمر

نمودار شکل ۲۴-۷ ظرفیت خازن‌های مختلف را به طور تقریبی نشان می‌دهد. برای مثال خازن‌های میکا را از ظرفیت ۱۰PF الی ۰/۱ میکروفاراد می‌سازند و یا حداقل ظرفیت یک خازن الکترولیتی ۰/۱ میکروفاراد است.



شکل ۲۴-۷ نمودار ظرفیت خازن‌های مختلف

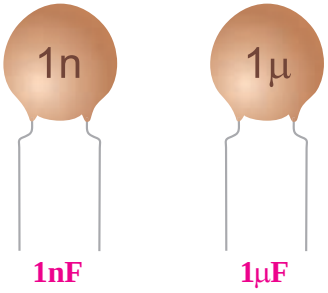
معمولا ظرفیت هر خازن و همچنین حداکثر ولتاژ مجاز آن را بر روی بدنه ی خازن می‌نویسند. اگر خازن قطبی باشد (مانند خازن‌های الکترولیتی)، روی بدنه‌ی منتهی به پایه‌های خازن، قطب‌های ولتاژ (+ یا -) را نیز مشخص می‌کنند. در شکل ۲۵-۷ خازن غیر قطبی و ظرفیت آن ۰/۱ میکروفاراد و ولتاژ کار آن ۱۰۰ ولت است.

شکل ۲۵-۷ مشخصات روی خازن

۹-۷ تشخیص مقدار ظرفیت از روی رمز عددی

در بعضی موارد مقدار عدد مربوط به ظرفیت خازن و واحد آن عیناً بر روی بدنه‌ی خازن نوشته می شود. در این شرایط هیچ ابهامی برای خواندن مقدار ظرفیت وجود ندارد.

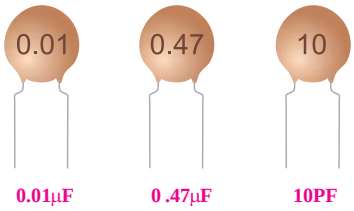
در شکل ۲۶-۷ دو نمونه خازن نشان داده شده است.



شکل ۲۶-۷ دو نمونه خازن

در بسیاری از موارد، واحد ظرفیت بر روی بدنه‌ی خازن نوشته نمی‌شود. در این صورت چنان‌چه عدد مزبور کوچک‌تر از یک باشد ظرفیت خازن بر حسب میکروفاراد و چنان‌چه عدد نوشته شده بر روی خازن بزرگتر از یک باشد، ظرفیت بر حسب پیکو فاراد است.

در شکل ۲۷-۷ چند نمونه خازن نشان داده شده است.

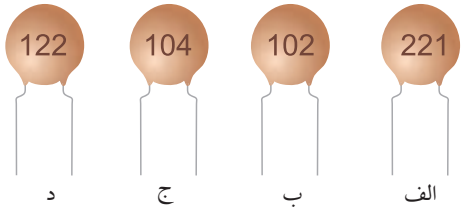


شکل ۲۷-۷ چند نمونه خازن

در حالتی که عدد ظرفیت بزرگتر از یک باشد، معمولاً عدد ظرفیت به صورت یک عدد سه رقمی مشخص می‌شود. این موضوع در مورد خازن‌های سرامیکی عدسی که دارای ظرفیت ۱۰۰PF به بالا هستند صدق می‌کند.

در عدد سه رقمی نوشته شده معمولاً دو عدد اول، نشان‌دهنده‌ی "رقم اول" و "رقم دوم" است و عدد سوم «ضریب» یعنی تعداد صفر را مشخص می‌کند. عدد به دست آمده‌ی نهایی، مقدار ظرفیت را بر حسب پیکوفاراد تعیین می‌کند.

مثال ۳: ظرفیت خازن‌های شکل ۲۸-۷ را محاسبه نمایید.



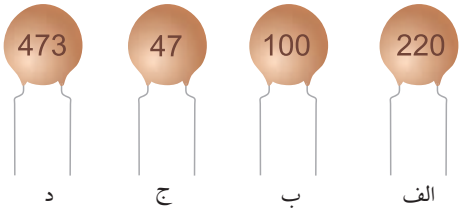
شکل ۲۸-۷

حل:

دو رقم اول
عدد سوم=تعداد صفرها نشان دهنده دو عدد اول

۲۲۱ ⇒ ۲۲۰PF
۱۰۲ ⇒ ۱۰۰۰PF
۱۰۴ ⇒ ۱۰۰۰۰۰PF
۱۲۲ ⇒ ۱۲۰۰PF

تمرین کلاسی ۱: ظرفیت خازن‌های شکل ۲۹-۷ را محاسبه کنید.



شکل ۲۹-۷

۷-۱۰ مشخصات خازن

قبل از انتخاب یک خازن لازم است به مشخصه‌های مربوط به خازن توجه کنیم. پاره‌ای از مشخصه های خازن به شرح زیر است:

۷-۱۰-۱ ظرفیت خازن

ظرفیت خازن مقدار گنجایش بار الکتریکی در خازن را نشان می‌دهد. که در مباحث قبلی به آن اشاره شده است.

۷-۱۰-۲ تولرانس یا درصد خطا

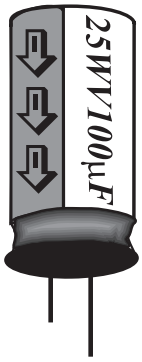
مقدار واقعی ظرفیت یک خازن در عمل با مقداری که توسط کارخانه‌ی سازنده قید می شود اختلاف دارد. این اختلاف را **تولرانس** یا درصد خطا می‌نامند و آن را بر حسب

درصد بیان می‌کنند.

۳-۱۰-۷ ولتاژ مجاز خازن

بـه حداکثـر ولتـاژی که می‌تـوان به یک خـازن اعمال کـرد به طـوری که خـازن بتوانـد آن ولتـاژ را تحمل کند، ولتـاژ مجـاز خـازن گفته می شـود. ولتـاژ مجاز خـازن را **ولتاژ کار** نیز می‌نامند.

مثال ٤: در شکل ۳۰-۷ ولتاژ مجاز خازن چقدر است؟



شکل ۳۰-۷ ولتاژ مجاز خازن

حل:

ولت ۲۵ = ولتاژ کار = ولتاژ مجاز

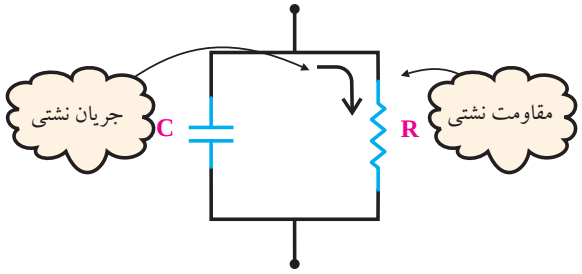
ولت ۲۵ = ولتاژ مجاز

۴-۱۰-۷ ضریب حرارتی خازن

به حداکثـر میزان تغییر ظرفیت خازن بـه ازای تغییر یک درجه حرارت ضریب حرارتی می‌گویند.

۵-۱۰-۷ نشت خازن

همـه‌ی خازن‌ها دارای مقداری نشـتی هسـتند. اگر یک خازن ایده‌آل را شـارژ کنیم و از مدار جدا کنیم باید ولتاژ دو سـر خازن برای همیشه حفظ شود، ولی در عمل خازن پس از مدتی ولتاژ خود را از دسـت می‌دهد. علت این پدیده ایده‌آل نبودن عایق بین صفحات خازن اسـت. بـرای توجیه پدیده‌ی نشـتی در خازن می‌توان مانند شـکل ۳۱-۷ مقاومتی را به نام مقاومت نشـتی، به صـورت موازی با خـازن در نظر گرفت. در مورد خازن‌های کاغذی، میکا و سـرامیک مقاومت نشتی خیلی زیاد بوده، در نتیجه جریان نشتی خیلی کم است.



شکل ۳۱-۷ خازن و مقاومت نشتی آن

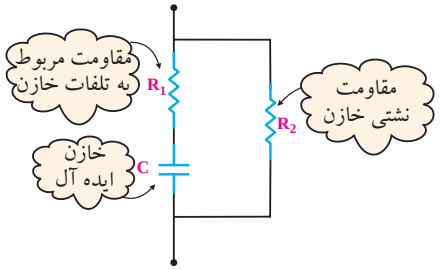
توجه

مقاومـت نشـتی بـه صـورت یـک مقاومت مسـتقل عملا وجود نـدارد. ایـن مقاومـت درون عایق خازن نهفته اسـت. در این قسـمت فقط بـرای توجیه پدیده ی نشـتی خازن، مقاومـت R را قرار داده‌ایم.

۶-۱۰-۷ تلفات در خازن

معمولا یک خازن در زمان تخلیه، مقدار کل انرژی ذخیره شده در صفحات را پس نمی‌دهد.

بـرای توجیه ایـن پدیده، مقاومتی را به صورت سـری با خازن در نظر می‌گیریم. در حقیقت این مقاومت مانند مصرف کننـده‌ای عمل می‌کند که مقداری از انرژی ذخیره شـده در خازن را مصرف می‌کند. در شـکل ۳۲-۷ مقاومت نشـتی و مقاومت مربوط به تلفات خازن نشان داده شده است.



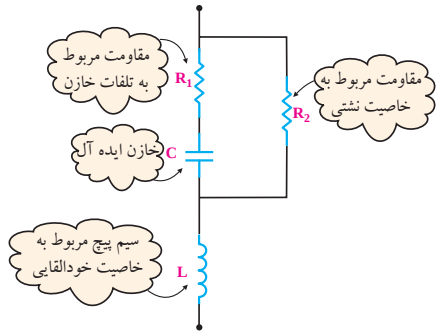
شکل ۳۲-۷ مقاومت‌های نشتی و تلفات خازن

۷-۱۰ ضریب خودالقایی خازن

خازن‌هـای ورقه‌ای دارای مقـداری خاصیت خود القایی هستند که در فرکانس‌های بالا می‌تواند مشکل آفرین باشد.

برای توجیه این پدیده سـیم پیچی با خازن سری می کنند، شکل ۳۳-۷.

لازم به توضیح است که سیم‌پیچ مورد نظر به‌طور مسـتقل در خازن وجود ندارد و فقط برای توجیه خاصیت خودالقایی در مدار قرار داده شده است.



شکل ۳۳-۷ خاصیت خود القایی در خازن

توجه

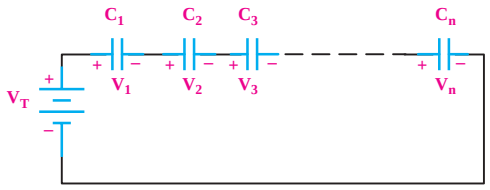
مقاومت نشتی، مقاومت مربوط به تلفات خازن و سیم‌پیچ مربوط به خاصیت خود القایی عملاً به طور مسـتقل در خازن وجـود ندارند و فقط برای توجیه مشـخصات ذکر شده در مدار قرار داده شده است.

۷-۱۱ به هم بستن خازن‌ها

اگـر ظرفیت خازنی مورد نیاز باشـد کـه ظرفیت آن در محدوده‌ی ظرفیت‌های اسـتاندارد نباشـد، می‌تـوان با متصل کردن چند خازن به‌صورت سـری ، موازی یا ترکیبی، خازن مورد نظر را به دست آورد.

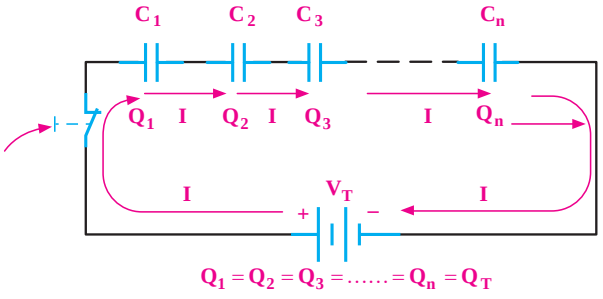
۷-۱۱-۱ اتصال سری خازن‌ها

هرگاه دو یـا چند خازن به صورت متوالـی اتصال یابند، یعنی انتهـای اولی به ابتدای دومی و انتهـای دومی به ابتدای سـومی و این کار تا آخرین خـازن ادامه یابد، این نوع اتصال را «سـری» می‌گویند در شکل ۳۴-۷ اتصال سری n خازن به یک‌دیگر نشان داده شده است.



شکل ۳۴-۷ اتصال سری خازن‌ها

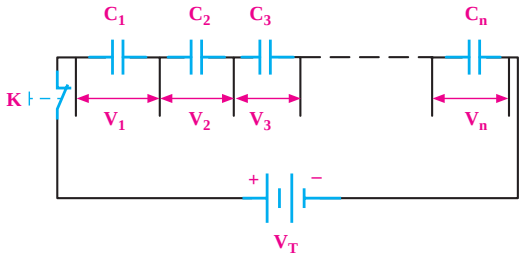
با توجه به اینکه مسـیر عبور جریان در مدار سری یکسان اسـت. لذا جریان عبوری یـا به عبارت دیگر بـار الکتریکی ذخیره شـده (Q) در همه‌ی خازن‌ها یکسـان است. در شکل ۳۵-۷ مسـیر عبور جریان در مدار سـری خازن ها نشان داده شده است.



شکل ۳۵-۷ بار الکتریکی یکسان بر روی خازن‌ها در مدار سری

در مدار سری خازنی نیز مانند سری مقاومتی، ولتاژ منبع بین اجزای مدار تقسیم می شود. مقدار ولتاژ در دو سر هر خازن در مدار سری نسبت معکوس با مقدار ظرفیت خازن دارد، ($V=\frac{Q}{C}$) . به عبارت دیگر، ولتاژ به نسبت عکس مقدار ظرفیت هر خازن بین خازن‌ها تقسیم می شود.

یعنی هر قدر ظرفیت خازنی بیشتر باشد ولتاژ کمتری در دو سر آن افت خواهد کرد. در شکل ۳۶-۷ افت ولتاژ دو سر هر یک از خازن‌ها نشان داده شده است.



$$V_T=V_1+V_2+V_3+...+V_n$$

شکل ۳۶-۷ افت ولتاژ دو سر هر یک از خازن ها در مدار سری

با استفاده از رابطه‌ی $V=\frac{Q}{C}$ و در نظرگرفتن رابطه‌ی تقسیم ولتاژ بین خازن‌های سری می‌توانیم بنویسیم:

$$V_T=V_1+V_2+V_3+...+V_n$$

$$\frac{Q_T}{C_T}=\frac{Q_1}{C_1}+\frac{Q_2}{C_2}+\frac{Q_3}{C_3}+...+\frac{Q_n}{C_n}$$

چون در مدار سری $Q_T=Q_1=Q_2=Q_3=Q_n$ است می‌توان از Q فاکتور گرفت و آن را از طرفین تساوی حذف کرد. بنابراین در مدار سری ظرفیت خازن معادل بر اساس رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

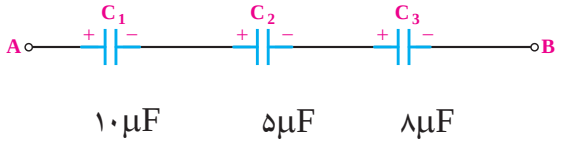
$$\frac{1}{C_T}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+...+\frac{1}{C_n}$$

همان‌طور که از رابطه‌ی نهایی مشخص است،محاسبه ظرفیت خازن معادل در مدارهای سری مانند محاسبه رابطه‌ی مربوط به مقاومت‌های موازی است.

تذکر مهم:

مقدار ظرفیت خازن معادل در اتصال سری، از کوچکترین ظرفیت خازن در مدار کوچکتر است.

مثال ۵: در شکل ۳۷-۷ ظرفیت خازن معادل از دو نقطه‌ی A و B چند میکرو فاراد است؟



شکل ۳۷-۷ محاسبه‌ی ظرفیت معادل

حل:

برای محاسبه‌ی ظرفیت خازن معادل به صورت زیر عمل می کنیم:

$$\frac{1}{C_T}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_T}=\frac{1}{10}+\frac{1}{5}+\frac{1}{8}\Rightarrow\frac{1}{C_T}=\frac{4+8+5}{40}$$

$$\frac{1}{C_T}=\frac{17}{40}\Rightarrow C_T=\frac{40}{17}=2/35\mu F$$

$$C_T=2/35\mu F$$

۲-۱۱-۷ بررسی حالت‌های خاص در مدارهای سری خازنی

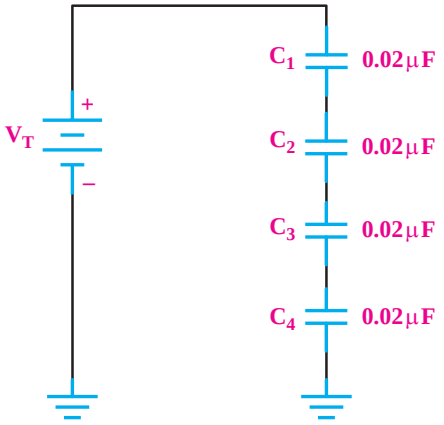
اگر n خازن مساوی به طور سری قرار گیرند ظرفیت خازن معادل از رابطه‌ی زیر محاسبه می شود.

$$C_T=\frac{C}{n}$$

C: ظرفیت یک خازن

n: تعداد خازن ها

مثـــال۶: ظرفیت خـــازن معـــادل در شـــکل ۳۸-۷ چند میکروفاراد است؟



شکل ۳۸-۷ مثال

حل:

چون ظرفیت خازن‌ها مساوی است، می‌توانیم بنویسیم:

$$C_T = \frac{C}{n} = \frac{۰/۰۲\mu F}{۴} = ۰/۰۰۵\mu F = ۵\,nF$$

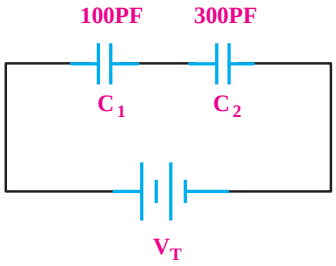
$$C_T = ۵\,nF$$

اگر دو خازن مطابق شـــکل ۳۹-۷ به‌طور سری بسته‌شوند می‌توانیم از رابطه‌ی ساده شده‌ی زیر استفاده کنیم.

شکل ۳۹-۷ دو خازن سری

$$C_T = \frac{C_۱ \times C_۲}{C_۱ + C_۲}$$

مثال۷: ظرفیت خازن معادل شکل ۴۰-۷ چند پیکو فاراد است؟



شکل ۴۰-۷ ظرفیت خازن معادل

راه حل اول:

$$\frac{۱}{C_T} = \frac{۱}{C_۱} + \frac{۱}{C_۲} \Rightarrow \frac{۱}{C_T} = \frac{۱}{۱۰۰} + \frac{۱}{۳۰۰} = \frac{۳+۱}{۳۰۰} = \frac{۴}{۳۰۰}$$

$$C_T = ۷۵\,PF$$

راه حل دوم:

با اســـتفاده از رابطه‌ی ساده‌ی زیر می‌توانیم ظرفیت معادل را محاسبه کنیم:

$$C_T = \frac{C_۱ \times C_۲}{C_۱ + C_۲} = \frac{۱۰۰ \times ۳۰۰}{۱۰۰ + ۳۰۰}$$

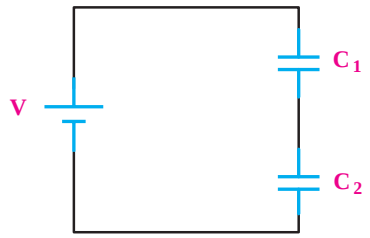
$$C_T = ۷۵\,PF$$

۳-۱۱-۷ تقسیم ولتاژ خازنی

هرگاه دو خازن مانند شـــکل ۴۱-۷ به صورت سری قرار گیرد مقدار ولتاژ دو ســـر هر یک از خازن‌هـــا را می‌توانیم از روابط زیر محاسبه کنیم.

$$V_{C_۱} = V\frac{C_۲}{C_۱ + C_۲}$$

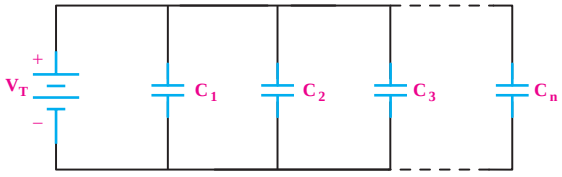
$$V_{C_۲} = V\frac{C_۱}{C_۱ + C_۲}$$



شکل ۴۱-۷ خازن‌های سری

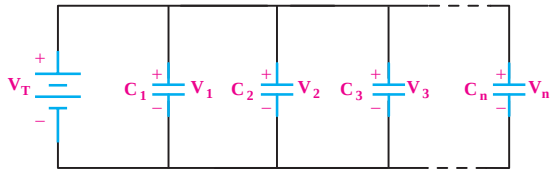
۴-۱۱-۷ اتصال موازی خازن‌ها

هرگاه دو یا n خازن به صورت شکل ۴۲-۷ به یکدیگر وصل شوند، این اتصال را «موازی» می‌گویند. اتصال موازی خازن‌ها نیز مشابه اتصال موازی مقاومت‌ها است.



شکل ۴۲-۷ اتصال موازی خازن‌ها

همان‌گونه که در مدارهای مقاومتی موازی بیان شد و در شکل ۴۳-۷ نیز مشاهده می شود در مدارهای موازی ولتاژ در دو سر تمام عناصر مساوی است. بنابراین برای مدارهای خازنی موازی نیز می‌توانیم بنویسیم:

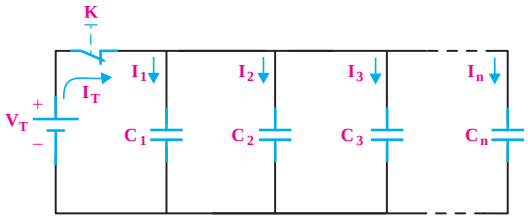


شکل ۴۳-۷ یکسان بودن ولتاژ در مدارهای موازی

$$V_T=V_1=V_2=V_3=...=V_n$$

در مدارموازی شکل ۴۴-۷ جریان یا به عبارت دیگر بار الکتریکی Q به نسبت ظرفیت خازن‌ها در بین شاخه‌ها تقسیم می‌شود بنابراین رابطه‌ی زیر در مدار موازی خازن‌ها صدق خواهد کرد.

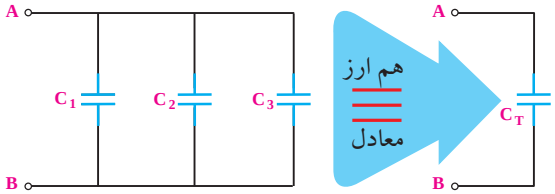
$$Q_T=Q_1+Q_2+Q_3+...+Q_n$$



شکل ۴۴-۷ جریان در مدار موازی

۵-۱۱-۷ ظرفیت خازن معادل مدار

خازنی را که می‌تواند جایگزین تمام خازن های موجود در مدار باشد، خازن معادل می گویند. در شکل ۴۵-۷ خازن معادل نشان داده شده است.



شکل ۴۵-۷ خازن معادل

مقدار ظرفیت خازن معادل از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است:

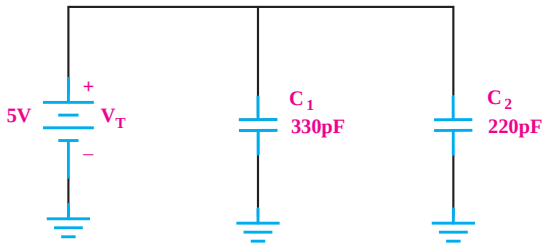
$$C_T=C_1+C_2+C_3+....+C_n$$

تحقیق کنید:

با توجه به روابط مربوط به خازن‌های موازی درستی رابطه‌ی $C_T=C_1+C_2+C_3+....+C_n$ را تحقیق کنید.

تذکر مهم: مقدار ظرفیت خازن معادل در مدار موازی از ظرفیت هر یک از خازن‌های موجود در مدار بیشتر است.

مثال ۸: ظرفیت خازن معادل مدار شکل ۴۶-۷ چند پیکوفاراد است؟



شکل ۴۶-۷ به دست آوردن ظرفیت معادل در مدار موازی

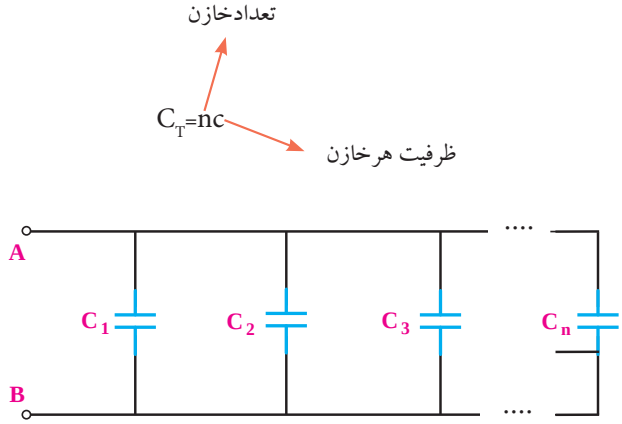
حل:

$$C_T=C_1+C_2=330\,PF+220\,PF=550\,PF$$

$$C_T=550\,PF$$

۶-۱۱-۷ بررسی حالت خاص در مدارهای موازی

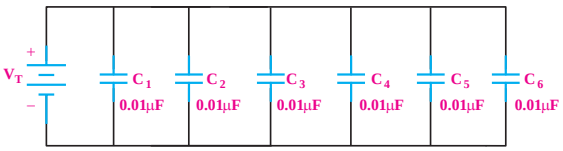
هر گاه n خازن مساوی به صورت موازی اتصال یابند، مطابق شکل ۴۷-۷ ظرفیت خازن معادل از رابطه‌ی زیر به‌دست آورید.



$$C_1=C_2=C_3=\ldots=C_n$$

شکل ۴۷-۷

مثال ۹: ظرفیت خازن معادل در شکل ۴۸-۷ چند میکروفاراد است؟



شکل ۴۸-۷ محاسبه‌ی ظرفیت معادل

حل:

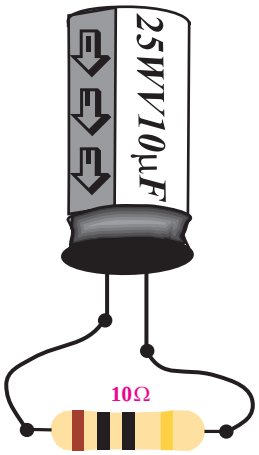
چون خازن‌ها موازی شده مساوی هستند از رابطه‌ی $C_T=nC$ استفاده می کنیم:

$$C_T=nC=(6)(0/01\,\mu F)=0/06\,\mu F$$

$$C_T=0/06\,\mu F$$

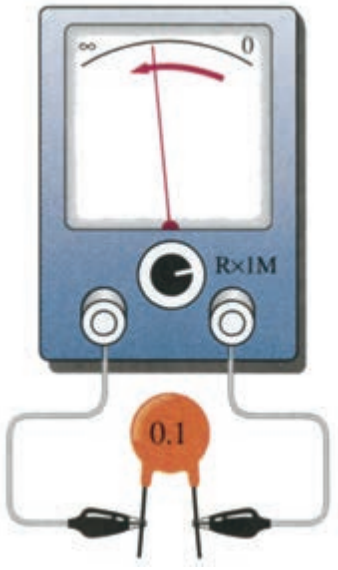
۱۲-۷ روش آزمایش سلامت خازن با اهم‌متر عقربه‌ای

با استفاده از اهم‌متر عقربه ای تا حدودی می‌توان به سالم یا معیوب بودن خازن پی برد. برای این کار مطابق شکل ۴۹-۷ ابتدا پایه های خازن را توسط مقاومت ۱۰ اهمی به هم اتصال کوتاه کنید تا خازن در صورت شارژ احتمالی کاملا دشارژ شود.



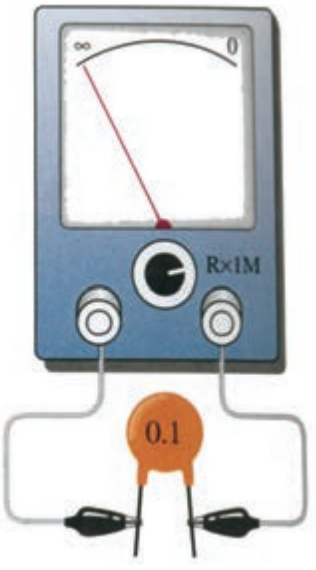
شکل ۴۹-۷ نحوه‌ی تخلیه‌ی خازن

مطابق شکل ۵۰-۷ رنج کلید سلکتور اهم‌متر را در حالت ×۱ قرار دهید و خازن را به آن وصل کنید. اگر خازن سالم باشد عقربه‌ی اهم‌متر ابتدا مقداری منحرف می‌شود و سپس برمی‌گردد و در مکان اولیه‌ی خود قرار می‌گیرد.



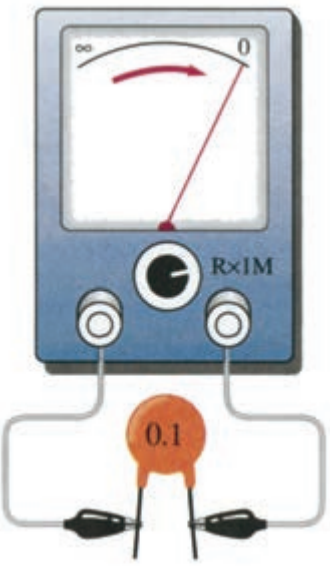
شکل ۵۰-۷ خازن سالم

مطابق شکل ۵۱-۷اگر عقربه کوچکترین انحرافی نداشت به احتمال زیاد خازن قطع شده و معیوب است.



شکل ۵۱-۷ خازن قطع است

در صورتی که مانند شکل ۵۲-۷عقربه حرکت کرد و روی عدد صفر یا یک عدد ثابتی ایستاد در این حالت حتماً خازن اتصال کوتاه شده و معیوب است.



شکل ۵۲-۷ خازن اتصال کوتاه

نکته‌ی مهم:

گاهی ممکن است خازن در تست اهمی سالم نشان دهد.(عقربه‌ی اهم‌متر حرکت کند و باز گردد) ولی عملاً نشتی داشته باشد و هنگام کار درست جواب ندهد. در این حالت برای اطمینان از سلامت خازن از روش جایگزینی استفاده کنید.

۷-۱۳ نحوه‌ی اندازه‌گیری ظرفیت خازن با دستگاه اندازه‌گیری LCR متر

به طور کلی هنگامی که خازنی ساخته می‌شود بر روی بدنه ی خازن، ظرفیت و ولتاژ مجاز آن را می‌نویسند. همچنین ظرفیت خازن را با کدهای رنگی مشخص می‌کنند. ولتاژ کار مجاز خازن‌ها (Working Voltage) معمولاً ۱۰، ۱۶، ۲۵، ۳۵، ۵۰، ۶۳ و ۱۰۰ ولت است. حال اگر ظرفیت خازن به هر دلیلی معلوم نباشد یا روی بدنه‌ی آن پاک شده باشد می‌توان با استفاده از یک دستگاه LCR متر یا دستگاه اندازه‌گیر ظرفیت خازن (به آن فارادمتر نیز گفته می‌شود) ظرفیت خازن مجهول

را انـدازه گرفت. برای این منظور ابتدا دو سـر خازنی را که قرار است ظرفیت آن را اندازه بگیریم اتصال کوتاه می کنیم تا چنان‌چه خازن قبلا شـارژ شده باشد دشارژ شود. سپس آن را به دسـتگاه LCR متر یا خازن سنج وصل می کنیم تا دستگاه مقدار ظرفیت را اندازه بگیرد. شکل ۵۳-۷ چند نمونه دستگاه LCR متر را نشان می‌دهد.

شکل ۵۳-۷ نمونه‌هایی از LCR متر

۱۴-۷ آزمایش شماره‌ی (۲)

زمان اجرا: ۱ساعت آموزشی

۱-۱۴-۷ هدف آزمایش:

آزمایش سلامت خازن و تعیین ظرفیت آن

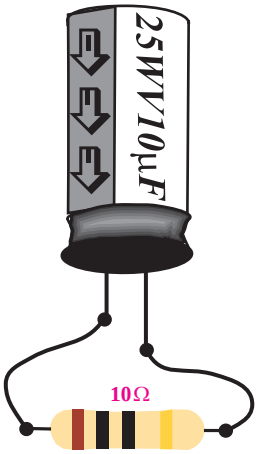
۲-۱۴-۷ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	مولتی متر عقربه ای	یک دستگاه
۲	خازن در انواع و مقادیر مختلف	از هرکدام یک عدد
۳	مقاومت ۱۰Ω	یک عدد
۴	خازن سـنج یا مولتی متر با قابلیت اندازه گیری ظرفیت خازن	یک دستگاه
۵	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۳-۱۴-۷ مراحل اجرای آزمایش

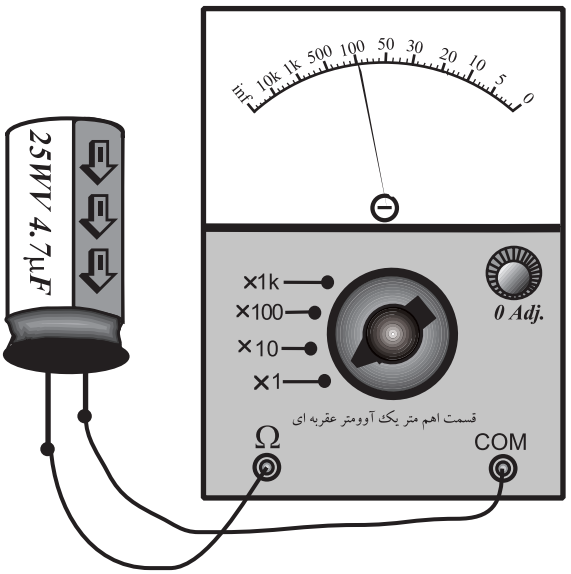
الف- بررسـی سـالم یا معیوب بودن خازن توسط اهم‌متر عقربه‌ای

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید.
- مانند شکل ۵۴-۷ خازن را توسط یک مقاومت ۱۰Ω تخلیه کنید.



شکل ۵۴-۷ تخلیه‌ی خازن

حوزه‌ی کار کلید سلکتور اهم‌متر را در حالت ×۱ قرار دهید و خازن را طبق شکل ۵۵-۷ به آن وصل کنید. بهتر است برای این منظور از خازن الکترولیتی استفاده نمایید.



شکل ۵۵-۷ اتصال خازن به اهم‌متر

■ مشاهدات خود را از نحوه‌ی حرکت عقربه‌ی اهم‌متر بیان کنید.

سوال ۳: آیا خازن مورد نظر سالم است؟ توضیح دهید.

در صورتی که نتوانستید به سوال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید مطالب مربوط به روش آزمایش سلامت خازن را مجددا مرور کنید.

ب- اندازه‌گیری و تعیین ظرفیت خازن مجهول

■ تعداد حداقل ۴ نوع خازن از انواع مختلف الکترولیتی، عدسی، سرامیکی و کاغذی را انتخاب و مشخصات آن‌ها را در جدول ۲-۷ یادداشت کنید.

جدول ۲-۷

خازن	نوع خازن	مقدار نوشته شده روی خازن ها	مقدار اندازه گیری شده	میزان اختلاف
C_1	الکترولیتی			
C_2	عدسی			
C_3	سرامیکی			
C_4	کاغذی			

■ همه‌ی خازن‌ها را دشارژ کنید.

■ با استفاده از دستگاه خازن‌سنج مقدار ظرفیت خازن‌های C_1 تا C_4 را اندازه‌گیری کنید و مقادیر به دست آمده را در جدول ۲-۷ یادداشت نمایید.

سوال ٤: در صورتی که بین مقدار اندازه‌گیری شده و مقدار نوشته شده اختلاف وجود دارد علت را توضیح دهید.

۴-۱۴-۷ نتایج آزمایش

نتایج حاصل از آزمایش‌های الف و ب را به طور خلاصه بیان کنید.

الف)

ب)

آیا می‌دانید

تمیز کردن سطح چراغ‌ها، لامپ‌ها و سطوح دیوارها سبب افزایش شدت روشنایی می‌شود؟

۱۵-۷ آزمایش شماره‌ی (۳)

زمان اجرا: ۴ساعت آموزشی

۱-۱۵-۷ هدف‌های آزمایش

بررسی خازن‌ها به صورت سری و موازی در جریان DC

۲-۱۵-۷ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	منبع تغذیه	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	بردبرد یا برد آزمایشگاهی	یک عدد
۴	خازن سنج	یک دستگاه
۵	خازن ۲/۲ μF با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	یک عدد
۶	خازن ۱۰ μF با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	سه عدد
۷	خازن ۴/۷ μF با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	یک عدد
۸	مقاومت اهمی	یک عدد
۹	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۳-۱۵-۷ مراحل اجرای آزمایش:

الف- بررسی مدار خازن‌ها به صورت سری در جریان مستقیم

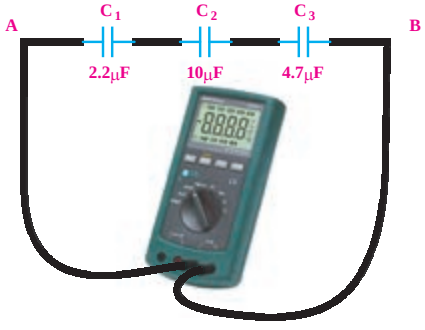
■ هر یک از خازن‌های C_1، C_2 و C_3 را با توجه به مقادیری که روی آن‌ها نوشته شده است با دستگاه LCR متر یا خازن سنج اندازه‌گیری کنید و مقادیر به دست آمده را در جدول ۳-۷ بنویسید.

جدول ۳-۷

خازن	مقدار نوشته شده	مقدار اندازه گیری شده	میزان اختلاف
$C_۱$			
$C_۲$			
$C_۳$			

سوال ۵: در صورتی که بین مقدار اندازه‌گیری شده و مقدار نوشته شده روی خازن اختلاف وجود دارد علت را توضیح دهید.

■ سه خازن $C_۱$، $C_۲$ و $C_۳$ را مطابق شکل ۷-۵۶ روی بردبرد به صورت سری اتصال دهید و با استفاده از یک دستگاه LCR متر یا خازن سنج ظرفیت خازن معادل مدار را از دو نقطه‌ی A و B اندازه بگیرید.



شکل ۷-۵۶ خازن‌های سری

C_{AB}= ..... μF اندازه‌گیری

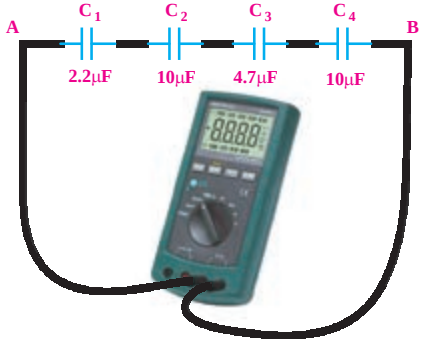
■ مقدار ظرفیت معادل را از رابطه‌ی زیر محاسبه کنید.

$$\frac{۱}{C_T}=\frac{۱}{C_۱}+\frac{۱}{C_۲}+\frac{۱}{C_۳}$$

C_{AB}= ..... μF محاسبه

سوال ۶: آیا مقادیر اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با هم مطابقت دارند؟ چرا؟ شرح دهید.

■ خازن $C_۴ = ۱۰\ \mu F$ را مطابق شکل ۷-۵۷ به مدار قبلی اضافه کنید. ظرفیت خازن معادل را با استفاده از دستگاه LCR متر یا خازن سنج اندازه بگیرید.



شکل ۷-۵۷ مدار آزمایش

C_{AB}= ..... μF اندازه‌گیری

■ مقدار ظرفیت معادل را از رابطه‌ی زیر محاسبه کنید:

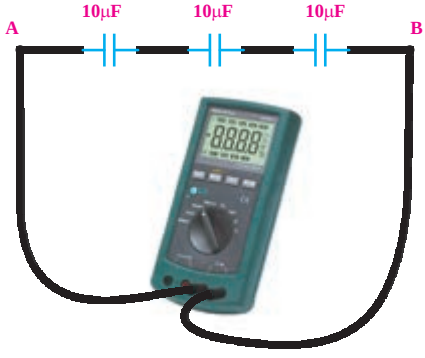
$$\frac{۱}{C_T}=\frac{۱}{C_۱}+\frac{۱}{C_۲}+\frac{۱}{C_۳}+\frac{۱}{C_۴}$$

C_{AB}=..... محاسبه

سوال۷: ظرفیت خازن معادل نسبت به مرحله‌ی قبل چه تغییری کرده است؟شرح دهید.

سوال۸: آیا ظرفیت خازن معادل اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با هم مطابقت دارد؟ در صورتی که جواب منفی است علت را شرح دهید.

■ سه خازن ۱۰μF مطابق شکل ۵۸-۷ به صورت سری اتصال دهید و ظرفیت خازن معادل را با دستگاه LCRمتر یا خازن سنج اندازه بگیرید.



شکل ۵۸-۷ مدار آزمایش

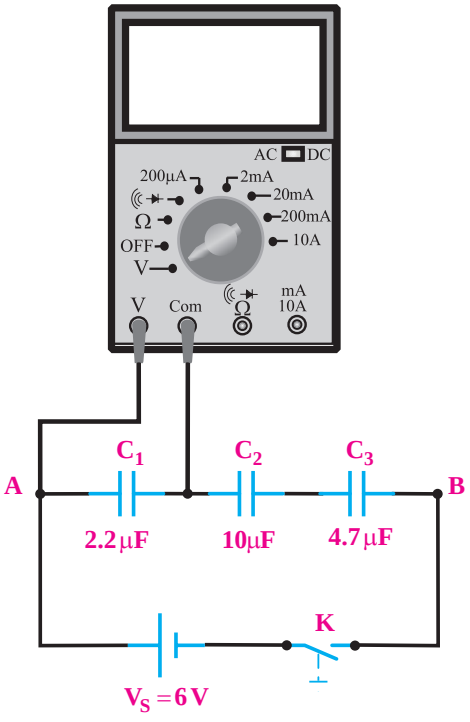
C_{AB}=..... μF اندازه‌گیری

■ مقدار ظرفیت معادل را از رابطه‌ی $C_T = \frac{C}{n}$ محاسبه کنید.

C_{AB}=..... μF محاسبه

سوال۹: آیا مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر محاسبه شده،مطابقت دارد؟ شرح دهید.

■ مدار شکل ۵۹-۷ را روی بردبرد ببندید.



شکل ۵۹-۷ مدار آزمایش

■ کلید منبع تغذیه را وصل کنید و پس از سپری شدن مدت زمان حدود ده ثانیه ولتاژ دو سر خازن C_1 را اندازه‌بگیرید.

V_{C_1}= V

■ منبع تغذیه را خاموش کنید و سپس ولت‌متر را یک بار در دو سر خازن C_2 و بار دیگر در دو سر خازن C_3 اتصال دهید. ولتاژ دو سر هر یک از خازن‌های C_2 و C_3 را اندازه‌گیری کنید.

V_{C_2}= V

V_{C_3}= V

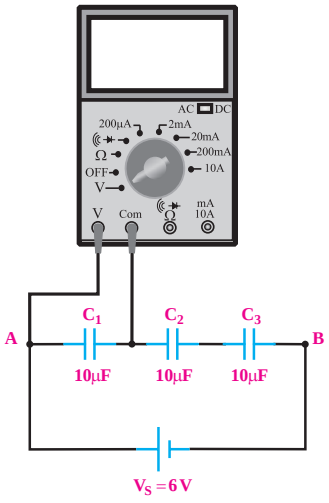
سوال ۱۰: از مقایسه‌ی مقادیر به دست آمده با ولتاژ منبع چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟شرح دهید.

■ سه خازن ۱۰ μF را مطابق شکل ۶۰-۷ به صورت سری اتصال دهید و ولتاژ دو سر هر یک را به طور جداگانه اندازه بگیرید.

V_{C_1}= V

V_{C_2}= V

V_{C_3}= V

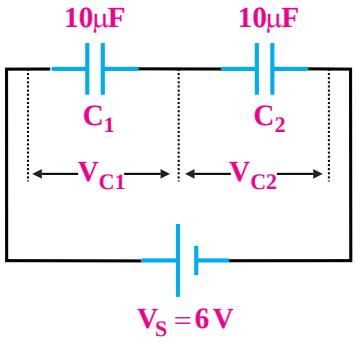


شکل ۶۰-۷ مدار آزمایش

■ دو خازن ۱۰ μ F را مطابق شکل ۶۱-۷ به صورت سری ببندید و درستی رابطه‌ی تقسیم ولتاژ خازنی را تحقیق کنید.

$$V_{C_1} = V\frac{C_2}{C_1 + C_2}$$

$$V_{C_2} = V\frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

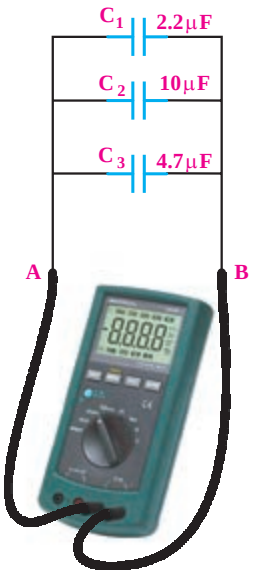


شکل ۶۱-۷

ب– بررسی مدارهای خازنی موازی در جریان مستقیم

■ سه خازن را مطابق شکل ۶۲-۷ روی بردبرد به صورت موازی اتصال دهید و با استفاده از یک دستگاه LCRمتر یا

خازن سـنج ظرفیت خازن معادل مدار را از دو نقطه‌ی A و B اندازه بگیرید.



شکل ۶۲-۷ خازن‌های موازی

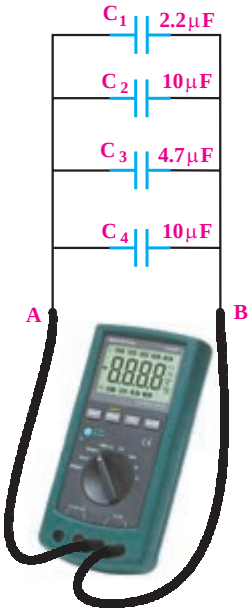
C_{AB}=..... μF اندازه‌گیری

■ مقدار ظرفیت خازن را از رابطه‌ی $C_T = C_1 + C_2 + C_3$ محاسبه کنید.

C_{AB}=..... μF محاسبه

سـوال ۱۱: آیا مقدار اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با هم مطابقت دارد؟ شرح دهید.

■ خازن $C_4 = 10\,\mu F$ را مطابق شکل ۶۳-۷ به مدار اضافه کنید و سـپس ظرفیت خازن معادل را با اسـتفاده از دسـتگاه LCR متر (خازن سنج) اندازه بگیرید.



شکل ۶۳-۷ خازن‌های موازی

C_{AB}=..... μF اندازه‌گیری

مقدار ظرفیت معادل را از رابطه‌ی $C_T = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$ محاسبه کنید.

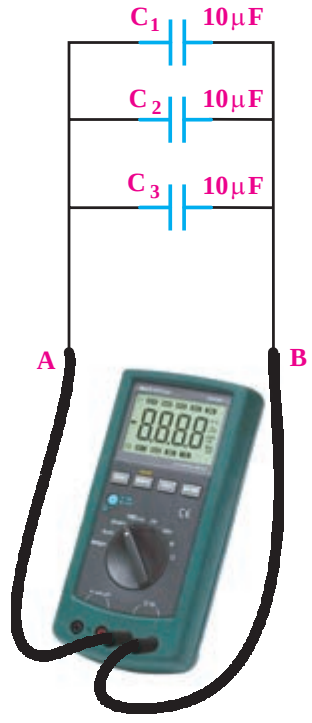
C_{AB}=..... μF محاسبه

سـوال ۱۲: ظرفیت خازن معادل نسبت به مرحله‌ی قبل چه تغییری کرده است؟ توضیح دهید.

سـوال ۱۳: آیا ظرفیت خازن معادل اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با هم مطابقت دارد؟ در صورتی که جواب منفی است، علت را شرح دهید.

■ سه خازن $10\ \mu F$ را مطابق شکل ۶۴-۷ به صورت موازی اتصال دهید و ظرفیت خازن معادل را با دستگاه LCR متر (خازن سنج) اندازه‌گیری کنید.

C_{AB}= ..... μF اندازه‌گیری



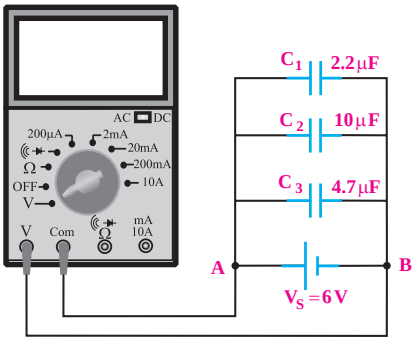
شکل ۶۴-۷

مقدار ظرفیت معادل را از رابطه‌ی $C_T = C_1 + C_2 + C_3$ محاسبه کنید.

C_{AB}= ..... μF محاسبه

سوال ۱۴: آیا مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟ شرح دهید.

مدار شکل ۶۵-۷ را روی بردبرد ببندید.



شکل ۶۵-۷

کلید منبع تغذیه را وصل کنید و پس از سپری شدن مدت زمان حدود ۱۰ ثانیه ولتاژ دو سر خازن C_1 را اندازه‌گیری کنید.

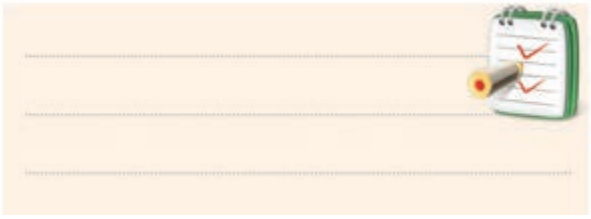
V_{C_1}= ..... V اندازه‌گیری

منبع تغذیه را خاموش کنید و سپس ولت‌متر را به دو سر خازن‌های C_2 و C_3 اتصال دهید و ولتاژ دو سر هر یک را اندازه‌گیری کنید.

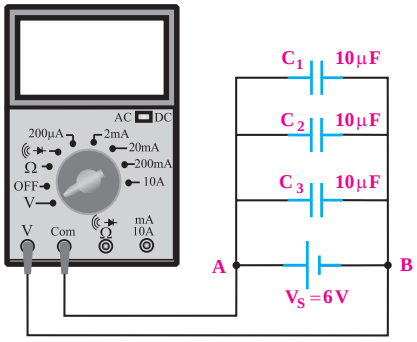
V_{C_2} اندازه‌گیری =..... V

V_{C_3} اندازه‌گیری =..... V

سوال ۱۵: از مقایسه‌ی مقادیر به دست آمده با ولتاژ منبع تغذیه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.



■ سه خازن ۱۰ μF را مطابق شکل ۶۶-۷ به صورت موازی اتصال دهید و ولتاژ دو سر هر یک را به طور جداگانه اندازه بگیرید.



شکل ۶۶-۷

V_{C_1} =..... V

V_{C_2} =..... V

V_{C_3} =..... V

۴-۱۵-۷ نتایج آزمایش

نتایج حاصل از آزمایش‌های الف و ب را بنویسید.

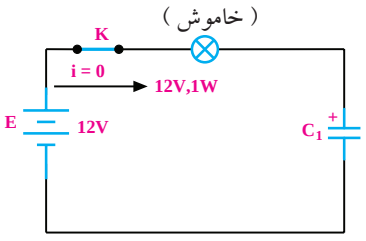
الف-

ب-

۱۶-۷ خازن در جریان متناوب

۱-۱۶-۷ عملکرد خازن در جریان متناوب (AC)

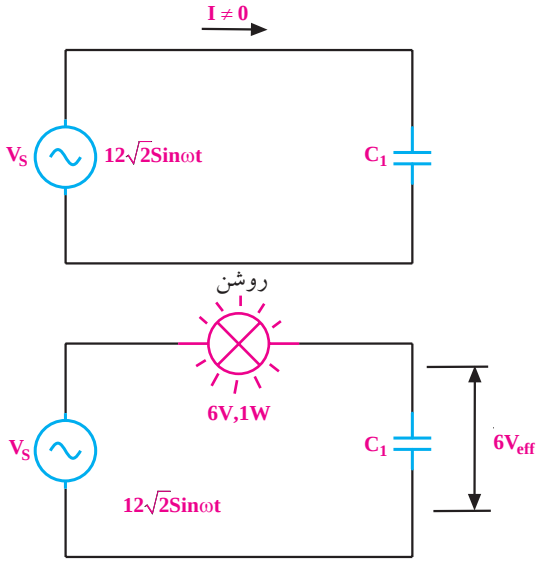
اگر یک خازن را به ولتاژ DC وصل کنیم خازن بلافاصله شارژ می‌شود و جریان گذرنده از آن به صفر می‌رسد. همان‌طور که در شکل ۶۷-۷ ملاحظه می‌شود اگر در مسیر خازن مصرف کننده‌ای مانند لامپ قرار گیرد، با وصل کلید (K) جریان عبوری از مدار صفر می‌شود و لامپ به حالت خاموش می‌رود.



شکل ۶۷-۷ خازن در ولتاژ DC

اگر یک منبع ولتاژ متناوب سینوسی را به دو سر خازن وصل کنیم، جریان متناوب سینوسی از خازن عبور می‌کند.

عبـور جریان از مدار به دلیل شـارژ و دشـارژ خـازن در نیم سیکل‌های مثبت و منفی ولتاژ متناوب سینوسی است. به همین دلیل خازن در مدارهای جریان متناوب نوعی مقاومت از خود نشان می‌دهد که باعث محدود شدن جریان در مدار می‌شود. همان‌طور که در شکل ۶۸-۷ مشاهده می‌شود، با اتصال خازن به ولتاژ متناوب، جریان عبوری صفر نیست و لامپ در حالت روشن باقی می‌ماند.



شکل ۶۸-۷ عبور جریان متناوب از خازن

نکته‌ی مهم:

لامپ زمانی روشـن می‌ماند که جریان عبوری از خازن بتوانـد توان مورد نیاز برای روشـن شـدن لامـپ را تامین کند.

۲-۱۶-۷ راکتانس خازنی

مقاومتـی را که خـازن در جریان متناوب از خود نشـان می‌دهد، راکتانس خازنی می‌گویند.

راکتانـس خازنی را با X_c نشـان می‌دهد. مقـدار X_c از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$X_C = \frac{V_S}{I_T} = \frac{۱}{۲\pi fc}$$

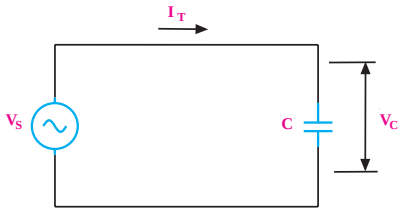
$$X_C = \frac{۱}{۲\pi fc}$$

ظرفیت بر حسب فاراد

راکتانس خازنی بر حسب اهم

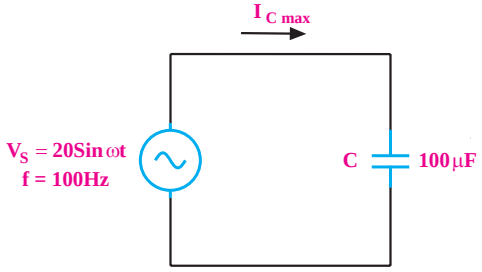
فرکانس بر حسب هرتز

در شـکل ۶۹-۷ ولتاژ دو سر خازن و جریان عبوری از آن نشان داده شده است.



شکل ۶۹-۷ محاسبه‌ی مقدار مقاومت خازنی (X_c)

مثال ۱۰: در شـکل ۷۰-۷ جریان ماکزیمـم عبوری از خازن ($I_{c\,max}$) چند میلی‌آمپر است؟



شکل ۷۰-۷

حل:

ابتدا رآکتانس خازنی را محاسبه می‌کنیم:

$$X_C = \frac{۱}{۲\pi fc} = \frac{۱}{۲\pi \times ۱۰۰ \times ۱۰۰ \times ۱۰^{-۶}} = \frac{۱۰^{۶}}{۲۰۰۰\pi} = \frac{۵۰}{\pi}$$

سپس جریان عبوری از مدار را محاسبه می‌کنیم:

$$I_{cmax} = \frac{V_m}{X_C} = \frac{۲۰}{\frac{۵۰}{\pi}} = \frac{۲۰\pi}{۵۰} = ۰/۴\pi$$

$$I_{cmax} = ۱/۲۵۶\,A$$

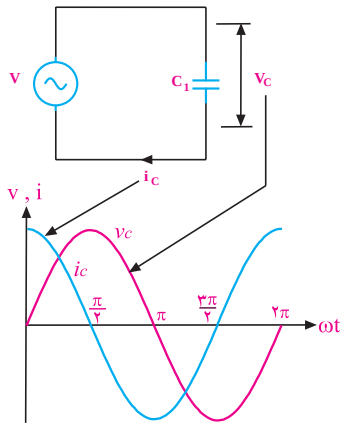
نکته‌ی مهم:

چـون در مدار خازنـی توان به صـورت حرارت تلف نمی‌شـود لـذا عملا ولتـاژ و جریان موثر وجـود ندارد. به جریـان عبوری از خازن و ولتاژ دو سـر آن، جریان و ولتاژ راکتیو یـا غیر مفید می‌گویند. نـام رآکتانس خازنی نیز به همین دلیل انتخاب شده است.

۳–۱۶–۷ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در مدار خازنی

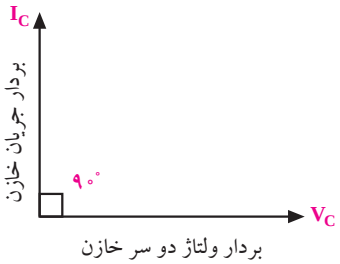
اگر در یک مدار الکتریکی بـا منبع جریان متناوب، فقط یک خازن وجود داشته باشد، جریان عبوری از مدار به اندازه‌ی ۹۰ درجه با ولتاژ دو سر آن اختلاف فاز پیدا می‌کند.

در شـکل ۷–۷۱، شـکل جریان گذرنده از خازن و شکل ولتاژ دو سـر خازن رسم شده اسـت. همان‌طور که در شکل ۷–۷۱ مشـاهده می‌شـود جریان به اندازه‌ی ۹۰ درجه از ولتاژ جلوتر است.



شکل ۷–۷۱ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در مدار خازنی

ولتاژ و جریان دو سر خازن را می‌توان به صورت دو بردار کـه با یک‌دیگر ۹۰ درجـه اختلاف فاز دارند نشـان داد. در شـکل ۷–۷۲ نمایش برداری جریان و ولتاژ دو سر خازن نشان داده شده است.



شکل ۷–۷۲ نمایش برداری جریان و ولتاژ دو سر خازن

۷–۱۷ اندازه‌گیری زاویه‌ی اختلاف فاز توسـط اسیلوسکوپ

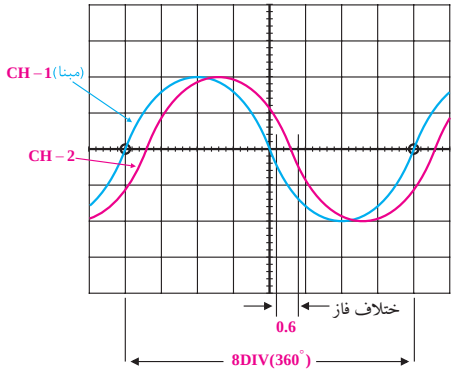
یکـی از کاربردهـای جالب اسیلوسـکوپ اندازه‌گیری اختلاف فاز است. در این مورد دو روش متداول است.

الف– روش مستقیم

ب– استفاده از منحنی‌های لیساژور

۱–۱۷–۷ روش مستقیم

چنان‌چه دو موج هم‌فرکانس باشند، با داشتن اسیلوسکوپ دو کاناله به آسانی می‌توانیم هر یک از دو موج را به دو کانال اسیلوسکوپ بدهیم و با مشـاهده‌ی هم‌زمان دو موج بر روی صفحه‌ی نمایش اختلاف فاز را اندازه‌گیری کنیم، شکل ۷–۷۳.



شکل ۷–۷۳ اندازه‌گیری اختلاف فاز دو موج با روش مستقیم

هنگام اندازه‌گیری بهتر است کلید سلکتور Time/Div و پتانسیومتر متغیر (Variable) را به نحوی تنظیم کنیم که یکی از موج‌ها درست در وسط صفحه‌ی اسیلوسکوپ قرار بگیرد و یک پریود آن برابر با ۸ تقسیم‌بندی صفحه‌ی اسیلوسکوپ در جهت افق شود.

در این صورت هر تقسیم‌بندی افقی معادل ۴۵ درجه خواهد بود. زیرا زاویه‌ی یک پریود کامل برابر با ۳۶۰ درجه است.

بنابراین:

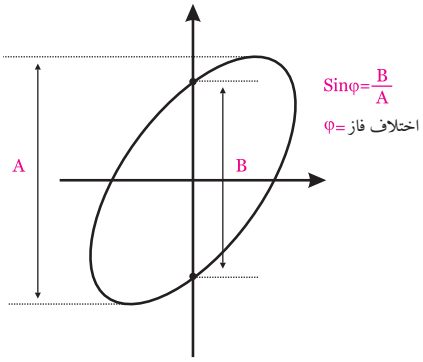
$$\text{هر تقسیم افقی} \quad \frac{۳۶۰}{۸} = ۴۵ \quad \text{درجه}$$

برای مثال اگر در شکل موج نشان داده شده اختلاف فاز بین دو موج به ازای ۰/۶ تقسیم‌بندی باشد، میزان اختلاف فاز برابر با ۲۷ درجه خواهد شد. زیرا:

اختلاف فاز ۰/۶×۴۵= ۲۷ درجه

۷-۱۷-۲ با استفاده از منحنی‌های لیساژور

با استفاده از اسیلوسکوپ در حالت x-y می‌توانیم اختلاف فاز بین دو شکل موج را اندازه بگیریم. برای این منظور ابتدا اسیلوسکوپ را در حالت x-y قرار می‌دهیم سپس موج مبنا را به ورودی x و موج دیگر را به ورودی y وصل می‌کنیم. در نهایت سلکتورهای Volts/DIV و پتانسیومترهای متغیر را برای ایجاد تصویر مناسب تنظیم می‌نماییم. میزان اختلاف فاز با استفاده از روش لیساژور بر اساس شکل ۷-۷۴ به شرح زیر قابل محاسبه است.



شکل ۷-۷۴ محاسبه‌ی اختلاف فاز با استفاده از منحنی لیساژور

در حالت‌های خاص، چنانچه دو موج هم‌فرکانس باشند یکی از شش حالت نشان داده در شکل ۷-۷۵ به وجود می‌آید.

$\varphi = 180^\circ$ ۱۸۰ درجه اختلاف فاز	$\varphi = 0$ دارای اعوجاج و بدون اختلاف فاز	$\varphi = 0$ بدون اعوجاج و بدون اختلاف فاز
$\varphi = 90^\circ$ ۹۰ درجه اختلاف فاز	$0 < \varphi < 90^\circ$ دارای اعوجاج و دارای اختلاف فاز	$0 < \varphi < 90^\circ$ بدون اعوجاج و دارای اختلاف فاز

شکل ۷-۷۵ حالت‌های خاص منحنی لیساژور

۱۸–۷ آزمایش شماره‌ی (۴)

زمان اجرا: ۴ساعت آموزشی

۱–۱۸–۷ هدف آزمایش:

بررسی تاثیر ظرفیت خازن روی رآکتانس خازنی و اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان در مدار خازنی.

توجه

چون مولتی‌مترها در اندازه‌گیری جریان متناوب (AC) دقت کاملی ندارند، از مولتی‌متر مرغوب استفاده کنید.

۲–۱۸–۷ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	سیم رابط دو سرگیره‌دار ۵۰ سانتی‌متری	به مقدار کافی
۴	سیم رابط یک سرگیره‌دار ۵۰ سانتی‌متری	به مقدار کافی
۵	خازن ۰/۱ میکروفاراد ۳۵ ولت از نوع کاغذی	یک عدد
۶	خازن ۰/۰۱ میکروفاراد ۳۵ ولت از نوع کاغذی	یک عدد
۷	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۸	مقاومت اهمی ۲/۲ KΩ	یک عدد
۹	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

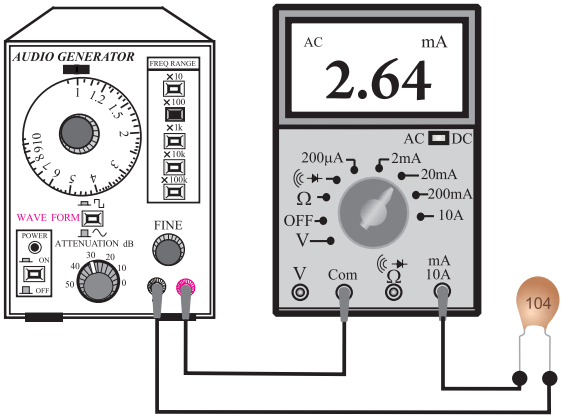
توجه

خازن‌هایی را در جریان متناوب به کار ببرید که برای جریان متناوب ساخته شده باشند. روی بدنه‌ی این خازن‌ها علامت‌های «+» و «–» وجود ندارد. معمولا ظرفیت خازن‌هایی که در جریان متناوب به کار می‌روند خیلی کم است. این خازن ها را قطبی نشده می‌نامند.

۳–۱۸–۷ مراحل اجرای آزمایش

الف– بررسی تأثیر ظرفیت خازن در رآکتانس خازنی.

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید.
- مدار شکل ۷۶–۷ را ببندید.



شکل ۷۶–۷ مدار آزمایش

- سیگنال ژنراتور را روشن کنید و فرکانس آن را روی ۱KHz بگذارید.
- شکل موج خروجی سیگنال ژنراتور را روی سینوسی قرار دهید و ولوم تنظیم دامنه را روی ۶ ولت تنظیم کنید.

■ حوزه‌ی کار میلی‌آمپر متر را روی ۲۰ mA قرار دهید.

■ جریانی را که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد یادداشت کنید.

I= .....mA

■ خازن ۰/۱μ F را با خازن ۱۰ nF تعویض کنید و مجدداً مدار آزمایش ۷۶-۷ را ببندید.

■ حوزه‌ی کار میلی آمپرمتر را روی ۲mA قرار دهید.

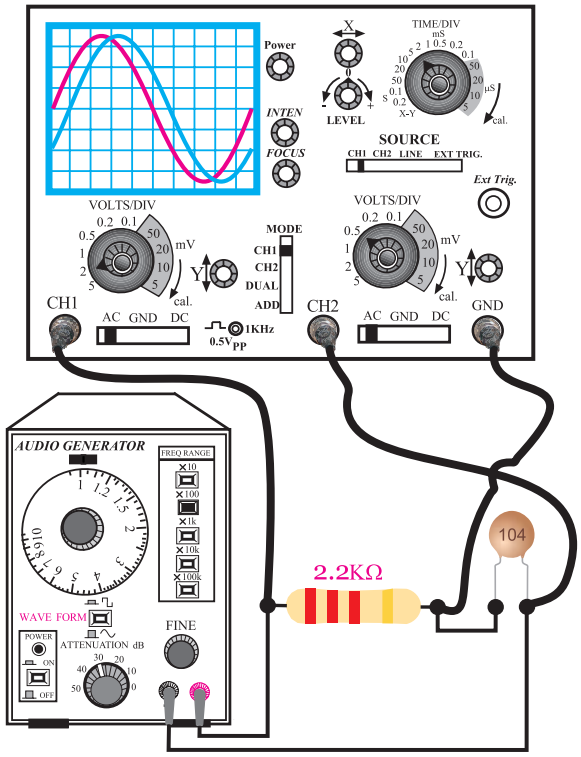
■ جریانی را که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد یادداشت کنید.

I= .....

سوال ۱۶: چرا با کاهش ظرفیت خازن، میلی‌آمپرمتر AC جریان کم‌تری را نشان‌می‌دهد؟ توضیح دهید.

ب- بررسی اختلاف فاز بین ولتاژ دو سر خازن و جریان گذرنده از آن.

■ مدار شکل ۷۷-۷ را ببندید.



شکل ۷۷-۷ مدار آزمایش

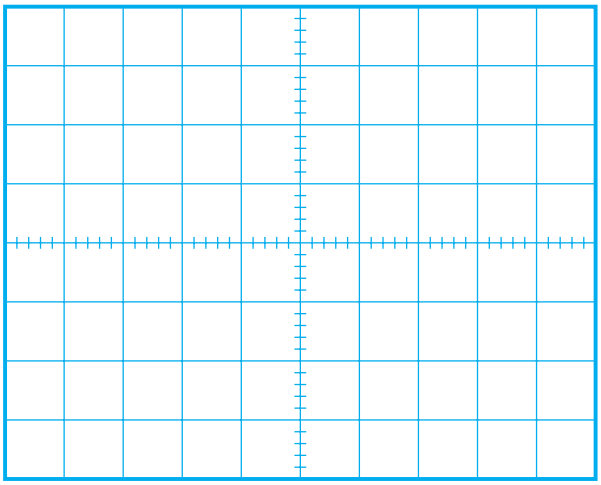
نکته‌ی مهم:

زمین سیگنال ژنراتور و اسیلوسکوپ نباید با هم مشترک باشند.

■ سیگنال ژنراتور را روی فرکانس ۱KHz و دامنه‌ی ۶ ولت تنظیم کنید.

■ اسیلوسکوپ را روشن و تنظیم‌های لازم را روی آن انجام دهید.

■ شکل موج‌های نشان داده شده روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۷۸-۷ رسم کنید.

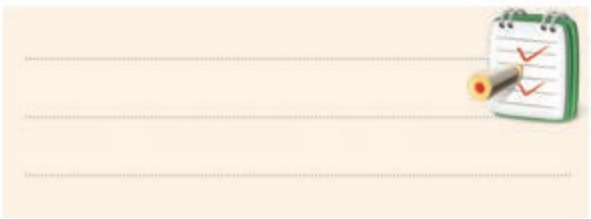


شکل ۷-۷۸ شکل موج‌های نشان داده شده روی صفحه‌ی اسیلوسکوپ

توجه

شکل موج ولتاژ دو سر مقاومت اهمی در حقیقت همان شکل موج جریان گذرنده از خازن است.

سوال ۱۷: شکل موج ولتاژ دو سر مقاومت اهمی که در کانال CH۱ ظاهر می‌شود با شکل موج ولتاژ دو سر خازن که در کانال CH۲ ظاهر می‌شود، چند درجه اختلاف فاز دارد؟ نحوه‌ی محاسبه‌ی اختلاف فاز را شرح دهید.



در صورتی که نتوانستید به سوال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت‌های قبل مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۷-۱۸-۴ نتایج آزمایش:

نتایج حاصل از آزمایش‌های الف و ب را به طور خلاصه بیان کنید.

الف .....

ب .....

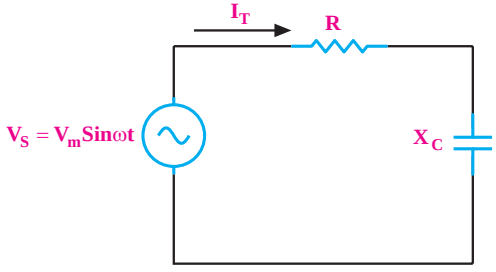
۷-۱۹ مدار RC سری

اگر یک خازن و یک مقاومت اهمی را مطابق شکل ۷-۷۹ به صورت سری ببندیم و به منبع ولتاژ متناوب سینوسی وصل کنیم، جریانی از مدار عبور می‌کند که مقدار موثر آن از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$I_T = I_{eff} = \frac{V_{eff}}{Z}$$

توجه

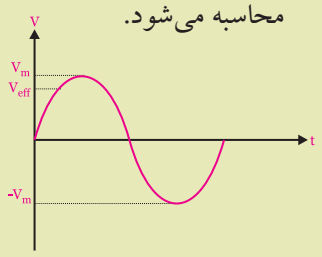
در مدار RC سری چون جریان عبوری از خازن و مقاومت برابر است، جریان کل با جریان موثر برابر می‌شود.



شکل ۷-۷۹ مدار RC سری

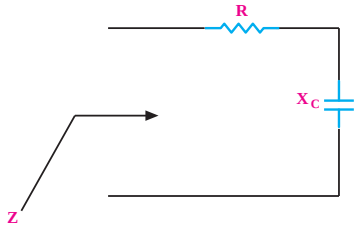
توجه

در مدارهای جریان متناوب سینوسی منظور از I_{eff} و V_{eff} مقدار جریان و ولتاژ موثری است که از روابط $\frac{I_m}{\sqrt{2}}$ و $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$ محاسبه می‌شود.



۱-۱۹-۷ امپدانس مدار RC سری (z)

اگر یک مدار الکتریکی شامل مقاومت اهمی (R) و خازن (C) را مطابق شکل ۸۰-۷ با ولتاژ متناوب سینوسی تغذیه کنیم، مقاومتی را که این مدار از خود نشان می‌دهد، امپدانس یا مقاومت ظاهری می‌گویند و با حرف Z مشخص می‌کنند. واحد امپدانس اهم است. امپدانس مدار RC هر دو خاصیت اهمی و خازنی را در بر می‌گیرد.



شکل ۸۰-۷ امپدانس مدار RC سری

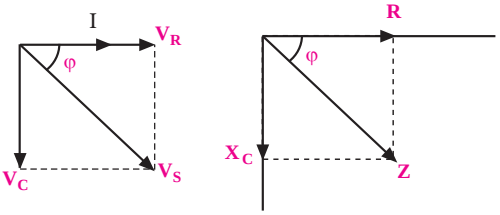
در یک مدار RC سری، مقدار Z از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}\ (\Omega)$$

در این مدار متناسب با مقادیر R و c، اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ می‌تواند بین صفر تا ۹۰ درجه تغییر کند. مقدار دقیق اختلاف فاز بستگی به مقدار R و X_C دارد.

۲-۱۹-۷ دیاگرام برداری در مدار RC سری

در یک مدار RC سری، مقادیر R و X_C و Z را مانند شکل ۸۱-۷ -الف می‌توان به صورت برداری نشان داد.



ب- دیاگرام برداری ولتاژها — الف- دیاگرام برداری امپدانس

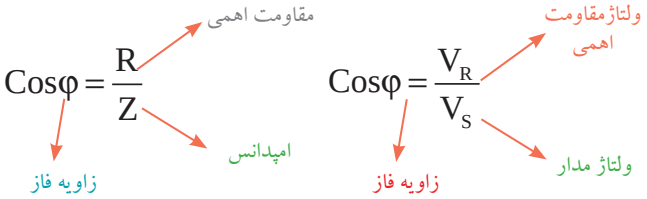
شکل ۸۱-۷ دیاگرام‌های برداری

در این شکل زاویه‌ی φ (فی) اختلاف فاز بین جریان (I) و ولتاژ مدار (V_s) را نشان می‌دهد.

φ از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$$

از روی دیاگرام برداری ولتاژها و امپدانس می‌توان اختلاف فاز (φ) را به صورت‌های زیر نوشت.



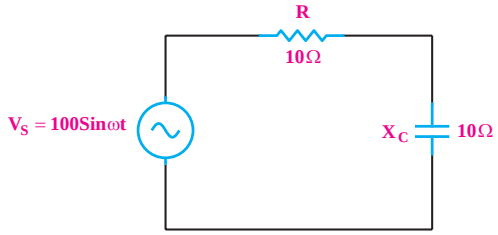
در مدارهای RC سری، ولتاژ دو سر هریک از عناصر مدار از روابط زیر به دست می‌آید:

ولتاژدو سرمقاومت اهمی $V_R = I_{eff} \cdot R$

ولتاژدو سرخازن $V_C = I_{eff} \cdot X_C$

ولتاژ کل مدار $V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$

مثال ۱۱: در شکل ۸۲-۷ جریان موثر مدار و اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ را به دست آورید.



شکل ۸۲-۷

حل:

چون جریان مدار با ولتاژ دو سر مقاومت هم‌فاز است می توانیم آن را جریان موثر در نظر بگیریم.

مقدارموثر $I_T = \frac{V_s}{z}$ مقدارموثر

$$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{100}{1/41} = 70/7 \text{ ولت}$$

$$z = \sqrt{R^2 + X_c^2} = \sqrt{10^2 + 10^2} = \sqrt{200} = 14/14\,\Omega$$

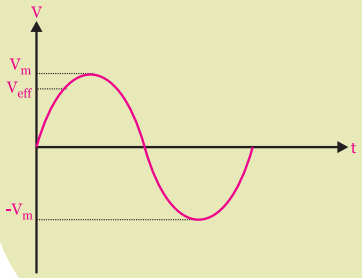
مقدارموثر $I_T = \frac{70/7}{14/14} = 5A$

$$\cos\varphi = \frac{R}{z} = \frac{10}{14/14} \simeq 0/7$$

با استفاده از جدول مثلثاتی $\varphi = 45^\circ$

توجه

در مدارهای جریان متناوب سینوسی منظور از I_{eff} و V_{eff} مقدار جریان و ولتاژ مؤثّری است که از روابط $\frac{I_m}{\sqrt{2}}$ و $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$ محاسبه می‌شود.



نکتهٔ مهم:

همان طور که مشاهده می‌شود، عملاً در مدار دو نوع ولتاژ وجود دارد. ۱- ولتاژ دو سر مقاومت که با جریان مدار هم‌فاز است و توان مؤثّر مدار را مصرف می کند. ۲- ولتاژ دو سر خازن که از جریان مدار ۹۰ درجه عقب است. این ولتاژ را ولتاژ راکتیو می‌نامند که توان راکتیو را در مدار به وجود می‌آورد.

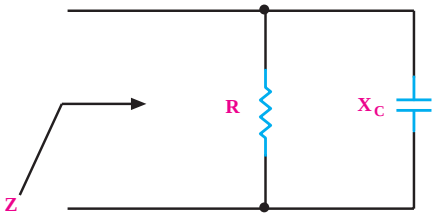
توجه

تمامی مقادیر ولتاژ و جریانی که در مثال‌ها و مسائل نوشته شده است، بر حسب مقدار موثر می باشد. به جز مواردی که معادله‌ی موج مورد نظر نوشته شده باشد.

به عنوان مثال $V_S = 120V$ یعنی مقدار ولتاژ V_s، ۱۲۰ ولت موثر است.

۷-۲۰ مدار RC موازی

در مدار RC موازی مقاومت و خازن، به صورت موازی قرار می گیرند. عامل مشترک در این مدار و سایر مدارهای موازی ولتاژ است، شکل ۸۳-۷.



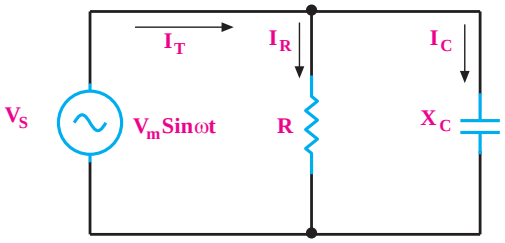
شکل ۸۳-۷ مدار RC موازی

۷-۲۰-۱ امپدانس مدار RC موازی

امپدانس مدار RC موازی از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\frac{۱}{Z^۲}=\frac{۱}{R^۲}+\frac{۱}{X_C^{\ ۲}}$$

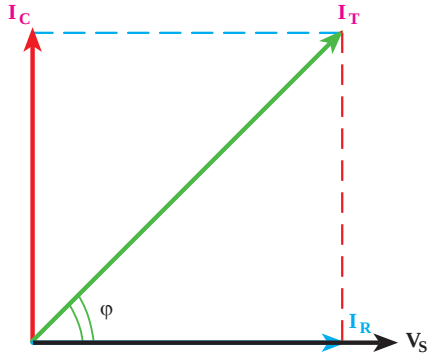
در شکل ۷-۸۴ جریان‌های مدار RC موازی نشان داده شده است.



شکل ۷-۸۴ جریان‌های مدار RC موازی

۷-۲۰-۲ دیاگرام برداری مدار RC موازی

دیاگرام برداری جریان‌های مدار مطابق شکل ۷-۸۵ رسم می‌شوند.



شکل ۷-۸۵ دیاگرام برداری ولتاژ و جریان‌های مدار RC موازی

با توجه به دیاگرام برداری در یک مدار RC موازی، برای جریان‌های مدار روابط زیر نیز بر قرار است.

$$I_R=\frac{V_S}{R} \quad و \quad I_c=\frac{V_S}{X_C}$$

$$I=\sqrt{I_R^{\ ۲}+I_C^{\ ۲}}$$

$$\cos\varphi=\frac{z}{R} \quad و \quad \cos\varphi=\frac{I_R}{I_T}$$

جریان موثر کل مدار نیز از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است:

$$I_T=I_{eff}=\frac{V_{eff}}{z} \quad (\text{مقدار موثر})$$

مثال ۱۲: خازنی به ظرفیت ۱۰۰۰ میکروفاراد با یک مقاومت ۴ اهمی به طور موازی به ولتاژ متناوب ۱۲۰ ولتی با فرکانس ۵۰ هرتز اتصال داده شده است. مطلوب است:

الف- جریان هر یک از عناصر

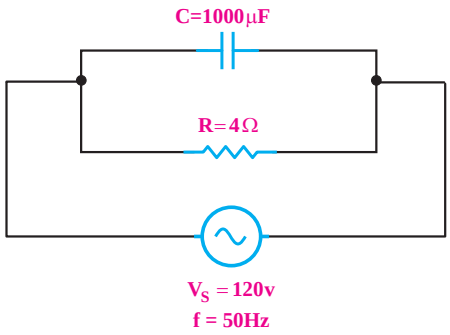
ب- جریان کل مدار

ج- امپدانس مدار

د- اختلاف فاز φ

حل:

با توجه به توضیحات مطرح شده شکل مدار را مطابق شکل ۷-۸۶ می‌توان رسم کرد.



شکل ۷-۸۶ مدار RCموازی

$$X_C = \frac{1}{2\pi fc} = \frac{1}{2\times 3/14\times 50\times 1000\times 10^{-6}}$$

$$X_C \simeq 3\Omega$$

$$I_R = \frac{V_s}{R} = \frac{120}{4} = 30A \qquad I_R = 30A$$

$$I_C = \frac{V_s}{X_c} = \frac{120}{3} = 40A \qquad I_C = 40A$$

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50A \qquad I_T = 50A$$

$$Z = \frac{V_s}{I_T} = \frac{120}{50} = 2/4\Omega \qquad Z = 2/4\Omega$$

$$\cos\varphi = \frac{Z}{R} = \frac{2/4}{4} = 0/6 \Rightarrow \varphi = 53^\circ$$

۷-۲۰ آزمایش شماره‌ی (۵)

زمان اجرا: ۴ساعت آموزشی

۷-۲۱-۱ هدف آزمایش:

بررسی امپدانس در مدارهای RC سری و موازی و تحقیق رابطه‌ی $V_s = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$

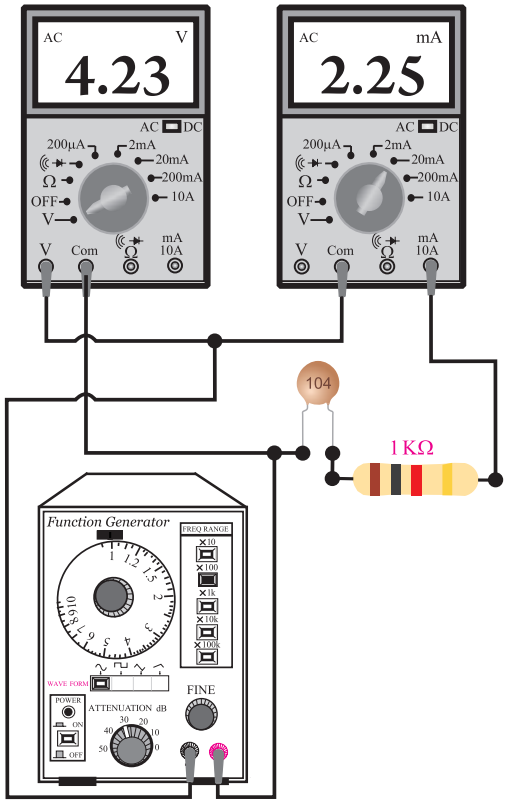
۷-۲۱-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	مولتی متر دیجیتالی	دو دستگاه
۲	خازن ۰/۱ μf و ۱۰ nf	از هر کدام یک عدد
۳	مقاومت ۱KΩ و ۱۵KΩ	از هر کدام یک عدد
۴	فانکشن ژنراتور	یک دستگاه
۵	سیم رابط دو سرگیره سوسماری ۵۰ سانتی متری	شش رشته
۶	سیم رابط یک سرگیره سوسماری ۵۰ سانتی متری	چهار رشته
۷	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۷-۲۱-۳ مراحل اجرای آزمایش:

الف: به‌دست آوردن امپدانس یک مدار RC سری و تحقیق رابطه‌ی $V_s = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید.
- مدار شکل ۷-۸۷ را ببندید.



شکل ۸۷-۷ مدار آزمایش

توجه

در صورتی که دو یا ۳ مولتی‌متر در اختیار ندارید از یک مولتی‌متر استفاده کنید.

■ فانکشن ژنراتور را روی فرکانس ۱KHz و دامنه‌ی ولتاژ ۶ ولت سینوسی تنظیم کنید.

■ کلید سلکتور مولتی‌متری را که به عنوان ولت‌متر به کار برده‌اید، در حالت AUTO و یا رنج ۲۰ ولت قرار دهید. کلید AC-DC را در حالت AC بگذارید.

■ کلید سلکتور مولتی‌متر را که به عنوان میلی‌آمپرمتر AC به کار برده‌اید روی ۲۰ mA قرار دهید و کلید AC-DC را در حالت AC بگذارید.

■ مقدار ولتاژی را که ولت‌متر و جریانی را که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد در جدول زیر یادداشت کنید:

V..... = مقدار ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد.

mA ..... = مقدار جریانی که میلی‌آمپر متر نشان می‌دهد.

■ با استفاده از مقادیر ولتاژ و جریان، امپدانس را محاسبه کنید.

امپدانس مدار $Z = \frac{V\ (\text{ولت})}{I\ (\text{آمپر})} = \frac{.....}{.....} = ...\Omega$

اندازه گیری $Z = ...\Omega$

$$X_C = \frac{۱}{۲\pi.f.C} = \frac{۱}{۲\times۳/۱۴\times۵۰\times C} = \frac{۱}{۳۱۴C}$$

$X_C = ...\Omega$

$R = ...\Omega$

$Z = \sqrt{R^۲ + X_C{}^۲} = \sqrt{(....)^۲ + (....)^۲} = \sqrt{....}\Omega$

محاسبه $Z = ...\Omega$

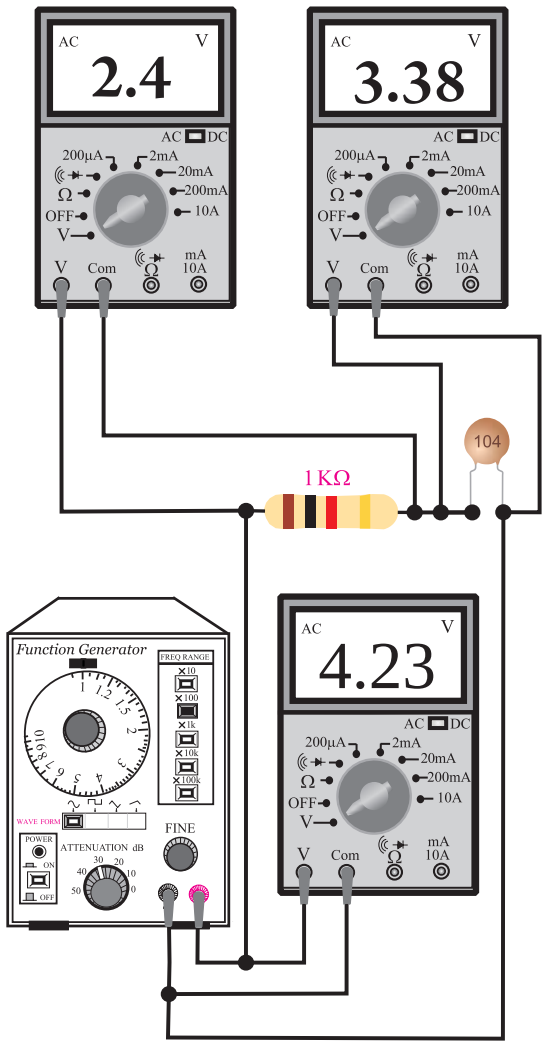
سوال ۱۸: آیا مقدار z اندازه‌گیری شده با مقدار Z که از طریق محاسبه‌ی ریاضی به‌دست آمده است تقریبا با هم برابرند؟ توضیح دهید.

مدار شکل ۸۸-۷ را ببندید.

هر دو مولتی‌متر را در حالت ولت‌متر AC بگذارید.

توجه

چنانچه سه مولتی متر در اختیار ندارید از یک مولتی متر استفاده کنید.



شکل ۸۸-۷ مدار آزمایش

■ فانکشن ژنراتور را روی فرکانس ۱KHz و دامنه‌ی ولتاژ ۶ ولت سینوسی تنظیم کنید.

■ مقدار ولتاژی را که ولت‌مترهای AC نشان می‌دهند یادداشت کنید.

V_R=..... ولتاژ دوسر مقاومت اهمی

V_C=..... ولتاژ دوسر خازن

■ یکی از ولت‌مترها را از مدار جدا کنید و با آن ولتاژ خروجی فانکشن ژنراتور را اندازه بگیرید.

V_S=..... ولتاژ خروجی فانکشن ژنراتور

■ مقادیر V_R و V_C را در رابطه‌ی زیر قرار دهید و مقدار V_S را محاسبه کنید.

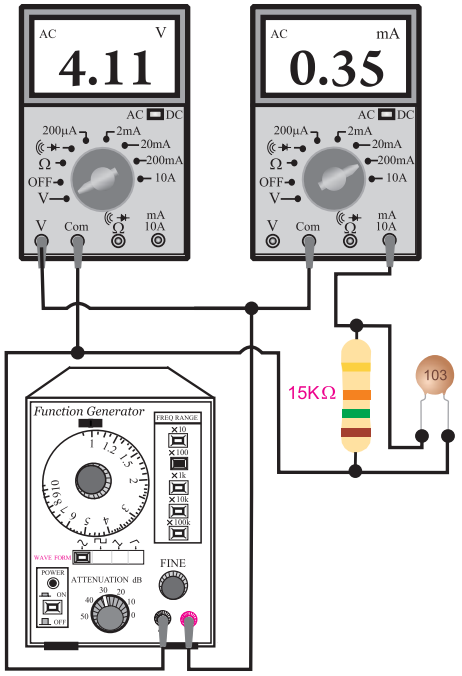
$$V_s = \sqrt{V_R^2 + V_C^2} = \sqrt{(....)^2 + (....)^2} = \sqrt{.....}$$ ولتاژ ورودی

$V_s = ...\ V$ محاسبه

سوال ۱۹: آیا مقدار V_s محاسبه شده با مقدار V_S اندازه‌گیری شده در خروجی فانکشن ژنراتور تقریبا برابر است؟ توضیح دهید.

ب: امپدانس یک مدار RC موازی

مدار شکل ۸۹-۷ را ببندید.



شکل ۸۹-۷ مدار عملی آزمایش

■ کلید سلکتور مولتی‌متر را که به عنوان ولت‌متر به کار برده‌اید در حالت AUTO یا رنج ۲۰ ولت و کلید AC-DC را در حالت AC قرار دهید.

■ کلید سلکتور مولتی‌متر را که به عنوان میلی‌آمپرمتر AC به کار برده‌اید روی رنج مناسب بگذارید و کلید AC-DC را در حالت AC قرار دهید.

■ فانکشن ژنراتور را روی فرکانس ۱KHz و دامنه‌ی ولتاژ ۶ ولت سینوسی تنظیم کنید.

■ مقدار ولتاژی را که ولت‌متر و مقدار جریانی را که میلی‌آمپر متر نشان می‌دهد یادداشت کنید.

جریان مدار I = ... mA

ولتاژ خروجی فانکشن ژنراتور V = ... V

■ با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده، امپدانس مدار را محاسبه کنید.

امپدانس مدار $Z=\frac{V\text{(ولت)}}{I\ \text{(آمپر)}}=\frac{\cdots\cdots}{\cdots\cdots}=\cdots\cdots\Omega$

اندازه گیری Z=.....Ω

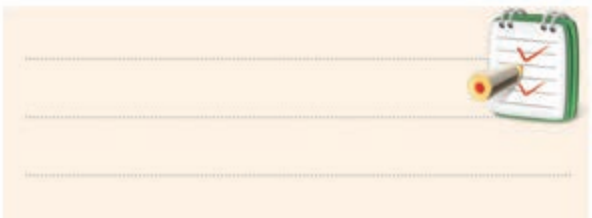
مقدار z را محاسبه کنید.

$$\frac{1}{Z^2}=\frac{1}{R^2}+\frac{1}{X_C^{\ 2}}$$

$$\frac{1}{Z^2}=\frac{1}{(\cdots\cdots)^2}+\frac{1}{(\cdots\cdots)^2}$$

محاسبه Z=.....Ω

سوال ۲۰: آیا مقدار Z اندازه‌گیری شده با مقدار Z که از طریق محاسبه‌ی ریاضی به دست آمده است تقریبا با هم برابرند؟ توضیح دهید.



۴-۲۰-۷ نتایج آزمایش

نتایج حاصل از آزمایش‌های الف و ب را به طور خلاصه بیان کنید.

الف .....

ب .....

آزمون پایانی ۷

۱- ظرفیت خازن و واحد آن را تعریف کنید.

۲- ظرفیت خازن به کدام عوامل بستگی دارد؟ نام ببرید.

۳- ساختمان خازن را به طور کامل با رسم شکل شرح دهید.

۴- در یک خازن، ۰/۰۱ میلی کولمب بار الکتریکی ذخیره شده است. اگر ظرفیت خازن $10\ \mu F$ باشد ولتاژ دو سر خازن چند ولت است؟

۵- ساختمان داخلی یک خازن کاغذی را شرح دهید.

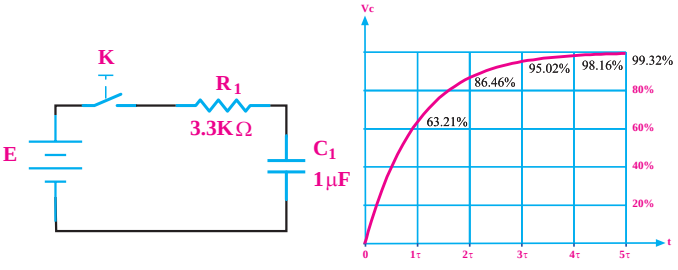
۶- روش آزمایش سلامت خازن با اهم‌متر عقربه‌ای را شرح دهید.

۷- اگر یک خازن را به یک ولتاژ DC وصل کنیم چه

اتفاقی می افتد؟ شرح دهید.

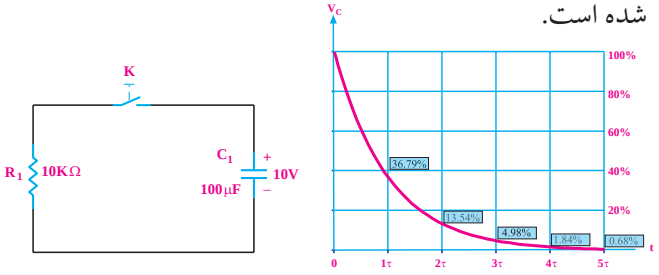
۸- چگونه می‌توان ظرفیت یک خازن را اندازه گرفت؟ مراحل اندازه‌گیری را شرح دهید.

۹- با توجه به منحنی داده شده در شکل ۷-۹۰ و مدار مربوطه پس از بسته شدن کلید K، چند میلی ثانیه طول می‌کشد تا ولتاژ دو سر خازن به ۰/۸۶ ولتاژ منبع (E) برسد.



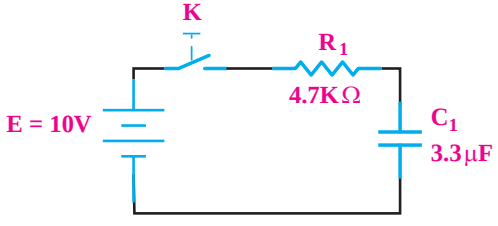
شکل ۷-۹۰

۱۰- در شکل ۷-۹۱ با توجه به منحنی دشارژ خازن بعد از بسته شدن کلید K پس از چند ثانیه ولتاژ دو سر خازن کمتر از ۰/۱ ولت می شود؟ خازن قبلا به اندازه‌ی ۱۰ ولت شارژ شده است.



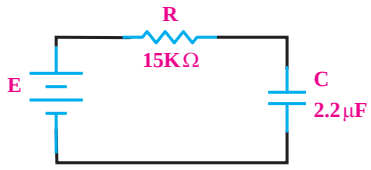
شکل ۷-۹۱

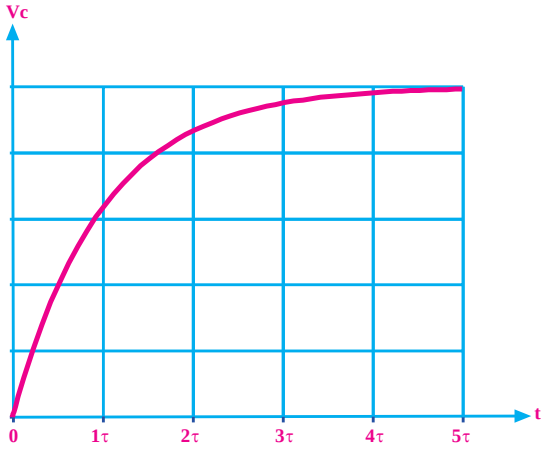
۱۱- در شکل ۷-۹۲ بعد از بسته شدن کلید، شکل تقریبی جریان شارژ خازن را رسم کنید.



شکل ۷-۹۲

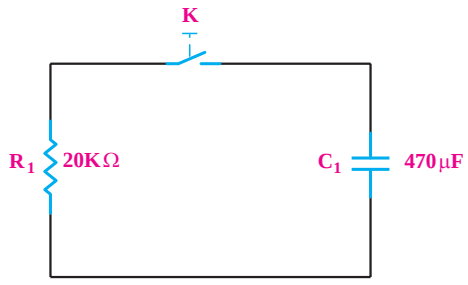
۱۲- در شـکل ۹۳-۷ با توجه به منحنی شارژ خازن بعد از سه ثابت زمانی ولتاژ دو سر خازن چند ولت می شود؟

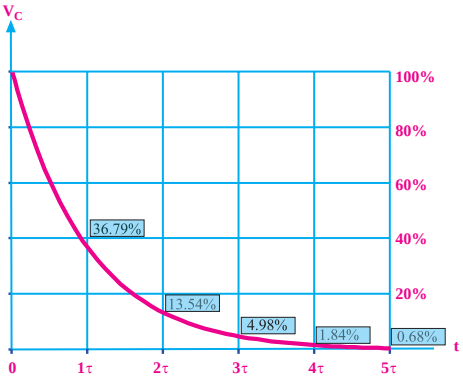




شکل ۹۳-۷

۱۳- در شـکل ۹۴-۷ ولتاژ دو سـر خازن بـه اندازه‌ی ۱۵ ولت اسـت. اگر کلیـد K را وصل کنیم، بـا توجه به منحنی دشـارژ خازن، پس از سه ثابت زمانی ولتاژ دو سر خازن چند ولت می شود؟



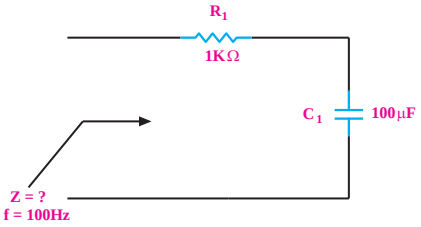


شکل ۹۴-۷

۱۴- مقـدار انرژی ذخیره شـده در صفحات خازن به چه عواملی بستگی دارد؟ با ذکر روابط شرح دهید.

۱۵- چهار مشخصه از مشخصات خازن را نام ببرید.

۱۶- در شکل ۹۵-۷ امپدانس مدار را محاسبه کنید.

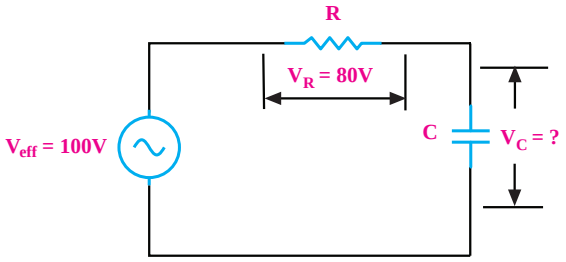


شکل ۹۵-۷

۱۷- راکتانس خازنی را تعریف کنید.

۱۸- در یک خازن بـا افزایش فرکانس، راکتانس خازنی چه تغییری می‌کند.

۱۹-در شکل ۹۶-۷ ولتاژ دو سر خازن چند ولت است؟



شکل ۹۶-۷

۲۰- خازن ۱۰۰PF معادل چند میکرو فاراد است؟

الف) 10^{8} ب) 10^{-5} ج) 10^{10} د) 10^{-4}

۲۱- بـرای دشـارژ کردن خازن کدامیـک از موارد زیر صحیح است؟

الف) قطع و وصل کلید موجود در مدار

ب) اتصال کوتاه کردن دو پایه‌ی خازن

ج) اعمال ولتاژ به دو سر خازن

د) تخلیه‌ی میدان مغناطیسی صفحات خازن

۲۲- هر چه ضریب دی‌الکتریک ماده‌ی عایق به کار رفته در خازن زیادتر باشد، ظرفیت خازن .....

الف) کمتر می‌شود ب) زیادتر می‌شود

ج) تغییر نمی‌کند د) با توان دو تغییر می‌کند.

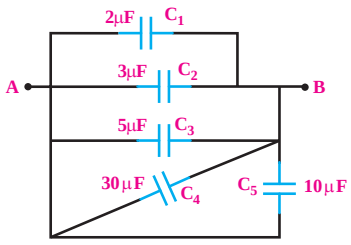
۲۳- ظرفیت خازن معادل ۲ خازن مسـاوی که به صورت مـوازی بسـته شـده‌اند ..... برابـر ظرفیت هـر یک از خازن‌های مدار است.

الف) $\frac{1}{2}$ ب) ۲ ج) $\sqrt{2}$ د) $\frac{1}{\sqrt{2}}$

۲۴- ظرفیت خازن معادل بین دو نقطه‌ی A و B در شکل

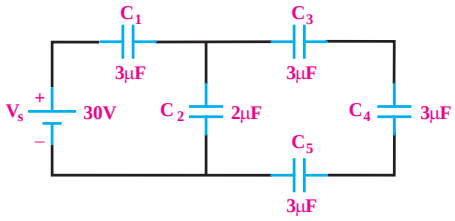
۹۷-۷ چند میکرو فاراد است.

الف) ۱۵۰ ب) ۵۰ ج) ۸۰ د) ۲۰



شکل ۹۷-۷

۲۵- ولتاژ دو سر خازن C_2 در شکل ۹۸-۷ چند ولت است؟



شکل ۹۸-۷

الف) ۱۴/۵ ب) ۱۵ ج) ۱۲ د) ۱۷

۲۶- از خازن در مدارهای الکتریکی برای ذخیره‌ی انرژی الکتریکی استفاده می‌شود.

الف) صحیح ❐ ب) غلط ❐

۲۷- ظرفیت یک خازن با فاصله ی بین صفحات آن رابطه‌ی مستقیم دارد.

الف) صحیح ❐ ب) غلط ❐

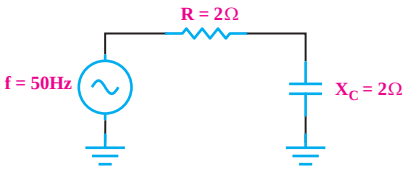
۲۸- حداکثر ولتاژی که می‌توان به طور دائم به خازن اعمال کرد را ولتاژ ذخیره شده گویند.

الف) صحیح ❐ ب) غلط ❐

۲۹- راکتانس خازنی یک خازن ۷۹۰۰ اهم است. اگر ظرفیت خازن $0/1\ \mu F$ باشد. فرکانس مدار تقریباً چند هرتز است؟

الف) ۵۰ ب) ۶۰ ج) ۱۰۰ د) ۲۰۰

۳۰- امپدانس مدار شکل ۹۹-۷ چند اهم است؟

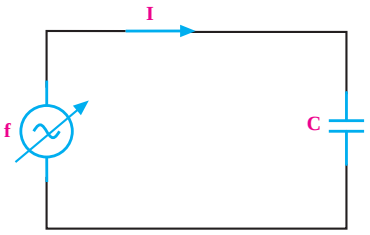


شکل ۹۹-۷

الف) ۲/۸۲ ب) ۸ ج) ۴ د) صفر

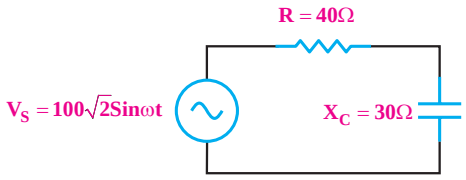
۳۱- در شکل ۱۰۰-۷ هرقدر فرکانس افزایش یابد، مقدار I ..... می شود.

الف) کم ❐ ب) زیاد ❐



شکل ۱۰۰-۷

۳۲- در شکل ۱۰۱-۷ جریان موثر مدار و اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ را به دست آورید.



شکل ۱۰۱-۷