

## 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 می‌رود که:

- ۱- ساختمان داخلی خازن را شرح دهد.
- ۲- ظرفیت خازن و عوامل مؤثر در 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 توضیح دهد.
- 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 خازن‌ها 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 اندازه بگیرد.
- 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.

ساعت آموزش			توانایی شماره
جمع	عملی	نظری	
۲۸	۱۶	۱۲	



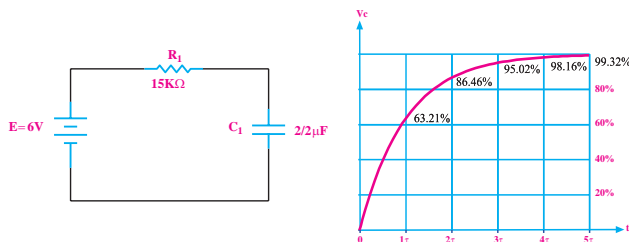
۱- ظرفیت خازن با سطح صفحات خازن نسبت ..... و با فاصله‌ی بین دو صفحه نسبت ..... دارد.

الف) معکوس - مستقیم      ب) مستقیم - مستقیم

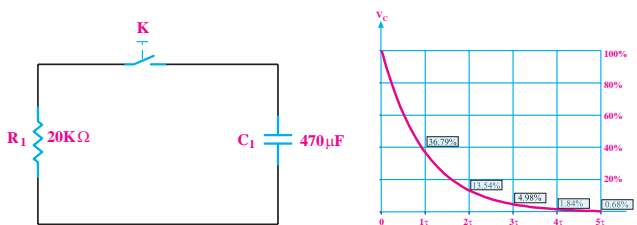
ج) مستقیم - معکوس      د) معکوس - معکوس

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

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 پیچ‌گوشی 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  $\cos \varphi = 0.5$  باشد مقدار Z چند

اهم است؟

ب) ۳۳۰۰۰nF

د) ۳۳Pf

الف) ۳۳۳PF

ج) ۳۳nF



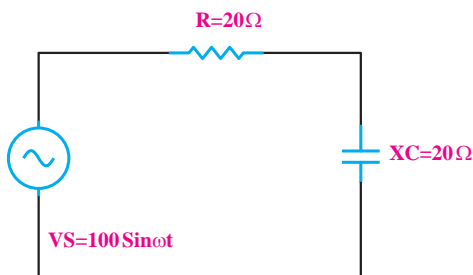
۱۴- در شکل زیر امپدانس مدار تقریباً چند اهم است؟

ب) ۴۰

الف) ۱۴

د) بی نهایت

ج) ۲۸

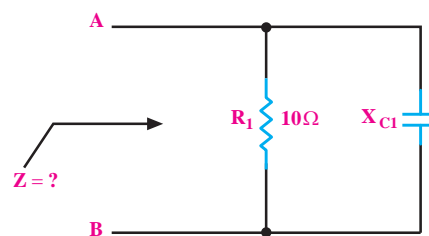


ب)  $\sqrt{10}$

الف) ۱۰

د)  $\sqrt{5}$

ج) ۵



۱۰- به حداکثر میزان تغییر ظرفیت خازن به ازای تغییر

یک درجه حرارت تفرانس می گویند.

☐ غلط

☐ صحیح

۱۱- مقدار ظرفیت خازن معادل  $n$  خازن مساوی که به

طور سری قرار گیرند از رابطه ی ..... قابل محاسبه است.

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

۱۲- در مدار RC موازی جریان موثر کل مدار از ولتاژ

کل مدار ..... است.

☐ عقب تر

☐ جلوتر

۱۳- پاسخ های صحیح ستون سمت چپ را به ستون سمت

راست اتصال دهید.

● عامل مشترک جریان      RC سری

● عامل مشترک ولتاژ

$\cos \phi = \frac{R}{Z}$       ●

$\cos \phi = \frac{Z}{R}$       ●

$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$       ●

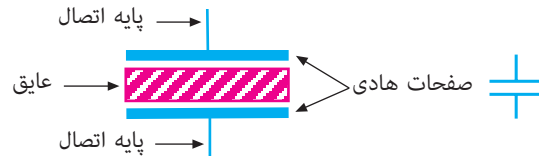
$I = \sqrt{I_R^2 + I_c^2}$       ●

RC موازی

## ۷-۱ 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 ۷-۱، علامت قرار دادی و ساختمان داخلی خازن در حالت کلی نشان داده شده است.



الف) علامت قراردادی خازن      ب) ساختمان داخلی خازن

شکل ۷-۱ ساختمان داخلی و علامت قرار دادی خازن

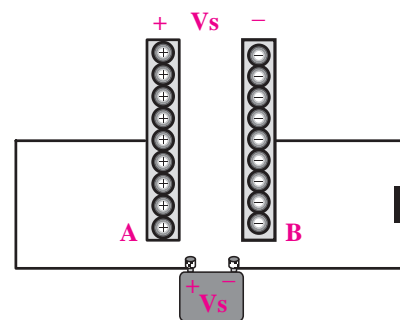
همان‌طور که از شکل ۷-۱ مشاهده می‌شود خازن از دو قسمت اصلی تشکیل شده است.

### الف- صفحات هادی

### ب- ماده‌ی عایق (دی الکتریک)

## ۷-۲ مفهوم ظرفیت

در صورتی که مانند شکل ۷-۲ 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. به همین دلیل در مدارهای الکتریکی از خازن به منظور ذخیره‌ی انرژی الکتریکی استفاده می‌شود.



شکل ۷-۲ 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 به صورت 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

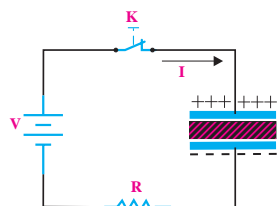
یک فاراد ظرفیت نسبتاً بزرگی است و در عمل معمولاً از واحدهای خیلی کوچک‌تر از فاراد مانند میکرو فاراد، نانو فاراد و پیکو فاراد استفاده می‌شود.

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

جدول ۷-۱ واحدهای ظرفیت خازن

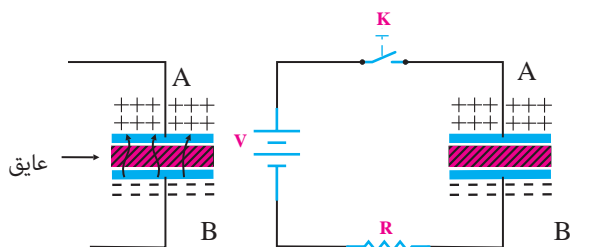
واحد	حرف اختصاری	ضریب	چگونگی تبدیل
فاراد	F	واحد اصلی	برای تبدیل واحد بیشتر به واحد کمتر، عدد در ۱۰۰۰ ضرب می‌شود.
میلی فاراد	mF	$10^{-3} F$	
میکرو فاراد	$\mu F$	$10^{-6} F$	
نانو فاراد	nF	$10^{-9} F$	
پیکوفاراد	pF	$10^{-12} F$	

بستگی به ظرفیت خازن و ولتاژ منبع دارد. همان طور که در شکل ۷-۳ ملاحظه می شود، زمانی که کلید بسته می شود، در اثر عبور جریان، ذخیره ی بارهای الکتریکی در صفحات خازن شروع می شود. با تداوم ذخیره ی بار الکتریکی در خازن ولتاژ بین صفحات خازن شروع به افزایش و جریان مدار شروع به کاهش می کند، این روند ادامه می یابد تا ولتاژ دو سر خازن برابر با ولتاژ منبع و جریان مدار صفر می شود. در این حالت می گویند خازن به طور کامل شارژ شده است.



شکل ۷-۳ نحوه ی شارژ خازن

همان طور که در شکل ۷-۴ می بینید اگر خازن از منبع جدا شود تا مدتی در دو سر آن ولتاژ وجود دارد یعنی انرژی ذخیره شده را در خود نگه می دارد. از طرفی چون مقاومت عایق خازن بی نهایت نیست (عایق مطلق نیست)، به مرور زمان الکترون ها از طریق عایق از صفحه ی B به طرف صفحه ی A حرکت می کنند و خازن را تخلیه می نمایند. بدیهی است اگر خاصیت عایقی خازن، مطلق باشد خازن برای همیشه انرژی ذخیره شده را در خود حفظ می کند.



(ب) عایق غیر مطلق

(الف) شارژ کامل خازن

شکل ۷-۴ شارژ کامل خازن

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 نانوفاراد است. مقدار ظرفیت

را بر حسب فاراد به دست آورید.

$$C = 100 \text{ nF}$$

$$C = 100 \div 10^9 = 10^{-7} \text{ F}$$

$$C = 10^{-7} \text{ F}$$

**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 :

$$Q = 33 \text{ میکرو کولمب} = 33 \times 10^{-6} = 0.000033$$

$$Q = C.V$$

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{0.000033}{10} = 0.0000033 \text{ F}$$

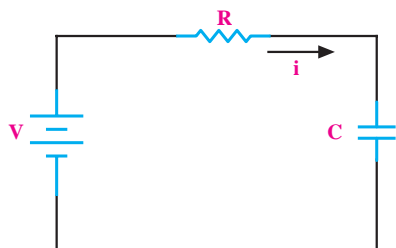
$$C = 0.0000033 \times 1000000 = 3.3 \mu\text{F}$$

$$C = 3.3 \mu\text{F}$$

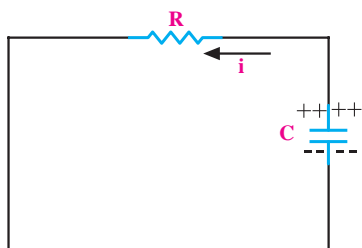
### ۷-۳ شارژ و دشارژ خازن در جریان مستقیم

وقتی یک خازن را به ولتاژ DC وصل کنیم خازن شارژ می شود. در هنگام شارژ، انرژی الکتریکی از منبع به خازن انتقال می یابد و در آن ذخیره می شود. مقدار این انرژی

طول می کشد تا خازن شارژ خود را از دست بدهد. این زمان را اصطلاحاً ثابت زمانی مدار RC می نامند که بستگی به مقدار R و C دارد.



الف) مدار شارژ خازن



ب) مدار د شارژ خازن

شکل ۷-۶ مدار شارژ و دشارژ خازن

مقدار ثابت زمانی از حاصل ضرب R در C به دست می آید و آن را با حرف  $\tau$  (تاو) نشان می دهند یعنی

$$\tau = RC$$

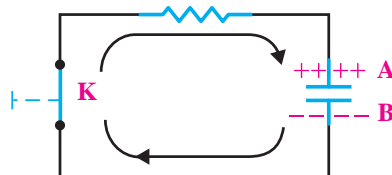
$\tau$  = ثابت زمانی بر حسب ثانیه

$R$  = مقاومت اهمی سری شده با خازن

$C$  = ظرفیت خازن بر حسب فاراد

رابطه ی شارژ خازن در مدار شکل ۷-۶ الف، یک رابطه ی خطی نیست، بلکه به صورت نمایی (جهشی) است. خازن موجود در مدار شکل ۷-۶ الف تقریباً بعد از ۵ ثابت زمانی به طور کامل شارژ می شود. (بیش از ۹۹/۳٪) شکل ۷-۷ الف منحنی شارژ خازن را نشان می دهد. به ازای هر ثابت زمانی، خازن به اندازه ی درصد معینی شارژ می شود که

برای تخلیه ی بار الکتریکی صفحات خازن ابتدا خازن را از منبع تغذیه جدا می کنیم، سپس دو صفحه ی A و B خازن را از طریق یک مقاومت به یکدیگر اتصال می دهیم.



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

#### ۷-۴ 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 انتقال می یابد و در آن ذخیره می شود. مقدار این انرژی بستگی به ظرفیت خازن و ولتاژ منبع دارد.

اگر بار الکتریکی ذخیره شده بر روی صفحات خازن معادل Q و اختلاف پتانسیل بین دو صفحه V باشد انرژی ذخیره شده در خازن از روابط زیر به دست می آید:

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

#### ۷-۵ ثابت زمانی

اگر طبق شکل ۷-۶ مداری شامل یک مقاومت اهمی و یک خازن را که به صورت سری بسته شده اند به یک منبع ولتاژ DC وصل می کنیم، خازن فوراً شارژ (پُر) نمی شود بلکه مدتی طول می کشد تا به شارژ کامل برسد. زمان شارژ بستگی به مقدار R و C دارد. همچنین اگر پایه های یک خازن شارژ شده را به وسیله ی یک مقاومت اهمی به یکدیگر اتصال دهیم خازن به یک باره دشارژ (خالی) نمی شود، بلکه مدت زمانی

## ۶-۷ آزمایش شماری (۱)

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

### ۱-۶-۷ هدف آزمایش

اندازه گیری مقدار ثابت زمانی شارژ و دشارژ خازن در مدار RC سری

### ۲-۶-۷ 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 $1M\Omega$ و $10\Omega$	از هر کدام یک عدد
۵	خازن $10\mu F-25V$	یک عدد
۶	سیم دو سر گیره دار ۴۰ cm	چهار رشته
۷	سیم یک سر گیره دار ۴۰ cm	چهار رشته
۸	سیم بدون گیره (معمولی) ۴۰ cm	چهار رشته
۹	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

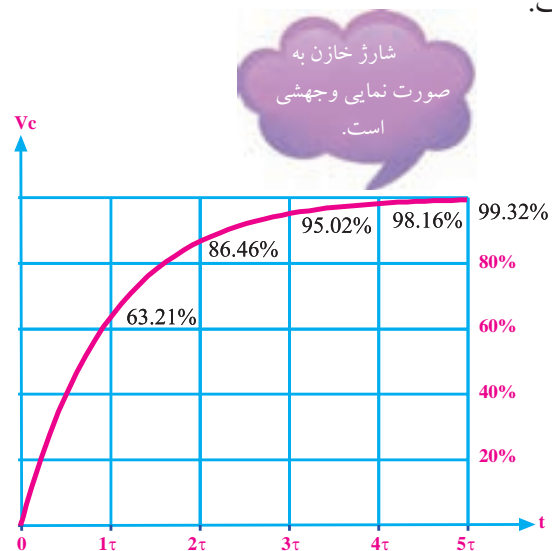
### توجه

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

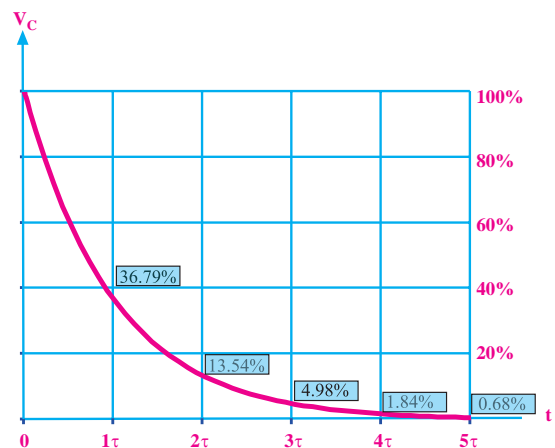


مقدار آن روی منحنی مشخص شده است. شکل ۷-۷-ب-  
منحنی دشارژ خازن را نشان می دهد. در ثابت زمانی اول، ولتاژ دو سر خازن ۶۳/۲۱٪ کم می شود. کاهش ولتاژ در ثابت زمانی دوم به ۸۶/۴۶٪، در ثابت زمانی سوم به ۹۵/۰۲٪ و در ثابت زمانی چهارم به ۹۸/۱۶٪ و بالاخره در ثابت زمانی پنجم به ۹۹/۳۲٪ می رسد.

در این حالت می گوئیم خازن کاملاً تخلیه شده است. درصد های مربوط به شارژ خازن نیز کاملاً مشابه دشارژ آن است.



الف- منحنی شارژ خازن



ب- منحنی دشارژ خازن

شکل ۷-۷-منحنی های شارژ و دشارژ خازن

### ۳-۶-۷ مراحل اجرای آزمایش

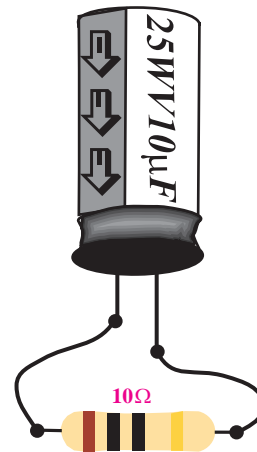
#### الف- اندازه گیری ثابت زمانی مدار RC سری (در حالت شارژ)

■ 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

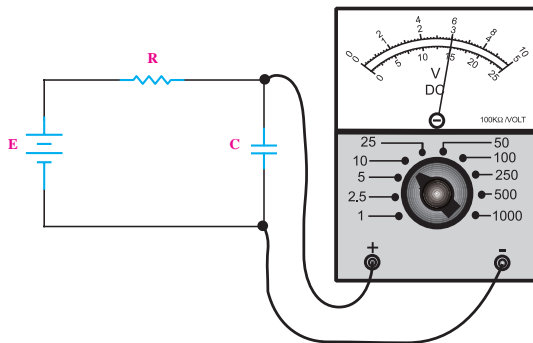
داشته باشد (شارژ شده باشد) کاملا تخلیه شود، شکل ۷-۸.



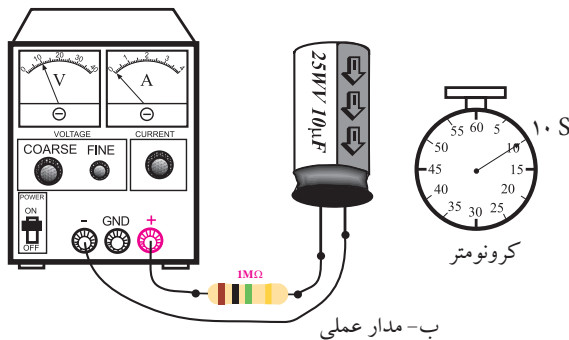
شکل ۷-۸ نحوه ی تخلیه ی خازن

#### توجه

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



الف- نقشه ی فنی مدار



ب- مدار عملی

شکل ۷-۹

■ ثابت زمانی شارژ خازن را از رابطه ی زیر محاسبه

و مقدار آن را یادداشت کنید.

$$\tau = RC = 1M\Omega \times 10\mu F = 10S$$

■ منبع تغذیه را قبل از اتصال به مدار روی ۱۰ ولت تنظیم

کنید و رنج کلید ولت متر را نیز روی ۱۰V قرار دهید.

■ کروномتر را آماده کنید.

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

#### توجه

قبل از استفاده از خازن جهت

تخلیه ی آن، چند لحظه

دوپایه ی آن را به کمک یک

مقاومت  $10\Omega$  به هم اتصال

کوتاه کنید.



علامت WV نشان دهنده ی ولتاژ کار خازن (Working

Voltage) است.

■ مدار شکل ۷-۹ را ببندید.



کنید.

■ منبع تغذیه را دقیقاً روی ۱۰ ولت تنظیم کنید و آن را

خاموش نمایید.

■ کرونومتر را صفر کنید. مدار را به منبع تغذیه وصل

کنید. به طور همزمان منبع تغذیه و کرونومتر را فعال کنید.

■ بعد از ۲۰ ثانیه (دو ثابت زمانی) بلافاصله منبع تغذیه

را خاموش کنید.

■ خازن را از مدار جدا کنید و ولتاژ دو سر آن را با

ولت‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$T_p = 20\text{S} \quad V_c = \dots\dots\dots \text{V}$$

■ مراحل فوق را برای 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.

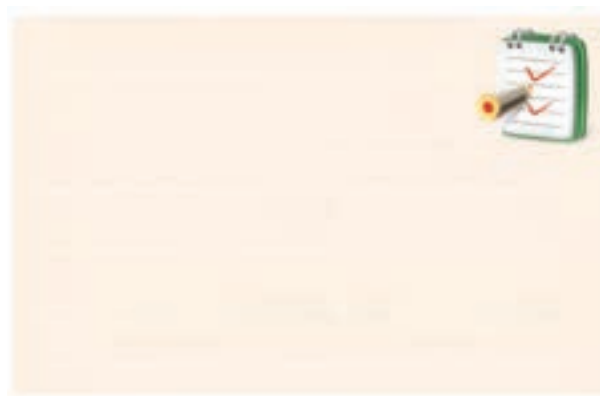
$$T_p = 30\text{S} \quad V_c = \dots\dots\dots \text{V}$$

$$T_p = 40\text{S} \quad V_c = \dots\dots\dots \text{V}$$

$$T_p = 50\text{S} \quad V_c = \dots\dots\dots \text{V}$$

**سؤال ۱:** آیا مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیری که قبلاً

به صورت تئوری خوانده‌اید تطبیق دارد؟ توضیح دهید.



■ هم‌زمان با روشن کردن منبع تغذیه، کرونومتر را فعال

کنید تا زمان شارژ اندازه‌گیری شود.

■ به محض اینکه کرونومتر ۱۰ ثانیه (یک ثابت زمانی)

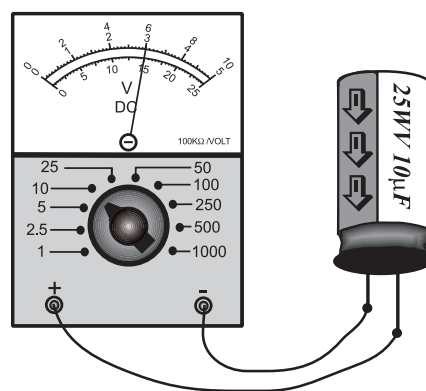
را نشان داد، بلافاصله منبع تغذیه را خاموش کنید و خازن را

از مدار جدا نمایید.

■ مطابق شکل ۱۰-۷ ولتاژ دو سر خازن را با ولت‌متر

اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

$$T_p = 10\text{S} \quad V_c = \dots\dots\dots \text{V}$$



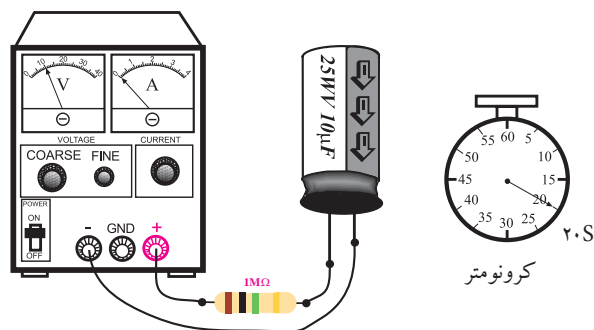
شکل ۱۰-۷ اندازه‌گیری ولتاژ خازن

■ دوباره دو سر خازن را برای یک لحظه به کمک یک

مقاومت  $10\Omega$  اتصال کوتاه کنید تا کاملاً دشارژ شود.

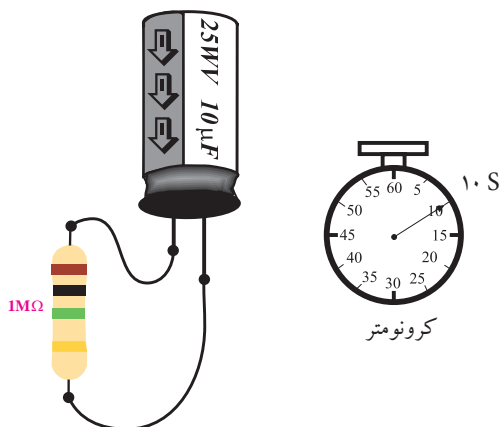
■ مدار شکل ۱۱-۷ را دوباره با خازن کاملاً دشارژ شده

ببندید.



شکل ۱۱-۷ مدار آزمایش

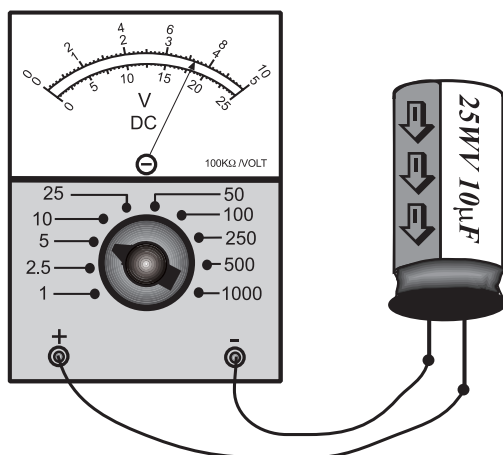
- منبع تغذیه را روشن کنید. کمی صبر نمایید سپس آن را خاموش کنید و خازن را از منبع تغذیه جدا کنید.
- کرونومتر را صفر کنید و آماده نگه دارید.
- با استفاده از خازن شارژ شده در مرحله قبل مدار شکل ۷-۱۳ را ببندید. به محض اتصال، کرونومتر را فعال کنید تا زمان را محاسبه کند.



شکل ۷-۱۳ دشارژ خازن

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

$$V_C = \dots\dots\dots V$$



شکل ۷-۱۴ اندازه‌گیری ولتاژ خازن

### نکته‌ی مهم:



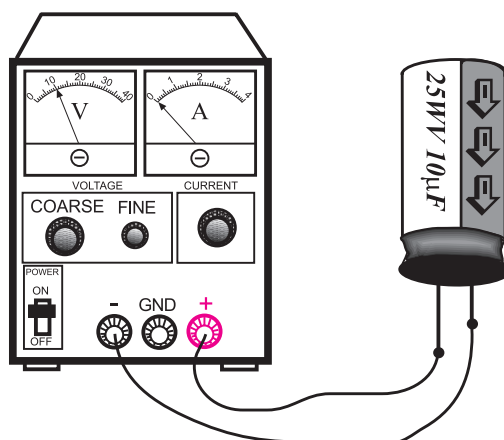
معمولاً مقدار اندازه‌گیری شده با مقدار محاسبه شده قدری تفاوت دارد که مربوط به خطاهای ناشی از اندازه‌گیری است. ولی در هر صورت باید نتایج تقریبی قابل قبولی به دست آید. در صورت نیاز آزمایش را تکرار کنید.

### 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 ۷-۱۲ 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 ۷-۱۲ شارژ خازن

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

■ منبع تغذیه را دوباره روی ۱۰ ولت تنظیم کنید.

■ خازن را با رعایت قطب مثبت و منفی مانند شکل

۷-۱۲ به منبع تغذیه وصل کنید و صبر کنید تا به طور کامل (۱۰V) 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 ۷-۱۳ 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 ۷-۱۴ اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$T_p = 20S \quad V_C = \dots\dots\dots V$$

■ اندازه‌گیری‌های فوق را برای زمان‌های ۳۰، ۴۰ و ۵۰

ثانیه تکرار کنید و مقادیر را یادداشت نمایید.

$$T_p = 30S \quad V_C = \dots\dots\dots V$$

$$T_p = 40S \quad V_C = \dots\dots\dots V$$

$$T_p = 50S \quad V_C = \dots\dots\dots V$$

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.



خازن تبعیت می کند. بدین معنی که ظرفیت خازن با سطح صفحات خازن نسبت مستقیم و با فاصله بین دو صفحه نسبت عکس دارد. هم چنین جنس عایق بین صفحات خازن نیز در مقدار ظرفیت آن مؤثر است. رابطه ی زیر اثر عوامل فیزیکی روی ظرفیت خازن را نشان می دهد.

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

سطح صفحات خازن  
فاصله بین دو صفحه  
ضریب مرتبط با جنس عایق بین صفحات



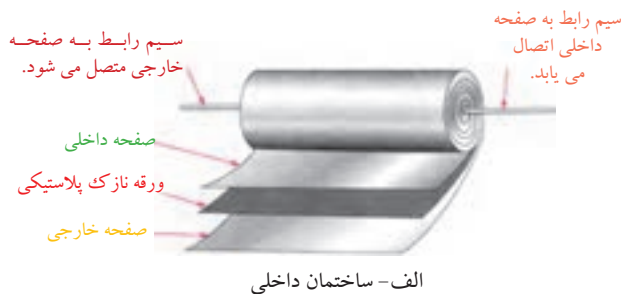
شکل ۷-۱۵ شکل ظاهری چند نمونه خازن

در ادامه به بررسی و تشریح چند نمونه خازن می پردازیم.

### الف- خازن کاغذی

عایق این نوع خازن از کاغذ است. کاغذ به عنوان عایق بین دو هادی که معمولاً از جنس آلومینیوم است قرار می گیرد و مانند شکل ۷-۱۶-الف مجموعه را به صورت لوله می پیچند.

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



ب- شکل ظاهری

شکل ۷-۱۶ خازن کاغذی

با توجه به رابطه ی بالا، هر قدر سطح صفحات بزرگ تر و فاصله ی بین دو صفحه کم تر باشد، ظرفیت خازن بیشتر است و می تواند انرژی بیش تری را در خود ذخیره کند. هم چنین جنس عایق نیز در میزان شارژ خازن دخالت دارد.

### ۷-۸ انواع خازن ها

با توجه به موارد کاربرد، خازن ها را با شکل های فیزیکی متنوع، ظرفیت ها و مشخصات مختلف می سازند که در ادامه به بعضی از آن ها اشاره می کنیم.

به طور کلی خازن ها را به دو دسته ی کلی تقسیم می کنند.

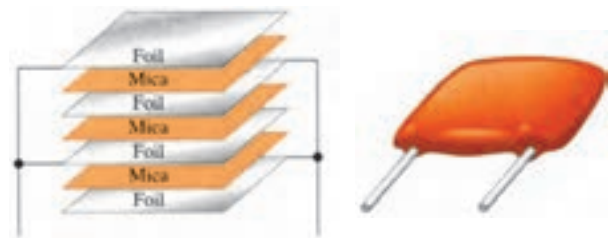
- خازن های ثابت
- خازن های متغیر

#### ۷-۸-۱ خازن های ثابت

ظرفیت این خازن ها ثابت است و نمی توان مقدار آن ها را تغییر داد. این نوع خازن ها بر اساس جنس ماده ی دی الکتریک

## ب- خازن میکا (Mica)

میکا یک نوع ماده‌ی معدنی است که در زمین به مقدار زیاد یافت می‌شود. در خازن با عایق میکا، از ورقه‌های نازک "میکا" به عنوان عایق و از ورقه‌های نازک "روی" به عنوان جوشن استفاده می‌کنند. این خازن بسیار دقیق است و کم‌تر تحت تأثیر حرارت قرار می‌گیرد لذا از آن در ساختن مدارهای دقیق استفاده می‌کنند. شکل ۷-۱۷ ساختمان داخلی و شکل ظاهری خازن میکا را نشان می‌دهد.

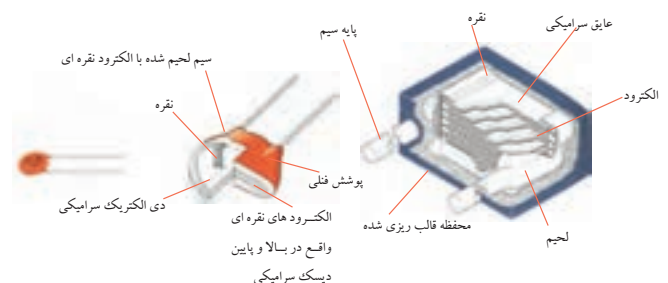


الف) شکل ظاهری خازن میکا ب) ساختمان داخلی خازن میکا

شکل ۷-۱۷ خازن میکا

## ج- خازن سرامیکی

در خازن سرامیکی مطابق شکل ۷-۱۸، از یک قرص سرامیک به عنوان ماده‌ی عایق استفاده شده است. شکل ظاهری این خازن‌ها گرد و کوچک است. به همین جهت به آن خازن عدسی نیز می‌گویند. ظرفیت این خازن‌ها بسیار کم و در حدود  $nF$  (نانو فاراد) است. شکل ۷-۱۸ شکل ظاهری و ساختمان داخلی ۲ نمونه خازن سرامیکی را نشان می‌دهد.



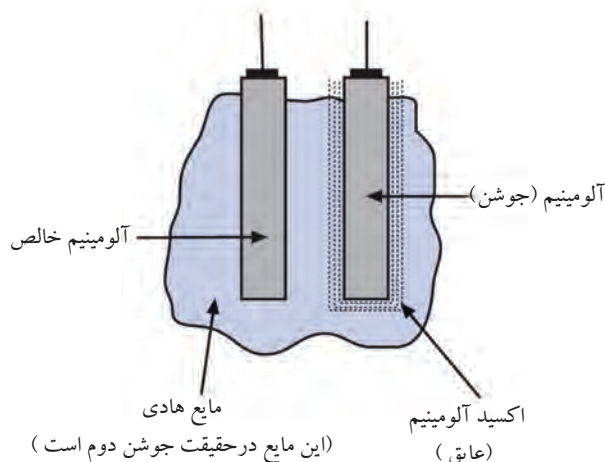
شکل ۷-۱۸ خازن سرامیکی

## د- خازن‌های الکترولیتی

خازن‌های الکترولیتی به خاطر ساختمان مخصوصی که دارند، دارای ظرفیت زیادی هستند. یکی از جوشن‌های این خازن صفحه‌ی نازکی از آلومینیوم است که بر روی آن قشر بسیار نازکی از اکسید آلومینیوم قرار می‌گیرد. جوشن دیگر این خازن یک صفحه‌ی آلومینیوم خالص است که همراه با مایع هادی اطراف دو جوشن، تشکیل جوشن دوم را می‌دهند. شکل ۷-۱۹ شکل ظاهری و ساختمان داخلی این خازن را نشان می‌دهد.



الف) شکل ظاهری خازن الکترولیتی



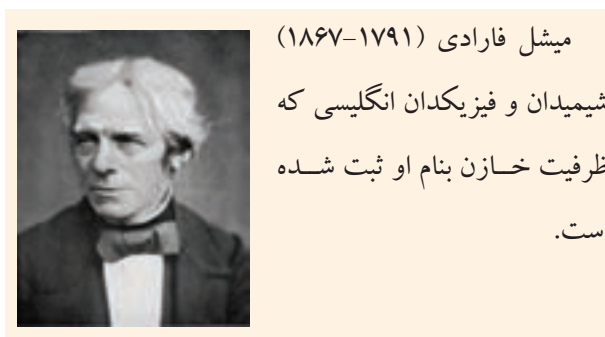
ب) ساختمان داخلی خازن الکتریکی

شکل ۷-۱۹ خازن الکترولیتی

ظرفیت خازن الکترولیتی شدیداً تابع حرارت است و عموماً با زیاد شدن درجه‌ی حرارت ظرفیت آن زیاد می‌شود. عمر این خازن نسبتاً کوتاه است، زیرا پس از گذشت



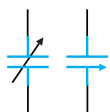
شکل ۷-۲۱ خازن تانتالیوم



## ۷-۸-۲ خازن‌های متغیر

خازن‌های متغیر به خازن‌هایی گفته می‌شود که دارای ظرفیت ثابت نیستند. در این نوع خازن‌ها عایق بین دو هادی هوا است. شکل ۷-۲۲ نمونه‌ای از خازن با عایق هوا را نشان می‌دهد. این خازن از نوع ظرفیت متغیر است. ساختن ظرفیت‌های خیلی بالا از این نوع خازن غیر ممکن است. از این نوع خازن بیشتر به عنوان خازن متغیر در فرکانس‌های بالا و در گیرنده‌های رادیویی استفاده می‌شود. در خازن‌های متغیر با تغییر سطح موثر بین صفحات (A) می‌توان مقدار ظرفیت خازن را تغییر داد.

صفحات متغیر



ب) علامت قرار دادی خازن متغیر

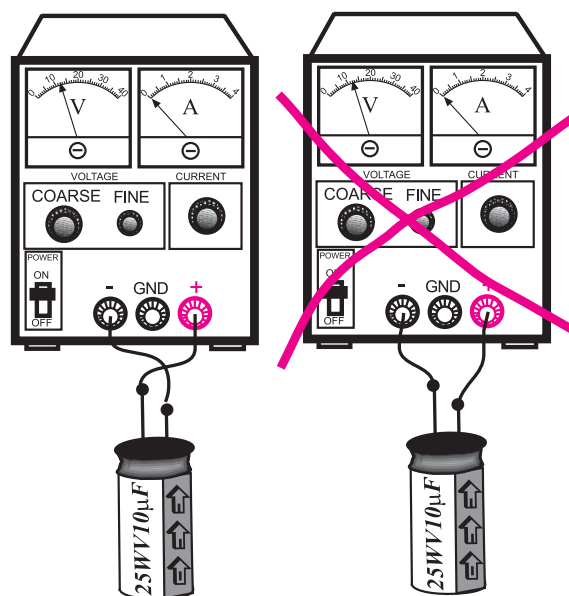


الف) شکل ظاهری خازن متغیر

شکل ۷-۲۲ خازن متغیر

چندین سال، مایع الکترولیت آن خشک شده و ظرفیت آن کاهش می‌یابد. یکی از علل ایجاد عیب در دستگاه الکترونیکی تغییر ظرفیت این خازن در طی زمان می‌باشد.

کاربرد عمده‌ی این خازن در محل‌هایی است که ظرفیت زیاد و حجم کم مطرح باشد. این خازن‌ها را «خازن‌های قطب‌بندی» شده نیز می‌نامند. همانند شکل ۷-۲۰ هنگام کاربرد این خازن حتماً باید قطب مثبت منبع 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.



ب- اتصال صحیح خازن

به منبع ولتاژ DC

الف- اتصال غلط خازن

به منبع ولتاژ DC

شکل ۷-۲۰ 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 نسبت به اکسید آلومینیوم سبب می‌شود خازن‌های تانتالیومی نسبت به نوع آلومینیومی در حجم مساوی دارای ظرفیت بیش‌تری باشند. شکل ۷-۲۱ ساختمان داخلی خازن

تانتالیوم را نشان می‌دهد.

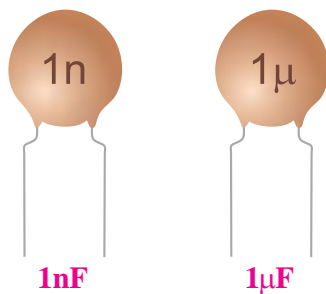
شکل ۷-۲۵ خازن غیر قطبی و ظرفیت آن ۰/۱ میکروفاراد و ولتاژ کار آن ۱۰۰ ولت است.



شکل ۷-۲۵ مشخصات روی خازن

## ۷-۹ 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 می‌شود. در این شرایط هیچ ابهامی برای خواندن مقدار ظرفیت وجود ندارد. در شکل ۷-۲۶ دو نمونه خازن نشان داده شده است.



شکل ۷-۲۶ 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 پیکوفاراد است.

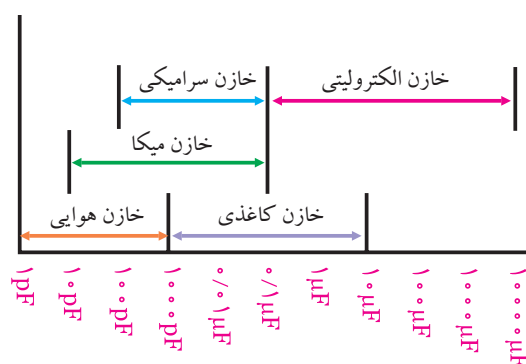
در شکل ۷-۲۷ چند نمونه خازن نشان داده شده است.

این خازن‌ها در دو شکل «خازن واریابل» یا «تریمر» مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل ۷-۲۳ 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 به وسیله‌ی پیچ گوشتی تغییر می‌کند.



شکل ۷-۲۳ خازن‌های واریابل و تریمر

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



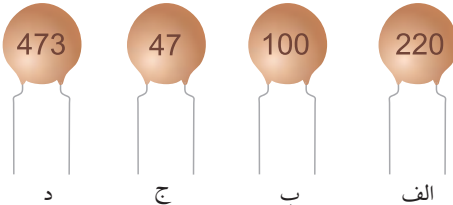
شکل ۷-۲۴ نمودار ظرفیت خازن‌های مختلف

معمولاً ظرفیت هر خازن و همچنین حداکثر ولتاژ مجاز آن را بر روی بدنه‌ی خازن می‌نویسند. اگر خازن قطبی باشد (مانند خازن‌های الکتrolیتی)، روی بدنه‌ی منتهی به پایه‌های خازن، قطب‌های ولتاژ (+ یا -) را نیز مشخص می‌کنند. در

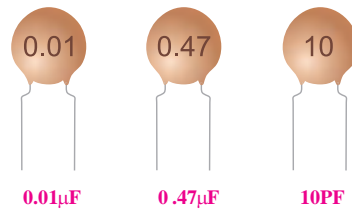


تمرین کلاسی ۱: ظرفیت خازن‌های شکل

۷-۲۹ را محاسبه کنید.



شکل ۷-۲۹



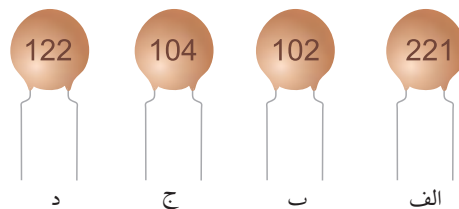
شکل ۷-۲۷ چند نمونه خازن

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 ۷-۲۸ را محاسبه

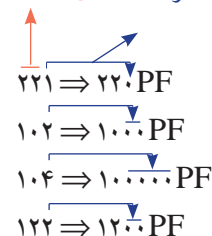
نمایید.



شکل ۷-۲۸

حل:

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



## ۷-۱۰ مشخصات خازن

قبل از انتخاب یک خازن لازم است به مشخصه‌های مربوط به خازن توجه کنیم. پاره‌ای از مشخصه‌های 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 می‌شود اختلاف دارد. این اختلاف را **تولرانس** یا درصد خطا می‌نامند و آن را بر حسب

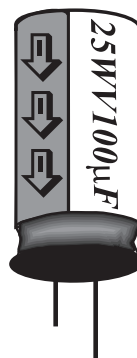


درصد بیان می کنند.

### ۷-۱۰-۳ ولتاژ مجاز خازن

به حداکثر ولتاژی که می توان به یک خازن اعمال کرد به طوری که خازن بتواند آن ولتاژ را تحمل کند، ولتاژ مجاز خازن گفته می شود. ولتاژ مجاز خازن را ولتاژ کار نیز می نامند.

مثال ۴: در شکل ۷-۳۰ ولتاژ مجاز خازن چقدر است؟



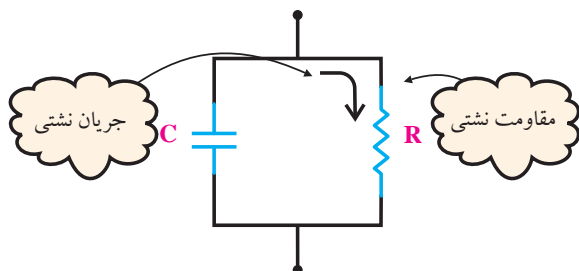
شکل ۷-۳۰ ولتاژ مجاز خازن

حل:

ولت ۲۵ = ولتاژ کار = ولتاژ مجاز

ولت ۲۵ = ولتاژ مجاز

نشستی در خازن می توان مانند شکل ۷-۳۱ مقاومتی را به نام مقاومت نشستی، به صورت موازی با خازن در نظر گرفت. در مورد خازن های کاغذی، میکا و سرامیک مقاومت نشستی خیلی زیاد بوده، در نتیجه جریان نشستی خیلی کم است.



شکل ۷-۳۱ خازن و مقاومت نشستی آن

### توجه

مقاومت نشستی به صورت یک مقاومت مستقل عملاً وجود ندارد. این مقاومت درون عایق خازن نهفته است. در این قسمت فقط برای توجیه پدیده ی نشستی خازن، مقاومت R را قرار داده ایم.



### ۷-۱۰-۶ تلفات در خازن

معمولاً یک خازن در زمان تخلیه، مقدار کل انرژی ذخیره شده در صفحات را پس نمی دهد.

برای توجیه این پدیده، مقاومتی را به صورت سری با خازن در نظر می گیریم. در حقیقت این مقاومت مانند مصرف کننده ای عمل می کند که مقداری از انرژی ذخیره شده در خازن را مصرف می کند. در شکل ۷-۳۲ مقاومت نشستی و مقاومت مربوط به تلفات خازن نشان داده شده است.

### ۷-۱۰-۴ ضریب حرارتی خازن

به حداکثر میزان تغییر ظرفیت خازن به ازای تغییر یک درجه حرارت ضریب حرارتی می گویند.

### ۷-۱۰-۵ نشت خازن

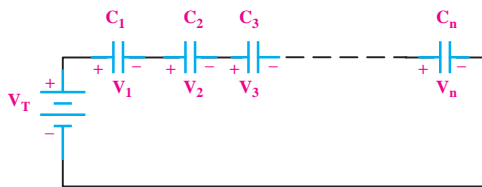
همه ی خازن ها دارای مقداری نشستی هستند. اگر یک خازن ایده آل را شارژ کنیم و از مدار جدا کنیم باید ولتاژ دو سر خازن برای همیشه حفظ شود، ولی در عمل خازن پس از مدتی ولتاژ خود را از دست می دهد. علت این پدیده ایده آل نبودن عایق بین صفحات خازن است. برای توجیه پدیده ی

## ۷-۱۱ به هم بستن خازن‌ها

اگر ظرفیت خازنی مورد نیاز باشد که ظرفیت آن در محدوده‌ی ظرفیت‌های استاندارد نباشد، می‌توان با متصل کردن چند خازن به صورت سری، موازی یا ترکیبی، خازن مورد نظر را به دست آورد.

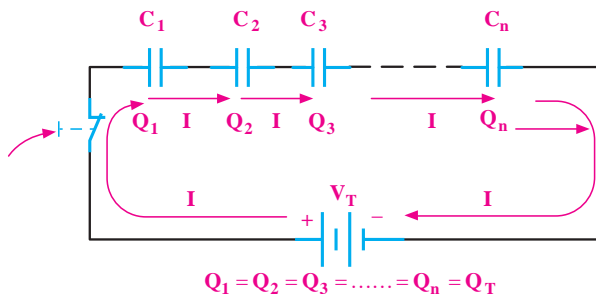
### ۷-۱۱-۱ اتصال سری خازن‌ها

هرگاه دو یا چند خازن به صورت متوالی اتصال یابند، یعنی انتهای اولی به ابتدای دومی و انتهای دومی به ابتدای سومی و این کار تا آخرین خازن ادامه یابد، این نوع اتصال را «سری» می‌گویند در شکل ۷-۳۴ اتصال سری  $n$  خازن به یکدیگر نشان داده شده است.

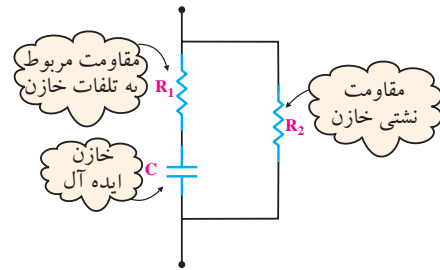


شکل ۷-۳۴ اتصال سری خازن‌ها

با توجه به اینکه مسیر عبور جریان در مدار سری یکسان است. لذا جریان عبوری یا به عبارت دیگر بار الکتریکی ذخیره شده ( $Q$ ) در همه‌ی خازن‌ها یکسان است. در شکل ۷-۳۵ مسیر عبور جریان در مدار سری خازن‌ها نشان داده شده است.



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

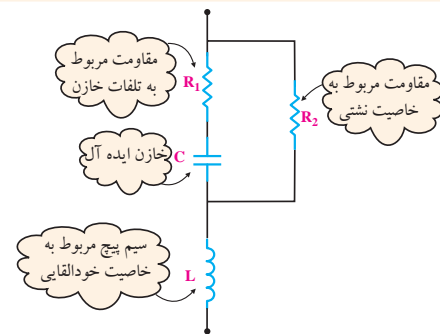


شکل ۷-۳۲ مقاومت‌های نشتی و تلفات خازن

### ۷-۱۰-۷ ضریب خودالقایی خازن

خازن‌های ورقه‌ای دارای مقداری خاصیت خود القایی هستند که در فرکانس‌های بالا می‌تواند مشکل آفرین باشد. برای توجیه این پدیده سیم پیچی با خازن سری می‌کنند، شکل ۷-۳۳.

لازم به توضیح است که سیم پیچ مورد نظر به طور مستقل در خازن وجود ندارد و فقط برای توجیه خاصیت خودالقایی در مدار قرار داده شده است.



شکل ۷-۳۳ خاصیت خود القایی در خازن

### توجه

مقاومت نشتی، مقاومت مربوط به تلفات خازن و سیم پیچ مربوط به خاصیت خود القایی عملاً به طور مستقل در خازن وجود ندارند و فقط برای توجیه مشخصات ذکر شده در مدار قرار داده شده است.



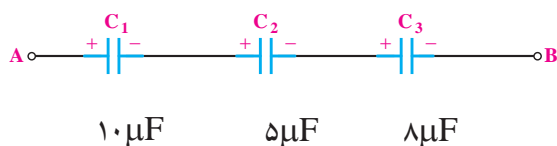
همان‌طور که از رابطه‌ی نهایی مشخص است، محاسبه ظرفیت خازن معادل در مدارهای سری مانند محاسبه رابطه‌ی مربوط به مقاومت‌های موازی است.

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 می‌کنیم:

$$\begin{aligned}\frac{1}{C_T} &= \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \\ \frac{1}{C_T} &= \frac{1}{10} + \frac{1}{5} + \frac{1}{8} \Rightarrow \frac{1}{C_T} = \frac{4+8+5}{40} \\ \frac{1}{C_T} &= \frac{17}{40} \Rightarrow C_T = \frac{40}{17} = 2/35 \mu F \\ C_T &= 2/35 \mu F\end{aligned}$$

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

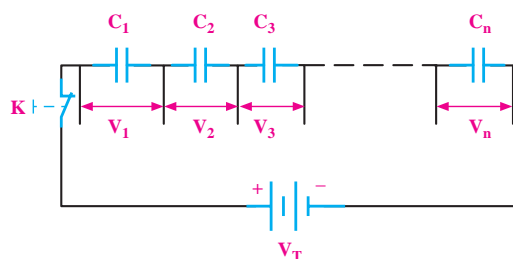
اگر  $n$  خازن مساوی به طور سری قرار گیرند ظرفیت خازن معادل از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

ظرفیت یک خازن

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

تعداد خازن‌ها

در مدار سری خازنی نیز مانند سری مقاومتی، ولتاژ منبع بین اجزای مدار تقسیم می‌شود. 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 می‌شود. یعنی هر قدر ظرفیت خازنی بیشتر باشد ولتاژ کمتری در دو سر آن افت خواهد کرد. در شکل ۳۶-۷ ولتاژ دو سر هر یک از خازن‌ها نشان داده شده است.



$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

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

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

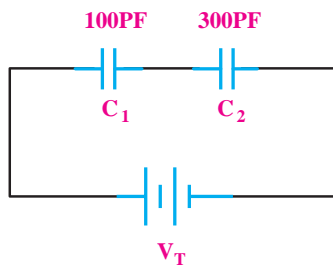
$$\begin{aligned}V_T &= V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \\ \frac{Q_T}{C_T} &= \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3} + \dots + \frac{Q_n}{C_n}\end{aligned}$$

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

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

**مثال ۷:** ظرفیت خازن معادل شکل ۷-۴۰ چند پیکوفاراد

است؟



شکل ۷-۴۰ ظرفیت خازن معادل

راه حل اول:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow \frac{1}{C_T} = \frac{1}{100} + \frac{1}{300} = \frac{3+1}{300} = \frac{4}{300}$$

$$C_T = 75 \text{ PF}$$

راه حل دوم:

با استفاده از رابطه‌ی ساده‌ی زیر می‌توانیم ظرفیت معادل

را محاسبه کنیم:

$$C_T = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} = \frac{100 \times 300}{100 + 300}$$

$$C_T = 75 \text{ PF}$$

### ۳-۱۱-۷ تقسیم ولتاژ خازنی

هرگاه دو خازن مانند شکل ۷-۴۱ به صورت سری قرار

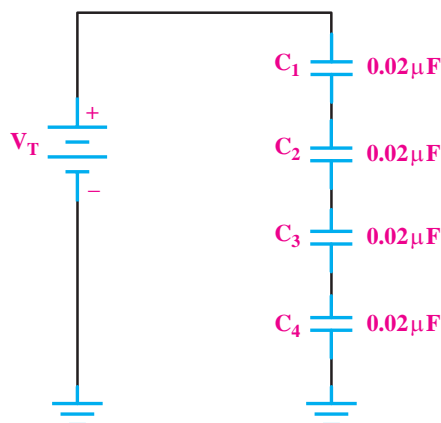
گیرد مقدار ولتاژ دو سر هر یک از خازن‌ها را می‌توانیم از روابط زیر محاسبه کنیم.

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

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

**مثال ۶:** ظرفیت خازن معادل در شکل ۷-۳۸ چند

میکروفاراد است؟



شکل ۷-۳۸ مثال

حل:

چون ظرفیت خازن‌ها مساوی است، می‌توانیم بنویسیم:

$$C_T = \frac{C}{n} = \frac{0.02 \mu F}{4} = 0.005 \mu F = 5 \text{ nF}$$

$$C_T = 5 \text{ nF}$$

اگر دو خازن مطابق شکل ۷-۳۹ به‌طور سری بسته‌شوند

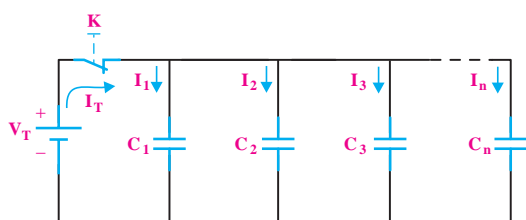
می‌توانیم از رابطه‌ی ساده‌ی زیر استفاده کنیم.



شکل ۷-۳۹ دو خازن سری

$$C_T = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

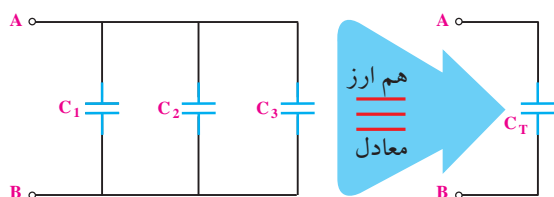
$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$$



شکل ۷-۴۴ جریان در مدار موازی

#### ۷-۱۱-۵ ظرفیت خازن معادل مدار

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



شکل ۷-۴۵ خازن معادل

مقدار ظرفیت خازن معادل از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است:

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

#### تحقیق کنید:

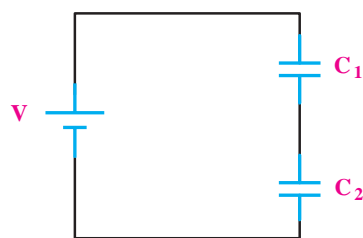
با توجه به روابط مربوط به خازن‌های موازی درستی رابطه‌ی  $C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$  را تحقیق کنید.

#### 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 ۷-۴۶ چند

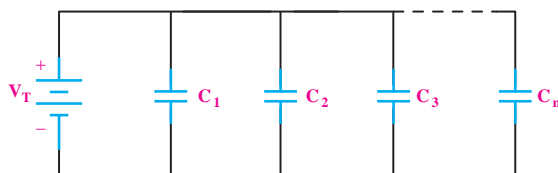
پیکوفاراد است؟



شکل ۷-۴۱ خازن‌های سری

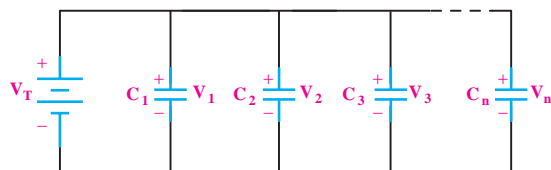
#### ۷-۱۱-۴ اتصال موازی خازن‌ها

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



شکل ۷-۴۲ اتصال موازی خازن‌ها

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



شکل ۷-۴۳ یکسان بودن ولتاژ در مدارهای موازی

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$$

در مدار موازی شکل ۷-۴۴ 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.

**حل:**

چون خازن‌ها موازی شده مساوی هستند از رابطه‌ی

$C_T = nC$  استفاده می‌کنیم:

$$C_T = nC = (6)(0.01 \mu F) = 0.06 \mu F$$

$$C_T = 0.06 \mu F$$

## ۷-۱۲ روش آزمایش سلامت خازن با اهم‌تر

**عقربه‌ای**

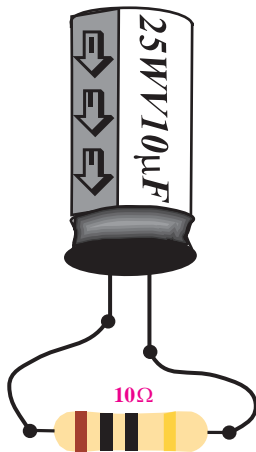
با استفاده از اهم‌تر عقربه‌ای تا حدودی می‌توان به سالم

یا معیوب بودن خازن پی برد. برای این کار مطابق شکل ۷-۴۹

ابتدا پایه‌های خازن را توسط مقاومت ۱۰ اهمی به هم اتصال

کوتاه کنید تا خازن در صورت شارژ احتمالی کاملاً دشارژ

شود.



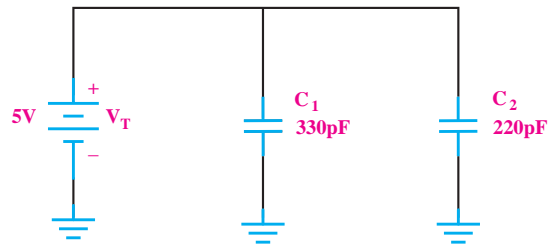
شکل ۷-۴۹ نحوه‌ی تخلیه‌ی خازن

مطابق شکل ۷-۵۰ رنج کلید سلکتور اهم‌تر را در حالت

×۱ قرار دهید و خازن را به آن وصل کنید. اگر خازن سالم

باشد عقربه‌ی اهم‌تر ابتدا مقداری منحرف می‌شود و سپس

برمی‌گردد و در مکان اولیه‌ی خود قرار می‌گیرد.



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

**حل:**

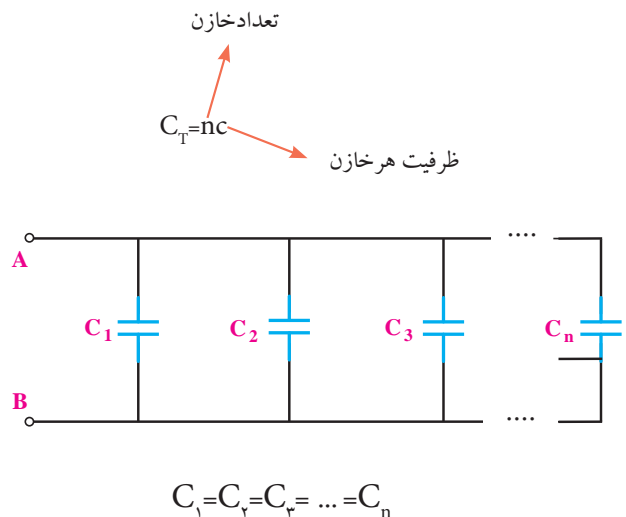
$$C_T = C_1 + C_2 = 330 \text{ pF} + 220 \text{ pF} = 550 \text{ pF}$$

$$C_T = 550 \text{ pF}$$

## ۷-۱۱-۶ بررسی حالت خاص در مدارهای موازی

هرگاه  $n$  خازن مساوی به صورت موازی اتصال یابند، مطابق

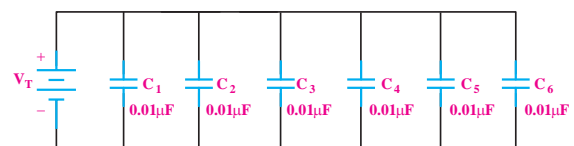
شکل ۷-۴۷ ظرفیت خازن معادل از رابطه‌ی زیر به دست آورید.



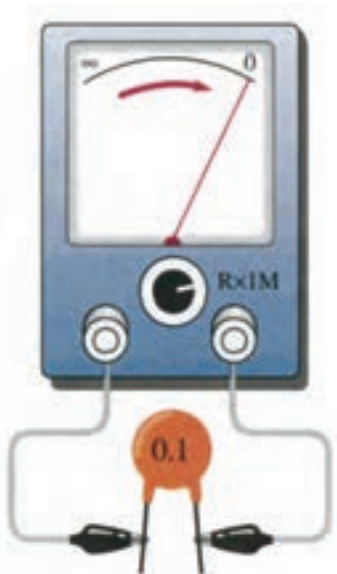
شکل ۷-۴۷

## مثال ۹: ظرفیت خازن معادل در شکل ۷-۴۸ چند

میکروفراد است؟



شکل ۷-۴۸ محاسبه‌ی ظرفیت معادل



شکل ۷-۵۲ خازن اتصال کوتاه

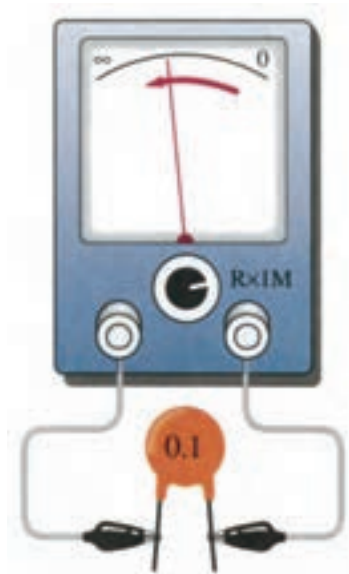
نکته ی مهم:

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

### ۷-۱۳ نحوه ی اندازه گیری ظرفیت خازن با دستگاه

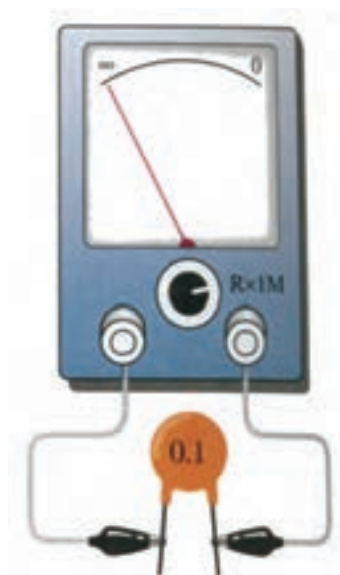
#### اندازه گیری LCR متر

به طور کلی هنگامی که خازنی ساخته می شود بر روی بدنه ی خازن، ظرفیت و ولتاژ مجاز آن را می نویسند. همچنین ظرفیت خازن را با کدهای رنگی مشخص می کنند. ولتاژ کار مجاز خازن ها (Working Voltage) معمولاً ۱۰، ۱۶، ۲۵، ۳۵، ۵۰، ۶۳ و ۱۰۰ ولت است. حال اگر ظرفیت خازن به هر دلیلی معلوم نباشد یا روی بدنه ی آن پاک شده باشد می توان با استفاده از یک دستگاه LCR متر یا دستگاه اندازه گیر ظرفیت خازن (به آن فاراد متر نیز گفته می شود) ظرفیت خازن مجهول



شکل ۷-۵۰ خازن سالم

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



شکل ۷-۵۱ خازن قطع است

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

## ۱۴-۷ آزمایش شماره‌ی (۲)

زمان اجرا: ۱ ساعت 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 هر کدام یک عدد
۳	مقاومت $10\Omega$	یک عدد
۴	خازن سنج یا مولتی متر با قابلیت اندازه گیری ظرفیت خازن	یک دستگاه
۵	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

### ۳-۱۴-۷ مراحل اجرای آزمایش

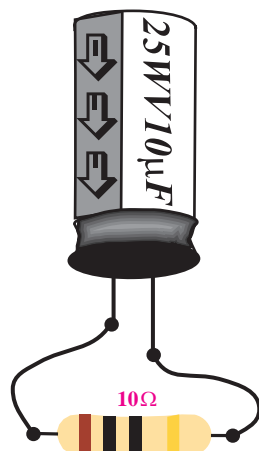
الف- بررسی سالم یا معیوب بودن خازن توسط اهم‌متر

#### عقربه‌ای

■ وسایل مورد نیاز را آماده کنید.

■ مانند شکل ۷-۵۴ خازن را توسط یک مقاومت  $10\Omega$

تخلیه کنید.



شکل ۷-۵۴ تخلیه‌ی خازن

را اندازه گرفت. برای این منظور ابتدا دو سر خازنی را که قرار است ظرفیت آن را اندازه بگیریم اتصال کوتاه می‌کنیم تا چنانچه خازن قبلاً شارژ شده باشد دشارژ شود. سپس آن را به دستگاه LCR متر یا خازن سنج وصل می‌کنیم تا دستگاه مقدار ظرفیت را اندازه بگیرد. شکل ۷-۵۳ چند نمونه دستگاه LCR متر را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۵۳ نمونه‌هایی از LCR متر



## 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 ۷-۲ یادداشت کنید.


جدول ۷-۲

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

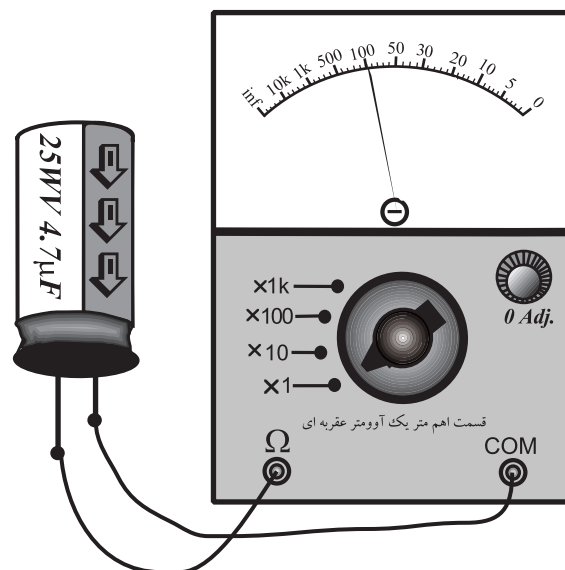
■ تمامی خازن‌ها را دشارژ کنید.

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

**سوال ۴:** در صورتی که بین مقدار اندازه‌گیری شده و مقدار نوشته شده اختلاف وجود دارد علت را توضیح دهید.




حوزه‌ی کار کلید سلکتور اهم‌متر را در حالت  $\times 1$  قرار دهید و خازن را طبق شکل ۷-۵۵ به آن وصل کنید. بهتر است برای این منظور از خازن الکترولیتی استفاده نمایید.




شکل ۷-۵۵ 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 مجدداً مرور کنید.

نتایج حاصل از آزمایش‌های الف و ب را به طور خلاصه

بیان کنید.

## ۱۵-۷ آزمایش شماره‌ی (۳)

زمان اجرا: ۴ ساعت 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 $2\mu F$ با حداقل ولتاژ ۶ ولت	یک عدد
۶	خازن $10\mu F$ با حداقل ولتاژ ۶ ولت	سه عدد
۷	خازن $47\mu F$ با حداقل ولتاژ 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.



آیا می‌دانید

تمیز کردن سطح چراغ‌ها، لامپ‌ها و سطوح دیوارها

سبب افزایش شدت روشنایی می‌شود؟

$C_{AB} = \dots\dots\dots \mu F$  اندازه گیری

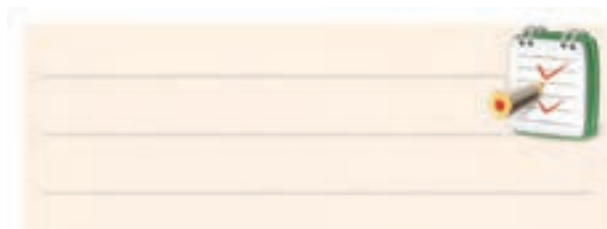
■ مقدار ظرفیت معادل را از رابطه‌ی زیر محاسبه کنید.

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

$C_{AB} = \dots\dots\dots \mu F$  محاسبه

**سوال ۶:** آیا مقادیر اندازه گیری شده و محاسبه شده با هم

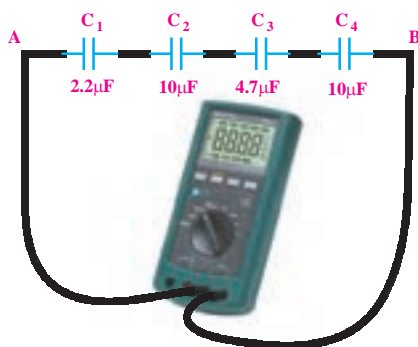
مطابقت دارند؟ چرا؟ شرح دهید.



■ خازن  $C_F = 10 \mu F$  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

$C_{AB} = \dots\dots\dots \mu F$  اندازه گیری

■ مقدار ظرفیت معادل را از رابطه‌ی زیر محاسبه کنید:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}$$

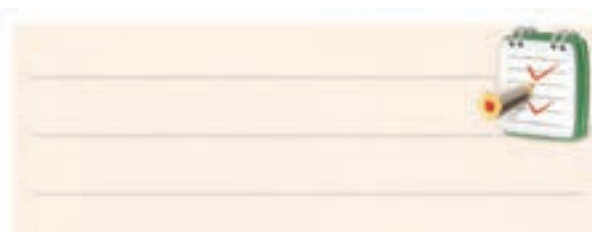
جدول ۷-۳

میزان اختلاف	مقدار اندازه گیری شده	مقدار نوشته شده	خازن
			$C_1$
			$C_2$
			$C_3$

**سوال ۵:** در صورتی که بین مقدار اندازه گیری شده و

مقدار نوشته شده روی خازن اختلاف وجود دارد علت را

توضیح دهید.

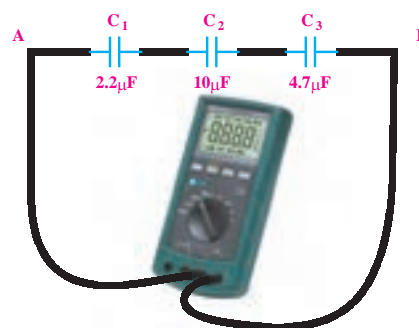


■ سه خازن  $C_1$ ،  $C_2$  و  $C_3$  را مطابق شکل ۷-۵۶ روی

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

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

$C_{AB} = \dots \mu F$  محاسبه

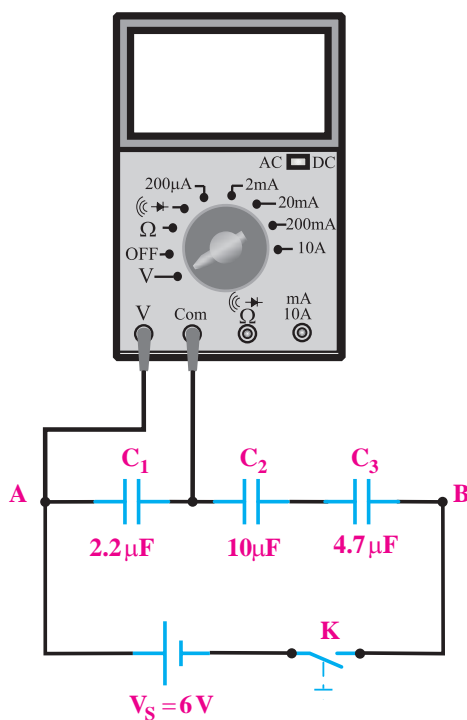
**سوال ۹:** آیا مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر محاسبه شده، مطابقت دارد؟ شرح دهید.

$C_{AB} = \dots$  محاسبه

**سوال ۷:** ظرفیت خازن معادل نسبت به مرحله‌ی قبل چه تغییری کرده است؟ شرح دهید.

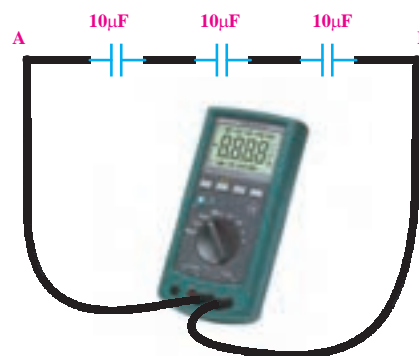
**سوال ۸:** آیا ظرفیت خازن معادل اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با هم مطابقت دارد؟ در صورتی که جواب منفی است علت را شرح دهید.

■ مدار شکل ۵۹-۷ را روی بردبرد ببندید.



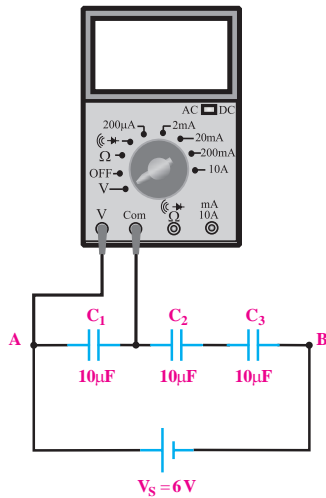
شکل ۵۹-۷ مدار آزمایش

■ سه خازن  $10 \mu F$  مطابق شکل ۵۸-۷ به صورت سری اتصال دهید و ظرفیت خازن معادل را با دستگاه LCR متر یا خازن سنج اندازه بگیرید.



شکل ۵۸-۷ مدار آزمایش

$C_{AB} = \dots \mu F$  اندازه‌گیری

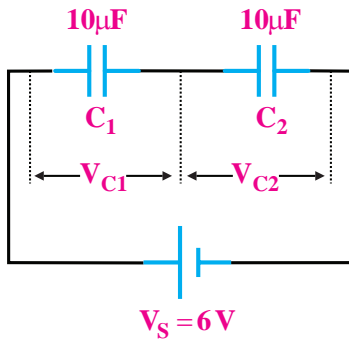


شکل ۶۰-۷ مدار آزمایش

■ دو خازن  $10\mu F$  را مطابق شکل ۶۱-۷ به صورت سری ببندید و درستی رابطه‌ی تقسیم ولتاژ خازنی را تحقیق کنید.

$$V_{C1} = V \frac{C_2}{C_1 + C_2}$$

$$V_{C2} = V \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$



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 LCR متر یا

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

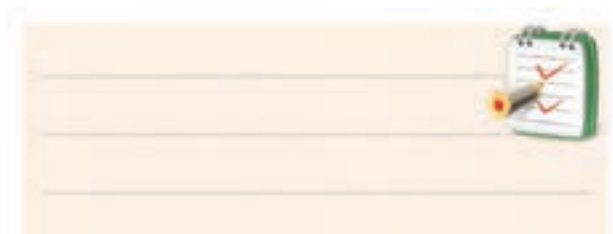
$$V_{C1} = \dots\dots\dots V$$

■ منبع تغذیه را خاموش کنید و سپس ولت متر 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 اندازه گیری کنید.

$$V_{C2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C3} = \dots\dots\dots V$$

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



■ سه خازن  $10\mu F$  را مطابق شکل ۶۰-۷ به صورت سری اتصال دهید و ولتاژ دو سر هر یک را به طور جداگانه اندازه بگیرید.

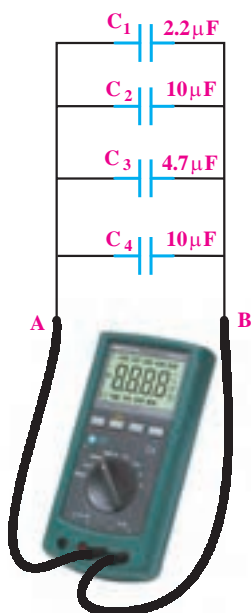
$$V_{C1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C3} = \dots\dots\dots V$$

خازن سنج ظرفیت خازن معادل مدار را از دو نقطه‌ی A و B LCR متر (خازن سنج) اندازه بگیرید.

اندازه بگیرید.



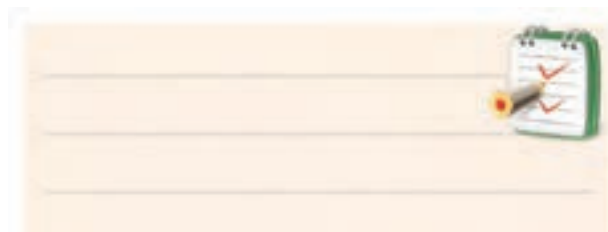
شکل ۶۳-۷ خازن‌های موازی

$C_{AB} = \dots \mu F$  اندازه گیری

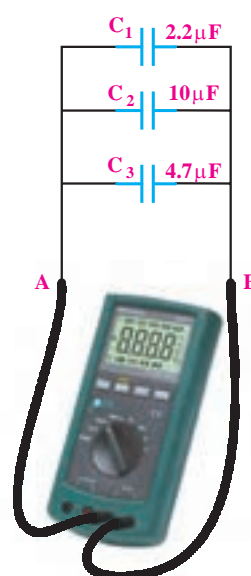
مقدار ظرفیت معادل را از رابطه‌ی  $C_T = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$  محاسبه کنید.

$C_{AB} = \dots \mu F$  محاسبه

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



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



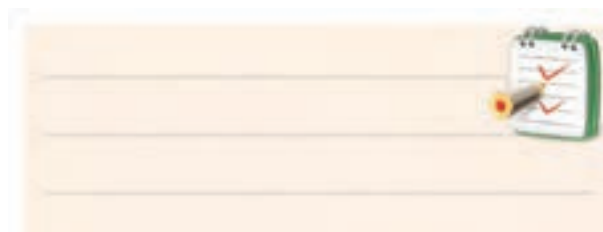
شکل ۶۲-۷ خازن‌های موازی

$C_{AB} = \dots \mu F$  اندازه گیری

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

$C_{AB} = \dots \mu F$  محاسبه

**سوال ۱۱:** آیا مقدار اندازه گیری شده و محاسبه شده با هم مطابقت دارد؟ شرح دهید.



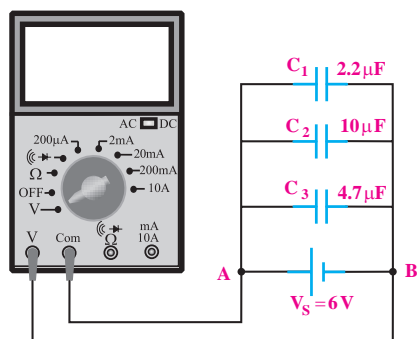
■ خازن  $C_4 = 10 \mu F$  را مطابق شکل ۶۳-۷ به مدار اضافه کنید و سپس ظرفیت خازن معادل را با استفاده از دستگاه

$$C_{AB} = \dots \mu F \text{ محاسبه}$$

**سوال ۱۴:** آیا مقادیر اندازه گیری شده با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟ شرح دهید.



مدار شکل ۷-۶۵ را روی بردبرد ببندید.



شکل ۷-۶۵

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

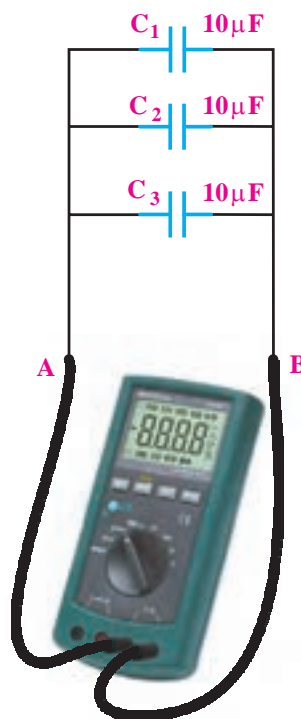
$$V_{C_1} = \dots V \text{ اندازه گیری}$$

منبع تغذیه را خاموش کنید و سپس ولت متر را به دو سر خازن های  $C_1$  و  $C_2$  اتصال دهید و ولتاژ دو سر هر یک را اندازه گیری کنید.



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

$$C_{AB} = \dots \mu F \text{ اندازه گیری}$$



شکل ۷-۶۴

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

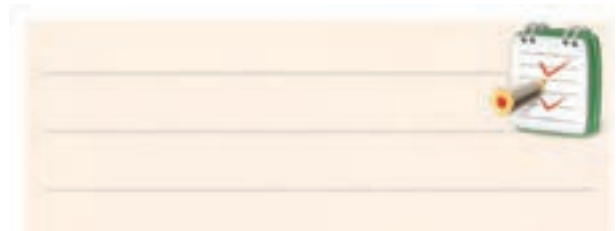
الف -

$V_{C_1} = \dots\dots\dots V$  اندازه گیری

$V_{C_2} = \dots\dots\dots V$  اندازه گیری

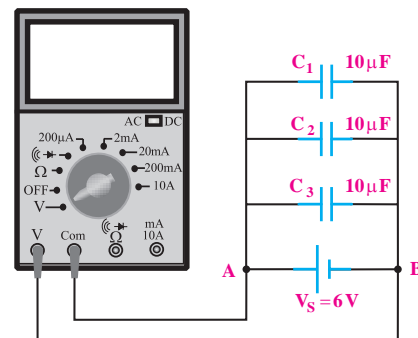
**سوال ۱۵:** از مقایسه‌ی مقادیر به دست آمده با ولتاژ منبع

تغذیه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.



■ سه خازن  $10\mu F$  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

$V_{C_1} = \dots\dots\dots V$

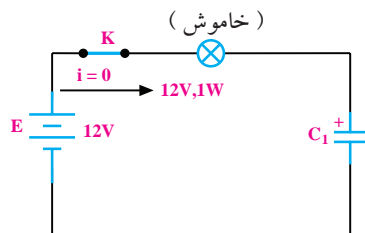
$V_{C_2} = \dots\dots\dots V$

$V_{C_3} = \dots\dots\dots V$

## ۷-۱۶ خازن در جریان متناوب

### ۷-۱۶-۱ 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.

## ۷-۱۵-۴ نتایج آزمایش

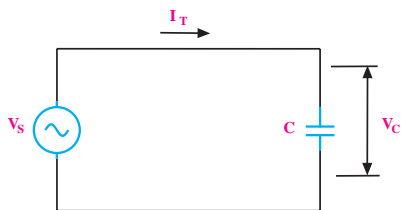
نتایج حاصل از آزمایش‌های الف و ب را بنویسید.



$$X_C = \frac{V_S}{I_T} = \frac{1}{\omega C}$$

ظرفیت بر حسب فاراد  $X_C = \frac{1}{\omega C}$   
 راکتانس خازنی بر حسب اهم  $X_C = \frac{1}{\omega C}$   
 فرکانس بر حسب هرتز

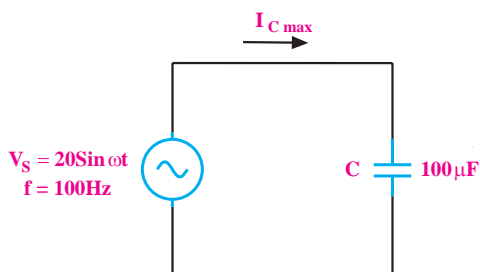
در شکل ۷-۶۹ ولتاژ دو سر خازن و جریان عبوری از آن نشان داده شده است.



شکل ۷-۶۹ محاسبه مقدار مقاومت خازنی ( $X_C$ )

**مثال ۱۰:** در شکل ۷-۷۰ جریان ماکزیمم عبوری از

خازن ( $I_{C \max}$ ) چند میلی آمپر است؟



شکل ۷-۷۰

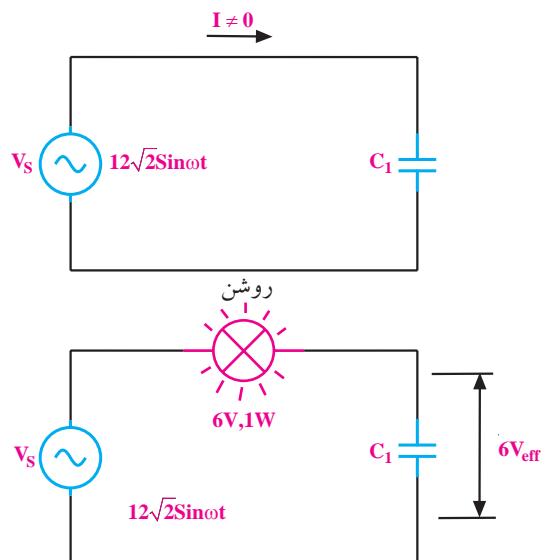
حل:

ابتدا راکتانس خازنی را محاسبه می کنیم:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi \times 100 \times 100 \times 10^{-6}} = \frac{10^6}{20000\pi} = \frac{50}{\pi}$$

سپس جریان عبوری از مدار را محاسبه می کنیم:

عبور جریان از مدار به دلیل شارژ و دشارژ خازن در نیم سیکل های مثبت و منفی ولتاژ متناوب سینوسی است. به همین دلیل خازن در مدارهای جریان متناوب نوعی مقاومت از خود نشان می دهد که باعث محدود شدن جریان در مدار می شود. همان طور که در شکل ۷-۶۸ مشاهده می شود، با اتصال خازن به ولتاژ متناوب، جریان عبوری صفر نیست و لامپ در حالت روشن باقی می ماند.



شکل ۷-۶۸ عبور جریان متناوب از خازن

نکته ی مهم:

لامپ زمانی روشن می ماند که جریان عبوری از خازن بتواند توان مورد نیاز برای روشن شدن لامپ را تامین کنید.

## ۲-۱۶-۷ راکتانس خازنی

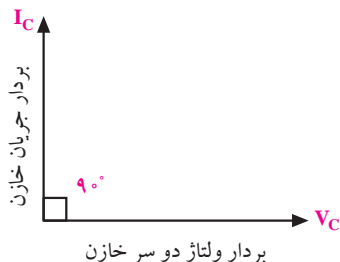
مقاومتی را که خازن در جریان متناوب از خود نشان

می دهد، راکتانس خازنی می گویند.

راکتانس خازنی را با  $X_C$  نشان می دهد. مقدار  $X_C$  از

رابطه ی زیر به دست می آید:

ولتاژ و جریان دو سر خازن را می‌توان به صورت دو بردار که با یکدیگر ۹۰ درجه اختلاف فاز دارند نشان داد. در شکل 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 زاویه اختلاف فاز توسط

### اسیلوسکوپ

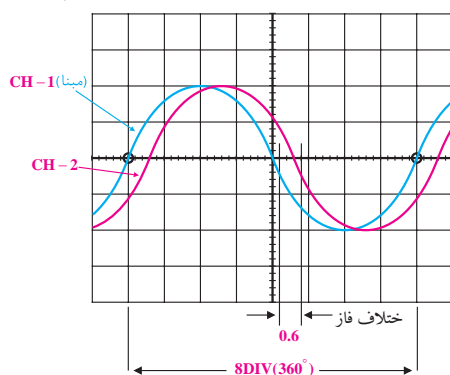
یکی از کاربردهای جالب اسیلوسکوپ اندازه‌گیری اختلاف فاز است. در این مورد دو روش متداول است.

الف- روش مستقیم

ب- استفاده از منحنی‌های لیسازور

### ۷-۱۷-۱ 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 مشاهده 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

$$I_{c \max} = \frac{V_m}{X_C} = \frac{20}{\frac{50}{\pi}} = \frac{20 \cdot \pi}{50} = 0.4\pi$$

$$I_{c \max} = 1.256 \text{ A}$$

### نکته مهم:

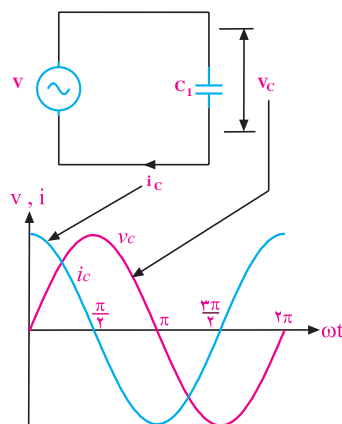


چون در مدار خازنی توان به صورت حرارت تلف نمی‌شود لذا عملاً ولتاژ و جریان موثر وجود ندارد. به جریان عبوری از خازن و ولتاژ دو سر آن، جریان و ولتاژ راکتیو یا غیر مفید می‌گویند. نام راکتانس خازنی نیز به همین دلیل انتخاب شده است.

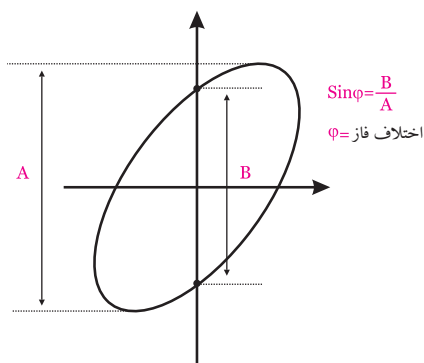
## ۷-۱۶-۳ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در مدار خازنی

اگر در یک مدار الکتریکی با 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 شکل ۷-۷۱، شکل جریان گذرنده از خازن و شکل ولتاژ دو سر خازن رسم شده است. همان‌طور که در شکل ۷-۷۱ مشاهده می‌شود جریان به اندازه‌ی ۹۰ درجه از ولتاژ جلوتر است.



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



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:

$$\text{درجه} \quad \frac{360}{8} = 45 \quad \text{هر تقسیم افقی}$$

می‌آید.

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:

$$\text{درجه} \quad 0.6 \times 45 = 27 \quad \text{اختلاف فاز}$$

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

شکل ۷-۷۵ حالت‌های خاص منحنی لیسازور

## ۷-۱۷-۲ با استفاده از منحنی‌های لیسازور

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 لیسازور بر اساس شکل ۷-۷۴ به شرح زیر قابل محاسبه است.

## ۱۸-۷ آزمایش شماره ۴ (۴)

زمان اجرا: ۴ ساعت آموزشی

### توجه

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



### ۱-۱۸-۷ هدف آزمایش:

بررسی تأثیر 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.

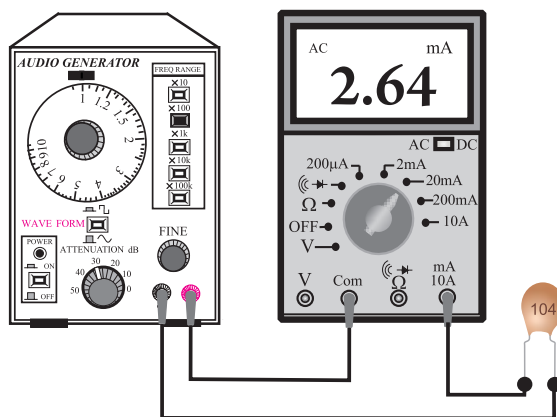


### ۳-۱۸-۷ مراحل اجرای آزمایش

الف- بررسی تأثیر ظرفیت خازن در رآکتانس خازنی.

■ وسایل مورد نیاز را آماده کنید.

■ مدار شکل ۷۶-۷ را ببندید.



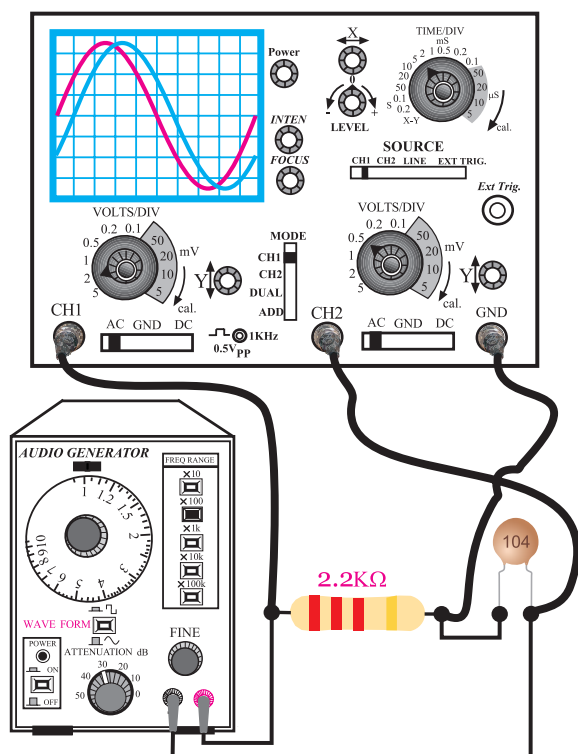
شکل ۷۶-۷ مدار آزمایش

■ سیگنال ژنراتور را روشن کنید و فرکانس آن را روی ۱ KHz بگذارید.

■ شکل موج خروجی سیگنال ژنراتور را روی سینوسی قرار دهید و ولوم تنظیم دامنه را روی ۶ ولت تنظیم 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 سرگیره دار ۵۰ سانتی‌متری	به مقدار کافی
۴	سیم رابط یک سرگیره دار 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



شکل ۷-۷۷ 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 ۷-۷۸ رسم کنید.

■ حوزه‌ی کار میلی آمپر متر را روی ۲۰ mA قرار دهید.

■ جریانی را که میلی آمپر متر نشان می‌دهد یادداشت

کنید.

$$I = \dots\dots\dots \text{mA}$$

■ خازن  $0.1\mu\text{F}$  را با خازن  $10\text{ nF}$  تعویض کنید و

مجدداً مدار آزمایش ۷-۷۶ را ببندید.

■ حوزه‌ی کار میلی آمپر متر را روی ۲mA قرار دهید.

■ جریانی را که میلی آمپر متر نشان می‌دهد یادداشت کنید.

$$I = \dots\dots\dots$$

**سوال ۱۶:** چرا با کاهش ظرفیت خازن، میلی آمپر متر

AC جریان کم‌تری را نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.



**ب- بررسی اختلاف فاز بین ولتاژ دو سر خازن و جریان**

**گذرنده از آن.**

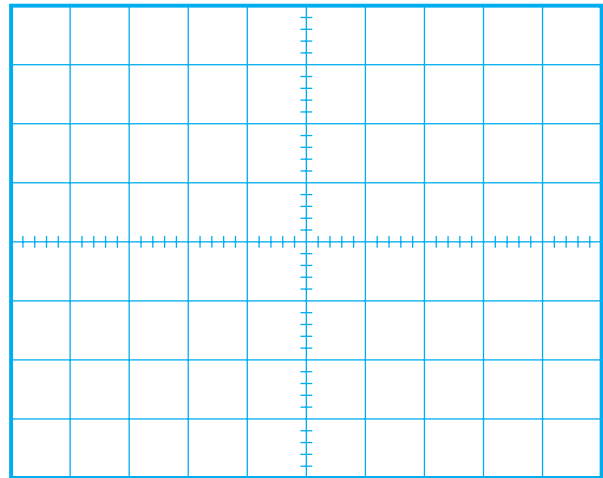
■ مدار شکل ۷-۷۷ را ببندید.

#### ۴-۱۸-۷ نتایج آزمایش:

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

الف

ب



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

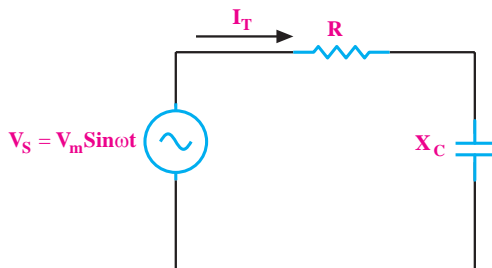
#### ۴-۱۹ مدار RC سری

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.

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

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

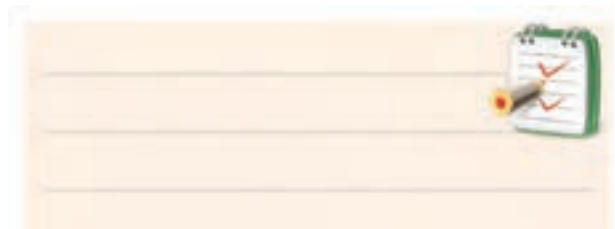
توجه

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.



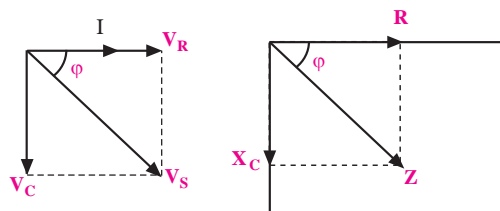
در صورتی که نتوانستید به سوال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت‌های قبل مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

دقیق اختلاف فاز بستگی به مقدار  $R$  و  $X_C$  دارد.

## ۷-۱۹-۲ دیاگرام برداری در مدار RC سری

در یک مدار RC سری، مقادیر  $R$  و  $X_C$  و  $Z$  را مانند

شکل ۷-۸۱-الف می‌توان به صورت برداری نشان داد.



الف- دیاگرام برداری امپدانس ب- دیاگرام برداری ولتاژها

شکل ۷-۸۱ دیاگرام‌های برداری

در این شکل زاویه  $\phi$  (فی) اختلاف فاز بین جریان ( $I$ ) و

ولتاژ مدار ( $V_S$ ) را نشان می‌دهد.

$\phi$  از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

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

از روی دیاگرام برداری ولتاژها و امپدانس می‌توان

اختلاف فاز ( $\phi$ ) را به صورت‌های زیر نوشت.

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

مقاومت اهمی (R) و امپدانس (Z) زاویه فاز

$$\cos \phi = \frac{V_R}{V_S}$$

ولتاژ مقاومت اهمی ( $V_R$ ) و ولتاژ مدار ( $V_S$ ) زاویه فاز

در مدارهای RC سری، ولتاژ دو سر هر یک از عناصر

مدار از روابط زیر به دست می‌آید:

$$V_R = I_{\text{eff}} \cdot R \quad \text{ولتاژ دو سر مقاومت اهمی}$$

$$V_C = I_{\text{eff}} \cdot X_C \quad \text{ولتاژ دو سر خازن}$$

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

## توجه

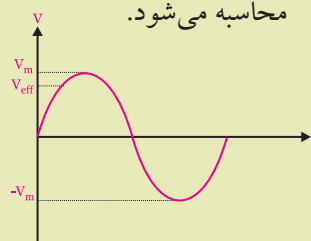
در مدارهای جریان متناوب

سینوسی منظور از  $I_{\text{eff}}$  و  $V_{\text{eff}}$

مقدار جریان و ولتاژ موثری

است که از روابط  $\frac{I_m}{\sqrt{2}}$  و  $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$

محاسبه می‌شود.



## ۷-۱۹-۱ امپدانس مدار RC سری (z)

اگر یک مدار الکتریکی شامل مقاومت اهمی ( $R$ ) و

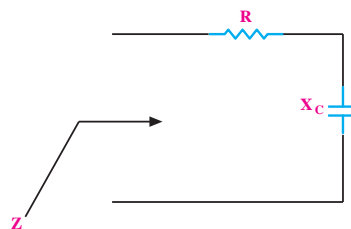
خازن ( $C$ ) را مطابق شکل ۷-۸۰ با ولتاژ متناوب سینوسی

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 ۷-۸۰ امپدانس مدار RC سری

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

می‌شود:

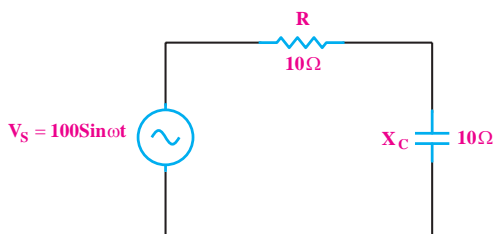
$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} (\Omega)$$

در این مدار متناسب با مقادیر  $R$  و  $C$ ، اختلاف فاز بین

جریان و ولتاژ می‌تواند بین صفر تا ۹۰ درجه تغییر کند. مقدار

## مثال ۱۱: در شکل ۷-۸۲ جریان موثر مدار و اختلاف

فاز بین جریان و ولتاژ را به دست آورید.



شکل ۷-۸۲

**حل:**

چون جریان مدار با ولتاژ دو سر مقاومت هم فاز است

می توانیم آن را جریان موثر در نظر بگیریم.

$$\text{مقدار موثر } I_T = \frac{V_s}{Z}$$

$$V_{\text{eff}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{100}{1/\sqrt{2}} = 70.7 \text{ V}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{10^2 + 10^2} = \sqrt{200} = 14.14 \Omega$$

$$\text{مقدار موثر } I_T = \frac{70.7}{14.14} = 5 \text{ A}$$

$$\cos \phi = \frac{R}{Z} = \frac{10}{14.14} \approx 0.7$$

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

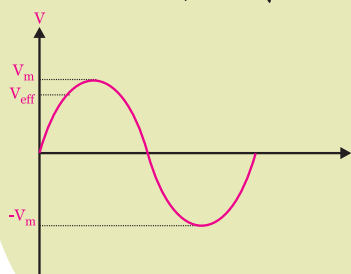
**توجه**

در مدارهای جریان متناوب

سینوسی منظور از  $I_{\text{eff}}$  و  $V_{\text{eff}}$  مقدار

جریان و ولتاژ مؤثری است که از

روابط  $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$  و  $\frac{I_m}{\sqrt{2}}$  محاسبه می شود.



**نکته مهم:**

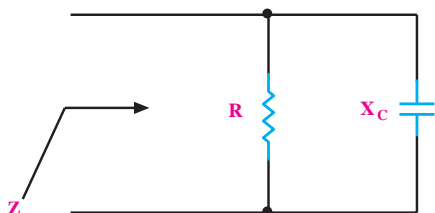
همان طور که مشاهده می شود، عملاً در مدار دو نوع ولتاژ وجود دارد. ۱- ولتاژ دو سر مقاومت که با جریان هم فاز است و توان مؤثر مدار را مصرف می کند. ۲- ولتاژ دو سر خازن که از جریان مدار ۹۰ درجه عقب است. این ولتاژ را ولتاژ راکتیو می نامند که توان راکتیو را در مدار به وجود می آورد.

## ۲۰-۷ 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 ۷-۸۳.



شکل ۷-۸۳ مدار RC موازی

**توجه**

تمامی مقادیر ولتاژ و جریانی که

در مثال ها و مسائل نوشته شده است،

بر حسب مقدار موثر می باشد. به جز

مواردی که معادله موج مورد نظر

نوشته شده باشد.

به عنوان مثال  $V_s = 120 \text{ V}$  یعنی

مقدار ولتاژ  $V_s$ ، ۱۲۰ ولت موثر است.



### ۱-۲۰-۷ امپدانس مدار RC موازی

امپدانس مدار RC موازی از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

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

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$

$$\cos \varphi = \frac{Z}{R} \text{ و } \cos \varphi = \frac{I_R}{I_T}$$

جریان موثر کل مدار نیز از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه

است:

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

**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

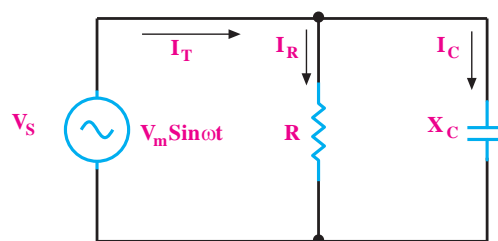
ب- جریان کل مدار

ج- امپدانس مدار

د- اختلاف فاز  $\varphi$

در شکل ۷-۸۴ جریان‌های مدار RC موازی نشان داده

شده است.

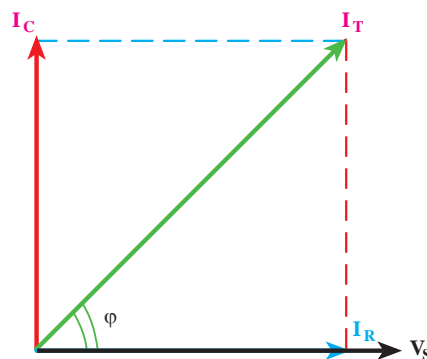


شکل ۷-۸۴ جریان‌های مدار RC موازی

### ۲-۲۰-۷ 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

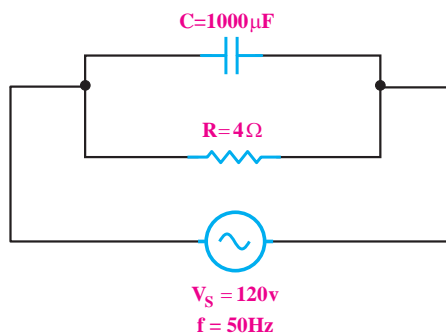
جریان‌های مدار روابط زیر نیز برقرار است.

$$I_R = \frac{V_s}{R} \text{ و } I_C = \frac{V_s}{X_C}$$

**حل:**

با توجه به توضیحات مطرح شده شکل مدار را مطابق

شکل ۷-۸۶ می‌توان رسم کرد.



شکل ۷-۸۶ مدار RC موازی

## ۲۰-۷ آزمایش شماره‌ی (۵)

زمان اجرا: ۴ ساعت آموزشی

### ۲۱-۷ هدف آزمایش:

بررسی امپدانس در مدارهای RC سری و موازی و

$$V_s = \sqrt{V_R^2 + V_C^2} \quad \text{تحقیق رابطه‌ی}$$

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

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	مولتی متر دیجیتالی	دو دستگاه
۲	خازن $10\text{ nF}$ و $0.1\text{ }\mu\text{F}$	از هر کدام یک عدد
۳	مقاومت $1\text{ K}\Omega$ و $15\text{ K}\Omega$	از هر کدام یک عدد
۴	فانکشن ژنراتور	یک دستگاه
۵	سیم رابط دو سرگیره سوسماری $50$ سانتی متری	شش رشته
۶	سیم رابط یک سرگیره سوسماری $50$ سانتی متری	چهار رشته
۷	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

### ۲۱-۷ مراحل اجرای آزمایش:

الف: به‌دست آوردن امپدانس یک مدار RC

$$V_s = \sqrt{V_R^2 + V_C^2} \quad \text{سری و تحقیق رابطه‌ی}$$

■ وسایل مورد نیاز را آماده کنید.

■ مدار شکل ۸۷-۷ را ببندید.

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50 \times 10^{-6} \times 10^{-6}}$$

$$X_C = 3\Omega$$

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

$$I_C = \frac{V_s}{X_C} = \frac{120}{3} = 40\text{ A} \quad I_C = 40\text{ A}$$

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

$$Z = \frac{V_s}{I_T} = \frac{120}{50} = 2.4\Omega \quad Z = 2.4\Omega$$

$$\cos \varphi = \frac{Z}{R} = \frac{2.4}{4} = 0.6 \Rightarrow \varphi = 53^\circ$$

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 میلی‌آمپر متر 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.

$$Z = \frac{V \text{ (ولت)}}{I \text{ (آمپر)}} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots \Omega$$

$$Z = \dots\dots\dots \Omega \text{ اندازه گیری}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50 \times C} = \frac{1}{314C}$$

$$X_C = \dots\dots\dots \Omega$$

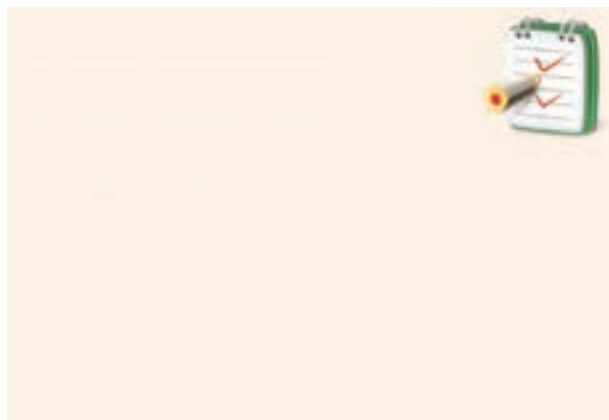
$$R = \dots\dots\dots \Omega$$

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

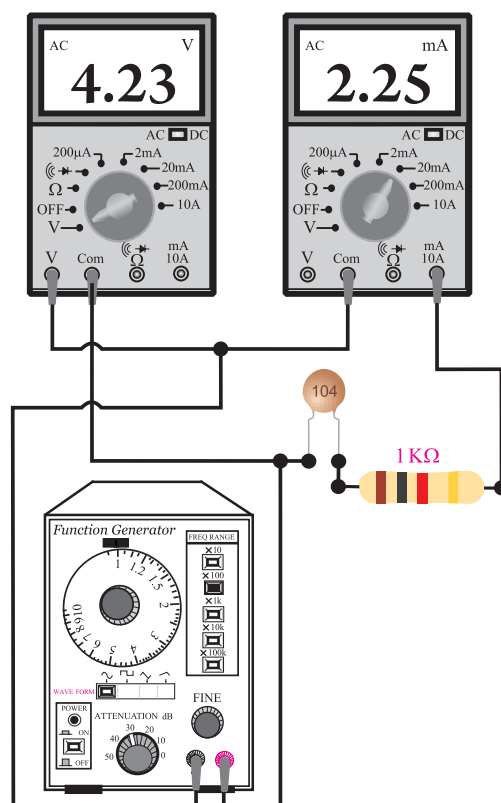
$$Z = \dots\dots\dots \Omega \text{ محاسبه}$$

**سوال ۱۸:** آیا مقدار Z اندازه‌گیری شده با مقدار Z که

از طریق محاسبه‌ی ریاضی به دست آمده است تقریباً با هم برابرند؟ توضیح دهید.



مدار شکل ۷-۸۸ را ببینید.



شکل ۷-۸۷ مدار آزمایش

**توجه**

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



■ فانکشن ژنراتور را روی فرکانس ۱ KHz 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 میلی‌آمپر متر

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

هر دو مولتی‌متر را در حالت ولت‌متر AC بگذارید.

توجه

چنانچه سه مولتی‌متر در اختیار ندارید از یک مولتی‌متر استفاده کنید.



$V_R = \dots\dots\dots$  ولتاژ دوسر مقاومت اهمی

$V_C = \dots\dots\dots$  ولتاژ دوسر خازن

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

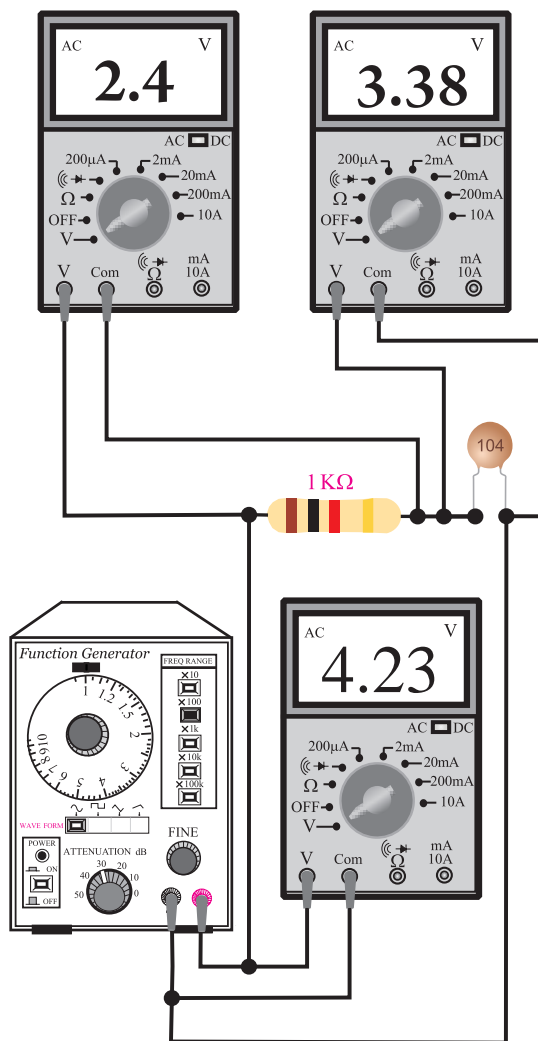
$V_S = \dots\dots\dots$  ولتاژ خروجی فانکشن ژنراتور

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

$$V_S = \sqrt{V_R^2 + V_C^2} = \sqrt{(\dots)^2 + (\dots)^2} = \sqrt{\dots}$$

ولتاژ ورودی  $V_S = \dots\dots\dots V$  محاسبه

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



**ب: امپدانس یک مدار RC موازی**

مدار شکل ۷-۸۹ را ببندید.

شکل ۷-۸۸ مدار آزمایش

■ فانکشن ژنراتور را روی فرکانس ۱ KHz و دامنه‌ی

ولتاژ ۶ ولت سینوسی تنظیم کنید.

محاسبه کنید.

$$Z = \frac{V(\text{ولت})}{I(\text{آمپر})} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots \Omega$$

$$Z = \dots\dots\dots \Omega \text{ اندازه گیری}$$

مقدار Z را محاسبه کنید.

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

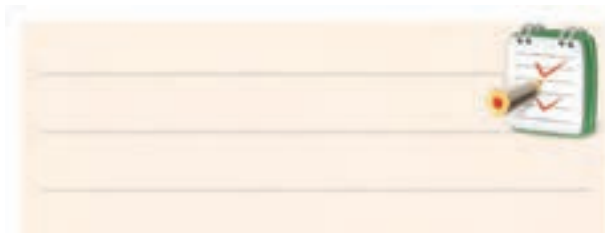
$$\frac{1}{Z^2} = \frac{1}{(\dots\dots)^2} + \frac{1}{(\dots\dots)^2}$$

$$Z = \dots\dots\dots \Omega \text{ محاسبه}$$

**سوال ۲۰:** آیا مقدار Z اندازه گیری شده با مقدار Z که

از طریق محاسبه ریاضی به دست آمده است تقریباً با هم

برابرند؟ توضیح دهید.



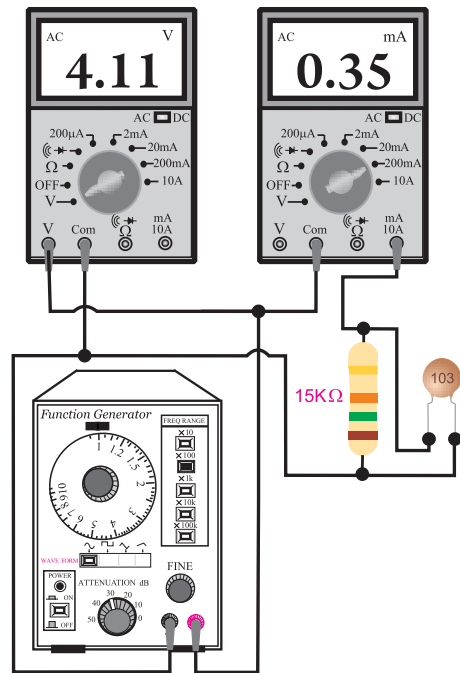
#### ۴-۲۰-۷ نتایج آزمایش

نتایج حاصل از آزمایش های الف و ب را به طور خلاصه

بیان کنید.

الف

ب



شکل ۸۹-۷ مدار عملی آزمایش

■ کلید سلکتور مولتی متر را که به عنوان ولت متر به

کار برده اید در حالت AUTO یا رنج ۲۰ ولت و کلید

AC-DC را در حالت AC قرار دهید.

■ کلید سلکتور مولتی متر را که به عنوان آمپر متر

AC به کار برده اید روی رنج مناسب بگذارید و کلید

AC-DC را در حالت AC قرار دهید.

■ فانکشن ژنراتور را روی فرکانس ۱ KHz و دامنه ی

ولتاژ ۶ ولت سینوسی تنظیم کنید.

■ مقدار ولتاژی را که ولت متر و مقدار جریانی را که

میلی آمپر متر نشان می دهد یادداشت کنید.

$$I = \dots\dots\dots \text{mA} \text{ جریان مدار}$$

$$V = \dots\dots\dots \text{V} \text{ ولتاژ خروجی فانکشن ژنراتور}$$

■ با استفاده از مقادیر اندازه گیری شده، امپدانس مدار را



## آزمون پایانی ۷


۴- در یک خازن،  $0.01$  میلی کولمب بار الکتریکی ذخیره شده است. اگر ظرفیت خازن  $10 \mu F$  باشد ولتاژ دو سر خازن چند ولت است؟



۱- ظرفیت خازن و واحد آن را تعریف کنید.



۵- ساختمان داخلی یک خازن کاغذی را شرح دهید.



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



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



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

دهید.

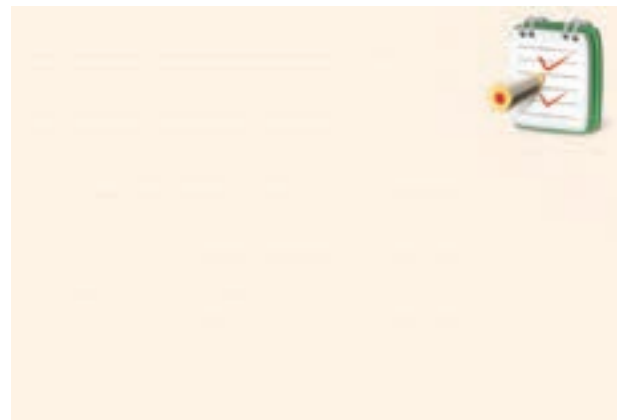


۷- اگر یک خازن را به یک ولتاژ DC وصل کنیم چه

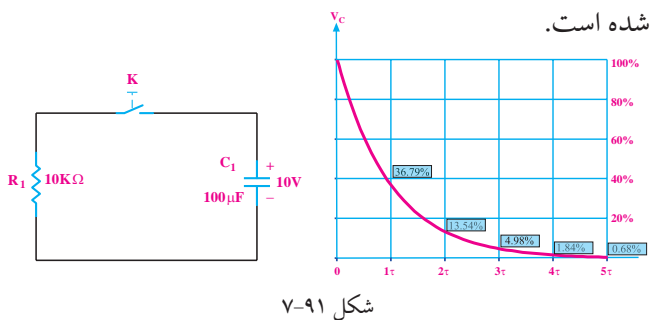
اتفاقی می افتد؟ شرح دهید.



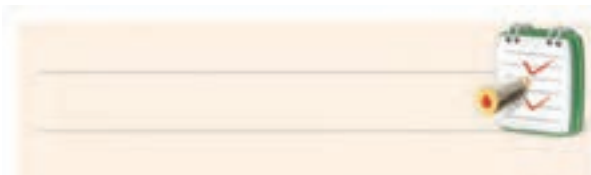
۸- چگونه می توان ظرفیت یک خازن را اندازه گرفت؟  
مراحل اندازه گیری را شرح دهید.



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 قبلاً به اندازه ی ۱۰ ولت شارژ شده است.

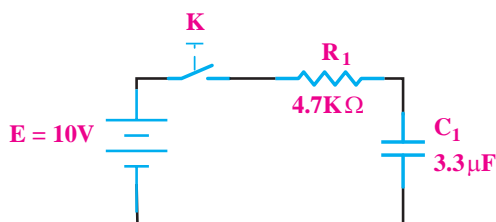


شکل ۷-۹۱

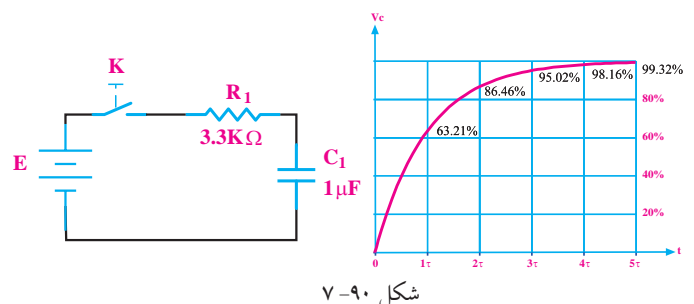


۹- با توجه به منحنی داده شده در شکل ۷-۹۰ و مدار مربوطه پس از بسته شدن کلید K ، چند میلی ثانیه طول می کشد تا ولتاژ دو سر خازن به ۰/۸۶ ولتاژ منبع (E) برسد.

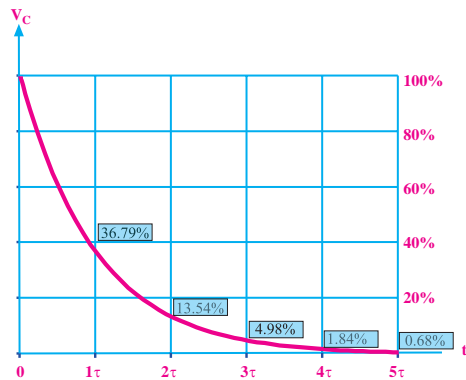
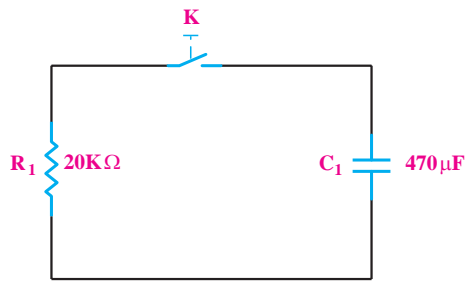
۱۱- در شکل ۷-۹۲ بعد از بسته شدن کلید، شکل تقریبی جریان شارژ خازن را رسم کنید.



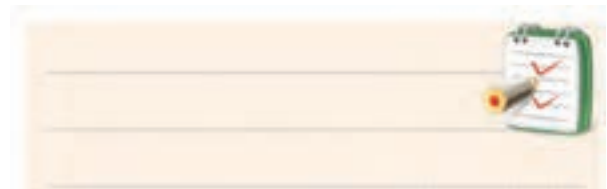
شکل ۷-۹۲



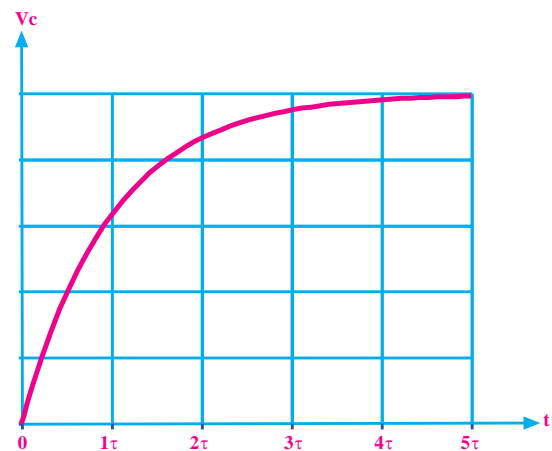
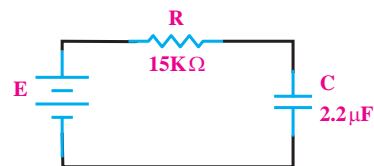
شکل ۷-۹۰



شکل ۷-۹۴

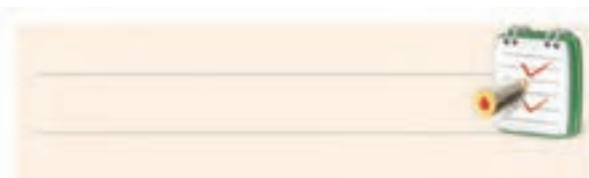


۱۲- در شکل ۷-۹۳ با توجه به منحنی شارژ خازن بعد از سه ثابت زمانی ولتاژ دو سر خازن چند ولت می شود؟

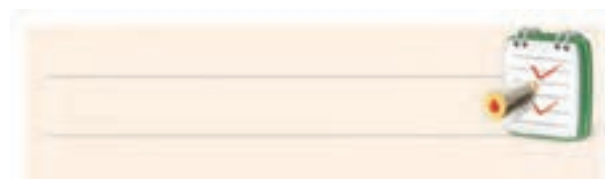


شکل ۷-۹۳

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



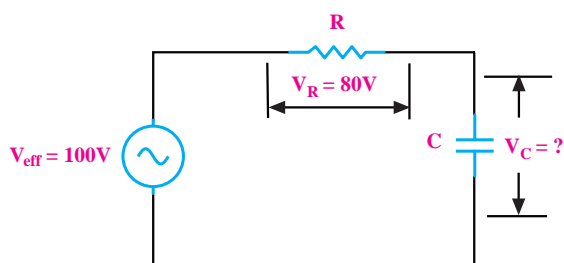
۱۵- چهار مشخصه از مشخصات خازن را نام ببرید.



۱۳- در شکل ۷-۹۴ ولتاژ دو سر خازن به اندازه‌ی ۱۵ ولت است. اگر کلید K را وصل کنیم، با توجه به منحنی دشارژ خازن، پس از سه ثابت زمانی ولتاژ دو سر خازن چند ولت می شود؟



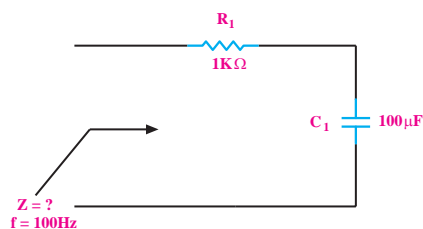
۱۹- در شکل ۷-۹۶ ولتاژ دو سر خازن چند ولت است؟



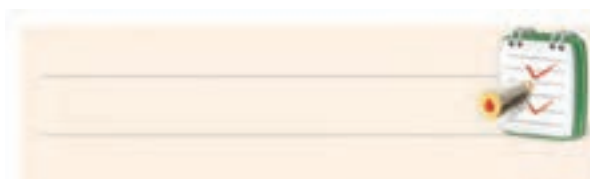
شکل ۷-۹۶



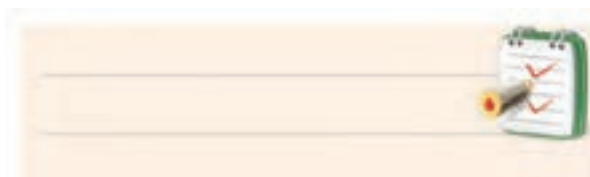
۱۶- در شکل ۷-۹۵ امپدانس مدار را محاسبه کنید.



شکل ۷-۹۵

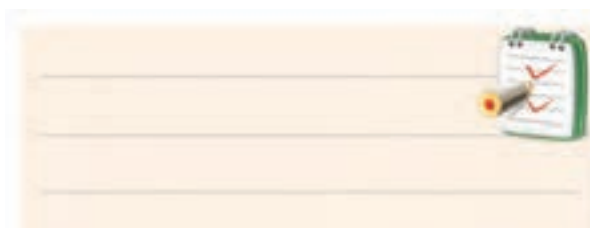


۱۷- راکتانس خازنی را تعریف کنید.



۱۸- در یک خازن با افزایش فرکانس، راکتانس خازنی

چه تغییری می کند.



۲۰- خازن ۱۰۰PF معادل چند میکرو فاراد است؟

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

۲۱- برای دشوار کردن خازن کدامیک 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 دی الکتریک ماده‌ی عایق به کار رفته

در خازن زیادتر باشد، ظرفیت خازن .....

(الف) کمتر می شود (ب) زیادتر می شود

(ج) تغییر نمی کند (د) با توان دو تغییر می کند.

۲۳- ظرفیت خازن معادل ۲ خازن مساوی که به صورت

موازی بسته شده اند ..... برابر ظرفیت هر یک از

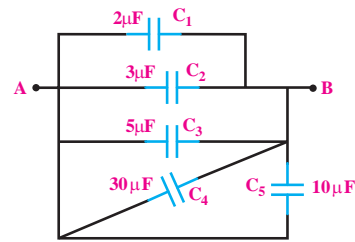
خازن های مدار است.

(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

۷-۹۷ چند میکرو فاراد است.

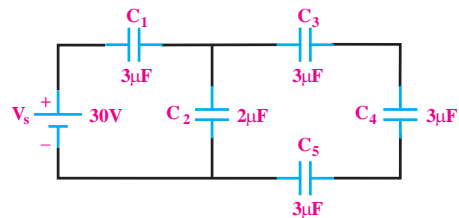
الف) ۱۵۰ (ب) ۵۰ (ج) ۸۰ (د) ۲۰



شکل ۷-۹۷

۲۵- ولتاژ دو سر خازن  $C_p$  در شکل ۷-۹۸ چند ولت

است؟



شکل ۷-۹۸

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 فاصله‌ی 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

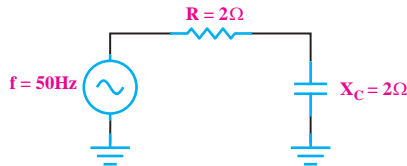
۲۹- راکتانس خازنی یک خازن ۷۹۰۰ اهم است. اگر

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 ۷-۹۹ چند اهم است؟



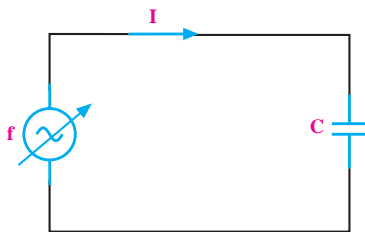
شکل ۷-۹۹

الف) ۲/۸۲ (ب) ۸ (ج) ۴ (د) صفر

۳۱- در شکل ۷-۱۰۰ هر قدر فرکانس افزایش یابد، مقدار

I ..... می‌شود.

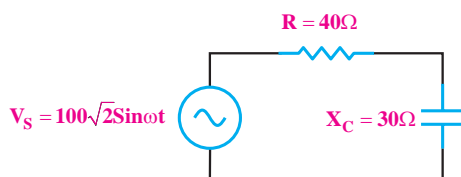
الف) کم (ب) زیاد



شکل ۷-۱۰۰

۳۲- در شکل ۷-۱۰۱ جریان موثر مدار و اختلاف فاز بین

جریان و ولتاژ را به دست آورید.



شکل ۷-۱۰۱