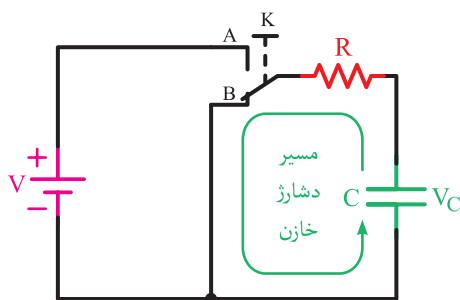


خازن

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود :

- ۱- خازن را تعریف کند.
- ۲- ساختمان خازن را شرح دهد.
- ۳- ظرفیت خازن را تعریف کند.
- ۴- عوامل فیزیکی مؤثر در ظرفیت خازن را شرح دهد.
- ۵- ظرفیت خازن را محاسبه کند.
- ۶- مفهوم شارژ و دشارژ خازن را توضیح دهد.
- ۷- ثابت زمانی خازن را شرح دهد.
- ۸- مشخصات مهم در انتخاب خازن را بیان کند.
- ۹- ظرفیت خازن معادل مدارهای سری و موازی خازنی را محاسبه کند.
- ۱۰- عملکرد خازن را در جریان مستقیم و متناوب شرح دهد.
- ۱۱- راکتانس خازنی را در مدارات محاسبه کند.
- ۱۲- اختلاف فاز ولتاژ و جریان در مدار خازنی را با رسم شکل موج‌های ولتاژ و جریان و دیاگرام برداری تشریح کند.
- ۱۳- انواع خازن را نام ببرد.
- ۱۴- کاربرد خازن‌ها را در موتورهای الکتریکی شرح دهد.



سیمای فصل ۷

- خازن
- ساختمان خازن
- ظرفیت خازن
- عوامل فیزیکی مؤثر در ظرفیت خازن
- شارژ و دشارژ خازن
- ثابت زمانی خازن
- انتخاب خازن
- اتصال خازن‌ها
- اتصال سری خازن‌ها
- اتصال موازی خازن‌ها
- عملکرد خازن
- خازن در جریان مستقیم
- خازن در جریان متناوب
- اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در مدار خازنی
- انواع خازن
- کاربرد خازن‌ها

آشنایی با دانشمندان



فارادی

(Faraday, Michael / ۱۸۶۷-۱۷۹۱)



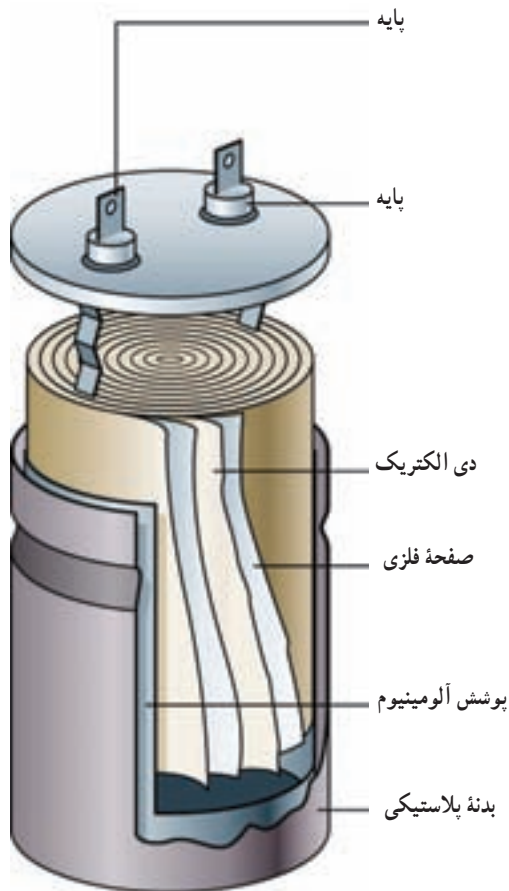
فارادی، فیزیک‌دان و شیمی‌دان انگلیسی، شاگرد یک صحاف بود و به علوم علاقه زیادی داشت. او در کلاس‌های درس همفردی دیوی، شیمی‌دان معروف آن زمان، حضور می‌یافت و با یادداشت‌هایی که آماده می‌کرد، چنان بر دیوی تأثیر گذاشت که از سوی استاد به عنوان دست‌یار در آزمایشگاه سلطنتی منصوب شد. سرانجام فارادی جانشین دیوی در مدیریت آزمایشگاه سلطنتی شد. اولین پژوهش‌های فارادی در شیمی بود. اما کمی بعد به الکتریسیته و مغناطیس روی آورد و کمک زیادی به پیش‌برد آن علوم کرد. او با انجام آزمایش‌های منظم توانست پدیده القای الکترومغناطیسی را کشف کند. با این‌که فارادی در اصل یک آزمایشگر بود ولی با معرفی مفهوم میدان و تشخیص این‌که میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی را می‌توان توسط این خطوط نشان داد، کمک‌های زیادی به درک بهتر مفهوم میدان کرد. به پاس خدمات او یکای ظرفیت خازن را در سیستم بین‌المللی SI با فاراد (F) نشان می‌دهند.

۷- خازن

۷-۱- خازن^۱

صفحات خازن معمولاً از ورقه‌های نازک از جنس آلومینیوم،

روی یا نقره ساخته می‌شوند، عایق به کار رفته بین صفحات خازن را دی‌الکتریک گویند. این ماده عایق می‌تواند هوا، خلا، کاغذ، شیشه، میکا، روغن و ... باشد. معمولاً خازن‌ها را براساس ماده دی‌الکتریک آن نام‌گذاری می‌کنند، مانند خازن کاغذی، خازن روغنی، خازن الکتrolیتی شکل ۷-۳ ساختمان ظاهری یک خازن الکتrolیتی را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۳- ساختمان ظاهری خازن

۷-۲- ظرفیت خازن

ظرفیت یک خازن که آن را با C نمایش می‌دهند، نشان‌دهنده میزان توانایی یک خازن در ذخیره کردن بار الکتريکی است. بنا به تعریف، ظرفیت خازن برابر است با مقدار باری که باید روی یکی از صفحات خازن ذخیره شود تا پتانسیل آن نسبت به صفحه

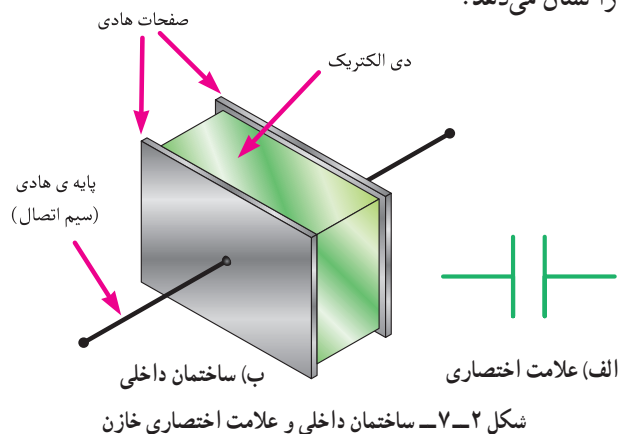
خازن وسیله‌ای است که می‌تواند مقداری الکتريسیته را به صورت بارهای الکتريکی در خود ذخیره کند، همان‌گونه که یک مخزن آب برای ذخیره کردن آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل ۷-۱ تصویر ظاهری تعدادی از انواع خازن‌ها، که در تأسیسات برقی کاربرد زیادی دارند، نشان داده شده است.




شکل ۷-۱- نمونه‌های مختلف خازن

۷-۲- ساختمان خازن

خازن‌ها به اشکال مختلف ساخته می‌شوند. متداول‌ترین آن‌ها خازن‌های مسطحی هستند که از دو صفحه هادی، که بین آن‌ها عایقی قرار دارد، تشکیل می‌شوند. صفحات هادی نسبتاً بزرگ هستند و در فاصله خیلی نزدیک از یکدیگر قرار دارند. شکل ۷-۲ طرح ساده یک خازن مسطح و علامت اختصاری آن را نشان می‌دهد.



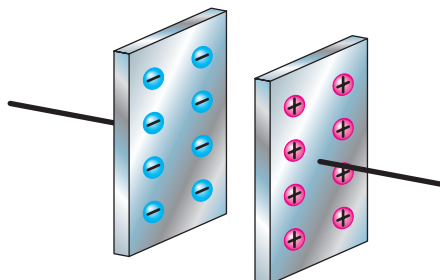
شکل ۷-۲- ساختمان داخلی و علامت اختصاری خازن

دیگر به اندازه یک ولت افزایش یابد. به عبارت دیگر خارج قسمت  مثال: خازنی با ظرفیت ۴۰ میکرو فاراد را به ولتاژ ۵۰ بار الکتریکی (Q) ذخیره شده روی هر یک از صفحات خازن بر ولت اتصال می دهیم. مقدار بار ذخیره شده چند کولن است؟ اختلاف پتانسیل (V) بین دو صفحه را «ظرفیت خازن» گویند. بنابراین:


$$C = \frac{Q}{V} \quad (1)$$

$$Q = C \times V = 40 (\mu F) \times 50 (V) = 2000 \mu C$$

$$2 \times 10^2 \mu C = 2 \times 10^2 \times 10^{-6} C = 2 \times 10^{-4} C$$



شکل ۴-۷

مثال: به دو سر یک خازن ۱۰ میکروفاراد چه ولتاژی بدهیم تا باری معادل ۱۰ میکرو کولن در آن ذخیره شود؟ 

حل: 

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{10 (\mu C)}{10 (\mu F)} \quad \text{ولت } V = 1$$

که در آن:

C - ظرفیت خازن (برحسب فاراد)؛

Q - مقدار بار الکتریکی ذخیره شده بر روی هر یک از

صفحات خازن (برحسب کولن)؛

V - اختلاف پتانسیل بین دو صفحه خازن (برحسب

ولت) است.

واحد ظرفیت «فاراد» است. فاراد ظرفیت خازنی است


که اگر به ولتاژ یک ولت متصل شود یک کولن بار الکتریکی

روی صفحات آن ذخیره می شود. چون فاراد واحد بسیار بزرگی

است، در عمل از واحدهای کوچک تر مانند میکروفاراد استفاده

می شود، که آن را با μF نشان می دهند.

$$1 \mu F = 1 \times 10^{-6} F$$

مثال:  اگر به دو سر یک خازن ولتاژ ۲۲۰ ولت وصل

کنیم باری معادل ۲۲۰ کولن را ذخیره می کند. ظرفیت این خازن

چند میکرو فاراد است؟

حل: 

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{220 (C)}{220 (V)} = 1 F \quad 1 F = 10^{+6} \mu F$$

۷-۴ - عوامل فیزیکی مؤثر در ظرفیت خازن

در ظرفیت یک خازن عوامل زیر مؤثرند:

الف) مساحت صفحات خازن (A): هر چه سطح صفحات

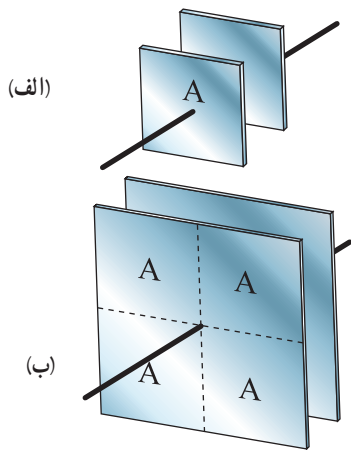
بیش تر باشد، بار الکتریکی بیشتری در خود ذخیره می کند. در

نتیجه ظرفیت آن نیز بیش تر خواهد بود. شکل ۵-۷ ظرفیت دو

خازن الف و ب را با هم مقایسه می کند. چون سطح صفحات خازن

ب، چهار برابر سطح صفحات خازن الف است، ظرفیت خازن ب

چهار برابر ظرفیت خازن الف خواهد بود.

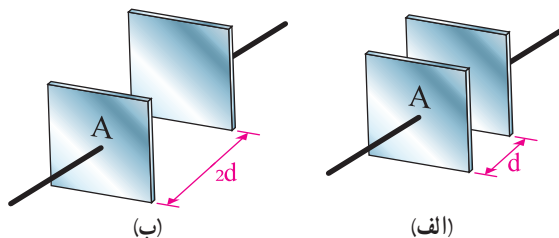


شکل ۵-۷ - سطح صفحات خازن

۱- کولن واحد بار الکتریکی است و مقدار آن برای ۱ کولن برابر با 6.28×10^{18} الکترون است.

۶-۷ ظرفیت دو خازن الف و ب را با هم مقایسه می‌کند. چون فاصله صفحات خازن ب دو برابر صفحات خازن الف است، بنابراین ظرفیت خازن الف دو برابر ظرفیت خازن ب است.

ب) فاصله بین صفحات خازن (d): ظرفیت خازن با فاصله صفحات آن رابطه عکس دارد. یعنی هر چه فاصله بین صفحات خازن بیش تر باشد، ظرفیت خازن کم تر است. شکل



شکل ۶-۷- فاصله بین صفحات خازن

بر ظرفیت خازن اثر دارد. هر چه ماده به کار رفته عایق تر باشد ظرفیت خازن بیش تر خواهد شد. در جدول ۱-۷ ضریب دی الکتریک عایق مورد استفاده در ساخت خازن آمده است.

امروزه خازن‌هایی با فاصله بسیار کوچک ساخته می‌شود که می‌توانند ولتاژهای بزرگی تا چند صد ولت را نیز تحمل کنند. ج) ضریب دی الکتریک (K): جنس دی الکتریک

جدول ۱-۷- ضریب دی الکتریک چند نوع عایق

| ضریب دی الکتریک K | نوع عایق |
|----------------------|-----------------------|
| ۱ | هوا |
| ۲ | تفلون |
| ۲/۵ | کاغذ آغشته به پارافین |
| ۴ | روغن |
| ۵ | میکا |
| ۷ | اکسید آلومینیم |
| ۷/۵ | شیشه |
| ۲۶ | اکسید تانتالیم |
| ۱۲۰۰ | سرامیک |

که در آن :

C : ظرفیت خازن بر حسب فاراد

A : مساحت سطح صفحات بر حسب متر مربع m^2

d : فاصله دو صفحه خازن بر حسب متر m

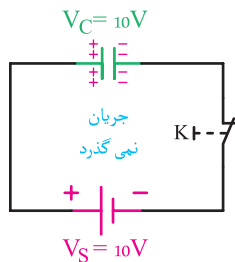
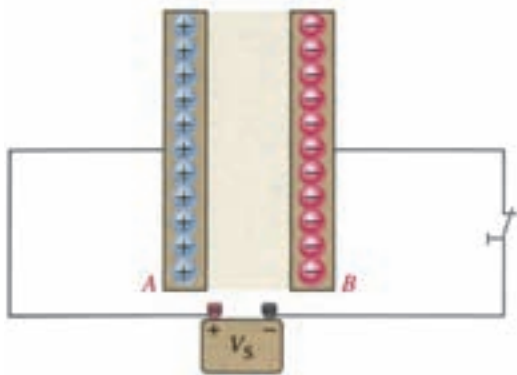
K : ضریب دی الکتریک بر حسب $\frac{F.m}{m^2}$

همان گونه که گفته شد ظرفیت خازن با سطح صفحات خازن با ظرفیت رابطه مستقیم و با فاصله بین صفحات رابطه عکس دارد، در نتیجه برای ظرفیت خازن می‌توان رابطه زیر را نوشت :

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

۷-۵- شارژ و دشارژ خازن

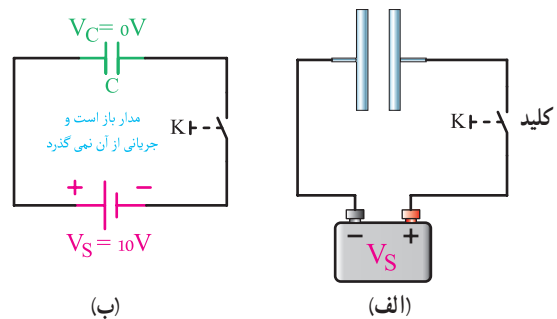
وقتی خازن در حال شارژ شدن است، الکترون‌ها از طریق سیم رابط به طرف قطب مثبت باتری حرکت می‌کنند و وارد باتری می‌شوند و از قطب منفی خارج می‌گردند. وارد و خارج شدن الکترون‌ها از صفحات خازن، میدان الکتریکی ساکن را بالا می‌برد و سبب ایجاد ولتاژی در خلاف جهت ولتاژ اعمال شده به دو سر خازن می‌شود. ولتاژ ایجاد شده در خازن با ولتاژ باتری مخالفت می‌کند. هرچه ولتاژ دو سر خازن بیش‌تر می‌شود ولتاژ مؤثر مدار کم‌تر می‌شود و در نتیجه باعث کم شدن شدت جریان مدار می‌گردد. هرگاه ولتاژ خازن با ولتاژ باتری برابر شود، جریان در مدار متوقف می‌شود. صفر شدن جریان در مدار نشانه شارژ کامل خازن است (شکل ۷-۹).



شکل ۷-۹- خازن در وضعیت شارژ کامل

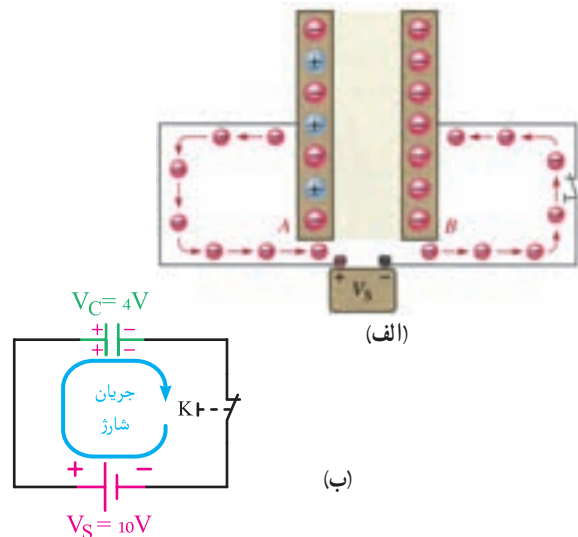
(ب) دشارژ: یک خازن شارژ شده باید شارژ خود را به مدت نامحدودی نگه دارد. در حالی که این‌گونه نیست و با جداسدن خازن از منبع تغذیه دیر یا زود خازن شارژ خود را از دست می‌دهد. عمل از دست دادن شارژ را دشارژ شدن می‌نامند. شکل ۷-۱۰ خازن را در وضعیت شارژ کامل نشان می‌دهد.

(الف) شارژ: برای این که خازن شارژ شود، یعنی انرژی الکتریکی را در خود ذخیره کند باید آن را به یک اختلاف پتانسیل (ولتاژ) وصل کرد. این ولتاژ به وسیله یک باتری تأمین می‌شود. قطب مثبت باتری به یک صفحه و قطب منفی باتری به صفحه دیگر خازن وصل می‌شود. قبل از اتصال صفحات خازن به باتری (وصل کلید)، این صفحات خنثا هستند و هیچ انرژی‌ای در خازن ذخیره نخواهد شد (شکل ۷-۷).

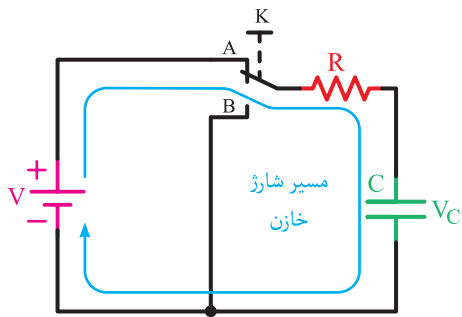


شکل ۷-۷- خازن قبل از اتصال به منبع ولتاژ خنثاست.

با بستن کلید، الکترون‌ها از قطب منفی باتری به طرف صفحه‌ای جاری می‌شوند که به این قطب متصل است و در آن تراکم الکترون یا بار منفی ایجاد می‌کنند. در همین لحظه، قطب مثبت باتری همان تعداد الکترون را از صفحه‌ای جذب می‌کنند که به این قطب متصل است. این صفحه کم‌بود الکترون یا بار مثبت پیدا می‌کند (شکل ۷-۸).

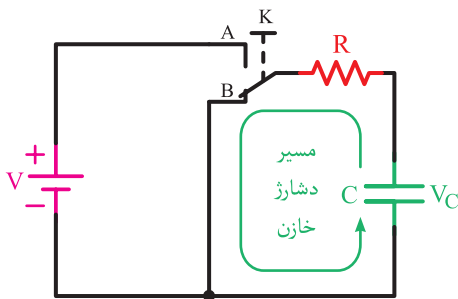


شکل ۷-۸- خازن در حال شارژ شدن

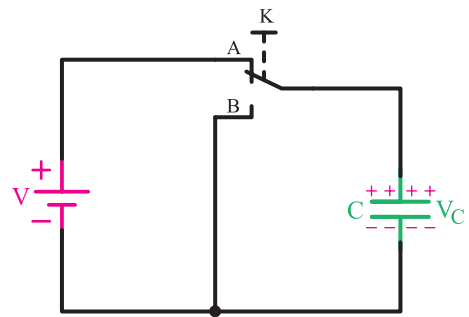


شکل ۷-۱۲- مسیر شارژ خازن دشوار

هم‌چنین اگر پایه‌های یک خازن شارژ شده را به وسیله یک مقاومت اهمی به یکدیگر وصل کنیم شکل ۷-۱۳. خازن به یک‌باره دشوار (خالی) نمی‌شود و مدت زمانی طول می‌کشد. این زمان به مقدار مقاومت سری شده با خازن (R) و ظرفیت خازن (C) بستگی دارد.

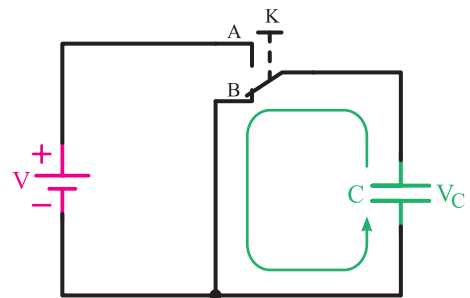


شکل ۷-۱۳- مسیر دشوار خازن



شکل ۷-۱۰- خازن در وضعیت شارژ کامل جریان نمی‌گذرد

برای دشوار سریع خازن لازم است که پس از جدا کردن منبع ولتاژ از خازن، یک مسیر هادی بین دو صفحه خازن ایجاد شود. با ایجاد این مسیر الکترون‌های صفحه منفی به طرف پتانسیل مثبت در صفحه مثبت جاری می‌شوند و تبادل الکترون آن قدر ادامه می‌یابد تا صفحات خنثا شوند. در شکل ۷-۱۱ با تغییر وضعیت کلید و قرارگیری آن در حالت B دو صفحه خازن با یک سیم به یکدیگر اتصال پیدا می‌کنند و عمل دشوار انجام می‌گیرد.



شکل ۷-۱۱- خازن در حال دشوار

کاربرد: کاربردهای شارژ و دشوار خازن می‌توان به ایجاد شوک الکتریکی در اتاق عمل یا فلاش دوربین‌های عکاسی اشاره کرد.

۷-۶- ثابت زمانی خازن

اگر مداری شامل یک مقاومت اهمی و یک خازن را مطابق شکل ۷-۱۲، که به صورت سری بسته شده‌اند، به یک منبع ولتاژ DC وصل کنیم، خازن فوراً (شارژ) نمی‌شود و مدت زمانی طول می‌کشد. زمان شارژ به مقدار مقاومت (R) سری شده با خازن و ظرفیت خازن (C) بستگی دارد.

خازن دیگر قابل استفاده نخواهد بود، مقدار ولتاژ کار را روی خازن می‌نویسند (VAs 45°) یا توسط کارخانه سازنده در برگه مشخصات (کاتالوگ) آن درج می‌کنند.



شکل ۷-۱۵

ج) تُلرانس: به حداکثر انحراف مجاز مقدار ظرفیت خازن نسبت به ظرفیت اسمی آن تُلرانس گویند. همان‌طور که در شکل ۷-۱۶ مشاهده می‌کنید ظرفیت این خازن ۲۵ میکرو فاراد است اما بر اثر عواملی چون دما ممکن است مقدار ظرفیت تغییر کند. برای مثال در این خازن تُلرانس ۵ درصد است؛ یعنی ممکن است ظرفیت به مقدار ۵ درصد افزایش یابد ($25 + 1/25 = 26/25$) یا ۵ درصد کاهش یابد ($25 - 1/25 = 23/25$).



شکل ۷-۱۶

۸-۷- اتصال خازن‌ها

اگر خازنی مورد نیاز باشد که در محدوده ظرفیت‌های

به مدت زمانی که طول می‌کشد تا خازن شارژ کامل یا دشارژ کامل شود «ثابت زمانی خازن» می‌گویند. که از حاصل ضرب R در C به دست می‌آید.

۷-۷- انتخاب خازن

در انتخاب یک خازن توجه به مشخصه‌های زیر لازم است: الف) ظرفیت: اولین موردی که در انتخاب یک خازن باید به آن توجه کرد ظرفیت آن است. مقدار ظرفیت بر روی بدنه خازن نوشته می‌شود. در شکل ۷-۱۴ مقدار ظرفیت خازن (۲۵μF) توسط کارخانه سازنده بر روی بدنه آن حک شده است. بسیار اتفاق می‌افتد که مقدار ظرفیت خازن مورد نیاز ما در حوزه خازن‌های استاندارد موجود در بازار نیست. به همین دلیل باید به کمک چند خازن، مقدار ظرفیت خازن معادل را بسازیم. توجه به ظرفیت خازن در انتخاب و ساختن خازن معادل بسیار مهم است.



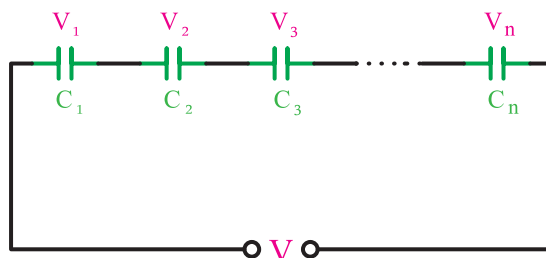
شکل ۷-۱۴

ب) ولتاژ کار: به حداکثر ولتاژی که می‌توان به خازن اعمال کرد، به طوری که عایق دی‌الکتریک آن آسیب نبیند، «ولتاژ کار خازن» می‌گویند. توجه به مقدار این ولتاژ بسیار مهم است. مقدار ولتاژ اعمال شده به خازن باید مساوی یا کم‌تر از مقدار ولتاژ کار خازن باشد. زیرا اعمال ولتاژ بیش‌تر از این مقدار باعث شکستن مولکول‌های عایق دی‌الکتریک می‌شود و به ایجاد قوس الکتریکی بین صفحات خازن و دی‌الکتریک منجر خواهد شد و

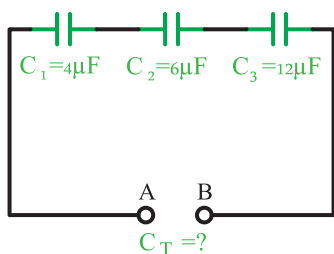
$$C_T = \frac{Q_T}{V_T} \quad (3)$$

۱-۸-۷- اتصال سری خازن‌ها: هرگاه دو یا n خازن مانند شکل ۷-۱۷ به صورت متوالی اتصال یابند این نوع اتصال را «سری» گویند (مانند اتصال سری مقاومت‌ها).

استاندارد نباشد، می‌توان با متصل کردن چند خازن به صورت سری، موازی یا ترکیبی، خازن موردنظر را به دست آورد. اصطلاحاً به خازنی که می‌تواند جای‌گزین تمام خازن‌های مدار شود «خازن معادل» گویند، که با استفاده از رابطه (۳) می‌توان آن را به دست آورد.



شکل ۷-۱۷



شکل ۷-۱۸

روابط حاکم بر خازن‌های سری به صورت زیر است:

الف) در خازن‌های سری بار همه خازن‌ها یک‌سان است.

$$Q_T = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n \quad (4)$$

ب) در مدار سری ولتاژ منبع تغذیه برابر ولتاژ مجموع تک

تک عناصر آن است.

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad (5)$$

ج) ظرفیت خازن معادل در مدار سری را از رابطه (۶)

می‌توان به دست آورد.

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad (6)$$

ظرفیت خازن معادل در مدارهای سری، مانند رابطه مربوط

به مقاومت‌های موازی است. پس لازم است در پایان محاسبه،

مقدار $\frac{1}{C_T}$ را معکوس نمود تا ظرفیت C_T را به دست آورد.



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

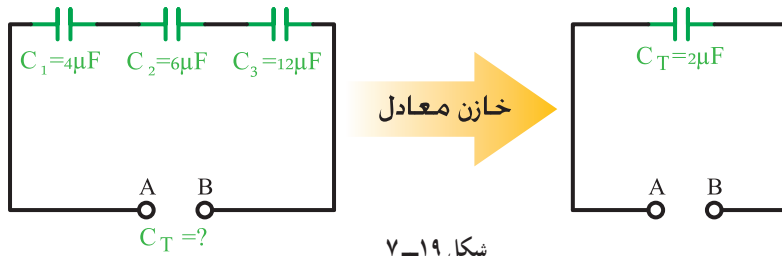
$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{3+2+1}{12} = \frac{6}{12}$$

$$C_T = \frac{12}{6} = 2 \mu F$$

مثال: ظرفیت خازن معادل از دو نقطه A و B در شکل

(۷-۱۸) چند میکروفاراد است؟





شکل ۱۹-۷

نتایج

- ۱- با اتصال سری سه خازن ۴، ۶ و ۱۲ میکروفارادی می توان خازن ۲ میکروفارادی به دست آورد.
- ۲- در اتصال سری خازن ها ظرفیت معادل از ظرفیت کوچک ترین خازن کم تر است.

حل: به دلیل این که ظرفیت خازن ها مساوی است ظرفیت یکی از آن ها را به تعداد خازن ها تقسیم می کنیم.

$$C_T = \frac{C}{n} = \frac{12}{4} = 3 \mu F$$

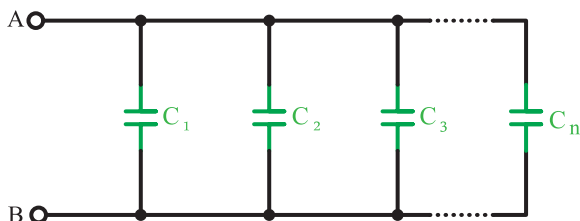
۲- اگر دو خازن به طور سری بسته شوند می توانیم از رابطه ساده شده نهایی به صورت زیر استفاده کنیم.

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow \frac{1}{C_T} = \frac{C_1 + C_2}{C_1 \times C_2}$$

$$C_T = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} \quad (A)$$

توجه: در صورت به کارگیری خازن های الکترولیتی، در موقع اتصال آن ها به قطب های خازن توجه کنید. ضمناً این خازن ها را پیش از اتصال در مدار، ابتدا تخلیه (دشارژ) کنید.

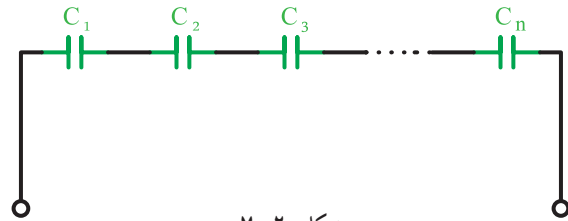
۲-۸-۷- اتصال موازی خازن ها: هرگاه دو یا n خازن مطابق شکل ۲۲-۷ به یکدیگر وصل شوند این اتصال را «موازی» گویند.



شکل ۲۲-۷

حالات خاص خازن های سری

- ۱- اگر n خازن با ظرفیت ها مساوی به طور سری قرار گیرند ظرفیت معادل آن به صورت زیر محاسبه می شود.

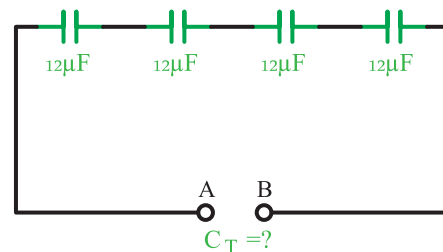


شکل ۲۰-۷

$$C_T = \frac{C}{n} \quad (V)$$

- C - ظرفیت یک خازن n - تعداد خازن ها
 C_T - ظرفیت خازن معادل

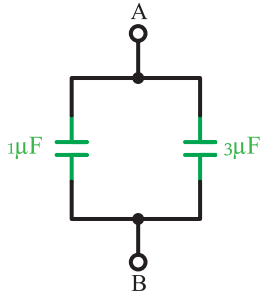
مثال: ظرفیت خازن معادل از دو نقطه A، B مدار شکل ۲۱-۷ چند میکرو فاراد است؟



شکل ۲۱-۷

حل :

روش اول : می توانیم طبق شکل مقابل دو خازن ۱ و ۳ میکروفارادی را با هم موازی کنیم. در نتیجه داریم :



شکل ۲۴-۷

$$C_T = C_1 + C_3 = 1 + 3 = 4\mu F$$

روش دوم : می توانیم طبق شکل زیر دو خازن ۶ و ۱۲ میکروفارادی را با هم سری کنیم. در نتیجه داریم :



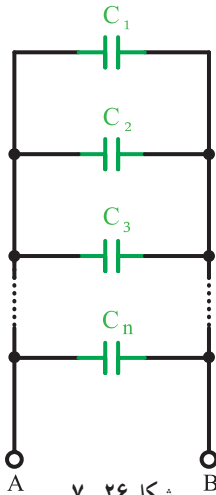
شکل ۲۵-۷

$$C_T = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} = \frac{6 \times 12}{6 + 12} = 4\mu F$$

همان گونه که از حل دو روش ملاحظه می کنید، نتیجه دو روش یکسان است.

❖ حالت خاص خازن های موازی

– اگر n خازن با ظرفیت های مساوی به طور موازی قرار گیرد ظرفیت معادل آن به صورت زیر محاسبه می شود.



شکل ۲۶-۷

روابط حاکم بر این مدارها به صورت زیر است.
الف) در خازن های موازی بار کل برابر مجموع بار تک تک خازن هاست.

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n \quad (9)$$

ب) در مدار موازی ولتاژ همه عناصر برابر ولتاژ منبع تغذیه است.

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n \quad (10)$$

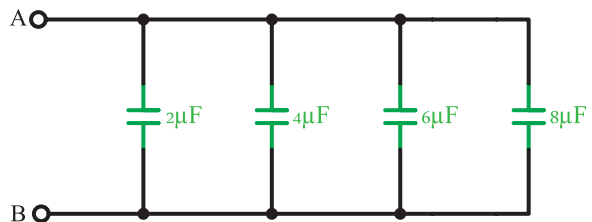
ج) ظرفیت خازن معادل در مدار موازی را از رابطه (۱۱) می توان به دست آورد.

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n \quad (11)$$

همان گونه که از رابطه نهایی مشخص است ظرفیت خازن معادل در مدارهای موازی مانند رابطه مربوط به مقاومت های سری است.



مثال : ظرفیت خازن معادل از دو نقطه A و B در شکل ۲۳-۷ چند میکروفاراد است؟



شکل ۲۳-۷

حل :

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 = 2 + 4 + 6 + 8 = 20\mu F$$



مثال : خازن های ۱ و ۱۲ و ۶ و ۳ میکروفارادی موجود است اما خازن مورد نظر ما با ظرفیت ۴ میکروفاراد در دسترس نیست. چگونه از میان این خازن ها، خازن معادل را می سازید؟

$$C_T = n.C \quad (۱۲)$$

C - ظرفیت یک خازن

n - تعداد خازن‌ها

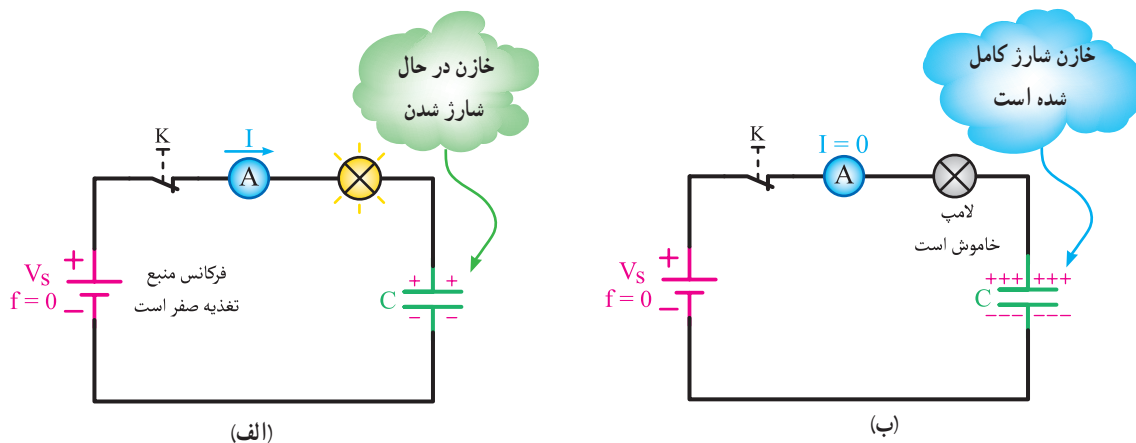
C_T - ظرفیت خازن معادل

۷-۹- عملکرد خازن

۷-۹-۱- خازن در جریان مستقیم : همان گونه که

گفته شد، اگر یک خازن را مطابق شکل ۷-۲۷- الف به ولتاژ مستقیم وصل کنیم مشاهده می‌کنیم پس از بسته شدن کلید K، خازن بلافاصله شارژ می‌شود، یعنی ولتاژ دو سر آن برابر ولتاژ منبع تغذیه می‌گردد. در نتیجه جریان گذرنده از آن به صفر

می‌رسد. برای مشاهده عینی این پدیده می‌توانید یک لامپ کوچک را با خازن به صورت سری قرار دهید و وضعیت لامپ را پس از وصل کلید بررسی کنید (شکل ۷-۲۷- ب). عملکرد مدار به این صورت است که پس از وصل کلید جریان زیادی از مدار عبور می‌کند و لامپ برای یک لحظه کوتاه روشن و سپس خاموش می‌شود. علت خاموش شدن لامپ این است که پس از وصل کلید خازن در زمان کوتاهی شارژ کامل می‌شود و ولتاژ دو سر آن برابر ولتاژ باتری (V_S) می‌شود. در آن حالت چون اختلاف پتانسیل بین خازن و منبع تغذیه وجود ندارد جریان عبوری از مدار صفر خواهد شد.

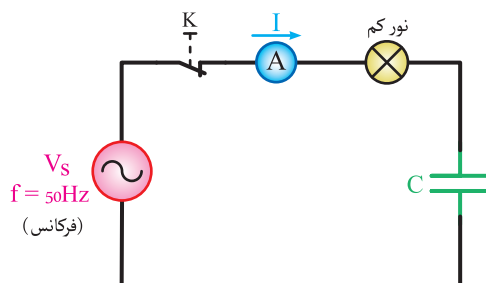


شکل ۷-۲۷

اصلی خود، روشن می‌شود. از این مطلب می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد خازن در جریان متناوب نسبت به جریان مستقیم متفاوت است و در واقع خازن در جریان متناوب می‌تواند جریان عبوری از مدار را محدود کند (شکل ۷-۲۸).

۷-۹-۲- خازن در جریان متناوب : اما اگر همین کار

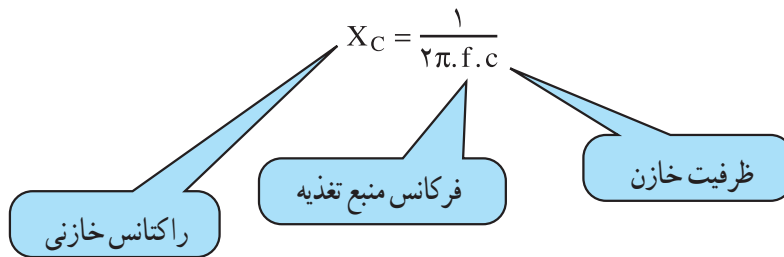
را توسط منبع ولتاژ متناوب سینوسی در دو سر خازن انجام دهیم، مشاهده می‌کنیم پس از وصل کلید آمپر متر مقدار صفر را نشان نمی‌دهد و لامپ نیز خاموش نیست اما با نور کم‌تری، نسبت به نور



شکل ۷-۲۸

متناوب می‌شود. راکتانس خازنی را با X_C نشان می‌دهند و مقدار آن از رابطه زیر به دست می‌آید.

به مقدار مقاومتی که خازن در مقابل عبور جریان متناوب از خود نشان می‌دهد، «راکتانس (عکس‌العمل) خازنی» می‌گویند. این مقاومت باعث محدود شدن جریان مدارهای خازنی در جریان



حل:

کلید در وضعیت a: در این حالت خازن $100\ \mu\text{F}$ میکرو فاراد به منبع تغذیه $100\ \text{V}$ ولتی متصل است. برای به دست آوردن جریان، ابتدا باید مقدار راکتانس خازنی را محاسبه نمود:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 100 \times 10^{-6}} = 31.8\ \Omega$$

با استفاده از قانون اهم، مقدار جریان به صورت زیر محاسبه

$$I = \frac{V}{X_C} = \frac{100}{31.8} = 3.14\ \text{A} \quad \text{می‌شود:}$$

کلید در وضعیت b: مشابه وضعیت قبل، راکتانس خازنی و مقدار جریان را در این حالت نیز محاسبه می‌کنیم. در این حالت خازن $1000\ \mu\text{F}$ میکرو فارادی دو سر منبع تغذیه قرار می‌گیرد، لذا داریم.

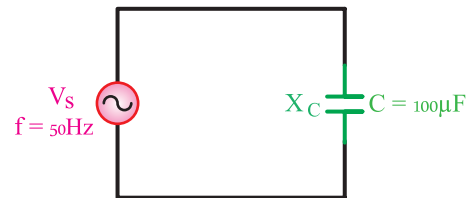
$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 1000 \times 10^{-6}} = 3.18\ \Omega$$

با استفاده از قانون اهم، مقدار جریان به صورت زیر محاسبه

$$I = \frac{V}{X_C} = \frac{100}{3.18} = 31.4\ \text{A} \quad \text{می‌شود:}$$

در رابطه فوق X_C راکتانس خازن برحسب اهم، f فرکانس ولتاژ یا جریان متناوب برحسب هرتز، C ظرفیت خازن برحسب فاراد است.

مثال: در مدار شکل زیر مقدار مقاومت خازنی را به دست



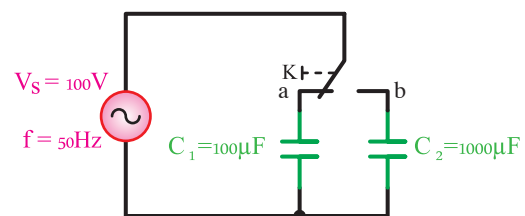
شکل ۲۹-۷

حل:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 100 \times 10^{-6}} = 31.8\ \Omega$$

مثال: جریان عبوری از مدار زیر در کدام حالت کلید a)

یا b) بیش تر است؟

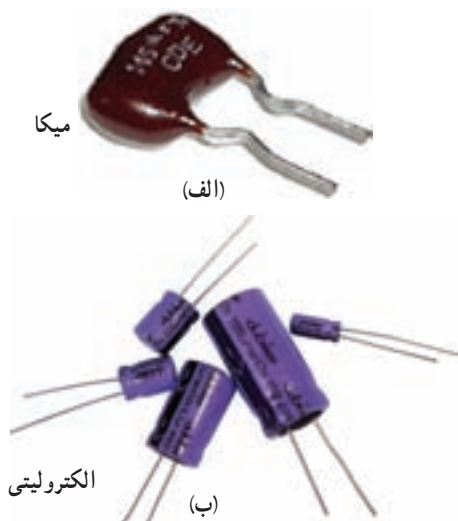


شکل ۳۰-۷

۷-۹-۳- اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در مدار

خازنی: اگر در یک مدار الکتریکی با منبع جریان متناوب، فقط یک خازن وجود داشته باشد جریانی عبوری از مدار به اندازه 90° درجه از ولتاژ دو سر آن جلوتر (پیش فاز) خواهد افتاد. در شکل ۷-۳۱ منحنی جریان گذرنده از خازن و ولتاژ دو سر خازن رسم

الف) خازن ثابت : در خازن‌های ثابت، ظرفیت ثابت است و مقدار آن را پس از ساخت نمی‌توان تغییر داد. خازن‌های ثابت را معمولاً با جنس دی‌الکتریک آن نام‌گذاری می‌کنند. شکل ۷-۳۲ چند نمونه خازن ثابت را نشان می‌دهد.



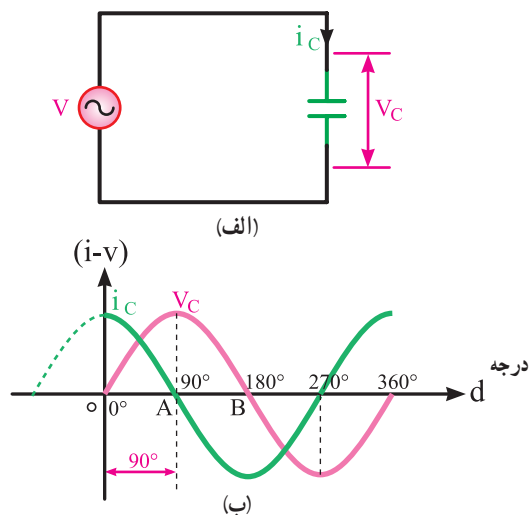
سرامیک

(ج)

شکل ۷-۳۲ چند نمونه خازن ثابت

ب) خازن متغیر : خازن متغیر خازنی است که ظرفیت آن را در هر لحظه می‌توان تغییر داد و ظرفیت مورد نظر را تنظیم نمود. اساس کار خازن متغیر بر مبنای تغییر سطح مشترک صفحات یا تغییر ضخامت دی‌الکتریک است. شکل ۷-۳۳ چند نمونه خازن متغیر را نشان می‌دهد.

شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود برای تعیین میزان اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان خازن باید دو نقطه مشابه از روی دو موج انتخاب کنیم (مانند دو نقطه A و B) و سپس اختلاف بین این دو نقطه شروع (صفر) را در نظر گرفت.



شکل ۷-۳۱ منحنی ولتاژ و جریان خازن

۱-۷- انواع خازن

خازن‌ها انواع گوناگونی دارند و از لحاظ شکل و اندازه با یکدیگر متفاوت‌اند بعضی از خازن‌ها از روغن پر شده و حجیم‌اند. برخی دیگر بسیار کوچک و به اندازه دانه عدس‌اند. خازن‌ها برحسب ثابت بودن یا نبودن ظرفیت به صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- | | | | | |
|--|---|-------|---|------------|
| <ul style="list-style-type: none"> — میکا — سرامیک — کاغذی — الکترولیتی — روغنی | } | ثابت | } | انواع خازن |
| <ul style="list-style-type: none"> خازن هوا خازن تریمر | } | متغیر | | |

الف) الکتروموتور تک فاز با خازن راه انداز :

به کار رفته در این گونه موتورها برای کار به مدت فقط چند ثانیه در هر دفعه راه اندازی طراحی شده اند. پس از این زمان، کلیدی (تابع دور) که با آن سری شده است، باز می شود و خازن را از مدار خارج می کند. به این خازن ها که فقط در طول مدت راه اندازی در مدار هستند خازن راه انداز می گویند. خازن راه انداز الکترولیتی است. این خازن روی بدنه موتور نصب می شود و استوانه ای شکل است. شکل ۳۴-۷ یک الکتروموتور با خازن راه انداز را نشان می دهد.



(الف)



(ب)



شکل ۳۴-۷ الکتروموتور با خازن راه انداز

این گونه الکتروموتورها در کمپرسورها، سیستم های تهویه مطبوع، پمپ ها و سردخانه ها کاربرد دارند.

ب) الکتروموتور تک فاز با خازن دائم :

در این الکتروموتورها کلیدی برای خارج کردن خازن وجود ندارد و خازن به صورت دائم در مدار باقی می ماند. دی الکتریک این خازن روغن است. ظرفیت خازن های روغنی به کار رفته در این گونه الکتروموتورها ۲ تا ۴۰ میکروفاراد بوده که نسبت به خازن الکترولیتی چند صد میکروفاراد کم تر است. قرار داشتن خازن به صورت دائم در مدار، باعث کاهش اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان موتور می شود و در نتیجه ضریب قدرت موتور را افزایش می دهد. هم چنین باعث افزایش راندمان موتور خواهد شد. شکل ۳۵-۷ یک الکتروموتور با خازن دائم کار را نشان می دهد.



(ج)

شکل ۳۳-۷ چند نمونه خازن متغیر

۱۱-۷- کاربرد خازن ها

از خازن ها در زمینه های مختلفی هم چون راه اندازی الکتروموتورها، کاهش زاویه اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان (اصلاح ضریب قدرت)، مدارهای الکترونیکی مانند صافی ها استفاده می شود. در زیر به دو نمونه کاربرد خازن در الکتروموتورها اشاره شده است.

از این الکتروموتور در پمپ‌ها، ماشین لباسشویی و آب‌میوه‌گیری
استفاده می‌شود.



شکل ۳۵-۷- الکتروموتور با خازن دائم کار

◀ پرسش‌های چهار گزینه‌ای

- ۱- وضعیت جریان عبوری از مدار یک خازن در شرایط شارژ کامل چگونه است؟
الف) حداکثر (ب) صفر (ج) دو برابر (د) حداقل
- ۲- اگر ده خازن ۱۰ میکرو فارادی را به صورت سری ببندیم ظرفیت معادل چند میکروفاراد است؟
الف) ۱ (ب) ۱۰۰ (ج) ۱۰ (د) ۰/۱
- ۳- دشارژ کردن سریع خازن یعنی :
الف) قطع و وصل کلید موجود در مدار خازن
ب) اتصال کوتاه کردن دو پایه خازن
ج) اعمال ولتاژ به دوسر خازن
د) تخلیه میدان مغناطیسی صفحات خازن
- ۴- ذخیره بار الکتریکی در خازن به این معنی است که بار :
الف) در آن حرکت می کند .
ب) پس از قطع برق از بین می رود .
ج) در صفحات آن تخلیه می شود .
د) پس از قطع برق باقی می ماند .
- ۵- ظرفیت یک خازن عبارت است از :
الف) توانایی مقدار باری که خازن می تواند ذخیره کند؛
ب) میزان سطح مشترک صفحات خازن،
ج) توانایی عمل مقدار ولتاژی که به خازن وصل می شود،
د) میزان جریانی که از خازن عبور می کند .
- ۶- اگر ولتاژ دو سر خازن با ولتاژ منبع تغذیه برابر شود یعنی خازن و جریان مدار است.
الف) شارژ شده - حداکثر (ب) دشارژ شده - حداکثر
ج) شارژ شده - صفر (د) دشارژ شده - صفر

◀ پرسش‌های پرکردنی

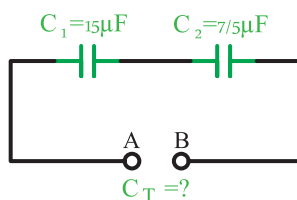
- ۷- ظرفیت خازن معادل در مدار سری از ظرفیت خازن‌های موجود در مدار است.
- ۸- مقدار بار الکتریکی ذخیره شده در خازن از رابطه به دست می آید.

◀ پرسش‌های درست و نادرست

- ۹- هر چه ضریب دی الکتریک ماده عایق به کار رفته در خازن زیادتر باشد ظرفیت خازن بیش تر است .
درست نادرست
- ۱۰- ظرفیت یک خازن با فاصله بین صفحات آن رابطه مستقیم دارد .
درست نادرست

◀ پرسش‌های تشریحی

- ۱۱- ساختمان خازن را شرح دهید.
- ۱۲- شارژ و دشارژ خازن را توضیح دهید.
- ۱۳- ظرفیت خازن به چه عوامل فیزیکی بستگی دارد؟
- ۱۴- ثابت زمانی خازن را تعریف و رابطه آن را بنویسید.
- ۱۵- مشخصات مهم در انتخاب خازن را بیان کنید.
- ۱۶- عملکرد خازن را در جریان متناوب شرح دهید.
- ۱۷- راکتانس خازنی چیست؟ رابطه آن را بنویسید.
- ۱۸- در مدار شکل ۷-۳۶ مقدار ظرفیت کل را محاسبه کنید.



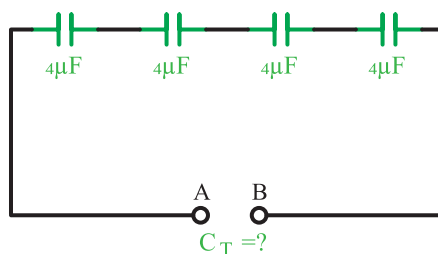
شکل ۷-۳۶

پاسخ‌ها :

الف) $5\mu F$

- ۱۹- در مدار شکل ۷-۳۷ مقدار ظرفیت کل چند میکرو فاراد است؟

پاسخ : $1\mu F$



شکل ۷-۳۷

- ۲۰- در یک خازن، 34 میکرو کولن بار الکتریکی ذخیره شده است. اگر ولتاژ دو سر خازن 10 ولت باشد، ظرفیت آن چند

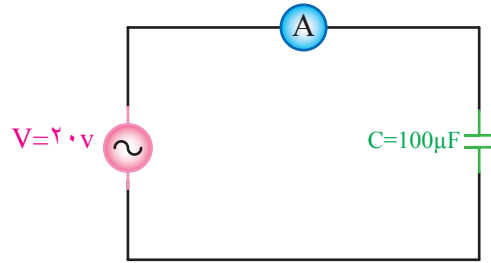
میکرو فاراد بوده است؟

پاسخ : $3/4\mu F$

- ۲۱- اگر یکی از صفحات خازن را به اندازه $d/4$ به صفحه دیگر نزدیک کنیم، ظرفیت آن چه تغییری می‌کند؟

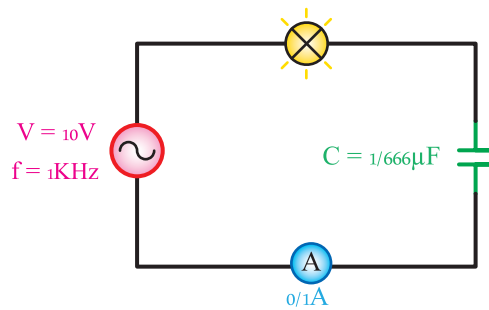
پاسخ : دو برابر می‌شود $C_2 = 2C_1$

۲۲- در شکل ۷-۳۸ ۷ آمپر متر ۱/۲۵۶ آمپر را نشان می‌دهد. فرکانس منبع چند هرتز است؟ ($\pi = 3/14$)
 پاسخ: 100Hz



شکل ۷-۳۸

۲۳- در شکل ۷-۳۹ اگر ظرفیت خازن دو برابر شود، جریان مدار و نور لامپ چه تغییری می‌کند؟ ($\pi = 3$)
 پاسخ: نور لامپ افزایش می‌یابد، $I = 0/2_A$



شکل ۷-۳۹