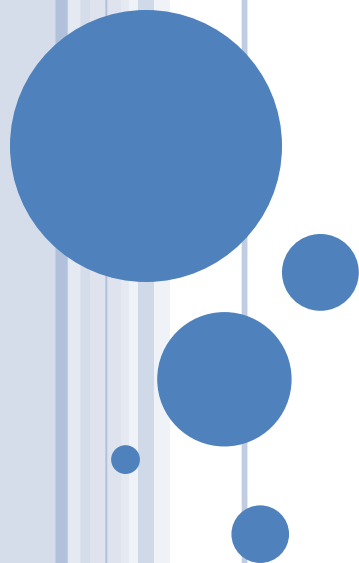


به نام ایزد دانا

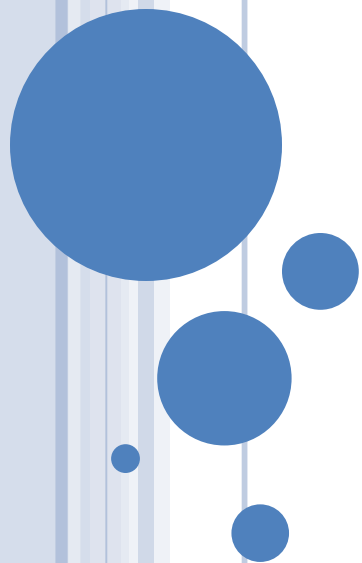
الکترونیک خودرو

تهیه و تنظیم
مهرزاد کشتکار
مدرس دروس تخصصی خودرو



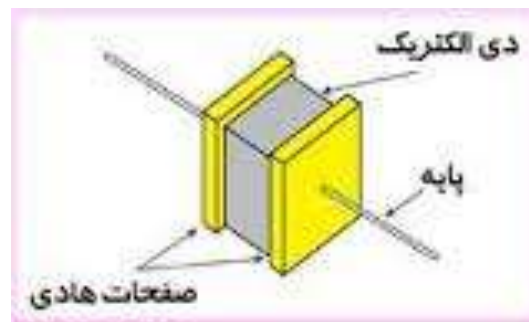
فصل دوم

خازن ها



خازن (CAPACITOR)

خازن از دو صفحه تخت رسانا همراه با یک عایق (دی الکتریک) بین آنها تشکیل شده است، که جهت ذخیره سازی بار الکتریکی استفاده می شود.

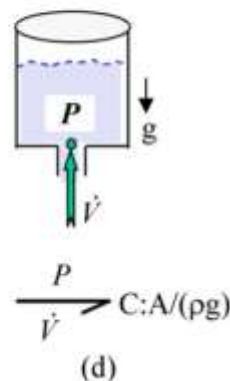
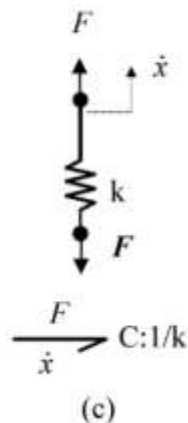
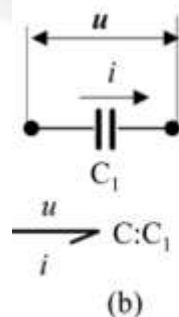
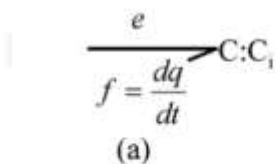


وظیفه خازن

خازن عضوی است که انرژی الکتریکی را توسط میدان الکتروستاتیکی (بار الکتریکی) در خود ذخیره می کند.

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

خازن مدل فنر در سیستم های مکانیکی است که انرژی مکانیکی را در خود ذخیره می کند و با برداشتن نیرو از روی فنر انرژی مکانیکی را پس می دهد، خازن نیز انرژی الکتریکی را در خود ذخیره کرده و بعد از کم شدن پتانسیل مدار انرژی الکتریکی را بر می گرداند.



ظرفیت خازن (CAPACITY)

عوامل موثر در ظرفیت خازن

$$c = \frac{\varepsilon A}{d}$$

○ مساحت مشترک صفحات (مستقیم)

○ ضخامت دی الکتریک بین صفحات (معکوس)

○ جنس یا ضریب دی الکتریک. (مستقیم)

نوع عایق	ضریب دی الکتریک
هوا	1
میکا	3 - 8
سرامیک	800 - 1200
پلی استر	2.5
اکسید آلومینیوم	7
اکسید تانتالوم	26
کاغذ	2 - 6
شیشه	5.5 - 10
روغن	2 - 5
فیبر	3 - 5
کوارتز	3.4 - 4.2
پارافین	2 - 2.2

مهمترین ویژگی خازن

1- ظرفیت خازن: با حرف C نشان می دهند و به معنای توانایی ذخیره بار الکتریکی می باشد. واحد ظرفیت خازن F فاراد است.

چگونگی تبدیل	ضریب	حرف اختصاری	واحد
برای تبدیل از واحد بالا به واحد پایین در ضرایب ضرب می شود.	واحد اصلی	f	فاراد
	10^3	mf	میلی فاراد
	10^6	μf	میکرو فاراد
	10^9	nf	نانو فاراد
	10^{12}	pf	پیکو فاراد

2- ولتاژ کاری خازن: ماکزیمم ولتاژی است که به دو سر خازن اعمال می شود تا مولکول های عایق درون خازن شکسته نشود و خاصیت عایق بودن خود را حفظ کند.

حل چند مساله نمونه در محاسبه ظرفیت خازن

مثال ۱: یک خازن در اثر اعمال ۲۰ ولت به دو سر آن باری معادل ۸۰ کولن را ذخیره می کند. ظرفیت خازن چه قدر است؟

راه حل:

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

$$C = \frac{80(C)}{20(V)} = 4(F)$$

مثال ۲: خازنی با ظرفیت ۴۰ μF را به ولتاژ ۵۰ ولت اتصال می دهیم. مقدار بار ذخیره شده چه قدر است؟

راه حل:

$$Q = CV$$

$$Q = 40 \times 10^{-6} \times 50 = 2000 \mu C$$

مثال ۳: به دو سر خازن ۱۰ μF چه ولتاژی بدهیم تا باری معادل ۱۰ μC در آن ذخیره شود؟

راه حل:

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

$$V = \frac{10 \times 10^{-6}(C)}{10 \times 10^{-6}(F)} = 1V$$

مثال ۴: ظرفیت خازنی را که مساحت صفحات آن ۰/۰۵ مترمربع و فاصله ی بین صفحات آن ۱/۰ سانتیمتر و نوع دی الکتریک به کار رفته در آن میکا باشد، به دست آورید.

(ε_r) برای میکا برابر ۵ است. هم چنین می دانیم که ثابت دی الکتریک هوا برابر است با ε_۰ = ۸/۸۵ × ۱۰^{-۱۲}. بنابراین با توجه به مقادیر داده شده، مقدار C ظرفیت خازن را به دست می آوریم.

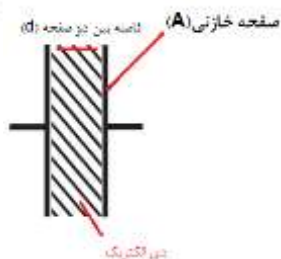
$$\epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 = 8/85 \times 10^{-12} \times 5 \left[\frac{F}{m} \right]$$

$$A = 0/05 m^2$$

$$d = 0/1 \times 10^{-2} m$$

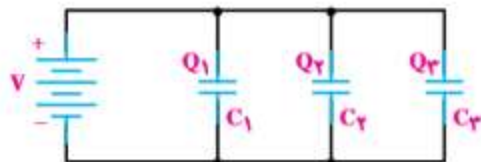
$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

$$C = \frac{8/85 \times 10^{-12} \times 5 \times 0/05}{0/1 \times 10^{-2}} = 0/00221 \mu f$$



تغییر ظرفیت در نحوه به هم بستن خازن ها

به هم بستن موازی

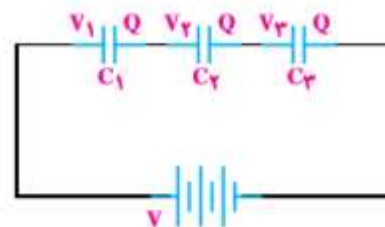


$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3$$

در اتصال موازی خازن ها اختلاف پتانسیل بین دو صفحه‌ی
همه‌ی آن‌ها برابر ولتاژ منبع است ولی بار الکتریکی هر خازن با
ظرفیت آن متناسب است.

به هم بستن سری



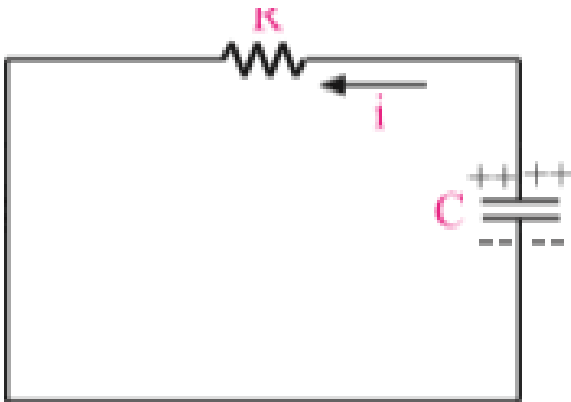
$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

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

اندازه‌ی بار الکتریکی همه‌ی خازن ها یکی است ولی
اختلاف پتانسیل دو سر مجموعه برابر حاصل جمع
اختلاف پتانسیل های دو سر خازن ها است.

ثابت زمانی خازن (مدار RC)

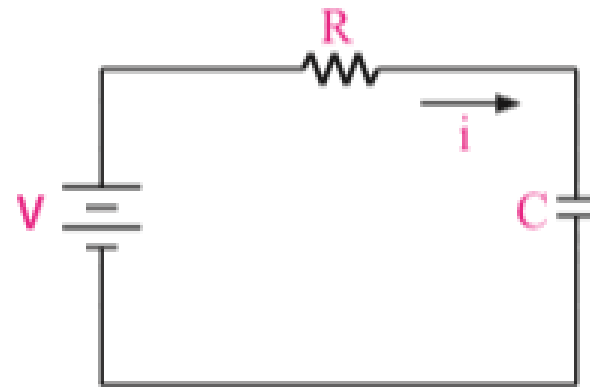


شارژ خازن

اگر مداری شامل یک مقاومت اهمی و یک خازن بصورت سری بسته شده و به یک منبع ولتاژ DC وصل کنیم خازن فوراً شارژ نمی شود بلکه مدتی طول می کشد تا به شارژ کامل برسد زمان شارژ به مقدار R و C بستگی دارد.

دشارژ خازن

اگر پایه های یک خازن شارژ شده را به وسیله ی یک مقاومت اهمی به یکدیگر وصل کنیم خازن به یکباره دشارژ (خالی) نمی شود، بلکه مدت زمانی طول می کشد تا خازن شارژ خود را از دست بدهد. این زمان را اصطلاحاً ثابت زمانی مدار RC می نامند.

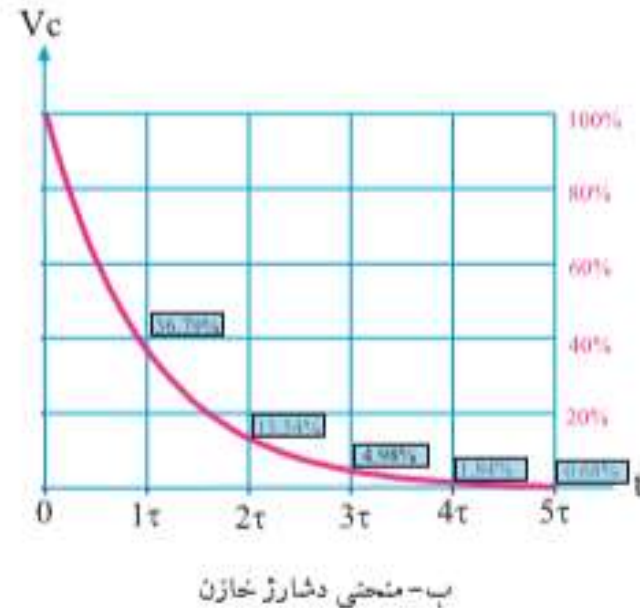


رابطه محاسبه ثابت زمانی خازن

$$\tau = R \cdot C$$

C: ظرفیت خازن بر حسب فاراد
R: مقاومت الکتریکی بر حسب اهم
 τ : ثابت زمانی مدار بر حسب ثانیه

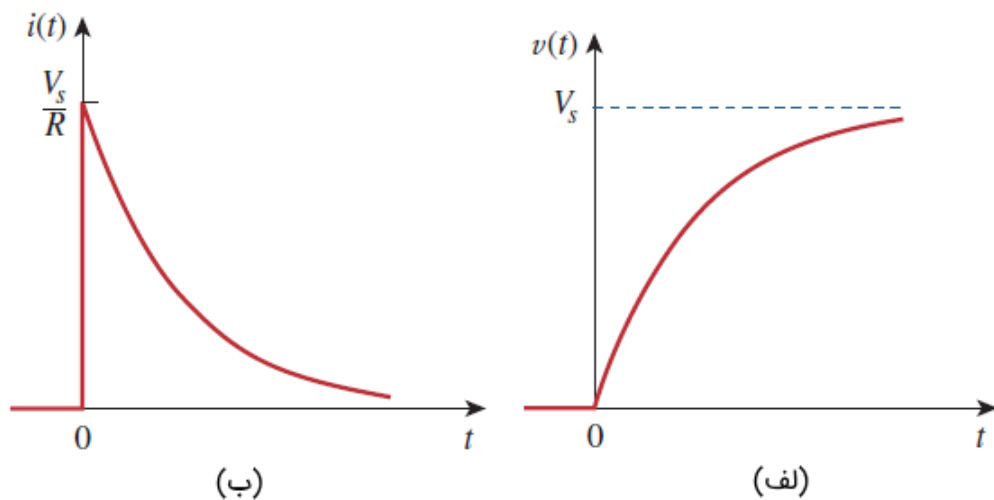
شارژ خازن به صورت نمایی و جهشی است.



زمان شارژ یا دشارژ کامل خازن، تقریباً برابر با پنج برابر ثابت زمانی می باشد.

تغییرات ولتاژ و جریان مدار در زمان شارژ خازن

در لحظه صفر، حداکثر جریان توسط خازن کشیده می شود ولی اختلاف پتانسیل دو سر آن حداقل است. بعد از گذشت ثابت زمانی و شارژ کامل خازن، جریان عبوری صفر و اختلاف پتانسیل بین صفحات خازن ماکزیمم و با ولتاژ مدار برابر می شود.



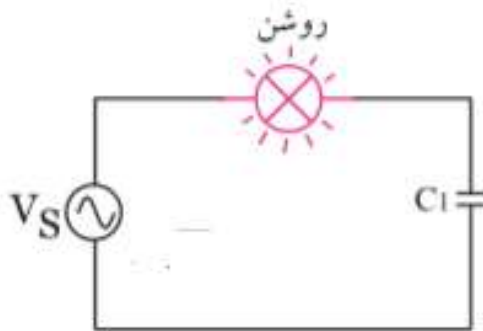
رآکتانس خازنی (CAPACITANCE REACTANCE)

X_C : رآکتانس بر حسب اهم

f : فرکانس بر حسب هرتز

C : ظرفیت خازن بر حسب فاراد

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$



مقاومتی را که خازن در جریان متناوب از خود نشان می دهد، را رآکتانس خازنی می گویند.

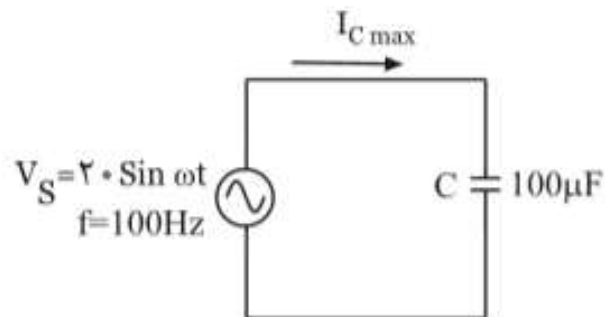
هنگامی که خازن در مدار جریان مستقیم با لامپ سری شود (به دلیل بی نهایت شدن مقاومت خازن) به عنوان مدار باز عمل کرده و لامپ روشن نمی شود.

ولی در مدار متناوب لامپ زمانی روشن می ماند که جریان عبوری از خازن بتواند مورد نیاز برای روشن شدن لامپ را تامین کند.

محاسبه جریان عبوری از مدار خازنی متناوب

مثال: در شکل جریان ماکزیمم عبوری از

خازن ($I_{c\max}$) چند میلی آمپر است؟



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

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

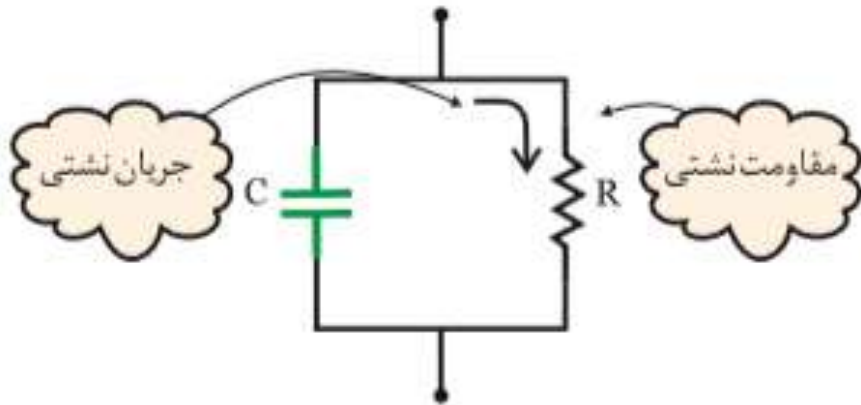
حل:

ابتدا راکتانس خازنی را محاسبه می کنیم:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 100 \times 100 \times 10^{-6}} = \frac{10^4}{2000\pi} = \frac{50}{\pi}$$

سپس جریان عبوری از مدار را محاسبه می کنیم:

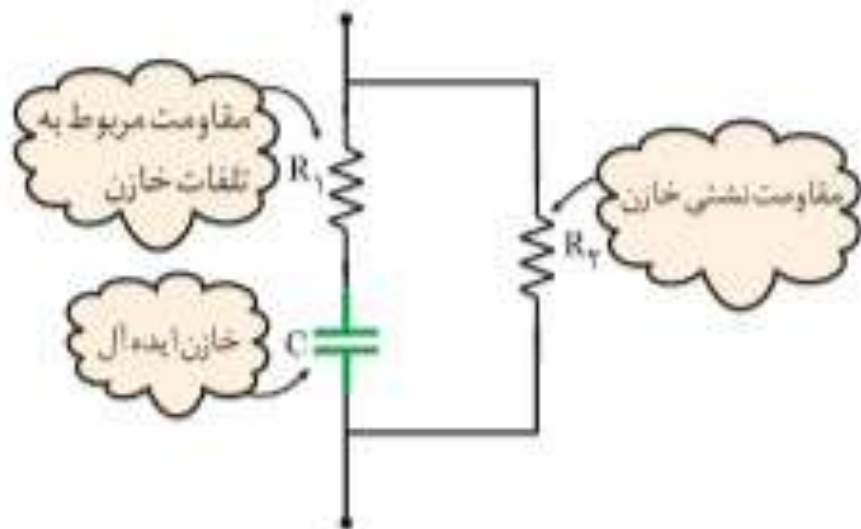
نشتی خازن



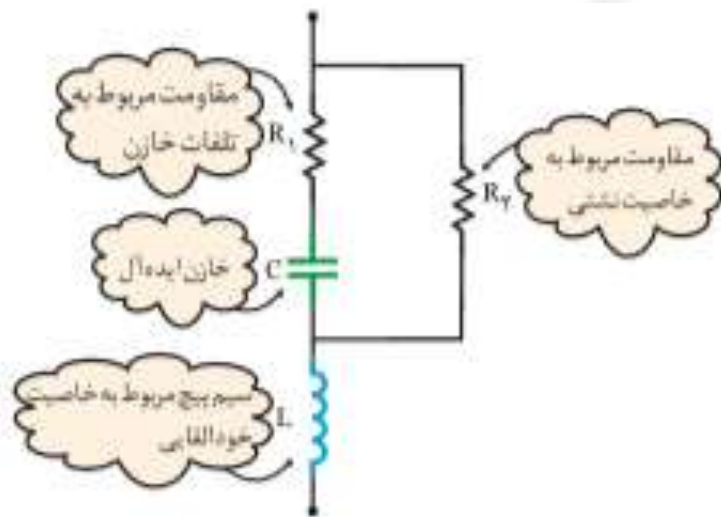
یک خازن شارژ شده پس از مدتی ولتاژ خود را از دست می دهد. علت این پدیده، ایده آل نبودن عایق بین صفحات خازن است. برای توجیه این پدیده مقاومتی را بنام مقاومت نشتی، به صورت موازی با خازن در نظر گرفته می شود. خازن های کاغذی، میکا و سرامیک مقاومت نشتی خیلی زیاد بوده در نتیجه جریان نشتی خیلی کم است.

تلفات در خازن

معمولا یک خازن در زمان تخلیه، کل انرژی ذخیره شده در صفحات را پس نمی دهد. برای توجیه این پدیده، مقاومتی بصورت سری با خازن در نظر گرفته و مانند یک مصرف کننده مقداری از انرژی ذخیره شده در خازن را مصرف می کند.



ضریب خود القایی (اثر سلفی صفحات) خازن



خازن های ورقه ای دارای مقداری خاصیت خود القایی هستند که در فرکانس های بالا (به دلیل افزایش راکتانس) می توانند مشکل آفرین باشند. برای توجیه این پدیده سیم پیچی با خازن بصورت سری فرض می شود.

کاربرد خازن در مدارات الکتریکی و الکترونیکی خودرو

- خازن بطور موازی در خروجی آلترناتور قرار می گیرد و این کار باعث کاهش و صاف شدن نوسانات ولتاژ خروجی آلترناتور می شود.
- خازن با ذخیره ولتاژ های خودالقایی در سیم پیچ اولیه کویل و از بین بردن پارازیت های ولتاژ بالا در سیستم جرقه زنی کاربرد فراوان دارد.
- خازن به عنوان تایمر چراغ درون اتاق و یا برخی مدار برف پاکن های خودرو استفاده می شود.

- پارازیت گیر (فیلتر یا صافی)
- جرقه گیر یا گیرنده نوسانات شدید ولتاژ
- تایمر



استفاده از خازن در خروجی آلترناتور خودروها به عنوان صافی

هنگامی که ولتاژ تولیدی آلترناتور به ماکزیمم خود برسد، خازن نیز شارژ شده. اندکی پس از آنکه ولتاژ تولیدی آلترناتور از حداکثر مقدار خود کمتر شد، خازن دشارژ شده و از نوسانات زیاد ولتاژ در مدار جلوگیری می کند با کاهش نوسانات ولتاژ تولیدی آلترناتور، سیستم های الکترونیکی، صوتی و تصویری خودرو نیز بهتر عمل می کنند.

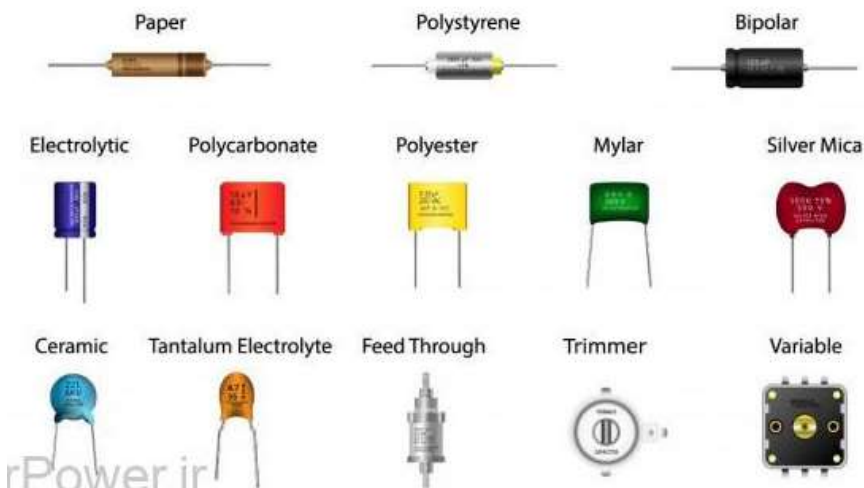


شارژ و دشارژ خازن های ورودی با ولتاژ یکسوسوده

هنگامی که خازن به صورت موازی در خروجی آلترناتور قرار می گیرد، ولتاژ تولیدی مانند منحنی پر رنگ می باشد.

انواع خازن ها

Capacitor Types



ثابت

این نوع خازن ها در حالت معمولی دارای ظرفیت ثابتی هستند و بر اساس نوع ماده دی الکترولیت به دو نوع خشک و الکترولیتی می توان تقسیم کرد.

○ سرامیکی (Ceramic capacitor)

○ ورقه ای (کاغذی و پلاستیکی)

○ میکا

○ الکترولیتی

○ تانتالیومی

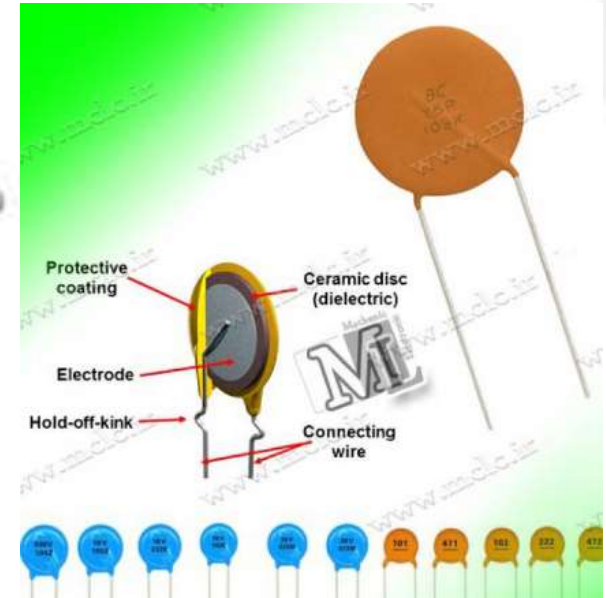
متغیر

این نوع خازن ها دارای ظرفیت متغیر بر اساس شرایط کاربریشان دارند.

○ واریابل (Variable)

○ تریممر (Trimer)

در خازن های سرامیکی، ورقه ای و میکا، دی الکتریک از نوع خشک بوده در صورتیکه در خازن های الکترولیتی ماده دی الکتریک، طی یک فرآیند الکتروشیمیای به وجود می آید.



عیب بزرگ این خازن ها وابسته بودن ظرفیت آنها به دمای محیط می باشد. خازن های سرامیکی در دو نوع دیسکی (عدسی) و استوانه ای تولید می شود.

خازن های ورقه ای



در این نوع خازن ها از کاغذ متخلخل یا مواد پلاستیکی (poly styrene) به عنوان دی الکتریک استفاده می شود. صفحات فلزی این خازن ها معمولاً از جنس آلومینیوم بوده. این خازن ها نسبت به تغییرات دما حساس نیستند.

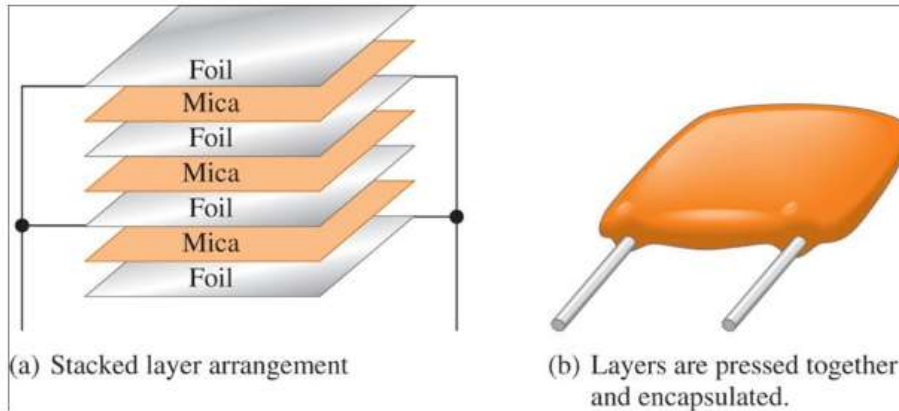
به علت کم بودن ضریب دی الکتریک عایق، ابعاد این نوع خازن ها بزرگ ولی می توان از آنها در ولتاژها و جریان های بالا استفاده کرد. از این خازن ها معمولاً به عنوان پارازیت گیر و در سیستم جرقه زنی خودرو استفاده می شود.



ب- شکل ظاهری

خازن میکا

Mica Capacitors



مشخصه خازن میکا

- جنس دی الکتریک از میکا
- جنس صفحات فلزی از آلومینیوم
- ولتاژ کاری بالا
- عمر و کارکرد طولانی
- استفاده در مدار با فرکانس بالا
- ظرفیت بین $0.01\mu f$ تا $1\mu f$
- تاثیر در برابر حرارت کمتر
- کاربرد در مدارات دقیق



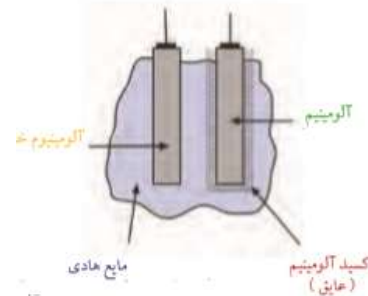
خازن الکترولیتی

برتری خازن الکترولیتی تانتالیومی نسبت
به آلومینیومی

- ضریب دی الکتریک 3 برابری
- اکسید تانتالیومی نسبت به اکسید آلومینیومی
- افزایش ظرفیت در حجم مساوی
- حداکثر تا $330\mu F$
- جریان نشتی کمتر
- عمر طولانی تر
- تحمل جریان های شارژ و دشارژ زیاد



الف) شکل ظاهری خازن الکترولیتی



ب) ساختمان داخلی خازن الکتریکی

مشخصه خازن الکترولیتی

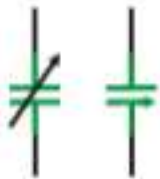
- ضخامت دی الکتریک حدود یک نانومتر در عمل این لایه در اثر اکسیداسیون آندی یک فلز صورت می گیرد.
- ظرفیت بسیار بالا نسبت به حجم شان
- قطب بندی (+و-)
- اتصال معکوس باعث تخریب (تجزیه الکترولیت و تولید گاز)
- جنس صفحات از آلومینیوم (کاتد یا منفی) و اکسید آلومینیوم (آند یا مثبت)
- جریان نشتی زیاد
- ظرفیت خازن شدیداً تابع حرارت
- عمر نسبتاً کوتاه به دلیل خشک شدن الکترولیت



خازن های متغیر

ظرفیت خازن واریابل با کمک دست یا با چرخاندن محور تغییر می کند، ولی ظرفیت خازن تریمر با چرخاندن پیچ آن به وسیله ی پیچ گوشتی تغییر می کند.

صفحات متغیر



صفحات ثابت

ب) علامت قرار دای خازن متغیر

الف) شکل ظاهری خازن متغیر

پیچ

صفحات متحرک

صفحات ثابت



ب- خازن های تریمر

الف- خازن واریابل

Trimmer Capacitor

مشخصه خازن های متغیر

- ظرفیت متغیر
- دی الکتریک معمولاً هوا یا پلاستیک
- دارای دو مجموعه صفحات متحرک و ثابت، موازی یکدیگر
- ظرفیت های خیلی بالا غیر ممکن
- کاربرد در فرکانس های بالا در گیرنده های رادیویی

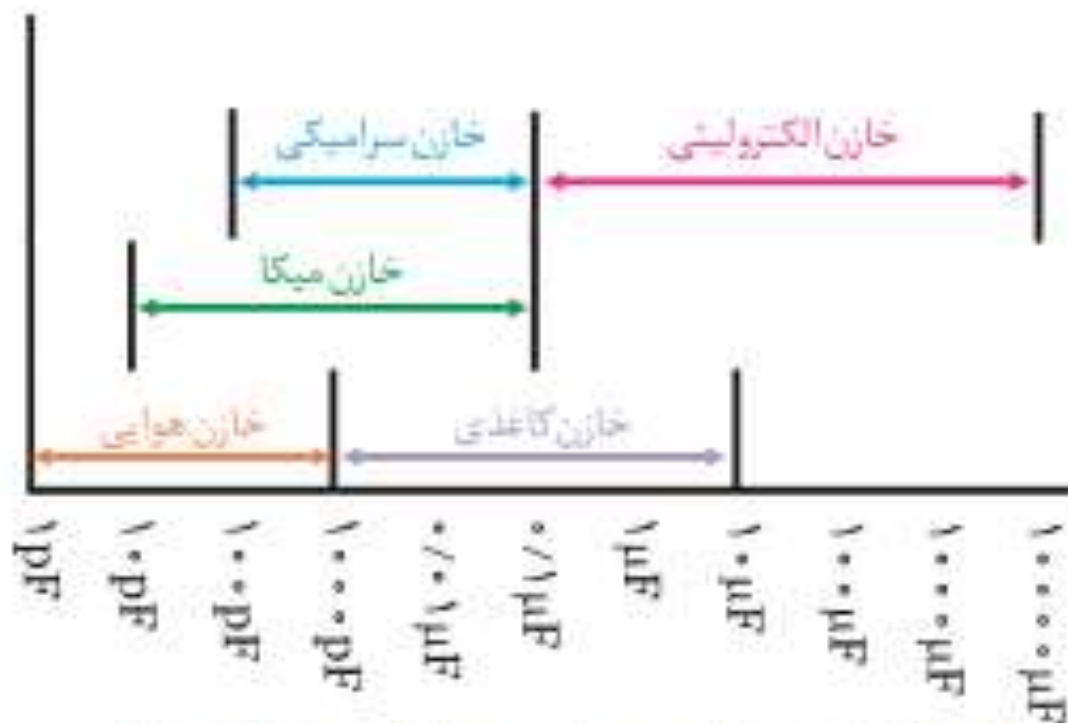
به طور کلی با تغییر سه پارامتر، فاصله و سطح صفحات و نوع دی الکتریک، می توان ظرفیت خازن را تغییر داد. اساس کار خازن متغیر بر مبنای تغییر سطح موثر یا ضخامت دی الکتریک می باشد.

روشهای خواندن مقدار ظرفیت خازن ها

○ مقدار عددی حک شده

○ کدهای عددی

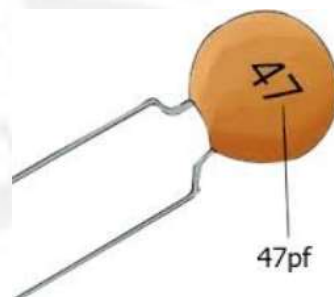
○ کدهای نواری رنگی



نمودار ظرفیت خازن های مختلف به طور تقریبی

نحوه خواندن ظرفیت خازن از روی مقدار عددی حک شده

در بعضی موارد مقدار عدد مربوط به ظرفیت خازن و واحد آن عیناً بر روی بدنه خازن نوشته شده است.



اگر عدد نوشته شده بر روی خازن واحد نداشته باشد، چنانچه عدد کوچکتر از یک باشد ظرفیت خازن بر حسب میکروفاراد و اگر بزرگتر از یک باشد بر حسب پیکوفاراد می باشد.

نحوه خواندن کد های عددی خازن های سرامیکی عدسی

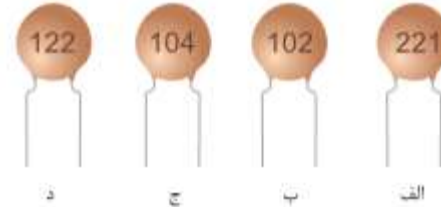


کدهای ولتاژ

0J	= 6.3V
1A	= 10V
1C	= 16V
1E	= 25V
1H	= 50V
2A	= 100V
2D	= 200V
2E	= 250V

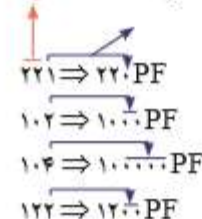
خازن های عدسی که ظرفیت آنها از 100pF بیشتر باشد، معمولاً عدد ظرفیت به صورت سه رقمی نوشته می شود.

حرف	B	C	D	F	G	H	J	K	M
تولرانس	0.1%	0.25%	0.5%	1%	2%	3%	5%	10%	20%



- عبارت 1E بیانگر ولتاژ مجاز است
- عدد 472 مانند قبل، بیانگر ظرفیت است (4700pF)
- و حرف M نشان دهنده تفرانس ظرفیت است.

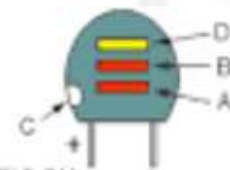
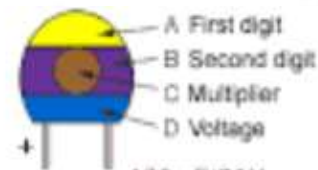
دو رقم اول نشان
عدد سوم-تعداد صفرها دهنده دو عدد اول



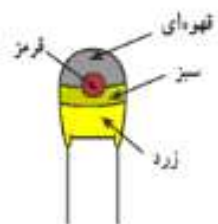
نحوه خواندن کدهای رنگی خازن های تانتالیوم

خازن تانتالیوم

رنگ	رقم ۱	رقم ۲	ضریب	ولتاژ مجاز
سیاه	-	۰	۱ میکرو فاراد	۱۰ ولت
قهوه‌ای	۱	۱	۱۰ میکرو فاراد	-
قرمز	۲	۲	۱۰۰ میکرو فاراد	-
نارنجی	۳	۳	-	-
زرد	۴	۴	-	۶/۳ ولت
سبز	۵	۵	-	۱۶ ولت
آبی	۶	۶	-	۲۵ ولت
بنفش	۷	۷	-	-
خاکستری	۸	۸	-۰/۱	۲۵ ولت
سفید	۹	۹	-۰/۱	۳۰ ولت
صورتی	-	-	-	۳۵ ولت



COLOR	DIGIT	MULTIPLIER	VOLTAGE
Black	0	x 1 µF	10V
Brown	1	x 10 µF	
Red	2	x 100 µF	
Orange	3		
Yellow	4		6.3V
Green	5		16V
Blue	6		20V
Violet	7		
Grey	8	x .01 µF	25V
White	9	x .1 µF	3V
Pink			35V



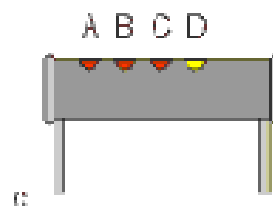
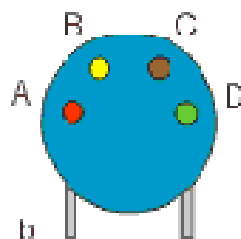
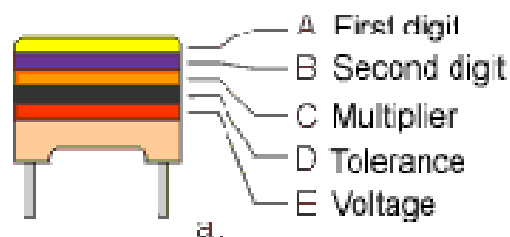
مثال: با توجه به کدهای رنگی مشخص شده در شکل
و به رو، ظرفیت خازن تانتالیوم را تعیین کنید.

حل: با توجه به جدول کدهای رنگی می‌توان نوشت:

$$C = 15 \times 10^3 = 15000 \mu F$$

$$U = 6/3 V$$

نحوه خواندن کدهای رنگی انواع دیگر خازن های تانتالیومی



COLOR	DIGIT	MULTIPLIER	TOLERANCE	VOLTAGE
Black	0	x 1 pF	±20%	
Brown	1	x 10 pF	±1%	
Red	2	x 100 pF	±2%	250V
Orange	3	x 1 nF	±2.5%	
Yellow	4	x 10 nF		400V
Green	5	x 100 nF	±5%	
Blue	6	x 1 μF		
Violet	7	x 10 μF		
Grey	8	x 100 μF		
White	9	x 1000 μF	±10%	

EXAMPLES



$$C = 47 \cdot 10^{-9} \text{ F} = 47 \text{ nF} / 20\% / 250 \text{ V}$$



$$C = 99 \cdot 10^{-9} \text{ F} = 990 \text{ pF} / 5\%$$



$$C = 22 \cdot 10^{-10} \text{ F} = 220 \text{ pF} / 5\%$$