

## واحد کار مبانی الکتریسته

### فصل هفتم: مغناطیس و الکترومغناطیس

#### هدف کلی

آشنایی با خواص مغناطیس و مدارهای الکترومغناطیس

**هدف های رفتاری:** در پایان این فصل انتظار می رود که فراگیر بتواند:

- ۱- مغناطیس، میدان مغناطیسی، فلوی مغناطیسی، چگالی میدان مغناطیسی و خاصیت الکترومغناطیسی را تعریف کند.
- ۲- نحوه تشخیص قطب های N و S یک آهنربا را شرح دهد.
- ۳- علت به وجود آمدن خاصیت مغناطیسی در مدار را توضیح دهد.
- ۴- قانون دست راست برای یک سیم حامل جریان و یک سیم پیچ را توضیح دهد.
- ۵- اثر میدان های مغناطیسی و میدان های مغناطیسی دو سیم حامل جریان بر یکدیگر را توضیح دهد.
- ۶- نیروی محرکه مغناطیسی، شدت میدان مغناطیسی، ضریب نفوذ مغناطیسی، مقاومت مغناطیسی را با ذکر رابطه آنها توضیح دهد.
- ۷- مسائل مربوط به محاسبه کمیت های مدار مغناطیسی را حل کند.

ساعت		
جمع	عملی	نظری
۴	-	۴



۱- وقتی یک آهن، آهنربا می شود چه اتفاقی می افتد؟

الف - الکترون های آزاد از اطراف قطب جنوب و شمال دور می شوند.

ب - اتم های آهن دارای بار الکتریکی می شوند و الکترون های آزاد اطراف قطب شمال و جنوب دور می شوند.

ج - ذرات مغناطیسی موجود در آهن تنظیم می شود.

د - ساختمان مولکولی آنرا بر هم می زند.

۲- آهنربا کدام گروه از موارد زیر را جذب می کند؟

الف - آهن، آلومینیوم، برنج

ب - فولاد، کبالت، مس

ج - فولاد، مس، نیکل

د - نیکل، کبالت، آهن

۳- با کدام وسیله می توان به وجود میدان مغناطیسی پی برد؟

الف - با کمک حس لامسه

ب - براده های آهن

ج - از طریق مشاهده

د - خاک اره

۴- کدامیک از موارد زیر برای از بین بردن خاصیت مغناطیسی جسم مناسب نیست؟

الف - ضربه زدن

ب - حرارت دادن

ج - اتصال به جریان متناوب

د - باردار کردن

۵- نیرویی را که در یک جسم (هسته آهنی) براساس پدیده الکترومغناطیس به وجود می آید ..... می گویند.

الف - EMF

ب - E

ج - MMF

د - F

۶- اساس کار قطب نما چیست؟

الف - جذب و دفع میدان های الکترو استاتیکی

ب - جذب و دفع میدان های مغناطیسی

ج - جذب و دفع نیروی جاذبه زمین

د - جذب و دفع بار یون ها بر هم

۷- در کارخانجات صنعتی بزرگ معمولاً برای انتقال آهن آلات از نقطه ای به نقطه دیگر از کدام ویژگی بهره گرفته اند؟

الف - باردار کردن ذرات آهن

ب - فشردن حجم آهن آلات

ج - استفاده از آهنربای مغناطیسی

د - ایجاد میدان های الکترواستاتیکی اطراف آهن

۸- وقتی عقربه قطب نما در راستای شمال و جنوب جغرافیایی قرار می گیرد کدام قطب مغناطیسی عقربه مقابل

قطب شمال است؟

الف - N

ب - N-S

ج - S

د - هیچ کدام

۹- آیا آهنربا کردن یک میله آهنی با طول آن رابطه ای دارد؟

الف - بله

ب - خیر

ج - در برخی موارد

د - با توجه به سطح مقطع پاسخ مثبت است.





۱۰- اگر یک آهنربای تخت را از وسط نصف کنیم چه اتفاقی می افتد؟ ۳

الف - فقط بارهای منفی را جذب می کند.      ب - فقط بارهای مثبت را جذب می کند.

ج - خاصیت آهنربایی آن بسیار کم می شود.      د - تبدیل به دو آهنربای مستقل می شود.

۱۱- راندمان یک موتور به قدرت ۱hp (انگلیسی) که با ولتاژ ۲۲۰ ولت کار می کند و جریان ۳/۵ آمپر از شبکه دریافت

می کند چقدر است؟

الف - ۶۰٪      ب - ۷۰٪      ج - ۸۴٪      د - ۹۵٪

۱۲- کدامیک از روابط زیر شکل صحیح رابطه جریان مجاز مقاومت را نشان می دهد؟

الف -  $I = \frac{P}{R}$       ب -  $I = \sqrt{\frac{R}{P}}$       ج -  $I = \frac{R}{P}$       د -  $I = \sqrt{\frac{P}{R}}$

۱۳- «ژول» معادل کدامیک از واحدهای زیر است؟

الف - وات ثانیه      ب - کیلووات ساعت      ج - اسب بخار      د - کالری

۱۴- بر اثر عبور ماکزیمم جریان از یک مقاومت  $10 \Omega$  با توان  $\frac{1}{4} W$  در مدت زمان ۱ دقیقه چند کالری گرما در اطراف

آن به وجود می آید؟

الف - ۶/۴      ب - ۵      ج - ۷/۲      د - ۱۴/۴

۱۵- کدام وسیله برای اندازه گیری کار الکتریکی استفاده می شود؟

الف - وات متر      ب - کنتور      ج - نیروسنج      د - ولت متر

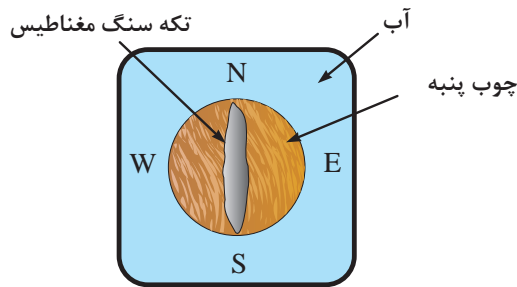


## ۷-۱- مغناطیس چیست؟

تقریباً از شش قرن پیش از میلاد مسیح یونانیان می دانستند یک نوع سنگ طبیعی وجود دارد تکه های کوچکی را می رباید. (شکل ۷-۱)



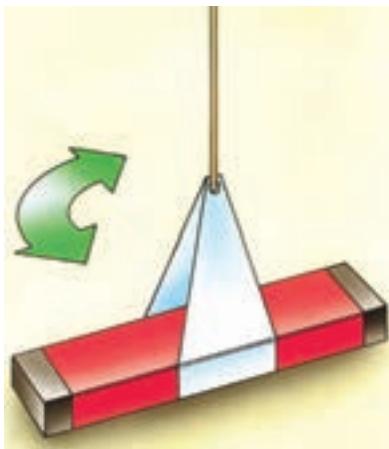
شکل ۷-۱- سنگ مغناطیس طبیعی



شکل ۷-۲- نحوه ساخت قطب نماهای اولیه



شکل ۷-۳- سنگ آهن طبیعی که براده های آهن به آن چسبیده است.



شکل ۷-۴- آهنربای آویخته با نخ

بعدها دیانوردان با قرار دادن قطعه ای از سنگ طبیعی روی یک تکه تخته کوچک و شناور کردن آن روی سطح آب درون یک ظرف برای خود قطب نماهای ساده ای ساختند. چون اولین بار این سنگ در منطقه ای به نام ماگنزییا<sup>۱</sup> در آسیای صغیر پیدا شد، آن را «ماگنتیت»<sup>۲</sup> یا «مغناطیس» نامگذاری کرده اند. (شکل ۷-۲)

شکل ۷-۳ یک قطعه سنگ آهنربای طبیعی را نشان می دهد که براده های آهن به آن چسبیده است. براده ها بیشتر به دو سر آن می چسبند و در قسمت میان براده های کمتری جذب می شود. این نکته نشان می دهد که در هر آهنربا مکان هایی وجود دارد که در آن ها اثر نیروی جاذبه مغناطیسی بیشتر از نقاط دیگر ظاهر می شود. این مکان ها را «قطب های آهنربا» می گویند.

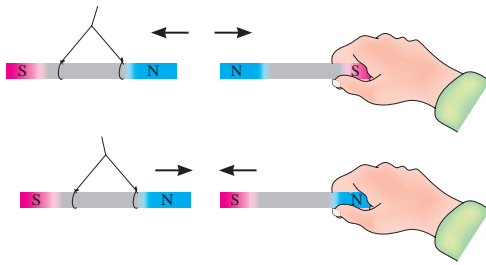
هرگاه یک آهنربای تیغه ای با نخ آویخته شود به طوری که بتواند آزادانه در یک سطح افقی به هر طرف بچرخد پس از چند نوسان در راستای تقریبی شمال و جنوب جغرافیایی قرار می گیرد. در این وضعیت قطبی از آهنربا که به سوی شمال متمایل است قطب شمال N<sup>۲</sup> و قطبی را که به سوی جنوب می ایستد، قطب جنوب S<sup>۴</sup> گویند. (شکل ۷-۴)

1-Magnesia

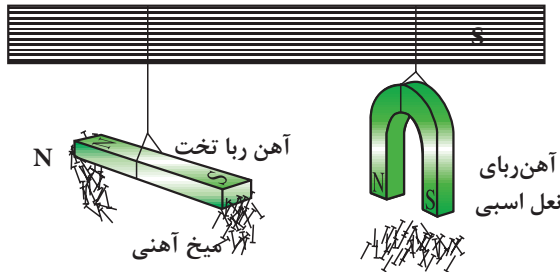
2-Magnetite

3-N-North

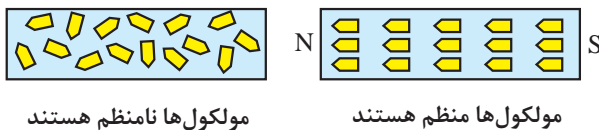
4-S-South



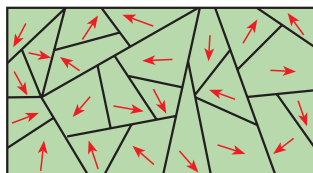
شکل ۵-۷- اثر قطب‌ها بر یکدیگر



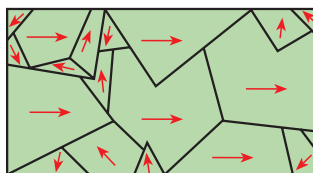
شکل ۶-۷- اثر قطب‌های آهن‌ربا روی میخ آهنی و برنجی



شکل ۷-۷- وضعیت ملکول‌های مواد مغناطیسی و غیرمغناطیسی



ماده فرومغناطیس آهن‌ربا نشده



ماده فرومغناطیس آهن‌ربا شده

شکل ۸-۷- وضعیت ملکول‌های در مواد مغناطیسی مختلف

برای تشخیص قطب‌های یک آهن‌ربا هر یک از قطب‌های آن را به ترتیب به قطب‌های مشخص یک آهن‌ربای دیگر که آویزان است، نزدیک کنید. اگر دو قطب همدیگر را دفع کردند، «هم‌نام» و اگر دو قطب یکدیگر را جذب کردند، «غیرهم‌نام» هستند. (شکل ۵-۷)

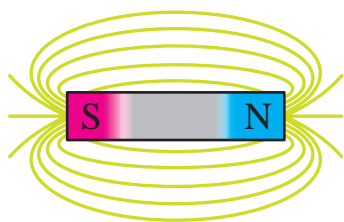
سه عنصر آهن، نیکل و کبالت و بعضی از آلیاژهای آن‌ها که به شدت جذب آهن‌ربا می‌شوند، «مواد مغناطیسی یا فرومانیتیک»<sup>۱</sup> می‌نامند. موادی مانند مس، برنج، شیشه و ... که جذب آهن‌ربا نمی‌شوند مواد «غیرمغناطیسی» نام دارند. (شکل ۶-۷)

مواد مغناطیسی وقتی در کنار یک آهن‌ربا قرار می‌گیرند ملکول‌های آن‌ها منظم شده و خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کنند. (شکل ۷-۷)

مواد مغناطیسی که در وسایل الکتریکی به کار می‌روند به دو دسته:

الف - نرم      ب - سخت

تقسیم می‌شوند. مواد مغناطیسی نرم موادی مانند آهن هستند که خاصیت مغناطیسی ایجاد شده را خیلی زود و آسان از دست می‌دهند. مواد مغناطیسی سخت موادی مانند فولاد هستند که خاصیت مغناطیسی تقریباً دائم پیدا می‌کنند و به راحتی از دست نمی‌دهند. هر دو دسته این مواد دارای اهمیت خاصی در صنایع هستند.



شکل ۹-۷- نیروی میدان اطراف یک جسم مغناطیسی

## ۲-۷- خطوط نیروی مغناطیسی و میدان مغناطیسی

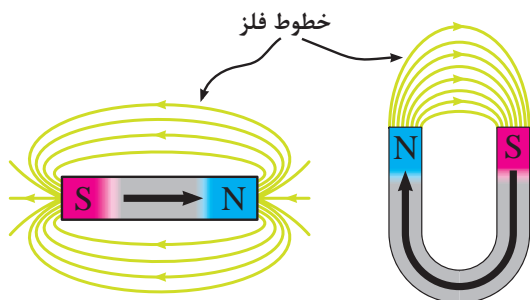
یک آهنربا می تواند بدون اینکه با یک قطعه آهن تماس داشته باشد آن را جذب کند یا از یک فاصله بر روی آهنربای دیگر اثر کند. دلیل این که یک آهنربا از فاصله های کم به آهنربای دیگر نیرو وارد می کند وجود «میدان مغناطیسی»<sup>۱</sup> در اطراف آن است. پس می توان میدان مغناطیسی را به صورت زیر تعریف کرد:

فضایی از اطراف جسم مغناطیسی که می تواند روی اجسام مغناطیسی دیگر اثر بگذارد، «میدان مغناطیسی» می گویند. (شکل ۹-۷)

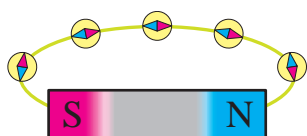
میدان مغناطیسی را می توان با خطوطی به نام «خطوط شار مغناطیسی»، «خطوط نیروی میدان مغناطیسی»، «فلوی مغناطیسی» یا «فوران مغناطیسی» نشان داد.

فلوی مغناطیسی عبارت است از کلیه خطوط میدان مغناطیسی که از آهنربا خارج می شود. فلوی مغناطیسی را با حرف « $\Phi$  - فی» نمایش می دهند و واحد آن بر حسب «وبر»<sup>۲</sup> است. یک وبر برابر با  $10^8$  خط شار مغناطیسی می باشد. در اصطلاح به هر وبر یک ماکسول نیز می گویند. جهت این خطوط در خارج آهنربا از قطب N به سمت قطب S و در داخل آهنربا از قطب S به طرف قطب N است. (شکل ۱۰-۷)

اگر یک عقربه مغناطیسی در اختیار داشته باشیم با چرخاندن آن در فضای اطراف یک آهنربا می توان قطب ها آهنربا و جهت فلوی مغناطیسی را مشخص کرد. (شکل ۱۱-۷)



شکل ۱۰-۷- میدان های مغناطیسی آهنرباها

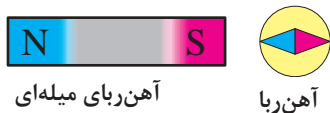


طرح میدان مغناطیسی آهن رباها

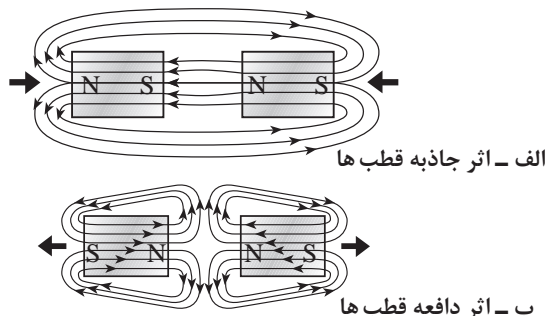
شکل ۱۱-۷- وضیت عقربه مغناطیسی در فضای اطراف آهنربا

1-Magnetic Field

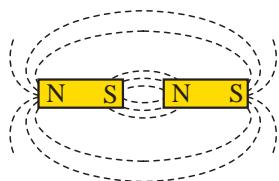
2-Wb-Weber



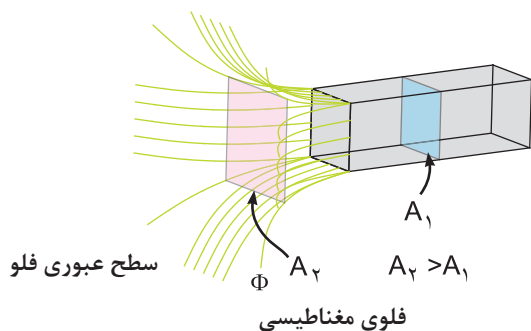
شکل ۷-۱۲- وضعیت عقربه مغناطیسی در کنار آهنربا



شکل ۷-۱۳- اثر قطب‌های مغناطیسی بر یکدیگر



شکل ۷-۱۴



شکل ۷-۱۵

تسلا  $1 = 10^{-4}$  گوس  
 $1(G) = 10^{-4}(T)$

جهتی که عقربه مغناطیسی می‌بایستد قطب مخالف آهنربا را مشخص می‌کند زیرا قطب‌های غیرهم‌نام یکدیگر را جذب می‌کنند. (شکل ۷-۱۲)

اثر جاذبه و دافعه میدان‌های مغناطیسی دو آهنربا را در شکل ۷-۱۳ مشاهده می‌کنید. در شکل الف قطب‌های غیرهم‌نام یکدیگر را جذب و در شکل ب قطب‌های هم‌نام یکدیگر را دفع نموده‌اند.

اگر یک آهنربا از وسط نصف شود در دو لبه آن مجدداً دو قطب N و S پدید می‌آید. (شکل ۷-۱۴)

تراکم یا چگالی میدان مغناطیسی به سطحی که فلو از آن عبور می‌کند، بستگی دارد. در اصطلاح به تعداد خطوط فلوی مغناطیسی که از واحد سطح می‌گذرد «چگالی میدان مغناطیسی» یا «اندوکسیون مغناطیسی» می‌گویند. (شکل ۷-۱۵)

مقدار اندوکسیون مغناطیسی را از رابطه زیر و بر حسب وبر بر متر مربع  $\left(\frac{wb}{m^2}\right)$  می‌توان بدست آورد.

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

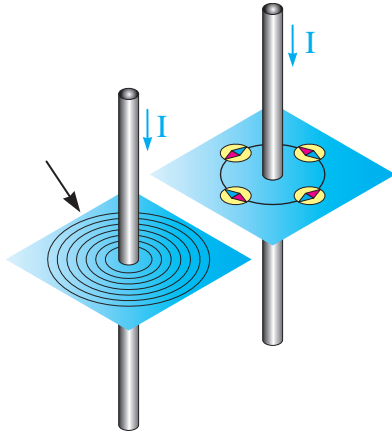
در اصطلاح به واحد  $\left(\frac{wb}{m^2}\right)$  تسلا (T) نیز گفته می‌شود. اندوکسیون مغناطیسی را با واحد کوچک‌تر به نام گوس نیز بیان می‌کنند. یک گوس برابر است با:

## ۷-۳- الکترومغناطیس

در سال ۱۸۲۰ میلادی اورستد<sup>۱</sup> (شکل ۷-۱۶) کشف کرد که اگر یک عقرب مغناطیسی در مجاورت یک سیم حامل جریان DC قرار گیرد از راستای خود منحرف می شود. همچنین اگر روی صفحه ای در فضای اطراف سیم براده آهن بریزیم مشاهده می کنیم که براده ها به دور سیم حلقه می زنند. این مطلب نشان می دهد که در فضای اطراف سیم میدان مغناطیسی وجود دارد. (شکل ۷-۱۷)

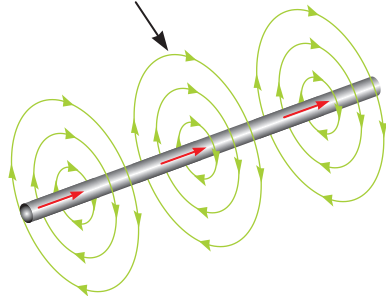


شکل ۷-۱۶- اورستد

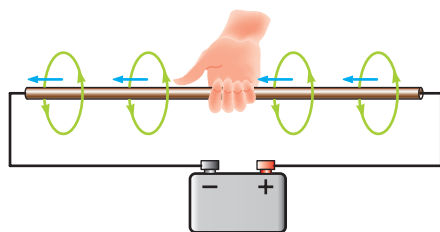


شکل ۷-۱۷

خطوط نیروی مغناطیسی در فضای اطراف سیم



شکل ۷-۱۸



شکل ۷-۱۹

هر قدر مقدار جریان عبوری از سیم بیشتر باشد میدان مغناطیسی قوی تر می شود و فلوی مغناطیسی افزایش می یابد. به میدان مغناطیسی که در اثر جریان عبوری از سیم و در فضای اطراف آن به وجود می آید (شکل ۷-۱۸) در اصطلاح «میدان الکترومغناطیسی» می گویند.

## ۷-۴- قانون دست راست برای یک هادی جریاندار

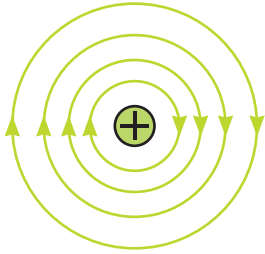
جهت میدان الکترومغناطیسی را به کمک قانون دست راست می توان تعیین کرد.

هرگاه سیم حامل جریان را طوری در دست راست بگیریم که انگشت شست جهت جریان را نشان دهد جهت بسته شدن چهار انگشت دیگر جهت میدان مغناطیسی را نشان می دهد. (شکل ۷-۱۹)

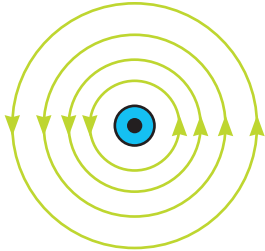
1-Hans christian oersted



یادآوری می شود این قانون برای جهت قراردادی جریان صادق است. در برخی موارد برای خلاصه نویسی وضعیت جریان و میدان مغناطیسی سیم حامل جریان را با شکل های ۷-۲۰ نشان می دهند.

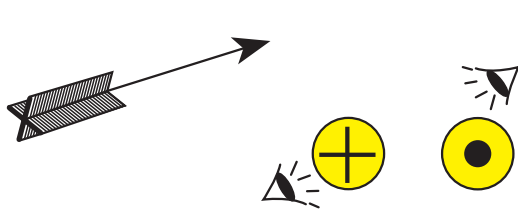


الف) جریان سیم به سمت داخل



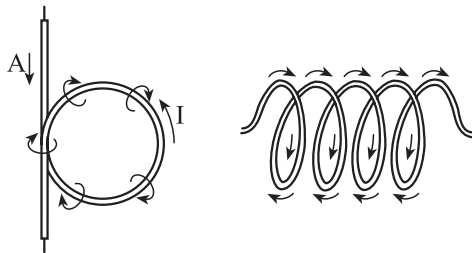
ب) جریان سیم به سمت خارج

شکل ۷-۲۰



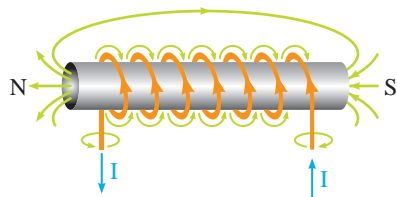
شکل ۷-۲۱

علامت  $\oplus$  نشان دهنده وارد شدن جریان به صفحه و علامت  $\odot$  بیان کننده خارج شدن جریان از صفحه است که مانند یک فلش (پیکان) است. (شکل ۷-۲۱)

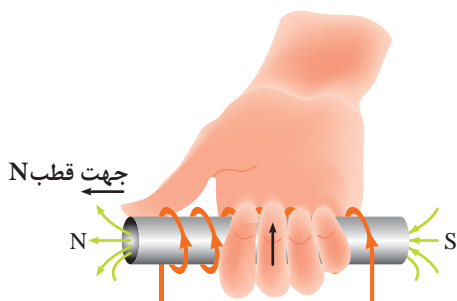


شکل ۷-۲۲

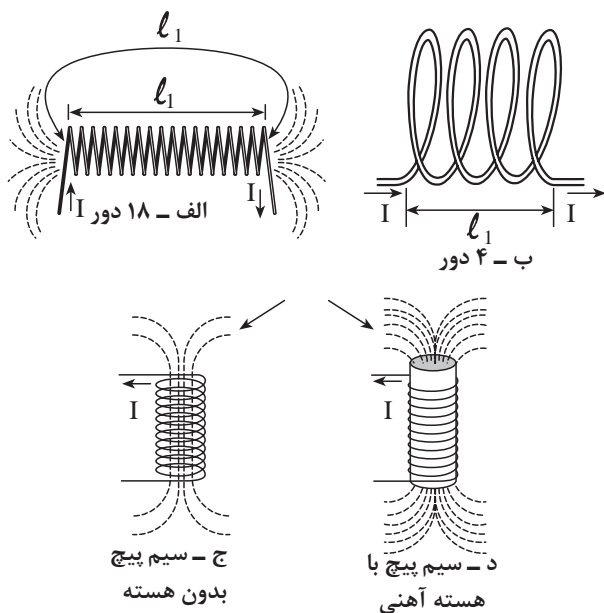
نتایج آزمایش ها نشان می دهد که اگر رشته سیم مستقیمی را به صورت یک حلقه و یا چند حلقه درآوریم میدان مغناطیسی اطراف هر حلقه با هم جمع می شود و تراکم میدان مغناطیسی B را افزایش می دهد. (شکل ۷-۲۲)



شکل ۷-۲۳ - جهت جریان و میدان مغناطیسی



شکل ۷-۲۴



شکل ۷-۲۵

جهت میدان مغناطیسی اطراف یک سیم پیچ نیز با «قانون دست راست» قابل تعیین است.

هرگاه سیم پیچ حامل جریانی را طوری در دست راست خود بگیریم که جهت پیچیدن چهار انگشت جهت جریان را نشان دهد انگشت شصت جهت قطب N میدان مغناطیسی اطراف سیم را نشان می دهد. (شکل ۷-۲۳)

این جهت میدان با توجه به جهت قراردادی جریان تعیین می شود. برای افزایش چگالی میدان مغناطیسی علاوه بر تغییر شکل رشته سیم به سیم پیچ می توان به موارد زیر را اجرا کرد.

الف - افزایش تعداد دور سیم پیچ

ب - افزایش جریان عبوری از سیم

ج - استفاده از هسته آهنی در داخل سیم پیچ

د - کاهش فاصله بین حلقه های سیم پیچ

موارد فوق را در تصاویر شکل ۷-۲۴ مشاهده می کنید. همانطور که در فصل اول فراگرفتید هر ذره باردار ساکن (بارالکترواستاتیکی) در فضای اطراف خود خاصیت یا میدانی را با جهت فرضی دارد. مثلاً بار منفی که جهت میدان آن به سمت داخل است) اصطلاحاً به آن میدان الکتریکی گویند. (شکل الف- ۷-۲۵)

حال نیز با این مطلب آشنا شدیم، الکترون که دارای بار منفی است هرگاه در حرکت باشد (مانند حرکت وضعی)، در اطراف خود میدانی را تولید می کند که به آن «میدان مغناطیسی» می گویند. معمولاً این میدان را به صورت دوایر متحدالمرکز در دور ذره باردار (الکترون) رسم می کنند. (شکل ب- ۷-۲۵)

در هر نقطه خطوط میدان الکتریکی و خطوط میدان مغناطیسی بر یکدیگر عمودند. (شکل ج- ۷-۲۵)

اصطلاحاً به ترکیب این دو میدان « میدان الکترومغناطیسی » می گویند. در تصاویر شکل (۷-۲۵) وضعیت این میدان ها در فضای اطراف یک الکترون نشان داده شده است.

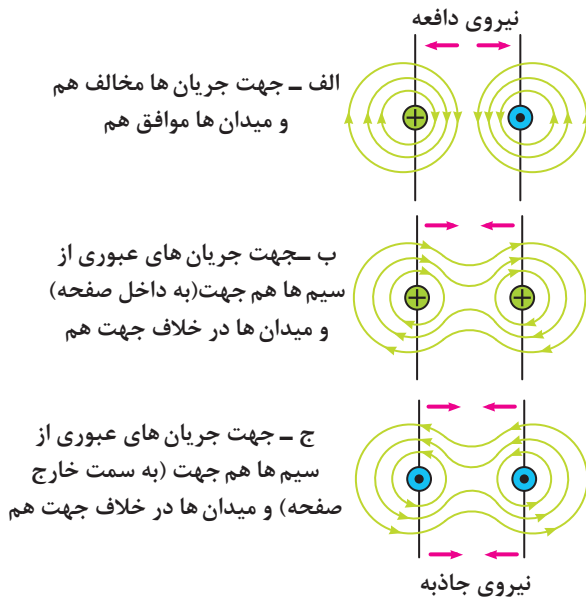


شکل ۷-۲۶

از کاربردهای میدان الکترومغناطیسی می توان آهن رباهای صنعتی را نام برد. (شکل ۷-۲۶)

## ۷-۵- نیروی وارد بر دو هادی جریاندار

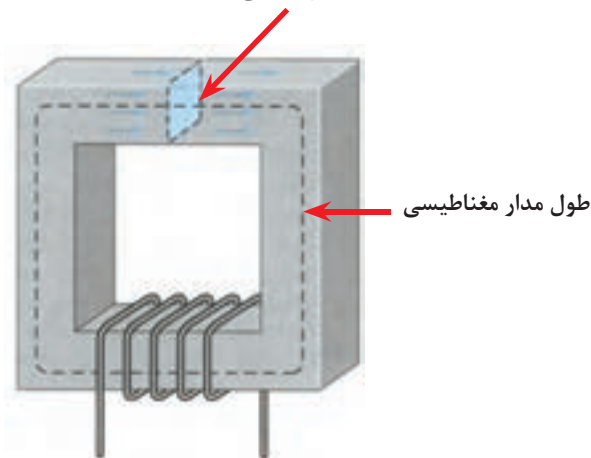
هرگاه دو سیم حامل جریان در مقابل یکدیگر قرار گیرند متناسب با جهت و مقدار جریان عبوری از آن ها بر یکدیگر نیرو وارد می کنند. اگر جهت میدان های مغناطیسی دو سیم با هم موافق باشند میدان های دو سیم با هم جمع شده و یکدیگر را جذب می کنند. در صورتی که میدان های مغناطیسی دو سیم مخالف هم باشند میدان های دو سیم در مقابل یکدیگر قرار می گیرند و یکدیگر را دفع می کنند. تصاویر الف، ب و ج شکل ۷-۲۷ گویای این مطلب است.



شکل ۷-۲۷ وضعیت میدان های مغناطیسی

دو سیم حامل جریان در کنار هم

برش عرضی هسته



شکل ۷-۲۸- مدار مغناطیسی

## ۷-۶- کمیت های مغناطیسی

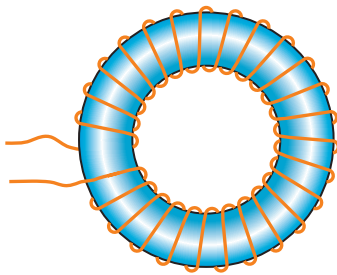
### ۷-۶-۱- نیروی محرکه مغناطیسی

همان طوری که اشاره شد در مدارهای الکتریکی نیروی باتری سبب جاری شدن الکترون ها در مدار می شود.

مشابه این شرایط در مدارهای مغناطیسی به وجود می آید. نیرویی که باعث جاری شدن فلو در مدارهای مغناطیسی می شود «نیروی محرکه مغناطیسی» می نامند. این نیرو را از رابطه زیر می توان به دست آورد.

(شکل ۷-۲۸)

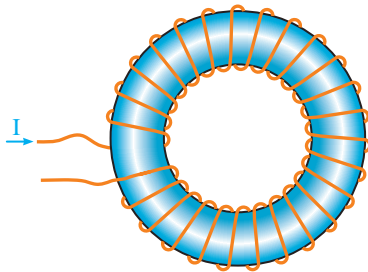
$$F_m = \theta = N.I$$



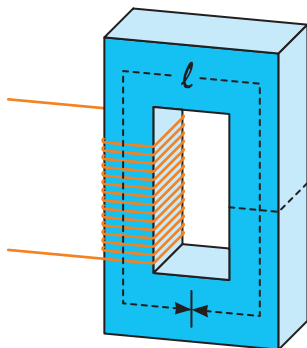
الف - تعداد دور کم



ب - تعداد دور زیاد



ج - طول مسیر مغناطیسی کم



د - طول مسیر مغناطیسی زیاد

شکل ۷-۲۹ مدارهای مغناطیسی با طول متوسط و تعداد دورهای مختلف

که در آن:

I - شدت جریان سیم پیچ بر حسب آمپر (I)

N - تعداد دور سیم پیچ

Fm - نیروی محرکه مغناطیسی بر حسب (A)

## ۲-۶-۷- شدت میدان مغناطیسی

مقدار نیروی محرکه مغناطیسی را که به واحد طول سیم پیچ وارد می شود، «شدت میدان مغناطیسی» می گویند. مقدار نیروی محرکه مغناطیسی از رابطه زیر به دست می آید:

$$H = \frac{F_m}{l} = \frac{\theta}{l} = \frac{N.I}{l}$$

که در آن:

$\theta$  - نیروی محرکه مغناطیسی بر حسب آمپر (A)

l - طول متوسط مسیر مغناطیسی بر حسب متر (m)

H - شدت میدان مغناطیسی بر حسب آمپر متر  $\left[ \frac{A}{m} \right]$  است، رابطه (H) نشان می دهد هر قدر طول مسیر مغناطیسی بیشتر باشد شدت میدان مغناطیسی کم تری در هسته به وجود می آید.

به عبارت دیگر اگر تعداد دور یا جریان عبوری از سیم پیچ افزایش یابد، نیروی محرکه مغناطیسی نیز افزایش خواهد یافت. (شکل ۷-۲۹)

## ۳-۶-۷- ضریب نفوذ مغناطیسی

میزان نفوذپذیری مغناطیسی در اجسام مختلف با هم متفاوت است و به جنس جسم بستگی دارد. ضریب نفوذپذیری را با (مو:  $\mu$ ) نشان می دهند و از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\mu = \frac{B}{H}$$

ضریب نفوذپذیری هوا را با  $(\mu =)$  نشان می دهند و مقدار آن برابر است با:

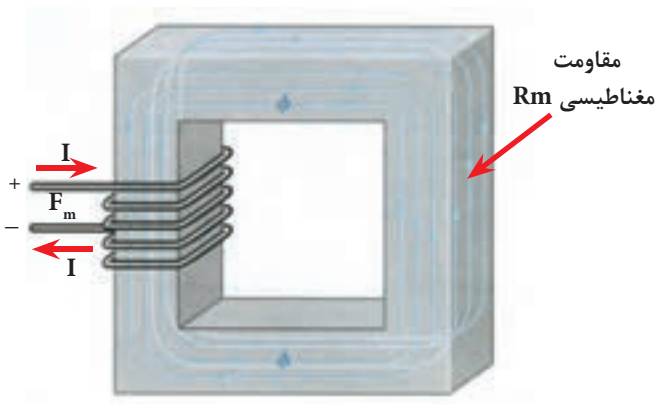
$$\mu = 4\pi \times 10^{-7}$$

که در آن:

B - چگالی مغناطیسی بر حسب وبر (wb)  
 H - شدت میدان مغناطیسی بر حسب آمپر متر  $\left[\frac{A}{m}\right]$   
 $\mu$  - ضریب نفوذ مغناطیسی جسم بر حسب وبر بر آمپر متر  $\left[\frac{wb}{A.m}\right]$  است.

#### ۴-۶-۷- مقاومت مغناطیسی

مقدار مخالفتی که اجسام مغناطیسی در برابر عبور فلوی مغناطیسی از خود نشان می دهند، «مقاومت مغناطیسی» یا «رلوکتانس» گویند. (شکل ۷-۳۰) مقاومت مغناطیسی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود:



شکل ۷-۳۰

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

$$R_m = \frac{l}{\mu A}$$

$R_m$  - مقاومت مغناطیسی بر حسب آمپر برابر  $\left[\frac{A}{wb}\right]$   
 مقدار  $(\mu)$  معمولاً بر حسب پارامتری به نام «ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی» بیان می شود که آن را چنین تعریف می کنند: نسبت ضریب نفوذ مغناطیسی هر جسم  $(\mu_r)$  به ضریب نفوذ مغناطیسی هوا  $(\mu_0)$  را ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی  $(\mu)$  می گویند و از رابطه مقابل محاسبه می شود.

بر پایه رابطه  $\mu_r$  می توان نوشت:

$$\mu = \mu_r \cdot \mu_0$$

بر همین اساس رابطه رلوکتانس را چنین در نظر

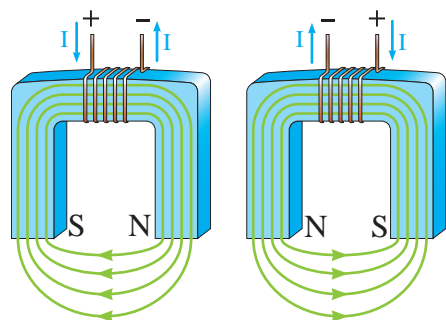
گرفت:

$$R_m = \frac{l}{\mu_r \cdot \mu_0 \cdot A}$$

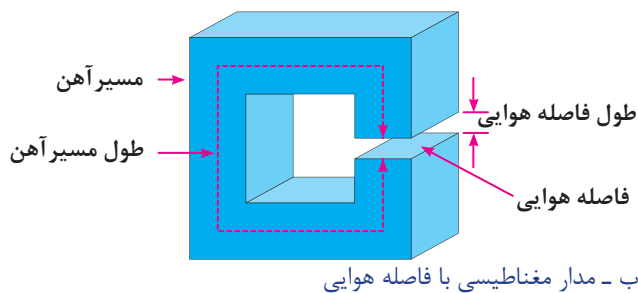
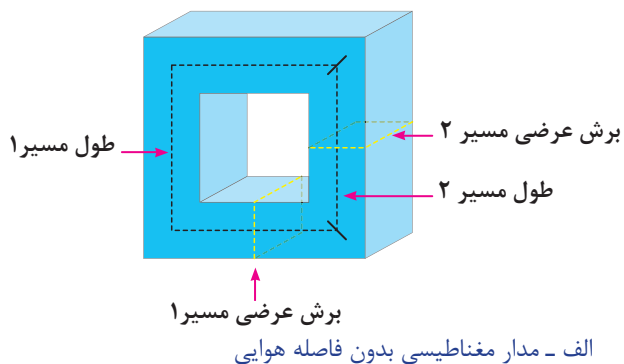
## ۵-۶-۷- مدارهای مغناطیسی:

مدارهای مغناطیسی از جنس آهن نرم یا آهن سخت هستند. در صورتی که جهت جریان سیم پیچ مدارهای مغناطیسی عوض شود جهت فلوی مغناطیسی (قطب های S و N) عوض خواهد شد. (شکل ۷-۳۱)

اثر تعویض پلاریته های منبع تغذیه بر جهت میدان مغناطیسی هسته را نشان می دهد.



شکل ۷-۳۱- اثر تعویض جهت جریان روی جهت میدان مغناطیسی

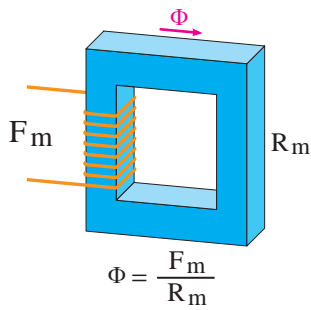


شکل ۷-۳۲

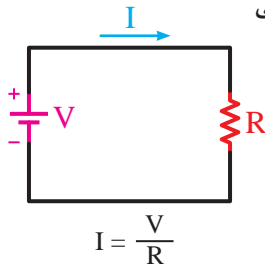
اگر در طول مسیر مدارهای مغناطیسی فاصله هوایی وجود داشته باشد، محیط عبور فولی مغناطیسی تغییر می کند. در این حالت فلوی مغناطیسی با ماده ای روبه رو می شود که ضریب نفوذ مغناطیسی آن کمتر از آهن است. این امر سبب می شود که مقاومت مغناطیسی کل هسته افزایش یابد و در نتیجه کل فوران مغناطیسی کم شود. (شکل ۷-۳۲)

کمیت های مدار مغناطیسی مشابه مدار الکتریکی است و می توانیم این کمیت ها را با هم مقایسه کنیم. (جدول زیر)

(پتانسیل الکتریکی) $V$	مشابه	$\theta$ یا $F_m$ (نیروی محرکه مغناطیسی)
(جریان الکتریکی) $I$	مشابه	$\Phi$ (فلو)
(پتانسیل الکتریکی) $R$	مشابه	$R_m$ (رلوکتانس)



الف-مدار مغناطیسی



ب-مدار الکتریکی

شکل ۷-۳۳

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow R_m = \frac{\theta}{\Phi}$$

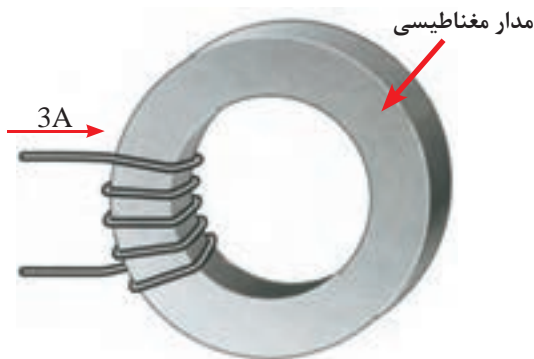
بر همین اساس می توان روابط ساده الکتریکی، مانند قانون اهم را نیز برای مدارهای مغناطیسی نوشت. به عنوان مثال برای محاسبه مقاومت مغناطیسی (شکل ۷-۳۳) می توانیم رابطه دیگری را به صورت زیر بنویسیم:

مثال: در مدار مغناطیسی شکل (۷-۳۴) اگر مقاومت مدار مغناطیسی برابر  $3 \times 10^2 \left( \frac{A}{Wb} \right)$  باشد فوران عبوری از هسته چقدر است؟

حل:

$$\Phi = \frac{F_m}{R_m} = \frac{N.I}{R_m}$$

$$\Phi = \frac{5 \times 3}{30 \times 10^2} = \frac{15}{30 \times 10^2} = 5 \times 10^{-3} \text{ wb} = 5 \text{ mwb}$$



شکل ۷-۳۴ - مدار مغناطیسی به صورت حلقه با تعداد دور کم

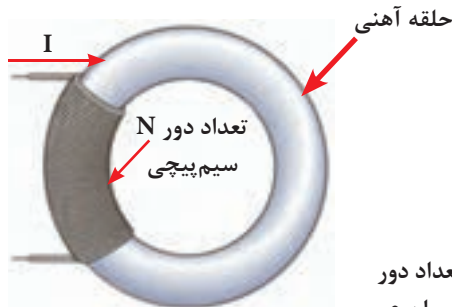
مثال: با توجه به مشخصات (شکل ۷-۳۵) مطلوب

است:

الف - شدت میدان مغناطیسی

ب - فوران جاری در هسته

حل:



شکل ۷-۳۵

تعداد دور  $N=3000$   
 جریان عبوری  $I=0.1 \text{ A}$   
 طول مدار مغناطیسی  $l=15 \text{ cm}$   
 چگالی لازم در هسته  $0.5 \frac{\text{wb}}{\text{m}^2}$   
 سطح مقطع هسته  $A = 4 \text{ m}^2$

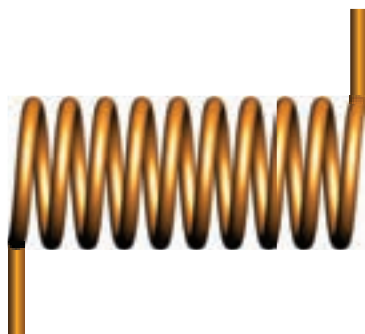
$$H = \frac{N.I}{l} = \frac{3000 \times 0.1}{15 \times 10^{-2}} = 2000 \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

$$B = \frac{\Phi}{A} \Rightarrow \Phi = BA = 0.5 \times 4 \times 10^{-4}$$

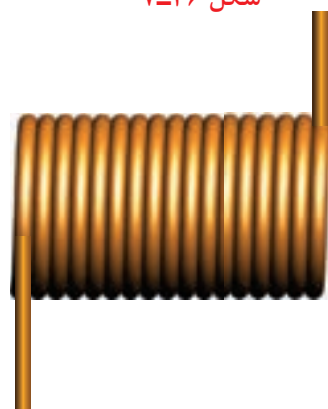
$$\Phi = 2 \times 10^{-4} \text{ wb} = 2 \text{ mwb}$$

## ۷-۷ سلف (اندوکتانس - L)

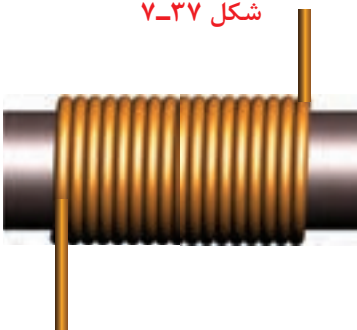
از پیچیدن چند دور سیم به صورت شکل (۷-۳۶) یک سیم پیچ یا سلف ساخته می شود. یک سلف را با اسامی دیگر، مانند خودالقا و چوک نام گذاری می کنند.



شکل ۷-۳۶



شکل ۷-۳۷



شکل ۷-۳۸

یک سلف ممکن است دارای هسته و یا بدون هسته باشد پس بطور کلی می توان گفت اجزاء یک اندوکتانس از دو قسمت کلی الف: سیم پیچ ب: هسته تشکیل شده است. تصاویر شکل های (۷-۳۷) و (۷-۳۸) سلف های بدون هسته و با هسته را نشان می دهد. هسته سلف ها از دو جنس مختلف با زمینه های کاربردی متفاوت ساخته می شود.

الف. سلف با هسته فریت

ب. سلف با هسته آهنی

در شکل (۷-۳۹) تصویری از این دو نوع هسته نشان داده شده است. همان طوری که اشاره شد با عبور جریان از داخل سیم های سیم پیچ میدان مغناطیسی در فضای اطراف آن پدید می آید.



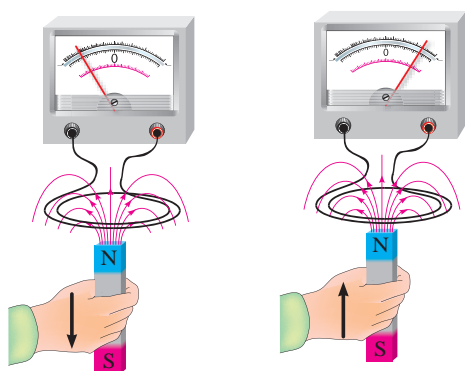
(ب)



(الف)

شکل ۷-۳۹





شکل ۴۰-۷- جریان القایی در جهتی است که با حرکت آهن‌ربا به طرف پیچه مخالفت می‌کند

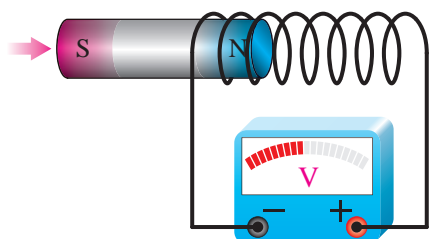
وجود هسته در داخل سیم پیچ باعث می‌شود تا فوران مغناطیسی پراکنده نشده و خاصیت سلفی افزایش یابد. در سال ۱۸۳۱ میلادی مایکل فارادی دانشمند انگلیسی و تقریباً هم‌زمان با او جوزف هانری دانشمند آمریکایی با انجام دادن آزمایش‌هایی مشابه شکل (۴۰-۷) دریافتند که با دور و نزدیک کردن آهن‌ربا به سیم پیچ، عقربه گالوانومتر (میکرو آمپرسنج) منحرف شده و عبور جریان را نشان می‌دهد مانند وقتی که در یک مدار مولد وجود داشته باشد.

در واقع با حرکت آهن‌ربا نسبت به سیم پیچ یک جریان الکتریکی در مدار القا می‌شود. این پدیده را القای الکترومغناطیسی و جریان تولید شده را جریان الکتریکی القایی می‌نامند.

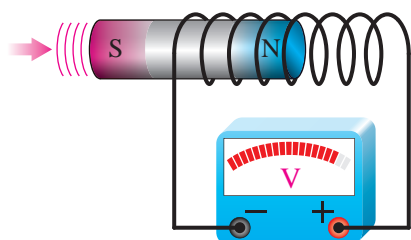
$$E_{nmf} = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \text{ رابطه فارادی}$$

$$E_{nmf} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \text{ رابطه لنز}$$

فارادی و لنز از جمله فیزیکدانانی بودند که پدیده‌ی القا الکترومغناطیسی را بصورت فرمول‌هایی بیان کردند. بر پایه این قوانین خاصیت خودالقایی را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد.



الف) هسته در حال ورود به سیم پیچ و افزایش نیروی محرک



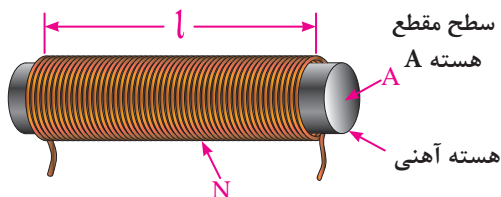
ب) هسته بیشتر در داخل سیم پیچ قرار گرفته و نیروی محرکه القایی افزایش یافته است

به خاصیتی از سیم پیچ که به ازای تغییر جریان یا تغییر فوران در آن حاصل شده و باعث القا یک نیروی محرکه مغناطیسی جدید در سیم پیچ می‌شود «خاصیت خودالقایی» و به مقدار آن «ضریب خودالقایی» یا «اندوکتانس - L» گفته می‌شود و واحد آن بر حسب هانری بیان می‌شود.

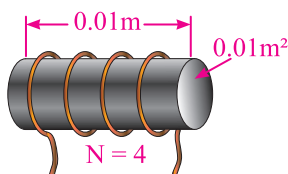
شکل ۴۱-۷- تغییر محل هسته موجب تغییر نیروی محرکه

## ۷-۸ عوامل فیزیکی مؤثر در ضریب خودالقایی

$$L = \mu \frac{N^2 \cdot A}{l}$$



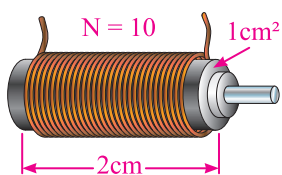
شکل ۷-۴۲



شکل ۷-۴۳

$$L = \mu \frac{N^2 \cdot A}{l}$$

$$L = \frac{. / 25 \times 10^{-7} \times (4)^2 \times . / 01}{. / 01} = 4 \text{ mh}$$



شکل ۷-۴۴

$$L = \mu \frac{N^2 \cdot A}{l} = \mu_r \mu_0 \frac{N^2 \cdot A}{l} :$$

$$L = \frac{5 \times 10^{-7} \times 4 \pi \times 10^{-7} \times (10)^2 \times 1 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-2}} = 3 \times 10^{-7} \text{ h} = 3 \text{ mh}$$

با بهره‌گیری از تعاریف مغناطیسی و هم‌چنین رابطه فارادی می‌توان به یک رابطه دیگر دست یافت که براساس آن می‌توان خاصیت خودالقایی سیم پیچی را بر پایه عوامل فیزیکی مطابق رابطه مقابل بدست آورد.

این رابطه نشان می‌دهد که ضریب خودالقایی از مشخصه‌های یک سیم پیچی است و فقط به تغییرات فوران یا جریان وابسته نیست.

در این رابطه:

$\mu$  - ضریب نفوذ مغناطیسی هسته سیم پیچ بر حسب

$$\left[ \frac{\text{wb}}{\text{A.m}} \right] \text{ و بر بر آمپر متر}$$

$N$  - تعداد دور سیم پیچ

$A$  - سطح مقطع سیم پیچ بر حسب مترمربع  $[\text{m}^2]$

$l$  - طول سیم سیم پیچ بر حسب متر  $[\text{m}]$

مثال: اندازه ضریب خودالقایی سیم پیچ نشان داده شده

در شکل ( ) چند میلی‌هانری است. در صورتی که ضریب نفوذ مغناطیسی هسته  $0. / 25 \times 10^{-7}$  باشد.

مثال: اندازه ضریب خودالقایی سلفی با مشخصات نشان

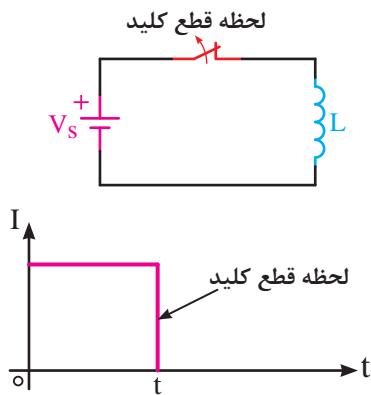
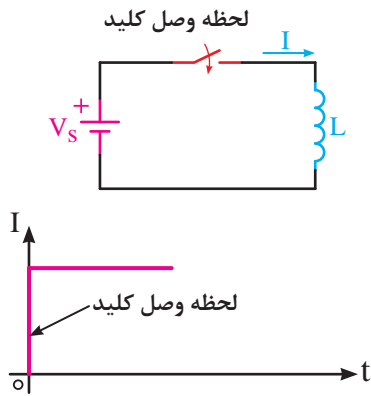
داده شده در شکل ( ۷-۴۴ ) چقدر است؟ در صورتیکه ضریب نفوذ نسبی مغناطیسی هسته آن ۵۰۰۰ باشد. (مقدار  $\pi=3$  فرض شود).

## ۷-۹ عملکرد سلف در جریان الکتریکی

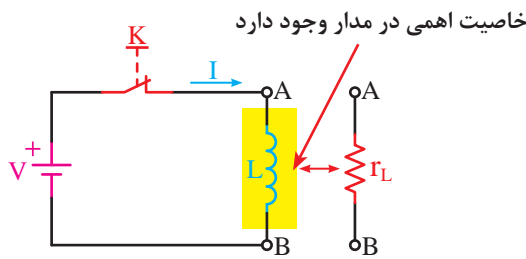
چگونگی عملکرد و رفتار یک سلف در برابر عبور جریان الکتریکی مستقیم (DC) با جریان الکتریکی متناوب (AC) متفاوت است. در اینجا فقط به بررسی رفتار سلف در مدارهای DC می‌پردازیم و خصوصیات AC آن در فصل نهم بررسی خواهد شد.

## ۷-۹-۱ رفتار سلف در جریان مستقیم (DC)

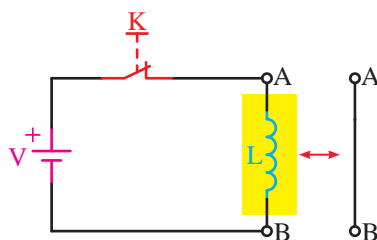
همان طوری که اشاره شد خاصیت اندوکتانس ( $L$ ) یک سلف زمانی بروز می کند که تغییرات فوران یا تغییرات جریانی در آن پدید آید. اما از آنجایی که در جریان مستقیم فقط در لحظات وصل و قطع کلید تغییرات جریان را مطابق تصاویر شکل های (۷-۵۴) و (۷-۵۴) داریم.



به همین دلیل در طول مدت زمانی که کلید مدار بسته (وصل) می باشد سلف دارای خاصیت خودالقایی (اندوکتانسی) نیست. اما از آنجایی که هر سیم پیچ از چند متر سیم تشکیل شده است. به همین خاطر در این شرایط فقط از خود خاصیت مقاومتی را نشان می دهد که مربوط به خاصیت مقاومت اهمی سیم است که مقدار آن را طبق رابطه  $r_L$  بدست آورد.



$$r_L = \frac{V_L}{I} = \frac{V_{AB}}{I} *$$



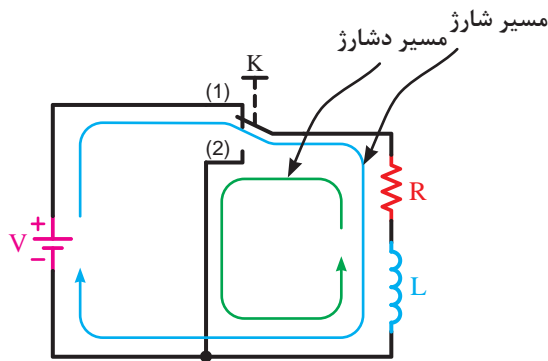
### توضیح

مقدار خاصیت اهمی اغلب سیم پیچ ها کم می باشد به همین دلیل است که در اکثر کتب



تخصصی رفتار سلف در شرایط دایم کار جریان dc (شکل ۷-۴۸) به حالت اتصال کوتاه تشبیه می شود و گفته می شود در این شرایط جریان زیادی از مدار می گذرد.

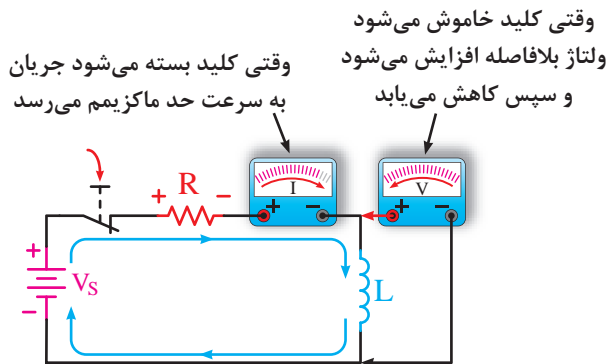
## ۷-۹-۲ شارژ و دشارژ (ثابت زمانی سلفی)



شکل ۷-۴۹

چون در یک مدار سلفی خالص تمامی این اتفاقات یعنی زیاد و کم شدن جریان مدار در یک لحظه کوتاه (آنی) اتفاق می افتد اگر بخواهیم مدت زمان افزایش (شارژ) و یا کاهش (دشارژ) را طولانی تر کنیم باید از یک مقاومت سری با سلف استفاده کنیم.

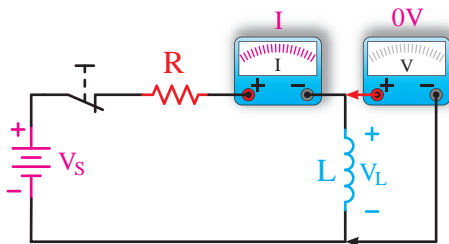
در شکل ( ۷- ۴۹ ) حالت ۱ کلید مسیر شارژ و حالت ۲ کلید مسیر دشارژ سلف L را نشان می دهد.



الف- در حال شارژ: رفته رفته ولتاژ سلف کاهش و جریان افزایش می یابد

شکل ( ۷- ۵۰ الف ) مدار سلفی را در لحظه وصل کلید از نظر ولتاژ و جریان نشان می دهد.

شکل ( ۷- ۵۰ ب ) یک مدار سلفی را در شرایطی نشان می دهد که کلید مدت زمانی طولانی وصل بوده است. شرایط ولتاژ و جریان نسبت به حالت الف بر عکس شده است.

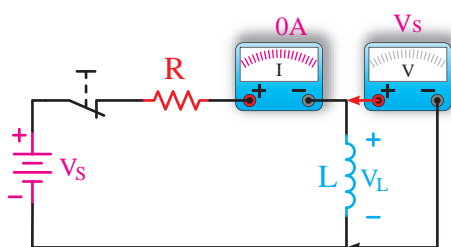


ب- شارژ کامل: ولتاژ سلف صفر شده و جریان مدار برابر مقدار حداکثر می شود

در صورتی که منبع تغذیه را برداشته و دو سر سلف را از طریق مقاومت اهمی R دشارژ کنیم مقدار ولتاژ و جریان سلف مطابق شکل ( ۷- ۵۱ ) خواهد شد.

همان طوری که در تصاویر شکل های ( ۷-۵۰ ) و ( ۷-۵۱ ) مشخص است مشاهده می کنیم در صورت استفاده از مقاومت در مسیر سلف ها جریان سلف چه در مسیر افزایش (شارژ) و چه در مسیر کاهش (دشارژ) با یکسری پرش های زمانی و در طی یک بازه های مشخص به مقدار حداکثر و حداقل خود می رسد.

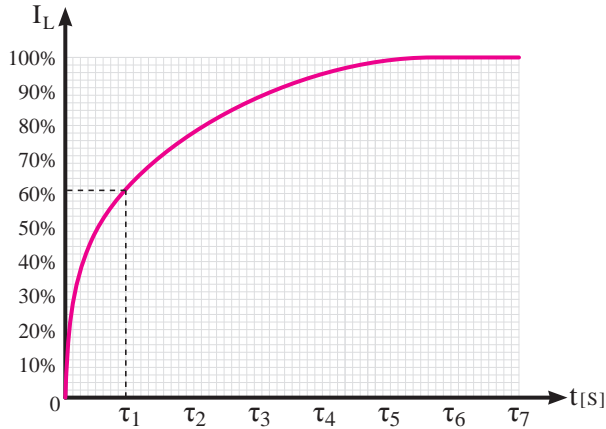
شکل ۷-۵۰



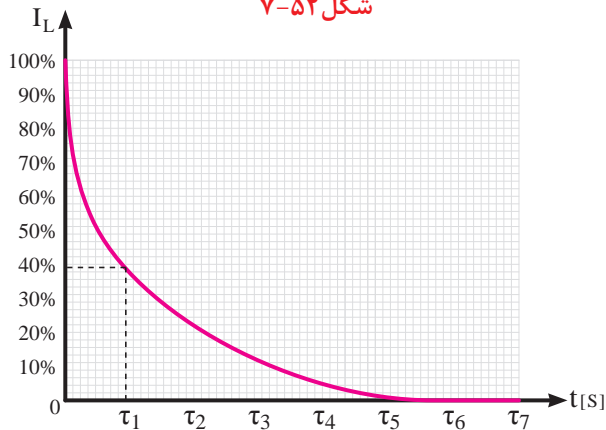
شکل ۷-۵۱

$$\tau = \frac{L}{R}$$

[h- هانری] ↑  
 [S- ثانیه] ←  
 [Ω- اهم] ↓

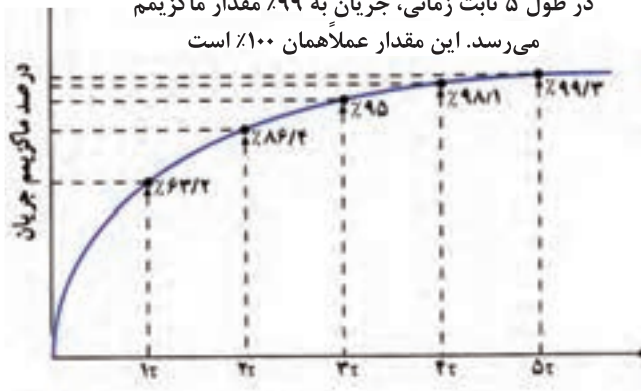


شکل ۵۲-۷



شکل ۵۳-۷

در طول ۵ ثابت زمانی، جریان به ۹۹٪ مقدار ماکزیمم می‌رسد. این مقدار عملیاً همان ۱۰۰٪ است



شکل ۵۴-۷- منحنی شارژ

اصطلاحاً به مدت زمانیکه طول می‌کشد تا جریان سلف به اندازه ۶۳٪ مقدار ماکزیمم خود افزایش یا کاهش یابد «ثابت زمانی» گفته می‌شود و با حرف (Z - تاو) و بر حسب ثانیه مطابق رابطه مقابل محاسبه می‌کنند.

بر اساس آزمایشات صورت گرفته مشخص شده است در هر سلف پس از گذشت ۵ ثابت زمانی جریان عبوری از آن مقدار به حداکثر (در شرایط شارژ) و به مقدار حداقل (در شرایط دشارژ) می‌رسد.

مدت زمان شارژ یا دشارژ کامل یک سلف را مطابق رابطه مقابل می‌توان چنین بدست آورد.

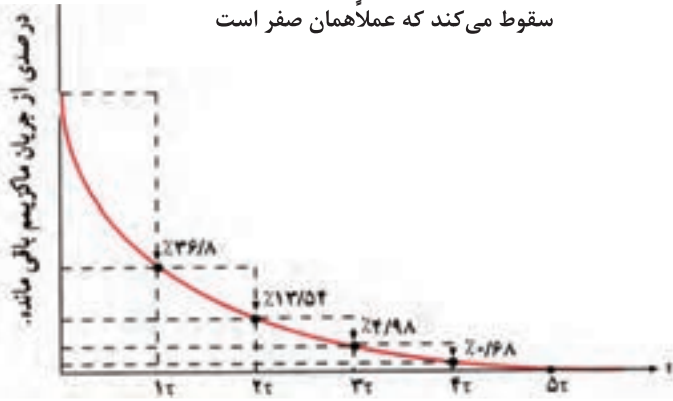
$$T = 5\tau$$

← مدت زمان شارژ و دشارژ کامل سلف  
 ثابت زمانی سلفی

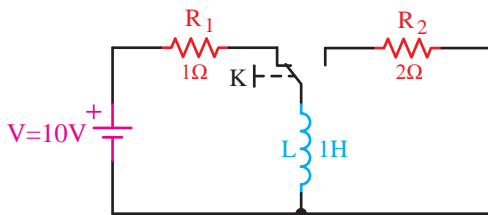
بر پایه این مطالب پس می‌توان منحنی‌های شارژ و دشارژ یک خازن را مطابق شکل‌های (۷-۵۲) و (۷-۵۳) در شکل کلی رسم کرد.

شکل (۷-۵۴) منحنی تغییرات جریان سلف را در حالت شارژ نشان می‌دهد.

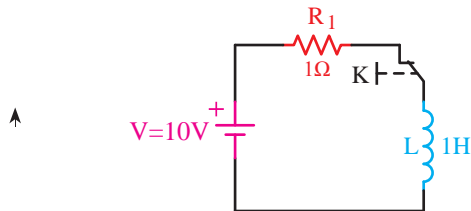
در طول ۵ ثابت زمانی، جریان به کم تر ۱٪ مقدار ماکزیمم سقوط می کند که عملاً همان صفر است



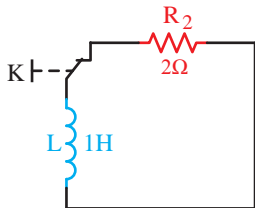
شکل ۷-۵۵



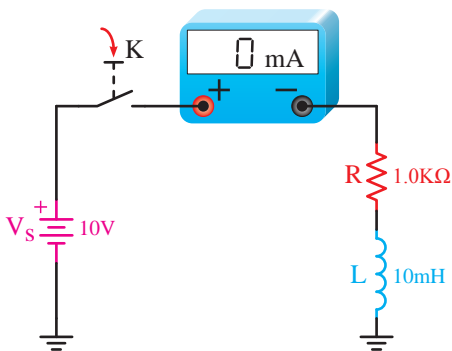
شکل ۷-۵۶



شکل ۷-۵۷



شکل ۷-۵۸



شکل ۷-۵۹

منحنی تغییرات جریان سلف در شرایط دشارژ مطابق شکل ( ۷-۵۵ ) خواهد شد.

مثال: مدت زمان شارژ و دشارژ کامل سلف نشان داده شده در شکل ( ۷-۵۶ ) در صورت تغییر وضعیت کلید K چقدر است؟

حل: در شرایط شارژ وضعیت مدار مطابق شکل ( ۷-۵۷ )

$$\eta = \frac{L}{R_1} = \frac{1}{1} = 1s \text{ است.}$$

$$T = \Delta\tau = 5 \times 1 = 5s$$

وضعیت مدار در شرایط دشارژ مطابق شکل ( ۷-۵۸ )

$$\eta = \frac{L}{R_2} = \frac{1}{2} = 0,5s \text{ است.}$$

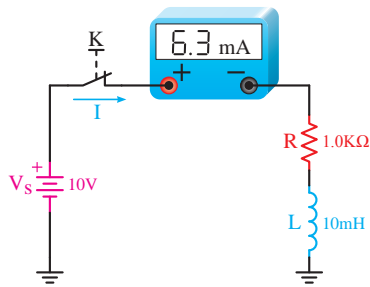
$$T = \Delta Z = 5 \times 0,5 = 2,5s$$

با توجه به توضیحات داده شده پس برای مداری مانند شکل ( ۷-۵۸ ) می توان مطابق روشی که مشاهده می کنید مقدار ثابت زمانی، مدت زمان شارژ و مقدار جریان در هر ثابت زمانی را تعیین کرد.

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{10 \times 10^{-3}}{1 \times 10^3} = 10 \times 10^{-6} s = 10 \mu s$$

$$T = \Delta\tau = 5 \times 10 = 50 \mu s$$

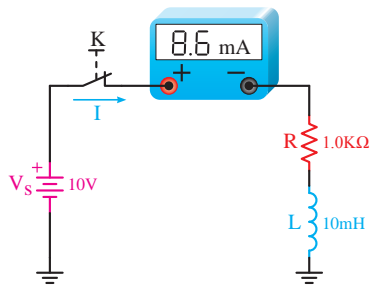
$$I = \frac{V_s}{R} = \frac{10v}{1k\Omega} = 10mA$$



الف) جریان در ثابت زمانی اول ( $T_1$ )

وضعیت مدار از نظر مقدار جریان عبوری در هر ثابت زمانی به همراه محاسبات مربوطه که در زیر هر شکل نوشته است را در تصاویر الف تا ه شکل ( ۶۰-۷ ) مشاهده می کنید.

$$i_1 = \frac{63}{2} \times 10 = 6/3 \text{ mA}$$

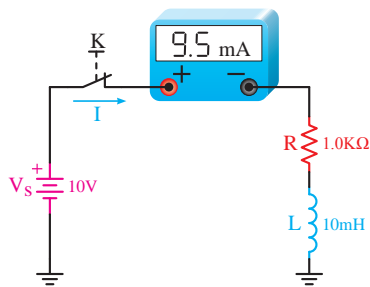


ب) جریان در ثابت زمانی دوم ( $T_2$ )

$$i_d = i - i_1 = 10 - 6/32 = 3/68 \text{ mA}$$

$$i' = \frac{63}{2} \times 3/68 = 2/3 \text{ mA}$$

$$i_r = i_1 + i' = 6/3 + 2/3 = 8/5 \text{ mA}$$

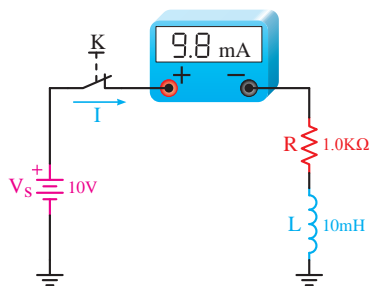


ج) جریان مدار در ثابت زمانی سوم ( $T_3$ )

$$i_d = i - i_r = 10 - 8/5 = 1/5 \text{ mA}$$

$$i' = \frac{63}{2} \times 1/5 = 1 \text{ mA}$$

$$i_r = i_r + i' = 8/5 + 1 = 9/5 \text{ mA}$$

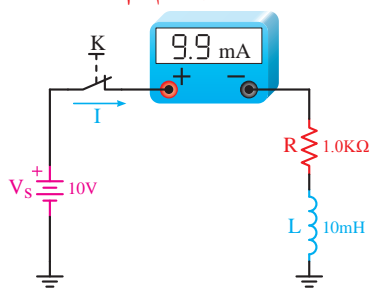


د) جریان مدار در ثابت زمانی چهارم ( $T_4$ )

$$i_d = i - i_r = 10 - 9/5 = 0/5 \text{ mA}$$

$$i' = \frac{63}{2} \times 0/5 = 0/3 \text{ mA}$$

$$i_r = i_r + i' = 9/5 + 0/3 = 9/8 \text{ mA}$$



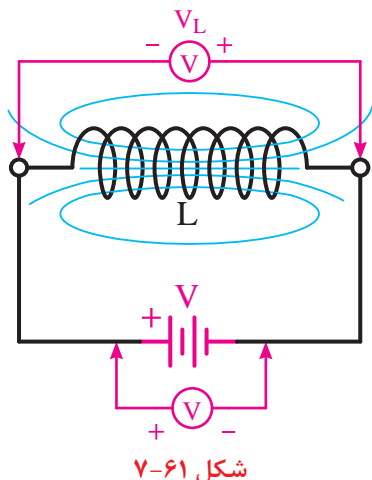
ه) جریان مدار در ثابت زمانی پنجم ( $T_5$ )  
شکل ۶۰-۷

$$i_d = i - i_r = 10 - 9/8 = 0/2 \text{ mA}$$

$$i' = \frac{63}{2} \times 0/2 = 0/1 \text{ mA}$$

$$i_{\Delta} = i_r + i' = 9/8 + 0/1 = 9/9 \text{ mA}$$

## ۷-۱۰ نیروی ضد محرکه



شکل ۶۱-۷

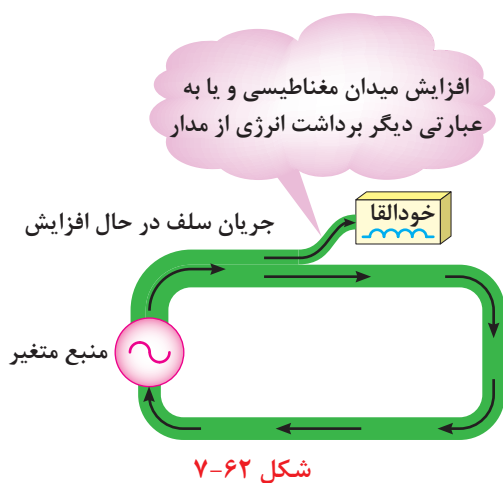
اچ.اف.آی. لنز فزیکدان آلمانی تحقیقات تکمیلی را در مورد خاصیت القایی و نیروی محرکه القایی یک سیم پیچ انجام داد دریافت اندازه این نیروی محرکه اولاً به تغییرات جریان جاری در سلف ثانیاً خاصیت اندوکتانسی سلف و ثالثاً جهت این نیروی محرکه القایی (پلاریته دو سر سلف) با جهت نیروی محرکه (ولتاژ) اعمال شده به سلف مخالف است. به همین خاطر لنز در رابطه نهایی خود از یک علامت منفی برای بیان این مطلب استفاده کرد.<sup>۱</sup>

$$V_L = \text{Cemf} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

علامت نیروی ضد محرکه سلف  
 خاصیت اندوکتانس سلف  
 تغییرات جریان نسبت به زمان در سلف

## ۷-۱۱ خودالقایی از نقطه نظر انرژی

پدیده خودالقایی از نقطه نظر انرژی نیز قابل توصیف است. هنگامی که این عمل اتفاق می افتد ممکن است فرض کرد که میدان مغناطیسی اطراف هادی حامل جریان با مدار مبادله انرژی می کند. وقتی که جریان مدار زیاد می شود انرژی از مدار خارج شده و در میدان مغناطیسی مطابق شکل (۷-۶۲) در اطراف آن ذخیره می شود. همین امر باعث قوی تر شدن میدان مغناطیسی می گردد. این انتقال انرژی از مدار به صورت افت پتانسیل در دو سر سلف نمایان می شود که منطبق با همان نیروی ضد محرکه القایی است.



شکل ۶۲-۷

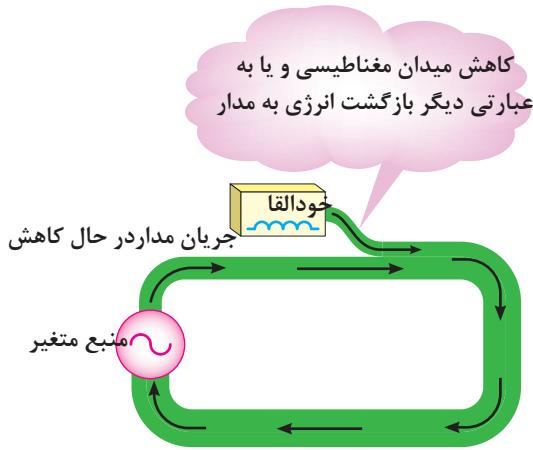
۱ - در برخی کتب این نیروی محرکه القایی با عنوان نیروی ضد محرکه و حرف fmeC نیز معرفی شده است.



وقتی که افزایش جریان متوقف می شود میدان مغناطیسی ثابت می ماند و مبادله انرژی از مدار به میدان قطع می شود و تمام انرژی ایجاد شده بوسیله منبع در مدار مصرف می شود و میدان مغناطیسی تا هنگامی که جریان شروع به کم شدن نکرده است تمام انرژی را که به آن منتقل شده ذخیره می کند.

هنگامی که جریان شروع به کم شدن می کند، میدان مغناطیسی شروع به کم شدن کرد و انرژی ذخیره شده در خود را به مدار از می گرداند. و اثر آن بالا رفتن پتانسیل و خودالقا است.

این یعنی آنکه نیروی محرکه القایی در جهت ولتاژ منبع بوده و بنابراین با آن جمع می شود. شکل ۶۳-۷



شکل ۶۳-۷



از نقطه نظر انرژی، خودالقایی یعنی تبادل انرژی از یک مدار هنگامی که جریان زیاد می شود و بازگشت انرژی به مدار هنگامی که جریان کم می شود.

## ۱۲-۷ انرژی ذخیره شده در سلف

مقدار انرژی ذخیره شده در یک سلف را از رابطه مقابل می توان بدست آورد.

$L$  - خاصیت اندوکتانسی سلف بر حسب هنری

$I_L$  - جریان عبوری از سلف بر حسب آمپر

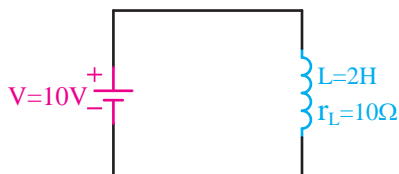
$W_L$  - انرژی ذخیره شده در سلف بر حسب ژول

مثال: مقدار انرژی ذخیره شده در سلفی با مشخصات نشان

داده شده در شکل (۶۴-۷) را در صورتی که کلید  $K$  برای

مدت زمان طولانی بسته شده باشد چند ژول است؟

$$W_L = \frac{1}{2} L I_L^2$$



شکل ۶۴-۷

$$I_L = \frac{V}{r_L} = \frac{10}{10} = 1 [A]$$

$$W_L = \frac{1}{2} LI_L^2$$

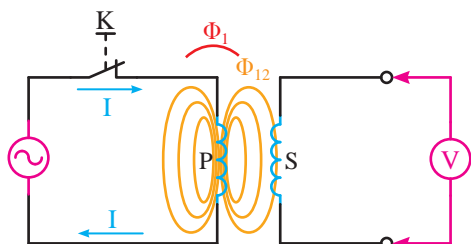
$$W_L = \frac{1}{2} (2) (1)^2$$

$$W_L = 1 [J]$$

حل: در شرایط دایم کار خاصیت سلفی وجود ندارد و فقط خاصیت اهمی وجود دارد.

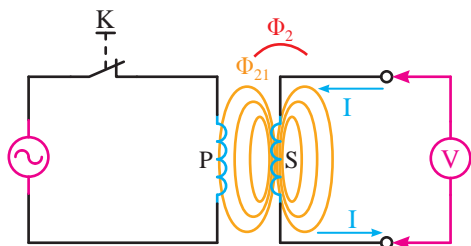
### ۱۳-۷- القا متقابل

هرگاه مانند شکل (۷-۶۵) سیم پیچ P به یک منبع ولتاژ متغیری متصل شده باشد و در مقابل آن یک سیم پیچ دیگر (مانند سیم پیچ S) قرار گیرد به طوری که به دو سر سیم پیچ یک ولت متر متصل شده باشد مشاهده خواهیم کرد که هرگاه کلید K وصل شده و جریان در سیم پیچ (P) جاری شود ولت متری که در طرف دیگر به سیم پیچ (S) متصل است مقداری را نشان می دهد.



شکل ۷-۶۵

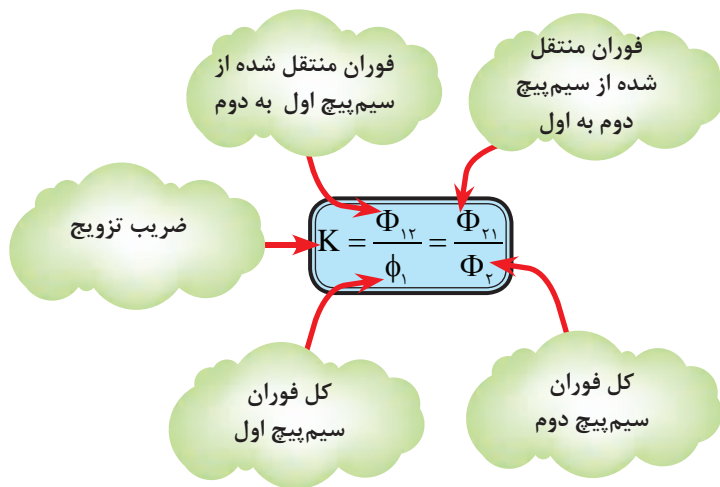
این آزمایش نشان دهنده آن است که هر چند بین سیم پیچ (S) و سیم پیچ (P) ارتباط الکتریکی مداری برقرار نیست اما به ازای تغییر جریانی که در سیم پیچ اول ایجاد شده ولتاژ در سیم پیچ دوم القا شده است. همان گونه که در شکل (۷-۶۶) مشاهده می شود چون مدار سیم پیچ (S) از طریق ولت متر بسته شده است



شکل ۷-۶۶

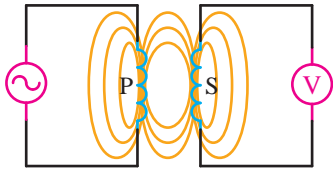
لذا جریانی از سیم پیچی آن عبور کرده و فورانی در فضای اطراف بوبین (S) بوجود می آید که روی سیم پیچ اول اثر مخالف می گذارد. بر همین اساس در مباحث الکتریکی به این پدیده القا متقابل می گویند. به بیانی دقیق تر القا متقابل را می توان به منزله مقدار یا درجه القایی که دو سیم پیچ بر یکدیگر اعمال می کنند در نظر گرفت. القا متقابل دو بوبین بر همدیگر به چگونگی اتصال خطوط قوای بین دو بوبین که به نوبه خود بستگی به وضعیت نسبی دو بوبین دارد وابسته است.

اصطلاحاً به نسبت فوران منتقل شده از سیم پیچ اول به دوم ( $\Phi_{۲۱}$ ) به کل فوران بوجود آمده در سیم پیچ اول ( $\Phi_۱$ ) و یا نسبت فوران منتقل شده از سیم پیچ دوم به اول ( $\Phi_{۱۲}$ ) به کل فوران بوجود آمده در سیم پیچ دوم ( $\Phi_۲$ ) ضریب تزویج (ضریب پیوست) گفته شده و مقدار آن را بر پایه



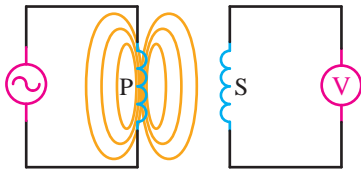
رابطه مقابل می توان محاسبه کرد.

هرگاه درجه اتصال خطوط قوا مانند شکل (۷-۶۷) خوب و کامل باشد مقدار ضریب تزویج ماکزیمم ( $K=1$ ) است.



شکل ۷-۶۷

اگر وضعیت قرار گرفتن سیم پیچ ها مانند تصاویر الف و ب و ج شکل (۷-۶۸) دارای فاصله یا زاویه باشد و باعث شود که خطوط قوای سیم پیچ ها یکدیگر را بصورت ناقص و یا کلاً قطع نکنند مقدار ضریب تزویج کاهش خواهد یافت. محدوده تغییرات ضریب تزویج بین صفر تا یک است

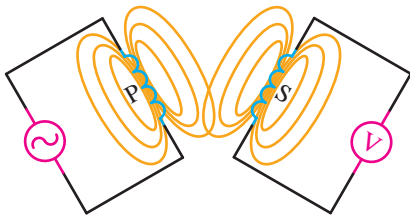


الف) در صورتی که دو سیم پیچ با فاصله از یکدیگر قرار گیرند فوران سیم پیچ اول روی سیم پیچ دوم اثر نمی گذارد

$$0 \leq K \leq 1$$

یعنی:

هرگاه اندازه ضریب القا متقابل (کوپلینگ) مابین دو سیم پیچ را بخواهیم از رابطه مقابل می توان بدست آورد.



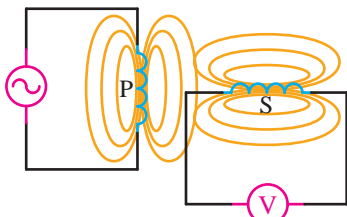
ب) اگر دو سیم پیچ نسبت به هم با زاویه قرار گیرند میزان القا و ضریب تزویج کاهش می یابد

$L_1$  - ضریب خودالقایی سیم پیچ اول بر حسب هانری [h]

$L_2$  - ضریب خودالقایی سیم پیچ دوم بر حسب هانری [h]

$K$  - ضریب تزویج

$M$  - ضریب القا متقابل بر حسب هانری [h]



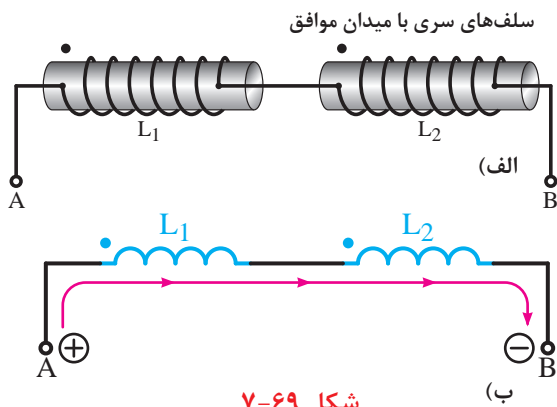
ج) مینیمم کوپلینگ وقتی دو بوبین با هم زاویه ۹۰ درجه می سازند بوجود می آید.

شکل ۷-۶۸

$$M = K\sqrt{L_1 L_2}$$

معمولاً سرهای ورودی جریان یا سرهای شروع پیچش سیم ها را با علامت «نقطه» نشان می دهند.

اگر دو سلف مطابق شکل (۷-۶۹) با هم سری شده باشند به طوری که جهت پیچش هر دو بوبین یکسان باشد جهت جریان ورودی به سرهای هر دو سیم پیچ با هم موافق بوده و در نتیجه میدان های مغناطیسی ایجاد شده دو بوبین یکدیگر را تقویت می کنند.

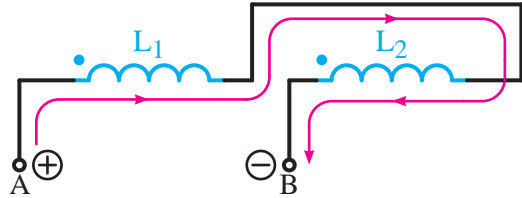
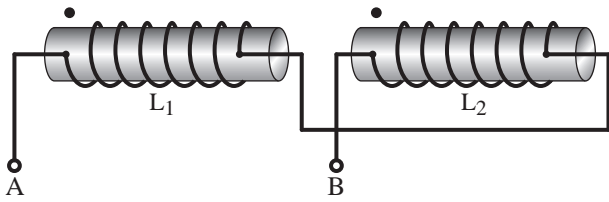


شکل ۷-۶۹

اندوکتانس کل مدار در حالت تقویت دو میدان را از رابطه مقابل می توان بدست آورد.

$$L_T = L_1 + L_2 + 2M$$

سلف‌های سری با میدان مخالف

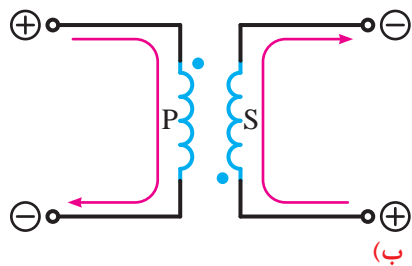
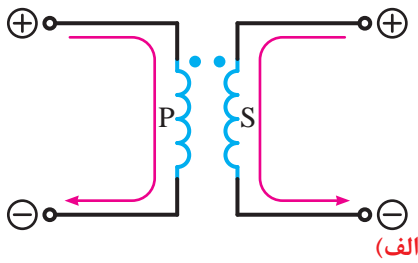


شکل ۷-۷۰

اگر دو سلف مطابق شکل ( ۷-۷۰ ) با هم سری شده باشند بطوری که جهت پیچش هر دو بوبین مخالف هم باشد جهت جریان ورودی به سرهای هر دو سیم پیچ مخالف هم بوده و در نتیجه میدان‌های مغناطیسی ایجاد شده دو بوبین یکدیگر را تضعیف می‌کنند.

اندوکتانس کل مدار در حالت تضعیف دو میدان را از رابطه مقابل می‌توان بدست آورد.

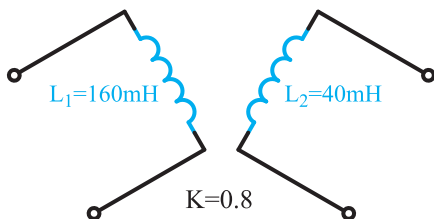
$$L_T = L_1 + L_2 - 2M$$



شکل ۷-۷۱

چگونگی القا نیروی محرکه از یک سیم پیچ به سیم پیچ دیگر که در مقابل هم قرار گرفته‌اند و وضعیت پلاریته آن‌ها یکی از دو حالت شکل ( ۷-۷۱ ) خواهد بود.

مثال - اندازه ضریب القا متقابل شکل ( ۷-۷۲ ) معادل چند هانری است؟



شکل ۷-۷۲

$$M = K\sqrt{L_1 L_2}$$

$$M = .8 \times \sqrt{16 \times 40}$$

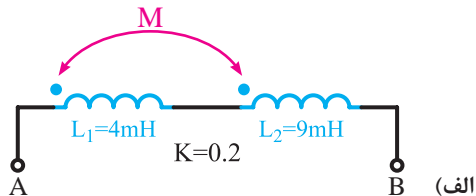
$$M = .8 \times 80 = 64 \text{ [mh]}$$

$$M = .064 \text{ [h]}$$

حل: با در نظر گرفتن رابطه ضریب القا متقابل مقدار آن را چنین می توان بدست آورد.

مثال - اندازه اندوکتانس کل هر یک از مدارهای نشان داده شده در شکل ( ۷-۷۳ ) را بدست آورید.

حل الف)



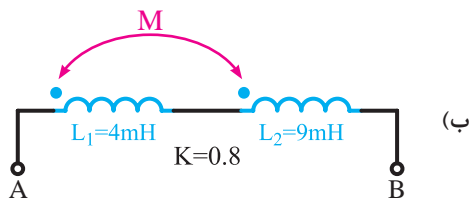
$$M = K\sqrt{L_1 L_2} = .2 \times \sqrt{4 \times 9}$$

$$M = .2 \times 6 = 1.2 \text{ [mh]}$$

$$L_T = L_1 + L_2 + 2M$$

$$L_T = 4 + 9 + (2 \times 1.2) = 16.4 \text{ [mh]}$$

حل ب)



$$M = K\sqrt{L_1 L_2} = .8 \times \sqrt{4 \times 9}$$

$$M = .8 \times 6 = 4.8 \text{ [mh]}$$

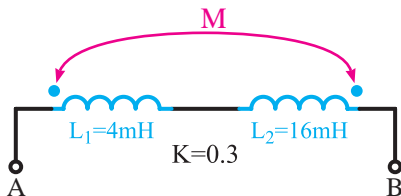
$$L_T = L_1 + L_2 + 2M$$

$$L_T = 4 + 9 + (2 \times 4.8) = 27.6 \text{ [mh]}$$

شکل ۷-۷۳

مثال - اندازه اندوکتانس کل هر یک از مدارهای نشان داده شده در شکل ( ۷-۷۴ ) را بدست آورید.

حل الف)



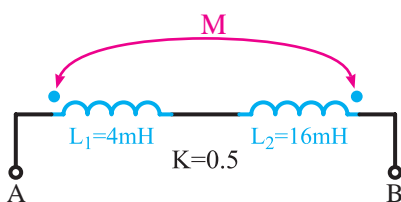
$$M = K\sqrt{L_1 L_2} = .3 \times \sqrt{4 \times 16}$$

$$M = .3 \times 8 = 2.4 \text{ [mh]}$$

$$L_T = L_1 + L_2 - 2M$$

$$L_T = 4 + 16 - (2 \times 2.4) = 15.2 \text{ [mh]}$$

حل ب)



$$M = K\sqrt{L_1 L_2} = .5 \times \sqrt{4 \times 16}$$

$$M = .5 \times 8 = 4 \text{ [mh]}$$

$$L_T = L_1 + L_2 - 2M$$

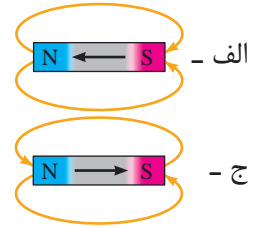
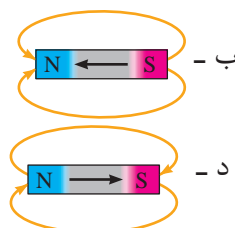
$$L_T = 4 + 16 - (2 \times 4) = 12 \text{ [mh]}$$

شکل ۷-۷۴



## آزمون پایانی (۷)

- ۱- ماگنزیام نام کدامیک از موارد زیر است؟  
 الف - سنگ مغناطیسی      ب - ماگنتیت      ج - مغناطیس      د - هر سه مورد
- ۲- اثر جاذبه مغناطیسی در کدام نقطه از یک سنگ مغناطیسی بیشتر است؟  
 الف - همه جا یکسان است.      ب - در وسط سنگ  
 ج - در دو سر سنگ      د - به جهت سنگ بستگی دارد.
- ۳- چگونه می توان قطب های جغرافیایی را تشخیص داد؟  
 الف - با آهنربای تیغ های آویز      ب - با یک تخته چوب  
 ج - با سنگ آهن      د - با آهنربای نعل اسبی شکل
- ۴- اگر قطب ؟ یک آهنربا را به قطب S آهنربای آویزی نزدیک کنیم آهنربای آویز .....  
 الف - دفع می شود.      ب - جذب می شود.  
 ج - به سمت چپ می چرخد.      د - به سمت راست می چرخد.
- ۵- کدام یک از موارد زیر، مواد فرومانیتیک نیستند؟  
 الف - آهن      ب - آلومینیوم      ج - نیکل      د - کبالت
- ۶- وقتی جسمی خاصیت مغناطیسی پیدا می کند، ملکول های آن .....  
 الف - به صورت افقی منظم می شوند.      ب - نامنظم می شود.  
 ج - تغییر نمی کند.      د - به صورت دورانی می چرخد.
- ۷- مواردی که خاصیت مغناطیسی خود را زود از دست می دهند ..... نامند.  
 الف - آهن سخت      ب - آهن نرم      ج - فولاد      د - چدن
- ۸- میدان مغناطیسی عبارت است از فضایی در اطراف جسم مغناطیسی که می تواند روی ..... اثر بگذارد.  
 الف - همه اجسام      ب - اجسام غیر مغناطیسی  
 ج - اجسام مغناطیسی      د - اجسام یونیزه شده
- ۹- کدام یک از اشکال زیر صحیح است؟



۱۰- با یک عقربه مغناطیسی می توان ..... مغناطیسی را مشخص نمود.

الف - جهت فلو      ب - تعداد خطوط قوا      ج - میزان وبر فلو      د - نوع ماده

۱۱- کدام گزینه به ترتیب از راست به چپ جمله زیر را تکمیل می کند.

قطب های هم نام یکدیگر را ..... و قطب های غیرهم نام یکدیگر را ..... می نمایند.

الف - جذب - جذب      ب - دفع - جذب      ج - جذب - جذب      د - دفع - دفع

۱۲- به تعداد خطوط فلوی مغناطیسی که از واحد سطح می گذرد ..... گویند.

الف - شدت میدان مغناطیسی      ب - نیروی محرکه مغناطیسی

ج - اندوکسیون مغناطیسی      د - رلوکتانس مغناطیسی

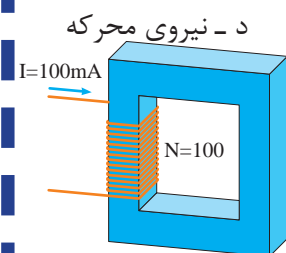
۱۳- کدامیک از گزینه ها درباره منحرف شدن یک عقربه مغناطیسی در مجاورت یک سیم حامل جریان صحیح نیست؟

الف - وجود جریان الکتریکی      ب - وجود میدان مغناطیسی

ج - عقربه خاصیت آهنربایی پیدا می کند.      د - عقربه تحت تأثیر موقعیت جغرافیایی قرار گرفته است.

۱۴- «وبر  $\alpha$ » واحد کدام یک از کمیت های مغناطیسی زیر است؟

الف - اندوکسیون      ب - شدت میدان      ج - فوران      د - نیروی محرکه



شکل ۷-۷۵

۱۵- فوران عبوری از مدار مغناطیسی شکل ۷-۷۵ چقدر است؟

الف -  $57 \mu\text{wb}$       ب -  $0.34 \mu\text{wb}$

ج -  $0.148 \mu\text{wb}$       د -  $79 \mu\text{wb}$

$$R_m = 675/5 \times 10^6 \text{ A/Wb}$$

۱۶- به میدان ایجادشده فضای اطراف یک سیم حامل جریان میدان ..... گویند.

الف - الکتریکی      ب - مغناطیسی      ج - الکترومغناطیسی      د - استاتیکی

۱۷- در قانون دست راست برای یک هاون جریاندار جهت خم شدن چهار انگشت دست نشان دهنده چیست؟

الف - جهت جریان      ب - جهت ولتاژ

ج - جهت میدان مغناطیسی      د - جهت اندوکسیون مغناطیسی

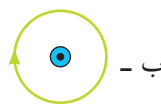
۱۸- کدامیک از اشکال زیر صحیح است؟



د -



ج -



ب -



الف -

۱۹- با تبدیل کردن سیم راست به صورت حلقه میدان مغناطیسی ..... خواهد شد.

الف - زیاد      ب - کم      ج - منحرف      د - منعکس

۲۰- انگشت شست در قانون دست راست برای یک سیم پیچ نشان دهنده چیست؟

الف - جهت نیروی وارد بر سیم      ب - جهت جریان عبوری از سیم

ج - قطب N مغناطیسی      د - قطب S مغناطیسی



۲۱- کدام یک از عوامل زیر در افزایش چگالی میدان مغناطیسی مؤثر نیست؟

الف - افزایش تعداد دور سیم پیچ      ب - افزایش فاصله حلقه های سیم پیچ

ج - قرار دادن هسته آهنی در سیم پیچ      د - افزایش جریان عبوری از بوتین

۲۲- اگر جهت میدان های مغناطیسی دو سیم جریاندار با هم موافق باشند دو سیم یکدیگر را ..... می کنند.

الف - جذب      ب - دفع      ج - دفع و جذب      د - جذب و دفع

۲۳- نیرویی که موجب جاری شدن فلو در مدارهای مغناطیسی میشود، را با ..... مشخص می کنند.

الف - B      ب - H      ج -  $\theta$       د -  $R_m$

۲۴- واحد «مقاومت مغناطیسی» کدام است؟

الف -  $\frac{A}{wb}$       ب -  $\frac{wb}{A}$       ج -  $\frac{wb}{A.m}$       د -  $\frac{A.m}{wb}$

۲۵- اگر فاصله هوایی در مدار مغناطیسی وجود داشته باشد چون ضریب نفوذ مغناطیسی هوا ..... از آهن است

رلوکتانس کل هسته ..... می یابد.

الف - بیشتر - کاهش      ب - بیشتر - افزایش      ج - کمتر - کاهش      د - کمتر - افزایش

۲۶- کدامیک از روابط زیر مشابه قانون اهم در مدارهای الکتریکی است؟

الف -  $F_m = \frac{\theta}{\Phi}$       ب -  $R_m = \frac{\theta}{\Phi}$       ج -  $\theta = \frac{F_m}{R_m}$       د -  $\Phi = R_m \cdot \theta$

۲۷- شدت میدان مغناطیسی شکل ۷۶-۷ را در صورتی که

قطر متوسط حلقه ۱۰cm باشد حساب کنید ( $\pi=3$ ).



شکل ۷۶-۷

الف - ۱۰۰۰      ب - ۱۰      ج - ۱۰۰      د - ۱

۲۸- دو قطب گیرهم نام یکدیگر را ..... می کنند.

۲۹- موادی که خاصیت مغناطیسی القاء شده در خود را زود از دست می دهند، مواد ..... گویند.

۳۰- نیرویی که موجب جاری شدن فلو در مدار مغناطیسی می شود ..... نام دارد.

۳۱- در قانون دست راست سیم حامل جریان جهت خم شدن چهار انگشت جهت ..... را نشان می دهد.

۳۲- شدت میدان مغناطیسی با مقدار طول مسیر مغناطیسی رابطه مستقیم دارد.       صحیح       غلط

۳۳- میزان نفوذپذیری مغناطیسی اجسام به جنس هر جسم بستگی ندارد.       صحیح       غلط

۳۴- وجود فاصله هوایی در طول مسیر مدارهای مغناطیسی باعث می شود       صحیح       غلط

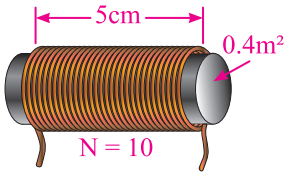
تا رلوکتانس افزایش یابد.

۳۵- میزان فوران عبوری از هسته با تعداد دور سیم پیچ رابطه مستقیم دارد.       صحیح       غلط



مطالب مربوط به سئوالاتی را که نتوانسته اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.





شکل ۷-۷۷

۳۷- سیم پیچی به طول ۵۰ سانتیمتر و سطح مقطع  $0.2/0$  مترمربع با هسته ای به ضریب نفوذ ۲۰۰۰ و دارای ۱۰۰۰ دور

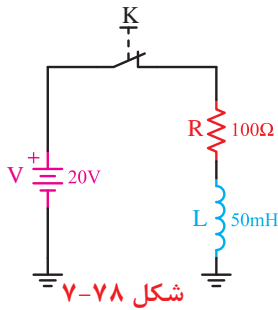
مطلوبست:

الف) ضریب خودالقایی آن چند میلی هانری است؟

ب) در صورتی که بخواهیم ضریب خودالقایی آن سه برابر شود ضریب نفوذ هسته چقدر باید شود؟

۳۸- ثابت زمانی مداری با یک مقاومت  $2/2$  کیلو اهم و سلفی با اندوکتانس ۵۰۰ میکروهانری چند ثانیه است؟ ضمناً

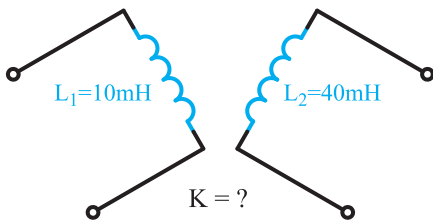
مدت زمان شارژ را حساب کنید.



شکل ۷-۷۸

۳۹- ثابت زمانی، مدت زمان شارژ و جریان عبوری از مدار

شکل (۷-۷۸) در هم ثابت زمانی را حساب کنید.



شکل ۷-۷۹

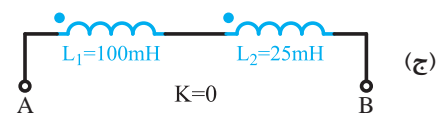
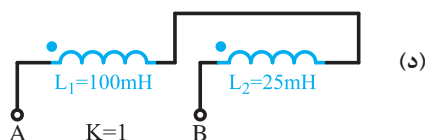
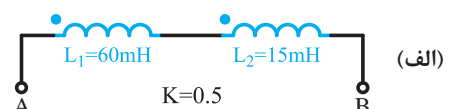
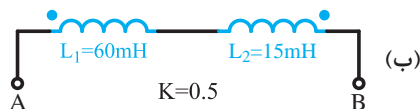
۴۰- اگر اندازه ضریب القا متقابل شکل مقابل  $10\text{mh}$  باشد

اندازه ضریب تزویجی شکل (۷-۷۹) چقدر است؟

۴۱- هرگاه از سلفی با اندوکتانس  $50\text{mh}$  جریانی برابر ۴

آمپر عبور کند انرژی ذخیره شده در سیم پیچ چند ژول است؟

۴۲- اندوکتانس کل هر یک از مدارهای نشان داده شده در شکل (۷-۸۰) چند میلی هانری است؟



شکل ۷-۸۰

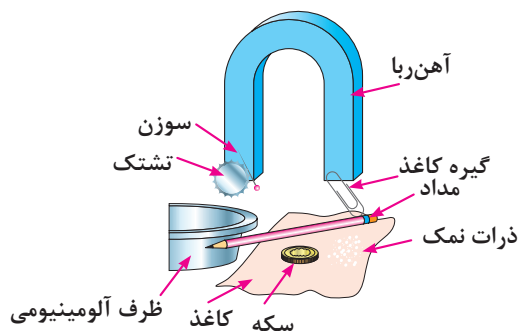


# خودآزمایی عملی

توضیح: کارهای عملی پیشبینی شده را می‌توانید در منزل انجام داده و از نتایج آن‌ها در جهت بالابردن شناخت خود نسبت به مغناطیسی استفاده کنید.

۱- یک آهنربای نعل اسبی را به قطعات (شکل ۷-۸۱) نزدیک کنید. نتیجه مشاهده خود را یادداشت کرده و علت را

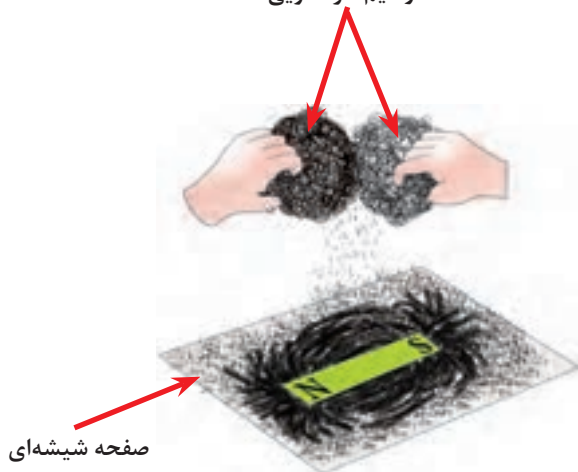
توضیح دهید.



شکل ۷-۸۱

۲- یک آهنربای تخت را مطابق شکل ۷-۸۲ زیر یک صفحه شیشه‌ای قرار دهید و براده‌های آهن را به عکس آن روی

سطح شیشه‌ای بریزید. از شکل به دست آمده چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید. دوسیم ظرفشویی



شکل ۷-۸۲

پاسخ سؤال



پاسخ سؤال

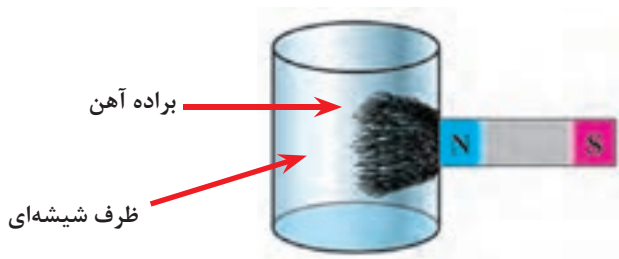


پاسخ سؤال




۳- در داخل یک ظرف شیشه‌ای براده‌های آهن بریزید و آهنربا را از طرفین ظرف مطابق شکل ۷-۸۳ روی سطح شیشه‌ای قرار دهید. از وضعیت‌های به دست آمده چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

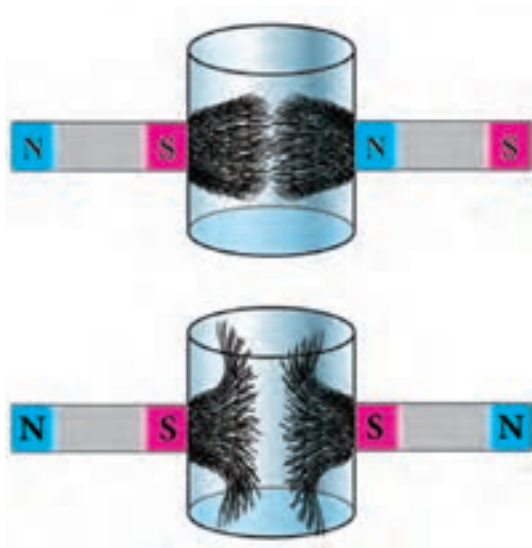
۴- مقداری خاک و براده آهن را مخلوط کنید و سپس آن ها را از یکدیگر جدا کنید. روش به کار رفته را شرح دهید.




شکل ۷-۸۳

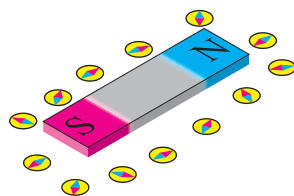
پاسخ سؤال 

۵- مقداری براده آهن را در داخل آب بریزید و آن را با آهنربا جدا کنید.

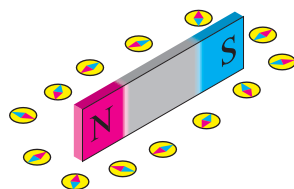


شکل ۷-۸۴

پاسخ سؤال 



الف - آهنربا به صورت خوابیده



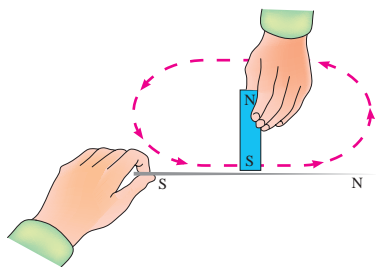
ب - آهنربا به صورت ایستاده

شکل ۷-۸۵

۶- یک عقربه مغناطیسی را مشابه شکل ۷-۸۵ در اطراف یک آهنربای تخت بخوابانید، از وضعیت های به دست آمده برای عقربه چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

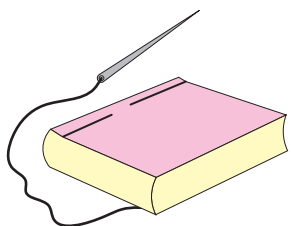
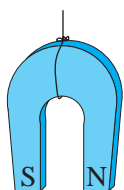
پاسخ سؤال 

۷- یک آهنربا را طبق شکل ۷-۸۶ روی یک سوزن و در یک جهت بکشید. سپس مشابه شکل ۷-۸۷ سوزن را به یک نخ وصل کنید یکبار قطب N و بار دیگر قطب S آهنربا را به آن نزدیک کنید. از وضعیت های به دست آمده برای سوزن چه نتیجه ای می گیرید؟



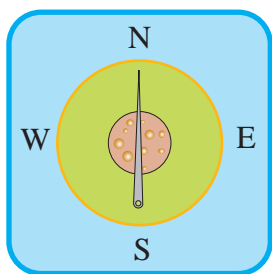
شکل ۷-۸۶

پاسخ سؤال



شکل ۷-۸۷

۸- سوزن را مطابق شکل ۷-۸۶ مجدداً با آهنربا مالش دهید و آن را روی یک تکه چوب پنبه که بر روی سطح آب مانند شکل ۷-۸۸ شناور است، قرار دهید. از نتایج به دست آمده چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

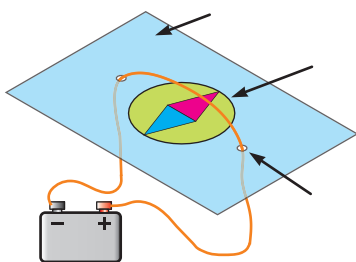


شکل ۷-۸۸

پاسخ سؤال



۹- دو سر سیمی را که از باتری خارج شده اند را از زیر یک کاغذ مقوایی طبق شکل ۷-۸۹ خارج کنید. سپس آن را از روی یک عقربه مغناطیسی عبور دهید. مدار را وصل کنید و درباره مشاهدات خود توضیح دهید.

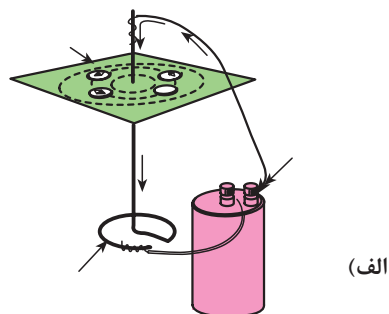


شکل ۷-۸۹

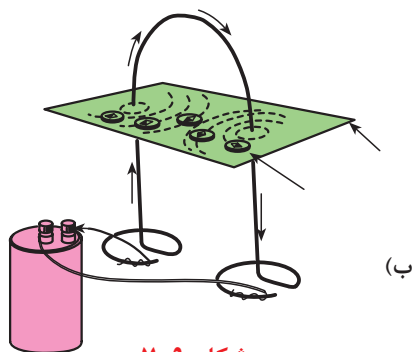
پاسخ سؤال



۱۰- تکه سیمی را یکبار مطابق شکل ۷-۹۰ الف به یک باتری وصل کنید و عقربه مغناطیس را در فضای اطراف آن حرکت دهید و سپس سیم را مطابق شکل ۷-۹۰ ب به صورت انحنا درآورید و آهنربای عقربه ای را در فضا اطراف دو بازوی سیم بچرخانید. نتایج را شرح دهید.



(الف)



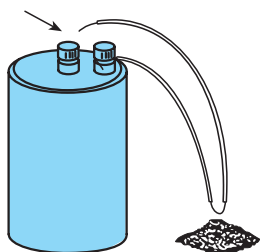
(ب)

شکل ۷-۹۰

پاسخ سؤال



۱۱- تکه سیمی بدون روکش را مطابق شکل ۷-۹۱ به دو قطب یک باتری وصل کنید و به براده های آهن نزدیک کنید. از مشاهدات خود چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

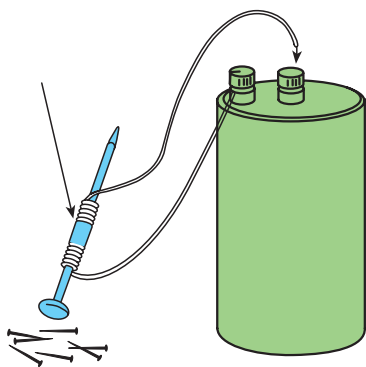


شکل ۷-۹۱

پاسخ سؤال



۱۲- تکه سیم را مانند شکل ۷-۹۲ به صورت چند حلقه روی یک میخ بپیچانید. سپس میخ را به سوزنهای نازک کوچک نزدیک کنید. از مشاهده خود چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.



شکل ۷-۹۲

پاسخ سؤال



# واحد کار مبانی الکتریسته

## فصل هشتم: خازن

### هدف کلی

شناسایی ساختمان و اصول کار خازن ها و ظرفیت مدارهای خازنی و عملکرد آن

### هدف های رفتاری:

- ۱- میدان الکتریکی و میدان الکتریکی یکنواخت را توضیح دهد.
- ۲- ساختمان داخلی خازن را شرح دهد.
- ۳- رابطه ظرفیت خازن را بیان کند.
- ۴- مفهوم شارژ و دشارژ خازن را توضیح دهد.
- ۵- انواع خازن های ثابت و متغیر را مختصراً توضیح دهد.
- ۶- مشخصات مهم در انتخاب خازن را بیان کند.
- ۷- مشخصات خازن ها را با کد رنگی و رمزهای عدد بخواند.
- ۸- مدارهای سری، موازی و ترکیبی خازن ها را تعریف کند.
- ۹- مدارهای سری، موازی و ترکیبی خازن ها را از نظر ظرفیت خازن معادل، ولتاژ و بار الکتریکی توضیح هد.
- ۱۰- آزمایش های ساده مربوط به مدارهای سری، موازی و ترکیبی خازن ها را انجام دهد.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۱۲	۶/۵	۱۸/۵



- ۱- برای ذخیره کردن بارهای الکتریکی در مدارها از وسیله‌ای به نام ..... استفاده می‌شود.  
الف - مقاومت      ب - سلف      ج - خازن      د - موتور
- ۲- در دوربین‌های عکاسی برای ایجاد نور فلاش از چه وسیله‌ای استفاده می‌شود؟  
الف - لامپ رشته‌ای      ب - پروژکتور گازی      ج - خازن      د - مقاومت
- ۳- در بعضی از موتورهای الکتریکی هنگامی که موتور به برق اتصال ندارد وقتی دو سر سیم‌های آن را برای یک لحظه کوتاه به هم اتصال می‌دهیم جرقه می‌زند. علت چیست؟  
الف - اتصال بدنه در موتور      ب - اتصال داشتن سیم پیچ‌های موتور  
ج - تخلیه ولتاژ دو سر خازن      د - خرابی کلیدهای موتور
- ۴- چرا در کنار پایه بعضی خازن‌ها علامت مثبت و منفی می‌نویسند؟  
الف - برای اتصال صحیح پایه‌های خازن به مدار      ب - چون مقدار بار ذخیره شده مشخص شود.  
ج - برای بررسی بارهای مثبت و منفی صفحات خازن      د - مقدار ولتاژ را اندازه‌گیری کرد.
- ۵- از خازن در مدارهای الکتریکی برای چه منظور استفاده نمی‌شود؟  
الف - صافی‌ها (فیلترها)      ب - ذخیره انرژی مغناطیسی  
ج - عامل به وجود آوردن اختلاف فاز      د - ذخیره انرژی الکترواستاتیکی
- ۶- در تنظیم ایستگاه و تعیین موج یک رادیو از کدام وسیله استفاده می‌شود؟  
الف - خازن ثابت      ب - خازن متغیر      ج - مقاومت متغیر      د - سلف متغیر
- ۷- مواد مغناطیسی که خاصیت مغناطیسی تقریباً دائم پیدا می‌کنند، را مواد ..... می‌گویند.  
الف - فرومغناطیس نرم      ب - دیامغناطیس      ج - فرومغناطیس سخت      د - پارامغناطیس
- ۸- کدام یک از روابط زیر شکل صحیح رابطه رلوکتانس است؟  
الف -  $R = \frac{V}{I}$       ب -  $R_m = \frac{\Phi}{\theta}$       ج -  $\theta = N.I$       د -  $R_m = \frac{l}{\mu A}$
- ۹- افزایش جریان عبوری از سیم راست موجب ..... می‌شود.  
الف - افزایش میدان مغناطیسی      ب - کاهش میدان مغناطیسی  
ج - کاهش میدان الکترواستاتیکی      د - افزایش میدان الکترواستاتیکی
- ۱۰- ایجاد فاصله هوایی در مدار مغناطیسی موجب افزایش ..... مغناطیسی می‌شود.  
الف - فلوی      ب - نیروی محرکه      ج - مقاومت      د - ضریب نفوذ





- ۱۱- با حرکت دادن عقربه مغناطیسی در فضای اطراف یک آهنربا می توان ..... و ..... را مشخص کرد.  
الف - قطب های آهنربا، جهت فلوی مغناطیسی  
ب - اثر جاذبه، جهت فلوی مغناطیسی  
ج - فلوی مغناطیسی، اثر جاذبه  
د - مقدار شار مغناطیسی، قطب های آهنربا

۱۲- یک تسلا (T) برابر است با:

$$\begin{array}{llll} \text{الف - } \frac{1\text{wb}}{1\text{m}} & \text{ب - } \frac{1\text{wb}}{1\text{m}^2} & \text{ج - } \frac{1\text{m}}{1\text{wb}} & \text{د - } \frac{1\text{m}^2}{1\text{wb}} \end{array}$$

۱۳- قطب های مغناطیسی عبارتند از:

- الف - مکان هایی که اثر جاذبه مغناطیسی کمی دارند.      ب - نقاطی هستند که همه فلزات را جذب می کنند.  
ج - نقاطی که همه فلزات را دفع می کنند.      د - مکان هایی که اثر جاذبه مغناطیسی زیادی دارند.  
۱۴- بوبینی به طول متوسط ۱۲ سانتی متر ۶۰۰ حلقه سیم بر روی آن پیچیده شده است. اگر جریان  $0.4\text{A}$  از سیم پیچ عبور کند، شدت میدان مغناطیسی چند  $\frac{\text{A}}{\text{m}}$  است؟  
الف - ۲۰۰      ب - ۲۳۰      ج - ۱۲۰۰      د - ۲۰۰۰

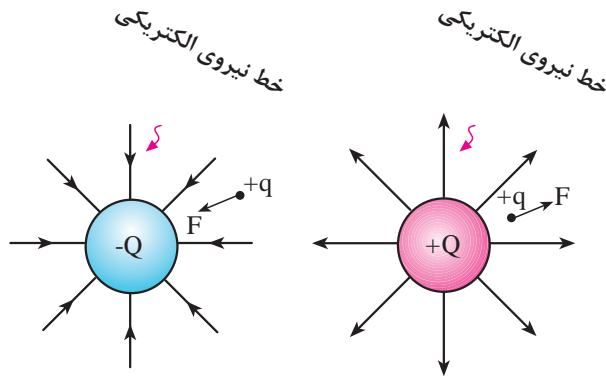
- ۱۵- سطح مقطع بوبینی  $81\text{mm}^2$  است. اگر بخواهیم چگالی شار هسته  $0.9$  تسلا باشد فوران موردنیاز چند وبر (wb) است؟

$$\begin{array}{llll} \text{الف - } 72/9 \times 10^{-6} & \text{ب - } 9 \times 10^{-3} & \text{ج - } 72/9 \times 10^{-3} & \text{د - } 81 \times 10^{-3} \end{array}$$

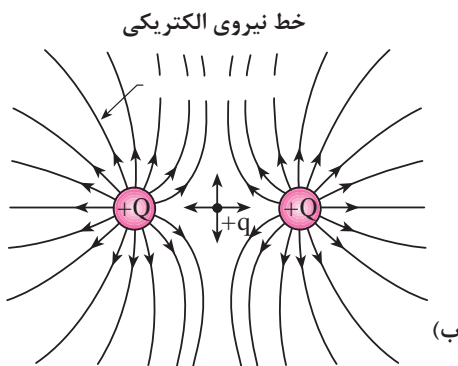
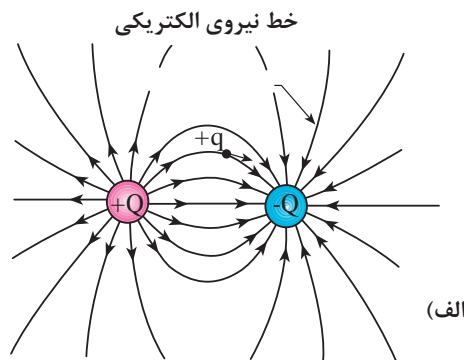




## ۸-۱- میدان الکتریکی



شکل ۸-۱- جهت نیروی الکتریکی در اطراف بارهای \*



شکل ۸-۲- اثر میدان های الکتریکی بارهای همنام و غیرهمنام بر یکدیگر.

( $Q_1$ ) ( $Q_2$ )



شکل ۸-۳- میدان الکتریکی موجود بین دو صفحه

مفهوم میدان مربوط به ناحیه ای است در فضای اطراف یک جسم باردار ( $Q$ ) که می تواند عملاً مورد استفاده قرار گیرد. مانند ذره باردار ( $-Q$ ) در صورتی که یک جسم باردار دیگر مانند ذره ( $+Q$ ) (شکل ۸-۱ الف) در این ناحیه قرار گیرد طبق قانون کولن به آن نیرویی وارد می شود. بنابراین در یک ناحیه از فضا وقتی می توان گفت میدان الکتریکی وجود دارد که به بار الکتریکی واقع در آن ناحیه یک نیرو وارد شود.

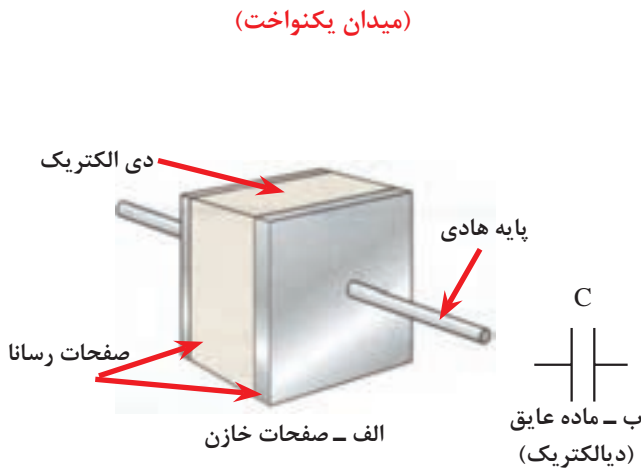
شکل ۸-۲ وضعیت میدان الکتریکی دو بار همنام و غیرهمنام را در کنار یکدیگر نشان می دهد. شدت و جهت خطوط میدان الکتریکی به اندازه بار هر ذره و فاصله بین آن ها بستگی دارد.

اگر دو صفحه تخت باردار را مطابق شکل ۸-۳ در مقابل یکدیگر و در حد فاصل یک ماده دیالکتریک قرار دهیم میدان الکتریکی که در بین دو صفحه به وجود می آید در تمام نقاط ثابت است. این نوع میدان را «میدان الکتریکی یکنواخت» می گویند.

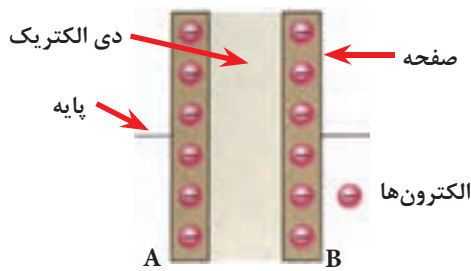
## ۸-۲- ساختمان خازن<sup>۱</sup>

اگر دو صفحه رسانا (هادی) را توسط یک نارسانا (عایق) از هم جدا کنیم یک «خازن» شکل می‌گیرد. خازن برای ذخیره بار الکتریکی به کار می‌رود.

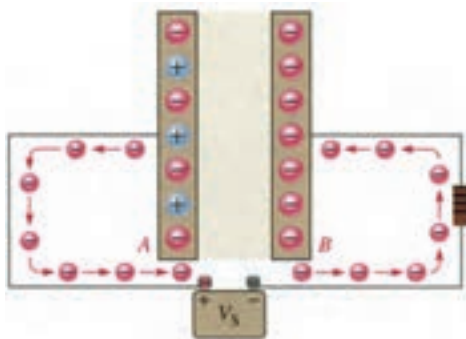
شکل ۸-۴ تصویر ساده‌ای از یک نمونه خازن را نشان می‌دهد. همانطوری که از شکل ۸-۴ مشاهده می‌شود خازن از دو قسمت اصلی تشکیل شده است.



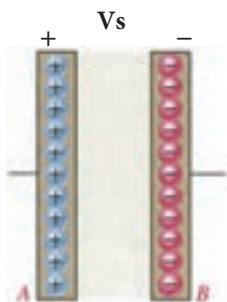
شکل ۸-۴- اجزای داخلی خازن



شکل ۸-۵- صفحات باردار خازن



شکل ۸-۶

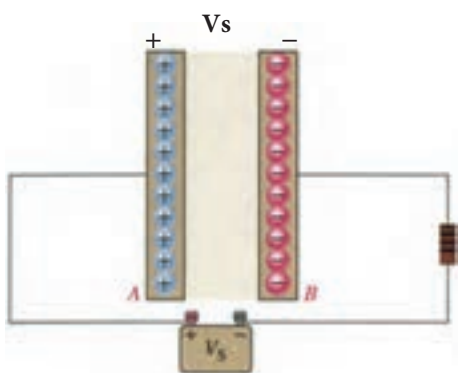


شکل ۸-۷

## ۸-۳- ظرفیت خازن

میزان توانایی یک خازن در ذخیره کردن بار الکتریکی را «ظرفیت خازن» می‌گویند و آن را با حرف C نمایش می‌دهند. (شکل ۸-۷)

اگر دو خازن را به یک منبع ولتاژ اتصال دهیم و بار الکتریکی در آن‌ها ذخیره کنیم چنانچه بار ذخیره شده در یکی بیشتر از دیگری باشد، ظرفیت آن خازن بیشتر است. (شکل ۸-۸)



شکل ۸-۸

ظرفیت خازن را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد:

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

C - ظرفیت خازن

Q - بار الکتریکی ذخیره شده در صفحات

V - ولتاژ دو سر خازن

جدول ۸-۱

واحد	حرف اختصاری	ضریب	چگونگی تبدیل
فاراد	f	واحد اصلی	برای تبدیل از واحد بالا به واحد پایین در ضرایب ضرب می‌شود 
میلی فاراد	mf	$10^3$	
میکروفاراد	$\mu f$	$10^6$	
نانو فاراد	nf	$10^9$	
بیکوفاراد	pf	$10^{12}$	

برای بررسی اثر افزایش یا کاهش یک عامل بر روی یکی از کمیت‌ها، می‌بایست کمیت سوم ثابت در نظر گرفته شود. مثلاً در صورت ثابت در نظر گرفتن بار Q مشاهده می‌شود که C با V رابطه عکس دارد. واحد اصلی ظرفیت خازن «فاراد» است و این در صورتی صادق است که Q بر حسب کولن و V بر حسب ولت باشد.

چون فاراد واحد بسیار بزرگی است. لذا از واحدهای کوچکتر مانند میکروفاراد و نانوفاراد استفاده می‌شود. جدول ۸-۱ واحدهای کوچکتر خازن و ضرایب آن‌ها را نشان می‌دهد.

مثال: خازنی با ظرفیت ۱۰۰ نانو فاراد برابر با چند فاراد است؟

$$C = 100 \cdot nf$$

حل:

$$C = 10^2 \div 10^9 = 10^{-7} [f]$$



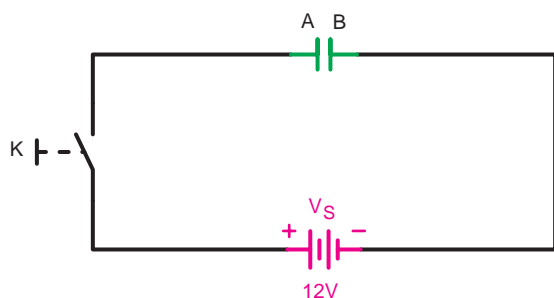
**توجه**

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

## ۸-۴- شارژ و دشارژ خازن در جریان

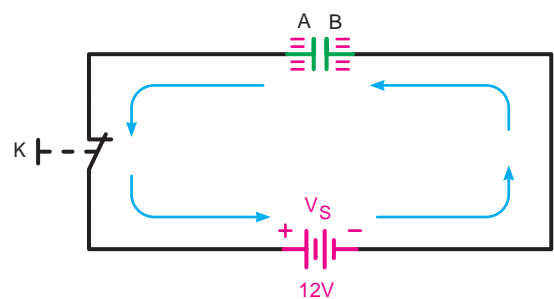
### مستقیم

وقتی یک خازن را به ولتاژ DC وصل کنیم خازن شارژ می شود. شکل ۸-۹ یک خازن خالی را نشان می دهد. در این حالت تعداد الکترون های آزاد صفحات A و B با هم برابر هستند.



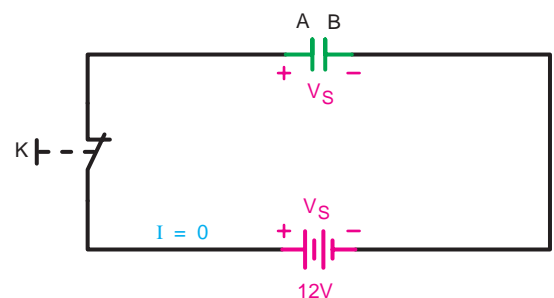
شکل ۸-۹- خازن خالی

زمانی که کلید بسته شود (شکل ۸-۱۰) با برقراری جریان، الکترون های آزاد در صفحه B جمع می شوند و صفحه A که به قطب مثبت منبع ( $V_S$ ) متصل است الکترون های آزاد خود را از دست می دهد. (جهت جریان، جهت حرکت الکترون ها فرض شده است).



شکل ۸-۱۰- خازن در حال شارژ

فرآیند فوق آنقدر ادامه پیدا می کند تا وقتی که پتانسیل بین دو صفحه A و B خازن برابر ولتاژ منبع تغذیه ( $V_S$ ) شود. با افزایش ولتاژ بین صفحات خازن، جریان دار رفته رفته کاهش یافته تا اینکه به صفر برسد، در این حالت گفته می شود که خازن شارژ کامل شده است. (شکل ۸-۱۱)

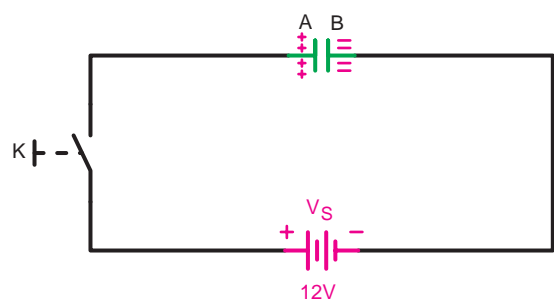


شکل ۸-۱۱- خازن شارژ کامل

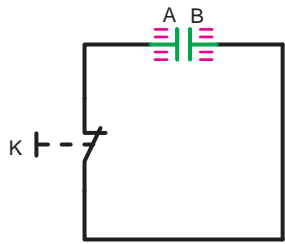
توجه داشته باشید که نقش دیالکتریک در برقراری جریان و رد و بدل شدن بارهای الکتریکی بسیار مهم است. چرا که با انتخاب یک دیالکتریک خوب می توان مقدار بار الکتریکی جابه جا شده را کاهش و یا به عبارتی ظرفیت خازن را افزایش داد.

حال اگر کلید را باز کنیم ولتاژ ذخیره شده در صفحات خازن باقی می ماند و ما می توانیم از این ولتاژ استفاده کنیم. (شکل ۸-۱۲)

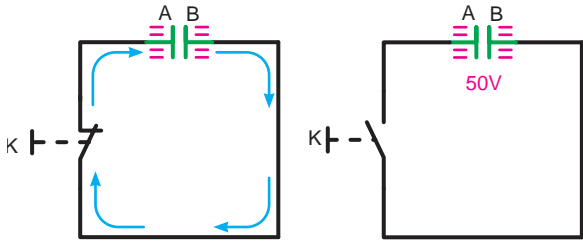
از جمله این موارد می توان ایجاد شوک الکتریکی یا شارژ خازن فلاش دوربین های عکاسی را نام برد.



شکل ۸-۱۲- در صفحات خازن بار ذخیره شده.



الف - خازن شارژ کامل است.

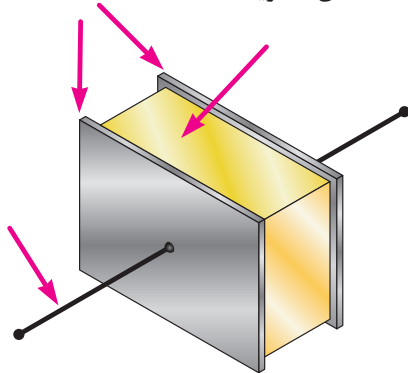


ج - خازن دشارژ کامل

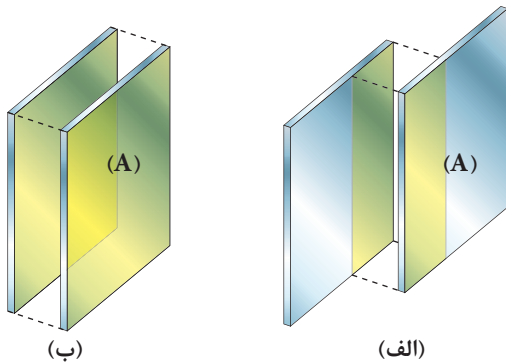
ب - خازن در حال دشارژ

شکل ۸-۱۳- خازن شارژ در حال تخلیه صفحات

دی الکتریک



شکل ۸-۱۴- قسمت های مختلف یک خازن



شکل ۸-۱۵- سطوح مؤثر صفحات خازن

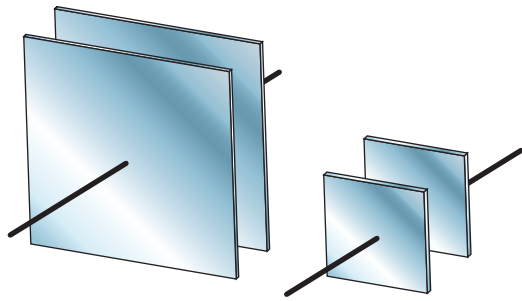
برای تخلیه بار الکتریکی صفحات خازن می بایست خازن را از منبع تغذیه باز کنیم و دو صفحه خازن A و B را به یکدیگر اتصال دهیم. شکل ۸-۱۳ مسیر تخلیه الکتریکی (دشارژ) خازنی را که تا ۵۰ ولت پر شده است، نشان می دهد.

## ۵-۸- عوامل مؤثر در ظرفیت خازن

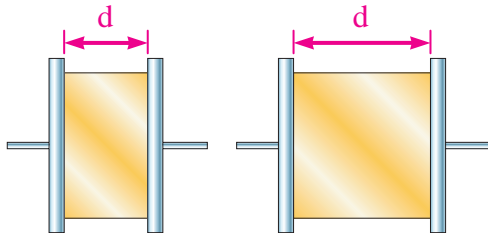
عوامل الکتریکی و فیزیکی گوناگونی در ظرفیت یک خازن مؤثر هستند که در اینجا فقط به بررسی عوامل فیزیکی می پردازیم. شکل ۸-۱۴ تصویر ساده‌ای از خازن را نشان می دهد.

### ۱-۵-۸- سطح صفحات خازن (A):

منظور از سطح صفحات خازن سطح مؤثر بین دو صفحه است. زیرا اثر میدان الکتریکی بین دو صفحه زمانی وجود خواهد داشت که این دو صفحه با بارهای الکتریکی مخالف در مقابل هم قرار گیرند. (شکل ۸-۱۵)



شکل ۸-۱۶- خازن با سطح صفحات متفاوت



الف - خازن با ظرفیت زیاد      ب - خازن با ظرفیت کم

شکل ۸-۱۷- اثر تغییر فاصله بین صفحات بر روی ظرفیت

جدول ۸-۲

ضریب دی الکتریک	ماده دی الکتریک
۱	هوا
۴/۲	شیشه
۵-۹	میکا
۴/۵-۷/۵	باکلیت
۲/۸	لاستیک
۳/۵	کاغذ
۲/۲	پارافین

هر چه سطح مؤثر بین صفحات بیشتر باشد ظرفیت خازن نیز افزایش می یابد. ظرفیت خازن نشان داده شده در شکل ۸-۱۶ ب دو برابر ظرفیت خازن شکل ۸-۱۶ الف است.

### ۸-۵-۲- فاصله بین صفحات خازن (d):

ظرفیت خازن با فاصله صفحات آن رابطه عکس دارد. چون هر چه فاصله بین صفحات افزایش می یابد ظرفیت خازن کم می شود. (شکل ۸-۱۷) دو خازن A و B را با هم مقایسه می کند. چون فاصله صفحات خازن b دو برابر صفحات خازن a است، بنابراین ظرفی خازن الف دو برابر ظرفیت خازن ب می شود.

### ۸-۵-۳- ماده عایق (دیالکتریک - K):

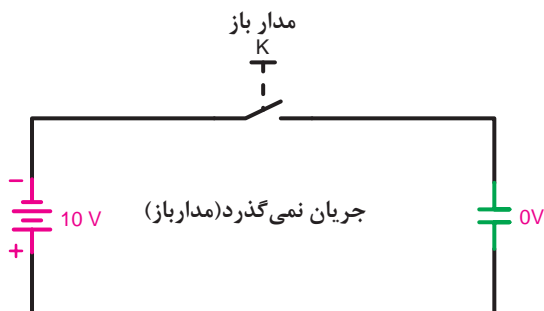
یکی دیگر از عواملی که در ظرفیت خازن تأثیر مستقیم دارد، ماده عایق (دی الکتریک) به کار رفته در بین دو صفحه خازن است. هر چه خاصیت عایقی ماده بکار رفته زیادتر باشد ظرفیت خازن بیشتر خواهد شد. جدول ۸-۲ خاصیت عایقی چند ماده را نشان می دهد. ضریب دی الکتریک همه مواد نسبت به هوا سنجیده می شوند.

## ۸-۶- عملکرد خازن در جریان الکتریکی

### ۸-۶-۱- رفتار خازن در جریان مستقیم (DC)

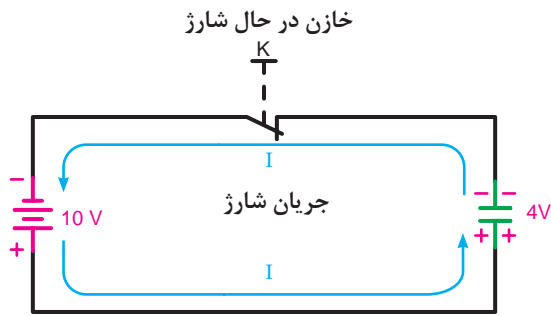
هرگاه خازنی در مدار جریان مستقیم قرار گیرد مقدار جریان الکتریکی مدار آن در تمام لحظات پس از وصل کلید یکسان نیست.

در لحظه اول که صفحات خازن خالی است به محض وصل کلید، الکترون های زیادی با سرعت به طرف سطح صفحات حرکت می کنند. (شکل ۸-۱۸) عایق بین صفحات خازن باعث می شود تا الکترون های جمع شده در یک



شکل ۸-۱۸- کلید قطع و مدار خازن باز می شود.

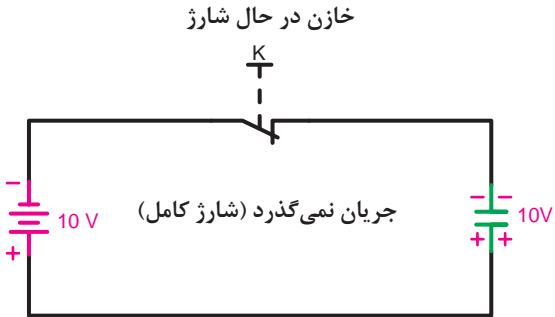
صفحه ارتباطی با صفحه مقابل نداشته باشد و صفحات خازن باردار شوند. (شکل ۸-۱۹)



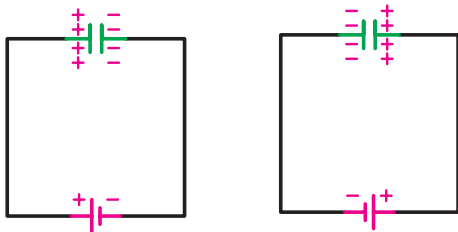
شکل ۸-۱۹- کلید وصل و خازن در حال شارژ می باشد.

حرکت الکترون ها تا زمانی که عمل شارژ در صفحات وجود دارد، ادامه می یابد و رفته رفته مقدار جریان عبوری از مدار کم می شود. زیرا سطح صفحات خازن شارژ کامل شده و از عبور جریان جلوگیری می کنند. (شکل ۸-۲۰)

در واقع در لحظه اول ولتاژ دو سر خازن صفر بوده ولی جریان عبوری از آن زیاد است. در صورتی که چند لحظه پس از وصل کلید جریان به صفر رسیده و ولتاژ بین صفحات خازن، به مقدار حداکثر خود می رسد.



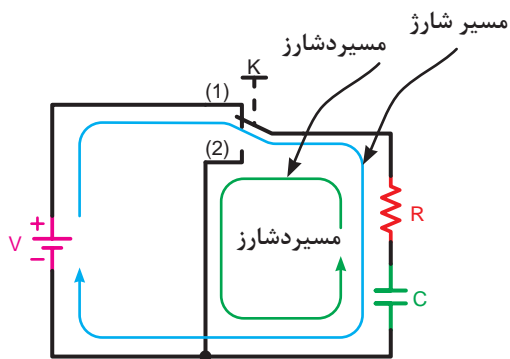
شکل ۸-۲۰- کلید وصل و خازن شارژ کامل شده است.



شکل ۸-۲۱- وضعیت صفحات خازن از نظر نحوه اتصال به پلاریته منبع تغذیه

وضعیت صفحات خازن از نظر نوع بار الکتریکی ذخیره شده به نحوه اتصال پلاریته منبع تغذیه بستگی دارد. یعنی اگر جهت قطب های خازن را عوض کنیم نوع بارهایی که در صفحات خازن ذخیره می شوند، نیز تغییر خواهد کرد. (شکل ۸-۲۱)

## ۲-۶-۸- شارژ و دشارژ (ثابت زمانی خازنی)

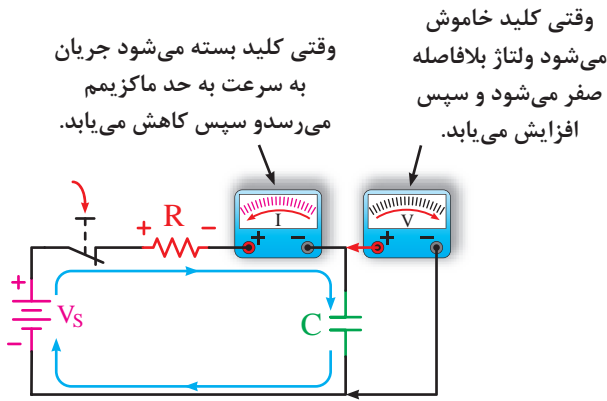


شکل ۸-۲۲- مسیر شارژ و دشارژ خازن

تمام مراحل و اتفاقات اشاره شده در یک لحظه کوتاه اتفاق می افتد. در مدار خازن ها برای افزایش زمان شارژ و دشارژ از یک مقاومت سری در مسیر خازن ها استفاده می کنیم.

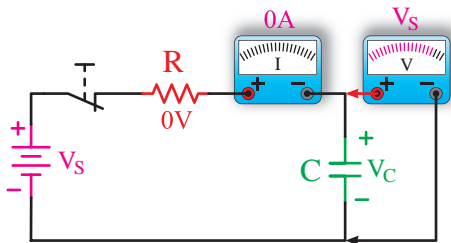
در شکل ۸-۲۲- مسیر شارژ (کلید حالت ۱) و دشارژ (کلید حالت ۲) خازن C نشان داده شده است.

شکل ۸-۲۳ الف مدار خازنی را در لحظه وصل کلید از نظر ولتاژ و جریان نشان می دهد.



الف - در حال شارژ: ولتاژ خازن با کاهش ولتاژ مقاومت و جریان افزایش می یابد.

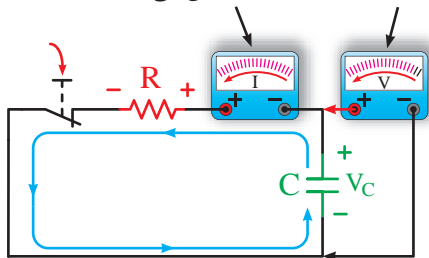
شکل ۸-۲۳ ب یک مدار خازنی را در شرایطی نشان می دهد که کلید، مدت زمانی طولانی وصل بوده و ولتاژ و جریان نسبت به حالت الف عکس شده است.



ب - شارژ کامل: ولتاژ خازن با ولتاژ منبع برابر شده و جریان صفر می شود.

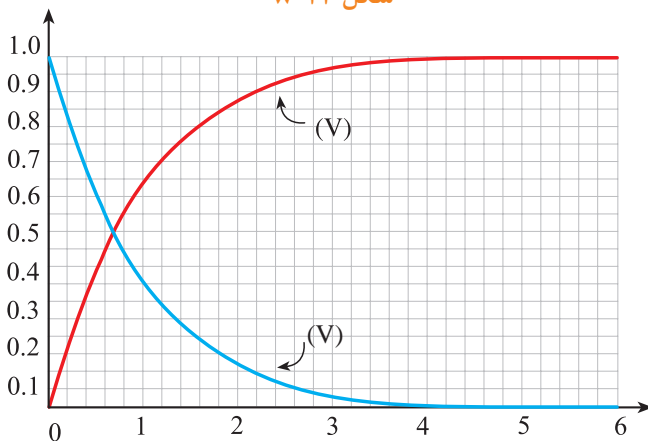
### شکل ۸-۲۳

وقتی خازن تخلیه می شود ولتاژ کاهش می یابد. وقتی کلید خاموش می شود جریان بلافاصله به حداکثر می رسد و سپس کاهش می یابد.



تخلیه بار ولتاژ مقاومت و جریان از مقدار حداکثر اولیه کاهش می یابد. توجه داشته باشید که جریان تخلیه بار مخالف با جریان بار می باشد.

### شکل ۸-۲۴



شکل ۸-۲۵ منحنی های ولتاژ خازن در حالت شارژ و دشارژ

اگر منبع تغذیه را برداشته و ولتاژ دو سر خازن را از طریق مقاومت اهمی دشارژ کنیم مقدار ولتاژ و جریان خازن مطابق شکل ۸-۲۴ خواهد شد.

شکل ۸-۲۵ منحنی تغییرات ولتاژ خازن را در حالت شارژ و دشارژ نشان می دهد.

همانگونه که از منحنی های شارژ و دشارژ خازن مشخص است در صورت استفاده از مقاومت در مسیر آن ولتاژ خازن چه در مسیر افزایش (شارژ) و چه در مسیر کاهش (دشارژ) با یکسری پرش های زمانی و در طی یک بازه مشخصی به مقدار حداکثر و حداقل خود می رسد. اصطلاحاً به مدت زمانی که طول می کشد تا ولتاژ خازن به اندازه  $63/2\%$  مقدار ماکزیمم خود افزایش یا کاهش یابد «ثابت زمانی» گفته و با



[Ω - اهم]

$\tau = R.C$

[f - فاراد]      [s - ثابیه]

ثابت زمانی خازنی

$T = \Delta\tau$

مدت زمان شارژ و  
دشارژ کامل خازن

حرف (τ - تاو) و برحسب ثانیه مطابق رابطه مقابل محاسبه می کنند.

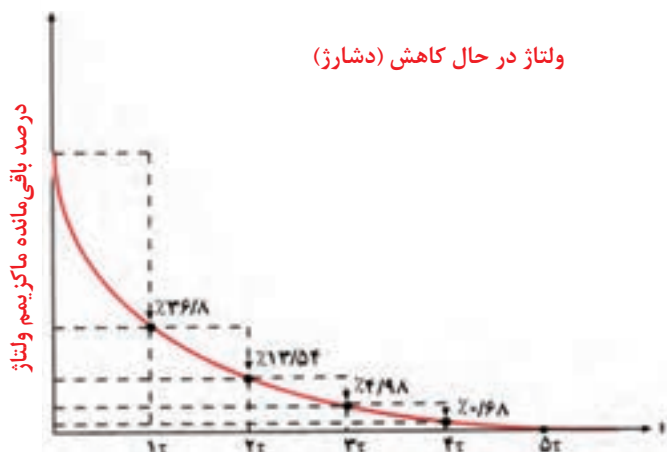
بر پایه آزمایش های انجام شده روی یک خازن مشخص گردیده پس از گذشت ۵ ثابت زمانی ولتاژ دو سر آن به مقدار حداکثر (در شرایط شارژ) و به مقدار حداقل (در شرایط دشارژ) می رسد.

مدت زمان شارژ یا دشارژ کامل یک خازن را مطابق رابطه مقابل می توان چنین محاسبه کرد.

براساس این مطالب پس می توان منحنی های شارژ و دشارژ یک خازن را به همراه جداول شارژ و دشارژ را به ترتیب مطابق شکل های (۸-۲۵) و (۸-۲۶) مشاهده می کنید.



تعداد ثابت زمانی	درصد ماکزیمم ولتاژ شارژ
۱	۶۳
۲	۸۶
۳	۹۵
۴	۹۸
۵	۹۹
	تقریباً ۱۰۰٪



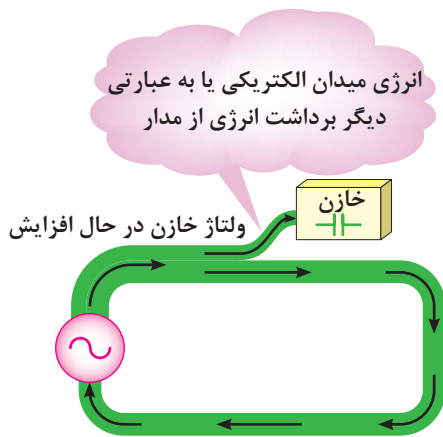
تعداد ثابت زمانی	درصد ماکزیمم ولتاژ شارژ
۱	۳۷
۲	۱۴
۳	۵
۴	۲
۵	۱
	تقریباً صفر

شکل (۸-۲۶)

## ۷-۸ خازن از نقطه نظر انرژی

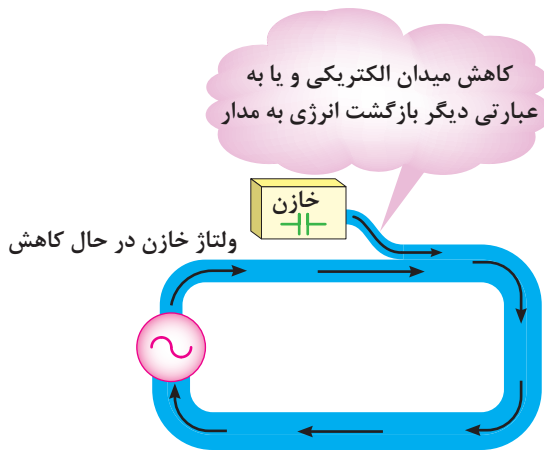
خازن ها نیز مشابه سلف ها هرگاه به جریان متغیری متصل شوند بطوری که ولتاژ دو سر آنها تغییر کند دائماً در حال تبادل انرژی خواهد بود.

انرژی ذخیره شده در یک خازن به صورت ذخیره سای بارهای الکترواستاتیکی در سطح صفحات آن صورت می گیرد.



شکل ۲۷-۸

یک خازن در لحظاتی که ولتاژ دو سر آن در حال افزایش است یعنی در شرایط دریافت و ذخیره سازی انرژی مطابق شکل (۸-۲۷) است. هنگامی که ولتاژ خازن شروع به کاهش کند بارهای الکترواستاتیکی شروع به کم شدن کرده و انرژی ذخیره شده را مطابق شکل (۸-۲۸) به مدار باز می گردانند.



شکل ۲۸-۸

## ۸-۸ انرژی ذخیره شده در خازن

مقدار انرژی ذخیره شده در یک خازن را از رابطه ی مقابل می توان بدست آورد.

C - ظرفیت خازن بر حسب فاراد [f]

$V_c$  - ولتاژ دو سر خازن بر حسب ولت [v]

$W_c$  - انرژی ذخیره شده در خازن بر حسب ژول [J]

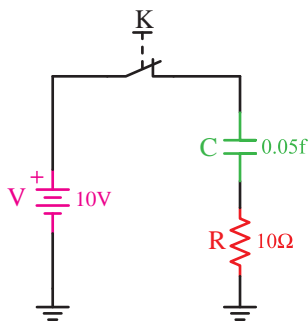
مثال - مقدار انرژی ذخیره شده در خازنی با مشخصات

نشان داده شده در شکل (۸-۲۹) را در صورتی که کلید K برای مدت زمان طولانی بسته شده باشد چند ژول است؟

حل: در شرایط دائم کار خاصیت خازنی وجود ندارد و

همه ولتاژ منبع در دو سر خازن قرار می گیرد.

$$W_c = \frac{1}{2} C \cdot V_c^2$$



شکل ۲۹-۸

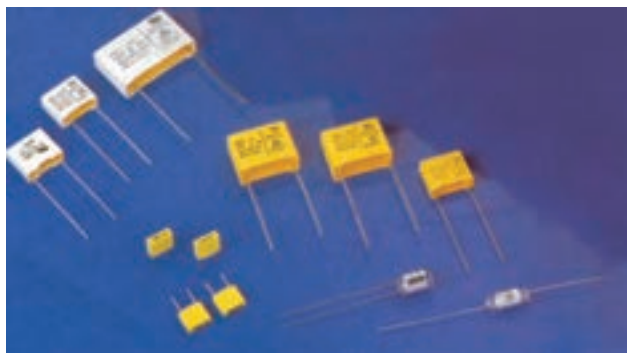
$$V_c = V = 10\text{v}$$

$$W_c = \frac{1}{2} C \cdot V_c^2$$

$$W_c = \frac{1}{2} \times 0.05 \times (10)^2 = 2.5[\text{J}]$$

## ۸-۹- ظرفیت نامی خازن

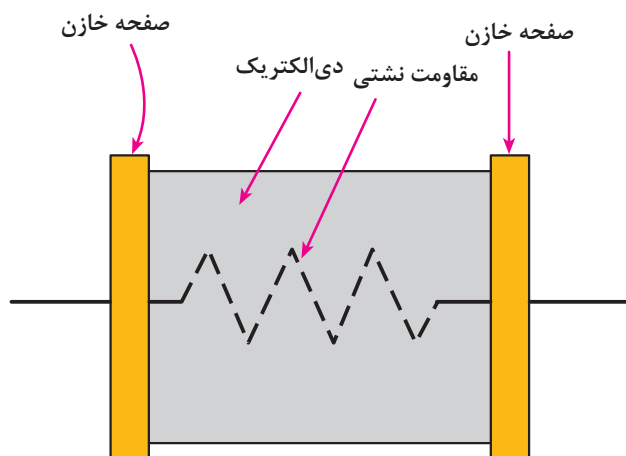
مقدار ظرفیتی که روی بدنه خازن‌ها نوشته می‌شود، «ظرفیت اسمی» یا «ظرفیت نامی» می‌نامند و مقدار ظرفیت واقعی خازن معمولاً بیشتر یا کمتر از ظرفیت اسمی آن است. یکی از علل این افت مربوط به مقاومت داخلی (مقاومت نشتی) بین دو صفحه خازن است.



شکل ۸-۳۰

چون در عمل ماده‌های با خاصیت عایقی صددرصد وجود ندارد، مواد عایقی که بین صفحات خازن قرار می‌گیرند مقدار بسیار کمی جریان از خود عبور می‌دهند. دیالکتریک خازن دارای مقاومت زیادی است که آن را مقاومت نشتی گویند. هر قدر مقاومت نشتی بیشتر باشد ظرفیت خازن زیادتر می‌شود.

خازن‌های بزرگ چون دارای سطح صفحات بزرگی هستند، لذا مقاومت نشتی آن‌ها کم بوده و در نتیجه ظرفیت واقعی خوبی ندارند. (شکل ۸-۳۱)



شکل ۸-۳۱

## ۸-۱۰- انواع خازن‌ها و کدهای رنگی آن‌ها

به طور کلی خازن‌ها به دو دسته زیر تقسیم می‌شوند:

۱- خازن‌های ثابت

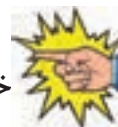
۲- خازن‌های متغیر

### ۸-۱۰-۱- خازن‌های ثابت

ظرفیت این خازن‌ها ثابت است و نمی‌توان مقدار آن‌ها را تغییر داد. این نوع خازن‌ها براساس جنس ماده دیالکتریک نام‌گذاری می‌شوند. از انواع خازن‌های ثابت می‌توان خازن‌های کاغذی، سرامیکی و میکایی را نام برد. (شکل ۸-۳۲) این خازن‌ها در ظرفیت‌های کم ساخته می‌شوند. نوع دیگری از خازن‌های ثابت وجود دارد که در ظرفیت‌های زیاد ساخته می‌شود. این خازن‌ها را «خازن‌های الکترولیتی» می‌نامند.

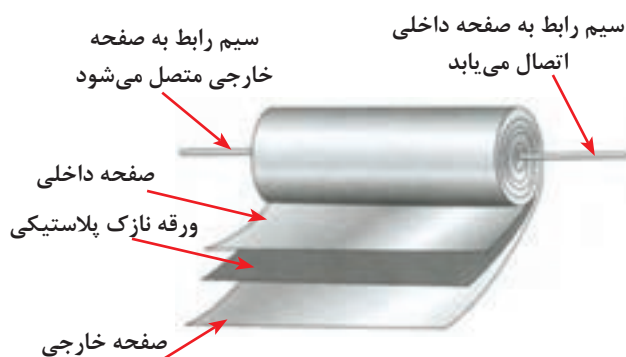


شکل ۸-۳۲- شکل ظاهری چند خازن به همراه مشخصات اسمی



### خازن های کاغذی: دی الکتریک این نوع خازن

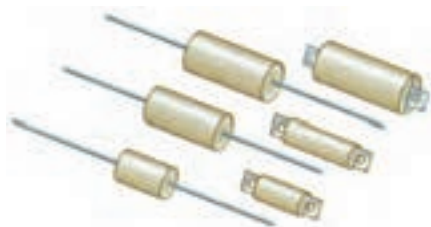
یک کاغذ مشبک آغشته به یک دی الکتریک مناسب است صفحات هادی خازن از جنس آلومینیوم ساخته می شود. از این خازن ها بیشتر در ولتاژها و جریان های زیاد استفاده می شود.



شکل ۸-۳۳- مقاومت نشتی خازن ها در حد مگان اهم است.

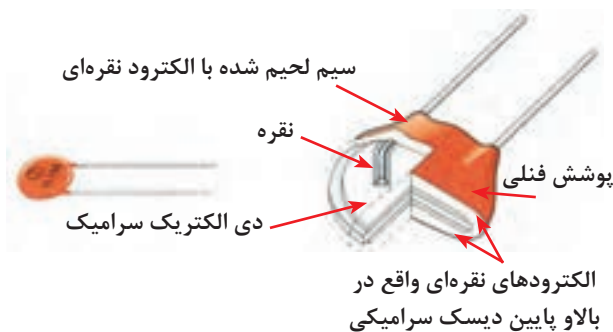
شکل ۸-۳۳ ساختمان داخلی و شکل ۸-۳۴

ظاهری این خازن ها را نشان می دهد.



### خازن های سرامیکی: عایق به کار رفته

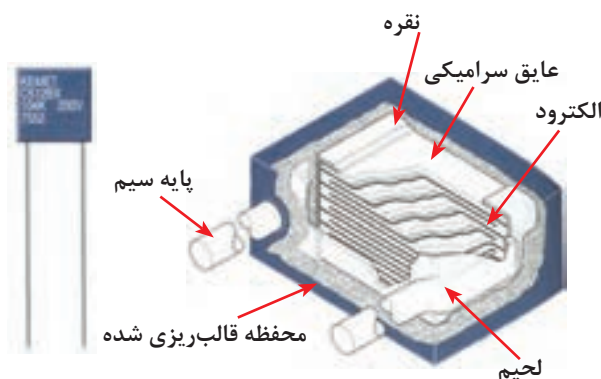
در این خازن ها از جنس سرامیک و صفحات هادی آن آلومینیومی است. سیم های رابط را به صفحات آلومینیومی وصل می کنند.



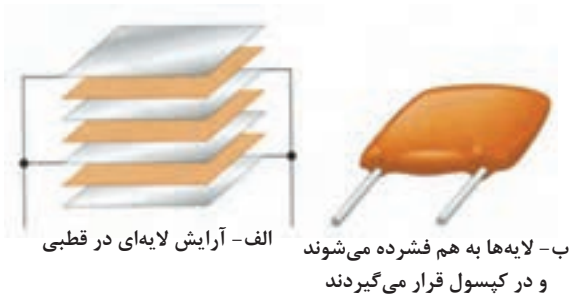
شکل ۸-۳۵

مجموع خازن سرامیکی را با محلول مومی شکلی به نام

فتولیک می پوشانند. این خازن ها بیشتر در مدارهای گیرنده رادیویی به کار می روند. (شکل های ۸-۳۵ و ۸-۳۶)



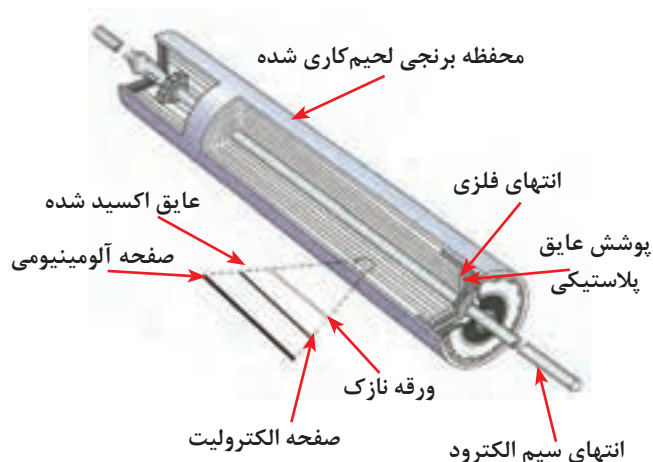
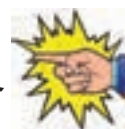
شکل ۸-۳۶



شکل ۳۷-۸

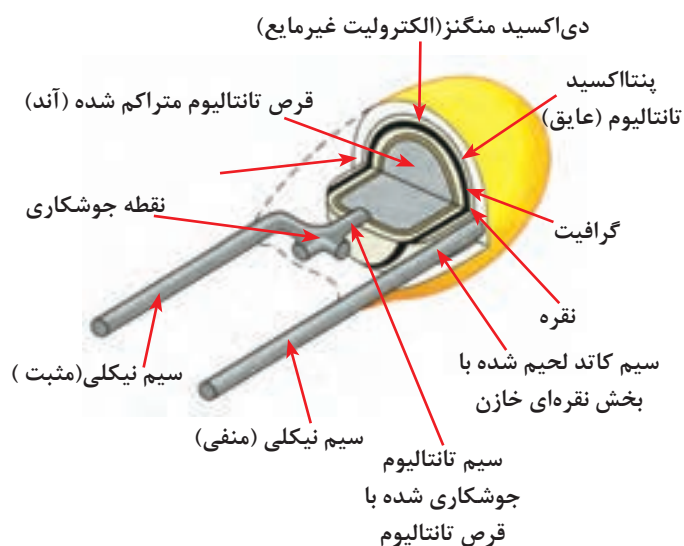


**خازن های میکا:** در این خازن ها عایق به کار رفته از جنس میکا و صفحات هادی از جنس نقره است که در دمای بالا روی ورقه های میکا را به صورت یک در میان روی یک دیگر قرار می دهند و در نهایت سرریه ای صفحات را با سیم به هم لحیم می کنند. (شکل ۳۷-۸)



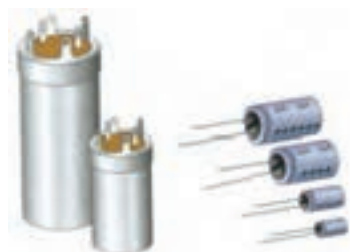
شکل ۳۸-۸

**خازن های الکترولیتی:** این نوع خازن ها ظرفیت های نسبتاً بالایی دارند. صفحات آن از جنس آلومینیوم یا تانتالیوم است. اکثر خازن‌ها الکترولیتی قطبی هستند یعنی قطب های مثبت و منفی روی پایه های آن مشخص شده است. چگونگی ساخت آن ها بدین صورت است که در هنگام ساخت یک ورقه آلومینیومی به نام آند با یک ورقه آلومینیومی دیگر به نام کاتد به همراه دو لایه کاغذ مشبک به عنوان عایق در بین دو ورقه آلومینیومی قرار می گیرند. مجموعه به صورت استوانه روی هم پیچیده می شود. (شکل ۳۸-۸)



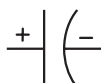
شکل ۳۹-۸ - ساختمان داخلی خازن تانتالیوم

از خازن های الکترولیتی در منابع تغذیه الکترونیکی و تایمرهای الکترونیکی استفاده می شود. شکل های ۳۹-۸ و شکل ۴۰-۸ ساختمان داخلی و ظاهری نمونه هایی از این خازن ها را نشان می دهند.



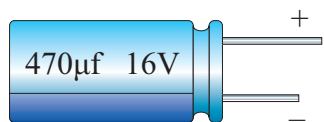
ب - الکترولیت های سیمی شعاعی

الف - خازن الکترولیتی



شکل ۴۰-۸ - ساختمان خازن الکترولیتی

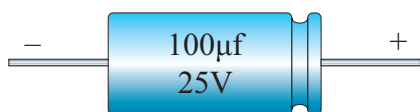
## ۲-۱۰-۸- اطلاعاتی در مورد خازن‌های الکترولیتی:



شکل ۸-۴۱

خازن‌های الکترولیت در چند نوع مختلف نیز تولید می‌شوند:

۱- نوع استوانه‌ای یک طرفه<sup>۱</sup>: در این نوع سیم‌های خازن از یک طرف بیرون می‌آید. (شکل ۸-۴۱)



شکل ۸-۴۲

۲- نوع هم‌محور<sup>۲</sup>: سیم‌های این خازن از دو طرف آن بیرون می‌آید و روی بدنه خازن در طرف قطب مثبت فرورفتگی دارد. (شکل ۸-۴۲)



شکل ۸-۴۳

۳- نوع غیرقطبی<sup>۳</sup>: این خازن‌ها قطب مثبت و منفی ندارند و آن‌ها را می‌توان از هر طرف در مدار به کار برد. روی بدنه بسیاری از این خازن‌ها در هر دو طرف فرورفتگی وجود دارد. (شکل ۸-۴۳)



شکل ۸-۴۴

۴- نوع قوطی<sup>۴</sup>: این خازن‌ها به شکل استوانه هستند و ترمینال‌های مربوط به قطب مثبت و منفی آن‌ها از طرف یکی از قاعده‌های استوانه بیرون آمده است. روی بدنه خازن در آن طرف که ترمینال‌های بیرون آمده‌اند، یک فرورفتگی وجود دارد. این خازن‌ها به وسیله بست کمربندی مخصوصی روی دستگاه نصب می‌شوند. (شکل ۸-۴۴)

1- Single-End or Radial

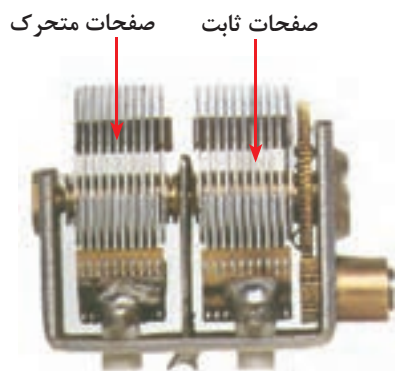
2- Axial

1-Non-Polar

2- Can type

### ۳-۱۰-۸- خازن های متغیر:

به خازن هایی گفته می شود که دارای ظرفیت ثابت نیستند. ظرفیت آن ها با تغییر در یکی از عوامل سطح صفحات یا فاصله بین آن ها تغییر می کند. ماده دی الکتریک این خازن ها هوا یا پلاستیک است. از خازن های متغیر در گیرنده های رادیویی استفاده می شود. این خازن ها در دو شکل «خازن واریابل» و یا «تریمر» مورد استفاده قرار می گیرند. (شکل ۸-۴۵)



شکل ۸-۴۵- خازن واریابل

شکل ۸-۴۶ خازن های تریمر را نشان می دهد.

ظرفیت خازن واریابل با کمک دست و با چرخاندن محور ولی ظرفیت خازن تریمر با چرخاندن محور به وسیله پیچ گوشتی تغییر می کند.



شکل ۸-۴۶

در انتخاب یک خازن می بایست به مشخصه های زیر که مربوط به خازن می باشد، توجه داشت:

۱- ظرفیت: مقدار گنجایش بار الکتریکی خازن.

۲- ولتاژ کار: حداکثر ولتاژی که می توان به طور دائم به خازن اعمال کرد.

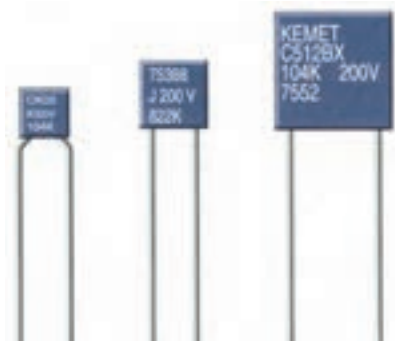
۳- تolerانس: حداکثر انحراف مجاز نسبت به ظرفیت اسمی خازن

۴- ضریب حرارتی: حداکثر میزان تغییر ظرفیت خازن به ازای تغییر یک درجه حرارت.

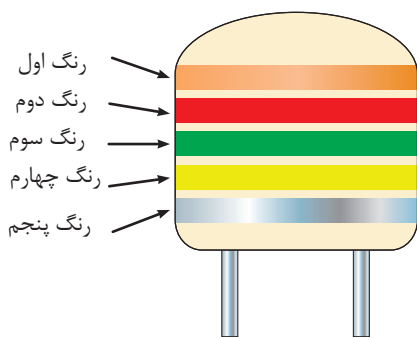
برخی از موارد فوق را در شکل ۸-۴۷ مشاهده می کنید.



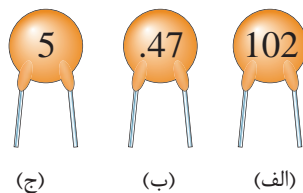
شکل ۸-۴۷



(الف)



شکل ۴۸-۸



(ج)

(ب)

(الف)

شکل ۴۹-۸  
جدول ۴۷-۸

حرف اختصاری	تِلرانس
B	% ۰/۱
C	% ۰/۲۵
D	% ۰/۵
F	% ۱
G	% ۲
H	% ۳
J	% ۵
K	% ۱۰
M	% ۲۰

مقادیر مربوط به مشخصات فوق را در بعضی خازن‌ها روی بدنه آن‌ها می‌نویسند و در برخی دیگر به کمک کدهای رنگی مشخص می‌کنند که در اینجا به ذکر نمونه‌هایی برای هر دو حالت می‌پردازیم. (شکل ۴۸-۸)

هر یک از روش‌های نوار رنگی یا نوشتن ظرفیت خازن‌ها خود به راه‌های مختلف انجام می‌شود که به بررسی آن‌ها می‌پردازیم.

(ب)

#### ۴-۱۰-۸- روش مقدار نویسی ظرفیت

#### روی بدنه خازن‌ها:

در برخی موارد روی بدنه خازن‌ها ظرفیت را با یک عدد اعشاری و یا یک عدد صحیح (به صورت رمز) مشخص می‌کنند. اگر عدد به صورت اعشاری باشد ظرفیت برحسب میکروفاراد و در صورتی که عدد به صورت عدد صحیح بیان شود برحسب پیکوفاراد است. به عنوان مثال اگر روی بدنه خازن‌ها مطابق شکل ۵۰-۸ اعداد ۱۰۲، ۰/۴۷ و ۵ نوشته

شده باشد ظرفیت آن‌ها برابر است با:

$$\begin{array}{l}
 \text{a) } 102 = 100 \text{ pf} \\
 \text{b) } 0.47 = 0.47 \mu\text{f} \\
 \text{c) } 5 = 5 \text{ pf}
 \end{array}$$

در این روش برای بیان تِلرانس خازن از حروف اختصاری مشابه جدول ۴۷-۸ استفاده می‌شود.



## ۵-۱۰-۸- روش نوارهای رنگی روی بدنه

### خازن ها:

روش نوارهای رنگی که بر روی بدنه خازن ها به کار می رود در خازن های مختلف با یکدیگر تفاوت هایی را دارند.

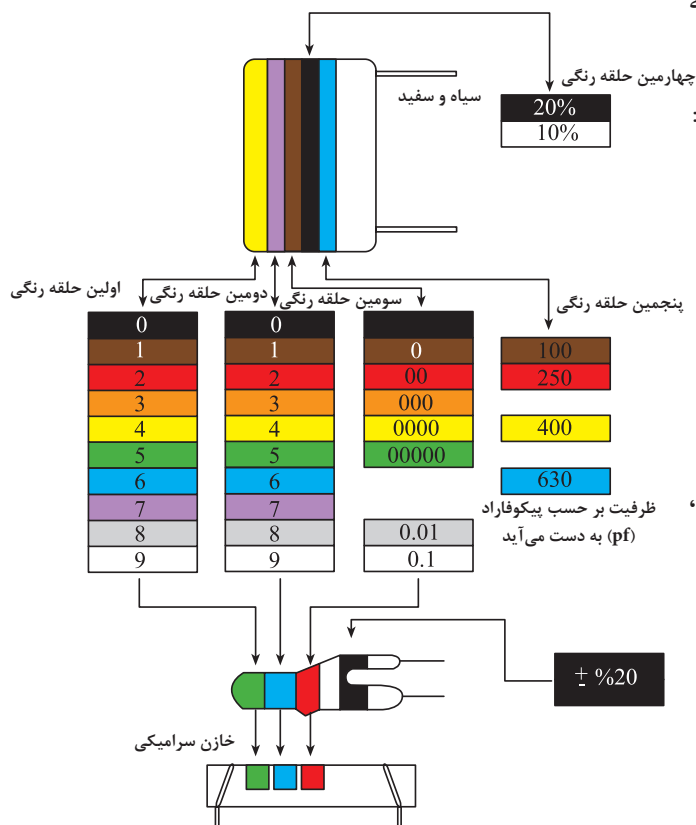
**- روش پنج نوازی:** از این روش برای تعیین ظرفیت، تolerانس و ولتاژ کار خازن های سرامیکی، کاغذی و میکا استفاده می شود. شکل ۸-۵۰ جدول نوارهای رنگی را که روی بدنه خازن ها ثبت می شود، نشان می دهد.

در این روش مفهوم نوارهای رنگی به ترتیب عبارتند از:  
 نوار رنگی اول - بیانگر عدد اول  
 نوار رنگی دوم - بیانگر عدد دوم  
 نوار رنگی سوم - ضریب  
 نوار رنگی چهارم - تolerانس  
 نوار رنگی پنجم - ولتاژ کار

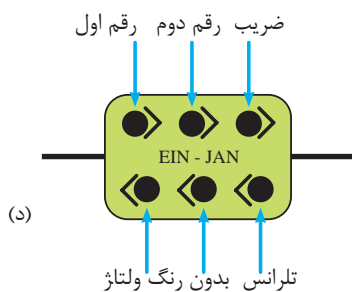
**تذکر:** در مواردی که نوار رنگی تolerانس وجود ندارد، مقدار تolerانس خازن ۲٪ است.

**توجه**

برای خواندن مقدار ظرفیت و تolerانس خازن ها با استفاده از کد رنگی باید حتماً جدول مربوطه داده شود. ضرورتی به حفظ کردن اعداد جدول نیست.



شکل ۸-۵۰



شکل ۸-۵۱

شکل ۸-۵۱ انواع مختلف شکل های ظاهری و نحوه قرار گرفتن نوارهای رنگی روی بدنه خازن ها را در حالات گوناگون نشان می دهد.

۱ - در برخی خازن ها نوار رنگی اول نشان دهنده ضریب حرارتی است.

مثال: ظرفیت خازن‌هایی که کد رنگی آن‌ها در جدول

۸-۴ بیان شده است را تعیین کنید.

حل: با توجه به کدهای رنگی می‌توان نوشت:

جدول ۸-۴

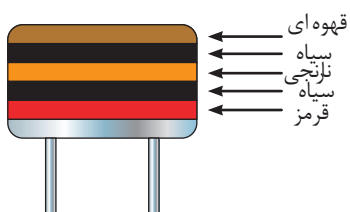
خازن	نوار اول	نوار دوم	نوار سوم	نوار چهارم	نوار پنجم
$C_1$	قرمز	قرمز	زرد	سیاه	قرمز
$C_2$	زرد	بنفش	قرمز	سفید	زرد
$C_3$	قهوه‌ای	سبز	سبز	سیاه	قهوه‌ای
$C_4$	نارنجی	نارنجی	سبز	سیاه	آبی

$$C_1 = 22 \cdot nF / 250 \cdot V \pm \%20$$

$$C_2 = 4 / 7 nF / 400 \cdot V \pm \%10$$

$$C_3 = 1 / 5 \mu F / 100 \cdot V \pm \%20$$

$$C_4 = 3 / 3 \mu F / 630 \cdot V \pm \%20$$



شکل ۸-۵۲

مثال: مشخصات خازن‌های شکل ۸-۵۲ را به دست

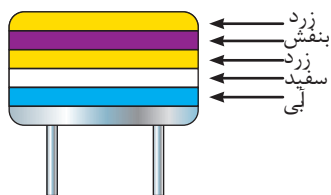
آورید.

حل:

قرمز سیاه نارنجی سیاه قهوه‌ای

$$1 \ 0 \ 000 \pm \%20 \ 250$$

$$C = 10000_{pf} \pm \%20, 250_v$$



شکل ۸-۵۳

مثال: ظرفیت و ولتاژ کار خازن شکل ۸-۵۳ را به دست

آورید.

حل:

آبی سفید زرد بنفش زرد

جدول ۸-۵

رنگ	ضریب حرارتی
Black سیاه	۰
Brown قهوه‌ای	-۳۰
Red قرمز	-۸۰
Orange نارنجی	-۱۵۰
Yellow زرد	-۲۲۰
Green سبز	-۳۳۰
Blue آبی	-۴۷۰
Violet بنفش	-۷۵۰
Gray خاکستری	+۳۰
White سفید	+۱۲۰
Gold طلایی	---
Silver نقره‌ای	---

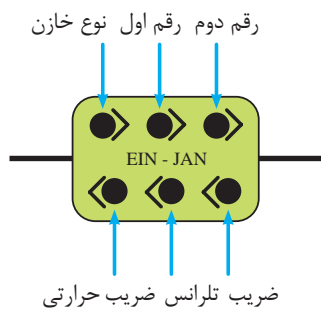
نوار رنگی مربوط به ضریب حرارتی معمولاً پهن‌تر از

سایر نوارها می‌باشد. جدول ۸-۵ مفهوم رنگ‌های ضریب

حرارتی را نشان می‌دهد.

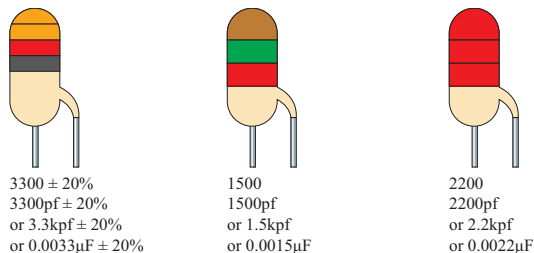
$$4 \ 7 \ 0000 \pm \%10, 630_v$$

$$C = 470000_{pf} \pm \%10, 630_v$$

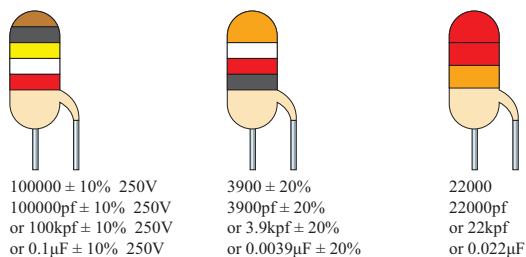


شکل ۸-۵۴

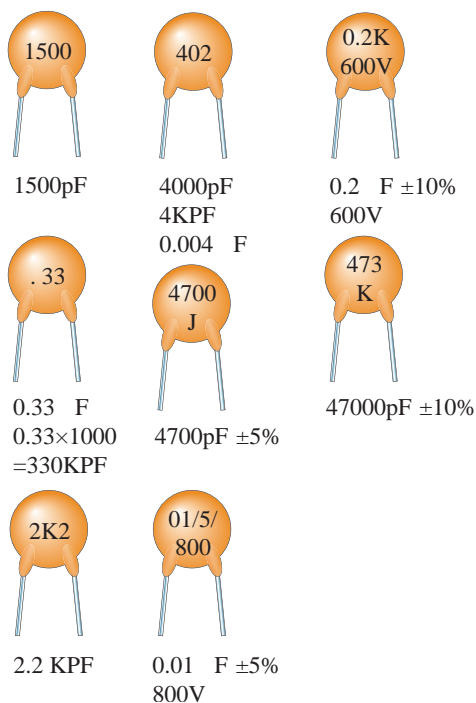
- روش های شش نقطه ای: شکل ۸-۵۴ نحوه کدگذاری رنگی خازن های شش رنگ را نشان می دهد. مقادیر کدهای رنگی را از جدول ۸-۵ و شکل ۸-۵۵ می توان به دست آورد.



شکل ۸-۵۵ مثال هایی از خازن هایی که تعداد نوارهای رنگی آن ها پنج یا کمتر است، نشان می دهد.



شکل ۸-۵۵



شکل ۸-۵۶ مثال هایی از خازن های مشخص شده به روش کدگذاری را نشان می دهد.

**توضیح**

برای بیان واحد ظرفیت خازن های نشان داده شده در شکل های ۸-۵۶ و ۸-۵۵ از حروف اختصاری استفاده شده که به شرط زیر می باشد.

pf (پیکو فاراد)، Kpf (کیلو پیکوفاراد یا نانو فاراد) µf (میکرو فاراد)

## ۱۱-۸- به هم بستن خازن ها

اگر ظرفیت خازنی مورد نیاز باشد که در محدوده ظرفیت های استاندارد نباشد، می توان با متصل کردن چند خازن به صورت سری، موازی یا ترکیبی، خازن مورد نظر را به دست آورد.

### ۱-۱۱-۸- اتصال سری خازن ها:

هرگاه دو یا  $n$  خازن به صورت متوالی اتصال یابند یعنی انتهای اولی به ابتدای دومی و انتهای دومی به ابتدای سوم و این کار تا آخرین خازن ادامه داشته باشد. این نوع اتصال را «سری» گویند. (شکل ۸-۵۷) (مانند اتصال سری مقاومت ها) روابط حاکم بر این مدارها به صورت زیر است:

#### - عامل مشترک مدار:

چون یک مسیر عبور جریان وجود دارد لذا جریان عبوری یا به عبارت دیگر بار الکتریکی ذخیره شده  $Q$  در همه خازن ها یکسان است. (شکل ۸-۵۸)

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

#### - عامل غیرمشترک مدار:

در یک مدار سری خازنی مشابه مدار سری مقاومتی ولتاژ بین اجزای مدار تقسیم می شود.

ولتاژ کل مدار بین عناصر مدار به نسبت عکس ظرفیت تقسیم و ولتاژ بین خازن های تقسیم می شود. (شکل ۸-۵۹)

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

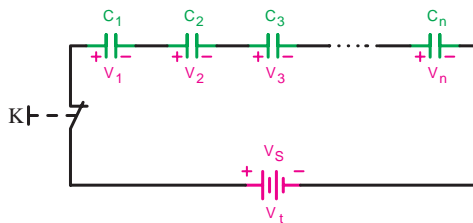
$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

### - ظرفیت خازن معادل مدار:

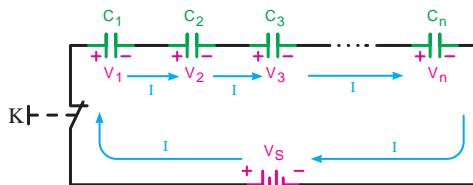
با استفاده از رابطه  $V = \frac{Q}{C}$  و در نظر گرفتن رابطه تقسیم ولتاژ بین خازن های سری می توانیم بنویسیم (شکل ۸-۶۰)

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

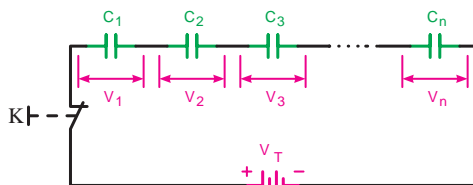
$$\frac{Q_T}{C_T} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3} + \dots + \frac{Q_n}{C_n}$$



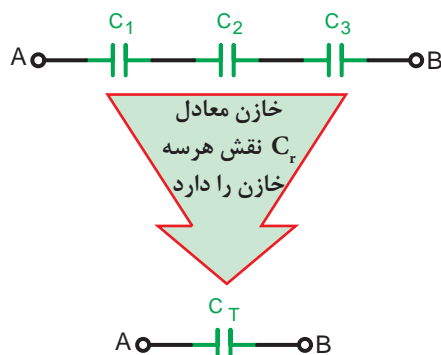
شکل ۸-۵۷



شکل ۸-۵۸



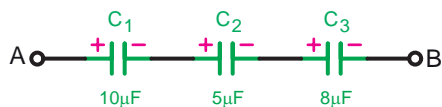
شکل ۸-۵۹



شکل ۸-۶۰

## نکته مهم:

مقدار ظرفیت خازن معادل از کوچک‌ترین ظرفیت خازن در مدار کوچکتر است.



شکل ۶۱-۸

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

با معکوس کردن رابطه و جایگزینی اعداد،

مقدار ظرفیت معادل به دست می‌آید.

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{5} + \frac{1}{8}}$$

$$C_T = \frac{1}{0.425} = 2.35 \mu F$$



$$(C_1 = C_2 = C_3 = \dots = C_n)$$

شکل ۶۲-۸

چون در مدار سری  $Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$  است میتوان از Q فاکتور گرفت و آن را از طرفین تساوی حذف کرد. بنابراین رابطه ظرفیت خازن معادل براساس رابطه مقابل برابر است با:

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

همانگونه از رابطه نهایی مشخص است ظرفیت خازن معادل در مدارهای سری عکس رابطه مربوط به مقاومت‌های سری است.


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

۶۱-۸ چند میکروفاراد است؟

حل: برای محاسبه خازن معادل به صورت مقابل می‌توان

عمل نمود:


- حالات خاص در مدارهای سری خازنی:

اگر n خازن مساوی به طور سری قرار گیرند  ظرفیت خازن از رابطه زیر قابل محاسبه است.

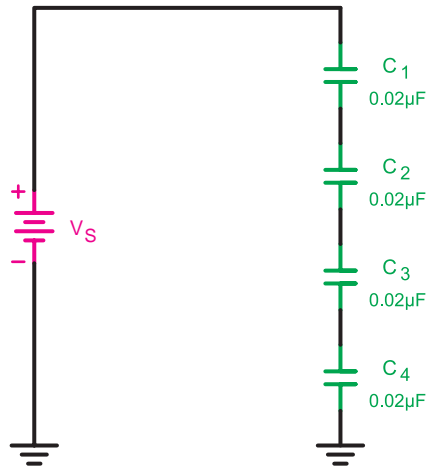
$$C_T = \frac{C}{n}$$

c- ظرفیت یک خازن

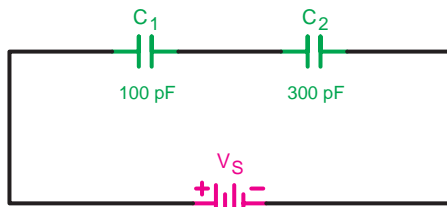
n- تعداد خازن‌ها

اگر دو خازن به طور سری بسته شوند می‌توانیم از رابطه ساده شده نهایی به صورت زیر استفاده کنیم: 

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



شکل ۸-۶۳



شکل ۸-۶۴

مثال: ظرفیت خازن معادل شکل ۸-۶۳ چند میکروفاراد

است؟

حل: ظرفیت خازن ها مساوی است.

$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C = .02$$

پس می توانیم بنویسیم.

$$C_T = \frac{C}{n} = \frac{.02 \mu f}{4} = .005 \mu f$$

مثال: ظرفیت خازن معادل شکل ۸-۶۴ چند پیکوفاراد

است؟

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

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

$$C_T = \frac{300}{4} = 75 \text{ pf}$$

یا با استفاده از رابطه ساده زیر می توانیم بنویسیم:

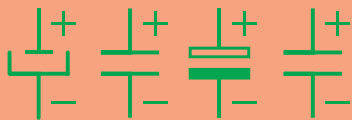
$$C_T = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{100 \times 300}{100 + 300}$$

$$C_T = \frac{30000}{400} = 75 \text{ pF}$$

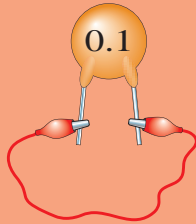
## نکات ایمنی



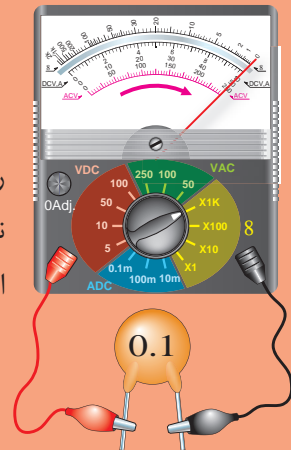
- ۱- ضروری است در آزمایش های مربوط به خازن علاوه بر نکات ایمنی کارهای عملی قبل به دو نکته زیر نیز توجه شود.
- ۲- در صورت به کارگیری خازن های الکترولیتی در موقع اتصال آن ها به قطب های خازن توجه کنید. ضمناً این خازن ها را پیش از اتصال در مدار ابتدا مطابق شکل a دشارژ (تخلیه) کنید.
- ۳- قبل از انجام آزمایش های مربوط به خازن ها مطابق تصاویر نشان داده شده از سالم بودن آن ها اطمینان حاصل کنید و سپس آن ها را در مدار قرار دهید. (شکل های الف، ب، ج، د)



الف - دو پایه خازن را با سیمی به هم وصل کنید تا اتصال کوتاه شده و خازن دشارژ شود (روش تخلیه خازن)



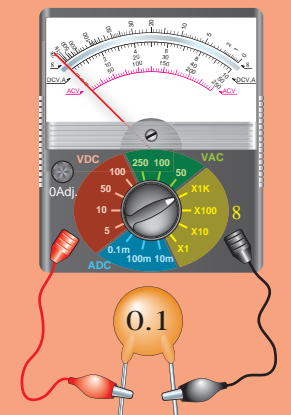
ب - اگر عقربه اهم متر روی عدد صفر قرار گرفت نشان می دهد، خازن اتصال کوتاه است.



ج - اگر عقربه اهم متر در ابتدا روی صفر قرار گرفت و سپس به آهستگی بازگشت نشان می دهد خازن سالم است.



د - اگر عقربه اهم متر حرکتی نداشته باشد نشان می دهد که خازن قطع بوده و اشکال دارد.



### نکته مهم:

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



## عملیات کارگاهی (کار عملی ۷)



ساعت آموزشی		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

**هدف:** بررسی مدارهای مقاومتی موازی در جریان مستقیم

**وسایل و تجهیزات مورد نیاز** (برای هر گروه کار)

۱- منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱ دستگاه
۲- آوومتر عقربه‌ای	۱ دستگاه
۳- آوومتر دیجیتالی	۱ دستگاه
۴- بردبرد آزمایشگاهی	۱ عدد
۵- LC متر	۱ عدد
۶- مقاومت $R = 1M\Omega (1W)$	۱ عدد
۷- خازن‌ها	
$C_1 = 2/2\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۱ عدد
$C_2 = 10\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۳ عدد
$C_3 = 4/7\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۱ عدد
۸- باتری ۱/۵ ولتی	۴ عدد
۹- سیم چین	۱ عدد
۱۰- سیم لخت کن	۱ عدد
۱۱- سیم تلفنی	۰/۵ متر

**تذکر:** در صورت کم بودن زمان اجرای آزمایش و یا تجهیزات آزمایشگاهی از انجام مراحل

که با علامت (\*) مشخص شده‌اند خودداری کنید.



برای اندازه‌گیری ولتاژ و جریان عناصر مدار می‌توانید از یک آوومتر دیجیتالی یکبار به صورت ولت متری و بار دیگر به صورت آمپرمتری به طور جداگانه استفاده کنید.



**توجه**



## الف اندازه‌گیری و محاسبه ظرفیت خازن معادل

### مراحل اجرای آزمایش

جدول ۸-۶

میزان اختلاف	مقدار اندازه‌گیری شده	مقدار نوشته شده	خازن
			$C_1$
			$C_2$
			$C_3$

۱- هر یک از خازن‌های  $C_1$  و  $C_2$  و  $C_3$  را با توجه به مقادیری که روی آن‌ها نوشته شده با LC متر اندازه‌گیری کنید و مقادیر را در جدول ۸-۶ بنویسید.

۲- در صورتی که بین مقدار اندازه‌گیری شده و مقدار نوشته شده اختلاف وجود دارد علت را توضیح دهید.

۳- سه خازن  $C_1$  و  $C_2$  و  $C_3$  را مطابق شکل ۸-۶۵ روی بردبرد به صورت سری اتصال دهید و با استفاده از یک دستگاه LC متر ظرفیت خازن معادل مدار را از دو نقطه A و B اندازه بگیرید.

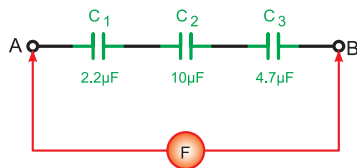
۴- مقدار ظرفیت معادل را از رابطه زیر محاسبه کنید

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

۵- آیا مقدار اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با هم مطابقت دارد؟ چرا؟ شرح دهید.

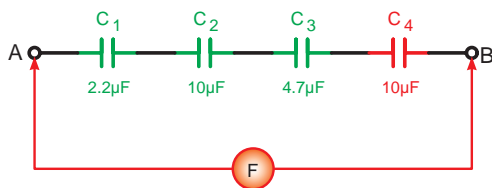


الف- شکل واقعی



ب- شکل مداری

شکل ۸-۶۵



شکل ۸-۶۶

۶- خازن  $C_4 = 10\mu f$  را مطابق شکل ۸-۶۶ به مدار شکل ۸-۶۵ اضافه کنید و سپس ظرفیت خازن معادل را با استفاده از LC متر اندازه بگیرید.

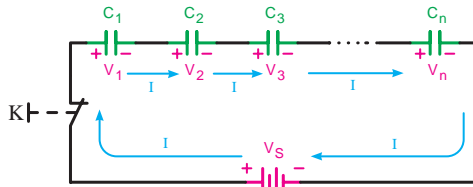
۷- مقدار ظرفیت معادل را از رابطه زیر محاسبه کنید

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

۸- ظرفیت خازن معادل نسبت به مرحله ۳ چه تغییری دارد؟ توضیح دهید.

۹- مقدار ظرفیت معادل را از رابطه زیر محاسبه کنید

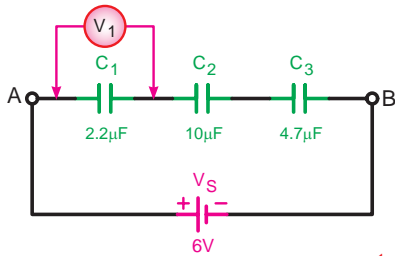
$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}$$



شکل ۶۷-۸



الف-شکل واقعی



ب-شکل مداری

شکل ۶۸-۸

۹- آیا ظرفیت خازن معادل اندازه گیری شده و محاسبه شده با هم مطابقت دارد؟ در صورتی که جواب منفی است علت را شرح دهید.

۱۰- سه خازن  $10\ \mu\text{f}$  را مطابق شکل ۶۷-۸ به صورت سری اتصال دهید و ظرفیت خازن معادل را با LC متر اندازه گیری کنید.

$$C_{AB} = \boxed{\phantom{000}}\ \mu\text{f}$$

$$C_{AB} = \boxed{\phantom{000}}\ \mu\text{f}$$

۱۱- مقدار ظرفیت معادل را از رابطه  $C_T = \frac{C}{n}$  محاسبه کنید.

۱۲- از مقادیر به دست آمده چه نتیجه ای می گیرید؟ آیا مقادیر اندازه گیری شده با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟ شرح دهید.

## ب محاسبه و اندازه گیری ولتاژ خازن

۱- مدار شکل ۶۸-۸ را روی برد ببندید.

تذکر: از ولت متر عقربه ای یا دیجیتالی با حوزه کار حداقل ۵ ولت استفاده کنید.

۲- کلید منبع تغذیه را وصل کرده و پس از سپری شدن مدت زمان ده ثانیه ولتاژ دو سر خازن  $C_1$  را اندازه بگیرید.

$$V_{C_1} = \boxed{\phantom{000}}$$

۳- منبع تغذیه را خاموش کنید و سپس ولت متر را یکبار در دو سر خازن  $C_2$  و بار دیگر در دو سر خازن  $C_3$  اتصال دهید. سپس با وصل منبع تغذیه ولتاژ دو سر هر یک را مشابه مرحله ۲ اندازه گیری کنید.

$$V_{C_2} = \boxed{\phantom{000}}$$

$$V_{C_3} = \boxed{\phantom{000}}$$

۴- از مقایسه مقادیر به دست آمده با ولتاژ منبع تغذیه چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

پاسخ سؤال



## پاسخ سؤال



۵- مقدار ولتاژ دو سر هر یک از خازن ها را با کمک روابط  $Q_T = C_T \cdot V_T$   $V = \frac{Q_T}{C}$  محاسبه کنید.

۶- آیا مقادیر محاسبه شده با مقادیر اندازه گیری شده مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۷- سه خازن  $10 \mu F$  را مطابق شکل ۸-۶۹ بصورت سری اتصال دهید و ولتاژ دو سر هر یک را به طور جداگانه اندازه بگیرید.

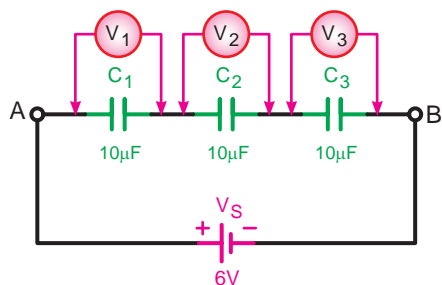
$$V_{C_1} = \boxed{\phantom{000}}$$

$$V_{C_2} = \boxed{\phantom{000}}$$

$$V_{C_3} = \boxed{\phantom{000}}$$

۸- از مقادیر اندازه گیری شده چه نتیجه ای می گیرید؟

شرح دهید.

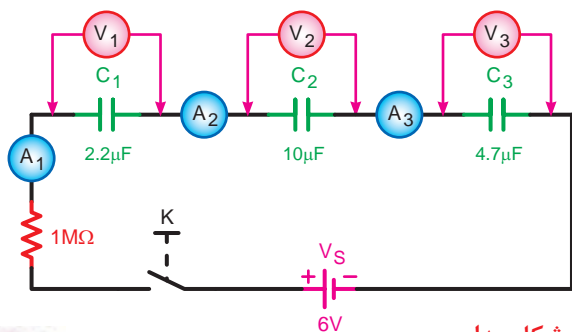


شکل ۶۹-۸

## پ مدارهای dc خازنی مشاهده و اندازه گیری جریان در



الف - شکل واقعی



ب - شکل مداری

شکل ۷۰-۸

### تذکر مهم:

چون با وصل مستقیم ولتاژ به دو صفحه خازن صفحات آن یک مرتبه پر (شارژ) می شود و قابل مشاهده نیست لذا یک مقاومت اهمی که در حد مگا اهم باشد به صورت سری در مدار خازنی استفاده می کنیم تا بتوان جریان و ولتاژ را مشاهده و یادداشت کرد.



۱- در ابتدا همه خازن ها را به کمک یک قطعه سیم شارژ کنید.

۲- مدار شکل ۷۰-۸ را روی بردبرد ببندید.

		۶	۱۲	۱۸	۲۴	۳۰	۳۶	۴۲
		ثانیه	ثانیه	ثانیه	ثانیه	ثانیه	ثانیه	ثانیه
وصل کلید K	$V_1$							
	$A_1$							
وصل کلید K	$V_2$							
	$A_2$							
وصل کلید K	$V_3$							
	$A_3$							
وصل کلید K								

۳- پس از وصل کلید منبع تغذیه صفحه نمایش آمپرمترها و ولت مترهای دیجیتالی را مشاهده کنید و ولتاژ دو سر هر خازن و جریان عبوری از مدار را پس از گذشت هر ۵ ثانیه اندازه بگیرید و یادداشت کنید. این کار را تا ثانیه ۴۲ برای هر خازن بطور جداگانه ادامه دهید.

### نکته مهم:

توصیه می شود این آزمایش را در دو مرحله انجام دهید یک بار برای خواندن مقادیر جریان ها و بار دیگر برای خواندن ولتاژها



۴- در صورتی که موفق به انجام آزمایش به صورت کامل نشدید لازم است خازن ها را از مدار جدا و آن ها را دشارژ کنید. سپس مجدداً مدار را اتصال دهید و مراحل آزمایش را از ابتدا تکرار کنید.

### پاسخ سؤال های



۵-

۵- از مقایسه جریان آمپرمترها در لحظات مختلف چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۶-

۶- تغییرات جریان در آمپرمترها در ابتدا و انتهای آزمایش چگونه است؟ چرا؟ شرح دهید.

۷-

۷- تغییرات ولتاژ در ولت مترها در طول انجام آزمایش چگونه بوده است؟ چرا؟ شرح دهید.

۸-

۸- از مقایسه مقادیر ولتاژها در حالت پایدار مدار چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۹-

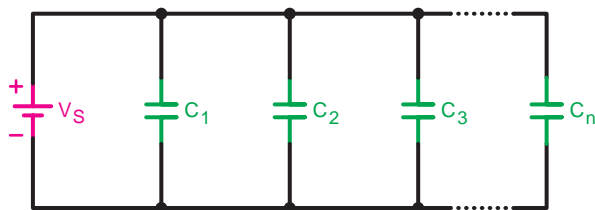
۹- آیا مقادیر اندازه گیری شده با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟

۱۰-

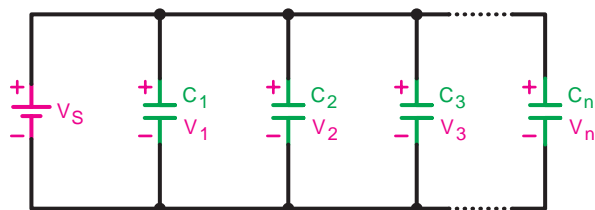
۱۰- با توجه به مقادیر ولتاژ و جریان اندازه گیری شده آیا می توانید منحنی شارژ خازن را رسم کنید؟ شرح دهید؟

## ۸-۱۱-۲- اتصال موازی خازن ها

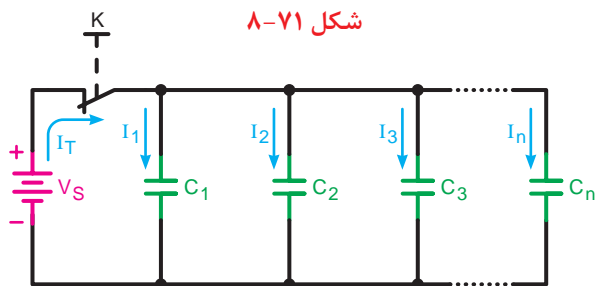
هرگاه دو یا  $n$  خازن مطابق شکل ۸-۷۰ به یکدیگر وصل شوند. این اتصال را «موازی» می گویند. اتصال موازی خازن ها مشابه مقاومت ها است.



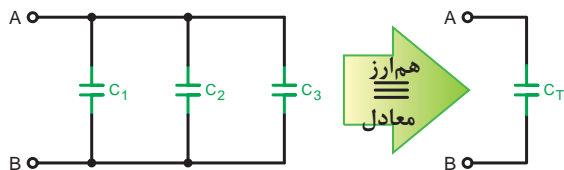
شکل ۸-۷۰



شکل ۸-۷۱



شکل ۸-۷۲



شکل ۸-۷۳

## - عامل مشترک مدار

همان گونه که در مدارهای مقاومتی موازی بیان شد و در شکل ۸-۷۱ نیز مشاهده می شود، ولتاژ برای تمام عناصر در مدارهای موازی یکسان است پس برای مدارهای خازنی موازی نیز می توانیم بنویسیم:

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

## - عامل غیرمشترک مدار

در مدار موازی شکل ۸-۷۲ جریان یا به عبارت دیگر بار الکتریکی  $Q$  به نسبت ظرفیت خازن ها در بین شاخه ها تقسیم می شود. بنابراین می توانیم بنویسیم:

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

## - ظرفیت خازن معادل مدار

خازنی را که میتواند جایگزین تمام خازن های موجود در مدار باشد، خازن معادل می گویند. شکل ۸-۷۳ و مقدار ظرفیت خازن معادل از روابط زیر قابل محاسبه است:

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

مقدار بار هر خازن  $Q = C.V$  در رابطه فوق قرار می دهیم.

$$C_T V_T = C_1 V_1 + C_2 V_2 + C_3 V_3 + \dots + C_n V_n$$

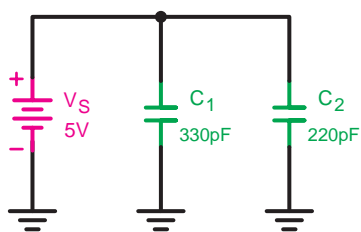
چون:  $V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$

از ولتاژها می توانیم فاکتور بگیریم و رابطه را ساده کنیم.

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

رابطه نهایی ظرفیت خازن معادل در مدارهای موازی

عکس مقاومت های موازی است.



شکل ۸-۷۴

**تذکر مهم:**

مقدار ظرفیت خازن معادل از ظرفیت هر یک از خازن های موجود در مدار بیشتر است.



مثال: ظرفیت خازن معادل شکل ۸-۷۴ چند پیکو فاراد

است؟

حل:

$$V_s = V_1 = V_2 = 5V$$

$$C_T = C_1 + C_2 = 330 \cdot pf + 220 \cdot pf = 550 \cdot pf$$

- حالت خاص:

هرگاه (n) خازن مساوی به صورت موازی اتصال یابند

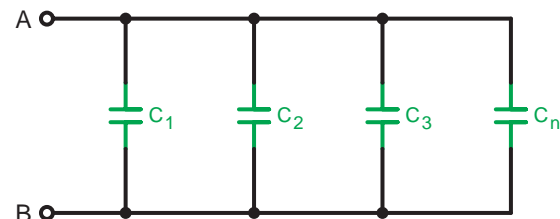
شکل ۸-۷۵ ظرفیت خازن معادل از رابطه زیر به دست

می آید.

C - ظرفیت هر خازن

n - تعداد خازن ها

$$C_T = n.C$$



$$(C_1 = C_2 = C_3 = \dots = C_n)$$

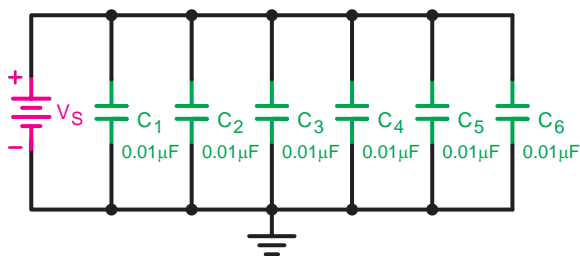
شکل ۸-۷۵

مثال: ظرفیت خازن معادل شکل ۸-۷۶ چند میکرو فاراد

استر؟

حل: چون خازن ها مساوی هستند. پس:

$$C_T = n.C = (6)(0.01 \mu f) = 0.06 \mu f$$



شکل ۸-۷۶

## عملیات کارگاهی (کار عملی ۸)



ساعت آموزشی		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

**هدف:** بررسی مدارهای مقاومتی موازی در جریان مستقیم

**وسایل و تجهیزات مورد نیاز** (برای هر گروه کار)

۱- منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱ دستگاه
۲- آوومتر عقربه‌ای	۱ دستگاه
۳- آوومتر دیجیتالی	۱ دستگاه
۴- بردبرد آزمایشگاهی	۱ عدد
۵- LC متر	۱ عدد
۶- مقاومت $R = 1M\Omega (1W)$	۱ عدد
۷- خازن‌ها	
$C_1 = 2/2\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۱ عدد
$C_2 = 10\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۳ عدد
$C_3 = 4/7\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۱ عدد
۸- باتری ۱/۵ ولتی	۴ عدد
۹- سیم چین	۱ عدد
۱۰- سیم لخت کن	۱ عدد
۱۱- سیم تلفنی	۰/۵ متر

**تذکر:** در صورت کم بودن زمان اجرای آزمایش و یا تجهیزات آزمایشگاهی از انجام مراحل که با علامت (\*) مشخص شده اند خودداری کنید.



برای اندازه‌گیری ولتاژ و جریان عناصر مدار می‌توانید از یک آوومتر دیجیتالی یکبار به صورت

ولت متری و بار دیگر به صورت آمپرمتری به طور جداگانه استفاده کنید.



**توجه**

## الف اندازه گیری و محاسبه ظرفیت خازن معادل

### مراحل اجرای آزمایش

جدول ۸-۸

میزان اختلاف	مقدار اندازه گیری شده	مقدار نوشته شده	خازن

۱- هر یک از خازن های  $C_1$  تا  $C_4$  را با توجه به مقادیری که روی آن ها نوشته شده با LC متر اندازه گیری نموده و مقادیر را در جدول ۸-۸ یادداشت کنید.

۲- در صورتی که بین مقدار اندازه گیری شده و مقدار نوشته شده اختلاف وجود دارد علت را توضیح دهید.

۳- سه خازن  $C_1$  و  $C_2$  و  $C_3$  را مطابق شکل ۸-۷۷ روی بردبرد به صورت موازی اتصال دهید و با استفاده از یک دستگاه LC متر ظرفیت خازن معادل مدار را از دو نقطه A و B اندازه بگیرید.

$$C_{AB} = \boxed{\phantom{000}} \mu f \text{ (اندازه گیری)}$$

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

$$C_{AB} = \boxed{\phantom{000}} \mu f \text{ (محاسبه)}$$

۵- آیا مقدار اندازه گیری شده و محاسبه شده با هم مطابقت دارد؟ چرا؟ شرح دهید.

۶- خازن  $C_4 = 10 \mu f$  را مطابق شکل ۸-۷۸ به مدار اضافه کنید و سپس ظرفیت خازن معادل را با استفاده از متراندازه بگیرید.

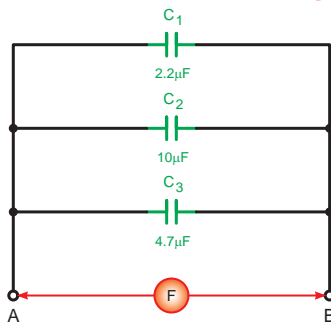
$$C_{AB} = \boxed{\phantom{000}} \mu f \text{ (اندازه گیری)}$$

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

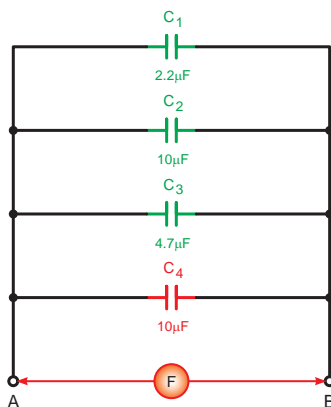
$$C_{AB} = \boxed{\phantom{000}} \mu f \text{ (محاسبه)}$$



الف- شکل واقعی



شکل ۸-۷۷



شکل ۸-۷۸