واحد کار مبانی الکتریسیته

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:

۱ـ مغناطیس، میدان مغناطیسی، فلوی مغناطیسی، چگالی میدان مغناطیسی و خاصیت الکترومغناطیسی را تعریف کند.

۲ـ نحوه تشخیص قطب های N و S یک آهنربا را شرح دهد.

۳ـ علت به وجود آمدن خاصیت مغناطیسی در مدار را توضیح دهد.

۴ـ قانون دست راست برای یک سیم حامل جریان و یک سیم پیچ را توضیح دهد.

۵ـ اثر میدن های مغناطیسی و میدان های مغناطیسی دو سیم حامل جریان بر یکدیگر را توضیح دهد.

۶ـ نیروی محرکه مغناطیسی، شدت میدان مغناطیسی، ضریب نفوذ مغناطیسی، مقاومت مغناطیسی را با ذکر رابطه آنها توضیح دهد.

۷ـ مسائل مربوط به محاسبه کمیت های مدار مغناطیسی را حل کند.

ساعت

نظری	عملی	جمع
۴	-	۴

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

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

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

ج ـ ذرات مغناطیسی موجود در آهن تنظیم می شود.

د ـ ساختمان مولکولی آنرا بر هم می زند.

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

الف ـ آهن، آلومینیوم، برنج

ب ـ فولاد، کبالت، مس

ج ـ فولاد، مس، نیکل

د ـ نیکل، کبالت، آهن

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

الف ـ با کمک حس لامسه

ب ـ براده های آهن

ج ـ از طریق مشاهده

د ـ خاک اره

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

الف ـ ضربه زدن

ب ـ حرارت دادن

ج ـ اتصال به جریان متناوب

د ـ باردار کردن

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

الف ـ EMF

ب ـ E

ج ـ MMF

د ـ F

۶ـ اساس کار قطب نما چیست؟

الف ـ جذب و دفع میدان های الکترو استاتیکی

ب ـ جذب و دفع میدان های مغناطیسی

ج ـ جذب و دفع نیروی جاذبه زمین

د ـ جذب و دفع بار یون ها بر هم

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

الف ـ باردار کردن ذرات آهن

ب ـ فشرده کردن حجم آهن آلات

ج ـ استفاده از آهنربای مغناطیسی

د ـ ایجاد میدان های الکترواستاتیکی اطراف آهن

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

الف ـ N

ب ـ N-S

ج ـ S

د ـ هیچ کدام

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

الف ـ بله

ب ـ خیر

ج ـ در برخی موارد

د ـ با توجه به سطح مقطع پاسخ مثبت است.

۱۰ـ اگر یک آهنربای تخت را از وسط نصف کنیم چه اتفاقی می‌افتد؟۳

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

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

۱۱ـ 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 ـ ٪۶۰　　ب ـ ٪۷۰　　ج ـ ٪۸۴　　د ـ ٪۹۵

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

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

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

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

۱۴ـ بر اثر عبور ماکزیمم جریان از یک مقاومت ۱۰ Ω با توان $\frac{۱}{۲}$w در مدت زمان ۱ دقیقه چند کالری گرما در اطراف آن به وجود می آید؟

الف ـ ۶/۴　　ب ـ ۵　　ج ـ ۷/۲　　د ـ ۱۴/۴

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

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

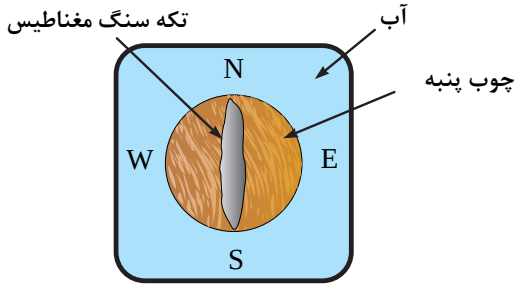
۱ـ۷ـ مغناطیس چیست؟

تقریباً از شش قرن پیش از میلاد مسیح یونانیان می دانستند یک نوع سنگ طبیعی وجود دارد تکه های کوچکی را می رباید. (شکل ۱ـ۷)

شکل ۱ـ۷ـ سنگ مغناطیس طبیعی

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 سادهای ساختند.

چون اولین بار این سنگ در منطقه ای به نام ماگنزیا[1] در آسیای صغیر پیدا شد، آن را «ماگنتیت»[2] یا «مغناطیس» نامگذاری کرده اند. (شکل ۲ـ۷)

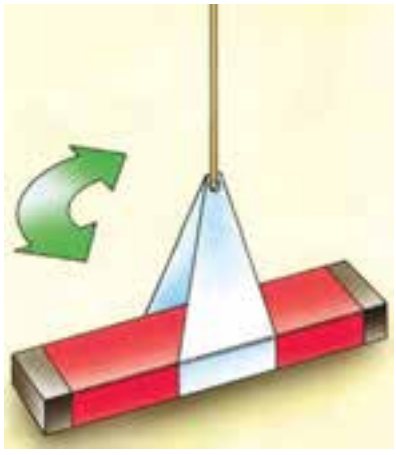


شکل ۲ـ۷ـ نحوه ساخت قطب‌نماهای اولیه

شکل ۳ـ۷ 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.

شکل ۳ـ۷ـ سنگ آهن طبیعی که براده های آهن به آن چسبیده است.

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[3] و قطبی را که به سوی جنوب می ایستد، قطب جنوب S[4] گویند. (شکل ۴ـ۷)



شکل ۴ـ۷ـ آهنربای آویخته با نخ

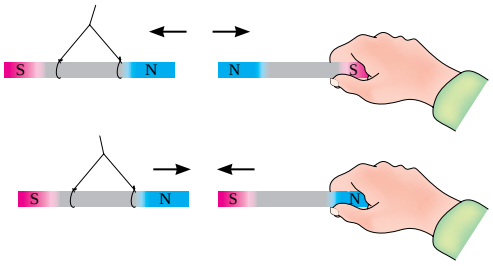
1-Magnesia

2-Magnetite

3-N-North

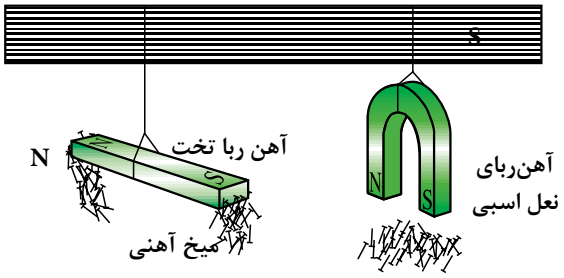
4-S-South

برای تشخیص قطب های یک آهنربا هر یک از قطب های آن را به ترتیب به قطب های مشخص یک آهنربای دیگر که آویزان است، نزدیک کنید. اگر دو قطب همدیگر را دفع کردند، «هم نام» و اگر دو قطب یکدیگر را جذب کردند، «غیرهم نام» هستند. (شکل ۵ـ۷)



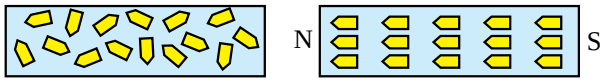
شکل ۵ـ۷ـ اثر قطب ها بر یکدیگر

سه عنصر آهن، نیکل و کبالت و بعضی از آلیاژهای آن ها که به شدت جذب آهنربا می شوند، «مواد مغناطیسی یا «فرومانیتیک»[1] می نامند. موادی مانند مس، برنج، شیشه و ... که جذب آهنربا نمی شوند مواد «غیرمغناطیسی» نام دارند. (شکل ۶ـ۷)



شکل ۶ـ۷ـ اثر قطب های آهنبا روی میخ آهنی و برنجی

مواد مغناطیسی وقتی در کنار یک آهنربا قرار می گیرند ملکول های آن ها منظم شده و خاصیت مغناطیسی پیدا می کنند. (شکل ۷ـ۷)

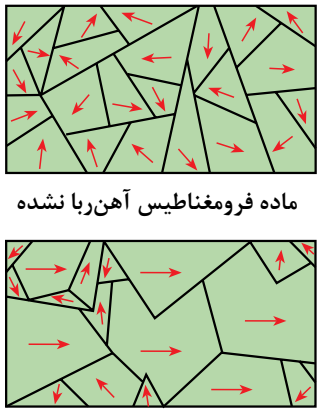


شکل ۷ـ۷ـ وضعیت ملکول های مواد مغناطیسی و غیرمغناطیسی

مواد مغناطیسی که در وسایل الکتریکی به کار می روند به دو دسته:

الف ـ نرم ب ـ سخت

تقسیم می شوند. مواد مغناطیسی نرم موادی مانند آهن هستند که خاصیت مغناطیسی ایجاد شده را خیلی زود و آسان از دست می هند. مواد مغناطیسی سخت موادی مانند فولاد هستند که خاصیت مغناطیسی تقریباً دائم پیدا می کنند و به راحتی از دست نمی دهند. هر دو دسته این مواد دارای اهمیت خاصی در صنایع هستند.



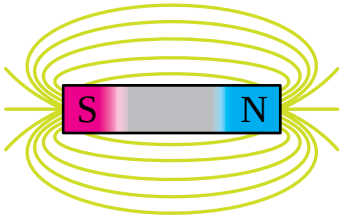
شکل ۸ـ۷ـ وضعیت ملکول های در مواد مغناطیسی مختلف

1-Ferromagnetic

۲ـ۷ـ خطوط نیروی مغناطیس 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 دیگـر اثر کند. دلیل این که یک آهنربا از فاصله های کم به آهنربای دیگر نیرو وارد می کند وجود «میدان مغناطیسی»[1] در اطراف آن اسـت. پس می توان میدان مغناطیسـی را به صورت زیر تعریف کرد:

فضایی از اطراف جسـم مغناطیسـی که می تواند روی اجسـام مغناطیسـی دیگر اثر بگذارد، «میدان مغناطیسی» می گویند. (شکل ۹ـ۷)

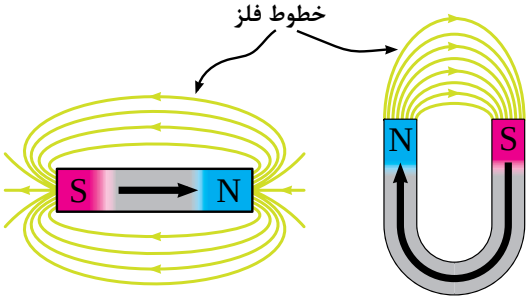


شکل ۹ـ۷ـ نیروی میدان اطراف یک جسم مغناطیسی

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

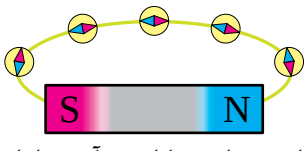
فلوی مغناطیسـی عبارت اسـت از کلیه خطوط میدان مغناطیسی که از آهنربا خارج می شود. فلوی مغناطیسی را با حرف « Φ ـ فی» نمایش می دهند و واحد آن بر حسـب «wb وبر»[2] اسـت. یک وبر برابر با 10^8 خط شار مغناطیسی می باشد. در اصطلاح به هر وبر یک ماکسول نیز می گویند.

جهت این خطوط در خارج آهنربا از قطب N به سـمت قطب S و در داخل آهنربا از قطب S به طرف قطب N است. (شکل ۱۰ـ۷)



شکل ۱۰ـ۷ـ میدان های مغناطیسی آهنرباها

اگـر یک عقربه مغناطیسـی در اختیار داشـته باشـیم بـا چرخانـدن آن در فضای اطـراف یک آهنربـا می توان قطب ها آهنربا و جهت فلوی مغناطیسـی را مشـخص کرد. (شکل ۱۱ـ۷)



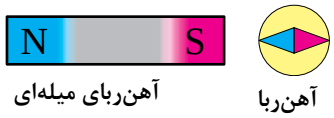
طرح میدان مغناطیسی آهن رباها

شکل ۱۱ـ۷ـ وضیت عقربه مغناطیسی در فضای اطراف آهنربا

1-Magnetic Field

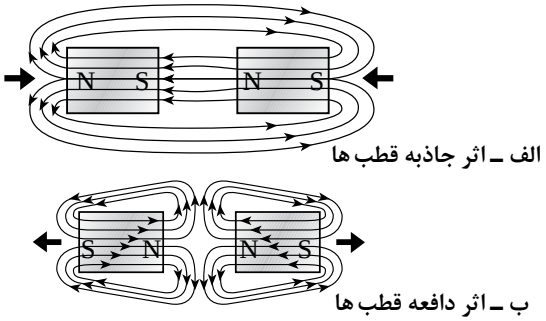
2-Wb-Weber

جهتی که عقربه مغناطیسی می‌ایستد قطب مخالف آهنربا را مشخص می‌کند زیرا قطب‌های غیرهم‌نام یکدیگر را جذب می‌کنند. (شکل ۱۲ـ۷)



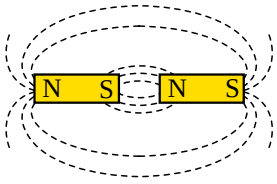
شکل ۱۲ـ۷ـ وضعیت عقربه مغناطیسی در کنار آهنربا

اثر جاذبه و دافعه میدان‌های مغناطیسی دو آهنربا را در شکل ۱۳ـ۷ مشاهده می‌کنید. در شکل الف قطب‌های غیرهم‌نام یکدیگر را جذب و در شکل ب قطب‌های هم‌نام یکدیگر را دفع نموده‌اند.



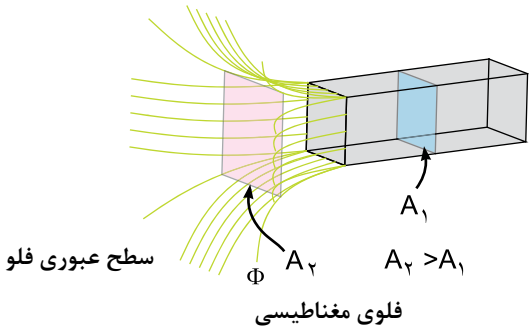
شکل ۱۳ـ۷ـ اثر قطب‌های مغناطیسی بر یکدیگر

اگر یک آهنربا از وسط نصف شود در دو لبه آن مجدداً دو قطب N و S پدید می‌آید. (شکل ۱۴ـ۷)



شکل ۱۴-۷

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 ۱۵ـ۷)



شکل ۱۵-۷

مقدار اندوکسیون مغناطیس 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:

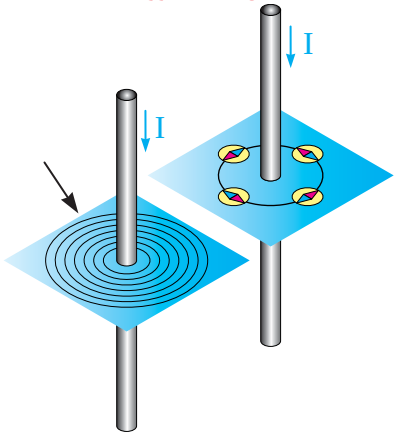
تسلا $۱۰^{-۴}$ = ۱ گوس

$$۱(G) = ۱۰^{-۴}(T)$$

۳ـ۷ـ الکترومغناطیس

در سال ۱۸۲۰ میلادی اورستد[1] (شکل ۱۶ـ۷) 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 ۱۷ـ۷)

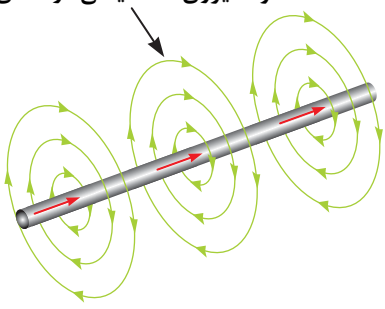
شکل ۱۶ـ۷ـ اورستد



شکل ۱۷-۷

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 ۱۸ـ۷) در اصطلاح «میدان الکترومغناطیسی» می گویند.

خطوط نیروی مغناطیسی در فضای اطراف سیم

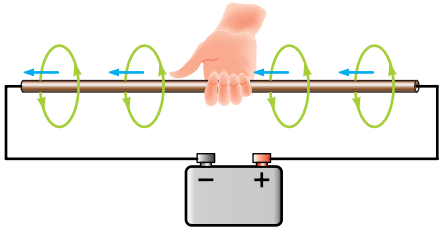


شکل ۱۸-۷

۴ـ۷ـ قانون دست راست برای یک هادی جریاندار

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

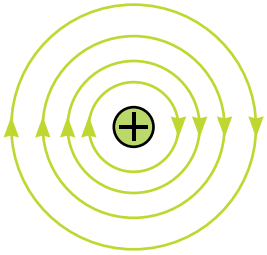
هرگاه سیم حامل جریان را طوری در دست راست بگیریم که انگشت شست جهت جریان را نشان دهد جهت بسته شدن چهار انگشت دیگر جهت میدان مغناطیسی را نشان می دهد. (شکل ۱۹ـ۷)



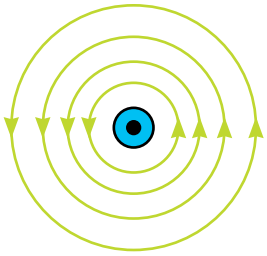
شکل ۱۹-۷

1-Hans chriestian oersted

یادآوری می شود این قانون برای جهت قراردادی جریان صادق اســت. در برخی موارد برای خلاصه نویســی وضعیت جریان و میدان مغناطیسی سیم حامل جریان رابا شکل های ۲۰ـ۷ نشان می دهند.



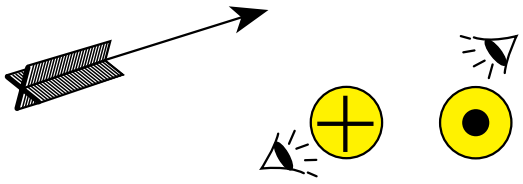
الف) جریان سیم به سمت داخل



ب) جریان سیم به سمت خارج

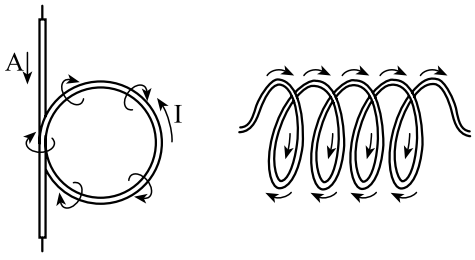
شکل ۲۰ـ۷

علامت ⊕ نشــان دهنده وارد شدن جریان به صفحه و علامت ⊙ بیان کننده خارج شــدن جریان ازصفحه است که مانند یک فلش (پیکان) است. (شکل ۲۱ـ۷)



شکل ۲۱-۷

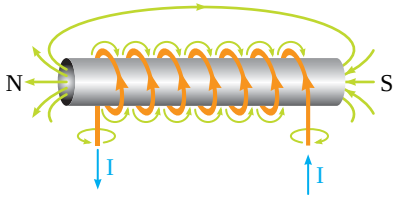
نتایــج آزمایش ها نشــان می دهد که اگر رشــته ســیم مســتقیمی را به صورت یک حلقه و یــا چند حلقه درآوریم میدان مغناطیسی اطراف هر حلقه با هم جمع می شود و تراکم میدان مغناطیسی B را افزایش می دهد. (شکل ۲۲ـ۷)



شکل ۲۲-۷

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 ۲۳ـ۷)



شکل ۲۳-۷- جهت جریان و میدان مغناطیسی

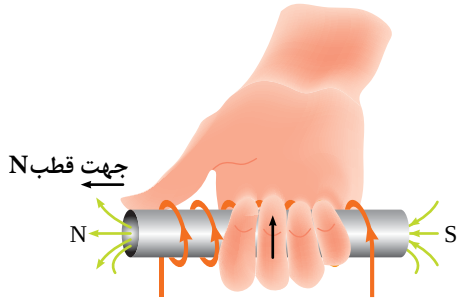
این جهت میدان با توجه به جهت قراردادی جریان تعیین می شود. برای افزایش چگالی میدان مغناطیسی علاوه بر تغییر شکل رشته سیم به سیم پیچ می توان به موارد زیر را اجرا کرد.

الف ـ افزایش تعداد دور سیم پیچ

ب ـ افزایش جریان عبوری از سیم

ج ـ استفاده از هسته آهنی در داخل سیم پیچ

د ـ کاهش فاصله بین حلقه های سیم پیچ

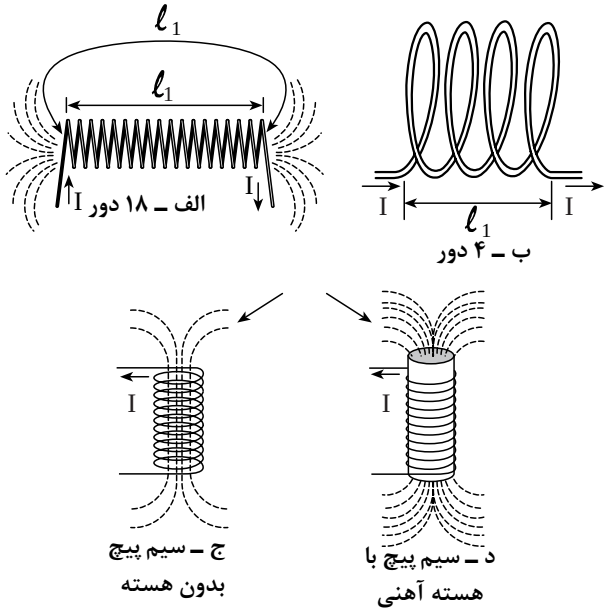


شکل ۲۴ـ۷

موارد فوق را در تصاویر شکل ۲۴ـ۷ مشاهده می کنید.

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

حال نیز با این مطلب آشنا شدیم ، الکترون که دارای بارمنفی است هرگاه در حرکت باشد(مانند حرکت وضعی)، در اطراف خود میدانی را تولید می‌کند که به آن «میدان مغناطیسی) می‌گویند. معمولاً این میدان را به صورت دوایر متحدالمرکز در دور ذره باردار(الکترون)رسم می‌کنند. (شکل‌ب-۲۵-۷)



شکل ۲۵ـ۷

در هر نقطه خطوط میدان الکتریکی و خطوط میدان مغناطیسی بر یکدیگر عمودند. (شکل ج- ۲۵-۳)

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

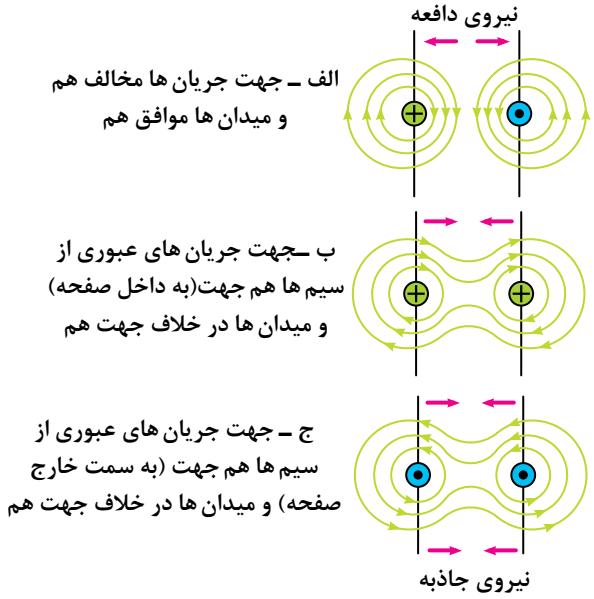
از کاربردهای میدان الکترومغناطیسی می توان آهن رباهای صنعتی را نام برد. (شکل ۲۶ـ۷)

شکل ۲۶ـ۷

۵ـ۷ـ 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 یکدیگرنیرو 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 ۲۷ـ۷ گویای این مطلب است.



شکل ۲۷ـ۷ وضعیت میدان های مغناطیسی دو سیم حامل جریان در کنار هم

۶ـ۷ـ کمیت های مغناطیسی

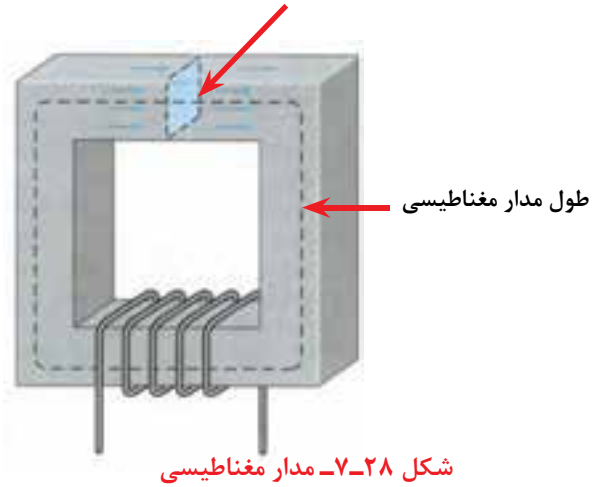
۱ـ۶ـ۷ـ نیروی محرکه مغناطیسی

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 ۲۸ـ۷)

$$Fm = \theta = N.I \quad [1]$$



شکل ۲۸ـ۷ـ مدار مغناطیسی

1- Fm = fmm-Magneto Motive Force

که در آن:

I ـ شدت جریان سیم پیچ بر حسب آمپر (I)

N ـ تعداد دور سیم پیچ

Fm ـ نیروی محرکه مغناطیسی بر حسب (A)

۲ـ۶ـ۷ـ شدت میدن 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:

$$H = \frac{Fm}{\ell} = \frac{\theta}{\ell} = \frac{N.I}{\ell}$$

که در آن:

θ ـ نیروی محرکه مغناطیسی بر حسب آمپر (A)

ℓ ـ طول متوسط مسیر مغناطیسی برحسب متر (m)

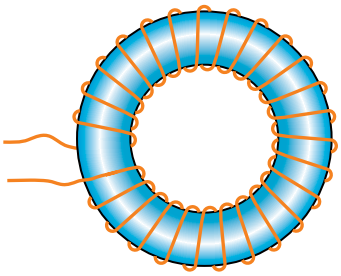
H ـ شدت میدان مغناطیسی بر حسب آمپرمتر $\left[\frac{A}{m}\right]$ است، رابطه (H) نشان می دهد هر قدر طول مسیر مغناطیسی بیشتر باشد شدت میدان مغناطیسی کم تری در هسته به وجود می آید.

به عبارت دیگر اگر تعداد دور یا جریان عبوری از سیم پیچ افزایش یابد، نیروی محرکه مغناطیسی نیز افزایش خواهد یافت. (شکل ۲۹ـ۷)

۳-۶-۷- ضریب نفوذ مغناطیسی

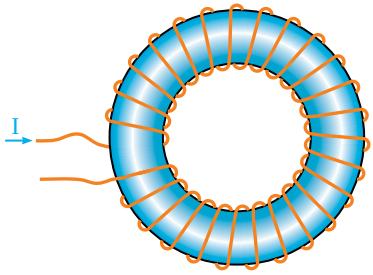
میزان نفوذپذیری مغناطیسی در اجسام مختلف با هم متفاوت است و به جنس جسم بستگی دارد. ضریب نفوذپذیری رابا (مو ـ μ) نشان می دهند و از رابطه زیر محاسبه می شود:

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

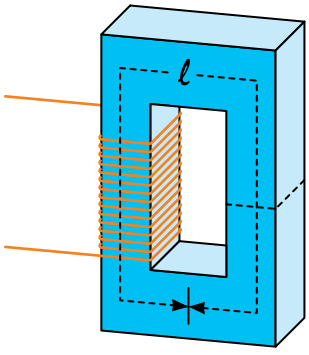


الف ـ تعداد دور کم

ب ـ تعداد دور زیاد



ج-طول مسیر مغناطیسی کم



د-طول مسیر مغناطیسی زیاد

شکل ۲۹ـ۷ـ مدارهای مغناطیسی با طول متوسط و تعداد دورهای مختلف

ضریب نفوذپذیری هوا را با (μ_0) نشان می دهند و مقدار آن برابر است با:

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$$

که در آن:

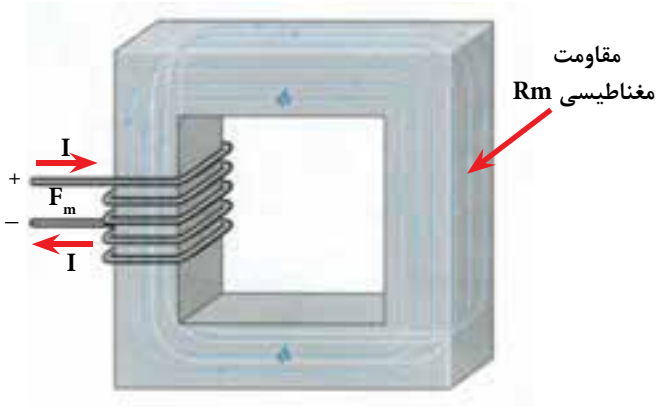
B ـ چگالی مغناطیسی بر حسب وبر (wb)

H ـ شدت میدان مغناطیسی بر حسب آمپرمتر $\left[\frac{A}{m}\right]$

μ ـ ضریب نفوذ مغناطیسی جسم برحسب وبر بر آمپرمتر $\left[\frac{wb}{A.m}\right]$ است.

۴ـ۶ـ۷ـ مقاومت مغناطیسی

مقدار مخالفتی که اجسام مغناطیسی در برابر عبور فلوی مغناطیسی از خود نشان می دهند، «مقاومت مغناطیسی» یا «رلوکتانس» گویند. (شکل ۳۰ـ۷) مقاومت مغناطیسی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود:



شکل ۳۰ـ۷

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

R_m مقاومت مغناطیسی بر حسب آمپر برابر $\left[\frac{A}{wb}\right]$ مقدار (μ) 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 (μ_r) به ضریب نفوذ مغناطیسی هوا (μ) را ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی (μ) می گویند و از رابطه مقابل محاسبه می شود.

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

بر پایه رابطه μ_r می توان نوشت:

$$\mu = \mu_r . \mu_0$$

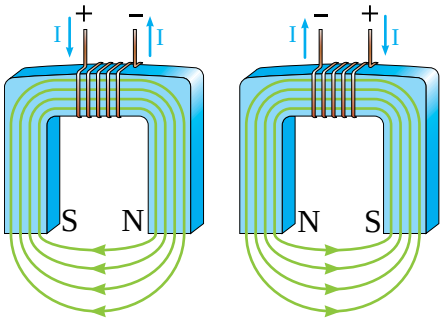
بر همین اساس رابطه رلوکتانس را چنین در نظر گرفت:

$$R_m = \frac{\ell}{\mu_r . \mu_0 A}$$

۵ـ۶ـ۷ـ مدارهای مغناطیسی:

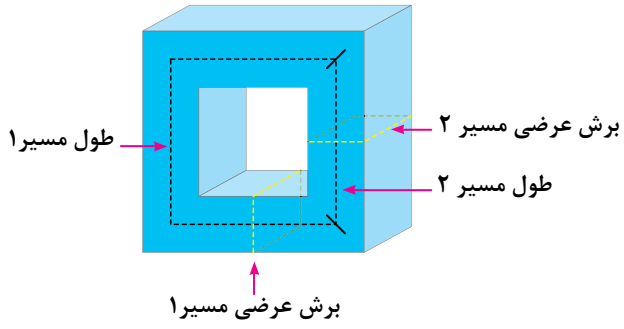
مدارهای مغناطیسی از جنس آهن نرم یا آهن سخت هستند. در صورتی که جهت جریان سیم پیچ مدارهای مغناطیسی عوض شود جهت فلوی مغناطیسی (قطب های N و S) عوض خواهد شد. (شکل ۳۱ـ۷)

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

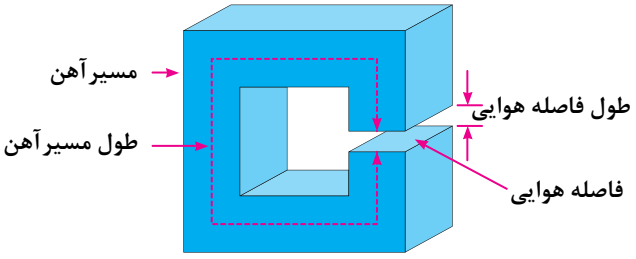


شکل ۳۱ـ۷ـ اثر تعویض جهت جریان روی جهت میدان مغناطیسی

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 ۳۲ـ۷)



الف ـ مدار مغناطیسی بدون فاصله هوایی



ب ـ مدار مغناطیسی با فاصله هوایی

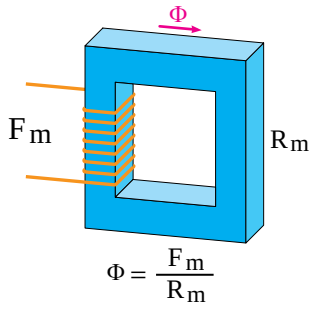
شکل ۳۲ـ۷

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

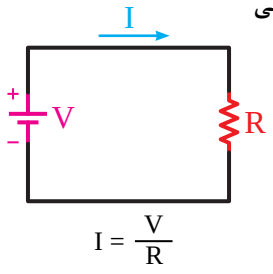
(پتانسیل الکتریکی) V	مشابه	θ یا F_m (نیروی محرکه مغناطیسی)	
(جریان الکتریکی) I	مشابه	Φ	(فلو)
(پتانسیل الکتریکی) R	مشابه	R_m	(رلوکتانس)

بر همین اســاس می توان روابط ســاده الکتریکی، مانند قانون اهم را نیز برای مدارهای مغناطیسی نوشت. به عنوان مثال برای محاســبه مقاومت مغناطیســی (شــکل ۳۳ـ۷) می توانیم رابطه دیگری را به صورت زیر بنویسیم:

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



الف-مدار مغناطیسی



ب-مدار الکتریکی

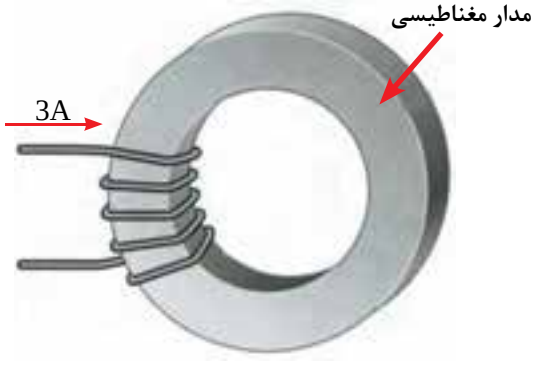
شکل ۳۳-۷

مثال: در مدار مغناطیســی شــکل (۳۴ـ۷) اگر مقاومت مدار مغناطیسی برابر $۳\times۱۰^{۳}\left(\frac{A}{Wb}\right)$ باشد فوران عبوری از هسته چقدر است؟

حل:

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

$$\Phi = \frac{۵\times۳}{۳۰\times۱۰^{۳}} = \frac{۱۵}{۳۰\times۱۰^{۳}} = ./۵\times۱۰^{-۳}\,wb = ./۵mwb$$



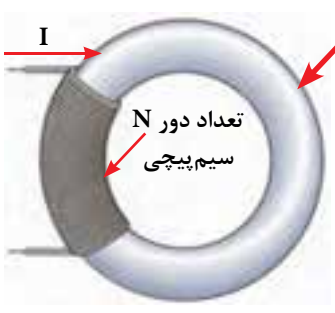
شکل ۳۴ـ۷ـ مدار مغناطیسی
به صورت حلقه با تعداد دور کم

مثــال: بــا توجه به مشــخصات (شــکل ۳۵ـ۷) مطلوب است:

الف ـ شدت میدان مغناطیسی

ب ـ فوران جاری در هسته

حل:



شکل ۳۵ـ۷

تعداد دور $N=۳۰۰۰$

جریان عبوری $I=۰/۱\ A$

طول مدار مغناطیسی $l=۱۵\ cm$

چگالی لازم در هسته $۰/۵\frac{wb}{m^{۲}}$

سطح مقطع هسته $A = ۴m^{۲}$

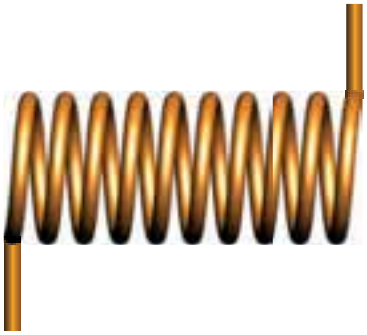
$$H = \frac{N.I}{\ell} = \frac{۳۰۰۰\times./۱}{۱۵\times۱۰^{-۲}} = ۲۰۰۰\frac{A}{m}$$

$$B = \frac{\Phi}{A} \Rightarrow \Phi = BA = ./۵\times۴\times۱۰^{-۴}$$

$$\Phi = ۲\times۱۰^{-۴}\,wb = ./۲mwb$$

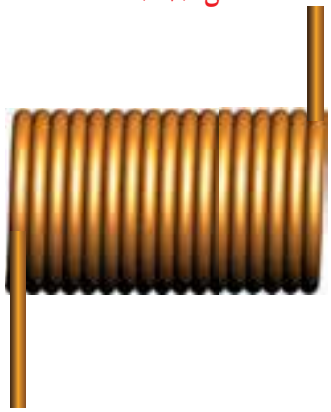
۷ـ۷ سلف (اندوکتانس –L)

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

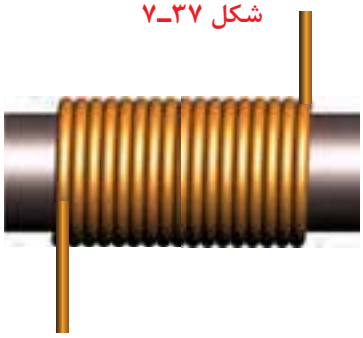


شکل ۳۶ـ۷

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 (۳۷-۷) و (۳۸-۷) 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.



شکل ۳۷ـ۷



شکل ۳۸ـ۷

الف. سلف با هسته فریت

ب. سلف با هسته آهنی

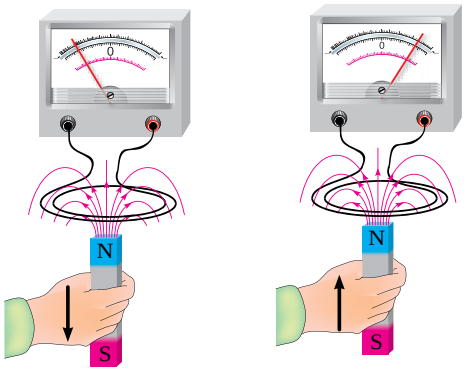
در شکل (۳۹-۷) تصویری از این دو نوع هسته نشان داده شده است. همان طوری که اشاره شد با عبور جریان از داخل سیم های سیم پیچ میدان مغناطیسی در فضای اطراف آن پدید می آید.

ب)

الف)

شکل ۳۹ـ۷

وجود هســته در داخل سیم پیچ باعث می شود تا فوران مغناطیســی پراکنده نشده و خاصیت سلفی افزایش یابد. در سال ۱۸۳۱ میلادی مایکل فارادی دانشمند انگلیسی و تقریباً هم زمان با او جوزف هانری دانشمند آمریکایی با انجام دادن آزمایش هایی مشــابه شــکل (۴۰-۷) دریافتند که با دور و نزدیک کردن آهنربا به ســیم پیچ، عقربــه گالوانمتر (میکرو آمپرســنج) منحرف شــده و عبور جریان را نشــان می دهد مانند وقتی که در یک مدار مولد وجود داشته باشد.



شکل ۴۰ـ۷- جریان القایی در جهتی است که با حرکت آهن‌ربا به طرف پیچه مخالفت می‌کند

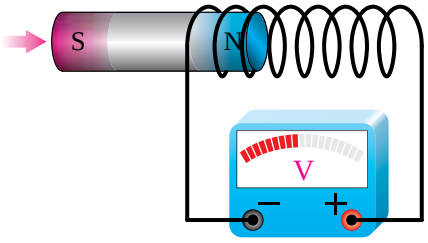
در واقــع بــا حرکــت آهنربا نســبت به ســیم پیچ یک جریــان الکتریکی در مدار القا می شــود. این پدیده را القای الکترومغناطیســی و جریان تولید شــده را جریان الکتریکی القایی می نامند.

فارادی و لنــز از جمله فیزیکدانانــی بودند که پدیدهی القا الکترومغناطیسی را بصورت فرمول هایی بیان کردند. بر پایه این قوانین خاصیت خودالقایی را می توان به صورت زیر تعریف کرد.

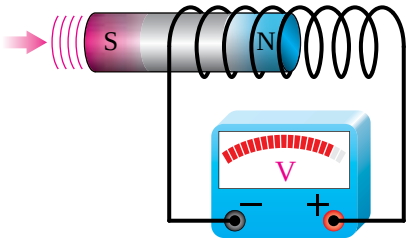
رابطه فارادی $E_{nmf} = N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

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

به خاصیتی از سیم پیچ که به ازای تغییر جریان یا تغییر فــوران در آن حاصل شــده و باعث القا یــک نیروی محرکه مغناطیسی جدید در سیم پیچ می شود «خاصیت خودالقایی» و به مقــدار آن «ضریب خودالقایی» یــا «اندوکتانس ـ L» گفته می شود و واحد آن بر حسب هانری بیان می شود.



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



ب)هسته بیشتر در داخل سیم‌پیچ قرارگرفته و نیروی محرکه القایی افزایش یافته است

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

۸ـ۷ عوامل فیزیکی مؤثر در ضریب خودالقایی

$$L = \mu \frac{N^2 . A}{\ell}$$

بـا بهره گیری از تعاریف مغناطیسـی و هم چنین رابطه فارادی می توان به یک رابطه دیگر دسـت یافت که براساس آن می توان خاصیت خودالقایی سیم پیچی را بر پایه عوامل فیزیکی مطابق رابطه مقابل بدست آورد.

ایـن رابطـه نشـان می دهد کـه ضریـب خودالقایی از مشخصه های یک سیم پیچی است و فقط به تغییرات فوران یا جریان وابسته نیست.

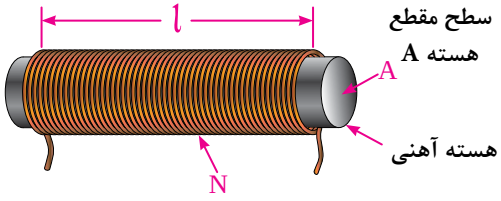
در این رابطه:

μ ـ ضریب نفوذ مغناطیسـی هسـته سیم پیچ برحسب وبر بر آمپر متر $\left[\frac{wb}{A.m}\right]$

N ـ تعداد دور سیم پیچ

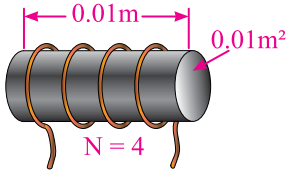
A ـ سطح مقطع سیم پیچ بر حسب مترمربع $\left[m^2\right]$

ℓ ـ طول سیم سیم پیچ بر حسب متر $\left[m\right]$



شکل ۷-۴۲

مثال: اندازه ضریب خودالقایی سیم پیچ نشان داده شده در شکل ( ) چند میلی هانری است. در صورتی که ضریب نفوذ مغناطیسی هسته $۰/۲۵\times۱۰^{-۳}$ باشد.

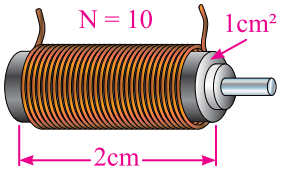


شکل ۷-۴۳

$$L = \mu \frac{N^2 . A}{\ell}$$

$$L = \frac{./۲۵\times۱۰^{-۳}\times(۴)^2\times./۰۱}{./۰۱} = ۴۰mh$$

مثال: اندازه ضریب خودالقایی سلفی با مشخصات نشان داده شـده در شـکل (۷-۴۴) چقدر اسـت؟ در صورتیکه ضریب نفوذ نسبی مغناطیسی هسته آن ۵۰۰۰ باشد. (مقدار π=۳ فرض شود).



شکل ۷-۴۴

$$L = \mu \frac{N^2 . A}{\ell} = \mu_r \mu_. \frac{N^2 . A}{\ell} :$$

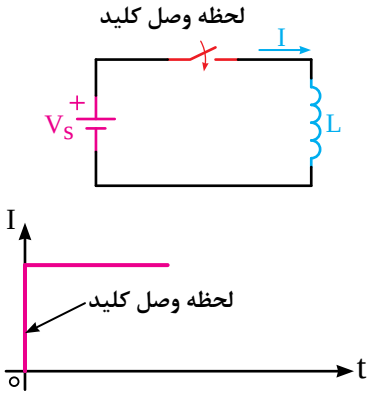
$$L = \frac{۵\times۱۰^{۳}\times۴\pi\times۱۰^{-۷}\times(۱۰)^2\times۱\times۱۰^{-۴}}{۲\times۱۰^{-۲}} = ۳۰\times۱۰^{-۴}h = ۳mh$$

۹ـ۷ عملکرد سلف در جریان الکتریکی

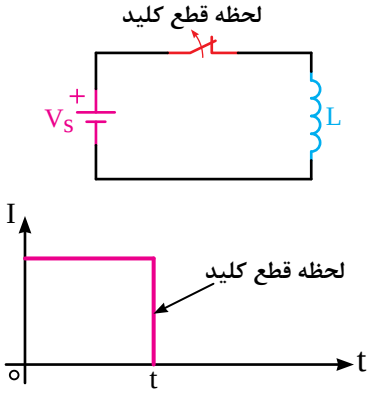
چگونگی عملکرد و رفتا یک سـلف در برابر عبور جریان الکتریکـی مسـتقیم (DC) بـا جریان الکتریکـی متناوب (AC) متفاوت است. در اینجا فقط به بررسی رفتار سلف در مدارهـای DC می پردازیم و خصوصیات AC آن در فصل نهم بررسی خواهد شد.

۱ـ۹ـ۷ 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 (۵۴-۷) و (۵۴-۷) داریم.

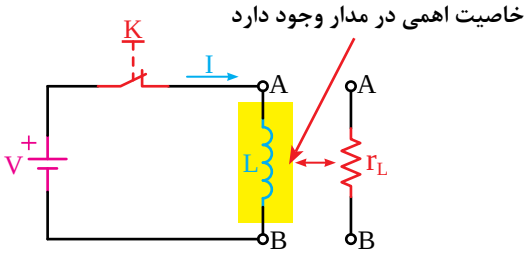


شکل ۴۵-۷



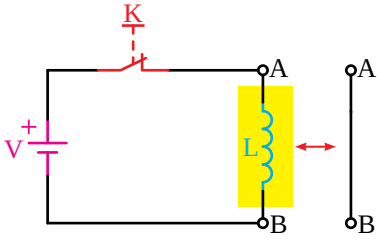
شکل ۴۶-۷

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.



شکل ۴۷-۷

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



شکل ۴۸-۷

توضیح

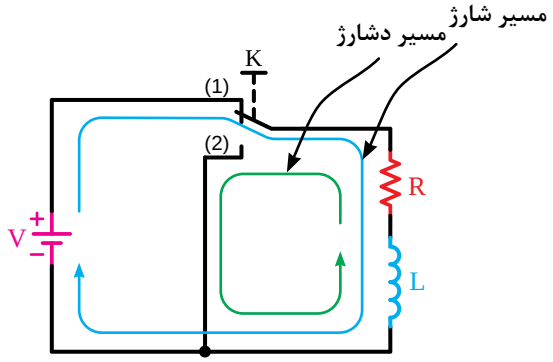
مقدار خاصیت اهمی اغلب سیم پیچ ها کم می باشد به همین دلیل است که در اکثر کتب تخصصی رفتار سلف در شرایط دایم کار جریان dc (شکل۴۸-۷) به حالت اتصال کوتاه[1] تشبیه می شود و گفته می شود در این شرایط جریان زیادی از مدار می گذرد.

1- Short Circuit -SC

۲ـ۹ـ۷ شارژ و دشارژ (ثابت زمانی سلفی)

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

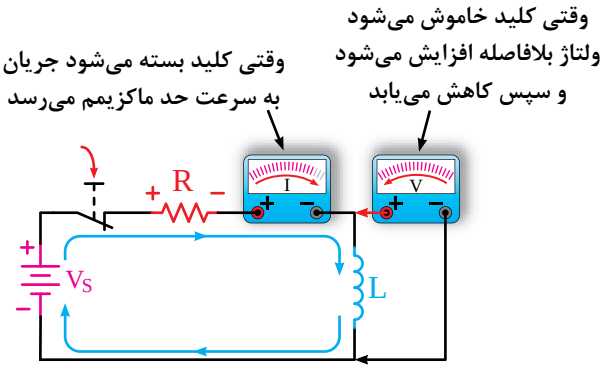
در شکل (۴۹ ـ۷) حالت ۱ کلید مسیر شارژ و حالت ۲ کلید مسیر دشارژ سلف L را نشان می دهد.



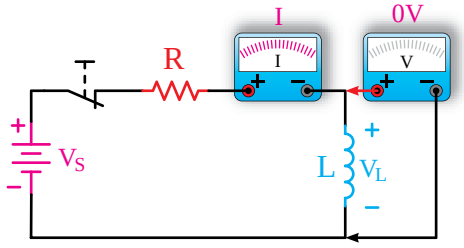
شکل ۷-۴۹

شکل (۵۰ ـ۷ـ الف) مدار سلفی را در لحظه وصل کلید از نظر ولتاژ و جریان نشان می دهد.

شکل (۵۰ ـ۷ـ 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.



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

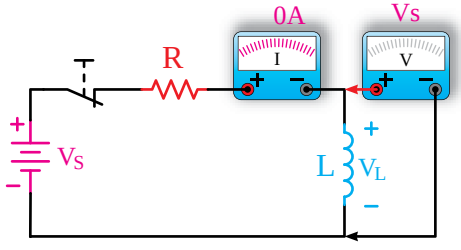


ب- شارژ کامل: ولتاژ سلف صفر شده و جریان مدار برابر مقدار حداکثر می‌شود

شکل ۷-۵۰

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 (۵۱ ـ۷) خواهد شد.

همان طوری که در تصاویر شکل های (۵۰-۷) و (۵۱-۷) 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 بازهای مشخص به مقدار حداکثر و حداقل خود می رسد.

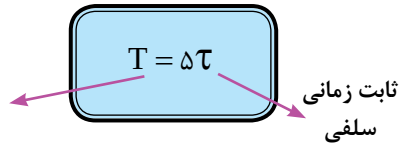


شکل ۷-۵۱

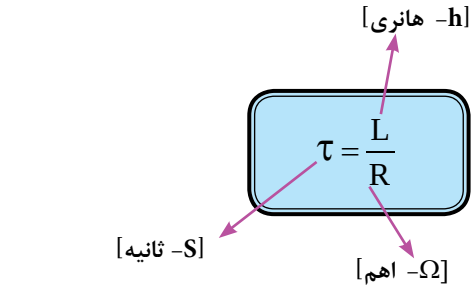
اصطلاحاً به مدت زمانیکه طول می‌کشد تا جریان سلف بـه اندازه ۶۳/۲٪ مقدار ماکزیمم خود افزایش یا کاهش یابد «ثابت زمانی» گفته می شود و با حرف (Z ـ تاو) و بر حسب ثانیه مطابق رابطه مقابل محاسبه می کنند.

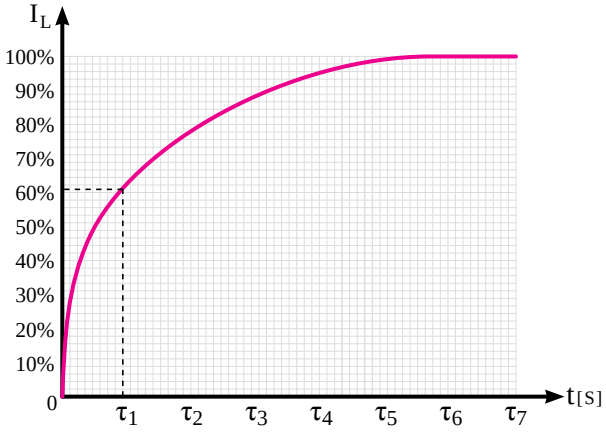
بر اساس آزمایشات صورت گرفته مشخص شده است در هر سـلف پس از گذشت ۵ ثابت زمانی جریان عبوری از آن مقدار به حداکثر (در شـرایط شـارژ) و به مقدار حداقل (در شرایط دشارژ) می رسد.

مدت زمان شـارژ یا دشـارژ کامل یک سـلف را مطابق رابطه مقابل می توان چنین بدست آورد .

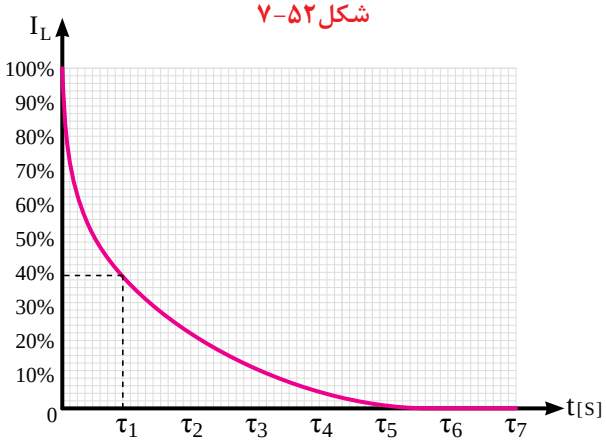


بر پایه ایـن مطالب پس می توان منحنی های شـارژ و دشـارژ یک خازن را مطابق شکل های (۵۲ ـ۷) و (۵۳ـ۷) در شکل کلی رسم کرد.



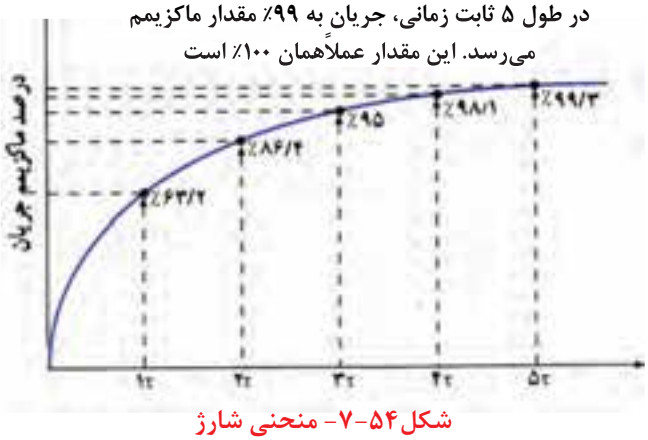


شکل ۵۲-۷



شکل ۵۳-۷

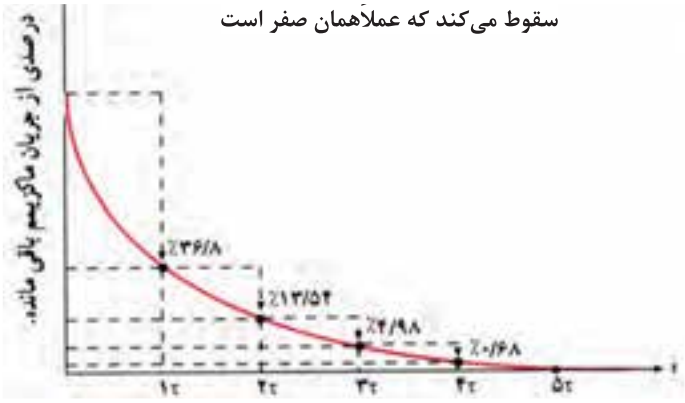
شـکل (۵۴ ـ۷) منحنـی تغییرات جریان سـلف را در حالت شارژ نشان می دهد.



شکل ۵۴-۷- منحنی شارژ

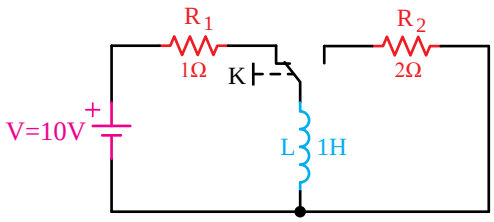
در طول ۵ ثابت زمانی، جریان به کم‌تر ۱٪ مقدار ماکزیمم سقوط می‌کند که عملاًهمان صفر است

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



شکل ۷-۵۵

مثال: مدت زمان شــارژ و دشارژ کامل سلف نشان داده شــده در شــکل (۷ـ۵۶) در صورت تغییر وضعیت کلید K چقدر است؟

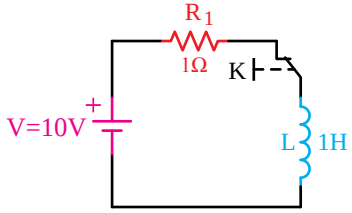


شکل ۷-۵۶

حل: در شرایط شارژ وضعیت مدار مطابق شکل (۷ـ۵۷) است.

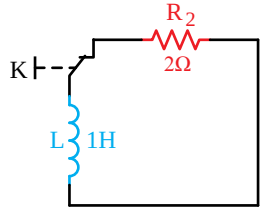
$$\eta = \frac{L}{R_1} = \frac{1}{1} = 1s$$

زمان شارژ $T = 5\tau = 5 \times 1 = 5s$



شکل ۷-۵۷

وضعیت مدار در شــرایط دشــارژ مطابق شکل (۵۸ ـ۷) است.



شکل ۷-۵۸

$$\eta = \frac{L}{R_2} = \frac{1}{2} = 0/5s$$

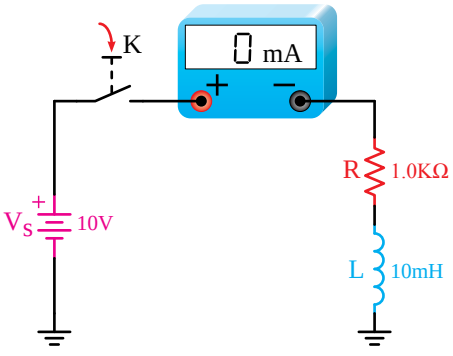
$$T = 5Z = 5 \times 0/5 = 2/5s$$

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

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

$$T = 5\tau = 5 \times 10 = 50_{\mu s}$$

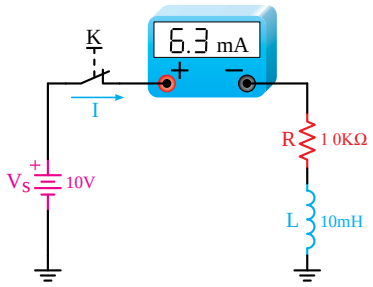
$$I = \frac{Vs}{R} = \frac{10v}{1k\Omega} = 10mA$$



شکل ۷-۵۹

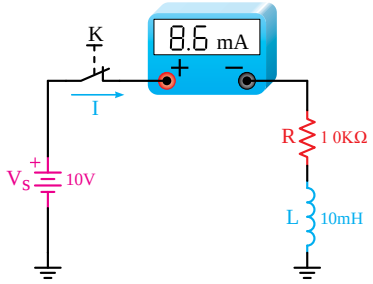
وضعیـــت مدار از نظر مقدار جریـــان عبوری در هر ثابت زمانـــی به همـــراه محاســـبات مربوطه که در زیر هر شـــکل نوشـــته است را در تصاویر الف تا ه شکل (۶۰-۷) مشاهده می کنید.

$$i_1 = \%63/2 \times 10 = 6/3mA$$



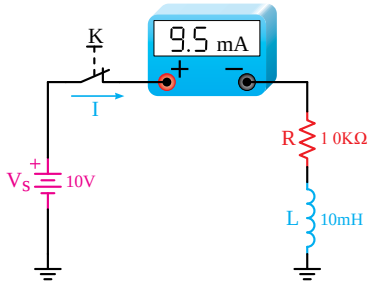
الف) جریان در ثابت زمانی اول (τ)

$$Ld = i - i_1 = 10 - 6/32 = 3/68mA$$
$$i' = \%63/2 \times 3/68 = 2/3mA$$
$$i_2 = i_1 + i' = 6/3 + 2/3 = 8/5mA$$



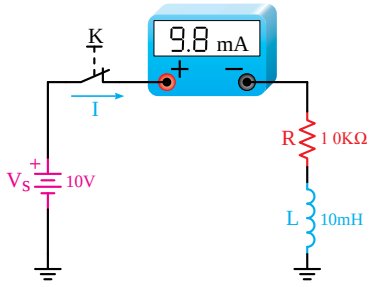
ب) جریان در ثابت زمانی دوم (τ_2)

$$i_d = i - i_2 = 10 - 8/5 = 1/5mA$$
$$i' = \%63/2 \times 1/5 = 1mA$$
$$i_3 = i_2 + i' = 8/5 + 1 = 9/5mA$$



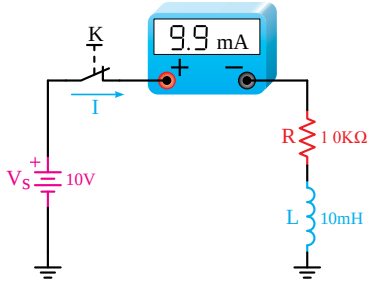
ج) جریان مدار در ثابت زمانی سوم (τ_3)

$$_d = i - i_3 = 10 - 9/5 = /5mA$$
$$i' = \%63/2 \times /5 = ./3mA$$
$$i_4 = i_3 + i' = 9.5 + ./3 = 9/8mA$$



د) جریان مدار در ثابت زمانی چهارم (τ_4)

$$i_d = i - i_4 = 10 - 9/8 = ۰/2mA$$
$$i' = \%63/2 \times ./2 = ./1mA$$
$$i_{5=}i_4 + i' = 9/8 + ./1 = 9/9mA$$

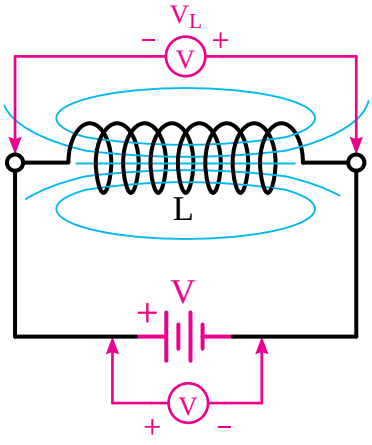


هـ) جریان مدار در ثابت زمانی پنجم (τ_5)

شکل ۶۰-۷

۷ـ۱۰ نیروی ضد محرکه

اچ.اف.آی.لنز فزیکـــدان آلمانی تحقیقات تکمیلی را در مورد خاصیت القایی و نیروی محرکه القایی یک ســیم پیچ انجــام داد دریافت اندازه این نیروی محرکه اولاً به تغییرات جریان جاری در ســلف ثانیاً حاصیت 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.[1]



شکل ۷-۶۱

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

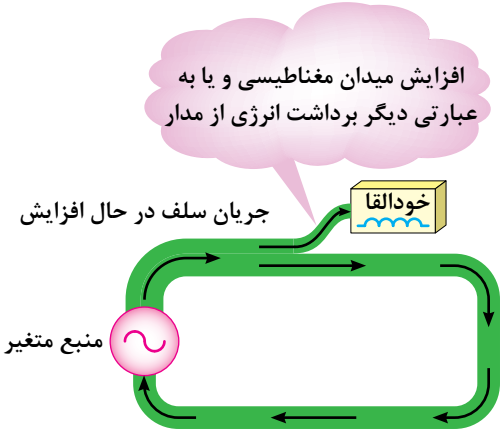
علامت نیروی ضد محرکه سلف

خاصیت اندوکتانس سلف

تغییرات جریان نسبت به زمان در سلف

۷ـ۱۱ خودالقایی از نقطه نظر انرژی

پدیــده خودالقایی از نقطه نظر انــرژی نیز قابل توصیف است. هنگامی که این عمل اتفاق می افتد ممکن است فرض کرد که میدان مغناطیسی اطراف هادی حامل جریان با مدار مبادلــه انرژی می کند. وقتی که جریان مدار زیاد می شــود انــرژی از مدار خارج شــده و در میدان مغناطیســی مطابق شــکل (۷-۶۲) در اطراف آن ذخیره می شــود. همین امر باعث قوی تر شــدن 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 ضدمحرکه القایی است.



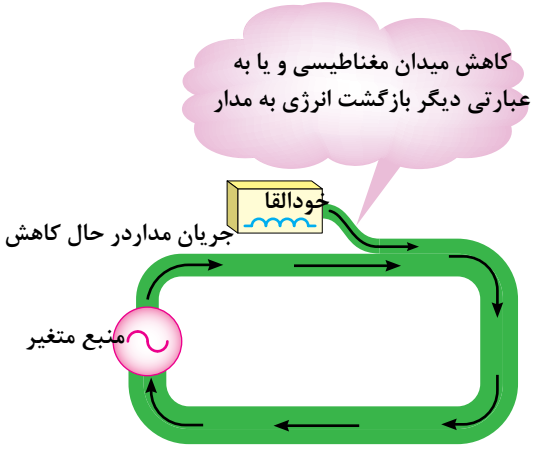
شکل ۷-۶۲

۱ ـ در برخی کتب این نیروی محرکه القایی با عنوان نیروی ضدمحرکه 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

توجه

ازنقطه‌نظرانرژی،خودالقایی‌یعنی‌تبادل انرژی از یک‌مدارهنگامی‌که‌جریان زیادمی شود و بازگشت انرژی به مدار هنگامی‌که جریان کم می‌شود.

۱۲ـ۷ انرژی ذخیره شده در سلف

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

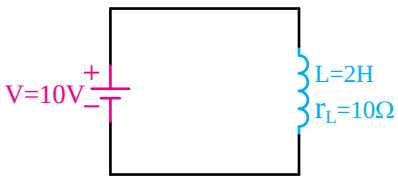
$$W_L = \frac{1}{2} L I_L^2$$

L ـ خاصیت اندوکتانسی سلف بر حسب هانری

I_L ـ جریان عبوری از سلف بر حسب آمپر

W_L ـ انرژی ذخیره شده در سلف برحسب 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؟



شکل ۶۴-۷

حل: در شـرایط دایم کار خاصیت سـلفی وجود ندارد و فقط خاصیت اهمی وجود دارد.

$$I_L = \frac{V}{r_L} = \frac{۱۰}{۱۰} = ۱[A]$$

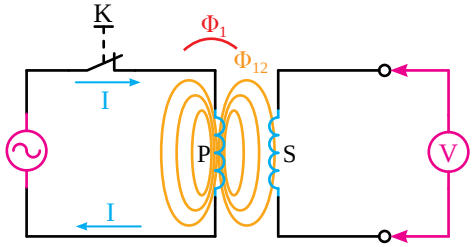
$$W_L = \frac{۱}{۲} L I_L^۲$$

$$W_L = \frac{۱}{۲}(۲)(۱)^۲$$

$$W_L = ۱[j]$$

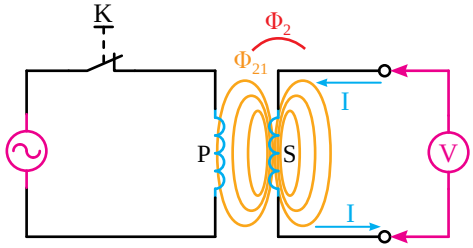
۱۳-۷- القا متقابل

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



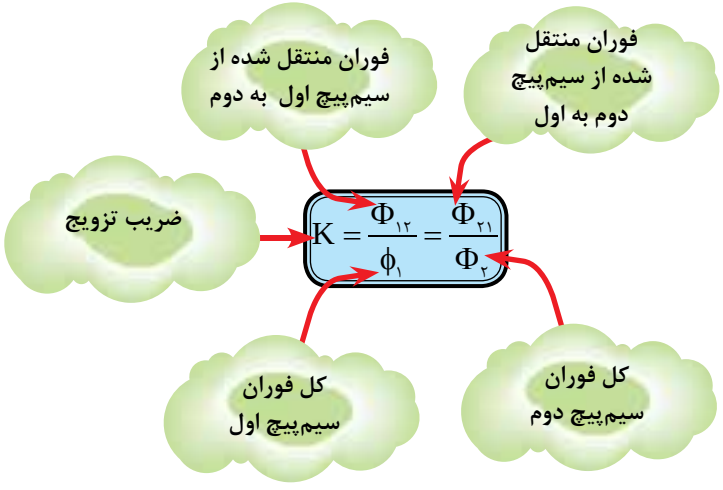
شکل ۶۵-۷

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



شکل ۶۶-۷

لذا جریانی از سـیم پیچی آن عبور کـرده و فورانی در فضای اطراف بوبین (S) بوجود می آید که روی سیم پیچ اول اثر مخالف می گذارد. بر همین اسـاس در مباحث الکتریکی به این پدیـده القا متقابل می گویند. بـه بیانی دقیق تر القا متقابـل را می توان بـه منزله مقدار یا درجـه القایی که دو سـیم پیچ بر یکدیگر اعمـال می کنند در نظـر گرفت. القا متقابل دو بوبین بر همدیگر به چگونگی اتصال خطوط قوای بین دو بوبین که به نوبه خود بسـتگی به وضعیت نسبی دو بوبین دارد وابسته است.



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

رابطه مقابل می توان محاسبه کرد.

هـرگاه درجه اتصـال خطوط قوا مانند شـکل (۷-۶۷) خوب و کامل باشـد مقدار ضریب تزویـج ماکزیمم (K=۱) است.

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

یعنی: $0 \le K \le 1$

هـرگاه اندازه ضریب القا متقابـل (کوپلینگ) مابین دو سـیم پیچ را بخواهیم از رابطه مقابل می توان بدست آورد.

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

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

K ـ ضریب تزویج

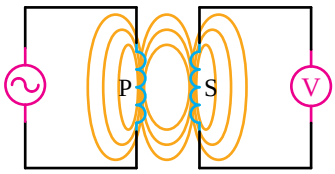
M ـ ضریب القا متقابل بر حسب هانری [h]

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

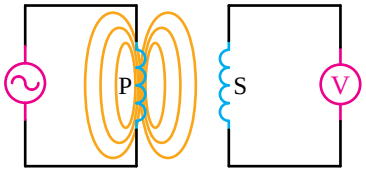
معمولاً سـرهای ورودی جریان یا سـرهای شروع پیچش سیم ها را با علامت «نقطه» نشان می دهند.

اگر دو سـلف مطابق شـکل (۷-۶۹) با هم سـری 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.

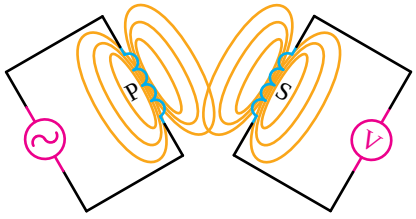
اندوکتانس کل مدار در حالت تقویت دو میدان را از رابطه مقابل می توان بدست آورد.



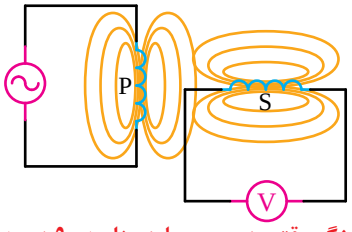
شکل ۷-۶۷



الف) در صورتی که دو سـیم‌پیچ با فاصله از یکدیگر قرار گیرند فوران سیم‌پیچ اول روی سیم‌پیچ دوم اثر نمی‌گذارد



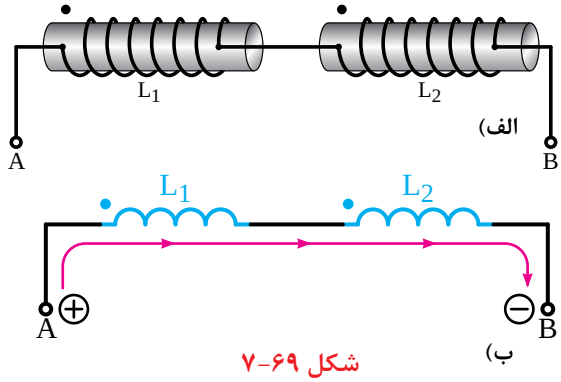
ب) اگر دو سـیم‌پیچ نسـبت به هم بـا زاویه قرار گیرند میـزان القا و ضریب تزویج کاهش می‌یابد



ج) مینیمـم کوپلینگ وقتی دو بوبین با هم زاویه ۹۰ درجه می‌سـازند بوجود می‌آید.

شکل ۷-۶۸

سلف‌های سری با میدان موافق

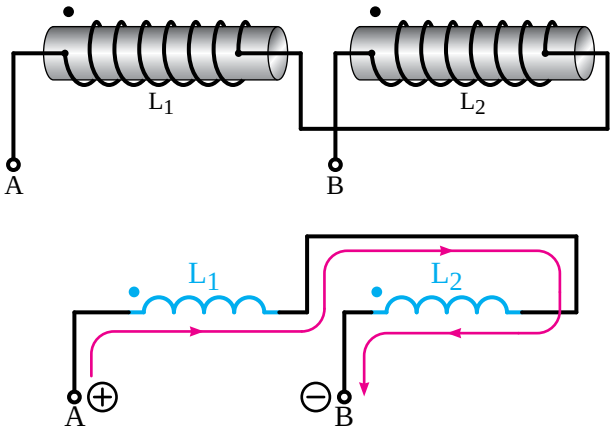


شکل ۷-۶۹

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

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 میدان های مغناطیسی ایجاد شده دو بوبین یکدیگر را تضعیف می کنند.

سلف‌های سری با میدان مخالف

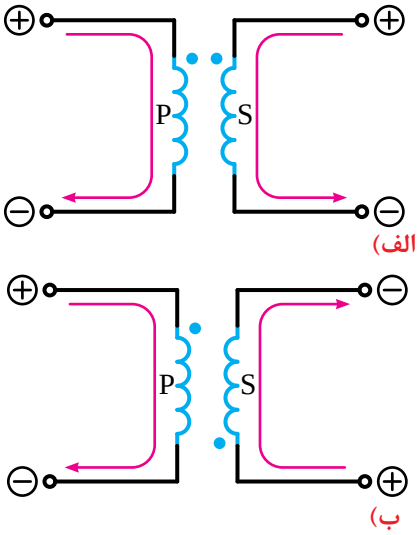


شکل ۷-۷۰

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

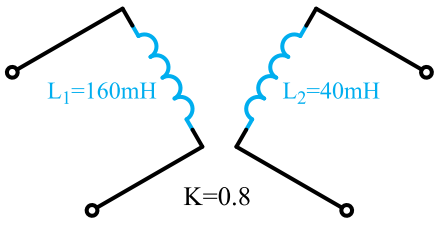
$$L_T = L_1 + L_2 - 2M$$

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



شکل ۷-۷۱

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

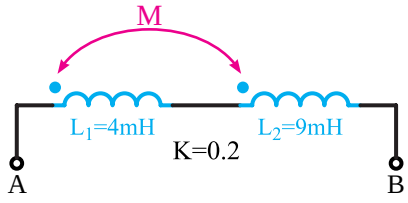


شکل ۷-۷۲

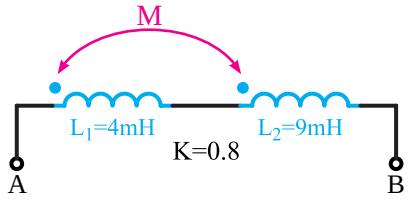
حل: با در نظر گرفتن رابطه ضریب القا متقابل مقدار آن را چنین می توان بدست آورد.

$$M = K\sqrt{L_1 L_2}$$
$$M = ./۸ \times \sqrt{۱۶۰ \times ۴۰}$$
$$M = ./۸ \times ۸۰ = ۶۴[mh]$$
$$M = ./۰۶۴[h]$$

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



الف)



ب)

شکل ۷-۷۳

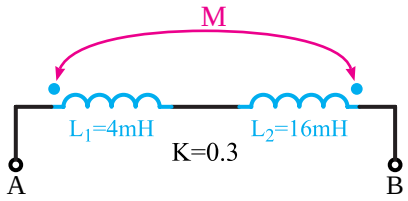
حل الف)

$$M = K\sqrt{L_1 L_2} = ./۲ \times \sqrt{۴ \times ۹}$$
$$M = ./۲ \times ۶ = ۱/۲[mh]$$
$$L_T = L_1 + L_2 + ۲M$$
$$L_T = ۴ + ۱۶ - (۲ \times ۲/۴) = ۱۵/۲[mh]$$

حل ب)

$$M = K\sqrt{L_1 L_2} = ./۸ \times \sqrt{۴ \times ۹}$$
$$M = ./۸ \times ۶ = ۴/۸[mh]$$
$$L_T = L_1 + L_2 + ۲M$$
$$L_T = ۴ + ۹ + (۲ \times ۴/۸) = ۲۲/۶[mh]$$

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

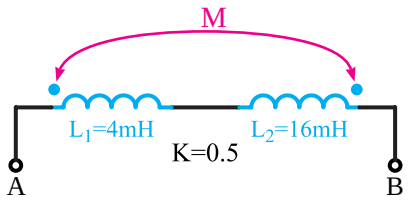


حل الف)

$$M = K\sqrt{L_1 L_2} = ./۳ \times \sqrt{۴ \times ۱۶}$$
$$M = ./۳ \times ۸ = ۲/۴[mh]$$
$$L_T = L_1 + L_2 - ۲M$$
$$L_T = ۴ + ۱۶ - (۲ \times ۲/۴)$$

حل ب)

الف)



ب)

شکل ۷-۷۴

$$M = K\sqrt{L_1 L_2} = ./۵ \times \sqrt{۴ \times ۱۶}$$
$$M = ./۵ \times ۸ = ۴[mh]$$
$$L_T = L_1 + L_2 - ۲M$$
$$L_T = ۴ + ۱۶ - (۲ \times ۴) = ۱۲[mh]$$

آزمون پایانی (۷)

۱ـ ماگنزیا نام کدامیک از موارد زیر است؟

الف ـ سنگ مغناطیسی　　ب ـ ماگنتیت　　ج ـ مغناطیس　　د ـ هر سه مورد

۲ـ اثر جاذبه مغناطیسی در کدام نقطه از یک سنگ مغناطیسی بیشتر است؟

الف ـ همه جا یکسان است.　　ب ـ در وسط سنگ

ج ـ در دو سر سنگ　　د ـ به جهت سنگ بستگی دارد.

۳ـ چگونه می توان قطب های جغرافیایی را تشخیص داد؟

الف ـ با آهنربای تیغ های آویز　　ب ـ با یک تخته چوب

ج ـ با سنگ آهن　　د ـ با آهنربای نعل اسبی شکل

۴ـ اگر قطب ؟ یک آهنربا را به قطب S آهنربای آویزی نزدیک کنیم آهنربای آویز .....

الف ـ دقع می شود.　　ب ـ جذب می‌شود.

ج ـ به سمت چپ می چرخد.　　د ـ به سمت راست می چرخد.

۵ـ کدام یک از موارد زیر، مواد فرومانیتیک نیستند؟

الف ـ آهن　　ب ـ آلومینیوم　　ج ـ نیکل　　د ـ کبالت

۶ـ وقتی جسمی خاصیت مغناطیسی پیدا می کند، ملکول های آن .....

الف ـ به صورت افقی منظم می شوند.　　ب ـ نامنظم می شود.

ج ـ تغییر نمی کند.　　د ـ به صورت دورانی می چرخد.

۷ـ مواردی که خاصیت مغناطیسی خود را زود از دست می دهند ..... نامند.

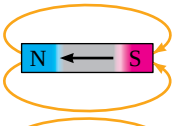
الف ـ آهن سخت　　ب ـ آهن نرم　　ج ـ فولاد　　د ـ چدن

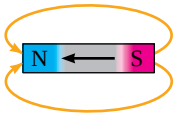
۸ـ میدان مغناطیسی عبارت است از فضایی در اطراف جسم مغناطیسی که می تواند روی ..... اثر بگذارد.

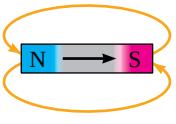
الف ـ همه اجسام　　ب ـ اجسام غیر مغناطیسی

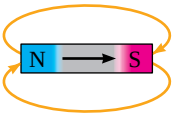
ج ـ اجسام مغناطیسی　　د ـ اجسام یونیزه شده

۹ـ کدام یک از اشکال زیر صحیح است؟

الف ـ 

ب ـ 

ج ـ 

د ـ 

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

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

۱۱ـ 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 ـ جذب ـ جذب ب ـ دفع ـ جذب ج ـ جذب ـ دفع د ـ دفع ـ دفع

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

الف ـ شدت میدان مغناطیسی ب ـ نیروی محرکه مغناطیسی

ج ـ اندوکسیون مغناطیسی د ـ رلوکتانس مغناطیسی

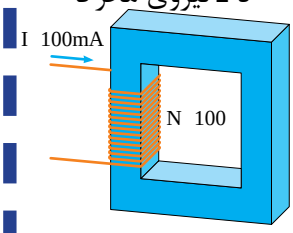
۱۳ـ کدامیک از گزینه ها دربارهٔمنحرف شدن یک عقربه مغناطیسی در مجاورت یک سیم حامل جریان صحیح‌نیست؟

الف ـ وجود جریان الکتریکی ب ـ وجود میدان مغناطیسی

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

۱۴ـ «وبر α» واحد کدام یک از کمیت های مغناطیسی زیر است؟

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



شکل ۷-۷۵

۱۵ـ فوران عبوری از مدار مغناطیسی شکل ۷ـ۷۵ چقدر است؟

$R_m = ۶۷۵/۵ \times ۱۰^{۶}\ A/Wb$

الف ـ $./۵۷_{\mu wb}$ ب ـ $./۰۳۴_{\mu wb}$

ج ـ $./۰۱۴۸_{\mu wb}$ د ـ $./۷۹_{\mu wb}$

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

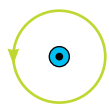
الف ـ الکتریکی ب ـ مغناطیسی ج ـ الکترومغناطیسی د ـ استاتیکی

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

الف ـ جهت جریان ب ـ جهت ولتاژ

ج ـ جهت میدان مغناطیسی د ـ جهت اندوکسیون مغناطیسی

۱۸ـ کدامیک از اشکال زیر صحیح است؟

الف ـ  ب ـ ج ـ د ـ

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

الف ـ زیاد ب ـ کم ج ـ منحرف د ـ منعکس

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

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

ج ـ قطب N مغناطیسی د ـ قطب Sمغناطیسی

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

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

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

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

الف ـ جذب　　ب ـ دفع　　ج ـ دفع و جذب　　د ـ جذب و دفع

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

الف ـ B　　ب ـ H　　ج ـ θ　　د ـ R_m

۲۴ـ واحد «مقاومت مغناطیسی» کدام است؟

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

۲۵ـ اگر فاصله هوایی در مدار مغناطیسی وجود داشته باشد چون ضریب نفوذ مغناطیسی هوا ..... از آهن است رلوکتانس کل هسته ..... می یابد.

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

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

الف ـ $F_m = \frac{\theta}{\Phi}$　　ب ـ $R_m = \frac{\theta}{\Phi}$　　ج ـ $\theta = \frac{F_m}{R_m}$　　د ـ $\Phi = R_m.\theta$

۲۷ـ شدت میدان مغناطیسی شکل ۷۶ـ۷ را در صورتی که قطر متوسط حلقه ۱۰cm باشد حساب کنید (π=۳).

شکل ۷۶-۷

الف ـ ۱۰۰۰　　ب ـ ۱۰　　ج ـ ۱۰۰　　د ـ ۱

۲۸ـ دو قطب غیرهم نام یکدیگر را ..... می کنند.

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

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

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

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

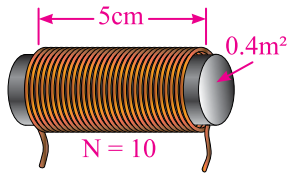
۳۳ـ میزان نفوذپذیری مغناطیسی اجسام به جسن هر جسم بستگی ندارد.　　صحیح ❐　غلط ❐

۳۴ـ وجود فاصله هوایی در طول مسیر مدارهای مغناطیسی باعث می شود تا رلوکتانس افزایش یابد.　　صحیح ❐　غلط ❐

۳۵ـ 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.

۳۶ـ اندکتانس سلفی با مشخصات نشان داده شده در شکل (۷-۷۷) چقدر است؟ (هسته هوا)



شکل ۷-۷۷

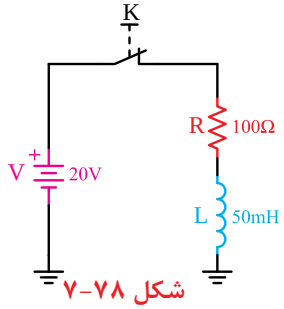
۳۷ـ سیم پیچی به طول ۵۰ سانتیمتر و سطح مقطع ۰/۰۲ مترمربع با هسته‌ای به ضریب نفوذ ۲۰۰۰ و دارای ۱۰۰۰دور مطلوبست:

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؟

۳۸ـ ثابت زمانی مداری با یک مقاومت ۲/۲ کیلواهم و سلفی با اندوکتانس ۵۰۰ میکروهانری چند ثانیه است؟ ضمناً مدت زمان شارژ را حساب کنید.

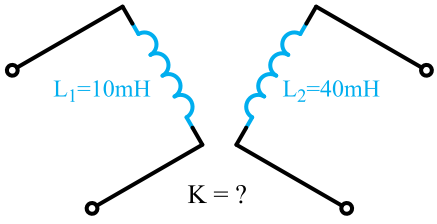
۳۹ـ ثابت زمانی، مدت زمان شارژ و جریان عبوری از مدار شکل (۷-۷۸) در هم ثابت زمانی را حساب کنید.



شکل ۷-۷۸

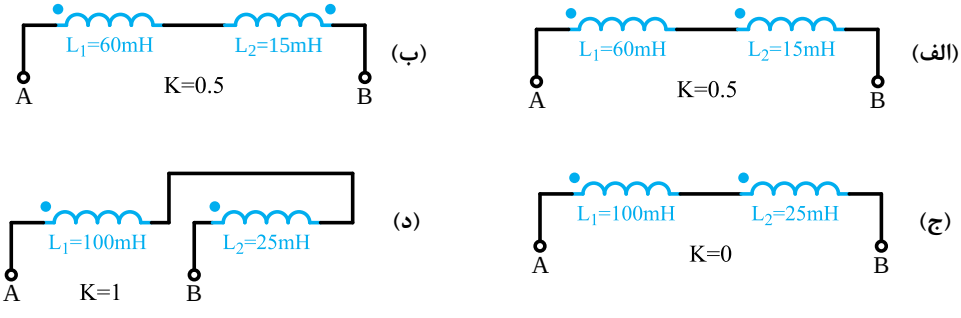
۴۰ـ اگر اندازه ضریب القا متقابل شکل مقابل ۱۰mh باشد اندازه ضریب تزویجی شکل (۷-۷۹) چقدر است؟

۴۱ـ هرگاه از سلفی با اندوکتانس ۵۰mh جریانی برابر ۴ آمپر عبور کند انرژی ذخیره شده در سیم پیچ چند ژول است؟



شکل ۷-۷۹

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



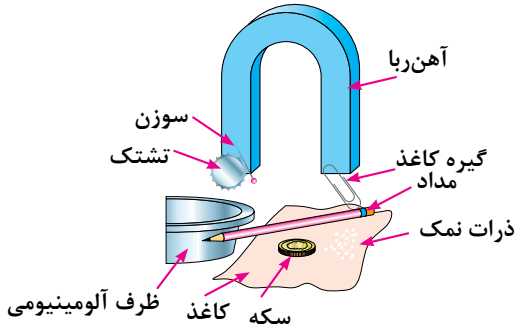
شکل ۷-۸۰

خودآزمایی عملی

توضیح: کارهای عملی پیشـــبینی شـــده را می توانید در منزل انجام داده و از نتایج آن ها در جهت بالابردن شناخت خود نسبت به مغناطیسی استفاده کنید.

۱ـ یک آهنربای نعل اســـبی را به قطعات (شـــکل ۸۱ـ۷) نزدیک کنید. نتیجه مشـــاهده خود را یادداشت کرده و علت را توضیح دهید.

پاسخ سؤال



شکل ۸۱-۷

۲ـ یک آهنربای تخت را مطابق شکل ۸۲ـ۷ زیر یک صفحه شیشه‌ای قرار دهید و براده های آهن را به عکس آن روی سطح شیشه‌ای بریزید. از شکل به دست آمده چه نتیجه‌ای می گیرید؟ شرح دهید.

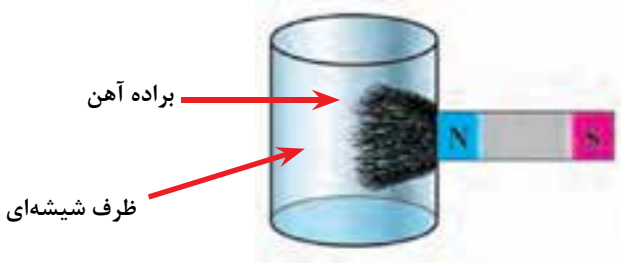
پاسخ سؤال

شکل ۸۲-۷

۳ـ در داخل یک ظرف شیشه‌ای براده های آهن بریزید و آهنربا را از طرفین ظرف مطابق شـــکل ۸۳ـ۷ روی سطح شیشـــه‌ای قرار دهیـــد. از وضعیت های به دســـت آمده چه نتیجه‌ای می گیرید؟ شرح دهید.

پاسخ سؤال

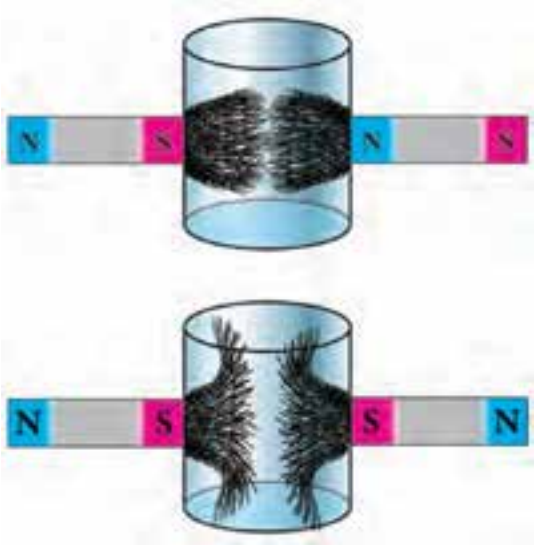
٤ـ مقداری خاک و براده آهن را مخلوط کنید و سپس آن ها را از یکدیگر جدا کنید. روش به کار رفته را شرح دهید.



شکل ۷-۸۳

پاسخ سؤال

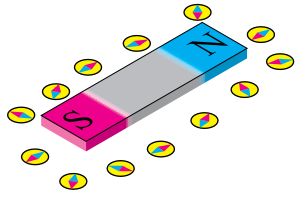
۵ـ مقداری براده آهن را در داخل آب بریزید و آن را با آهنربا جدا کنید.



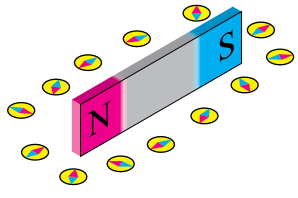
شکل ۷-۸۴

پاسخ سؤال

۶ـ یک عقربه مغناطیسی را مشابه شکل ۸۵ـ۷ در اطراف یک آهنربای تخت بخوابانید، از وضعیت های به دست آمده برای عقربه چه نتیجه‌ای می گیرید؟ شرح دهید.



الف ـ آهنربا به صورت خوابیده



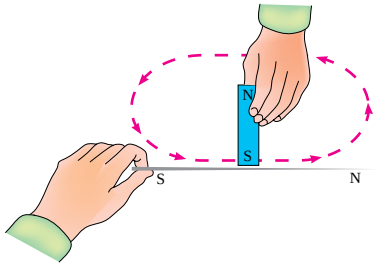
ب ـ آهنربا به صورت ایستاده

شکل ۸۵ـ۷

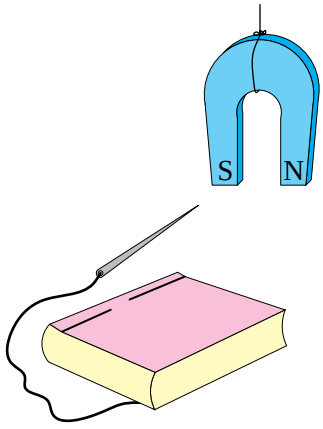
پاسخ سؤال

۷ـ یک آهنربا را طبق شـکل ۸۶ـ۷ روی یک سـوزن و در یک جهت بکشید. سپس مشابه شکل ۸۷ـ۷ 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 دسـت آمده برای سـوزن چه نتیجه ای می گیرید؟

پاسخ سؤال



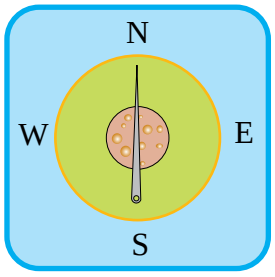
شکل ۸۶ـ۷



شکل ۸۷ـ۷

۸ـ سوزن را مطابق شکل ۸۶ـ۷ مجدداً با آهنربا مالش دهید و آن را روی یک تکه چوب پنبه که بر روی سطح آب مانند شکل ۸۸ـ۷ شناور است، قرار دهید. از نتایج به دست آمده چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

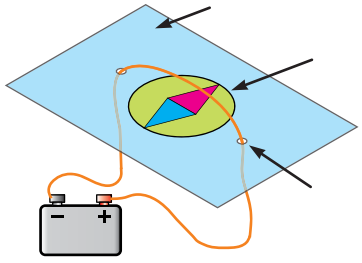
پاسخ سؤال



شکل ۸۸ـ۷

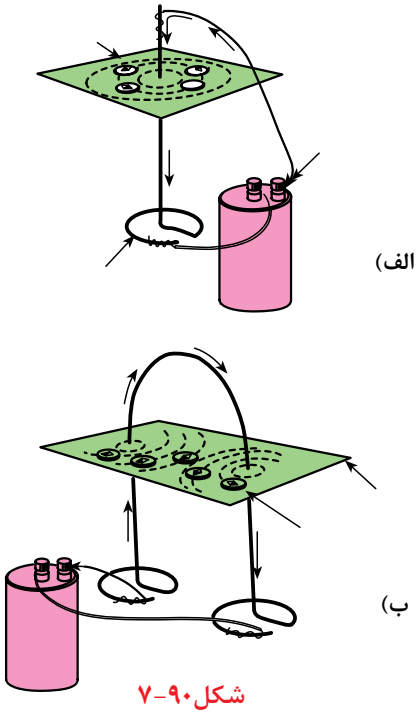
۹ـ دو سر سیمی را که از باتری خارج شده اند را از زیر یک کاغذ مقوایی طبق شکل ۸۹ـ۷ خارج کنید. سپس آن را از روی یک عقربه مغناطیسی عبور دهید. مدار را وصل کنید و درباره مشاهدات خود توضیح دهید.

پاسخ سؤال



شکل ۸۹ـ۷

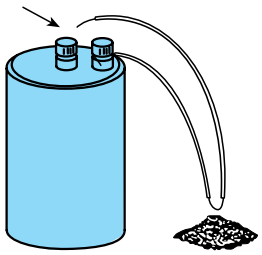
۱۰ـ تکه سیمی را یکبار مطابق شکل ۹۰ـ۷ الف به یک باتری وصل کنید و عقربه مغناطیس را در فضای اطراف آن حرکت دهید و سپس سیم را مطابق شکل ۹۰ـ۷ـ ب به صورت انحنا درآورید و آهنربای عقربه ای را در فضاف اطراف دو بازوی سیم بچرخانید. نتایج را شرح دهید.



شکل ۹۰-۷

پاسخ سؤال

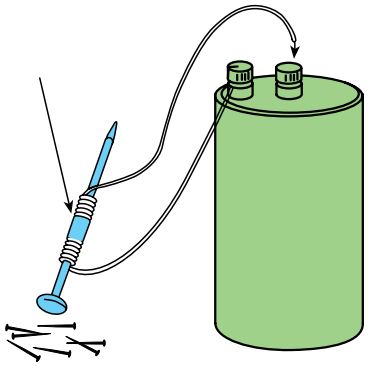
۱۱ـ تکه سیمی بدون روکش را مطابق شکل ۹۱ـ۷ به دو قطب یک باتری وصل کنید و به براده های آهن نزدیک کنید. از مشاهدات خود چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.



شکل ۹۱-۷

پاسخ سؤال

۱۲ـ تکه سیم را مانند شکل ۹۲ـ۷ 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 ۹۲-۷

پاسخ سؤال

واحد کار مبانی الکتریسیته

فصل هشتم: خازن

هدف کلی

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

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

۱ـ میدان الکتریکی و میدان الکتریکی یکنواخت را توضیح دهد.

۲ـ ساختمان داخلی خازن را شرح دهد.

۳ـ رابطه ظرفیت خازن را بیان کند.

٤ـ مفهوم شارژ و دشارژ خازن را توضیح دهد.

۵ـ انواع خازن های ثابت و متغیر را مختصراً توضیح دهد.

٦ـ مشخصات مهم در انتخاب خازن را بیان کند.

۷ـ مشخصات خازن ها را با کد رنگی و رمزهای عدد بخواند.

۸ـ مدارهای سری، موازی و ترکیبی خازن ها را تعریف کند.

۹ـ مدارهای سری، موازی و ترکیبی خازن ها را ازنظر ظرفیت خازن معادل، ولتاژ و بار الکتریکی توضیح هد.

۱۰ـ آزمایش های ساده مربوط به مدارهای سری، موازی و ترکیبی خازن ها را انجام دهد.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۱۲	۶/۵	۱۸/۵

۱ـ برای ذخیره کردن بارهای الکتریکی در مدارها از وسیله‌ای به نام ..... استفاده می شود.

الف ـ مقاومت　　ب ـ سلف　　ج ـ خازن　　د ـ موتور

۲ـ در دوربین های عکاسی برای ایجاد نور فلاش از چه وسیله ای استفاده می شود؟

الف ـ لامپ رشته ای　　ب ـ پروژکتور گازی　　ج ـ خازن　　د ـ مقاومت

۳ـ در بعضی از موتورهای الکتریکی هنگامی که موتور به برق اتصال ندارد وقتی دو سر سیم های آن را برای یک لحظه کوتاه به هم اتصال می دهیم جرقه می زند. علت چیست؟

الف ـ اتصال بدنه در موتور　　ب ـ اتصال داشتن سیم پیچ های موتور

ج ـ تخلیه ولتاژ دو سر خازن　　د ـ خرابی کلیدهای موتور

۴ـ چرا در کنار پایه بعضی خازن ها علامت مثبت و منفی می نویسند؟

الف ـ برای اتصال صحیح پایه های خازن به مدار　　ب ـ چون مقدار بار ذخیره شده مشخص شود.

ج ـ برای بررسی بارهای مثبت و منفی صفحات خازن　　د ـ مقدار ولتاژ را اندازه گیری کرد.

۵ـ از خازن در مدارهای الکتریکی برای چه منظور استفاده نمی شود؟

الف ـ صافی ها (فیلترها)　　ب ـ ذخیره انرژی مغناطیسی

ج ـ عامل به وجود آوردن اختلاف فاز　　د ـ ذخیره انرژی الکترواستاتیکی

۶ـ در تنظیم ایستگاه و تعیین موج یک رادیو از کدام وسیله استفاده می شود؟

الف ـ خازن ثابت　　ب ـ خازن متغیر　　ج ـ مقاومت متغیر　　د ـ سلف متغیر

۷ـ مواد مغناطیسی که خاصیت مغناطیسی تقریباً دائم پیدا می کنند، را مواد ..... می گویند.

الف ـ فرومغناطیس نرم　　ب ـ دیامغناطیس　　ج ـ فرومغناطیس سخت　　د ـ پارا مغناطیس

۸ـ کدام یک از روابط زیر شکل صحیح رابطه رلوکتانس است؟

الف ـ $R = \frac{V}{I}$　　ب ـ $R_m = \frac{\Phi}{\theta}$　　ج ـ $\theta = N.I$　　د ـ $R_m = \frac{\ell}{\mu A}$

۹ـ افزایش جریان عبوری از سیم راست موجب ..... می شود.

الف ـ افزایش میدان مغناطیسی　　ب ـ کاهش میدان مغناطیسی

ج ـ کاهش میدان الکترواستاتیکی　　د ـ افزایش میدان الکترواستاتیکی

۱۰ـ ایجاد فاصله هوایی در مدار مغناطیسی موجب افزایش ..... مغناطیسی می شود.

الف ـ فلوی　　ب ـ نیروی محرکه　　ج ـ مقاومت　　د ـ ضریب نفوذ

۱۱ـ با حرکت دادن عقربه مغناطیسی در فضای اطراف یک آهنربا می توان ..... و ..... را مشخص کرد.

الف ـ قطب های آهنربا، جهت فلوی مغناطیسی
ب ـ اثر جاذبه، جهت فلوی مغناطیسی
ج ـ فلوی مغناطیسی، اثر جاذبه
د ـ مقدار شار مغناطیسی، قطب های آهنربا

۱۲ـ یک تسلا (T) برابر است با:

الف ـ $\frac{۱wb}{۱m}$
ب ـ $\frac{۱wb}{۱m^۲}$
ج ـ $\frac{۱m}{۱wb}$
د ـ $\frac{۱m^۲}{۱wb}$

۱۳ـ قطب های مغناطیسی عبارتند از:

الف ـ مکان هایی که اثر جاذبه مغناطیسی کمی دارند.
ب ـ نقاطی هستند که همه فلزات را جذب می کنند.
ج ـ نقاطی که همه فلزات را دفع می کنند.
د ـ مکان هایی که اثر جاذبه مغناطیسی زیادی دارند.

۱۴ـ بوبینی به طول متوسط ۱۲ سانتی متر ۶۰۰ حلقه سیم بر روی آن پیچیده شده است. اگر جریان ۰/۴A از سیم پیچ عبور کند، شدت میدان مغناطیسی چند $\frac{A}{m}$ است؟

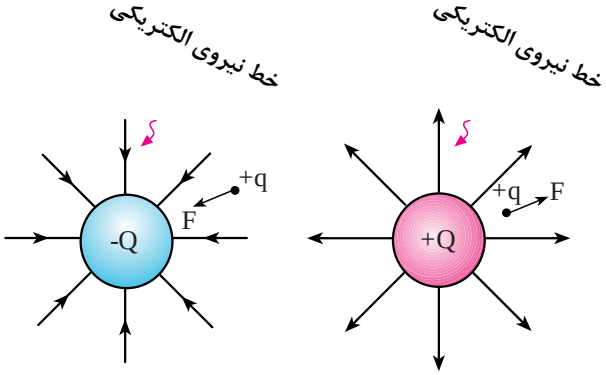
الف ـ ۲۰۰
ب ـ ۲۳۰
ج ـ ۱۲۰۰
د ـ ۲۰۰۰

۱۵ـ سطح مقطع بوبینی $۸۱mm^۲$ است. اگر بخواهیم چگالی شار هسته ۰/۹ تسلا باشد فوران موردنیاز چند وبر (bw) است؟

الف ـ $۷۲/۹\times۱۰^{-۶}$
ب ـ ۹×۱۰^{-۳}
ج ـ $۷۲/۹\times۱۰^{-۳}$
د ـ ۸۱×۱۰^{-۳}

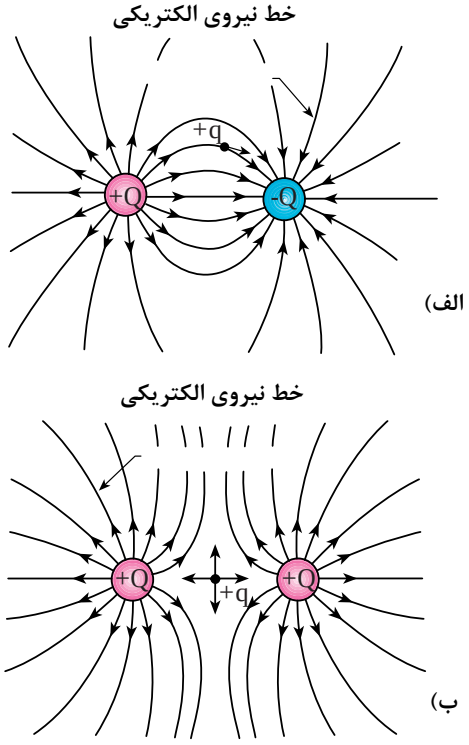
۱ـ۸ـ میدان الکتریکی

مفهوم میدان مربوط به ناحیه‌ای 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 ۱ـ۸ـ 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 ۱ـ۸ـ چهت نیروی الکتریکی در اطراف بارهای *

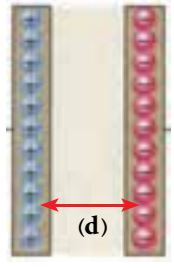
شکل ۲ـ۸ وضعیت میدان الکتریکی دو بار همنام و غیرهمنام را در کنار یکدیگر نشان می دهد. شدت و جهت خطوط میدان الکتریکی به اندازه بار هر ذره و فاصله بین آن ها بستگی دارد.



شکل ۲ـ۸ـ اثر میدان های الکتریکی بارهای همنام و غیرهمنام بر یکدیگر.

(Q_1) (Q_2)

اگر دو صفحه تخت باردار را مطابق شکل ۳ـ۸ در مقابل یکدیگر و در حد فاصل یک مادهی 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.

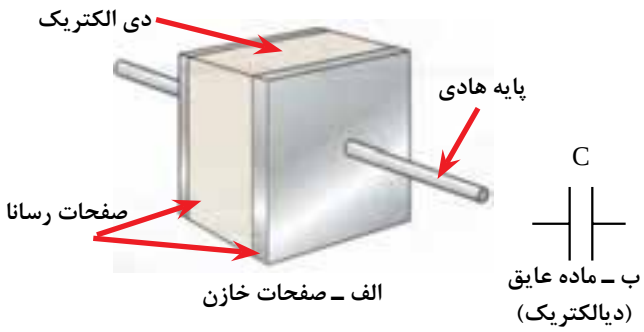


شکل ۳ـ۸ـ میدان الکتریکی موجود بین دو صفحه

۲ـ۸ـ ساختمان خازن[1]

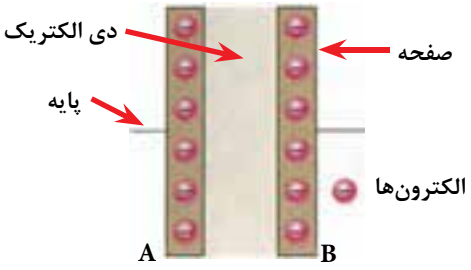
اگر دو صفحه رسانا (هادی) را توسط یک نارسانا (عایق) از هـم جدا کنیم یک «خازن» شـکل می گیرد. خازن برای ذخیره بار الکتریکی به کار می رود.

شکل ۴ـ۸ تصویر سـادهای از یک نمونه خازن را نشان می دهد. همانطوری که از شکل ۴ـ۸ مشاهده می شود خازن از دو قسمت اصلی تشکیل شده است.



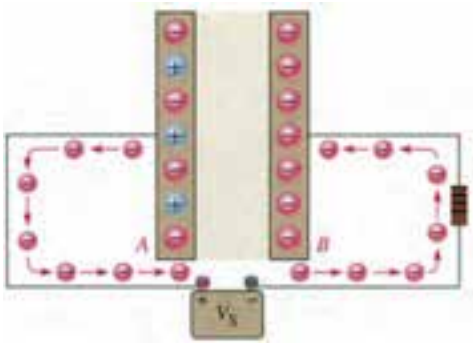
شکل ۴ـ۸ـ اجزای داخلی خازن

هـرگاه صفحات یک خازن به ولتاژی اتصال داده شـود بار الکتریکی در صفحات خازن ذخیره می شـود. این شرایط تا زمانی که خازن خالی نشود باقی می ماند. به همین دلیل از خـازن در مدارهـای الکتریکی به منظـور ذخیره انرژی الکتریکی استفاده می شود. (شکل ۶ـ۸)



شکل ۵-۸-صفحات باردار خازن

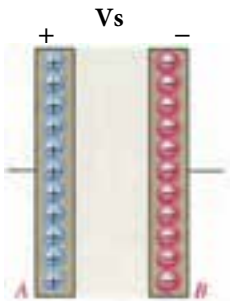
ذخیـره انرژی الکتریکی به این معنی اسـت که پس از قطع منبع ولتاژ بارهای الکتریکی همچنان باقی بمانند.



شکل ۶-۸

۳ـ۸ـ ظرفیت خازن

میزان توانایی یـک خازن در ذخیره کردن بار الکتریکی را «ظرفیـت خازن» می گوینـد و آن را با حرف C نمایش می دهند. (شکل ۷ـ۸)



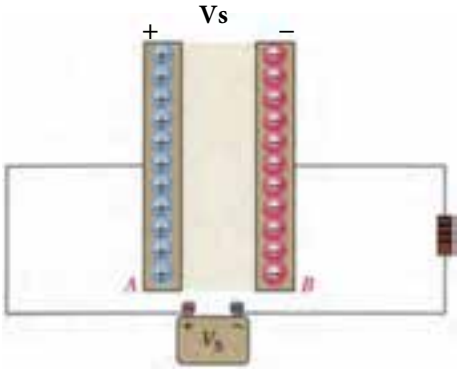
شکل ۷-۸

1- Capacitor

اگــر دو خازن را بــه یک منبع ولتاژ اتصــال دهیم و بار الکتریکی در آن ها ذخیره کنیم چنانچه بار ذخیره شــده در یکی بیشــتر از دیگری باشد، ظرفیت آن خازن بیشتر است. (شکل ۸ـ۸)

ظرفیت خازن را می توان از رابطه زیر بدست آورد:

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



شکل ۸ـ۸

C ـ ظرفیت خازن

Q ـ بار الکتریکی ذخیره شده در صفحات

V ـ ولتاژ دو سر خازن

برای بررســی اثــر افزایش یا کاهش یــک عامل بر روی یکی از کمیت ها، می بایست کمیت سوم ثابت در نظر گرفته شــود. مثلاً در صورت ثابت در نظر گرفتن بار Q مشــاهده می شــود که C با V رابطه عکس دارد. واحد اصلی ظرفیت خازن «فاراد» اســت و این در صورتی صادق است که Q بر حسب کولن و V بر حسب ولت باشد.

چون فاراد واحد بســیار بزرگی اســت. لــذا از واحدهای کوچکتــر منــد میکروفاراد و نانوفاراد اســتفاده می شــود. جــدول ۱ـ۸ واحدهــای کوچکتر خازن و ضرایــب آن ها را نشان می دهد.

جدول ۱ـ۸

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

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

حل:

$$C = ۱۰۰nf$$

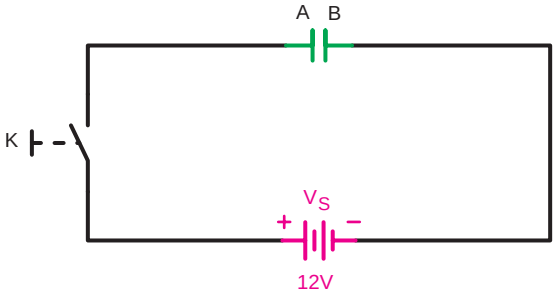
$$C = ۱۰^۲ \div ۱۰^۹ = ۱۰^{-۷}\,[f]$$

توجه

در صورتــی که بخواهیم از واحد کوچکتر به واحــد بزرگتر تبدیل کنیم بایــد بر ضرایب فوق تقسیم کنیم.

۴ـ۸ـ شارژ و دشارژ خازن در جریان مستقیم

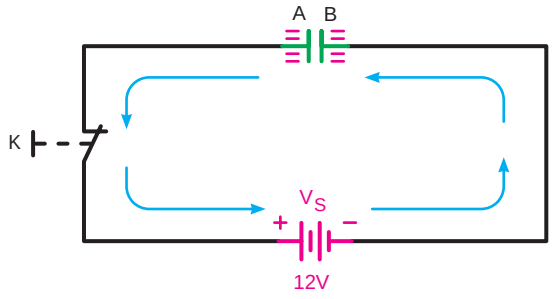
وقتی یک خازن را به ولتاژ DC وصل کنیم خازن شارژ می‌شود. شکل ۹ـ۸ یک خازن خالی را نشان می‌دهد. در این حالت تعداد الکترون‌های آزاد صفحات A و B با هم برابر هستند.



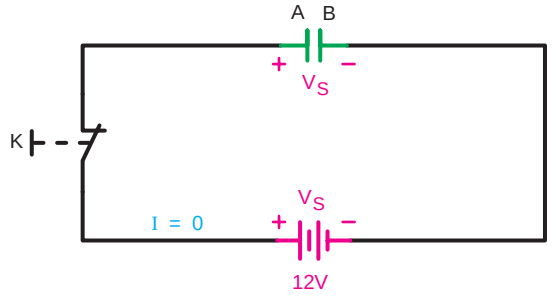
شکل ۹ـ۸ـ خازن خالی

زمانی که کلید بسته شود (شکل ۱۰ـ۸) با برقراری جریان، الکترون‌های آزاد در صفحه B جمع می‌شوند و صفحه A که به قطب مثبت منبع (V_S) متصل است الکترون‌های آزاد خود را از دست می‌دهد. (جهت جریان، جهت حرکت الکترون‌ها فرض شده است.)

فرآیند فوق آنقدر ادامه پیدا می‌کند 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 می‌شود که خازن شارژ کامل شده است. (شکل ۱۱ـ۸)



شکل ۱۰ـ۸ـ خازن در حال شارژ

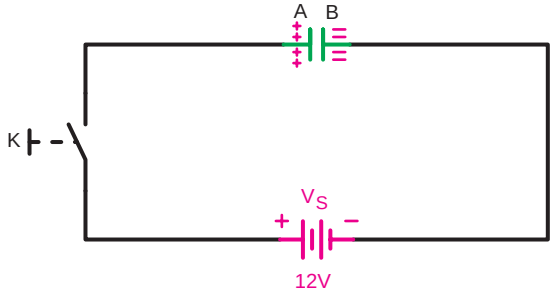


شکل ۱۱ـ۸ـ خازن شارژ کامل

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 می‌توان مقدار بار الکتریکی جابه‌جا شده را کاهش و یا به عبارتی ظرفیت خازن را افزایش داد.

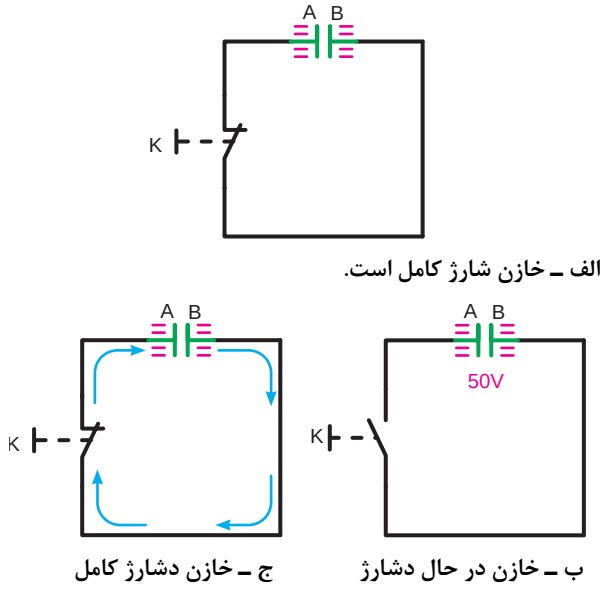
حال اگر کلید را باز کنیم ولتاژ ذخیره شده در صفحات خازن باقی می‌ماند و ما می‌توانیم از این ولتاژ استفاده کنیم. (شکل ۱۲ـ۸)

از جمله این موارد می‌توان ایجاد شوک الکتریکی یا شارژ خازن فلاش دوربین‌های عکاسی را نام برد.



شکل ۱۲ـ۸ـ در صفحات خازن بار ذخیره شده.

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 ۸ـ۱۳ مسیر تخلیه الکتریکی (دشارژ) خازنی را که تا ۵۰ ولت پر شده است، نشان می دهد.



الف ـ خازن شارژ کامل است.

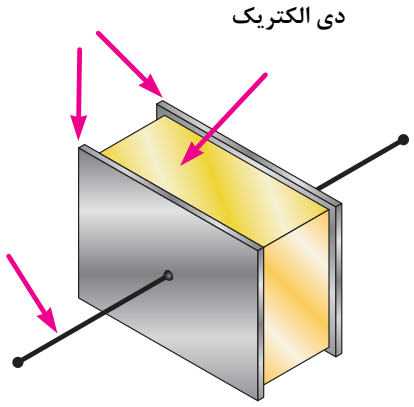
ب ـ خازن در حال دشارژ

ج ـ خازن دشارژ کامل

شکل ۸ـ۱۳ـ خازن شارژ در حال تخلیه

۸ـ۵ـ عوامل مؤثر در ظرفیت خازن

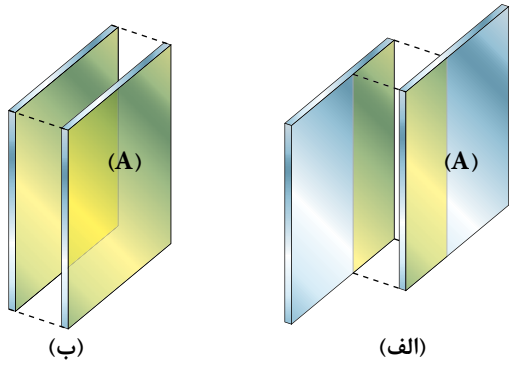
عوامل الکتریکی و فیزیکی گوناگونی در ظرفیت یک خازن مؤثر هستند که در اینجا فقط به بررسی عوامل فیزیکی می پردازیم. شکل ۸ـ۱۴ تصویر سادهای از خازن را نشان می دهد.



شکل ۸ـ۱۴ـ قسمت های مختلف یک خازن

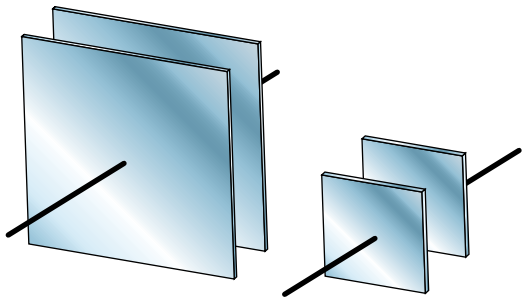
۸ـ۵ـ۱ـ سطح صفحات خازن (A):

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 ۸ـ۱۵)



شکل ۸ـ۱۵ـ سطوح مؤثر صفحات خازن

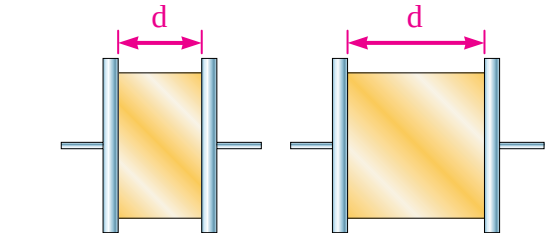
هرچه سطح مؤثر بین صفحات بیشتر باشد ظرفیت خازن نیز افزایش می یابد. ظرفیت خازن نشان داده شده در شکل ۱۶ـ۸ـ ب دو برابر ظرفیت خازن شکل ۱۶ـ۸ـ الف است.



شکل ۱۶ـ۸ـ خازن با سطح صفحات متفاوت

۲ـ۵ـ۸ـ فاصله بین صفحات خازن (d):

ظرفیت خازن با فاصلـه صفحات آن رابطه عکس دارد. چـون هر چه فاصله بین صفحـات افزایش می یابد ظرفیت خازن کم می شـود. (شـکل ۱۷ـ۸) دو خـازن A و B را با هم مقایسـه می کند. چون فاصله صفحات خازن b دو برابر صفحات خازن a اسـت، بنابراین ظرفـی خازن الف دو برابر ظرفیت خازن ب می شود.



الف ـ خازن با ظرفیت زیاد ب ـ خازن با ظرفیت کم

شکل ۱۷ـ۸ـ اثر تغییر فاصله بین صفحات بر روی ظرفیت

۳ـ۵ـ۸ـ ماده عایق (دیالکتریک ـ K):

یکی دیگر از عواملی که در ظرفیت خازن تأثیر مستقیم دارد، ماده عایق (دی الکتریک) به کار رفته در بین دو صفحه خازن اسـت. هر چه خاصیت عایقی ماده بـکار رفته زیادتر باشـد ظرفیت خازن بیشتر خواهد شد. جدول ۲ـ۸ خاصیت عایقی چند ماده را نشـان می دهد. ضریب دی الکتیک همه مواد نسبت به هوا سنجیده می شوند.

جدول ۲ـ۸

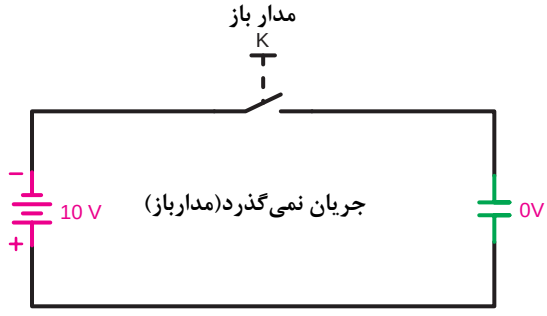
ماده دی الکتریک	ضریب دی الکتریک
هوا	۱
شیشه	۴/۲
میکا	۵-۹
باکلیت	۴/۵-۷/۵
لاستیک	۲/۸
کاغذ	۳/۵
پارافین	۲/۲

۶ـ۸ـ عملکرد خازن در جریان الکتریکی

۱ـ۶ـ۸ـ رفتار خازن در جریان مستقیم (DC)

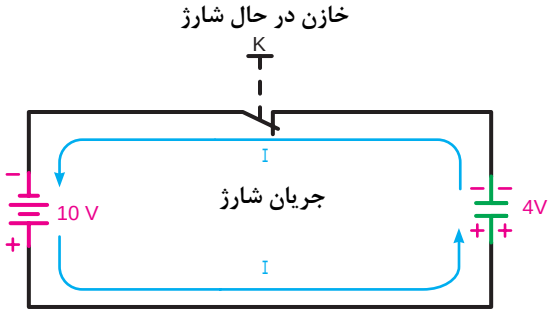
هرگاه خازنی در مدار جریان مسـتقیم قرار گیرد مقدار جریان الکتریکی مدار آن در تمام لحظات پس از وصل کلید یکسان نیست.

در لحظـه اول که صفحات خازن خالی اسـت به محض وصل کلید، الکترون های زیادی با سـرعت به طرف سـطح صفحات حرکت می کنند. (شکل ۱۸ـ۸) عایق بین صفحات خازن باعث می شـود تـا الکترون های جمع شـده در یک



شکل ۱۸ـ۸ـ کلید قطع و مدار خازن باز می شود.

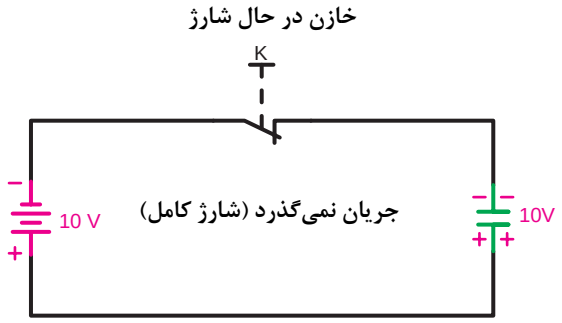
صفحــه ارتباطی با صفحه مقابل نداشــته باشــد و صفحات خازن باردار شوند. (شکل ۱۹ـ۸)



شکل ۱۹ـ۸ـ کلید وصل و خازن در حال شارژ می باشد.

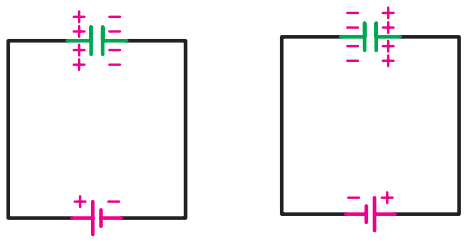
حرکــت الکترون ها تا زمانی که عمل شــارژ در صفحات وجود دارد، ادامه می یابد و رفته رفته مقدار جریان عبوری از مدار کم می شود. زیرا سطح صفحات خازن شارژ کامل شده و از عبور جریان جلوگیری می کنند. (شکل ۲۰ـ۸)

در واقع در لحظه اول ولتاژ دو ســر خازن صفر بوده ولی جریــان عبوری از آن زیاد اســت. 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 ۲۰ـ۸ـ کلید وصل و خازن شارژ کامل شده است.

وضعیت صفحات خــازن از نظر نوع بار الکتریکی ذخیره شــده به نحوه اتصال پلاریته منبع تغذیه بستگی دارد. یعنی اگــر جهت قطب های خازن را عــوض کنیم نوع بارهایی که در صفحات خازن ذخیره می شــوند، نیز تغییر خواهد کرد. (شکل ۲۱ـ۸)

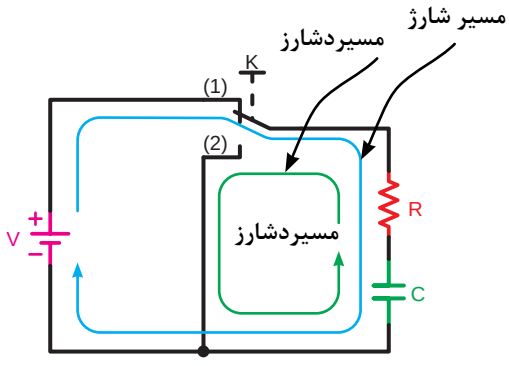


شکل ۲۱ـ۸ـ وضعیت صفحات خازن از نظر نحوه اتصال به پلاریته منبع تغذیه

۲ـ۶ـ۸ـ شارژ و دشارژ (ثابت زمانی خازنی)

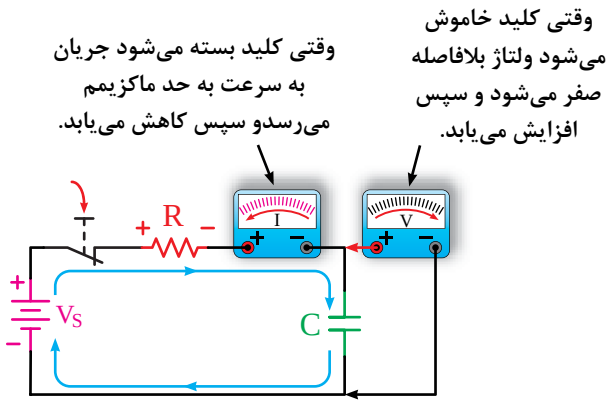
تمام مراحل و اتفاقات اشــاره شــده در یک لحظه کوتاه اتفاق می افتــد. در مدار خازن ها برای افزایش زمان شــارژ و دشــارژ از یک مقاومت سری در مســیر خازن ها استفاده می کنیم.

در شــکل ۲۲ـ۸ـ مسیر شــارژ (کلید حالت ۱) و دشارژ (کلید حالت ۲) خازن C نشان داده شده است.



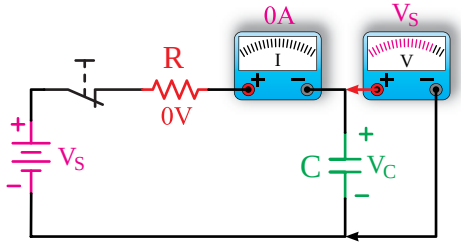
شکل ۲۲ـ۸ـ مسیر شارژ و دشارژ خازن

شـــکل ۲۳ـ۸ـ الف مدار خازنی را در لحظه وصل کلید از نظر ولتاژ و جریان نشان می دهد.



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

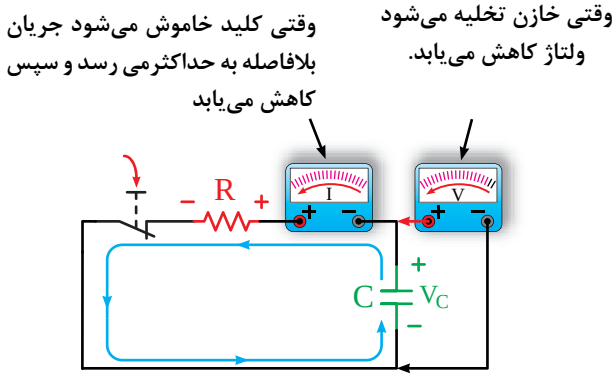
شـــکل ۲۳ـ۸ـ ب یک مدار خازنی را در شـــرایطی نشان می دهد که کلیـــد، مدت زمانی طولانی وصل بوده و ولتاژ و جریان نسبت به حالت الف عکس شده است.



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

شکل ۲۳ـ۸

اگـــر منبع تغذیه را برداشـــته و ولتاژ دو ســـر خازن را از طریق مقاومت اهمی دشارژ کنیم مقدار ولتاژ و جریان خازن مطابق شکل ۲۴ـ۸ خواهد شد.

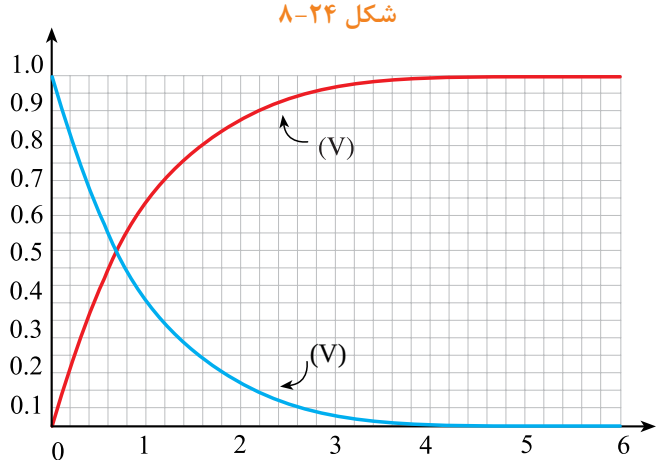


تخلیه بار ولتاژ مقاومت و جریان از مقدار حداکثر اولیه کاهش می یابد. توجه داشته باشید که جریان تخلیه بار مخالف با جریان بار می باشد.

شکل ۲۴-۸

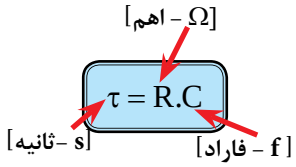
شـــکل ۲۵ـ۸ منحنی تغییرات ولتاژ خـــازن را در حالت شارژ و دشارژ نشان می دهد.

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 یکســـری پرش های زمانی و در طی یک بازهای مشخصی به مقدار حداکثر و حداقل خود می رســـد. اصطلاحاً به مدت زمانی که طول می کشد تا ولتاژ خازن به اندازه ۶۳/۲٪ مقدار ماکزیمم خود افزایش یا کاهش یابد «ثابت زمانی» گفته و با



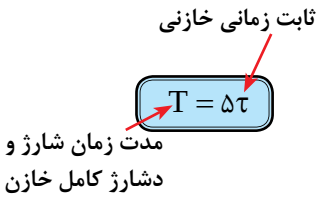
شکل ۲۵ـ۸ـ منحنی های ولتاژ خازن در حالت شارژ و دشارژ

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



بر پایه آزمایش های انجام شده روی یک خازن مشخص گردیـده پس از گذشـت ۵ ثابت زمانی ولتاژ دو سـر آن به مقدار حداکثر (در شـرایط شـارژ) و به مقـدار حداقل (در شرایط دشارژ) می رسد.

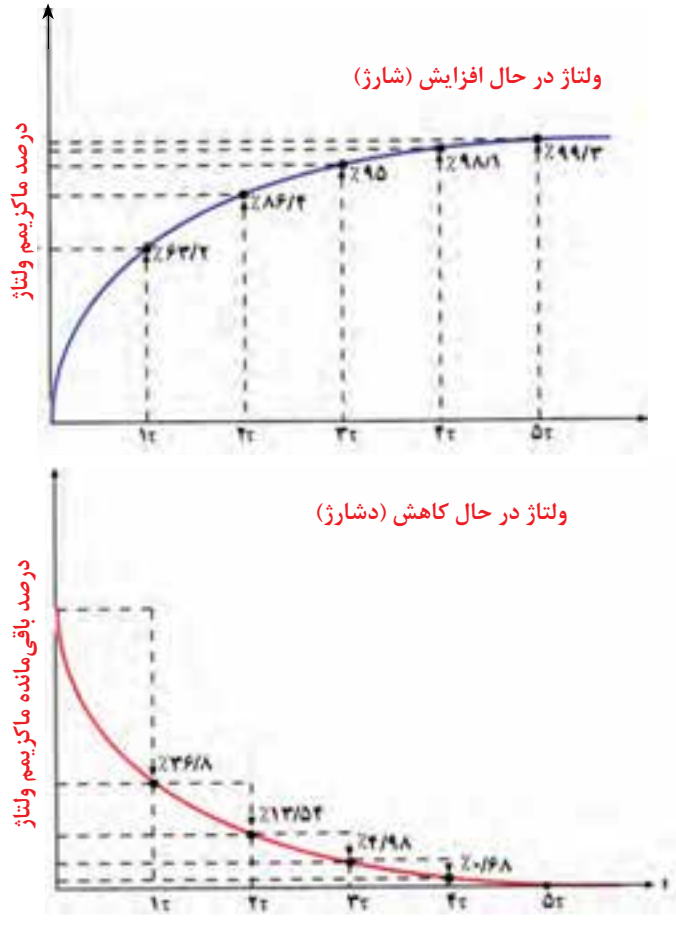
مدت زمان شـارژ یا دشـارژ کامل یک خـازن را مطابق رابطه مقابل می توان چنین محاسبه کرد.



براسـاس این مطالـب پس می توان منحنی های شـارژ و دشـارژ یک خازن را به همراه جداول شـارژ و دشـارژ را بـه ترتیب مطابق شـکل های (۲۵ـ۸) و (۲۶ـ۸) مشـاهده می کنید.

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

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

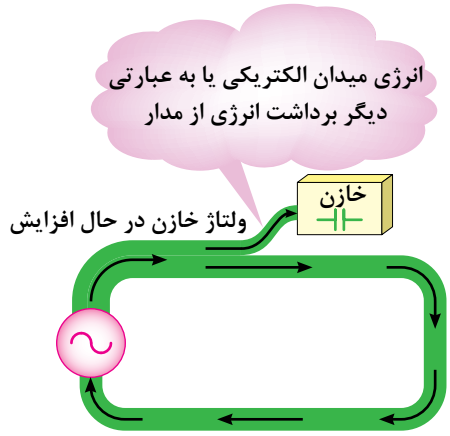


شکل (۲۶ـ۸)

۸ـ۷ خازن از نقطه نظر انرژی

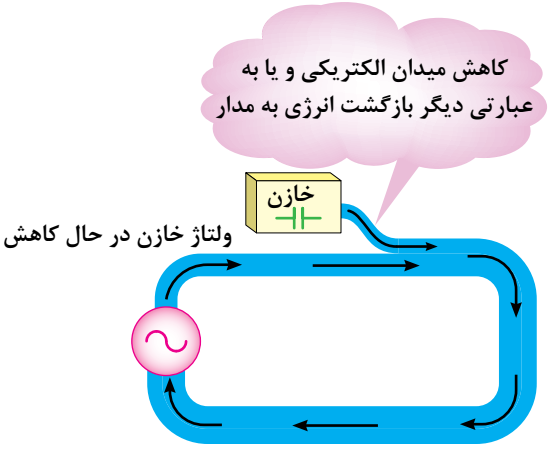
خازن ها نیز مشابه سلف ها هرگاه به جریان متغیری متصل شوند بطوری که ولتاژ دو سر آنها تغییر کند دائماً در حال تبادل انرژی خواهد بود.

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



شکل ۸-۲۷

یک خازن در لحظاتی که ولتاژ دو سر آن در حال افزایش است یعنی در شرایط دریافت و ذخیره سازی انرژی مطابق شکل (۸ـ۲۷) است. هنگامی که ولتاژ خازن شروع به کاهش کند بارهای الکترواستاتیکی شروع به کم شدن کرده و انرژی ذخیره شده را مطابق شکل (۸ـ۲۸) به مدار باز می گرداند.



شکل ۸-۲۸

۸ـ۸ انرژی ذخیره شده در خازن

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

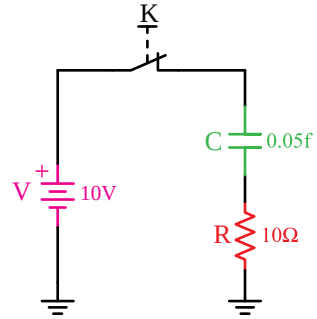
$$W_c = \frac{1}{2} C.V_c^2$$

C ـ ظرفیت خازن بر حسب فاراد [f]

V ولتاژ دو سر خازن بر حسب ولت [v]

Wc ـ انرژی ذخیره شده در خازن بر حسب ژول [j]

مثال ـ مقدار انرژی ذخیره شده در خازنی با مشخصات نشان داده شده در شکل (۸ـ۲۹) را در صورتی که کلید K برای مدت زمان طولانی بسته شده باشد چند ژول است؟



شکل ۸-۲۹

حل: در شرایط دائم کار خاصیت خازنی وجود ندارد و همه ولتاژ منبع در دو سر خازن قرار می گیرد.

$$Vc = V = ۱۰v$$

$$Wc = \frac{۱}{۲} C.Vc^۲$$

$$Wc = \frac{۱}{۲} \times ۰/۵ \times (۱۰)^۲ = ۲/۵[J]$$

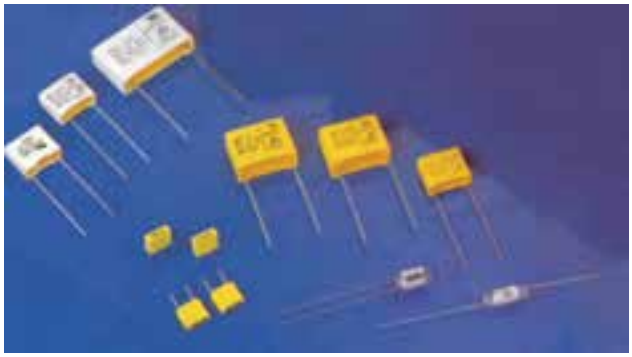
۹ـ۸ـ ظرفیت نامی خازن

مقـدار ظرفیتی که روی بدنه خازنها نوشـته می شـود، «ظرفیت اسمی» یا «ظرفیت نامی» می نامند و مقدارظرفیت واقعی خازن معمولاً بیشتر یا کمترازظرفیت اسمی آن‌است.

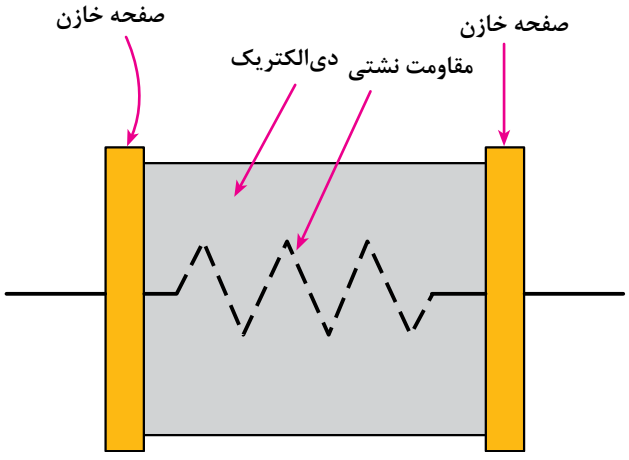
یکی از علل این افت مربوط به مقاومت داخلی (مقاومت نشتی) بین دو صفحه خازن است.

چون در عمل مادهای با خاصیت عایقی صددرصد وجود ندارد، مواد عایقی که بین صفحات خازن قرار می گرند مقدار بسیار کمی جریان از خود عبور می دهند. دیالکتریک خازن دارای مقاومت زیادی اسـت که آن را مقاومت نشتی گویند. هرقدر مقاومت نشـتی بیشـتر باشـد ظرفیت خازن زیادتر می شود.

خازن هـای بزرگ چون دارای سـطح صفحـات بزرگی هسـتند، لـذا مقاومتت نشـتی آن ها کم بـوده و در نتیجه ظرفیت واقعی خوبی ندارند. (شکل ۳۱ـ۸)



شکل ۳۰-۸



شکل ۳۱-۸

۱۰ـ۸ـ انواع خازن ها و کدهای رنگی آن ها

به طور کلی خازن ها به دو دسته زیر تقسیم می شوند:

۱ـ خازن های ثابت

۲ـ خازن های متغیر

۱ـ۱۰ـ۸ـ خازن های ثابت

ظرفیـت ایـن خازن ها ثابت اسـت و نمی تـوان مقدار آن هـا را تغییر داد. این نوع خازن ها براسـاس جنس ماده دیالکتریک نام گذاری می شـوند. از انـواع خازن های ثابت می توان خازن های کاغذی، سـرامیکی و میکایی را نام برد. (شـکل ۳۲ـ۸) این خازن هـا در ظرفیت های کم سـاخته می شـوند. نوع دیگـری از خازن های ثابت وجـود دارد که در ظرفیت هـای زیاد سـاخته می شـود. ایـن خازن ها را «خازن های الکترولیتی» می نامند.

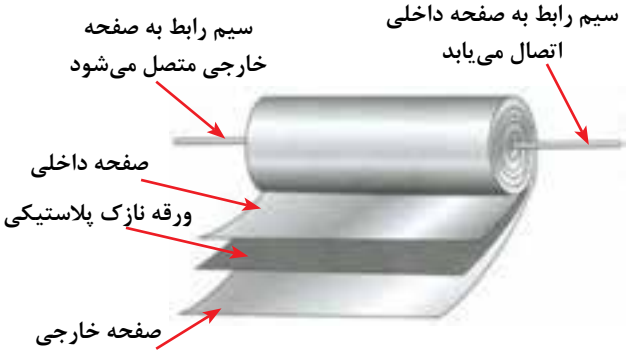
الف- شکل ظاهری خازن الکترولیتی

ب- شکل ظاهری خازن سرامیکی

ج- شکل ظاهری خازن

شکل ۳۲ـ۸ـ شکل ظاهری چند خازن به همراه مشخصات اسمی

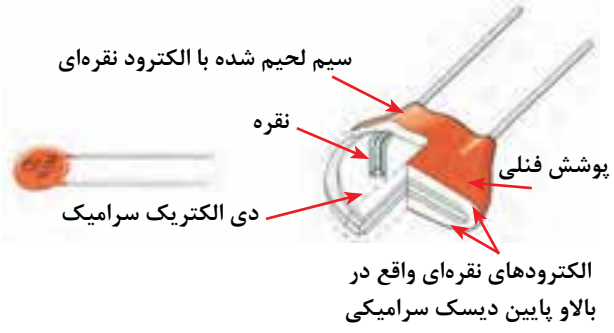
خازن‌های کاغذی: دی الکتریک این نوع خازن یک کاغذ مشـــبک آغشته به یک دی الکتریک مناسب است صفحات هادی خازن از جنس آلومینیوم ســـاخته می شود. از این خازن ها بیشـــتر در ولتاژها و جریان های زیاد استفاده می شود.



شکل ۳۳ـ۸ـ مقاومت نشتی خازن ها در حد مگان اهم است.

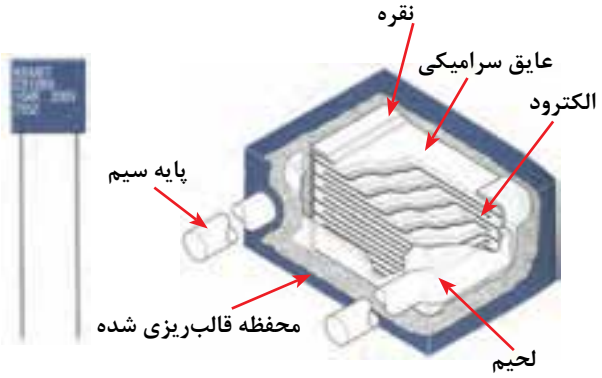
شـــکل ۳۳ـ۸ ســـاختمان داخلی و شـــکل ۳۴ـ۸ شـــکل ظاهری این خازن ها را نشان می دهد.

خازن هـــای ســـرامیکی: عایـــق بـــه کار رفته در ایـــن خازن ها از جنس ســـرامیک و صفحـــات هادی آن آلومینیومی است. سیم های رابط را به صفحات آلومینیومی وصل می کنند.



شکل۳۵-۸

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 ۳۵ـ۸ و ۳۶ـ۸)



شکل ۳۶-۸

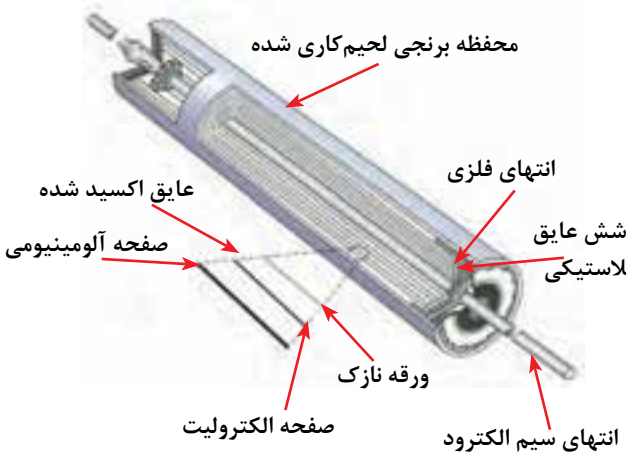
خازن هـای میکا: در این خازن ها عایق به کار رفته از جنس میکا و صفحات هادی از جنس نقره اسـت که در دمای بالا روی ورقه های میکا را به صورت یک در میان روی یک دیگر قرار می دهند و در نهایت سـریه ای صفحات را با سیم به هم لحیم می کنند. (شکل ۳۷ـ۸)

الف- آرایش لایه‌ای در قطبی

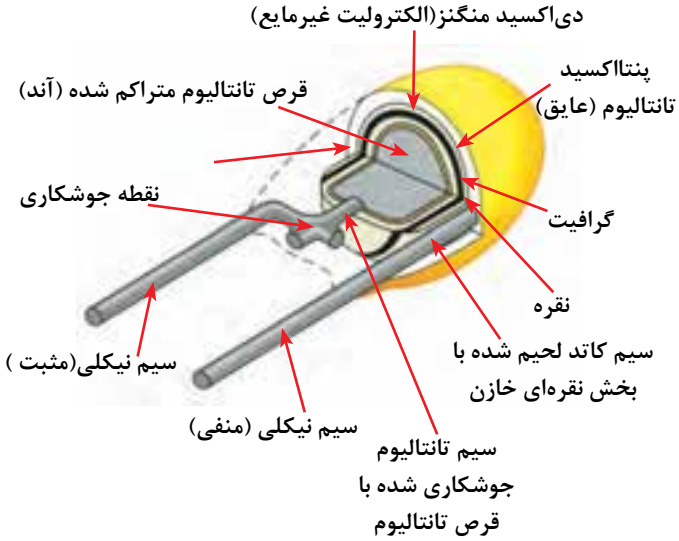
ب- لایه‌ها به هم فشرده می‌شوند و در کپسول قرار می‌گیردند

شکل ۳۷-۸

خازن هـای الکترولیتـی: این نـوع خازن ها ظرفیت هـای نسـبتاً بالایـی دارند. صفحـات آن از جنس آلومینیوم یا تانتالیوم اسـت. اکثر خازنها الکترولیتی قطبی هسـتند یعنی قطب های مثبت و منفـی روی پایه های آن مشخص شده اسـت. چگونگی سـاخت آن ها بدین صورت است که در هنگام سـاخت یک ورقه آلومینیومی به نام آند بـا یک ورقه آلومینیومی دیگـر به نام کاتد به همراه دو لایه کاغذ مشـبک به عنوان عایق در بیـن دو ورقه آلومینیومی قرار می گیرند. مجموعه به صورت استوانه روی هم پیچیده می شود. (شکل ۳۸ـ۸)



شکل ۳۸-۸



شکل ۳۹ـ۸- ساختمان داخلی خازن تانتالیوم

از خازن های الکترولیتـی در منابع تغذیه الکترونیکی و تایمرهای الکترونیکی اسـتفاده می شود. شکل های ۳۹ـ۸ و شکل ۴۰ـ۸ سـاختمان داخلی و ظاهری نمونه هایی از این خازن ها را نشان می دهند.

الف- خازن الکترولیتی

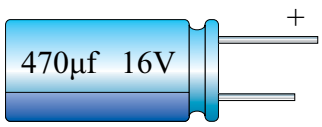
ب- الکترولیت‌های سیمی شعاعی

شکل ۴۰ـ۸ـ ساختمان خازن الکترولیتی

۲ـ۱۰ـ۸ـ اطلاعاتی درمورد خازن‌های الکترولیتی:

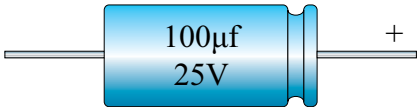
خازن هـای الکترولیـت در چند نوع مختلـف نیز تولید می شوند:

۱ـ نوع اسـتوانه ای یک طرفه[1]: در این نوع سیم های خازن از یک طرف بیرون می آید. (شکل ۴۱ـ۸)



شکل ۸-۴۱

۲ـ نوع هم محور[2]: سـیم های این خـازن از دو طرف آن بیـرون می آید و روی بدنه خـازن در طرف قطب مثبت فرورفتگی دارد. (شکل ۴۲ـ۸)



شکل ۸-۴۲

۳ـ نـوع غیرقطبی[3]: این خازن ها قطب مثبت و منفی ندارنـد و آن ها را می توان از هر طـرف در مدار به کار برد. روی بدنه بسیاری از این خازن ها در هر دو طرف فرورفتگی وجود دارد. (شکل ۴۳ـ۸)

شکل ۸-۴۳

۴ـ نوع قوطی[4]: این خازن ها به شـکل استوانه هستند و ترمینال های مربوط به قطب مثبت و منفی آن ها از طرف یکی از قاعده های استوانه بیرون آمده است. روی بدنه خازن در آن طرف که ترمینال های بیرون آمده اند، یک فرورفتگی وجود دارد. این خازن ها به وسیله بست کمربندی مخصوصی روی دستگاه نصب می شوند. (شکل ۴۴ـ۸)

شکل ۸-۴۴

1- Single-End or Radial

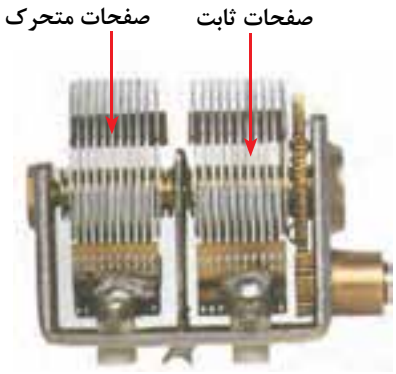
2- Axial

1-Non-Polar

2- Can type

۳ـ۱۰ـ۸ـ خازن های متغیر:

به خازن هایی گفته می شـود کـه دارای ظرفیت ثابت نیسـتند. ظرفیت آن ها بـا تغییر در یکی از عوامل سـطح صفحات یا فاصله بین آن ها تغییر می کند. ماده دی الکتریک این خازن ها هوا یا پلاسـتیک است. از خازن های متغیر در گیرنده های رادیویی اسـتفاده می شود. این خازن ها در دو شـکل «خازن واریابل» و یـا «تریمر» مورد اسـتفاده قرار می گیرند. (شکل ۴۵ـ۸)



شکل ۴۵ـ۸ـ خازن واریابل

شکل ۴۶ـ۸ 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 وسـیله پیچ گوشتی تغییر می کند.

شکل ۴۶-۸

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

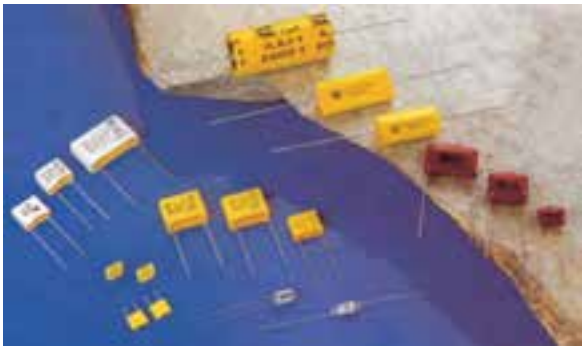
۱ـ ظرفیت: مقدار گنجایش بار الکتریکی خازن.

۲ـ ولتـاژ کار: حداکثر ولتاژی که می توان به طور دائم به خازن اعمال کرد.

۳ـ تلرانس: حداکثـر انحراف مجاز نسـبت به ظرفیت اسمی خازن

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

برخی از مواردفوق را در شکل ۴۷ـ۸ مشاهده می کنید.

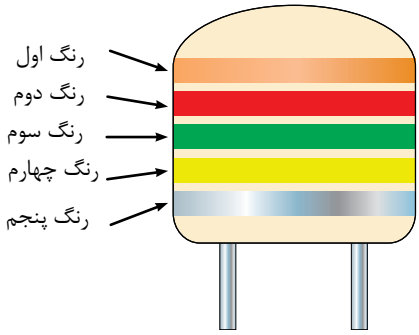


شکل ۴۷-۸

مقادیر مربوط به مشـخصات فـوق را در بعضی خازن ها روی بدنه آن ها می نویسند و در برخی دیگر به کمک کدهای رنگی مشخص می کنند که در اینجا به ذکر نمونه هایی برای هر دو حالت می پردازیم. (شکل ۴۸-۸)

هر یک ازروش های نوار رنگی یا نوشتن ظرفیت خازن ها خود به راه های مختلف انجام می شـود که به بررسی آن ها می پردازیم.

الف)

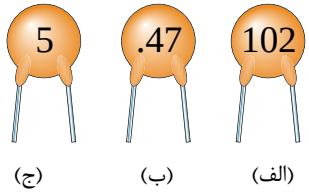


ب)

شکل ۴۸-۸

۴ـ۱۰ـ۸ـروش مقدار نویسی ظرفیت روی بدنه خازن ها:

در برخـی مـوارد روی بدنه خازن هـا ظرفیت را با یک عدد اعشـاری و یا یک عدد صحیح (به صورت رمز) مشخص می کنند. اگر عدد به صورت اعشاری باشد ظرفیت برحسب میکروفاراد و در صورتی که عدد به صورت عدد صحیح بیان شـود بر حسب پیکوفاراد است. به عنوان مثال اگر روی بدنه خازن ها مطابق شـکل ۵۰ـ۸ اعداد ۱۰۲، ۰/۴۷ و ۵ نوشته شده باشد ظرفیت آن ها برابر است با:



شکل ۴۹-۸

a) ۱۰۲ = ۱۰۰۰ pf

b) ۰۴۷ = ۰/۴۷ µf

c) ۵ = ۵ pf

در این روش برای بیان تلرانس خازن از حروف اختصاری مشابه جدول ۴۷ـ۸ استفاده می شود.

جدول ۴۷-۸

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

۵ـ۱۰ـ۸ـ روش نوارهای رنگی روی بدنه خازن ها:

روش نوارهـای رنگی که بر روی بدنـه خازن ها به کار مـی رود در خازن های مختلـف با یکدیگـر تفاوت هایی را دارند.

ـ روش پنج نـواری: از این روش برای تعیین ظرفیت، تلرانـس و ولتـاژ کار خازن های سـرامیکی، کاغذی و میکا اسـتفاده می شود. شـکل ۸ـ۵۰ 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[1] ـ بیانگر عدد اول

نوار رنگی دوم ـ بیانگر عدد دوم

نوار رنگی سوم ـ ضریب

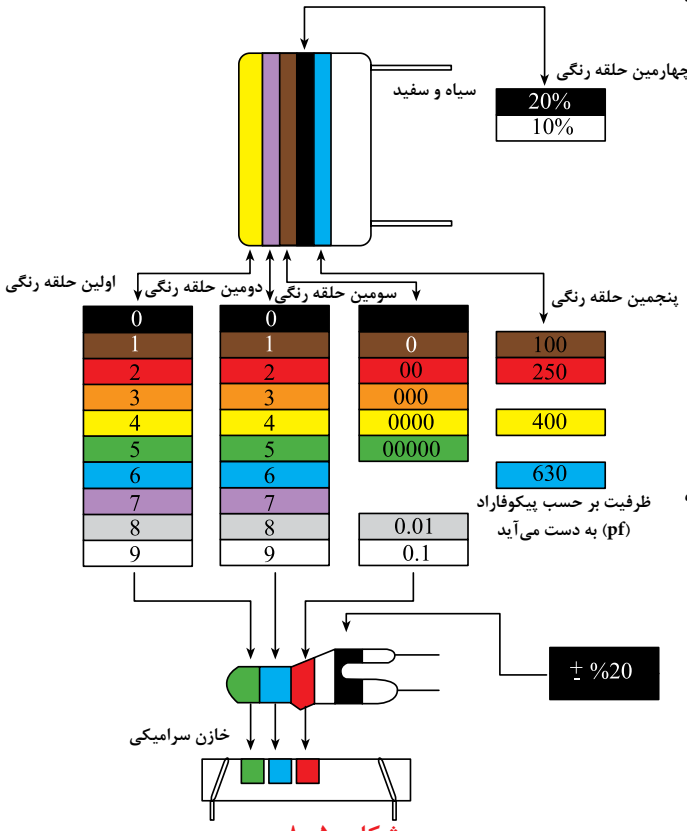
نوار رنگی چهارم ـ تلرانس

نوار رنگی پنجم ـ ولتاژ کار

تذکـر: در مـواردی که نوار ئرنگـی تلرانس وجود ندارد، مقدار تلرانس خازن ۲٪ است.

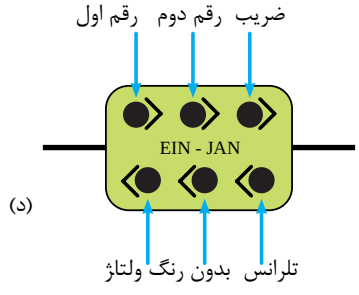
توجه

بـرای خواندن مقدار ظرفیت و تلرانس خازن ها با اسـتفاده از کد رنگی باید حتماً جداول مربوطه داده شود. ضرورتی به حفظ کردن اعداد جدول نیست.



شکل ۸ـ۵۰

شـکل ۸ـ۵۱ـ انواع مختلف شـکل های ظاهری و نحوه قرار گرفتن نوارهای رنگـی روی بدنه خازن ها را در حالات گوناگون نشان می دهد.



شکل ۸ـ۵۱

۱ ـ در برخی خازن‌ها نوار رنگی اول نشان دهنده ضریب حرارتی است.

مثـال: ظرفیت خازن هایی که کد رنگی آن ها در جدول ۸ـ۴ بیان شده است را تعیین کنید.

حل: با توجه به کدهای رنگی می توان نوشت:

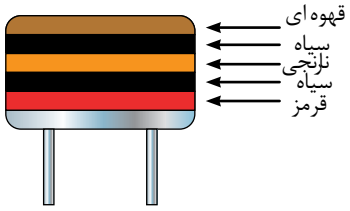
$$C_۱ = ۲۲۰nF / ۲۵۰V \pm ٪۲۰$$
$$C_۲ = ۴/۷nF / ۴۰۰V \pm ٪۱۰$$
$$C_۳ = ۱/۵\mu F / ۱۰۰V \pm ٪۲۰$$
$$C_۴ = ۳/۳\mu F / ۶۳۰V \pm ٪۲۰$$

جدول ۸-۴

خازن	نوار اول	نوار دوم	نوار سوم	نوار چهارم	نوار پنجم
$C_۱$	قرمز	قرمز	زرد	سیاه	قرمز
$C_۲$	زرد	بنفش	قرمز	سفید	زرد
$C_۳$	قهوه ای	سبز	سبز	سیاه	قهوه ای
$C_۴$	نارنجی	نارنجی	سبز	سیاه	آبی

مثال: مشـخصات خازن های شـکل ۸ـ۵۲ را به دست آورید.

حل:



شکل ۸-۵۲

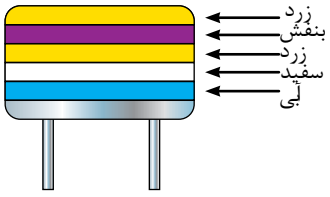
قرمز سیاه نارنجی سیاه قهوه ای

۱ ۰ ۰۰۰ ±٪۲۰ ۲۵۰

$$C = ۱۰۰۰۰_{pf} \pm ٪۲۰, ۲۵۰_{V}$$

مثال: ظرفیت و ولتاژ کار خازن شـکل ۸ـ۵۳ را به دست آورید.

حل:



شکل ۸-۵۳

آبی سفید زرد بنفش زرد

جدول ۸-۵

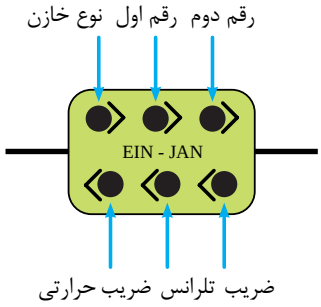
رنگ		ضریب حرارتی
Black	سیاه	۰
Brown	قهوه ای	-۳۰
Red	قرمز	-۸۰
Orange	نارنجی	-۱۵۰
Yellow	زرد	-۲۲۰
Green	سبز	-۳۳۰
Blue	آبی	-۴۷۰
Violet	بنفش	-۷۵۰
Gray	خاکستری	+۳۰
White	سفید	+۱۲۰
Gold	طلایی	----
Silver	نقره ای	----

نوار رنگی مربوط بـه ضریب حرارتی معمولاً پهن تر از سایر نوارها می باشـد. جدول ۸ـ۵ مفهوم رنگ های ضریب حرارتی را نشان می دهد.

۴ ۷ ۰۰۰۰ ±٪۱۰, ۶۳۰$_{V}$

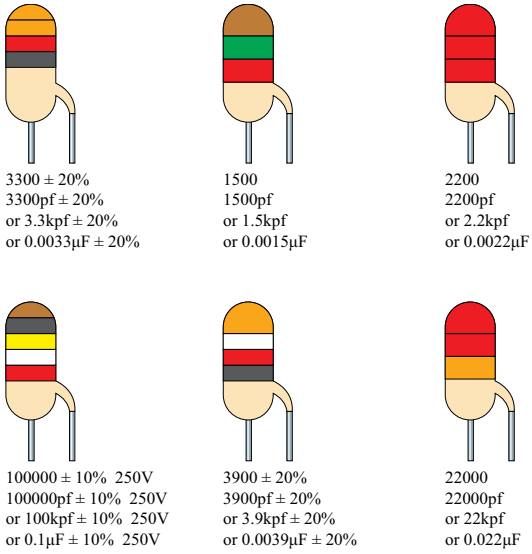
$$C = ۴۷۰۰۰۰_{p} \pm ٪۱۰, ۶۳۰_{V}$$

ـ روش های شـــش نقطـــه ای: شـــکل ۵۴ـ ۸ نحوه کدگـــذاری رنگی خازن های شـــش رنگ را نشـــان می دهد. مقادیر کدهای رنگی را از جدول ۵ـ۸ و شکل ۵۵ـ۸ می توان به دست آورد.



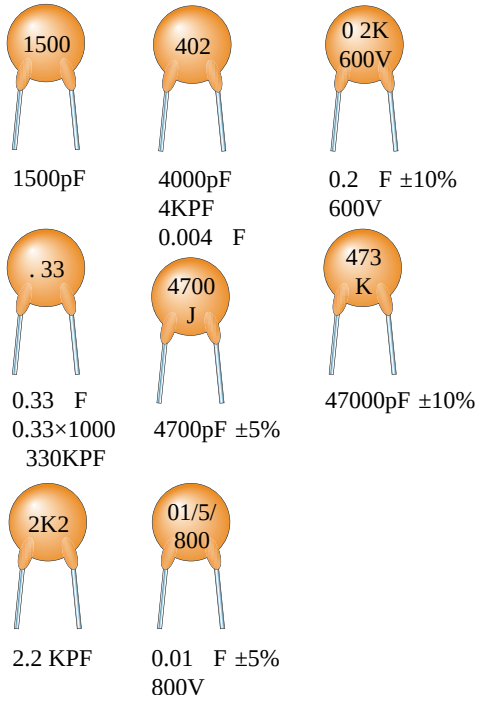
شکل ۵۴-۸

شکل ۵۵ـ۸ مثال هایی از خازن هایی که تعداد نوارهای رنگی آن ها پنج یا کمتر است، نشان می دهد.



شکل ۵۵-۸

شـــکل ۵۶ـ۸ مثال هایی از خازن های مشـــخص شده به روش کدگذاری را نشان می دهد.



شکل ۵۶-۸

توضیح

برای بیان واحد ظرفیت خازن های نشـــان داده شـــده در شـــکل های ۵۵ـ۸ و ۵۶ـ۸ از حـــروف اختصاری استفاده شده که به شرط زیر می باشد.

pf (پیکـــو فـــاراد)، Kpf (کیلو پیکوفـــاراد یا نانو فاراد) µf (میکرو فاراد)

۱۱ـ۸ـ به هم بستن خازن ها

اگـر ظرفیت خازنـی مورد نیاز باشـد کـه 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.

۱ـ۱۱ـ۸ـ اتصال سری خازن ها:

هـرگاه دو یـا n خازن به صـورت متوالی اتصـال یابند یعنی انتهای اولی به ابتدای دومی و انتهای دومی به ابتدای سومی و این کار تا آخرین خازن ادامه داشته باشد. این نوع اتصال را «سـری» گویند. (شکل ۵۷ـ۸) (مانند اتصال سری مقاومت ها) روابط حاکم بر این مدارها به صورت زیر است:

ـ عامل مشترک مدار:

چـون یک مسـیر عبور جریـان وجود دارد لـذا جریان عبوری یا به عبارت دیگر بار الکتریکی ذخیره شـده Q در همه خازن ها یکسان است. (شکل ۵۸ـ۸)

$$Q_۱ = Q_۲ = Q_۳ = ... = Q_n = Q_T$$

ـ عامل غیرمشترک مدار:

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

ولتاژ کل مدار بین عناصر مدار به نسـبت عکس ظرفیت $\left(V = \frac{Q}{C}\right)$ بین خازن های تقسیم می شود. (شکل ۵۹ـ۸)

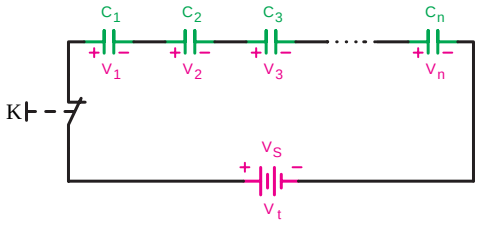
$$V_T = V_۱ + V_۲ + V_۳ + ... + V_n$$

ـ ظرفیت خازن معادل مدار:

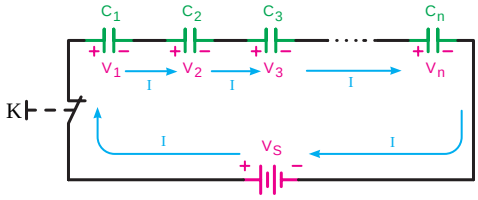
با اسـتفاده از رابطه $V = \frac{Q}{C}$ و در نظـر گرفتن رابطه تقسیم ولتاژ بین خازن های سری می توانیم بنویسیم (شکل ۶۰ـ۸)

$$V_T = V_۱ + V_۲ + V_۳ + ... + V_n$$

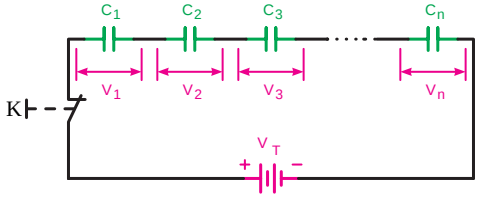
$$\frac{Q_T}{C_T} = \frac{Q_۱}{C_۱} + \frac{Q_۲}{C_۲} + \frac{Q_۳}{C_۳} + ... + \frac{Q_n}{C_n}$$



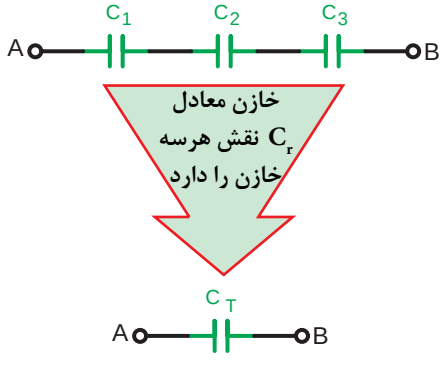
شکل ۵۷ـ۸



شکل ۵۸ـ۸



شکل ۵۹ـ۸



شکل ۶۰ـ۸

چون در مدار سری $Q_1 = Q_2 = ...Q_n$ 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:

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

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

مثال: ظرفیت خازن معادل از دو نقطه A و B در شکل ۶۱ـ۸ چند میکروفاراد است؟

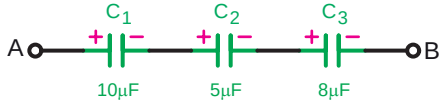
حل: برای محاسبه خازن معادل به صورت مقابل می توان عمل نمود:

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

با معکوس کردن رابطه و جایگزینی اعداد، مقدار ظرفیت معادل به دست می آید.

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

$$C_T = \frac{1}{0/425} = 2/35\mu F$$



شکل ۶۱-۸

نکته مهم:

مقدار ظرفیت خازن معادل از کوچک ترین ظرفیت خازن در مدار کوچکتر است.

– حالات خاص در مدارهای سری خازنی:

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

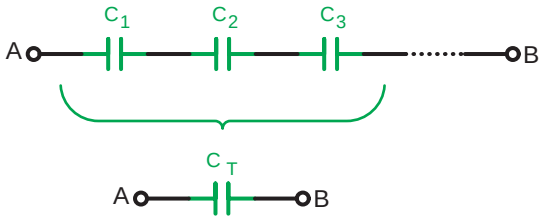
$$C_T = \frac{C}{n}$$

c ـ ظرفیت یک خازن

n ـ تعداد خازن ها

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

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



$$(C_1 = C_2 = C_3 = ...C_n)$$

شکل ۶۲-۸

مثال: ظرفیت خازن معادل شکل ۸ـ۶۳ چند میکروفاراد است؟

حل: ظرفیت خازن ها مساوی است.

$$C_۱ = C_۲ = C_۳ = C_۴ = C = ./۰۲$$

پس می توانیم بنویسیم.

$$C_T = \frac{C}{n} = \frac{./۰۲\mu f}{۴} = ./۰۰۵\mu f$$

مثـال: ظرفیت خازن معادل شکل ۸ـ۶۴ چند پیکوفاراد است؟

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

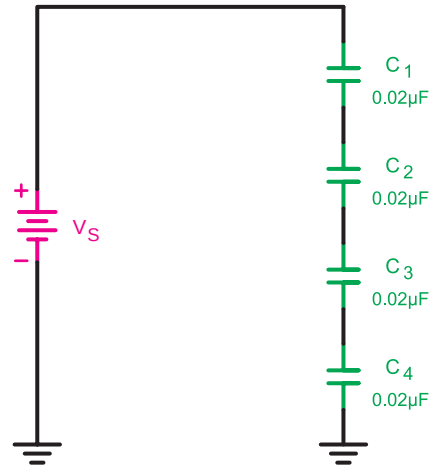
$$\frac{۱}{C_T} = \frac{۱}{۱۰۰} + \frac{۱}{۳۰۰} = \frac{۳+۱}{۳۰۰} = \frac{۴}{۳۰۰}$$

$$C_T = \frac{۳۰۰}{۴} = ۷۵pf$$

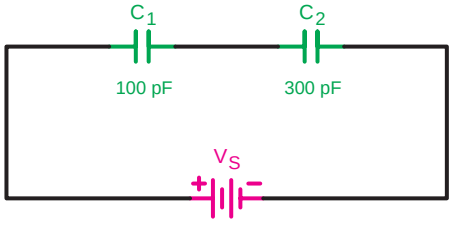
یا با استفاده از رابطه ساده زیر می توانیم بـ ویسیم:

$$C_T = \frac{C_۱C_۲}{C_۱ + C_۲} = \frac{۱۰۰\times۳۰۰}{۱۰۰+۳۰۰}$$

$$C_T = \frac{۳۰۰۰۰}{۴۰۰} = ۷۵pF$$



شکل ۸-۶۳



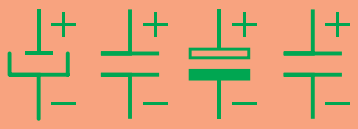
شکل ۸-۶۴

نکات ایمنی

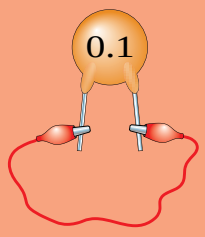
۱ـ ضروری است در آزمایش های مربوط به خازن علاوه بر نکات ایمنی کارهای عملی قبل به دو نکته زیر نیز توجه شود.

۲ـ 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 aدشارژ (تخلیه) کنید.

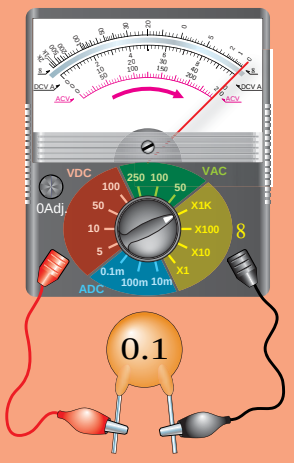
۳ـ قبـل از انجام آزمایش های مربوط به خازن ها مطابق تصاویر نشان داده شده از سالم بودن آن ها اطمینان حاصل کنید و سپس آن ها را در مدار قرار دهید. (شکل های الف، ب، ج، د)



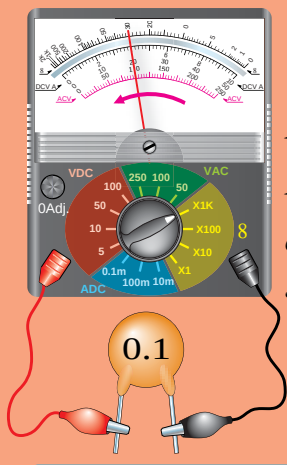
الـف ـ دو پایـه خازن را با سـیمی بـه هم وصل کنید تا اتصال کوتاه شـده و خازن دشارژ شود (روش تخلیه خازن)



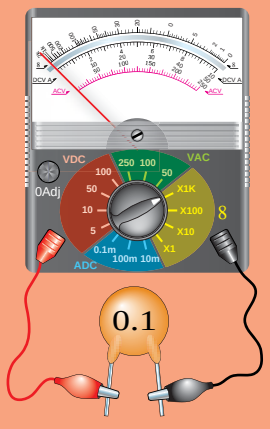
ب ـ اگر عقربه اهم متر روی عدد صفر قرار گرفت نشـان می دهـد، خازن اتصال کوتاه است.



ج ـ اگر عقربه اهم متر در ابتـدا روی صفـر قرار گرفت و سپس به آهستگی بازگشـت نشـان می دهد خازن سالم است.



د ـ اگـر عقربه اهم متر حرکتی نداشته باشند نشان می دهد که خازن قطع بوده و اشکال دارد.



نکته مهم:

گاهی ممکن اسـت خازن در تست اهمی سالم نشان دهد (عقربه اهم متر حرکت کند و بازگردد) ولی عملاً نشتی 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)

۱ـ منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱ دستگاه
۲ـ آوومتر عقربه‌ای	۱ دستگاه
۳ـ آوومتر دیجیتالی	۱ دستگاه
۴ـ بردبرد آزمایشگاهی	۱ عدد
۵ـ LC متر	۱ عدد
۶ـ مقاومت $R = ۱M\Omega(۱W)$	۱ عدد
۷ـ خازن‌ها	
$C_۱ = ۲/۲\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۱ عدد
$C_۲ = ۱۰\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۳ عدد
$C_۳ = ۴/۷\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۱ عدد
۸ـ باتری ۱/۵ ولتی	۴ عدد
۹ـ سیم چین	۱ عدد
۱۰ـ سیم لخت کن	۱ عدد
۱۱ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر

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

توجه

برای اندازه گیری ولتاژ و جریان عناصر مدار می توانید از یک آوومتر دیجیتالی یکبار به صورت ولت متری و بار دیگر به صورت آمپرمتری به طور جداگانه استفاده کنید.

الف اندازه‌گیری و محاسبه ظرفیت خازن معادل

مراحل اجرای آزمایش

۱ـ هر یک از خازن های C_1 و C_2 و C_3 را با توجه به مقادیری که روی آن ها نوشته شده با LC متر اندازه گیری کنید و مقادیر را در جدول ۶ـ۸ بنویسید.

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

۳ـ سه خازن C_1 و C_2 و C_3 را مطابق شکل ۶۵ـ۸ 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.

(اندازه گیری) $C_{AB}=$ ☐ μf

۴ـ مقدار ظرفیت معادل را از رابطه زیر محاسبه کنید

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

(محاسبه) $C_{AB}=$ ☐ μf

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

۶ـ خازن $C_۴=۱۰\mu f$ را مطابق شکل ۶۶ـ۸ به مدار شکل ۶۵ـ۸ اضافه کنید و سپس ظرفیت خازن معادل را با استفاده از LC متر اندازه بگیرید.

(اندازه گیری) $C_{AB}=$ ☐

۷ـ مقدار ظرفیت معادل را از رابطه زیر محاسبه کنید

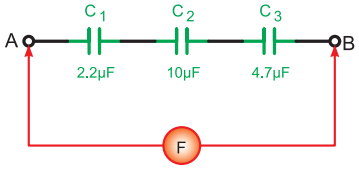
$$\frac{۱}{C_T}=\frac{۱}{C_۱}+\frac{۱}{C_۲}+\frac{۱}{C_۳}+\frac{۱}{C_۴}$$

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

جدول ۶ـ۸

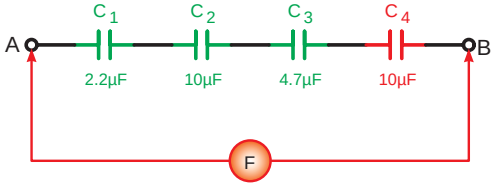
خازن	مقدار نوشته شده	مقدار اندازه گیری شده	میزان اختلاف
C_1			
C_2			
C_3			

الف–شکل واقعی



ب–شکل مداری

شکل ۶۵ـ۸



شکل ۶۶ـ۸

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

۱۰ـ سـه خازن ۱۰μf را مطابق شـکل ۶۷ـ۸ به صورت سـری اتصال دهیـد و ظرفیت خازن معـادل را با LC متر اندازه گیری کنید.

$C_{AB}=$ ☐ μf

$C_{AB}=$ ☐ μf

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

۱۲ـ از مقادیر به دسـت آمده چه نتیجه‌ای می گیرید؟ آیا مقادیر اندازه گیری شده با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟ شرح دهید.

ب محاسبه و اندازه گیری ولتاژ خازن

۱ـ مدار شکل ۶۸ـ۸ را روی برد برد ببندید.

تذکـر: از ولت متـر عقربه‌ای یا دیجیتالی بـا حوزه کار حداقل ۵ ولت استفاده کنید.

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

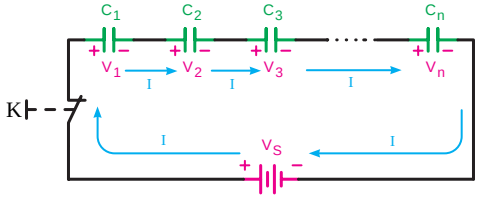
$V_{C_1}=$ ☐

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

$V_{C_2}=$ ☐

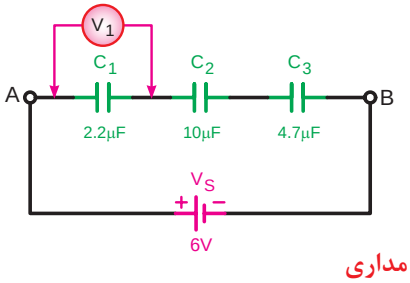
$V_{C_3}=$ ☐

۴ـ از مقایسـه مقادیر به دست آمده با ولتاژ منبع تغذیه چه نتیجه‌ای می گیرید؟ شرح دهید.



شکل ۶۷ـ۸

الف-شکل واقعی



ب-شکل مداری

شکل ۶۸ـ۸

پاسخ سؤال

۵ـ مقـدار ولتاژ دو سـر هر یک از خازن هـا را با کمک روابط $Q_T = C_T.V_T$ $V = \frac{Q_T}{C}$ محاسبه کنید.

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

۷ـ سه خازن $10\mu F$ را مطابق شکل ۸ـ۶۹ بصورت سری اتصال دهید و ولتاژ دو سـر هر یک را به طور جداگانه اندازه بگیرید.

V_{C_1} = ☐

V_{C_2} = ☐

V_{C_3} = ☐

۸ـ از مقادیر اندازه گیری شده چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

پ مشاهده و اندازه گیری جریان در مدارهای dc خازنی

تذکر مهم:

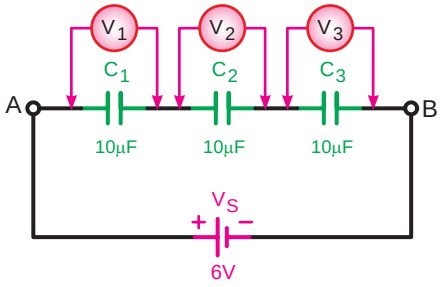
چون با وصل مسـتقیم ولتاژ بـه دو صفحه خازن صفحات آن یک مرتبه پر (شارژ) می شود و قابل مشاهده نیسـت لذا یک مقاومت اهمی که در حد مگا اهم باشـد به صورت سـری در مدار خازنی استفاده می کنیم تا بتوان جریان و ولتاژ را مشاهده و یادداشت کرد.

۱ـ در ابتـدا همه خازن ها را به کمک یک قطعه سـیم دشارژ کنید.

۲ـ مدار شکل ۸ـ۷۰ را روی بردبرد ببندید.

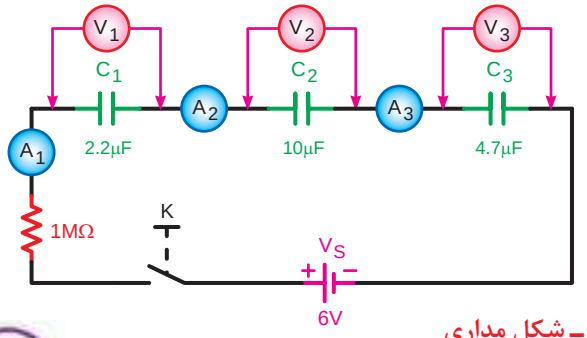
پاسخ سؤال

پاسخ سؤال



شکل ۸ـ۶۹

الف ـ شکل واقعی



ب ـ شکل مداری

شکل ۸ـ۷۰

۳ـ 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.

		۶ ثانیه	۱۲ ثانیه	۱۸ ثانیه	۲۴ ثانیه	۳۰ ثانیه	۳۶ ثانیه	۴۲ 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								

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

۴ـ 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.

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

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

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

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

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

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

پاسخ سؤال‌های

۵-

۶-

۷-

۸-

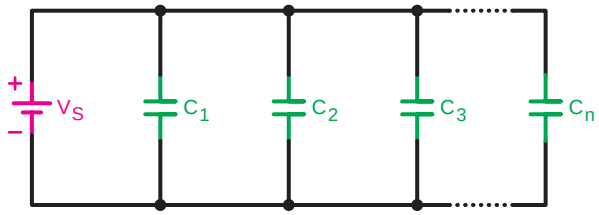
۹-

۱۰-

۲ـ۱۱ـ۸ـ اتصال موازی خازن ها

هرگاه دو یا n خازن مطابق شکل ۸ـ۷۰ به یکدیگر وصل شوند. این اتصال را «موازی» می گویند.

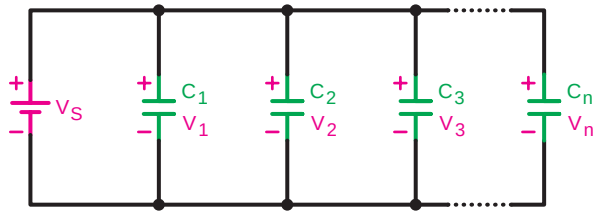
اتصال موازی خازن ها مشابه مقاومت ها است.



شکل ۸ـ۷۰

ـ عامل مشترک مدار

همان گونه که در مدارهای مقاومتی موازی بیان شد و در شکل ۸ـ۷۱ نیز مشاهده می شود، ولتاژ برای تمام عناصر در مدارهای موازی یکسان است پس برای مدارهای خازنی موازی نیز می توانیم بنویسیم:

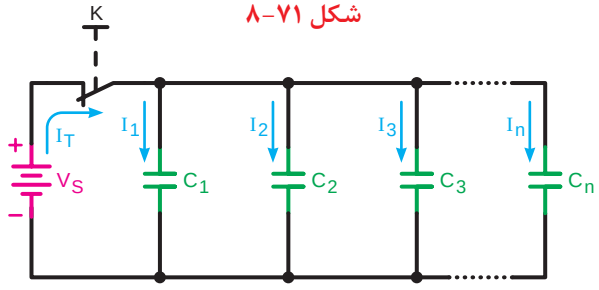


شکل ۸ـ۷۱

$$V_S = V_1 = V_2 = V_3 = ... = V_n$$

ـ عامل غیرمشترک مدار

در مدار موازی شکل ۸ـ۷۲ جریان یا به عبارت دیگر بار الکتریکی Q به نسبت ظرفیت خازن ها در بین شاخه ها تقسیم می شود. بنابراین می توانیم بنویسیم:

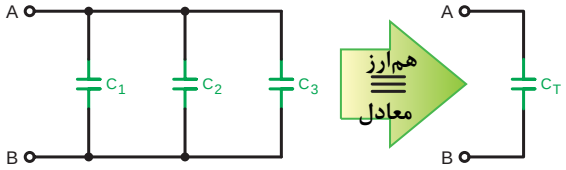


شکل ۸ـ۷۲

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

ـ ظرفیت خازن معادل مدار

خازنی را که میتواند جایگزین تمام خازن های موجود در مدار باشد، خازن معادل می گویند. شکل ۸ـ۷۳ و مقدار ظرفیت خازن معادل از روابط زیر قابل محاسبه است:



شکل ۸ـ۷۳

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

مقدار بار هرخازن $Q = C.V$ دررابطه‌فوق قرارمی دهیم.

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

چون: $V_1 = V_2 = V_3 = ... = V_n$

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

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

رابطه نهایی ظرفیت خازن معادل در مدارهای موازی عکس مقاومت های موازی است.

تذکر مهم:

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

مثال: ظرفیت خازن معادل شـکل ۸ـ۷۴ چند پیکو فاراد است؟

حل:

$$V_s = V_۱ = V_۲ = ۵۷$$

$$C_T = C_۱ = C_۲ = ۳۳۰pf + ۲۲۰pf = ۵۵۰pf$$

ـ حالت خاص:

هرگاه (n) خازن مسـاوی به صورت موازی اتصال یابند شـکل ۸ـ۷۵ ظرفیت خـازن معادل از رابطه زیر به دسـت می آید.

c ـ ظرفیت هر خازن

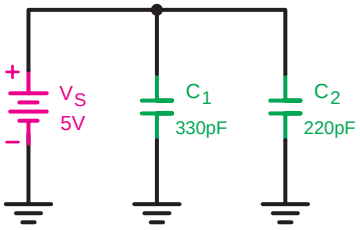
n ـ تعداد خازن ها

$$C_T = n.C$$

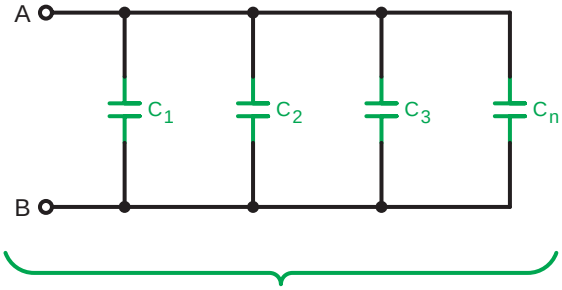
مثال: ظرفیت خازن معادل شکل ۸ـ۷۶ چند میکرو فاراد استز؟

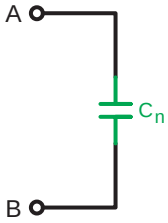
حل: چون خازن ها مساوی هستند. پس:

$$C_T = n.C = (۶)(۰/۰۱\mu f) = ۰/۰۶\mu f$$



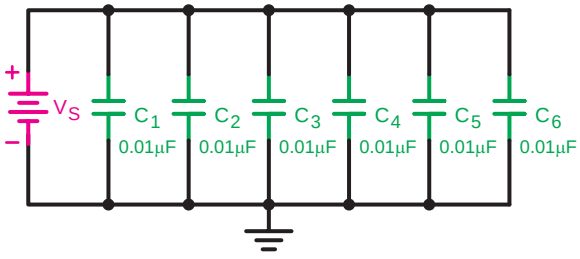
شکل ۸ـ۷۴





$(C_1 = C_2 = C_3 = ... = C_n)$

شکل ۸ـ۷۵



شکل ۸ـ۷۶

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)

۱ـ منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱ دستگاه
۲ـ آوومتر عقربه‌ای	۱ دستگاه
۳ـ آوومتر دیجیتالی	۱ دستگاه
۴ـ بردبرد آزمایشگاهی	۱ عدد
۵ـ LC متر	۱ عدد
۶ـ مقاومت $R = ۱M\Omega(۱W)$	۱ عدد
۷ـ خازن‌ها	
$C_۱ = ۲/۲\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۱ عدد
$C_۲ = ۱۰\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۳ عدد
$C_۳ = ۴/۷\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۱ عدد
۸ـ باتری ۱/۵ ولتی	۴ عدد
۹ـ سیم چین	۱ عدد
۱۰ـ سیم لخت کن	۱ عدد
۱۱ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر

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

توجه برای اندازه گیری ولتاژ و جریان عناصر مدار می توانید از یک آووتر دیجیتالی یکبار به صورت ولت متری و بار دیگر به صورت آمپرمتری به طور جداگانه استفاده کنید.

الف اندازه گیری و محاسبه ظرفیت خازن معادل

مراحل اجرای آزمایش

جدول ۸-۸

خازن	مقدار نوشته شده	مقدار اندازه گیری شده	میزان اختلاف

۱ـ هر یک از خازن های C_1 تا C_4را با توجه به مقادیری که روی آن ها نوشته شده با LC متر اندازه گیری نموده و مقادیر را در جدول ۸ـ۸ یادداشت کنید.

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

۳ـ سه خازن C_1 و C_2 و C_3 را مطابق شکل ۷۷ـ۸ 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.

$C_{AB}=$ (اندازه گیری) $\boxed{\quad}\ \mu f$

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

$C_{AB}=$ (محاسبه) $\boxed{\quad}\ \mu f$

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

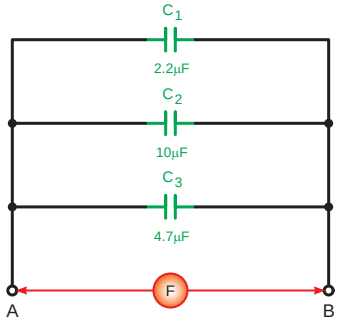
۶ـ خازن $C_4 = 10\mu f$ را مطابق شکل ۷۸ـ۸ به مدار اضافه کنید و سپس ظرفیت خازن معادل را با استفاده از متراندازه بگیرید.

$C_{AB}=$ (اندازه گیری) $\boxed{\quad}\ \mu f$

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

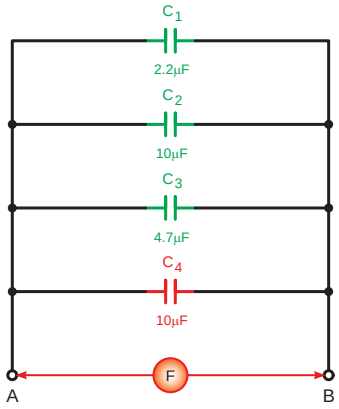
$C_{AB}=$ (محاسبه) $\boxed{\quad}\ \mu f$

الف-شکل واقعی



ب- شکل مداری

شکل ۷۷-۸



شکل ۷۸-۸