فصل هشتم

عملکرد سلف در جریان مستقیم و متناوب

هدف کلی : بررسی اثرات سلف در مدارهای RL سری و موازی

پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:

۱- میدان مغناطیسی را تعریف کند.

۲- میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان را شرح دهد.

۳- میدان الکترومغناطیسی را شرح دهد.

۴- جهت میدان الکترومغناطیسی را تعیین کند.

۵- ساختمان سلف و میدان مغناطیسی اطراف آن را توضیح دهد.

۶- جریان القایی و ضریب خود القایی سلف را تعریف کند.

۷- ولتاژ القایی و نحوه‌ی تولید آن را توضیح دهید.

۸- نحوه‌ی محاسبه‌ی ولتاژ القایی را بیان کند.

۹- شارژ و دشارژ سیم‌پیچ را توضیح دهد.

۱۰- ثابت زمانی در یک مدار RL سری را محاسبه کند.

۱۱- روش آزمایش سلف به کمک اهم‌متر را بیان کند.

۱۲- عملکرد سلف در جریان متناوب را توضیح دهد.

۱۳- راکتانس سلفی را تعریف و مقدار آن را محاسبه کند.

۱۴- اختلاف فاز بین جریان گذرنده از سلف و ولتاژ دو سر آن را توضیح دهد و مقدار آن را اندازه بگیرد.

۱۵- ضریب خود القایی متغیر را توضیح دهد.

۱۶- انواع سیم‌پیچ متغیر را نام ببرد.

۱۷- خود القایی متقابل را توضیح دهد.

۱۸- ضریب خود القایی در مدار سری و موازی را توضیح دهد.

۱۹- عملکرد مدار RL سری در ولتاژ DC و AC را توضیح دهد.

۲۰- امپدانس، ولتاژ و اختلاف فاز در مدار RL سری را محاسبه کند.

۲۱- عملکرد مدار RL موازی در ولتاژ DC و AC را توضیح دهد.

۲۲- امپدانس، اختلاف فاز و جریان‌های مدار RL موازی را محاسبه کند.

۲۳- امپدانس مدار RL سری و موازی را اندازه‌گیری کند.

۲۴- اصول کار ترانسفورماتور را توضیح دهد.

۲۵- روابط توان و جریان در ترانس را محاسبه کند.

۲۶- تطبیق امپدانس در ترانسفورماتور را توضیح دهد.

۲۷- تلفات ترانس را توضیح دهد.

۲۸- عملکرد اتوترانس را شرح دهد.

۲۹- نحوه‌ی تشخیص خرابی‌های ترانس را شرح دهد.

۳۰- اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ را در مدار RL توسط اسیلوسکوپ اندازه‌گیری کند.

۳۱-اهداف رفتاری در حیطه عاطفی که در فصل اول آمده است را اجرا کند.

توانایی	ساعت آموزش:		
	نظری	عملی	جمع
شماره ۸	۱۲	۹	۲۱

پیش آزمون فصل (۸)

۱- با کدام وسیله می‌توان به وجود میدان مغناطیسی پی برد؟

الف) آمپرمتر ب) براده‌های آهن

ج) از طریق مشاهده‌ی دقیق د) ولت‌متر

۲- فلوی مغناطیسی و واحد آن را تعریف کنید.

۳- چگونگی تشخیص جهت میدان الکترومغناطیسی در اطراف سیم حامل جریان را شرح دهید.

۴- اجزای یک سلف کدام است؟

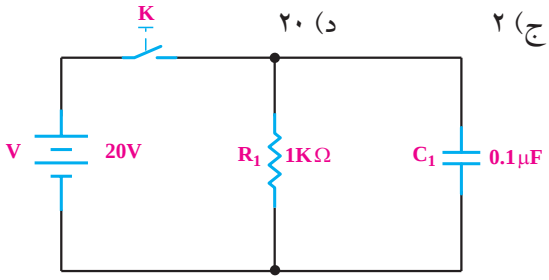
الف) سیم‌پیچ ب) هسته

ج) قرقره د) همه موارد

۵- در شکل زیر جریان نهایی در مدار بعد از بسته شدن کلید، چند میلی‌آمپر است؟

الف) صفر ب) ۰/۲

ج) ۲ د) ۲۰



۶- ۶۴۵۸/۵ میکرو هانری، چند میلی هانری است؟

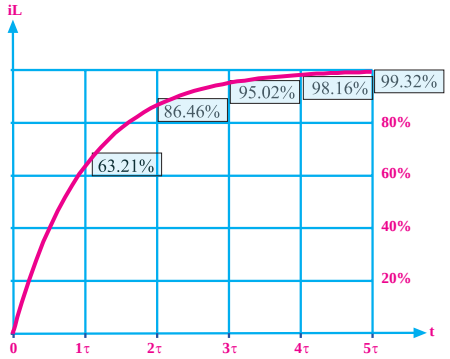
الف) ۶۴/۵۸۵ ب) ۶/۴۵۸۵

ج) ۶۴۵/۸۵ د) ۶۴۵۸۵۰۰

۷- در یک مدار RL سری،بعد از چند ثابت زمانی، جریان مدار تقریبا به ۹۵٪ جریان ماکزیمم می‌رسد؟

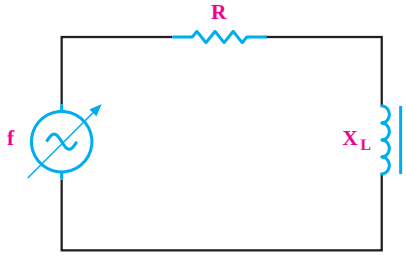
الف) ۱ ب) ۲

ج) ۳ د) ۴



۸- در شکل زیر هر قدر فرکانس افزایش یابد توان تلف شده در مقاومت R..... می‌شود.

الف) کم‌تر ب) بیش‌تر



۹- به میدان ایجاد شده در فضای اطراف یک سیم حامل جریان، میدان ..... گویند.

الف) الکتریکی ب) مغناطیسی

ج) الکترومغناطیسی د) استاتیکی

۱۰- با تبدیل سیم راست به صورت حلقه، میدان مغناطیسی ..... می‌شود.

الف) زیاد ب) کم

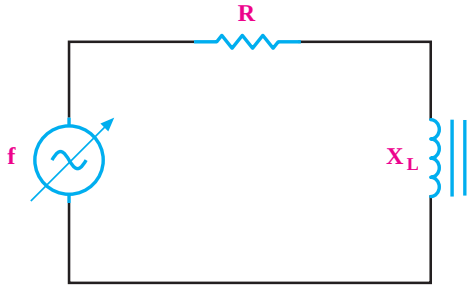
۱۱- در قانون دست راست برای سیم حامل جریان انگشت شست جهت .....، و خم شدن چهار انگشت دیگر جهت ..... رانشان می‌دهد.

۱۲- از یک سلف با L=۳H، جریان ۲A عبور می کند، انرژی ذخیره شده در آن چند ژول است؟

الف) ۹۰ ب) ۶۰

ج) ۹ د) ۶

۱۳- برای محاسبه‌ی امپدانس مدار زیر از کدام رابطه استفاده می‌شود؟



الف) $Z=R+X_L$ ب) $Z=\sqrt{R^2+X_L^2}$

ج) $Z=\frac{R.X_L}{\sqrt{R^2+X_L^2}}$ د) $Z=R.X_L$

۱۴- اگر در ترانسفورماتوری نسبت دور اولیه به ثانویه برابر با ۵ و تعداد دور سیم پیچ ثانویه ۲۰۰ دور باشد، تعداد دور اولیه را محاسبه کنید.

۱۵- پاسخ‌های صحیح ستون سمت چپ را به ستون سمت راست با ترسیم خطوط رنگی جداگانه ارتباط دهید.

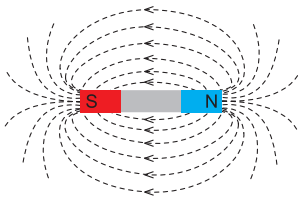
	• عامل مشترک جریان
	• عامل مشترک ولتاژ
RL سری •	• $\cos\varphi=\frac{R}{Z}$
RL موازی •	• $\cos\varphi=\frac{Z}{R}$
	• $Z=\sqrt{R^2+X_L^2}$
	• $Z=\frac{R.X_L}{\sqrt{R^2+X_L^2}}$
	• $I_T=\sqrt{I_R^2+I_L^2}$
	• $V_T=\sqrt{V_R^2+V_L^2}$

۱-۸ خطوط نیروی مغناطیس و میدان مغناطیسی

۱-۱-۸ میدان مغناطیسی آهن‌ربا

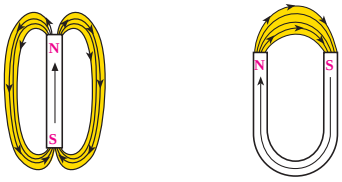
جسمی که خاصیت مغناطیسی داشته باشد را آهن‌ربا می‌گویند. همانطور که می‌دانید، یک آهن ربا می‌تواند بدون اینکه با یک قطعه آهن تماس داشته باشد، آن را جذب کند یا از یک فاصله‌ی معین بر روی آهن‌ربای دیگر اثر بگذارد. دلیل اینکه یک آهن‌ربا به آهن‌ربای دیگر نیرو وارد می کند، وجود «میدان مغناطیسی» در اطراف آن است. پس می توان میدان مغناطیسی را به صورت زیر تعریف کرد:

فضای اطراف یک جسم مغناطیسی(آهن‌ربا) که می‌تواند روی اجسام مغناطیسی دیگر اثر بگذارد را «**میدان مغناطیسی**» می‌گویند. آهن‌ربای مغناطیسی دارای دو قطب شمال (N) و جنوب (S) است. میدان مغناطیسی را می‌توان با خطوط بردار گونه نشان داد. این خطوط را «**خطوط شار مغناطیسی**»، «خطوط نیروی میدان مغناطیسی»، «فلوی مغناطیسی» یا «فوران مغناطیسی» می‌نامند، شکل ۱-۸.



شکل ۱–۸ میدان مغناطیسی اطراف آهن ربا

فلـوی مغناطیسـی عبـارت از کلیـه‌ی خطـوط میدان مغناطیسـی است که از قطب شمال آهن‌ربا خارج می شود و به قطب جنوب آهن‌ربا می‌رسد. فلوی مغناطیسی را با حرف «φ فـی» نمایش می‌دهند و واحد آن بر حسـب وبر «Wb» است. در شکل ۲–۸ جهت خطوط میدان را در بیرون و درون دو نمونـه آهن‌ربا مشـاهده مـی کنید. همانطور که مشـاهده می‌شـود خطوط میدان از قطب شـمال خارج می شود و پس از وارد شـدن به قطب جنوب از طریق داخل آهن‌ربا به قطب شمال می‌رسد.



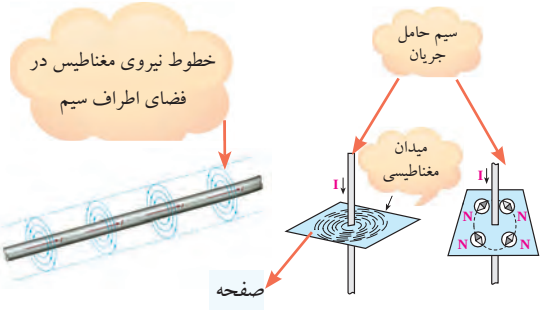
شکل ۲–۸ جهت خطوط میدان مغناطیس

میدان مغناطیسـی با چشم مشاهده نمی شـود ولی اثر آن را با یک قطب‌نمای سـاده می توان مشاهده نمود. شکل ۳–۸ اثرات این میدان را روی حرکت عقربه‌ی قطب‌نما و چگونگی تراکم براده‌های آهن در اطراف آهن‌ربا نشان می‌دهد.

شکل ۳–۸ اثر میدان مغناطیسی روی قطب نما و براده‌های آهن

۲–۱–۸ میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان

اگر از یک سیم یا یک هادی، جریانی عبور کند، اطراف این سـیم یـک میدان مغناطیسـی ایجاد می شـود. اگر روی صفحه‌ای در فضای اطراف سـیم با نمـک پاش براده‌ی آهن بریزیم، مشـاهده می کنیم که براده‌های آهن دور سـیم حامل جریان حلقه می‌زنند. شکل ۴–۸ میدان مغناطیسی را در اطراف سیم حامل جریان نشان می‌دهد.

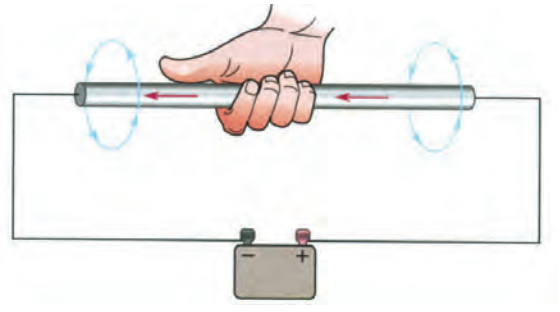


شکل ۴–۸ میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان

هر قدر مقدار جریان عبوری از سـیم حامل جریان بیش‌تر باشد، میدان مغناطیسی اطراف سیم قوی‌تر می‌شود. به عبارت دیگر فلوی مغناطیسی افزایش می‌یابد.

جهت میدان مغناطیسـی را به کمک قانون دسـت راست می‌توان تعیین کرد.

همانند شـکل ۵–۸ هر گاه سـیم حامل جریـان را طوری در دسـت راست بگیریم که انگشـت شست جهت جریان را نشـان دهد، جهت خم شدن چهار انگشت دیگر جهت میدان مغناطیسی را نشان می دهد.

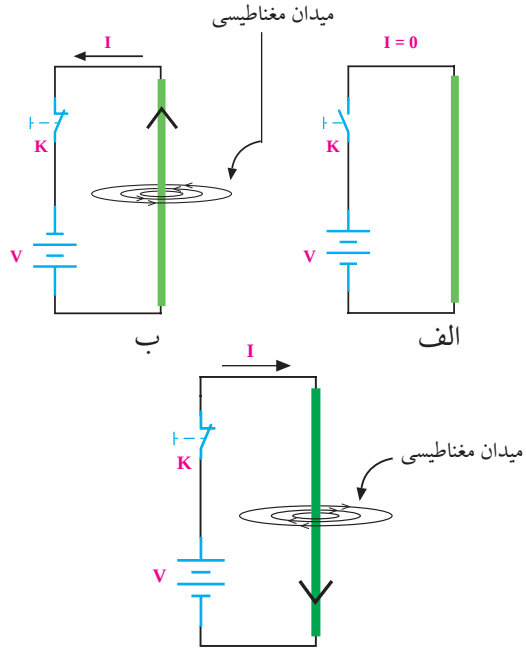


شکل ۵–۸ میدان مغناطیسی و قانون دست راست

توجه

قانون دست راست برای جهت قراردادی جریان (از قطب + به سمت قطب −) صادق است.

اگر از سیم، جریانی عبور نکند، میدان مغناطیسی اطراف سیم وجود ندارد و اگر از سیم جریانی عبور کند، چنان‌چه جهت جریان عوض شود، جهت میدان نیز عوض خواهد شد. در شکل ۶-۸ جهت میدان مغناطیسی و جهت جریان در سیم نشان داده شده است

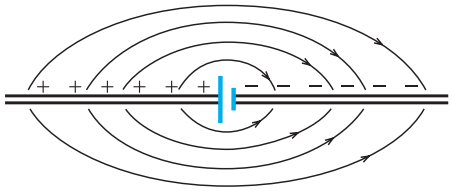


شکل ۶-۸ میدان مغناطیسی در اطراف سیم

همانطور که مشاهده می‌کنید در شکل ۶-۸ -الف به علت صفر بودن جریان در مدار، میدان نیز در اطراف سیم وجود ندارد. در شکل ۶-۸ -ب جهت میدان مغناطیسی نشان داده شده است. همانند شکل ۶-۸ - ج چنان‌چه جهت جریان عبوری از سیم عوض شود، جهت میدان مغناطیسی نیز عوض خواهد شد.

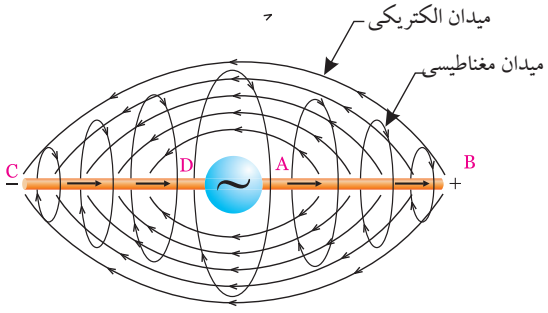
۳-۱-۸ میدان الکترومغناطیسی

یادآوری می شود اگر از یک سیم هادی، جریانی عبور کند در آن میدان الکتریکی ایجاد می‌شود. در شکل ۷-۸ میدان الکتریکی اطراف سیم هادی که به قطب‌های مثبت و منفی یک منبع ولتاژ DC اتصال دارد را مشاهده می‌کنید. خطوط میدان الکتریکی از قطب مثبت به سمت قطب منفی رسم شده است.



شکل ۷-۸ میدان الکتریکی

با توجه به مطالب بیان شده پی می‌بریم با عبور جریان از سیم هادی در اطراف آن میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی ایجاد می شود. ترکیب این دو میدان را میدان الکترومغناطیسی می‌نامند، شکل ۸-۸.



شکل ۸-۸ میدان الکترومغناطیسی

میدان الکترومغناطیسی سه بعدی است و در آن میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی و حرکت وجود دارد.

۸–۲ سلف

۸–۲–۱ ساختمان سلف یا سیم پیچ

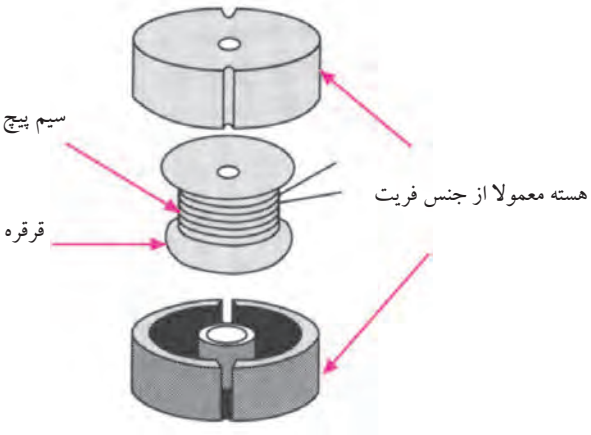
سلف یا سیم پیچ عنصری است که انرژی الکتریکی را به صورت میدان مغناطیسی در خود ذخیره می‌کند. یک سلف معمولا از سه قسمت تشکیل می‌شود:

قرقره

سیم پیچ

هسته

در شکل (۹–۸) اجزای یک سلف معمولی نشان داده شده است.

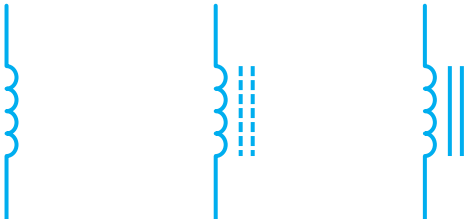


شکل ۹–۸ اجزای یک نمونه سلف معمولی

لازم به یادآوری است که یک سلف می‌تواند قرقره‌ی سیم پیچی و هسته نداشته باشد و فقط از چند دور سیم تشکیل شده باشد، شکل ۱۰–۸.

شکل ۱۰–۸ سلف معمولی

بنابراین یک سلف می‌تواند با هسته یا بدون هسته باشد. در شکل ۱۱–۸ علامت قرار دادی انواع سلف (با هسته و بدون هسته) نشان داده شده است.



شکل ۱۱–۸ علامت قرار دادی انواع سلف

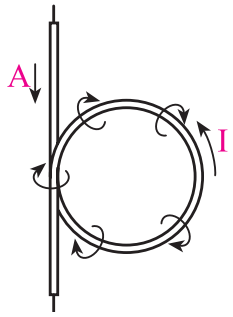
سلف‌ها در عمل با ابعاد و مشخصات الکتریکی متنوعی ساخته می‌شوند و در مدارهای الکتریکی و الکترونیکی کاربرد وسیعی دارند.

در شکل ۱۲–۸ چند نمونه از سلف‌های کوچک که در الکترونیک کاربرد دارند نشان داده شده است.

شکل ۱۲–۸ چند نمونه سلف کوچک

۸–۲–۲ میدان مغناطیسی اطراف سلف

اگر سیم حامل جریان را به صورت یک حلقه یا چند حلقه درآوریم، میدان مغناطیسی اطراف هر حلقه با هم جمع می‌شود و تراکم میدان مغناطیسی را افزایش می‌دهد. در شکل ۱۳–۸ چگونگی ترکیب میدان‌های مربوط به حلقه‌های سیم‌پیچ یا سلف را مشاهده می‌کنید.

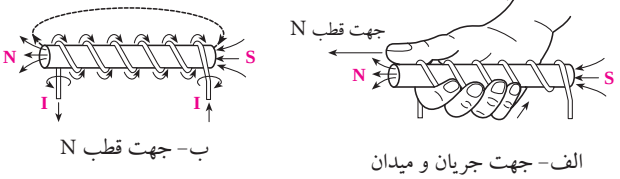


الف- میدان مربوط به چند حلقه

ب- میدان مربوط به یک حلقه

شکل ۱۳-۸ میدان مغناطیسی اطراف سیم پیچ

جهت میدان مغناطیسی اطراف یک سیم پیچ نیز با «قانون دست راست» قابل تعیین است. چنانچه طبق شکل ۱۴-۸ سیم پیچ حامل جریانی را طوری در دست راست خود بگیریم که جهت خم شدن چهار انگشت، در جهت قرار دادی جریان قرار گیرد، انگشت شست، جهت قطب N میدان مغناطیسی اطراف سیم را نشان خواهد داد.



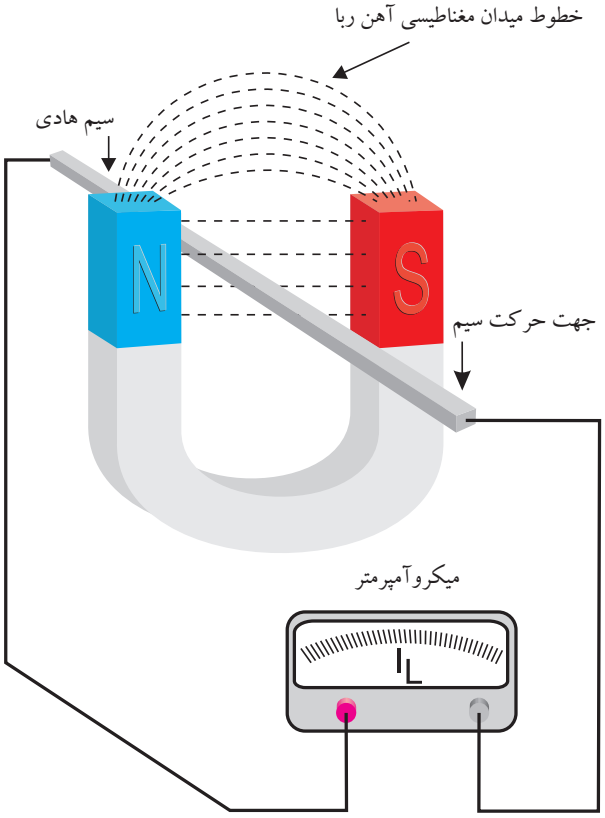
ب- جهت قطب N

الف- جهت جریان و میدان

شکل ۱۴-۸ تعیین قطب‌های N و S در سیم پیچ

۳-۸ جریان القایی

چنانچه یک سیم هادی را در یک میدان مغناطیسی به نحوی حرکت دهیم که خطوط نیروی مغناطیسی را قطع کنددر سیم متحرک جریان الکتریکی به وجود می‌آید. این نوع جریان را جریان القایی می‌گویند. در شکل ۱۵-۸ چگونگی تولید جریان القایی را مشاهده می کنید.



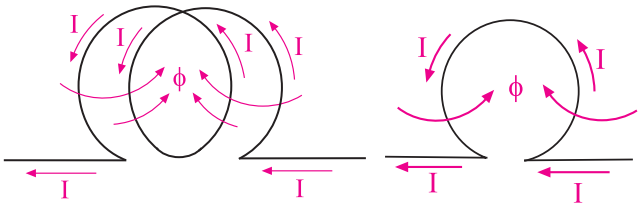
شکل ۱۵-۸ تولید جریان القایی

۴-۸ ضریب خود القایی سلف

همانطور که قبلا اشاره شد اگر از یک سیم یا یک هادی، جریانی عبور کند، اطراف این سیم یک میدان مغناطیسی ایجاد می شود.

اگر سیم حامل جریان را به صورت یک حلقه درآوریم، مقدار فلوی مغناطیسی نسبت به یک سیم راست(با همان جریان قبلی) در داخل حلقه بیش‌تر می‌شود.

اگر به جای یک حلقه، سیم را به صورت دو حلقه درآوریم و همان جریان قبلی را از آن عبور دهیم مقدار فلوی مغناطیسی باز هم بیش‌تر می‌شود، در شکل ۱۶-۸ فلوی (شار) مغناطیسی را مشاهده می کنید.



الف- فلوی مغناطیسی در یک حلقه سیم

ب- فلوی مغناطیسی در دو حلقه سیم

شکل ۱۶-۸ فلوی مغناطیسی

در یک سیم پیچ، نسبت فلوی مغناطیسی ایجاد شده به جریان گذرنده از سیم پیچ (I) را ضریب خود القایی سلف (اندوکتانس) می گویند و با حرف L نشان می‌دهند:

$$L = \frac{\phi(\text{کل فلوی مغناطیسی ایجاد شده})}{I(\text{جریان گذرنده از سیم پیچ})}$$

L= ضریب خود القایی سلف بر حسب هانری (H)

Φ= فلوی مغناطیسی ایجاد شده بر حسب وبر (Wb)

I= جریان گذرنده از سیم پیچ بر حسب آمپر (A)

واحدهای کوچکتر از هانری را میلی هانری و میکروهانری می نامند. این واحدها نیز در الکترونیک کاربرد دارد.

میلی هانری را با mH و میکروهانری را μH نشان می‌دهند.

$$\text{میلی هانری} = \frac{۱}{۱۰۰۰}H = ۱۰^{-۳}H = ۱mH$$

$$\text{میکرو هانری} = \frac{۱}{۱۰۰۰۰۰۰}H = ۱۰^{-۶}H = ۱\mu H$$

۸-۵ ولتاژ القایی

اگر از یک سیم یا یک هادی، جریانی عبور کند، اطراف این سیم یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. چنانچه جریان عبوری تمایل به تغییر پیدا کند، سیم‌پیچ با تغییر جریان مخالفت می‌نماید و این مخالفت به صورت ایجاد ولتاژی به نام ولتاژ القایی در سیم پیچ بروز می کند. اصولا این خاصیت سیم‌پیچ را خاصیت خود القایی سیم پیچ می‌نامند.

از خاصیت خود القایی سیم پیچ در صنعت برق جهت ایجاد ولتاژهای زیاد استفاده می کنند.

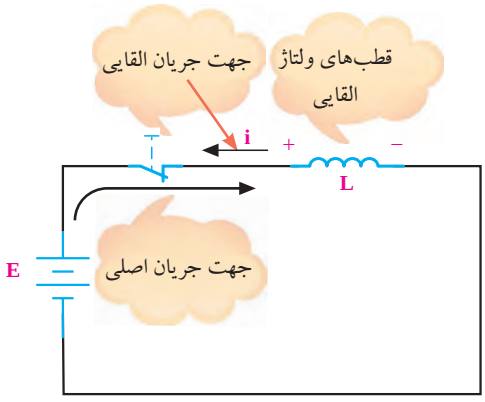
مقدار ولتاژ ایجاد شده در دو سر سیم‌پیچ بستگی به مقدار ضریب خود القایی (L) و نسبت تغییرات جریان به تغییرات زمان دارد.

$$V = -L\frac{\text{تغییرات جریان گذرنده از سیم پیچ}}{\text{تغییرات زمان}}$$

ولتاژ به‌وجود آمده در دو سر سیم‌پیچ

علامت منفی به مفهوم مخالفت با عامل به وجود آورنده‌ی جریان است.

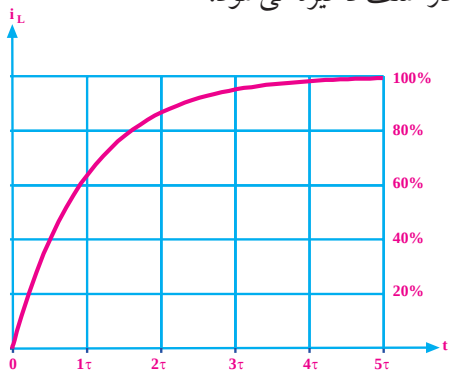
قطب‌های ولتاژ به وجود آمده طوری است که اگر این ولتاژ جریانی را در مدار ایجاد کند، این جریان خلاف جهت جریانی خواهد بود که این ولتاژ را به وجود آورده است. به عبارت دیگر جریان به وجود آمده با جریان به وجود آورنده‌ی آن مخالفت می کند، (در حقیقت جریان اصلی را تضعیف می کند). از این رو می‌توان گفت که یک سلف در مدار با تغییرات جریان مخالفت می کند، شکل ۱۷-۸.



شکل ۱۷-۸ ولتاژ القایی

۸–۶ شارژ و دشارژ سلف

وقتی یک سلف را به ولتاژ DC وصل می‌کنیم، جریان در مدار به آرامی و به صورت تابع نمایی (جهشی) زیاد می‌شود. شکل ۱۸–۸ نحوه‌ی افزایش جریان در سلف را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، پس از مدتی جریان در مدار تقریبا به حداکثر مقدار خود می‌رسد. در این حالت حداکثر انرژی در سلف ذخیره می‌شود.



شکل ۱۸–۸ شارژ سلف

به عبارت دیگر سلف کاملا شارژ می‌شود و انرژی ذخیره شده در مدار از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$W = \frac{1}{2} LI^2$$

کمیت‌های رابطه‌ی فوق عبارتند از:

W= انرژی ذخیره شده بر حسب ژول

L= ضریب خود القایی سلف بر حسب هانری

I= جریان گذرنده از سلف بر حسب آمپر

توجه داشته باشید که به محض قطع مدار الکتریکی سلف، انرژی ذخیره شده در آن نیز تخلیه می‌شود، به عبارت دیگر رفتار سلف بر خلاف رفتار خازن است. قبلا اشاره کردیم که اگر خازن را از مدار جدا می‌کردیم انرژی ذخیره شده در آن باقی می‌ماند.

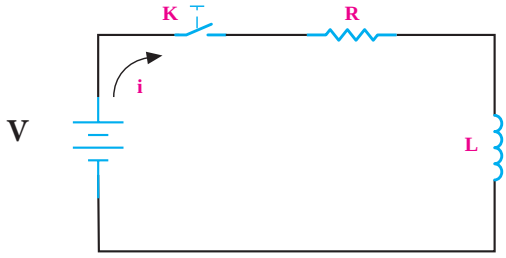
هنگام تخلیه ی انرژی سلف، ممکن است یک جرقه، حتی جرقه ی شدید در نقطه‌ای که مدار قطع می‌شود، مانند کلید قطع و وصل به وجود آید. تخلیه‌ی انرژی سلف را دشارژ سلف نیز می‌گویند.

۸–۷ ثابت زمانی در مدار RL سری

در شکل ۱۹–۸ اگر کلید بسته شود، جریان در مدار به آرامی زیاد می‌شود. تقریبا بعد از ۵ ثابت زمانی جریان به حداکثر مقدار خود می‌رسد. ثابت زمانی مدار RL سری از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\tau = \frac{L}{R}$$ تاو

اگر L بر حسب هانری و R بر حسب اهم باشد τ بر حسب ثانیه خواهد بود.



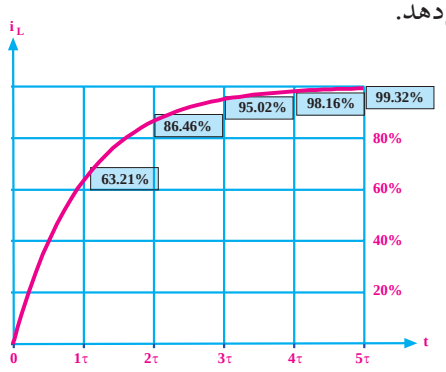
شکل ۱۹–۸ مدار شارژ سلف

جدول ۱–۸ جریان مدار در هر ثابت زمانی را بر حسب درصدی از جریان ماکزیمم نشان می‌دهد.

جدول ۱–۸

ثابت زمانی	درصد ماکزیمم جریان مدار
τ	٪ ۶۳/۲۱
۲τ	٪ ۸۶/۴۶
۳τ	٪ ۹۵/۰۲
۴τ	٪ ۹۸/۱۶
۵τ	٪ ۹۹/۳۲

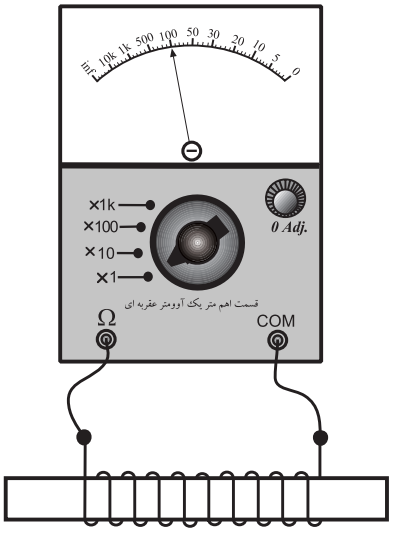
ماکزیمم جریان در مدار برابر $\frac{E}{R}$ است. شکل ۸-۲۰ منحنی افزایش جریان (شارژ سلف) در مدار RL سری را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۲۰ منحنی افزایش جریان در مدار RL

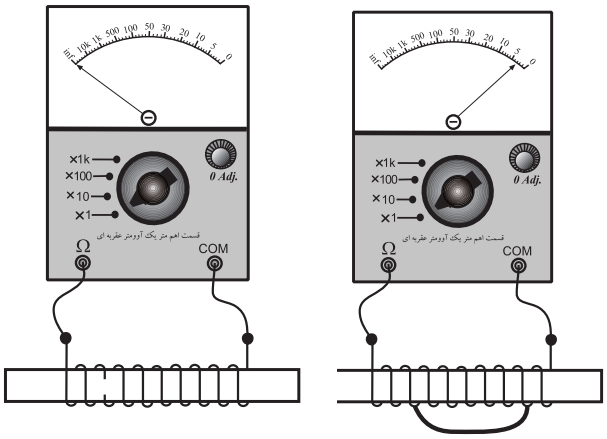
۸-۸ روش آزمایش (تست) سلف به کمک اهم‌متر

هر سلف یا سیم پیچ سالم علاوه بر داشتن ضریب خود القایی (L اندوکتانس) یک مقاومت اهمی نیز دارد. برای آزمایش صحت کار یک سلف می‌توان به کمک اهم‌متر، مقاومت اهمی آن را اندازه‌گرفت. اگر مقاومت اهمی اندازه‌گیری شده، برابر با مقاومت اهمی در حالت عادی باشد، سلف سالم است. در غیر این صورت ممکن است سلف معیوب شده باشد، شکل ۸-۲۱.



شکل ۸-۲۱ آزمایش اهمی سلف

اگر اهم‌متر، مقاومت اهمی سلف را صفر اهم یا بی‌نهایت نشان دهد سلف قطعاً معیوب شده است. چنان‌چه اهم‌متر، مقدار مقاومت اهمی را صفر نشان دهد سلف سوخته و اتصال کوتاه است. در صورتی که اهم‌متر مقدار مقاومت اهمی سلف را بی‌نهایت نشان دهد سیم پیچ سلف در یک یا چند نقطه قطع شده است. در شکل ۸-۲۲-الف سلف اتصال کوتاه است و مقاومت اهمی بسیار کمی دارد. در شکل ۸-۲۲-ب سیم پیچ سلف قطع شده است و اهم متر مقاومت اهمی سلف را بی‌نهایت نشان می‌دهد.



الف-قسمتی از سلف اتصال کوتاه شده است. ب-سلف قطع شده است.

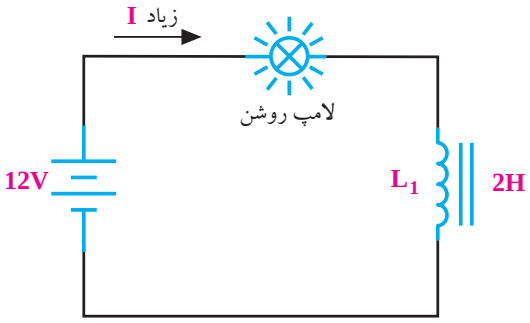
شکل ۸-۲۲ سلف معیوب

۸-۹ سلف(سیم پیچ) در جریان متناوب

۸-۹-۱ عملکرد سلف در جریان متناوب

اگر یک سلف را به ولتاژ DC وصل کنیم، از آن جریان عبور می‌کند و فقط مقاومت اهمی سیم پیچ جریان را محدود می‌نماید. اگر سلف را ایده‌آل در نظر بگیریم یعنی مقاومت آن را صفر فرض کنیم، سلف در برابر جریان مستقیم هیچ مقاومتی از خود نشان نمی‌دهد، شکل ۸-۲۳.

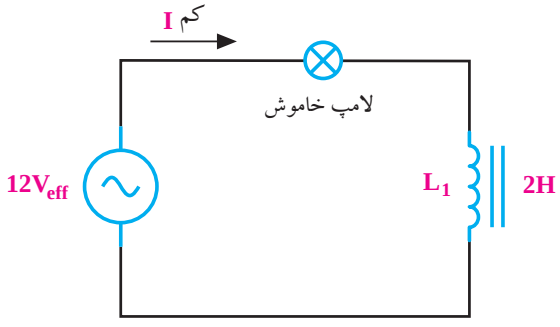
ژوزف هانری (۱۸۷۸-۱۷۹۷) دانشمند آمریکایی، واحد ضریب خود القایی (L) به نام او ثبت شده است.



شکل ۲۳-۸ سلف ایده‌آل در جریان مستقیم

سلف ایده‌آل در مقابل عبور جریان مستقیم، هیچ مقاومتی از خود نشان نمی‌دهد.

در صورتی که سلف را به یک منبع ولتاژ متناوب وصل کنیم، سلف علاوه بر مقاومت اهمی از خود مقاومت دیگری نیز نشان می‌دهد که به آن راکتانس سلفی می‌گویند. این مقاومت باعث محدود شدن جریان در مدارهای جریان متناوب می‌شود. در شکل ۲۴-۸ عملکرد سلف در جریان متناوب نشان داده شده است.



شکل ۲۴-۸ سلف ایده‌آل در جریان متناوب

سلف در جریان متناوب از خود یک نوع مقاومت نشان می‌دهد. بنابراین جریان در مدار کم می‌شود و لامپ را روشن نمی‌کند. روشن شدن، خاموش شدن یا کم نور شدن لامپ بستگی به مقدار L و فرکانس منبع دارد.

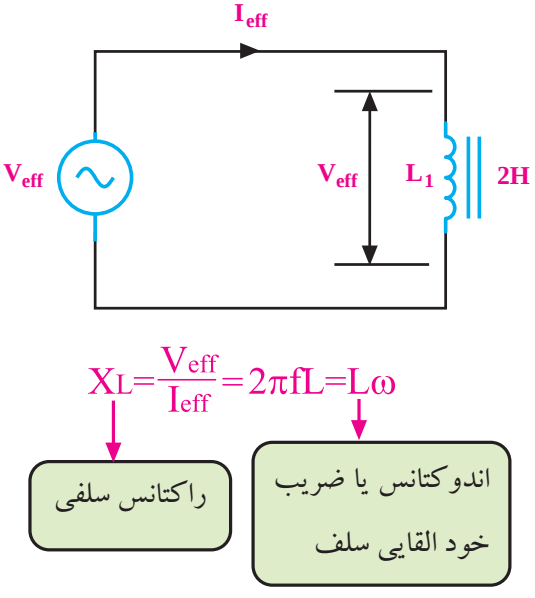
۲-۹-۸ راکتانس سلفی

به مقاومتی که سلف در جریان متناوب از خود نشان می‌دهد راکتانس یا عکس العمل سلفی می‌گویند.

راکتانس سلفی را با X_L نشان می‌دهند و مقدار آن از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$X_L = ۲\pi . f . L$$

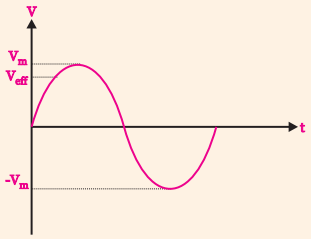
در این رابطه X_L راکتانس سلفی بر حسب اهم، f فرکانس منبع ولتاژ یا جریان متناوب سینوسی بر حسب هرتز و L ضریب خودالقایی سلف بر حسب هانری است. در شکل ۲۵-۸ روابط مربوط به سلف آمده است.



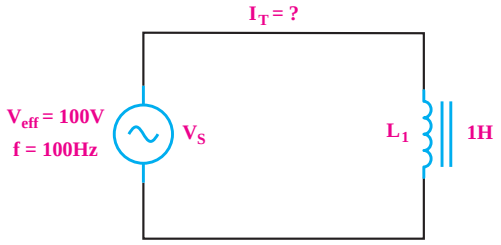
شکل ۲۵-۸ سلف در جریان متناوب

نکتهٔ مهم:

در مدارهای جریان متناوب سینوسی معمولاً منظور از I_{eff} و V_{eff} مقدار جریان و ولتاژ موثری است که از روابط $\frac{I_m}{\sqrt{2}}, \frac{V_m}{\sqrt{2}}$ محاسبه می‌شود.



مثال ۱: در شکل ۲۶-۸ جریان I_T چند میلی‌آمپر است؟ از مقاومت اهمی سیم‌پیچ صرف نظر کنید.



شکل ۲۶-۸ مثال

حل:

جریان I_T همان جریان عبوری از سیم پیچ (I_L) است.

$$I_L = I_T = \frac{V_{eff}}{X_L}$$

$$X_L = ۲.\pi.f.L = ۲\pi \times ۱۰۰ \times ۱ = ۶۲۸\,\Omega$$

$$I_L = \frac{۱۰۰}{۶۲۸} = ۰/۱۵۹\,A = ۱۵۹\,mA$$

$$I_L = ۱۵۹\,mA$$

در مدارهای جریان متناوب، جریان‌های عبوری از سلف و خازن از نوع غیر موثر یا راکتیو است.

۳-۹-۸ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در سلف

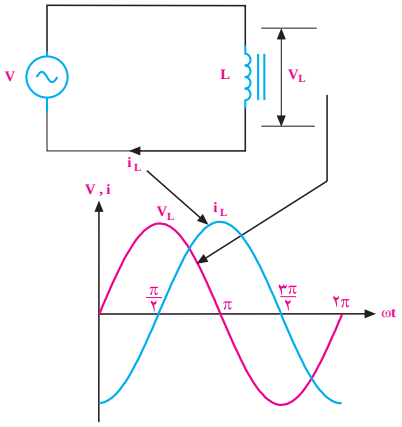
اگر در یک مدار الکتریکی با منبع جریان متناوب سینوسی، فقط یک سلف بدون مقاومت اهمی وجود داشته باشد، جریان در مدار به اندازه ی ۹۰ درجه با ولتاژ دو سر آن اختلاف فاز پیدا می کند.

در شکل ۲۷-۸ شکل موج جریان گذرنده از سلف و شکل موج ولتاژ دو سر آن رسم شده است. همانطور که از شکل ۲۷-۸ مشخص است جریان به اندازه‌ی ۹۰ درجه از ولتاژ عقب‌تر است.(پس‌فاز).

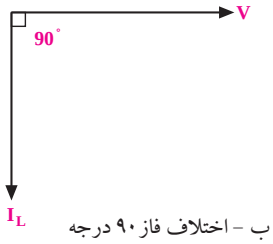
رابطه‌ی ریاضی ولتاژ و جریان در سلف به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$V_L = V_{L\max} \sin \omega t$$

$$I_L = I_{L\max} \sin(\omega t - \frac{\pi}{۲})$$



الف - جریان وولتاژسلف



ب - اختلاف فاز ۹۰ درجه

شکل ۲۷-۸ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ سلف

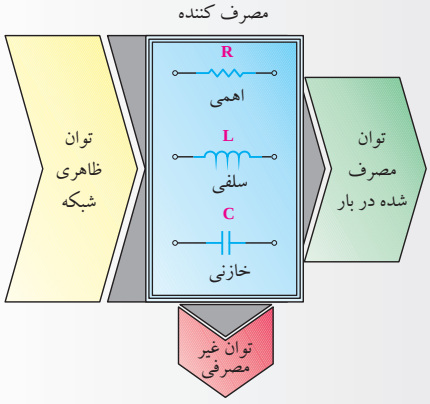
چـون در مدارهای القایی جریـان از ولتاژ عقب می‌ماند، توان به صورت مفید یا موثر مصرف نمی‌شـود. در این مدارها توان به صورت غیر موثر یا راکتیو اسـت و انرژی در سـلف ذخیره می‌شود ولی عملاً مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

شکل ۲۷-۸- ب بردارهای ولتاژ و جریان در سلف را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌کنید زاویه ی بین بردارهای جریان و ولتاژ ۹۰ درجه اسـت و جریان به اندازه‌ی ۹۰ درجه از ولتاژ عقب‌تر است.

در مدارهـای القایـی چـون جریـان از ولتاژ عقب می‌ماند لذا در سلف توان مفید یا موثر مصرف نمی‌شود و به صورت غیر موثر، غیر مفید یا راکتیو (Reactive) است و در این قطعات ذخیره می‌شود ولی انرژی حاصل از آن مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

مخصوص دانش آموزان علاقه‌مند:

در مدارهـای جریـان متنـاوب از عناصـر اهمـی (R) ، سـلفی(L)و خازنی (C) به صورت مستقل یا ترکیبی استفاده می شـود. این عناصر انرژی الکتریکـی دریافتی از منبع ولتاژ را بـه صورت‌های گوناگون ظاهر می کنند. گروهی از عناصر تـوان الکتریکی را مـورد مصرف قرار می دهنـد و آن را به نوع دیگـری از انرژی تبدیل می کنـد. و گروهی دیگر توان الکتریکی را به صورت انرژی ذخیره می کنند. به همین خاطر در شبکه های متناوب سه نوع توان خواهیم داشت، شکل ۲۸-۸



شکل ۲۸-۸

توان ظاهری (S)

به‌حاصل‌ضرب‌ولتاژ‌و‌جریان‌موثر‌توان‌ظاهری گفته‌می‌شود.

توان حقیقی، مفید یا اکتیو (P)

توانی که به وسـیله‌ی مصرف کننده‌های اهمی (R) مورد اسـتفاده قرار می گیرد و کار موثر را انجام می‌دهد، این توان را توان اکتیو یا مفید می گویند.

توان غیر حقیقی، غیر مفید یا راکتیو (Q):

توانی که در مقاومت‌های سـلفی و خازنی ظاهر می‌شـود ولـی نمی تواند به کار مفید تبدیل شـود این توان را توان غیر حقیقی یا راکتیو می‌نامند.

۸–۱۰ آزمایش شماره‌ی (۱)

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۸–۱۰–۱ هدف آزمایش:

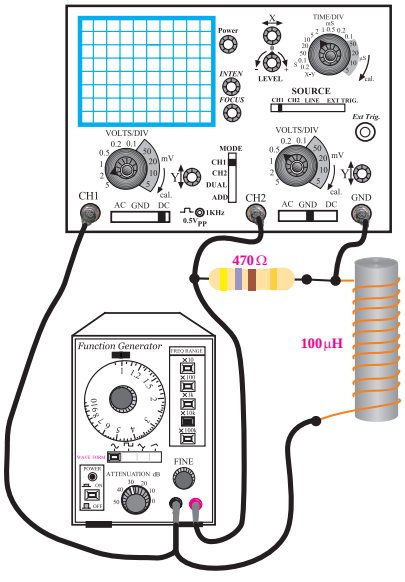
مشـاهده و اندازه‌گیری اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در سلف

۸–۱۰–۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه
۲	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۳	سیم رابط	به تعداد کافی
۴	سلف ۱۰۰μH	یک عدد
۵	مقاومت اهمی ۴۷۰Ω	یک عدد
۶	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۸–۱۰–۳ مراحل اجرای آزمایش:

■ مدار شکل ۸–۲۹ را روی بردبرد ببندید.

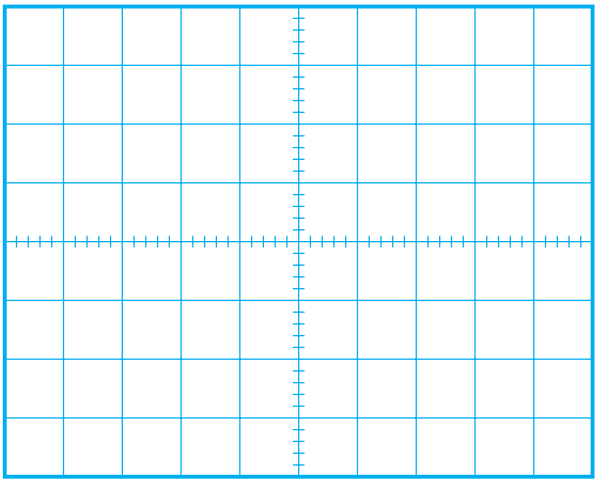


شکل ۸–۲۹ مدار آزمایش

■ فانکشـن ژنراتور را روی فرکانس ۱۰KHz و دامنه‌ی ولتاژ ۵ ولت سینوسی تنظیم کنید.

■ اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیم‌های لازم را روی آن انجام دهید.

■ شکل موج‌های نشان داده شده روی صفحه‌ی حساس را در نمودار شکل ۸–۳۰ با دو رنگ مختلف رسم کنید.

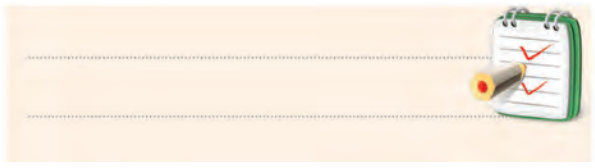


شکل ۸–۳۰ شکل موج ولتاژ و جریان در سلف

سؤال ۱: شکل موج ولتاژ دو سر مقاومت اهمی که همان شـکل موج جریان گذرنده از سـلف است را CH۲ و شکل موج ولتاژ دو سـر سلف را CH۱ نشان می‌دهد. این دو شکل موج چند درجه با یکدیگر اختلاف فاز دارند؟

φ= ..... درجه

نحوه ی محاسبه ی اختلاف فاز را توضیح دهید.



۸–۱۰–۴ نتایج آزمایش

آن‌چه را که در این آزمایش فراگرفته اید به اختصار شرح دهید.

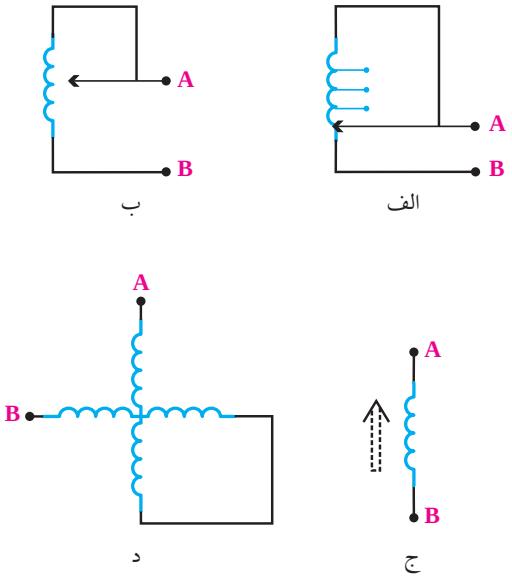
۸–۱۱ ضریب خود القایی متغیر

سیم پیچ‌ها را با توجه به نوع کاربرد در ۲ نوع ثابت و متغیر تولید می‌کنند. در شـکل ۸–۳۱ شکل ظاهری چند نمونه سیم پیچ ثابت و متغیر را مشاهده می‌کنید.

شکل ۸–۳۱ چند نمونه سلف ثابت و متغیر

۸–۱۱–۱ انواع سیم پیچ متغیر

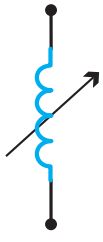
در شـکل ۸–۳۲ نماد فنی چهار نمونه سیم پیچ متغیر نشان داده شده است.



شکل ۸–۳۲ سیم پیچ‌های متغیر

در شکل ۸–۳۲– الف سیم پیچ چند سر دارد و با انتخاب سر مناسب توسط سلکتور می‌توان اندوکتانس مناسب را انتخاب کرد. در شکل ۸–۳۲– ب تغییر مقدار اندوکتانس مورد نظر به وسیله‌ی یک بازوی لغزنده انجام می شود. در شکل ۸–۳۲–ج برای داشتن اندوکتانس متغیر، هسـته ی سیم‌پیچ را می‌توانیم تغییر دهیم. با جابه‌جایی هسـته، اندوکتانس (L) مورد نیاز را انتخاب می‌کنیم.

در شـکل ۸–۳۲– د نیز با تغییر موقعیت مکانی سیم پیچ‌ها اندوکتانس کل مدار تغییر می‌کند. در شـکل ۸–۳۳ نماد فنی سیم پیچ متغیر نشان داده شده است.



شکل ۸–۳۳ نماد فنی سیم‌پیچ متغیر

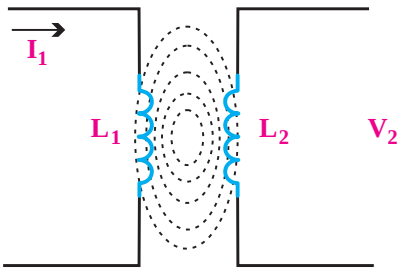
تحقیق کنید:

به نظر شما سیم‌پیچ‌های متغیر در چه‌مدارهایی کاربرد دارند؟ سه نمونه را نام ببرید.

۸–۱۱–۲ القای متقابل

هرگاه دو سیم پیچ را به گونه‌ای در مجاورت هم قرار دهیم که در صورت عبور جریان متناوب سینوسی از سیم پیچ اول، ولتاژی در سیم پیچ دوم به وجود آید(القا شود)، می‌گوییم بین دو سیم پیچ القای متقابل وجود دارد.

یادآوری می‌شود که نباید هیچگونه اتصال الکتریکی بین سیم پیچ اول و دوم وجود داشته باشد. القای ولتاژ در سیم‌پیچ به خاطر تغییرات میدان ایجاد شده در سیم‌پیچ اول و اثر گذاشتن روی سیم پیچ دوم به وجود آمده است، شکل ۸–۳۴ هر قدر ولتاژ القایی به وجود آمده در سیم پیچ دوم بیشتر باشد، می‌گوییم ضریب القایی متقابل بین دو سیم پیچ بیشتر است.



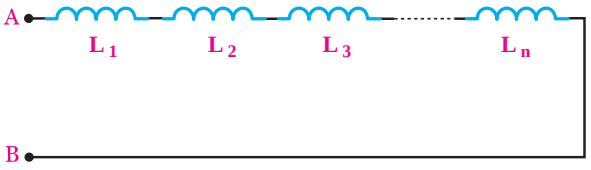
شکل ۸–۳۴ القای متقابل

۸–۱۲ سلف به صورت سری و موازی

چنانچه سلف مورد نیاز در محدوده‌ی سلف‌های استاندارد نباشد، می‌توانیم با متصل کردن چند سیم‌پیچ (سلف) به صورت سری، موازی یا ترکیبی ضریب خود القایی مورد نظر را به دست آوریم.

۸–۱۲–۱ اتصال سری سیم‌پیچ‌ها

هرگاه دو یا چند سیم‌پیچ را مشابه مقاومت‌ها به صورت متوالی اتصال دهیم، «اتصال سری» سیم‌پیچ ها به وجود می‌آید. در شکل ۸–۳۵ اتصال سری n سیم پیچ نشان داده شده است.



شکل ۸–۳۵ اتصال سری سیم‌پیچ‌ها

بنابراین در اتصال سری سیم‌پیچ‌ها، ضریب خود القایی معادل بین دو نقطه‌ی A و B بر اساس رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است.

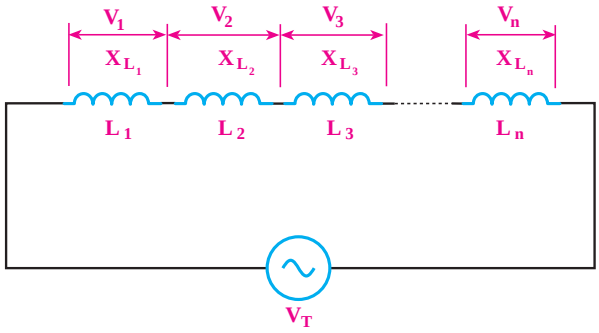
$$L_T=L_1+L_2+L_3+\ldots+L_n$$

توجه

رابطهٔ بالا به شرطی برقرار است که بین سیم پیچ‌ها القای متقابل موجود نباشد.

اگر سیم‌پیچ های سری شده را به منبع ولتاژ متناوب اتصال دهیم هر سیم‌پیچ راکتانس القایی خاصی را از خود نشان می‌دهد.

در شکل ۸–۳۶ راکتانس سلفی هر سیم‌پیچ مشخص شده است.



شکل ۳۶-۸ راکتانس معادل

راکتانس سیم پیچ‌ها به صورت سری نیز مانند مقاومت‌های اهمی از روابط زیر به دست می‌آید.

$$X_{LT}=X_{L۱}+X_{L۲}+X_{L۳}+ \dots +X_{Ln}$$

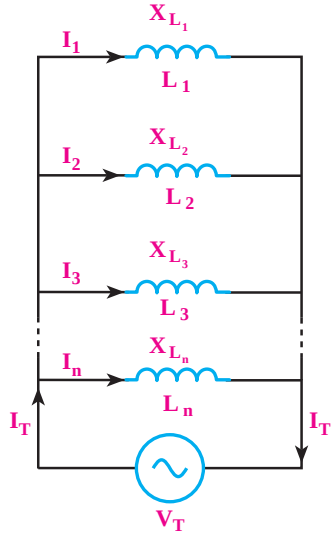
تحقیق کنید:

با استفاده از روابط مربوط به مدار سری ، رابطه‌ی راکتانس معادل سیم‌پیچ را به دست آورید.

$$X_{LT}=X_{L۱}+X_{L۲}+X_{L۳}+ \dots +X_{Ln}$$

۸-۱۲-۲ اتصال موازی سیم پیچ‌ها

اگر دو یا چند سیم پیچ را مطابق شکل ۳۷-۸ به یکدیگر اتصال دهیم، « اتصال موازی» سیم پیچ‌ها به وجود می آید.



شکل ۳۷-۸ اتصال موازی سیم‌پیچ‌ها

اگر سیم‌پیچ‌های موازی شده را به منبع ولتاژ متناوب متصل کنیم، ضریب خود القا و راکتانس معادل آن، مانند مقاومت‌های اهمی با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌شود.

$$\frac{۱}{L_T}=\frac{۱}{L_۱}+\frac{۱}{L_۲}+\dots+\frac{۱}{L_n}$$

$$\frac{۱}{X_{L_T}}=\frac{۱}{X_{L_۱}}+\frac{۱}{X_{L_۲}}+\dots+\frac{۱}{X_{L_n}}$$

تحقیق کنید:

درستی روابط مربوط به ضریب خود القا و راکتانس سلفی معادل را در مدار موازی اثبات کنید.

چنانچه n سیم پیچ مساوی به صورت موازی قرار گیرند، ضریب خود القای معادل از رابطه‌ی زیر محاسبه می شود.

$$L_T=\frac{L}{n}$$

ضریب خود القایی یک سیم پیچ

تعداد سیم پیچ ها

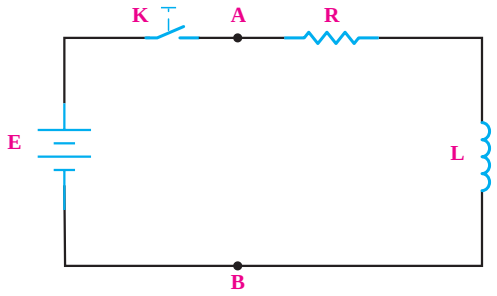
چنانچه دو سلف (سیم پیچ) نامساوی با یکدیگر به صورت موازی قرار گیرند، ضریب خودالقای معادل از رابطه ی زیر به دست می‌آید.

$$L_T=\frac{L_۱L_۲}{L_۱+L_۲}$$

۸–۱۳ مدار RL سری

۸–۱۳–۱ مدار RL سری در ولتاژ DC

در مدار شکل ۸–۳۸ سلف (L) و مقاومت (R) به صورت سری به هم اتصال دارند و ولتاژ DC را می‌توان از طریق یک کلیدبه آن متصل کرد. در صورتی که کلید K را ببندیم تقریبا بعد از مدتی جریان در مدار به ماکزیمم خود یعنی $\frac{E}{R_{eq}}$ می‌رسد.



شکل ۸–۳۸ مدار RLسری

در عمل هر سلفی ضمن داشتن یک ضریب خود القایی (L)، یک مقاومت اهمی (مقاومت اهمی خود سیم پیچ) نیز دارد که می‌توان آن را به صورت سری با سلف نشان داد. ممکن است این مقاومت کم باشد ولی حتماً وجود دارد. این مقاومت را با r نشان می دهیم. از این به بعد در محاسبات سلف را ایده‌آل در نظر می‌گیریم و از مقاومت اهمی سلف صرف نظر می‌کنیم.

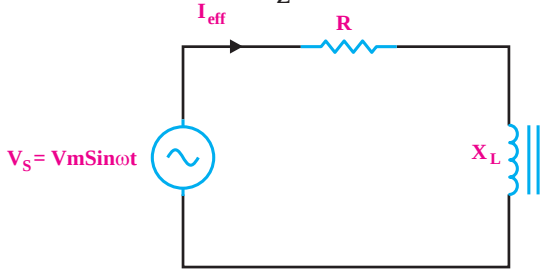
در مدار RL سری مقدار مقاومت اهمی از دو نقطه ی A و B برابر است با:

$$R_{eq}=R$$

۸–۱۳–۲ مدار RL سری در جریان متناوب

اگر یک سلف و یک مقاومت اهمی را مطابق شکل ۸–۳۹ به صورت سری به یکدیگر اتصال دهیم و سپس یک منبع ولتاژ متناوب سینوسی به دو سر آن وصل کنیم، مقدار جریان عبوری از مدار از رابطه ی زیر به دست می‌آید.

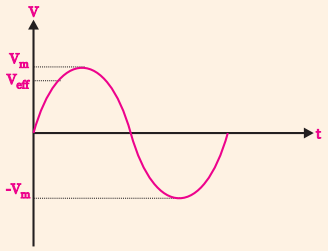
$$I_{eff}=\frac{V_{eff}}{Z}$$



شکل ۸–۳۹ مدار RL سری در جریان متناوب

یادآوری:

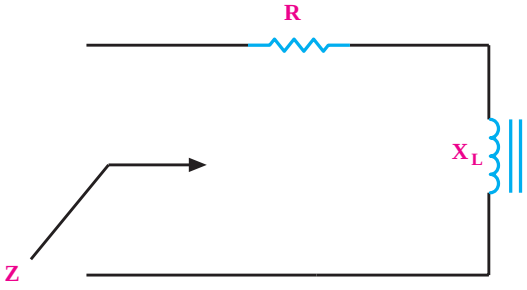
در مدارهای جریان متناوب سینوسی منظور از I_{eff} و V_{eff} مقدار جریان و ولتاژ موثری است که از روابط $\frac{I_m}{\sqrt{2}}$ و $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$ محاسبه می‌شود.



امپدانس

در یک مدار RL سری، مقدار مقاومت معادل را مقاومت ظاهری یا امپدانس می‌گویند. مقدار امپدانس مدار از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

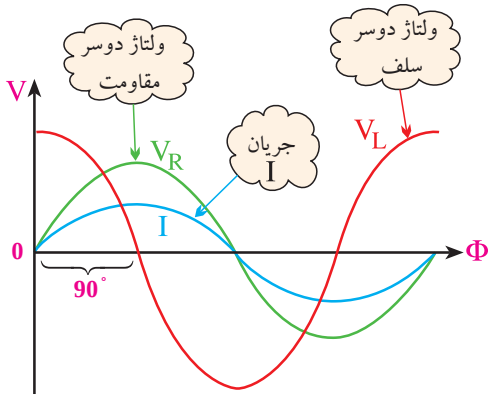
$$Z=\sqrt{R^2+X_L^2}\ (\Omega)$$



شکل ۴۰-۸ امپدانس در مدار RL سری

اختلاف فاز

در مدار RL سری ولتاژ دو سر مقاومت (V_R) با جریان عبوری از مدار هم‌فاز است. در این مدار ولتاژ دو سر سلف به اندازه‌ی ۹۰ درجه از جریان عبوری از مدار جلوتر است. این اختلاف فاز در شکل موج‌های رسم شده در شکل ۴۱-۸ نشان داده شده است.



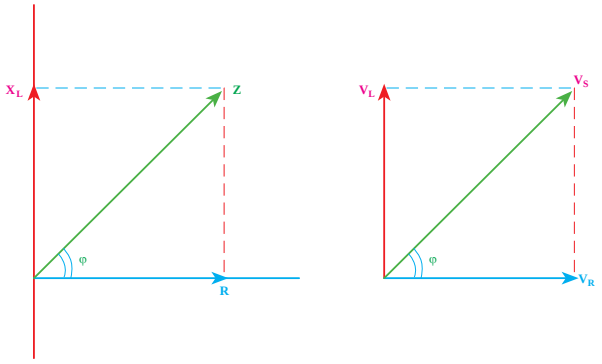
شکل ۴۱-۸ اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان در مدار RL سری

همانطور که مشاهده می شود جریان عبوری از مدار با ولتاژ دو سر مقاومت، هم‌فاز است.

دیاگرام برداری

در مدار RL سری، ولتاژ کل مدار از مجموع برداری ولتاژهای دو سر مقاومت(R) و سلف (L) به دست می‌آید.

در شکل ۴۲-۸ -الف دیاگرام برداری ولتاژهای دو سر مقاومت (V_R)، سلف (V_L) و ولتاژ کل مدار (V_S) و در شکل ۴۲-۸-ب دیاگرام برداری امپدانس مدار نشان داده شده است.



ب- دیاگرام برداری امپدانس الف- دیاگرام برداری ولتاژهای مدار

شکل ۴۲-۸ دیاگرام برداری

همانطور که از شکل ۴۲-۸ مشاهده می‌شود، در یک مدار RL سری، اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ بین صفر تا ۹۰ درجه است. مقدار دقیق این اختلاف فاز به مقدار R و X_L بستگی دارد. با توجه به شکل ۴۲-۸ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ مدار را با φ (فی) نشان می‌دهیم. مقدار Cosφ از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\text{Cos}\varphi = \frac{R}{Z}$$

با محاسبه‌ی Cos φ می‌توانیم مقدار φ را با استفاده از جدول مثلثاتی یا ماشین حساب به دست آوریم.

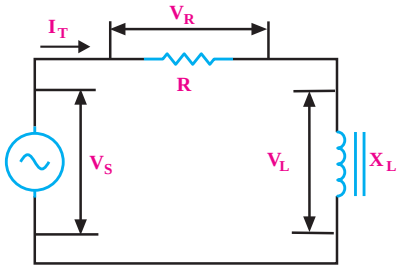
ولتاژهای مدار

در یک مدار RL سری مطابق شکل ۴۳-۸ ولتاژ دو سر عناصر از روابط زیر به دست می‌آید:

$V_R = I_T \cdot R$ ولتاژ دو سر مقاومت اهمی

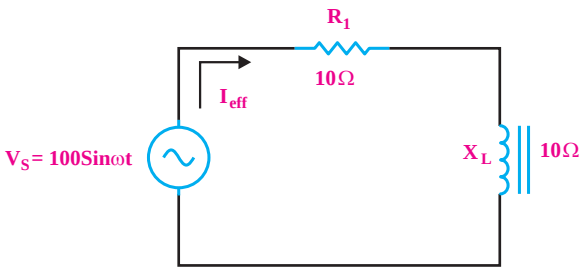
$V_L = I_T \cdot X_L$ ولتاژ دو سر سلف

$V_S = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$ ولتاژ کل مدار



شکل ۴۳-۸ ولتاژهای مدار RL سری

مثـــال ۲: جریان و اختلاف فاز بین جریـــان و ولتاژ را در مدار شکل ۴۴-۸ به دست آورید.



شکل ۴۴-۸ مثال

چون در مدار ســـری جریان کل با جریان عبوری از مقاومت برابر اســـت بنابراین می‌توانیم جریان کل مدار (I_T) را به عنوان (I_{eff}) یا جریان موثر در نظر بگیریم.

می‌خواهیم مقدار جریان موثر را با استفاده از رابطه‌ی زیر به دست آوریم:

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

مقدار ولتاژ موثر را محاسبه می‌کنیم:

$$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{100}{\sqrt{2}} = 70/7$$

مقدار امپدانس را به دست می‌آوریم:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{10^2 + 10^2} = \sqrt{200}$$

$$Z = 14/14\ \Omega$$

مقدار جریان موثر I_{eff} را محاسبه می‌کنیم:

$$I_{eff} = \frac{70/7}{14/14} = 5\ A$$

$\cos\varphi$ مدار را به دست می‌آوریم:

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{10}{14/14} \simeq 0/7$$

مقدار φ را با اســـتفاده از ماشین حساب یا جدول مثلثاتی محاسبه می‌کنیم:

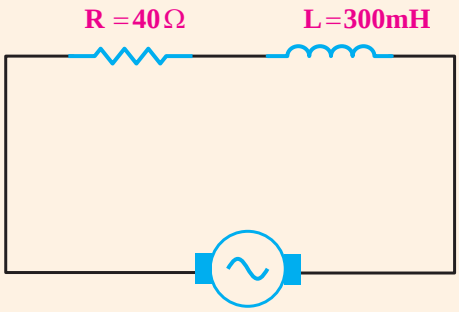
$$\varphi = 45^\circ$$

تمرین کلاسی ۱: در مدار شکل ۴۵-۸ مطلوب است:

الف- محاسبه‌ی امپدانس مدار

ب- افت ولتاژ دو سر هر قطعه

ج- اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ کل مدار



شکل ۴۵-۸

۸–۱۴ مدار RL موازی

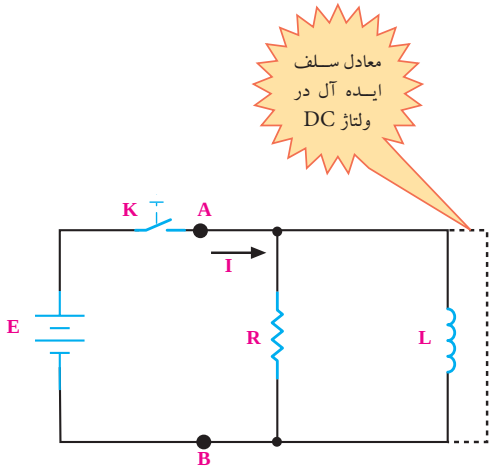
۸–۱۴–۱ مدار RL موازی در ولتاژ DC

شـکل ۸–۴۶ مدار RL موازی را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشاهده می‌کنید ولتاژ یا اختلاف پتانسیل بین دو نقطهٔ A و B برای سلف و مقاومت R یکسان است.

بعد از بسته شدن کلید K به علت موازی بودن مدار، ولتاژ منبع (E) در دو سر سلف قرار می‌گیرد. اگر از مقاومت اهمی سـلف (r) صرف نظر نماییم، در ولتاژ DC سلف مانند یک سیم اتصال کوتاه عمل می‌کند.

در این مدار مقاومت معادل از دو نقطهٔ A و B برابر اسـت با:

$$R_{eq} = R_{AB} = R \,||\, 0 \cong 0$$

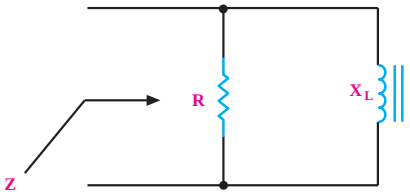


شکل ۸–۴۶ مدار RL موازی

۸–۱۴–۲ مدار RL موازی در جریان متناوب

در مدار شکل ۸–۴۷ اگر یک مقاومت اهمی و یک سلف را به صورت موازی به یکدیگر وصل کنیم ، امپدانس مدار از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\frac{1}{Z^2} = \frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_L^2} \quad \text{یا} \quad Z = \frac{R.X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

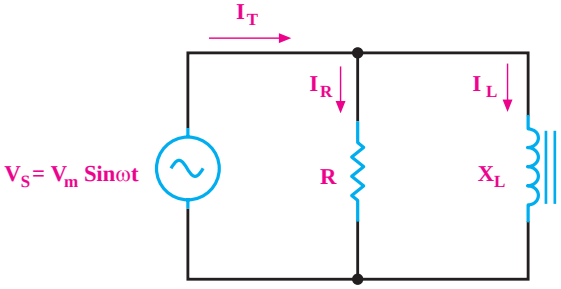


شکل ۸–۴۷ امپدانس مدار RLموازی

جریان‌های مدار

در مدار شـکل ۸–۴۸ جریان کل مـدار از رابطهٔ زیر قابل محاسبه است.

$$I_T = \frac{V_{eff}}{z}$$



شکل ۸–۴۸ مدار RL موازی

در مدار RLموازی، روابط زیر برقرارند.

$$I_R = \frac{V_S}{R} \quad \text{یا} \quad I_L = \frac{V_S}{X_L}$$

نکته‌ی مهم:

▲مقدار جریان عبوری از مقاومتR، جریان موثر (I_{eff}) است.

▲جریان عبوری از سیم پیچ برابر با جریان غیر موثر یا I_L است.

▲جریان عبوری از مقاومت ظاهری (Z) را جریان ظاهری (I_T) می گویند. این جریان از رابطه ی زیر محاسبه می شود.

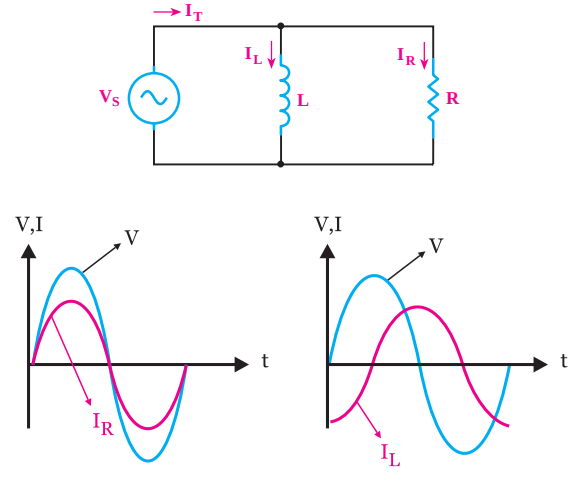
$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$$

▲مقدار φ را با استفاده از ماشین حساب یا جدول مثلثاتی محاسبه می کنیم:

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

اختلاف فاز:

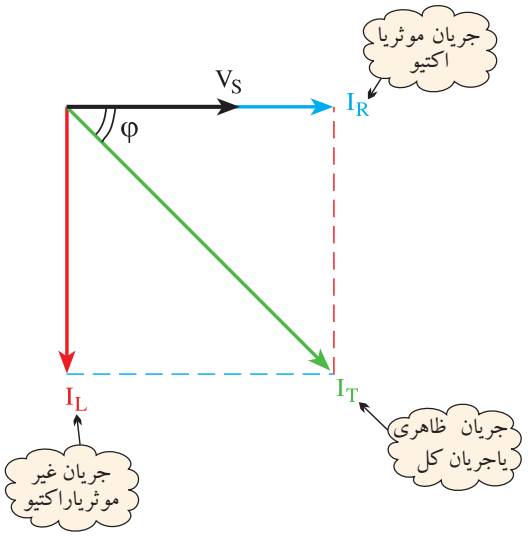
در مدار RL موازی، ولتاژ دو سر سلف و مقاومت یکسان است و جریان کل مدار به نسبت عکس، بین مقاومت‌های R و X_L تقسیم می شود، شکل ۴۹-۸.



شکل ۴۹-۸ مدار RL موازی

دیاگرام برداری

در مدار RL موازی جریان کل مدار از جمع‌برداری جریان‌های سیم پیچ (L) و مقاومت (R) به دست می‌آید. در شکل ۵۰-۸ دیاگرام برداری مربوط به جریان های مدار و ولتاژ کل (V_S) رسم شده است.



شکل ۵۰-۸ دیاگرام برداری جریان‌های مدار RL موازی

همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، جریان عبوری از سیم‌پیچ به اندازه‌ی ۹۰ درجه از ولتاژ کل مدار عقب‌تر است. همچنین جریان عبوری از مقاومت با ولتاژ کل مدار هم‌فاز است.

با توجه به شکل ۵۰-۸ اختلاف فاز بین جریان کل مدار (I_T) و ولتاژ منبع (V_S) را با φ نشان می‌دهیم و مقدار Cos φ از رابطه ی زیر به دست می‌آید:

$$\cos\varphi = \frac{I_R}{I} = \frac{Z}{R}$$

با دانستن مقدار Cos φ مقدار φ با استفاده از ماشین حساب یا جدول مثلثاتی قابل محاسبه است.

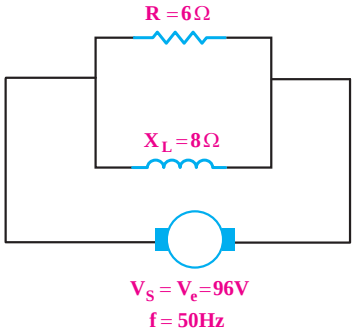
مثال۳: در مدار شکل ۵۱-۸ مطلوبست:

الف-امپدانس مدار

ب- جریان کل مدار

ج- جریان هر شاخه

د- اختلاف فاز



شکل ۵۱-۸ مدار مربوط به مثال

حل:

ابتـدا مقاومت ظاهری مدار (Z) را با اسـتفاده از رابطه ی زیر محاسبه می کنیم:

$$\frac{۱}{Z^۲}=\frac{۱}{R^۲}+\frac{۱}{X_L^۲}$$

$$\frac{۱}{Z^۲}=\frac{۱}{۶^۲}+\frac{۱}{۸^۲}=\frac{۱}{۳۶}+\frac{۱}{۶۴}\Rightarrow Z=۴/۸\Omega$$

توجه: بـه جای رابطـه‌ی $\frac{۱}{Z^۲}=\frac{۱}{R^۲}+\frac{۱}{X_L^۲}$ می‌توان از رابطه ی ساده شده ی زیر استفاده کرد.

$$Z=\frac{R.X_L}{\sqrt{R^۲+X_L^۲}}=\frac{۶\times ۸}{\sqrt{۶^۲+۸^۲}}=\frac{۴۸}{۱۰}=۴/۸\Omega$$

جریان کل مدار را محاسبه می کنیم:

$$I=\frac{V_S}{Z}=\frac{۹۶}{۴/۸}=۲۰A$$

جریان عبوری از مقاومت را تعیین می کنیم:

$$I_R=\frac{V_S}{R}=\frac{۹۶}{۶}=۱۶A$$

جریان عبوری از X_L را به دست می‌آوریم

$$I_L=\frac{V_S}{X_L}=\frac{۹۶}{۸}=۱۲A$$

مقدار $\cos\varphi$ را محاسبه می کنیم

$$\cos\varphi=\frac{Z}{R}=\frac{۴/۸}{۶}=۰/۸$$

با استفاده از ماشین حساب یا جدول مثلثاتی مقدار φ را به دست می‌آوریم.

$$\varphi=۳۷^\circ$$

تحقیق کنید:

بـا اسـتفاده از رابطـه‌ی $\frac{۱}{Z^۲}=\frac{۱}{R^۲}+\frac{۱}{X_L^۲}$ رابطه‌ی ساده شده‌ی Z را به دست آورید.

تمرین کلاسی ۲: سلفی با اندوکتانس $L=۴mH$ با یک مقاومت $R=۸\Omega$ به طور موازی به ولتاژ متناوب ۲۴ ولتی با فرکانس ۱/۵ کیلوهرتز اتصال داده شده است.

$V_S=V_{eff}=۲۴$

مطلوب است:

الف- جریان هر شاخه

ب- جریان کل مدار

ج- امپدانس مدار

د- اختلاف فاز φ

۸-۱۵ آزمایش شماره‌ی (۲)

زمان اجرا: ۶ ساعت آموزشی

۸-۱۵-۱ هدف‌های آزمایش

به دست آوردن امپدانس در مدارهای RL سری و موازی و تحقیق روی روابط آن‌ها

۸-۱۵-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

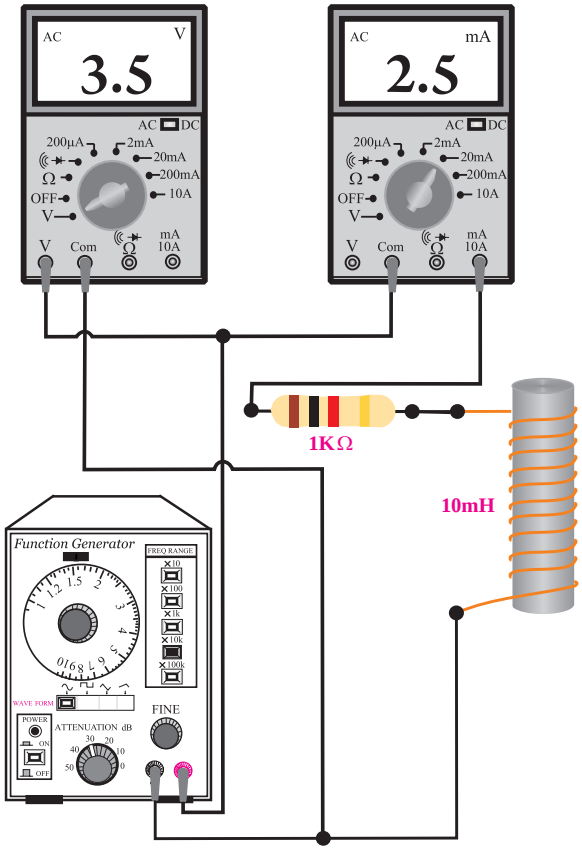
ردیف	نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه
۲	سلف ۱۰mH	یک عدد
۳	مقاومت اهمی ۱KΩ	یک عدد
۴	فانکشن ژنراتور	یک دستگاه
۵	سیم رابط	به مقدار لازم
۶	بردبرد	یک عدد
۷	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۸-۱۵-۳ مراحل اجرای آزمایش

الف: به دست آوردن امپدانس یک مدار RL سری و تحقیق روی رابطه‌ی $V_S=\sqrt{V_R^۲+V_L^۲}$

توجه

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



شکل ۵۲-۸ مدار عملی آزمایش

■ فانکشـن ژنراتور را روی فرکانس ۱۶KHz و دامنه‌ی ولتاژ ۱۰ ولت پیک تا پیک سینوسی تنظیم کنید.

■ کلید سـلکتور مولتی‌متری که به عنوان ولت‌متر به کار برده‌اید را در حالت AUTO یا رنج ۲۰ ولت AC قرار دهید.

■ کلید سـلکتور مولتی‌متری که به عنوان میلی‌آمپر AC بـه کار برده‌ایـد را روی ۱۰ mA بگذارید و در حالت AC بگذارید.

■ مقدار ولتاژی که ولت‌متر و همچنین مقدار جریانی که میلی‌آمپر متر نشان می‌دهد را یادداشت کنید

I_T=..... mA جریان مدار

V_S=..... V ولتاژ خروجی فانکشن ژنراتور

■ با اسـتفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده امپدانس مدار را محاسبه کنید.

امپدانس مدار $Z=\frac{V(\text{ولت})}{I(\text{آمپر})}=\frac{.....}{.....}=..... \Omega$

■ مقدار Z را محاسبه کنید.

$X_L = L.2\pi f = ...\Omega$

$X_L = ...\Omega$

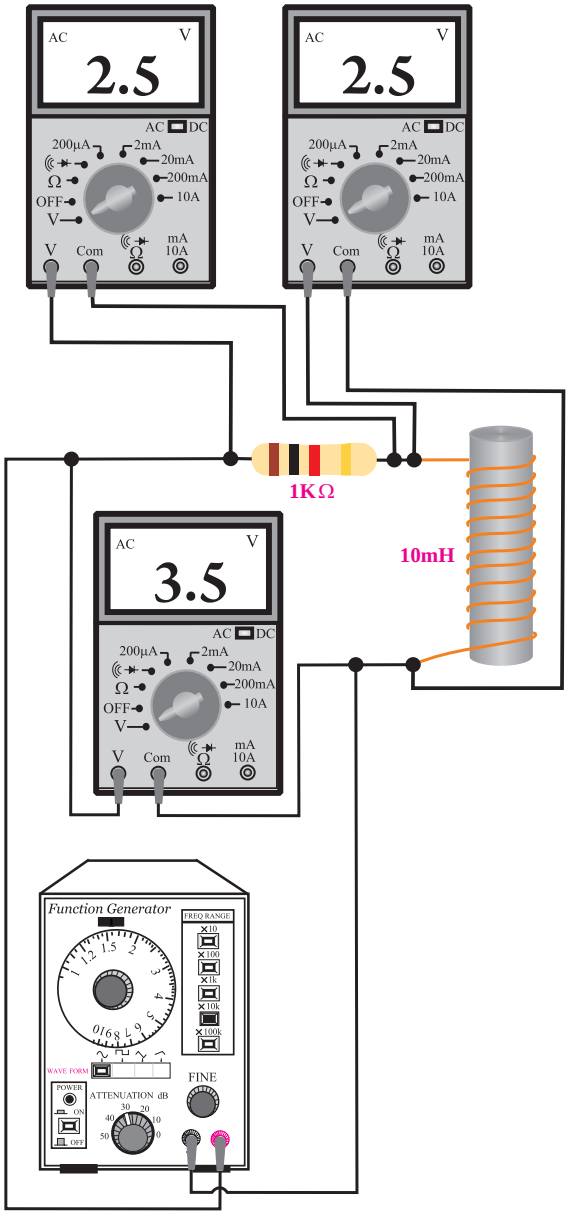
$R = ...\Omega$

$Z=\sqrt{R^2+X_L^2}=\sqrt{(...)^2+(...)^2}$

$Z=\sqrt{.....}=.....\Omega$

سوال ۲: آیا مقدار Z به دست آمده از طریق اندازه‌گیری با مقدار Z محاسبه شده تقریبا برابرند؟ توضیح دهید.

■ مدار شکل ۵۳-۸ را روی بردبرد ببندید.



شکل ۵۳-۸ مدار عملی آزمایش

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

ولت‌متری که به دو سر مقاومت اهمی وصل است.	V_R=..... V
ولت‌متری که به دو سر سلف وصل است.	V_L=..... V
ولت‌متری که به دو سر خروجی فانکشن ژنراتور وصل است.	V_S=..... V

■ مقدار ولتاژ کل را که با استفاده از مقادیر V_R و V_L اندازه‌گیری کرده‌اید محاسبه کنید.

$$V_S = \sqrt{V_R^2 + V_L^2} = \sqrt{(....)^2 + (....)^2} = \sqrt{....} = ...v$$

محاسبه V_S = ...v

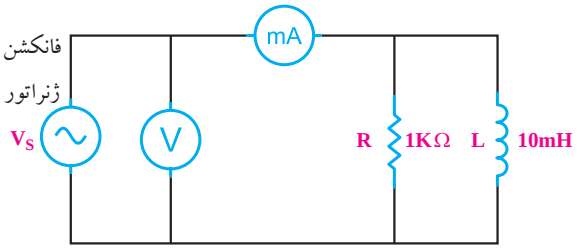
سوال ۳: آیا مقدار ولتاژ کل (V_S) به دست آمده از طریق محاسبه با مقدار V_S اندازه‌گیری شده تقریبا برابر است؟ توضیح دهید.

توجه

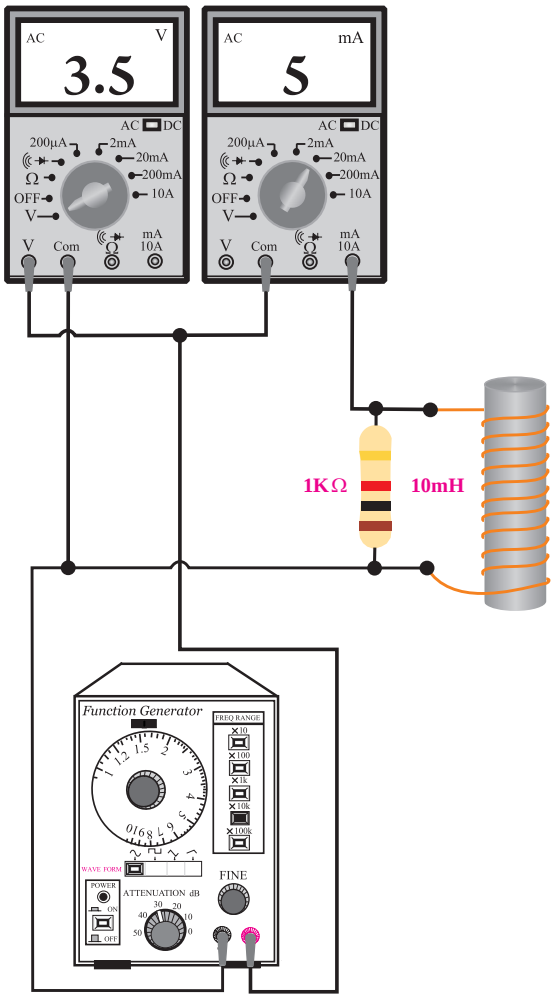
در صورتی که سه مولتی‌متر در اختیار ندارید از یک مولتی‌متر استفاده کنید.

ب: به دست آوردن امپدانس مدار RL موازی

■ مدار شکل ۵۴-۸ را روی بردبرد ببندید.



الف- نقشه‌ی فنی مدار



ب- مدار عملی

شکل ۵۴-۸ مدار آزمایش

■ فانکشن ژنراتور را روی فرکانس ۱۶KHz و دامنه‌ی ولتاژ ۱۰ ولت پیک تو پیک سینوسی تنظیم کنید.

■ کلید سلکتور مولتی‌متری که به عنوان ولت‌متر به کار برده‌اید را در حالت AUTO یا رنج ۱۰ ولت و در حالت AC قرار دهید.

■ کلید سلکتور مولتی‌متری که به عنوان میلی‌آمپر AC به کار برده‌اید را روی ۲۰mA و در حالت AC قرار دهید.

■ مقدار ولتاژی که ولت‌متر و همچنین مقدار جریانی که میلی‌آمپر نشان می‌دهد را یادداشت کنید.

V.....= مقدار ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد.

mA .....= مقدار جریانی که میلی‌آمپر متر نشان می‌دهد.

■ امپدانس مدار را با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده محاسبه کنید.

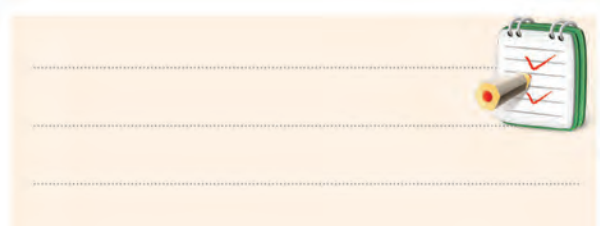
امپدانس مدار $Z = \frac{V(\text{ولت})}{I(\text{آمپر})} = \frac{.....}{.....} = ... \Omega$

مقدار Z را از طریق محاسبه به دست آورید:

$$\frac{۱}{Z^۲} = \frac{۱}{R^۲} + \frac{۱}{X_L^۲}$$

$$\frac{۱}{Z^۲} = \frac{۱}{(...)^۲} + \frac{۱}{(...)^۲} \qquad Z = ...\Omega$$

سؤال ٤: آیا مقدار Z را که از طریق ریاضی محاسبه کرده‌اید با مقدار Z به دست آمده از روش اندازه‌گیری ولتاژ و جریان تقریباً برابر است؟ توضیح دهید.



٤-١٥-٨ نتایج آزمایش:

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

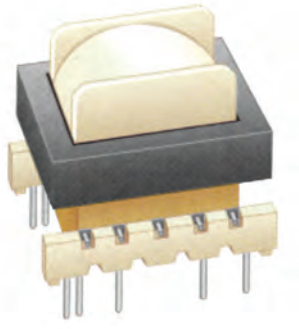
الف .....

ب .....

٨-١٦ اصول کار ترانسفورماتور

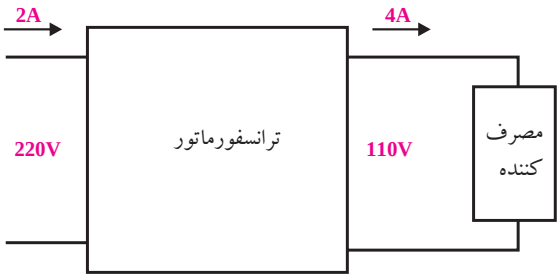
٨-١٦-١ تعریف ترانسفورماتور

ترانسفورماتور یک قطعه‌ی الکترومغناطیسی است که می‌تواند ولتاژ متناوب سینوسی مانند ولتاژ ۲۲۰ ولت برق شهر را دریافت و آن را به ولتاژ مورد نیاز مثلا ۱۲ ولت تبدیل کند. شکل ۸-۵۵ یک نمونه ترانسفورماتور کوچک را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۵۵ یک نمونه ترانسفورماتور

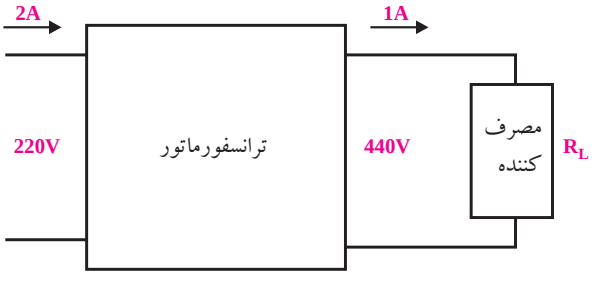
ترانسفورماتور انرژی الکتریکی را به نوع دیگری از انرژی تبدیل نمی کند و فقط قادر است مقدار ولتاژ دریافتی را متناسب با نیاز تغییر دهد. معمولا تلفات در ترانسفورماتورها زیاد نیست، لذا می‌توان با تقریب قابل قبول توان ورودی را با توان خروجی برابر گرفت. بنابراین مطابق شکل ۸-۵۶ اگر ولتاژ ورودی یک ترانسفورماتور ۲۲۰ ولت و جریان آن 2A باشد، ترانسفورماتور می‌تواند این ولتاژ را به ولتاژ خروجی ۱۱۰ ولت و به جریان 4A تبدیل کند.



شکل ۸-۵۶ ترانسفورماتور کاهنده

اگر ولتاژ خروجی یک ترانسفورماتور کمتر از ولتاژ ورودی باشد ترانسفورماتور از نوع کاهنده است.
اگر ترانسفورماتوری، کاهنده‌ی ولتاژ باشد افزاینده‌ی جریان است.

در شکل ۸-۵۷ اگر ولتاژ خروجی ۴۴۰ ولت شود، جریان خروجی به یک آمپر کاهش می‌یابد.

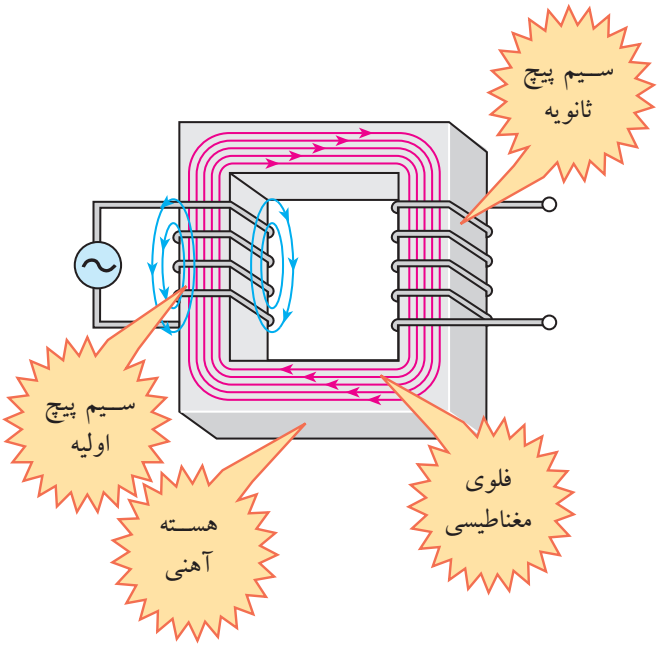


شکل ۸-۵۷ ترانسفورماتور افزاینده

اگر ولتاژ خروجی یک ترانسفورماتور بیشتر از ولتاژ ورودی باشد ترانسفورماتور از نوع افزاینده است.
اگر ترانسفورماتوری افزاینده‌ی ولتاژ باشد کاهنده‌ی جریان است.

۸-۱۶-۲ ساختمان ترانسفورماتور

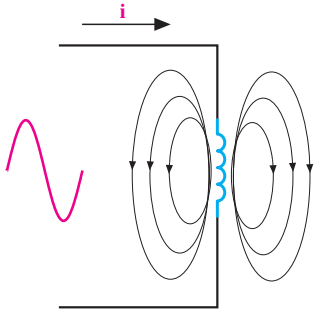
ساختمان ترانسفورماتور معمولی شامل دو سیم‌پیچ و یک هسته است. چنانچه انرژی الکتریکی با ولتاژ مشخصی را به یکی از سیم‌پیچ‌ها بدهیم، می‌توانیم ولتاژ مورد نظر را از سیم‌پیچ دیگر دریافت کنیم. سیم‌پیچی که به آن ولتاژ می‌دهیم را سیم‌پیچ اولیه و سیم‌پیچی که از آن ولتاژ دریافت می‌کنیم را سیم‌پیچ ثانویه می‌نامند. شکل ۸-۵۸ ساختمان ساده‌ی یک ترانسفورماتور را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۵۸ ساختمان داخلی یک ترانسفورماتور

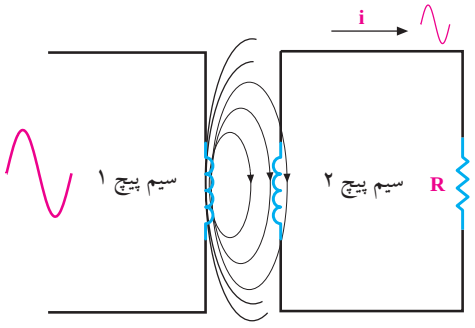
۸-۱۶-۳ اساس کار ترانسفورماتور:

اگر به یک سیم‌پیچ، ولتاژ متناوب اعمال شود در سیم‌پیچ جریان متناوب جاری می‌شود و همان‌طور که در قبل گفته شد در اطراف سیم‌پیچ میدان مغناطیسی متغیر به وجود می‌آید، شکل ۸-۵۹.



شکل ۸-۵۹ میدان مغناطیسی اطراف سیم‌پیچ

حال اگر سیم‌پیچ دیگری را در مجاورت چنین سیم‌پیچی قرار دهیم، میدان مغناطیسی حاصل از عبور جریان متناوب از سیم‌پیچ اول، سیم پیچ دوم را در بر می‌گیرد و در سیم‌پیچ دوم ولتاژی را متناسب با ضریب القای متقابل القا می‌کند، شکل ۸-۶۰.



شکل ۸-۶۰ میدان مغناطیسی در ترانس

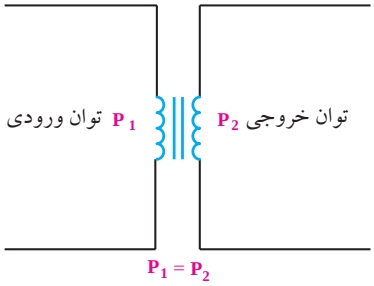
یک ترانسفورماتور معمولی، حداقل دارای دو سیم‌پیچ است. به یکی از سیم‌پیچ‌های آن ولتاژ متناوب می‌دهیم تا در سیم‌پیچ دوم ولتاژی القا شود.

با انتخاب مناسب تعداد دورهای اولیه و تعداد دورهای ثانویه‌ی یک ترانسفورماتور، می‌توانیم هر ولتاژی را به ولتاژ دیگر تبدیل کنیم. با انتخاب مناسب ابعاد هسته و ضخامت سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه، توان مورد نیاز توسط ترانسفورماتور تامین می شود.

۸-۱۶-۴ نسبت تبدیل ترانسفورماتور

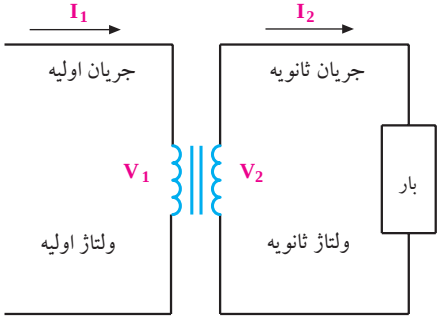
چنانچه توان خروجی با توان ورودی برابر باشد، ترانسفورماتور را ایده‌آل می‌نامند، شکل ۸-۶۱.

معمولا در عمل توان خروجی کمتر از توان ورودی است. زیرا به دلیل عبور جریان از سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه مقدار کمی از توان در داخل ترانسفورماتور تلف می‌شود.



شکل ۸-۶۱ ترانسفورماتور ایده‌آل

با توجه به شکل ۸-۶۲ در یک ترانسفورماتور ایده‌آل روابط زیر برقرار است:



شکل ۸-۶۲ روابط ترانسفورماتور

توان ورودی با توان خروجی برابر است:

$$P_1=P_2$$

$$P_1=V_1 . I_1 \quad , P_2=V_2 . I_2$$

با مساوی قرار دادن P_1 و P_2 داریم:

$$V_1 . I_1= V_2 . I_2$$

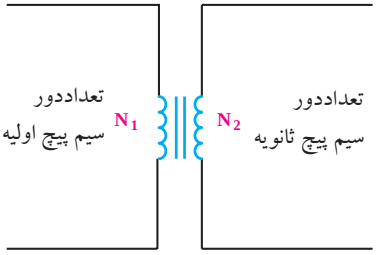
رابطه را ساده می کنیم:

$$\frac{V_1}{I_2}=\frac{V_2}{I_1}$$

رابطه‌ی نهایی به صورت زیر در می‌آید:

$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{I_2}{I_1}$$

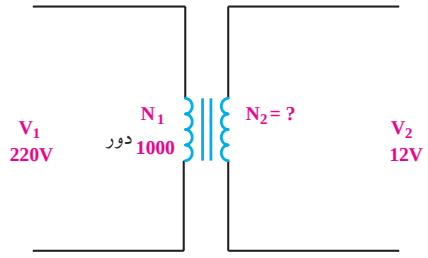
مقدار ولتاژ القا شده در ثانویه بستگی به تعداد دور سیم‌پیچ اولیه (N_1) و ولتاژ اولیه (V_1) دارد. لذا رابطه ی زیر برای یک ترانسفورماتور ایده‌آل صدق می کند، شکل ۸-۶۳.



شکل ۸-۶۳ تعداد دور سیم‌پیچ‌ها در ترانسفورماتور

$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{N_1}{N_2}=\frac{I_2}{I_1}$$

مثال ٤: در یک ترانسفورماتور $V_1=220V$ و $V_2=12V$ است. اگر $N_1=1000$ دور باشد، N_2 را محاسبه کنید، شکل ۸-۶۴



شکل ۶۴-۸ مربوط به مثال ۴

حل: ابتدا رابطه را می‌نویسیم

$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{N_1}{N_2}$$

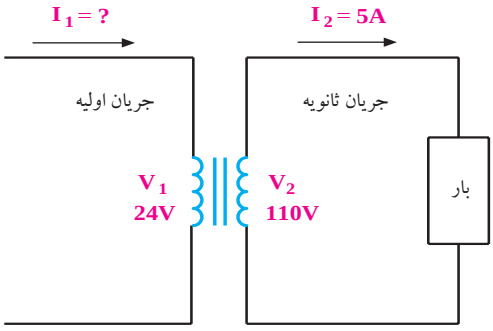
مقادیر را جایگزین می کنیم

$$\frac{۲۲۰}{۱۲}=\frac{۱۰۰۰}{N_2}$$

N_2 را محاسبه می‌نماییم:

$$N_2=\frac{۱۰۰۰\times ۱۲}{۲۲۰}=۵۵ \text{ دور}$$

مثال۵: در یک ترانسفورماتور طبق شکل (۶۵-۸) مقادیر زیر را داریم:



شکل ۶۵-۸ مربوط به مثال ۵

جریان اولیه (I_1) ترانسفورماتور چند آمپر است؟

حل:

ابتدا رابطه‌ی مورد نظر را می‌نویسیم و ساده می کنیم:

$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{I_2}{I_1}\Rightarrow I_1=\frac{V_2.I_2}{V_1}$$

مقادیر را جایگزین می کنیم و جریان I_1 را به دست می‌آوریم

$$I_1=\frac{۱۱۰\times ۵}{۲۴}=۲۲/۹۱A$$

I_1=۲۲/۹۱ A

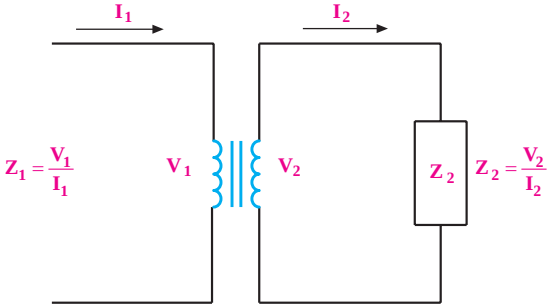
۸-۱۷ ترانسفورماتورهای تطبیق امپدانس

۸-۱۷-۱ تبدیل امپدانس:

اگر مطابق شکل ۶۶-۸ ولتاژ سیم‌پیچ اولیه یا ثانویه را به جریان عبوری از آن‌ها تقسیم کنیم، امپدانس بار در ثانویه (Z_2) و اولیه (Z_1) با استفاده از روابط زیر به دست می‌آید.

طبق قانون اهم:

$$Z_1=\frac{V_1}{I_1} \quad و \quad Z_2=\frac{V_2}{I_2}$$



شکل ۶۶-۸ امپدانس اولیه و ثانویه

در روابط فوق Z_2 امپدانس بار و Z_1 امپدانسی است که در اولیه‌ی ترانسفورماتور دیده می‌شود. مقدار این امپدانس از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$Z_1=Z_2(\frac{N_1}{N_2})^2$$

تحقیق کنید:

با استفاده از روابط ترانس، رابطه ی امپدانس بار در اولیه‌ی ترانس (Z_1) را به دست آورید.

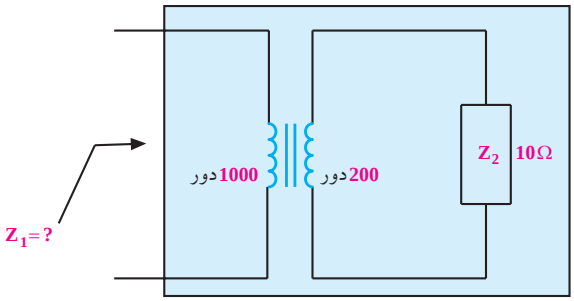
$$Z_1 = Z_2(\frac{N_1}{N_2})^2$$

مثال ۶: در ترانسفورماتور شکل ۸-۶۷ مقادیر زیر مفروض است:

(تعداد دور سیم پیچ اولیه) دور $N_1=1000$

(تعداد دور سیم پیچ ثانویه) دور $N_2=200$

$Z_2=10\Omega$



شکل ۸-۶۷ مثال

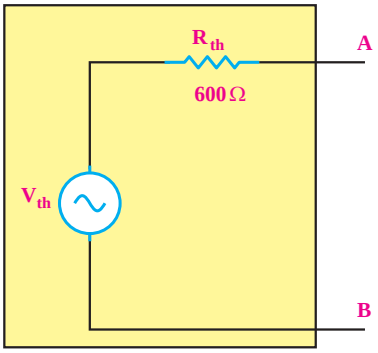
مقدار امپدانس Z_1 یعنی مقاومت از دید سیم‌پیچ اولیه را به دست آورید.

$$Z_1 = Z_2(\frac{N_1}{N_2})^2 = 10\times(\frac{1000}{200})^2 = 250\Omega$$

در یک ترانسفورماتور ایده‌آل، نسبت امپدانس از دیدگاه اولیه به امپدانس ثانویه با مجذور نسبت تعداد دورهای سیم پیچ اولیه و ثانویه متناسب است.

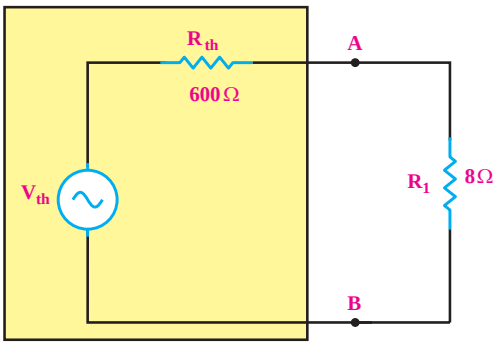
۸-۱۷-۲ تطبیق امپدانس به کمک ترانسفورماتور

فرض کنید می‌خواهیم در مدار معادل تونن شکل ۸-۶۸ حداکثر توان را به یک مقاومت 8Ω انتقال دهیم. شرط انتقال توان حداکثر این است که مقاومت بار با مقاومت معادل تونن (R_{th}) برابر باشد.



شکل ۸-۶۸ مدار معادل تونن

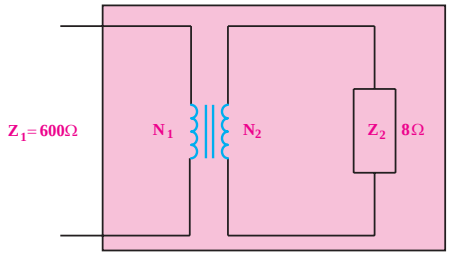
با توجه به این که مقاومت معادل تونن برابر با 600Ω و مقاومت موجود بین دو نقطه‌ی A و B (مقاومت بار) برابر با 8Ω است، با اتصال مستقیم مقاومت 8Ω به دو نقطه‌ی A و B، حداکثر توان به مقاومت 8Ω منتقل نمی‌شود، شکل ۸-۶۹



شکل ۸-۶۹

برای انتقال حداکثر توان به مقاومت بار 8Ω از ترانسفورماتور استفاده می‌کنیم. به این ترتیب که اولیه ی ترانسفورماتور را بین دو نقطه‌ی A و B و بار را به ثانویه‌ی

ترانسفورماتور وصل می‌کنیم، شکل ۸-۷۰



شکل ۸-۷۰ انتقال توان ماکزیمم

با توجه بـه رابطه‌ی انتقال امپدانس می‌توانیم نسـبت دور اولیه به ثانویه‌ی ترانسفورماتور را به روش زیر محاسبه کنیم.

$$Z_1 = Z_2(\frac{N_1}{N_2})^2$$

$$۶۰۰ = ۸(\frac{N_1}{N_2})^2$$

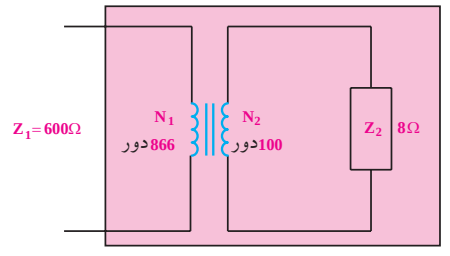
تعداد دورهای ترانسـفورماتور را طوری انتخاب می‌کنیم که از دیدگاه اولیه‌ی ترانسفورماتور امپدانس ۶۰۰ Ω را داشته باشیم.

$$(\frac{N_1}{N_2})^2 = \frac{۶۰۰}{۸} = ۷۵$$

$$(\frac{N_1}{N_2}) = \sqrt{۷۵} = ۸/۶۶$$

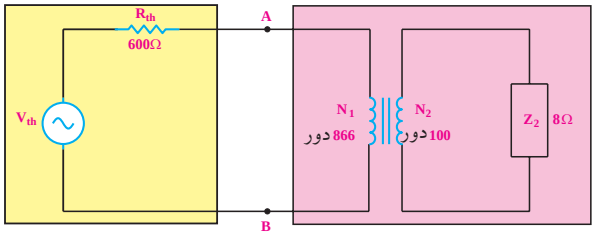
مطابـق شـکل ۸-۷۱ اگـر N_2 =۱۰۰ دور انتخاب کنیم، مقدار N_1 برابر است با:

N_1=۸/۶۶ × N_2=۸/۶۶ × ۱۰۰=۸۶۶ دور



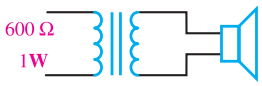
شکل ۸-۷۱ تطبیق امپدانس

مطابق شـکل ۸-۷۲ ترانسـفورماتور با بار 8Ω را به مدار معادل تونـن بین دو نقطه‌ی A و B وصـل می‌کنیم. چون بر اساس محاسـبات امپدانس از دیدگاه اولیه ی ترانسفورماتور ۶۰۰Ω اسـت، پس حداکثر تـوان به اولیه‌ی ترانسـفورماتور منتقل می‌شـود. از طرفی در یک ترانسـفورماتور، توان اولیه با توان ثانویه تقریبا برابر اسـت. لـذا حداکثر توان از اولیه ی ترانسـفورماتور، به ثانویه‌ی ترانسـفورماتور منتقل می‌شود و ثانویه‌ی ترانسفورماتور می‌تواند این توان را به بار برساند.



شکل ۸-۷۲ انتقال حداکثر توان به بار

به کمـک ترانسـفورماتور می‌توانیم مقـدار امپدانس بار (مصرف کننده) را از دیدگاه اولیه کم یا زیاد کنیم. به عبارت دیگـر توان انتقالی را به مقداری کـه نیاز داریم تنظیم نماییم. به این نوع ترانسفورماتورها، ترانسفورماتور تطبیق امپدانس نیز می‌گویند. این ترانسـفورماتورها برای انتقال حداکثر توان به بلندگوها به کار می‌روند. زیرا امپدانس بلندگوها معمولا 4Ω یا 8Ω است. شکل ۸-۷۳

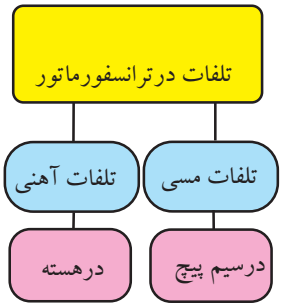


شکل ۸-۷۳ تطبیق امپدانس

۸-۱۸ تلفات در ترانسفورماتور

وقتی انرژی الکتریکی را به ترانسفورماتور اعمال می‌کنیم، قسمتی از این انرژی در ترانسـفورماتور تلف می‌شود، به این

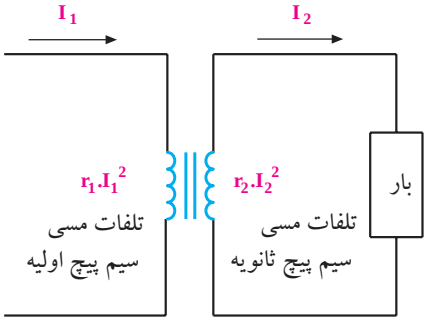
انرژی تلف شـده، تلفات ترانسفورماتور می‌گویند. مهم‌ترین تلفات در یک ترانسـفورماتور تلفات مسـی و آهنی اسـت، شکل ۸-۷۴.



شکل ۸-۷۴ تلفات در ترانسفورماتور

۸-۱۸-۱ تلفات مسی

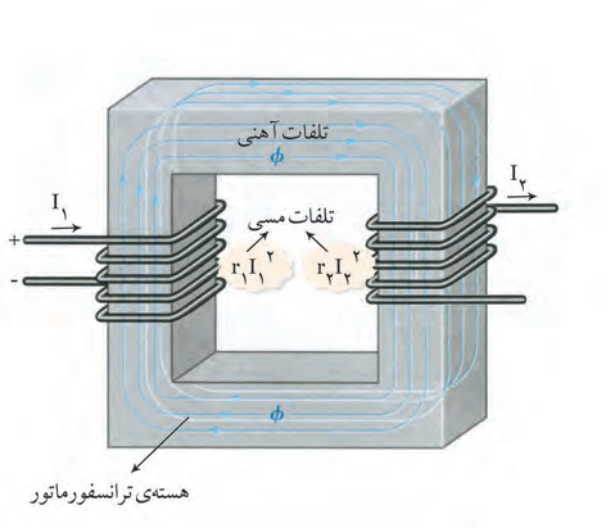
همانطور که در شـکل ۸-۷۵ مشـاهده می‌کنید سیم پیچ اولیه دارای مقاومت r_1 و سیم پیچ ثانویه دارای مقاومت اهمی r_2 اسـت. هنگامی که ترانسـفورماتور کار می‌کند جریان از سـیم‌پیچ اولیه و ثانویه عبور می‌کندلذا تلفات $r_1I_1^2$ در سـیم پیچ اولیه و $r_2I_2^2$ در سـیم پیچ ثانویـه به وجود می‌آید. به این تلفات، **تلفات مسی** می‌گویند.



شکل ۸-۷۵ تلفات مسی

۸-۱۸-۲ تلفات آهنی

درصـد بسـیار کمـی از انـرژی الکتریکی داده شـده به ترانسـفورماتور در هسته‌ی ترانسـفورماتور تلف می‌شود که به آن **تلفات آهنی** می‌گویند. تلفات کل ترانسـفورماتور از مجموع تلفات مسی و آهنی حاصل می‌شود، شکل ۸-۷۶.



شکل ۸-۷۶ تلفات آهنی و مسی

۸-۱۹ خرابی‌های ترانس تغذیه

ترانسـفورماتور تغذیـه، ترانسـفورماتوری اسـت کـه انـرژی مورد نیاز دسـتگاه را تأمین می‌کند. غالباً هر دسـتگاه الکترونیکی که با برق شـهر کار می‌کند، یک ترانسفورماتور تغذیه دارد. در صورتی که ترانسفورماتور تغذیه معیوب شود دستگاه از کار می‌افتد.

جریـان نامی: به حداکثر جریانی کـه می‌توان از ثانویه‌ی ترانسـفورماتور دریافت کرد (کشید)، جریان نامی می‌گویند.

اضافـه بار: به میـزان جریانـی که مصـرف کننده از ثانویه‌ی ترانسـفورماتور می‌کشـد جریان بار می‌گویند. هر قـدر مصرف کننـده در اثر ایجاد اتصالی، جریان بیشـتری از ثانویـه‌ی ترانـس بکشـد اصطلاحـاً گفته می‌شـود، در ترانسفورماتور اضافه بار ایجاد شده است.

ترانسفورماتور تغذیه معمولاً دارای خرابی‌هایی به شرح زیر است:

۱- قطع شدن سیم‌پیچ اولیه یا ثانویه

۲- نیم‌سوز شدن (اتصال کوتاه ناقص سیم‌پیچ‌ها)

۳- اتصال کوتاه کامل

تمامی معایب ترانسفورماتورها معمولاً در اثر اضافه بار به‌وجود می‌آید. به این معنی که چنان‌چه جریان کشیده شده از جریان نامی بیش‌تر باشد، بر حسب مقدار اضافه بار، یا مدت زمان تداوم اضافه بار، یکی از اشکالات بروز می‌نماید.

نکته‌ی مهم:

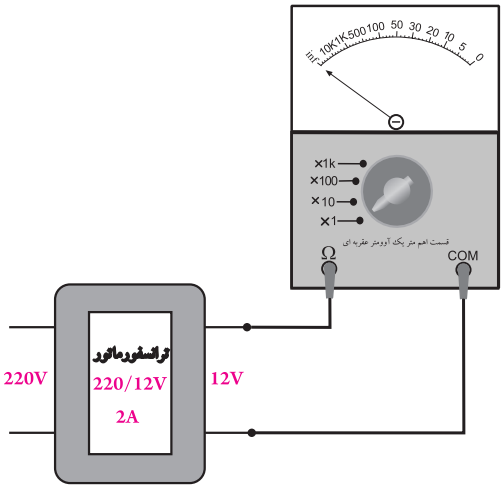
امروزه معمولاً اکثر منابع تغذیه‌ی دستگاه‌های مختلف حفاظت شده هستند وقبل از رساندن آسیب جدی به ترانسفورماتور مدار را قطع می‌کنند.

۱- قطع شدن سیم‌پیچ‌های اولیه یا ثانویه

قطع شدن سیم‌پیچ های اولیه یا ثانویه باعث می‌شود که پس از اتصال دستگاه به برق در ثانویه هیچ ولتاژی ظاهر نشود.

برای پیدا کردن این نوع خرابی ابتدا اولیه را از برق قطع کنید و سیم‌پیچ اولیه و ثانویه را به کمک اهم‌متر آزمایش نمایید. مطابق شکل ۷۷-۸ در صورت قطع بودن سیم‌پیچ، اهم‌متر مقاومت بی‌نهایت را نشان می‌دهد.

در یک ترانسفورماتور هرچه توان بیشتر باشد مقاومت اهمی سیم‌پیچ ها کمتر است. زیرا برای داشتن توان بیشتر از سیم‌های ضخیم تر استفاده می‌کنند.



شکل ۷۷-۸ تشخیص قطع شدن سیم‌پیچ‌ها

ترانسفورماتورهای تغذیه از نوع کاهنده‌ی معمولی دارای مقاومت اهمی حدود چند ده اهم تا چند صد اهم در اولیه و حدود چند اهم در ثانویه‌هستند.

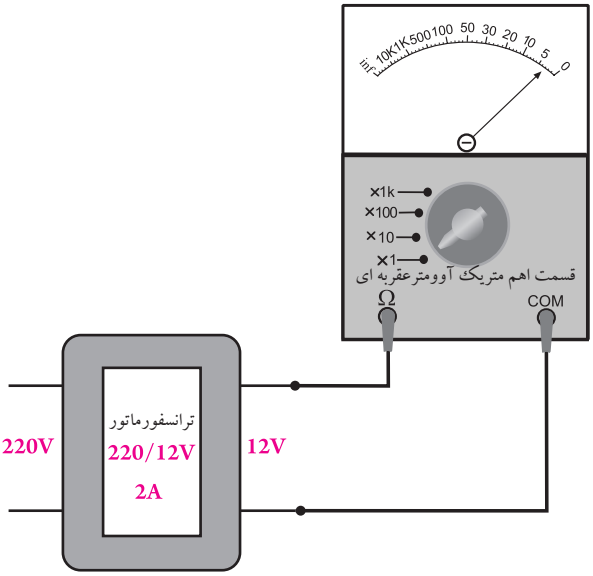
توجه

در ترانس کاهنده مقاومت اولیه بیش‌تر از مقاومت ثانویه است.

۲- نیم‌سوز شدن (اتصال کوتاه ناقص سیم‌پیچ‌ها)

عیب معمول دیگر در ترانس‌های تغذیه نیم‌سوز شدن سیم‌پیچ‌ها است. در این حالت ولتاژ خروجی ترانسفورماتور کم‌تر از مقدار نامی است و ترانسفورماتور در حین کار بیش از حد داغ می‌شود و بوی سوختگی به مشام می‌رسد. چنان‌چه این حالت تداوم یابد در اثر گرم شدن بیش از حد امکان آتش‌سوزی وجود دارد.

در شکل ۷۸-۸ اتصال کوتاه ناقص در سیم‌پیچ توسط یک اهم متر بررسی می‌شود.



شکل ۷۸–۸ نیم‌سوز شدن ترانسفورماتور تغذیه

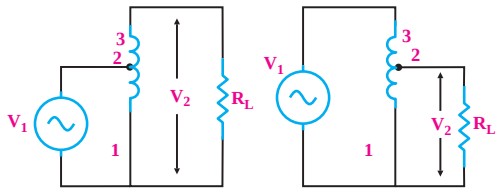
۳– اتصال کوتاه کامل

ایـن عیب در اثـر اتصال یکی از سـیم پیچ‌ها بـه بدنه‌ی ترانسـفورماتور یا اتصال اولیه به ثانویه‌ی ترانسـفورماتور رخ می‌دهد. بررسی این حالت توسط اهم‌متر به راحتی امکان‌پذیر است.

۸–۲۰ اتو ترانسفورماتور

از دیگر انواع ترانسفورماتورهای قدرت، اتو ترانسفورماتور اسـت. اتو ترانسـفورماتورها بر خلاف ترانسـفورماتورهای معمولی فقط یک سـیم پیچ دارد که سـرهای مختلف از آن خارج می‌شود. به این ترتیب ولتاژ ورودی به دو پایه‌ی قسمتی از سیم‌پیچ که برای ولتاژ اولیه طراحی شده است، داده می‌شود و ولتاژ خروجی از سرهای دیگر آن دریافت می‌گردد.

در شکل ۷۹–۸ نماد فنی دو نوع اتو ترانسفورماتور از نوع کاهنده و افزاینده نشان داده شده است.



الف)اتوترانسفورماتور کاهنده ب)اتوترانسفورماتورافزاینده

شکل ۷۹–۸ نماد فنی اتو ترانسفورماتور

۱–۲۰–۸ مزایای اتو ترانسفورماتور بر ترانسفورماتور معمولی

اتو ترانسـفورماتورها به علت داشـتن تنها یک سیم پیچ ابعاد کمتری دارند و قیمت آن‌ها ارزان‌تر اسـت. یک نوع اتو ترانسفورماتور در فعالیت‌های آزمایشگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد که بـه آن واریاک(Variac) گفته می‌شـود. ولتاژ خروجی واریاک قابل تنظیم است.

در شکل ۸۰–۸ شـکل ظاهری اتو ترانسفورماتور با ولتاژ خروجی قابل تنظیم و نماد فنی آن را مشاهده می‌کنیم.

در واریاک ولتاژ ورودی به پایه‌ی ثابت سیم‌پیچ که برای ولتاژ اولیه طراحی شـده است، داده می شود و ولتاژ خروجی بین یک سـر ثابت و یک سـر متغیر دریافت می‌گردد. ولتاژ خروجـی واریاک بین صفر تا یک مقـدار حداکثر پیش‌بینی شده، قابل تنظیم اسـت. مقدار حداکثر در اتو ترانسفورماتور می‌تواند از ولتاژ ورودی بیشتر باشد.

الف) نماد فنی واریاک ب) شکل ظاهری واریاک

شکل ۸۰–۸ واریاک

آزمون پایانی فصل ۸

۱- اجزای تشکیل‌دهنده‌ی یک سلف را نام ببرید.

۲- کدام رابطه مربوط به محاسبه‌ی $\cos\varphi$ در مدار RL موازی است؟

الف) $\frac{R}{Z}$ ب) $\frac{X_L}{Z}$

ج) $\frac{Z}{X_L}$ د) $\frac{Z}{R}$

۳- میدان الکترومغناطیسی را تعریف کنید.

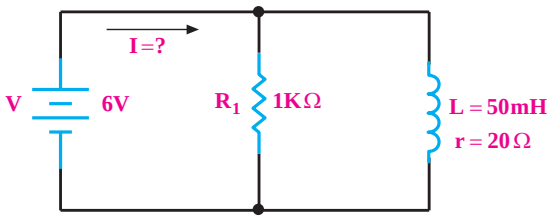
۴- جهت میدان مغناطیسی اطراف یک سیم پیچ را چگونه تعیین می‌کنند؟

۵- ضریب خود القایی سلف را تعریف کنید.

۶- چگونگی تولید جریان القایی را شرح دهید.

۷- از یک سلف با مشخصات $r=۱۰۰\Omega$ و $L=۳۰۰mH$ جریانی برابر با $I=۴۰۰\ mA$ می‌گذرد. انرژی ذخیره شده در سیم‌پیچ چند میکرو ژول است؟

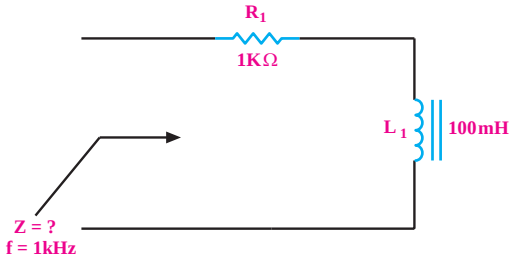
۸- در مـدار شـکل ۸-۸۱ جریـان نهایی در مـدار چند میلی‌آمپر است؟



شکل ۸-۸۱

۹- نحوه‌ی آزمایش یک سلف به وسیله‌ی اهم‌متر را شرح دهید.

۱۰- در شکل ۸-۸۲ امپدانس مدار را محاسبه کنید.



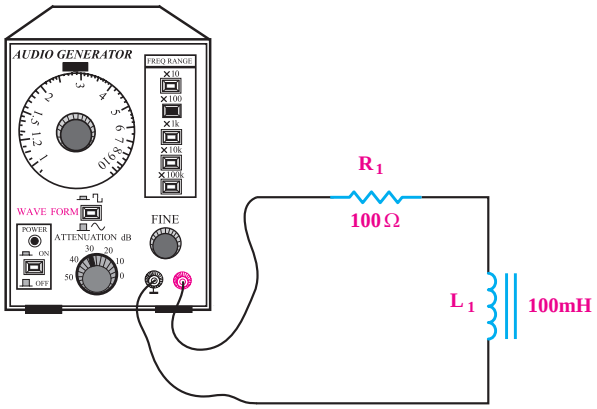
شکل ۸-۸۲

۱۱- تلفات مسی در یک ترانسفورماتور، در کدام قسمت به وجود می‌آید؟

الف) سیم‌پیچ‌ها ب) هسته

۱۲- در شـکل ۸-۸۳ بـا افزایش فرکانس، ولتاژ دو سـر مقاومت اهمی ..... می‌شود.

الف) کم ب) زیاد

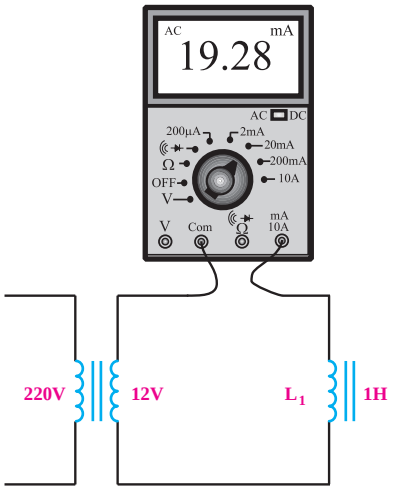


شکل ۸-۸۳

۱۳- در شـکل ۸-۸۴ با افزایش ضریب خود القایی سلف کدام حالت اتفاق می‌افتد؟

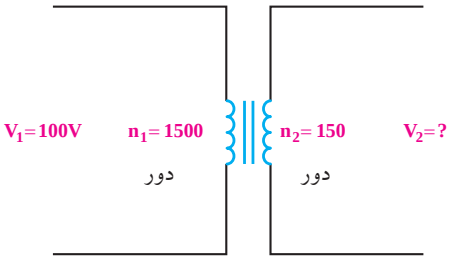
الف) میلی‌آمپرمتر جریان بیشتری را نشان می‌دهد.

ب) میلی‌آمپرمتر جریان کمتری را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۸۴

۱۴- در شکل ۸۵-۸ مقدار V_2 چند ولت است؟



شکل ۸۵-۸

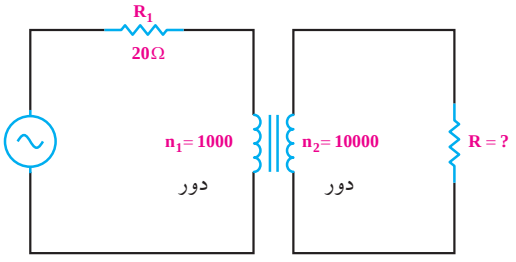
الف) ۱۰ ب) ۱۵

ج) ۱ د) ۱/۵

۱۵- در شکل ۸۶-۸ مقدار R چند اهم باشد تا حداکثر توان به دو سر آن انتقال یابد؟

الف) ۲۰۰۰۰ ب) ۲۰۰۰

ج) ۲۰۰ د) ۲



شکل ۸۶-۸

۱۶- اگر یک ترانسفورماتور مقدار ولتاژ را ..... دهد، مقدار جریان را کاهش خواهد داد.

الف) کاهش ب) افزایش

۱۷- ترانسفورماتور ایده‌آل، چه نوع ترانسفورماتوری است؟

الف) ترانسفورماتوری که تلفات آهنی آن صفر باشد.

ب) ترانسفورماتوری که تلفات مسی آن صفر باشد.

ج) موارد الف و ب

د- ترانسفورماتوری که به صورت فیلتر عمل کند.

۱۸- روابط نسبت دور، نسبت‌جریان‌ها و نسبت ولتاژها را در ترانسفورماتور ایده‌آل بنویسید.

۱۹- انواع تلفات در ترانسفورماتور را نام ببرید و برای هر یک توضیح کوتاهی بنویسید.

۲۰- اگر یک هادی را در میدان مغناطیسی ثابت به حرکت درآوریم، کدام اتفاق رخ می‌دهد؟

الف) در دو سر آن ولتاژ القا می‌شود.

ب) نیرویی به هادی وارد می‌شود.

ج) هیچ اتفاقی نمی‌افتد.