کابل کشی

پاسخ به فعالیت

۱ **خطوط هوایی کابل چند سیمه با کابل خودنگهدار چه تفاوتی دارد؟** در سال‌های اخیر به‌دلیل قیمت بالای مس متأسفانه سرقت سیم‌های شبکه‌های هوایی زیاد شده و برای جلوگیری از این مشکل، راه حل جدیدی را طلب می‌کند. ضمن اینکه انشعابات غیر مجاز نیز مزید بر علت شده است.

شکل۱ــ کابل خود نگهدار

در محلات قدیمی شهرها، مناطق پر درخت و به‌طور کلی مسیرها و معابر کم عرض، احداث شبکه هوایی چند سیمه با سیم لخت برای تأمین برق مطمئن و سرویس‌دهی منظم و کم‌خطر را با مشکل مواجه می‌سازد که در این حالت استفاده از کابل‌های روکش‌دار (خودنگهدار) راه حل مناسبی می‌باشد (شکل ۱).

البته تلفات در کابل‌های خودنگهدار بیشتر است. این تلفات نسبت به مزایای دیگر کابل‌های خودنگهدار چندان مهم تلقی نمی‌شود.

روکش کابل‌های خودنگهدار به دلیل قرارگرفتن طولانی مدت در آفتاب و سرمای فصول سال ترک برداشته و در بارندگی آسیب‌پذیر می‌شود که میزان خاموشی در این حالت بیشتر می‌شود. اتصال شبکه و سیم مسی به کابل خود نگهدار و آلومینیوم که دو فلز غیر همنام می‌باشند باعث خوردگی شده و در مدت زمان طولانی باعث ایجاد جرقه و قطعی شبکه می‌شود.

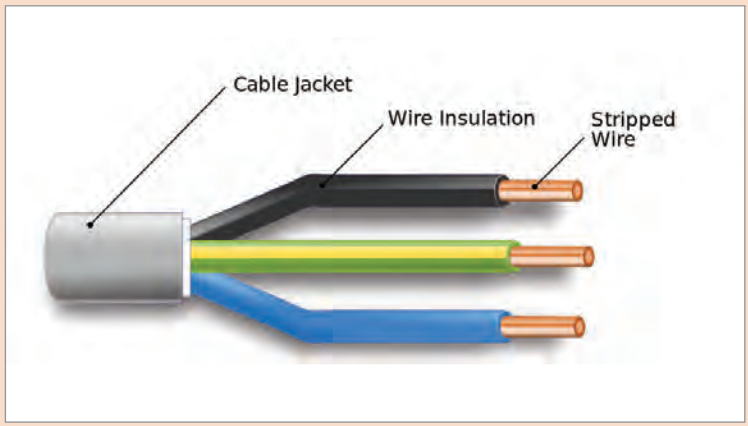
۲ **اتصال نشان داده شده در شکل ۵ چه کاربردی دارد؟** اتصال نشان داده شده در شکل ۱یک بست مهار کابل می‌باشد که معمولاً در هنگام ورود کابل به ساختمان از تیرهای هوایی جهت مهار و جلوگیری از آسیب دیدن کابل مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل۲).

شکل۲ـ بست و مهار کابل منشعب از تیر هوایی

۳ **چه عاملی مانع خوردگی درکابلشو بی متال می‌شود؟** این کابلشو توسط تکنولوژی friction welding ساخته می‌شود. در یک نوع کابلشو با رفع مشکل اتصال دوفلزناهمگون با مشکل خوردگی الکتریکی رفع شده است (جوشکاری اصطکاکی).
به طورکلی دو نوع کابلشوی الکتریکی رایج است که در نوع DTL_۱ فصل مشترک مس ـ آلومینیوم در بخش کف‌های کابلشو قرار گرفته در حالیکه در نوع DTL_۲ این بخش در قسمت لوله‌های کابلشو است، نتایج حاصل از آزمون پیر شدگی الکتریکی نشان می‌دهد در حالی که در ابتدای نصب دو نوع کابلشو مقاومت اتصال و مقاومت کلی تقریباً یکسان است ولی پایداری الکتریکی کابلشوی نوع اول مناسب نیست. در کابلشوی نوع اول، برای جبران تفاوت هدایت الکتریکی مساحت بخش کفه‌ای کابلشو افزایش داده شده با این حال پایداری مقاومت کابلشوی نوع اول قابل قبول نیست.
فصل مشترک مس ـ آلومینیوم در کابلشوی نوع اول به‌دلیل مسایلی از قبیل حضور عیوب ناشی از خروج و پیچیدگی فصل مشترک، استعداد بالاتری برای تشکیل فازهای بین فلزی دارد و بیشترین دمای کابلشو نوع اول در نزدیکی فصل مشترک مس ـ آلومینیوم است درحالی‌که در نوع دوم این‌طور نیست، در نوع اول پس از نصب

بین بخش آلومینیم کابلشو و شین مسی اتصال و ارتباط برقرار می‌شود که این امر مغایر با اهداف کاربرد دو فلزی می‌باشد و خود باعث بروز مشکلات خوردگی گالوانیک خواهد شد. پایداری اتصال در کابلشو نوع دوم بسیار بیشتر از نوع اول است.

۴ **اجزای نشان داده شده کابل را شرح دهید؟** غلاف کابل (ژاکت کابل) ـ عایق سیم ـ هادی سیم



شکل ۳ـ اجزای کابل

۵ **در مورد کابل‌کشی دیده شده در شکل ۲۰ بحث کنید؟** در مورد فاصلهٔ بست‌ها ـ در مورد زاویهٔ خمش کابل‌ها ـ در مورد فاصله کابل‌ها

۶ **اگر R شعاع خمش و D قطر کابل باشد مقدار شعاع خمش چند برابر قطر کابل است؟**

کابل با عایق پلاستیکی $\frac{V_0}{V} \leq 0,6/1$ $R=15\times d$

کابل چند رشته‌ای $R=15\times d$

کابل تک رشته‌ای $R=15\times d$

کیلو ولت $\frac{V_0}{V} > 0,6/1$ $R=15\times d$

۷ **تنش فشردگی در صورت خمش نامناسب چه پیامدی برای کابل دارد؟** هرگونه گره‌خوردگی در کابل می‌تواند رسانای سیم و کابل را تحت تأثیر قرار دهد چرا که باعث گرما می‌شود به‌طور کلی سیم و کابل انعطاف‌پذیر برای تنش پیچشی طراحی نشده‌اند و در سمت فشردگی باعث جمع شدن غلاف کابل می‌شود که این امر در درازمدت سبب از بین رفتن غلاف کابل می‌شود.

۸ **کابل کشی نشان داده شده در شکل چه ایرادی دارد؟** شعاع خمش کابل رعایت نشده است.

۹ **آیا نصب کابل مطابق شکل ۴۰ مجاز است؟** بله مجاز است در مواقعی که کابل حامل سیگنال‌های آنالوگ باشد برای خارج شدن کابل از محدوده میدان مغناطیسی کابل‌های قدرت در صورتی که احتمال آسیب دیدن مکانیکی وجود نداشته باشد مجاز می‌باشد.

شکل ۴ـ نصب خاص کابل

۱۰ **در سینی کابل یکپارچه برای جلوگیری از تجمیع رطوبت و عرق‌کردن کابل چه پیشنهادی دارید؟** اگر استفاده از سینی کابل به‌منظور محافظت از تداخل امواج الکترومغناطیسی و رادیویی نباشد، مشکل انباشت رطوبت را می‌توان با حفر سوراخ‌های ۱/۴ اینچی یا حداقل یک متری در کف سینی کابل برای خروج رطوبت مرتفع نمود.

۱۱ **چه مهارت‌های کابل کشی در شکل ۵۶ به‌کار گرفته شده است؟** رعایت فاصله بین بست‌ها، رعایت زاویه خمش ،رعایت فاصله مابین کابل‌ها، استفاده از سینی کابل.

۱۲ **برچسب شکل ۶۵ چه نکاتی در مورد نردبان کابل هشدار می‌دهد؟** نردبان و ساپورت فقط برای تحمل وزن کابل طراحی شده‌اند و نباید از آنها به‌عنوان مسیر عبور و مرور استفاده کرد.

۱۳ **کدام شرکت در داخل یا خارج از کشور مشغول به تولید سینی کابل، نردبان کابل و متعلقات کابل است؟ کاتالوگ‌های آن را دانلود کنید و در کلاس بحث کنید؟** شرکت توان گستر بهین، سپکو، سینی کابل کبیر، Eaton

۱۴ **کاتالوگ شکل ۵ مربوط به یک مفصل است در مورد آن تحقیق کنید؟**

۱ـ نوع مفصل اتصال دوراهی سر به سر نوع IZ۳

۲ـ با کاست رزینی نوع EG

۳ـ تا سطح مقطع ۱۶+۳۵×۳ میلی‌متر مربع

۴ـ V۰ ولتاژ اسمی میان‌هادی و زمین،V ولتاژ اسمی میان‌هادی‌ها

۵ـ ساخته شده از بهترین مواد از کشور آلمان

شکل۵ـ کاتالوگ مفصل

۱۵ **در مورد انواع دیگر مفصل و اینکه برای چه نوع کابلی مناسب هستند تحقیق کنید؟**

مفصل حرارتی برای اتصال دو کابل شامل GLS_GLM_GLC_GLT مفصل کانکس برای کابل‌های تا ۳۶Kv که عبارت‌اند از روش مستقیم و انشعابی مفصل نواری برای کابل‌های با عایق XLP، EPR PE دارای لایه‌های نیمه‌هادی باشد، با

سیم یا نور مسی که شامل نواری۶۳Kv و نواری رزینی مسی یا آلومینیوم آرمودار و بدون آرمو سرب‌دار و بدون سرب قابل استفاده است.
مفصل سرد: مفصل‌های کلاً شرینک برای ولتاژهای متوسط جهت کابل‌های تک‌هسته و سه‌هسته با عایق XLPE و EPR و هادی مسی و آلومینیومی طراحی شده‌اند.
مفصل‌های فشاری برای ولتاژ بالا: با استفاده از تکنولوژی ELIPON که شامل مفصل فشاری MSA (یک جزیی) و msa (سه جزیی) تمام قسمت‌های از لاستیک سیلیکون با گرید بالا و هسته کنترل‌کننده و میدان الکتریکی که مخروطی شکل هستند در داخل روکش‌ها جاسازی شده‌اند.

سیم‌پیچی ترانسفورماتورها

مقدمه: در تدوین این قسمت کتاب راهنمای هنرآموز نیز سعی شده است مطالب محتوای پودمان در سطح وسیع‌تر تجزیه و تحلیل شود. با استفاده از نرم‌افزارهای موجود، با نمایش مجازی خواسته‌های پودمان‌های مربوطه دنبال شود. پاسخ تمرینات و فعالیت‌ها داده شود تا آموزش یکنواخت حاصل شود. در صورت دسترسی همکاران به نرم‌افزارهایی که آموزش مطالب پودمان را ساده‌تر بیان می‌کنند، خواهشمند است آنها را در اختیار گروه تألیف دفتر قرار دهند تا در چاپ سپاری‌های بعد به همکاران معرفی شود.

۱ـ۳ مبدل‌های صنعتی

مبدل‌های صنعتی را می‌توان به دو گروه دسته‌بندی کرد:
الف) ترانسفورماتورها
ب) ترانسدیوسرها

۱ـ۱ـ۳ ترانسفورماتورها: ترانسفورماتورها در نوع انرژی ورودی و خروجی تغییر ایجاد نمی‌کنند و برای اهداف خاص ابعاد انرژی را تغییر می‌دهند مثلاً درترانسفورماتورهای الکتریکی، با تغییر تعداد دورسیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه، می‌توان در اندازه جریان، اندازه ولتاژ، اندازه اختلاف فاز ولتاژ ورودی و خروجی، تغییرات موردنظر را ایجاد نمود. در ترانسفورماتورهای مکانیکی در مجموعه گیربکس می‌توان گشتاور دور را با توجه به محیط چرخ‌دنده‌ها تغییر داد. در سر بالایی با دنده سنگین دورکاهش یافته، گشتاور زیاد می‌شود و در سرپایینی با دنده سبک دور زیاد شده، گشتاور کاهش می‌یابد بدون آنکه نوع انرژی در ورودی و خروجی گیربکس تغییر کند.

۲ـ۱ـ۳ ترانسدیوسرها: ترانسدیوسرها مبدل‌هایی هستند، که نوع انرژی را تغییر می‌دهند مثلاً ژنراتورها انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند یا موتورهای الکتریکی انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند. توربین‌ها انرژی حرارتی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند و لامپ‌ها انرژی الکتریکی را به انرژی نورانی تبدیل می‌کنند.
برای رسیدن به اهداف موردنظر در ساختن ترانسفورماتورها، از طراحی‌های متنوع استفاده می‌شود. در ساختن ترانسفورماتورهای جوشکاری، به علت دسترسی به

ولتاژ کم در هنگام جوشکاری، از تکنیک افزایش پراکندگی استفاده می‌شود و برای این منظور اولیه و ثانویه را جداگانه در بازوی‌ها قرار می‌دهند و برعکس در ترانسفورماتورهای توزیع برای کاهش تلفات پراکندگی سیم پیچ اولیه و ثانویه را روی‌هم در بازوی وسط قرار می‌دهند. در ترانسفورهای صنعتی از القای متقابل استفاده می‌شود تا هسته اشباع نشود و انرژی درحد مطلوب از اولیه به ثانویه انتقال پیدا کند. در ترانسفورماتورهای پالس دهنده، با همسوکردن شار اولیه و ثانویه در هسته امکان تولید پالس کوتاه را فراهم می‌کنند تا بتوانند در مدارهای فرمان تریستورها و سایر قطعات الکترونیک صنعتی استفاده کنند. با انواع اتصالات از قبیل اتصالات سربه‌سر یا سر به ته، اتصال T، اتصال کاسکاد (Cascade) و غیره به انواع ارتباطات ولتاژها و جریان‌ها در سیم پیچ‌های اولیه و ثانویه دسترسی پیدا می‌کنند.

پرسش

حداقل ولتاژ برای ترانسفورماتورهای جوشکاری چندولت است؟

جواب: ولتاژ ثانویه در ترانسفورماتورهای جوشکاری درحالت بی باری درحدود ۹۰ولت و در هنگام جوشکاری در محدوده ۱۶ الی ۳۶ ولت است. در صنعت ۲۳یا ۲۴ولت می‌باشد.

توجه

افت ولتاژ از ۹۰ ولت به ۲۴ ولت از بی‌باری تا بارداری از طریق تلفات پراکندگی حاصل می‌شود.

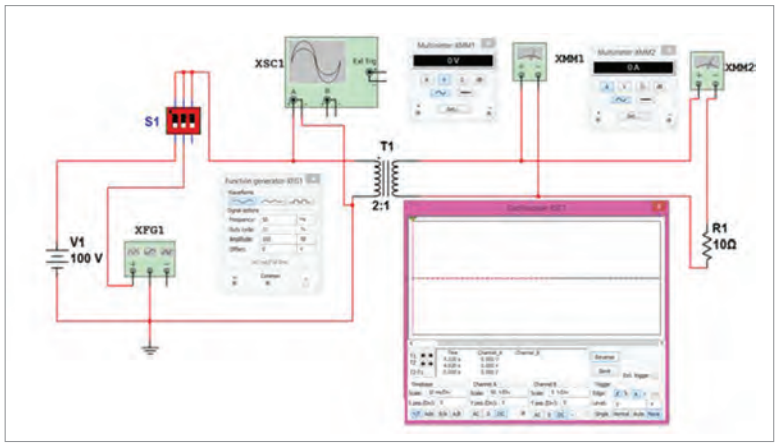
پدیده القای الکترومغناطیسی

القا از کلمه لقا یا دیدار یا ملاقات گرفته می‌شود و اگر دو یا چند جسم، در کنار هم قرار گیرند و بر همدیگر اثر بگذارند، پدیده القا رخ می‌دهد. این پدیده ممکن است اثرات سازنده یا اثرات مخرب داشته باشد. القای سازنده را مثبت و القای مخرب را منفی می‌گویند. پدیده الکترومغناطیسی همواره با تغییر شار آشکار می‌شود، خواه این تغییر شار با جریان الکتریکی متناوب ایجاد شود، خواه با جریان DC متغیر ایجاد شود. این پدیده را با چند آزمایش از طریق نرم‌افزار می‌توان دنبال کرد. برای این کار از نرم‌افزار مولتی سیم استفاده می‌شود.

قطعات موردنیاز:

۱ ترانسفورماتور ۲/۱	یک عدد
۲ کلید S1 سه پل	یک عدد

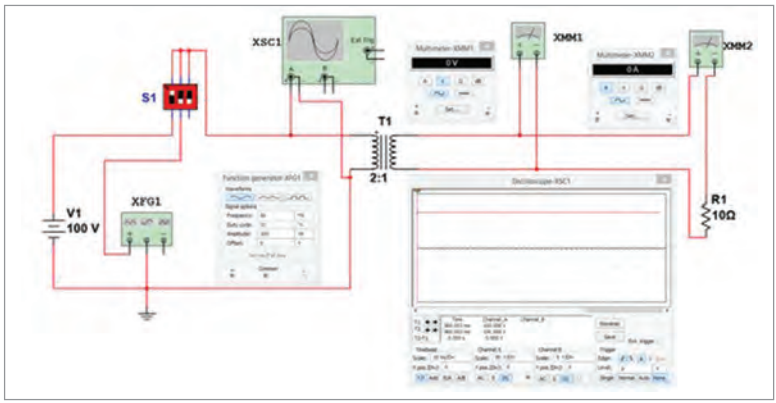
۳ فانکشن ژنراتور با تنظیم V_{P-P} =۱۰۰ و f =۵۰ Hz یک عدد
۴ اسیلوسکوپ دوکاناله با تنظیم TIMEDIV =۱۰ ms و voltdiv =۵۰ v یک عدد
۵ منبع ولتاژ dc ۱۰۰ولتی یک عدد
۶ ولت متر و آمپرمتر متناوب از هرکدام یک عدد
۷ مصرف‌کننده ۱۰ اهمی یک عدد
نحوه مونتاژ قطعات مشابه شکل ۱ است.



شکل ۱ــ پدیده القای الکترومغناطیسی

آزمایش اول

ابتدا در ورودی ترانسفورماتور از طریق کلید S۱ منبع ولتاژ dc ۱۰۰ ولت قراردهید و مدار را روشن کنید. نتایج آزمایش به قرار زیر خواهد بود.



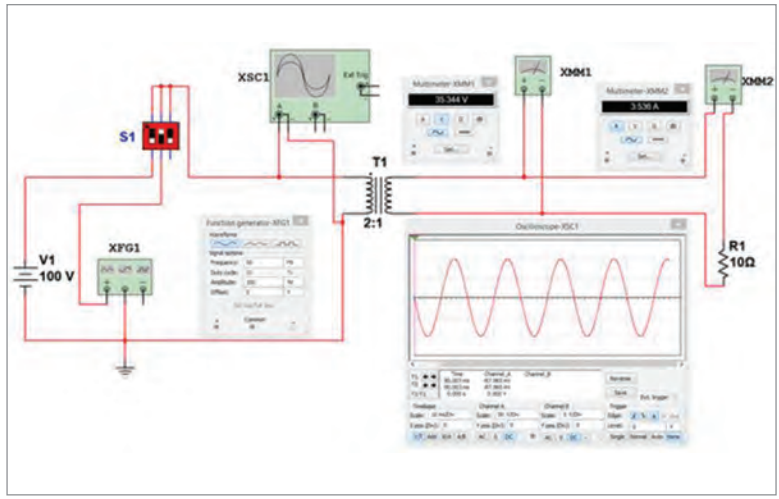
شکل ۲ــ منبع DC

در این آزمایش اسیلوسکوپ دامنه ۱۰۰ولت dc را نشان می‌دهد ولت‌متر و آمپرمتر مقادیری صفر را نشان می‌دهند و این مقادیر بیان می‌کنند که در خروجی ترانسفورماتور هیچ ولتاژ و جریان القا نشده است.

ترانسفورماتورها با جریان dc با دامنه ثابت کار نمی‌کنند چون جریان dc با دامنه ثابت شار متغیر تولید نمی‌کند.

آزمایش دوم

کلید S۱ را در وضعیت فانکشن ژنراتور در حالت موج سینوسی قرار دهید و مقادیر را از ولت‌متر و آمپرمتر قرائت کنید نتایج به قرار زیر خواهد بود (شکل۳).



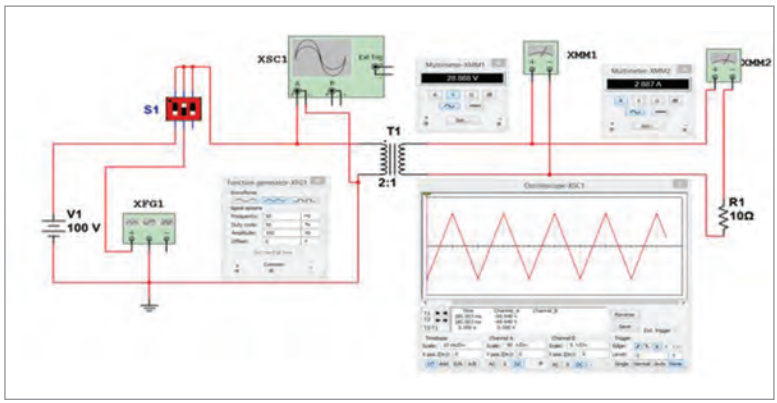
شکل ۳ــ منبع سینوسی (متناوب)

مقادیر نشان داده شده توسط ولت‌متر و آمپرمتر بیانگر وجود ولتاژ و جریان القایی در ثانویه ترانسفورماتور است.

ترانسفورماتورها با جریان ac با دامنه متغیر کار می‌کنند چون جریان ac با دامنه متغیر شار متغیر تولید می‌کند

آزمایش سوم

کلید S1 را در وضعیت فانکشن ژنراتور در حالت موج دندان اره‌ای قرار دهید و مقادیر را از ولت‌متر و آمپرمتر قرائت کنید نتایج به قرار زیر خواهد بود (شکل۴).



شکل ۴ـ منبع با موج دندان اره‌ای

مقادیر نشان داده شده توسط ولت‌متر وآمپرمتر بیانگر وجود ولتاژ و جریان القایی در ثانویه ترانسفورماتور است.

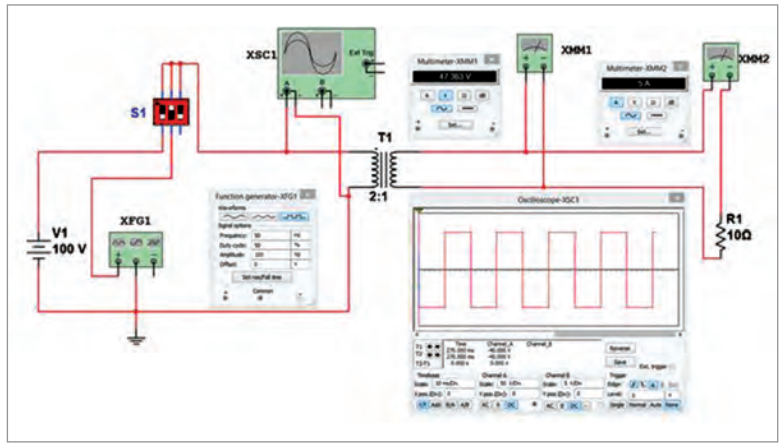
ترانسفورماتورها باجریان دانه اره‌ای با دامنه متغیر کار می‌کنند.

آزمایش چهارم

کلید S1 را در وضعیت فانکشن ژنراتور در حالت موج مربع مستطیلی قرار دهید و مقادیر را از ولت متر و آمپرمتر قرائت کنید نتایج به قرار زیر خواهد بود.

در این آزمایش هم در ثانویه ولتاژ القا می‌شود و علت آن قطع وصل جریان می‌باشد که دامنه متغیری ایجاد می‌کند و باعث القای ولتاژ می‌شود. از این نوع شکل موج در ماشین‌های بنزینی برای تولید ولتاژ زیاد برای ایجاد جرقه درسر شمع‌ها استفاده می‌شود و این وظیفه در کویل ماشین انجام می‌شود قطع وصل توسط مگنت یا چکش برق (در ماشین‌های قدیمی) انجام می‌شود.

ترانسفورماتورها باجریان مربع مستطیلی با دامنه متغیر کار می‌کنند.



شکل ۵ــ منبع با موج مربعی

القای الکترومغناطیسی با تغییر شار مغناطیسی طبق رابطه ۱ــ۳ میسر می‌شود.

$$E = -N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \neq 0 \qquad (۱ــ۳)$$

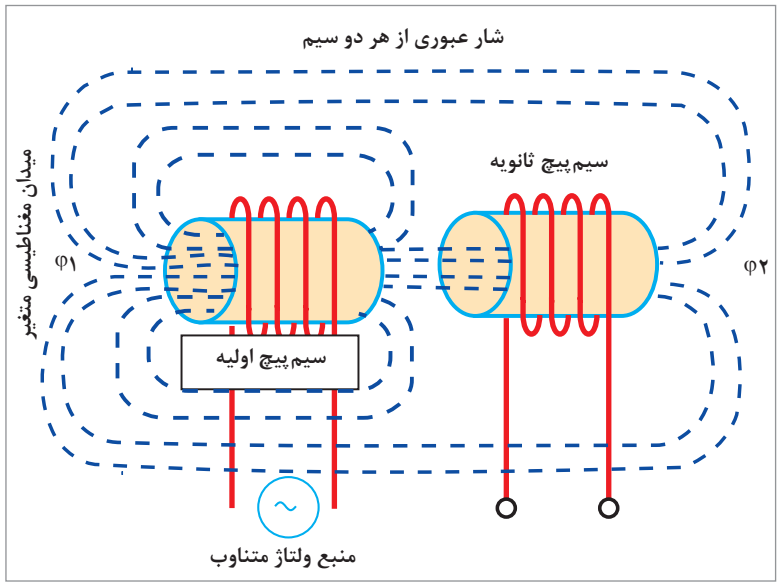
پرسش

تصورکنید یک وسیله برقی دارید که با ولتاژ ۱۱۰ ولت کار می‌کند با توجه به ولتاژ شبکه برق ۲۲۰ ولت چگونه می‌توان از آن استفاده کرد؟

جواب: از یک ترانسفورماتور (یا یک اتوترانسفورماتور) ۲۲۰v/۱۱۰v می‌توان ولتاژ شبکه را به ۱۱۰ ولت تبدیل کرد و در قسمت فشار ضعیف، مصرف‌کننده را تغذیه نمود.

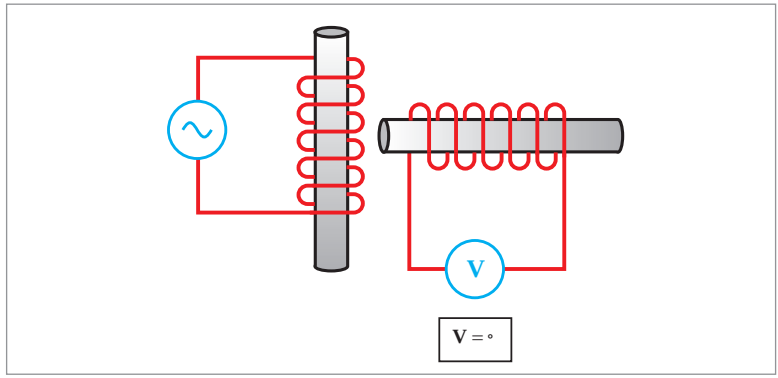
توجه

در تعریف ضریب کوپلینگ به شکل شماره کتاب درسی داده شده است و در شکل ۳ کتاب شارهای φ_1 و φ_2 مشخص نیست. بهتر است ضریب کوپلینگ با استفاده از شکل ۷ تعریف شود.



شکل ۶ــ شکل شماره ۳ کتاب درسی

اگر قرار باشد اثرالقایی دو سیم‌پیچ که کنار هم قرارگرفته‌اند به حداقل برسد کافی است آنها را در موقعیت عمود برهم قرار داد. در این حالت مقدار k تقریباً صفر خواهد شد.

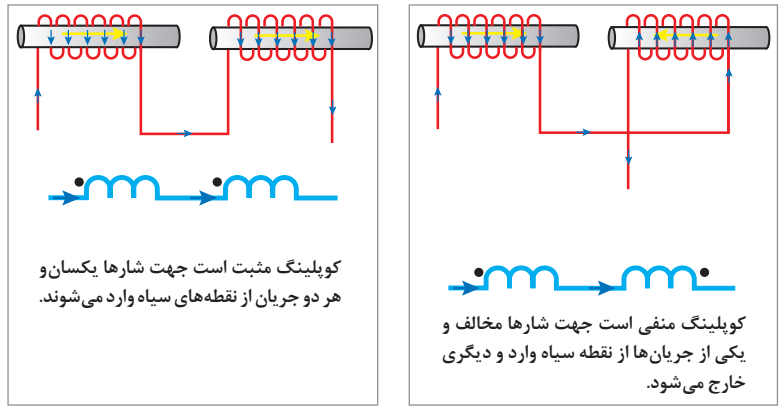


شکل ۷ــ حداقل القایی

درجه کوپلینگ دو سیم پیچ عمود بر هم برابر صفر است.

۲ـ۳ اساس کار ترانسفورماتور

در بخش اساس کار ترانسفورماتور توضیح داده شده که، ترانسفورماتورها براساس القای متقابل کار می‌کند به عبارت دیگر کوپلینگ سیم‌پیچ اولیه و سیم پیچ ثانویه تقریباً کامل و تزویج دو سیم‌پیچ اولیه و ثانویه منفی است. در این تزویج شار مغناطیسی سیم‌پیچ ثانوی، در خلاف جهت شار سیم‌پیچ اولیه می‌باشد. در این نوع تزویج هسته در بارهای نامی به اشباع نمی‌رسد. اصولاً در پدیده الکترومغناطیسی براساس قانون لنز، تزویج منفی است. ارتباط الکتریکی بین سیم‌پیچ اولیه و ثانویه یا تغذیه مستقل سیم‌پیچ‌ها، تزویج بین دو سیم‌پیچ را ممکن است مثبت یا منفی برقرارکند که به روش اتصال سیم‌پیچ‌ها بستگی خواهد داشت نوع تزویج اندوکتانس کل و مشخصات ترانسفورماتور را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. نوع تزویج را می‌توان از قاعده دست راست یا نقطه‌های سیاه که در کنار سیم‌پیچ‌ها قرار می‌دهند تشخیص داد. در شکل ۸ به‌طور نمادی آنها را مشاهده می‌کنید.



شکل ۸ـ کوپلینگ مثبت و منفی

توجه

اگرجریان‌های سیم پیچ‌ها هر دو از نقطه سیاه وارد یا هر دو خارج شوند تزویج مثبت می‌باشد و اگر یکی از جریان‌ها از نقطه سیاه وارد و دیگری خارج شود تزویج منفی می‌باشد.

براساس قانون فاراده ولنز، نیروی محرکه القایی در سیم پیچ اولیه به‌صورت زیر بیان می‌شود. روشن است این نیروی محرکه ناشی از عبور جریان متغیر از سیم‌پیچ اولیه می‌باشد. فرض می‌کنیم شار تولید از جریان متناوب سینوسی درسیم پیچ اولیه به‌صورت رابطه (۲ـ۳) باشد.

$$\varphi_1 = \varphi_m \cos(\omega t) \qquad (۳_۲)$$

براساس رابطه (۱ـ۳) می‌توان نوشت:

$$E_1(t) = -N_1 \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = -N_1 \frac{d\varphi}{dt}$$

$$E_1(t) = -N_1 \frac{d(\varphi_m \cos(\omega t))}{dt} = -N_1(-\varphi_m \omega \sin(\omega t))$$

مقدار مؤثر این موج برابر است با:

$$E_1 r.m.s = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}(-N_1(-\varphi_m \omega \sin(\omega t))^2 d\omega t}$$

$$E_1 r.m.s = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} N_1^2 \varphi_m^2 \omega^2 \sin^2(\omega t) d\omega t} = \sqrt{\frac{N_1^2 \varphi_m^2}{2\pi}\int_0^{2\pi}(\frac{1-\cos 2\omega t}{2})d\omega t t}$$

$$= \frac{N_1 \omega \varphi_m}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{1}{2\pi}\left[\omega t - \frac{\sin 2\omega t}{4}\right]_0^{2\pi}}$$

$$E_1 r.m.s = \frac{N_1 \omega \varphi_m}{\sqrt{2}} = \frac{N_1 \times B_m \times A \times 2\pi \times f}{\sqrt{2}} = 4/44 \times f \times B_m \times A \times N_1$$

$$E_2 r.m.s = 4/44 \times f \times B_m \times A \times N_2$$

در کارکرد ترانسفورماتور، در هر لحظه جریان ورودی در سیم پیچ اولیه از رابطه $I_1 = \frac{\vec{V}_1 - \vec{E}_1}{\vec{Z}_1}$ به‌دست می‌آید. بردار $\vec{E}_1$ ناشی از بردار بوده و ۹۰ درجه از آن عقب‌تر است. بنابراین در لحظات استارت مقدار $\vec{E}_1$ برابر صفر می‌باشد و این امر باعث می‌شود جریان شروع به کار ترانسفورماتور براساس $I_1 = \frac{\vec{V}_1 - 0}{\vec{Z}_1}$ برقرار شود که چندین برابر جریان نامی ترانسفورماتوراست. به‌تدریج با رشد $\vec{E}_1$ به مقدارنامی، جریان نامی در سیم‌پیچ برقرار می‌گردد.

تحقیق

ترانسفورماتوری که تعداد دور اولیه وثانویه برابراست ($N_1=N_2$) چه کاربردی دارد؟

جواب: از این نوع ترانسفورماتورها برای ایزوله کردن مصرف‌کننده‌ها از شبکه الکتریکی استفاده می‌شود تا مصرف کننده‌ها را درمقابل خطراتی از قبیل اتصال کوتاه یا اعمال ولتاژ زیاد، که در طرف شبکه اتفاق می‌افتد حفاظت کنند همچنین ترانسفورماتورهای یک به یک برای کاهش خطرات برق‌گرفتگی نیز استفاده می‌گردد چون سیم فاز آن با زمین ارتباط ندارد و برق‌گرفتگی زمانی اتفاق می‌افتد که با هر دو سیم طرف مصرف‌کننده تماس برقرار شود در شبکه برق تماس با هر کدام از فازها و برقراری جریان از طرف زمین برق‌گرفتگی را فراهم می‌کند.

آنچه در اساس کار ترانسفورماتور حائز اهمیت است، خودتنظیمی ترانسفورماتور است که جریان بار در ثانویه متناسب با امپدانس بار در ثانویه برقرار می‌شود و متناسب با آن شار مغناطیسی φ_2 که مخالف شار مغناطیسی φ_0 است برقرار می‌شود و E_1 را کاهش می‌دهد و جریان بی‌باری از I_0 به I_1 را افزایش می‌دهد تا با تولید شار φ'_2 اثرات بار را خنثی نماید و مجدداً شار φ_0 برقرار شود. این موضوع بیان می‌کند که جریان دریافتی ترانسفورماتورها از شبکه متناسب با بار تغذیه در ثانویه می‌باشد که به خودتنظیمی ترانسفورماتورمعروف است.

فعالیت

چرا هسته ترانسفورماتور با توجه به شکل ۸ به شکل EI ساخته می‌شود؟

جواب: در برش EI حداقل پرتی و ریزش برای ورقه‌های آهنی خواهیم داشت و از حجم و مؤثر هسته در حد مطلوب استفاده می‌شود. موقعیت مطلوب برای برش‌های I و E در تشکیل هسته فراهم می شود و مسیر مناسب برای شار مغناطیسی ایجاد می‌گردد.

در اندازه‌گیری‌های مقادیر، هنرجویان باید مهارت لازم را پیدا کنند که با توجه به مقدار دقت اندازه‌گیری وسیله مناسب را انتخاب کنند. برای دقت ۰/۰۱ ازمیکرومترو برای دقت ۰/۱ از کولیس استفاده کنند.

فعالیت

مقدار نشان داده شده در شکل توسط میکرومتر چقدراست؟

جواب: میکرومتر سمت راست ۲/۸۸ میلی‌متر و میکرومتر سمت چپ ۴/۲۰ میلی‌متر را نشان می‌دهد.

فعالیت

مقادیری که دستگاه‌های کولیس در شکل‌های زیر نشان می‌دهند مشخص کنید.

جواب: شکل الف مقدار ۳۱/۸ میلی‌متر، شکل پ مقدار ۳۳/۶ میلی‌متر، شکل به‌مقدار ۴۰/۰ میلی متر و شکل ت مقدار ۱۲۱/۷ میلی‌متر را نشان می‌دهند.

وارنیش و پرشمان

برای قراردادن وارنیش بین اتصالات، بهتر است ابتدا دو سرسیم‌های اتصالی به اندازه ۱ تا ۱/۵ سانتی‌متر (ترجیحاً ۱/۵ سانتی‌متر) برداشته شود و پس از برداشتن عایق آنها، پیچیده شوند سپس مطابق شکل‌های۱۷ وارنیش گذاشته شود.

در پیچیدن سیم‌پیچ‌های اولیه وثانویه روی قرقره اختلاف پتانسیل بین لایه بیش از ۳۵ ولت باشد لازم است بین لایه‌ها عایق پرشمان گذاشته شود.

فعالیت

برای اندازه‌گیری مقاومت عایقی بین سیم‌پیچ اولیه و ثانویه مطابق شکل ۹ از میگر استفاده کنید.

شکل ۹ــ کاربرد میگر در اندازه‌گیری مقاومت عایقی

پرسش

اگرسیم‌پیچ اولیه و سیم‌پیچ ثانویه اتصال الکتریکی پیدا کند چه اتفاقی در عملکرد ترانسفورماتور اتفاق می‌افتد؟

جواب: با اتصال سیم پیچ اولیه و سیم‌پیچ ثانویه علاوه بر ارتباط مغناطیسی بین سیم‌پیچ‌ها، اتصال الکتریکی نیز برقرار می‌شود و موضوع ایزوله شدن مصرف‌کننده منتفی شده و خطر برق‌گرفتگی به‌وجود می‌آید و احتمال اعمال ولتاژ فشار قوی بر مصرف‌کننده میسر شده و مصرف‌کننده توسط ولتاژ فشارقوی آسیب می‌بیند. زیرا توان انتقالی هم از طریق میدان الکترومغناطیسی و مدار الکتریکی منتقل می‌شود.در ضمن روابط حاکم برترانسفورماتور از روابط طراحی شده تبعیت نخواهد کرد.

پرسش

در شکل ۲۱ سؤال شده است که چه ارتباطی بین مقدار وسط هسته (f) و دو بازوی کناری (c) وجود دارد ؟ و علت این ارتباط چیست ؟

جواب: اندازه f دوبرابر اندازه c می‌باشد و علت آن عبارت است از:
شارهای عبوری از بازوهای کناری از بازوی وسطی (f) عبور می‌کنند و بازوی f باید حداقل دوبرابر بازوهای c وسعت داشته باشد تا به‌راحتی شارهای بازوهای c را انتقال دهد و پدیده اشباع پیش نیاید و ترانسفورماتور مطلوب کار کند.

پرسش

تفاوت ترانسفورماتور ایدئال و واقعی چیست؟ چرا در عمل ترانسفورماتور ایدئال وجود ندارد؟

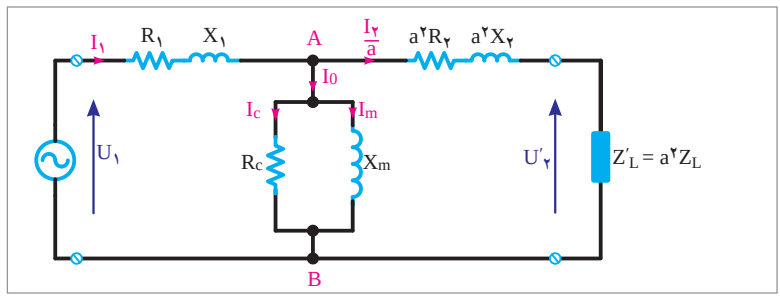
جواب: در ترانسفورماتورهای ایدئال راندمان صددرصد است در صورتی که در ترانسفورماتورها واقعی، راندمان کمتر از صددرصد است در ترانسفورماتورهای ایدئال مقاومت اهمی و القایی سیم پیچ‌ها صفر است درصورتی که در ترانسفورماتورهای واقعی سیم پیچ دارای مقاومت اهمی القایی است و باعث تلفات اهمی و تلفات پراکندگی و افت ولتاژ می‌شود. چون در طبیعت عنصر بدون مقاومت پیدا نمی‌شود لذا ترانسفورماتور ایدئال وجود ندارد و فقط در ذهن ما تعریف می‌شوند.

فعالیت

چرا ولتاژ بی‌باری ترانسفورماتور از مقدار محاسبه شده بیشتر است؟

جواب: محاسبات ترانسفورماتورها براساس حالت بارداری انجام می‌شود به عبارت دیگر مقادیر محاسبه شده در بار کامل در خروجی ظاهر می‌شود. روشن است درحالت بی باری چون جریان ثانویه صفر است لذا افت ولتاژ نخواهیم داشت ولتاژ خروجی از جمع‌برداری ولتاژ نامی زیر بار و افت ولتاژ خواهد بود که از ولتاژ نامی بیشتر است.

این موضوع را می‌توان با توجه به مدارمعادل ترانسفورماتورها در شکل ۱۰ تحقیق نمود.



شکل ۱۰ــ مدار معادل ترانسفورماتور

$$\overrightarrow{U_{AB}} = \overrightarrow{U'_{۲}} + \overrightarrow{\frac{I_{۲}}{a}a^{۲}R_{۲}} + \overrightarrow{\frac{I_{۲}}{a}a^{۲}X_{۲}}$$

در حالت بی‌باری مقدار $\frac{I_{۲}}{a}$ برابر صفر است و اندازه $U'_{۲}$ برابر U_{AB} می‌شود این مقدار $U'_{۲}$ از مقدار $U'_{۲}$ در حالت بارداری به اندازه $\overrightarrow{\frac{I_{۲}}{a}a^{۲}R_{۲}} + \overrightarrow{\frac{I_{۲}}{a}a^{۲}X_{۲}}$ بیشتر است.

تحقیق

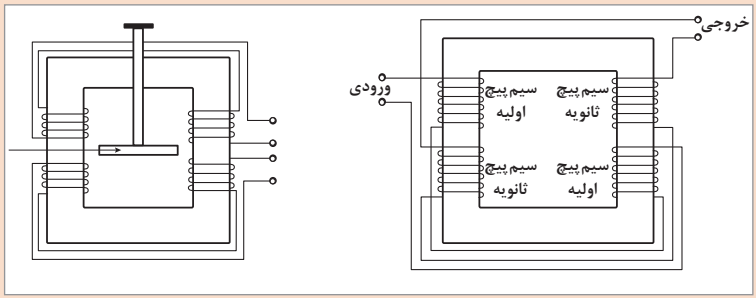
سیم پیچی ترانسفورماتورهای وسایل زیر روی یک بازو یا دو بازوی مختلف هسته پیچیده شده است؟

الف) ترانسفورماتور هویه تفنگی

ب) ترانسفورماتور جوشکاری مدل پله‌ای

ج)ترانسفورماتور جوشکاری مدل هسته متحرک

پاسخ: با توجه به ساختمان ترانسفورماتور هویه تفنگی و جوشکاری پله‌ای و جوشکاری با مدل هسته متحرک در شکل‌های ۱۱ مشاهده می‌شود سیم‌پیچ‌ها روی دو باز و هسته پیچیده می‌شوند.



شکل۱۱ــ ساختمان ترانسفورماتور جوشکاری مدل پله‌ای

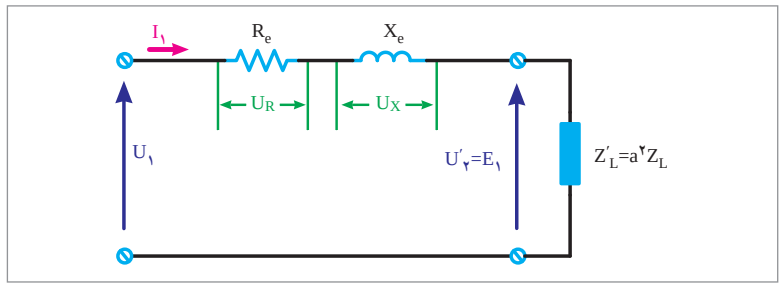
شکل۱۱ــ ساختمان ترانسفورماتور جوشکاری مدل هسته متحرک

شکل ۱۱ــ ساختمان ترانسفورماتور هویه تفنگی

شکل ۱۱ــ هسته ترانسفورماتور هویه تفنگی و ترانسفورماتور و جوشکاری مدل پله‌ای و هسته متحرک

۳ـ۳ مدار معادل ترانسفورماتورهای قدرت

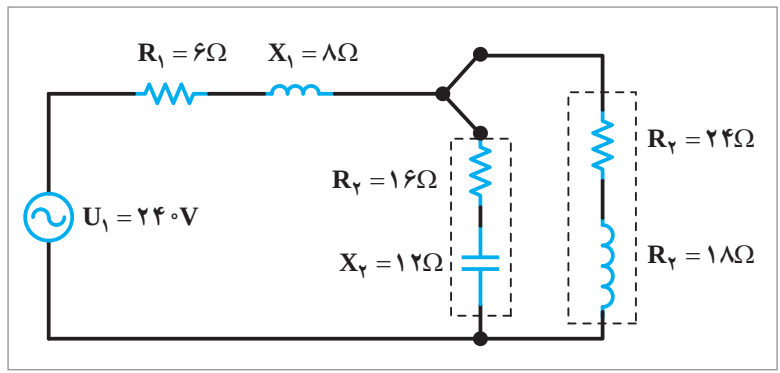
ترانسفورماتورهای قدرت به‌علت ناچیز بودن تلفات بی‌باری در مدار معادل هسته صرف‌نظر می‌شود و مدار معادل ترانسفورماتورقدرت به‌صورت شکل ۱۲ بیان خواهد شد. دیاگرام‌های برداری را در بارهای مختلف بر اساس این مدار معادل به‌دست می‌آورند.



شکل ۱۲ـ مدار معادل ترانسفورماتور قدرت

$$\overrightarrow{U_1} = \overrightarrow{U'_2} + \overrightarrow{I_1 \times R_e} + \overrightarrow{I_1 \times x_e}$$

مدار معادل یک ترانسفورماتور قدرت از سمت اولیه، مطابق شکل ۱۳ است. این مدار را با مولتی سیم تشکیل دهید و در هر حالت افت فشار کلی را، از طریق اندازه‌گیری به‌دست آورید.

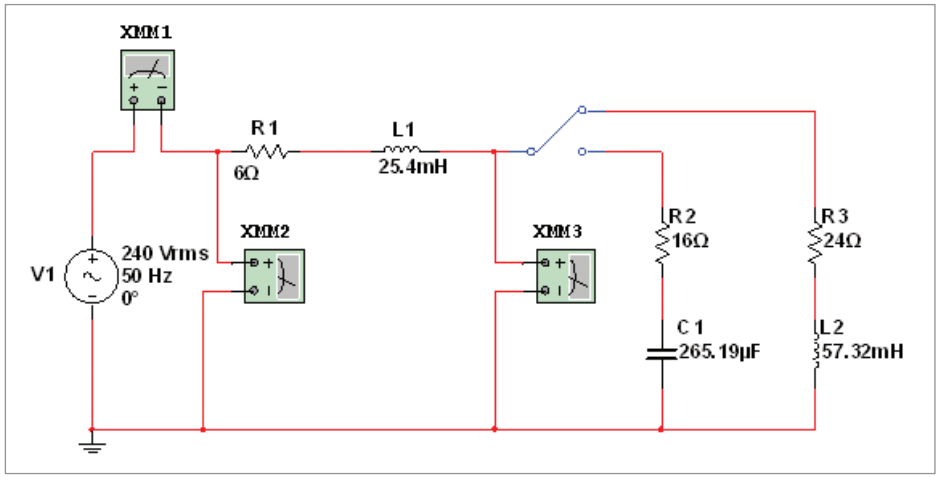


شکل ۱۳ـ مدار معادل ترانسفورماتور قدرت از سمت اولیه

حل:

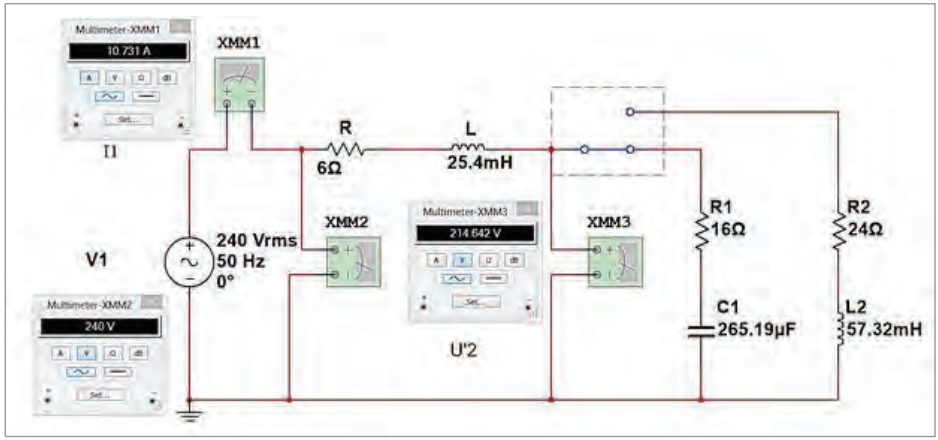
ابتدا مقادیر سلف‌ها و خازن را برحسب هانری و فاراد به‌دست آورید. شکل ۱۴ به‌دست می‌آید.

$$L_e = \frac{۸}{۳۱۴} = ۲۵/۴\text{mH} \quad , \quad C = \frac{۱}{X_{C\omega}} = \frac{۱}{۱۲ \times ۳۱۴} = ۲۶۵/۳۹\mu\text{F} \quad , \quad L = \frac{۱۸}{۳۱۴} = ۵۷/۳۲\text{mH}$$

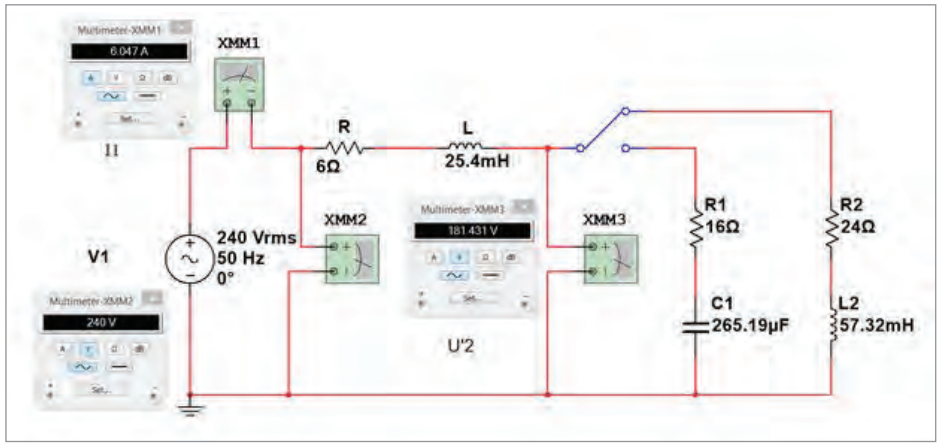


شکل ۱۴ــ مدار معادل در سیستم مولتی سیم

مقادیر قرائت شده در بار اول و دوم مطابق شکل ۱۵ و ۱۶ است.



شکل ۱۵ــ مقادیر قرائت در بار اولی



شکل ۱۶ــ مقادیر قرائت در بار دومی

در شکل ۱۶ مقادیر به‌شرح زیر است:

$U_1=۲۴۰$, $U'_2=۲۱۴/۶۱$, $I_1=۱۰/۸۴۶A$

$\Delta U = U_1 - U'_2 = ۲۴۰-۲۱۴/۶۴ = ۲۵/۳۵V$

در شکل ۱۷ مقادیر به‌شرح زیر است:

$U_1 = ۲۴۰$, $U'_2 = ۱۸۱/۴۳$

$\Delta U = ۲۴۰-۱۸۱/۴۳ = ۵۸/۵۷V$

افت ولتاژ در بارهای سلفی اهمی بیشتر است.

۴ــ۳ تعیین ولتاژ و جریان اتصال کوتاه از طریق اندازه‌گیری در فضای مجازی

ترانسفورماتوری ۲۲KVA بارنامی را تحت ولتاژ ۲۲۰ ولت تغذیه می‌کند ضریب تبدیل این ترانسفورماتور $a=\frac{N_1}{N_2}=۵$ و سایر مشخصات آن به قرار زیر است.

$R_1=۶\Omega$, $X_1=۸\Omega$, $R_2=۰/۳\Omega$, $X_2=۰/۴\Omega$, $R_C=۳۰۰\Omega$, $X_m=۴۰۰$, $U_{1n}=۱۲۰۰$

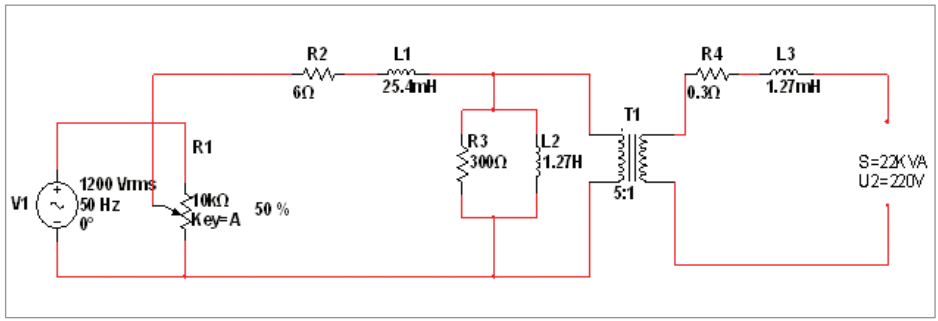
مدار معادل این ترانسفورماتور را در مولتی سیم تشکیل دهید و ولتاژ اتصال کوتاه و جریان اتصال کوتاه آن را از طریق اندازه‌گیری به‌دست آورید.

مشخصات مدار معادل را محاسبه و آن را در مولتی سیم تشکیل می‌دهیم. یک منبع ولتاژ متغیر در محدوده ولتاژ نامی اولیه در اولیه قرار می‌دهیم.

$$R'_{۲} = a^{۲} \times R_{۲} = ۵^{۲} \times ۰/۳ = ۷/۵\Omega \ , \ X'_{۲} = a^{۲} \times X_{۲} = ۵^{۲} \times ۰/۴ = ۱۰\Omega \ , \ L_{۱} = \frac{۸}{۳۱۴} = ۲۵/۴ mH$$

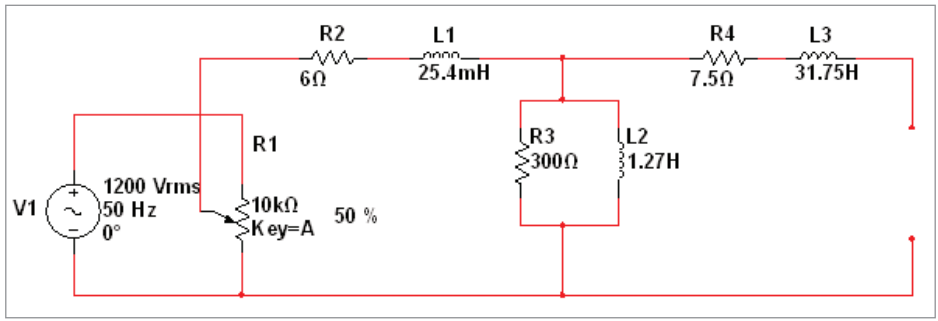
$$L_{۲} = ۱/۲۷ mH \ , \ L'_{۲} = a^{۲} \times L_{۲} = ۲۵ \times ۱/۲۷ mH = ۳۱/۷۵ mH \ , \ Lm = \frac{۴۰۰}{۳۱۴} = ۱/۲۷ H$$

مدار معادل به صورت شکل ۱۷ می‌باشد.



شکل ۱۷ــ مدار معادل ترانسفورماتور

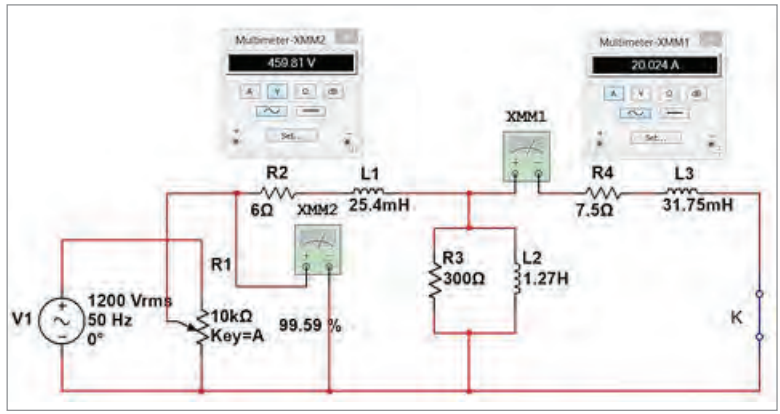
مدار معادل از دیدگاه اولیه مطابق شکل ۱۸خواهد بود.



شکل ۱۸ــ مدار معادل از دیدگاه اولیه ترانسفورماتور

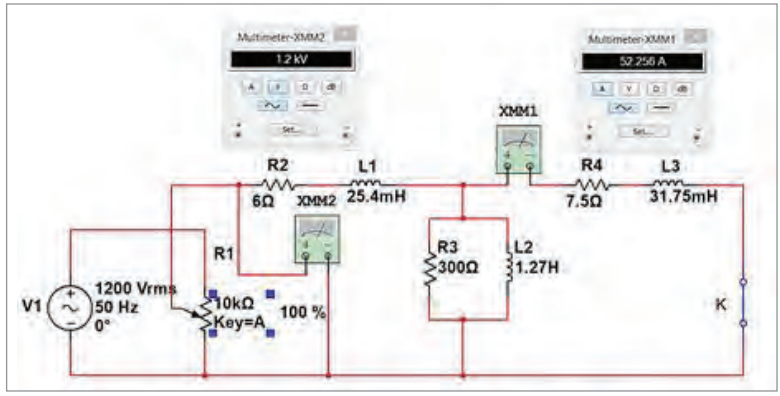
برای به‌دست آوردن ولتاژ اتصال کوتاه مدار مطابق شکل ۱۹ تشکیل دهید و پتانسیومتر را رو صفر تنظیم کنید. سپس کلید K را ببندید و پتانسیومتر را

را به آرامی تغییر دهید تا آمپرمتر معادل جریان ثانویه را در اولیه نشان دهد. جریان نامی اولیه برابر $I_{۲n}=\frac{S_۲}{U_۲}=\frac{۲۲۰۰۰}{۲۲۰}=۱۰۰A$ و معادل آن در اولیه $I'_{۲n}=\frac{I_{۲n}}{a}=۵=۲۰A$ می‌باشد در این حالت مقداری که آمپر نشان می‌دهد ولتاژ اتصال کوتاه () V_{SC} می‌باشد.



شکل۱۹ـ مدار آزمایش ولتاژ اتصال کوتاه

برای تعیین جریان اتصال کوتاه، پتانسیومتر را در مقدار ۱۲۰۰ ولت قرار دهید این آزمایش در عمل بسیار خطرناک است و بلافاصله به ترانسفورماتور آسیب می‌رساند. (شکل ۲۰)



شکل ۲۰ـ جریان اتصال کوتاه

پرسش

چه ارتباطی بین مقدار جریان اتصال کوتاه یک ترانسفورماتور و ولتاژ اتصال کوتاه آن وجود دارد؟

جواب: باتوجه به رابطه $I_{SC}=\frac{I_n}{u_k}$ و $u_k=\frac{V_{SC}}{V_n}$ مشاهده می‌شود هرچقدر ولتاژ اتصال کوتاه زیاد باشد ولتاژ اتصال کوتاه نسبی زیاد می‌شود و چون جریان اتصال کوتاه با ولتاژ اتصال کوتاه نسبی رابطه عکس دارد می‌توان نتیجه گرفت هرچقدر ولتاژ اتصال کوتاه کم باشد جریان اتصال کوتاه زیاد خواهدشد به عبارت دیگر ولتاژ اتصال کوتاه معیاری است بر امپدانس داخلی ترانسفورماتور. هرچه‌مقدار ولتاژ اتصال کوتاه کم باشد امپدانس داخلی کم می‌شود و جریان شدیدی در زمان اتصال کوتاه جاری می‌شود و برای ترانسفورماتور خطرناک می‌باشد و در مقابل تلفات ترانسفورماتور کم و راندمان بالا خواهد بود. زیاد بودن ولتاژ اتصال کوتاه بیانگر امپدانس داخلی زیاد برای ترانسفورماتور است و در زمان اتصال کوتاه جریان کمتری عبور کرده و تحمل ترانسفورماتور زیاد می‌شود در مقابل تلفات زیاد است و راندمان کم خواهد بود.

تحقیق

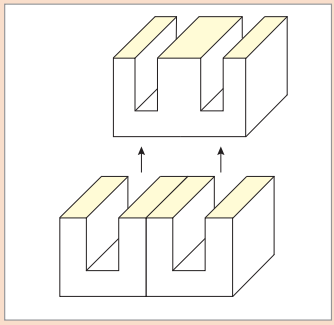
چه تفاوتی بین راندمان ترانسفورماتورهای قدرت و ترانسفورماتورهای کوچک آزمایشگاهی وجود دارد؟

جواب: امپدانس و ولتاژ اتصال کوتاه ترانسفورماتورهای قدرت خیلی کمتر از امپدانس و ولتاژ اتصال کوتاه ترانسفورماتورهای کوچک است بنابراین تلفات نسبی ترانسفورماتورهای قدرت نسبت به تلفات ترانسفورهای کوچک خیلی کم بوده و راندمان بالاتری خواهند داشت.

فعالیت

در دو مدل هسته E و U شکل ۲۷ چه ارتباطی بین سطح مقطع هسته وجود دارد؟ در مورد آن بحث کنید.

جواب: هسته ترانسفورماتورهای E ازکنار هم قرارگرفتن دوهسته U به‌دست می‌آید بدین طریق عرض بازوی وسطی E دو برابر عرض بازوهای کناری می‌شود تا شار مغناطیسی بدون مشکل از بازوی وسطی عبورکند (شکل ۲۱).



شکل ۲۱ــ ازکنارهم قراردادن دوهسته u، یک هسته E به‌دست می‌آید.

پرسش

اگر سیم پیچ ترانسفورماتور به ولتاژ DC متصل شود، مقدار ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور چقدر خواهد بود؟ چرا؟

جواب: باتوجه به آزمایش شکل ۱ مشاهده می‌شود مقادیر دستگاه‌های اندازه‌گیری درطرف ثانویه صفر است پس هیچ ولتاژی درثانویه القا نمی‌شود و دلیل این است که جریان DC شار متغیر ایجاد نمی‌کند تا ولتاژ القا گردد.

فعالیت

مقدار دور بر ولت به چه عواملی بستگی دارد؟ اگر فرکانس افزایش یابد دور بر ولت چه تغییری می‌کند؟

جواب: باتوجه به رابطه $N_V = \frac{10^8}{4/44 \times f \times B_m \times S}$ مشاهده می‌شود NV (دور بر ولت)

با **Bm**، **S** و **f** رابطه عکس دارند بنابراین با افزایش فرکانس دور بر ولت کاهش می‌یابد.

پرسش

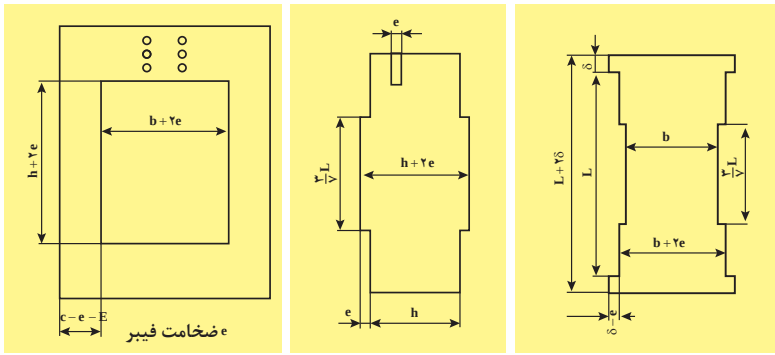
چرا با افزایش قدرت ترانسفورماتور مقدار درصد افت ولتاژ کمتر می‌شود؟

جواب: با افزایش قدرت ترانسفورماتور سطح مقطع هسته و قطر سیم‌پیچ‌ها افزایش می‌یابد این امر باعث کاهش دور و کاهش امپدانس ترانسفورماتور می‌شود و درصد نسبی افت ولتاژ کم می‌شود.

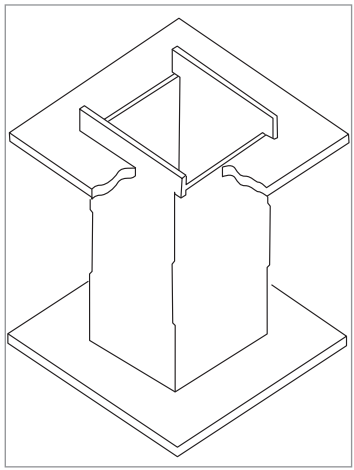
در طراحی ترانسفورماتورها اگر به قرقره‌های استاندارد و آماده دسترسی نداشته باشید می‌توانید از ابعاد داده شده استفاده کنید و این ابعاد متناسب با سطح مقطع محاسبه با مقیاس $\frac{S_n}{S}$ ابعاد داده شده است. به این ترتیب می‌توانید قرقره موردنیاز را تهیه کنید. S_n سطح مقطع نامی محاسبه شده و S سطح مقطع قرقره در شکل ۲۲ نشان داده شده است.

۵ـ۳ ساخت قرقره ازفیبر استخوانی

در ساخت ترانسفورماتورهایی که سیم‌پیچ با سیم‌های ضخیم تشکیل می‌شود از قرقره‌های فیبر استخوانی با ضخامت‌های ۱/۵، ۲/۱ و ۲/۵ استفاده می‌شود هر قدر توان ترانسفورماتور بیشتر می‌شود ازفیبرهای استخوانی ضخیم‌تر استفاده می‌شود. ابعاد قطعات قرقره با توجه به ضخامت فیبر که آن را با e نشان می‌دهند تعیین می‌شود و از هر کدام دو عدد با دقت تهیه می‌شود. سپس آنها را مطابق شکل ۲۳ جمع می‌کنند.



شکل ۲۲ـ ابعاد قرقره فیبراستخوانی



شکل ۲۳ـ مونتاژ قرقره فیبر استخوانی

ساخت قرقره ازکاغذ پرشمان

برای ساخت قرقره اطلاعات مورد نیاز را از هسته ترانسفورماتور استخراج می‌کنیم.

۱ طول وعرض بازوی میانی ورق هسته

۲ ضخامت ورق

۳ ضخامت کاغذ پرشمان (e)

۴ ضریب فضا (ε)، اندازه ضریب فضا را ۰/۳ الی ۰/۵ میلی‌متر منظور می‌شود.

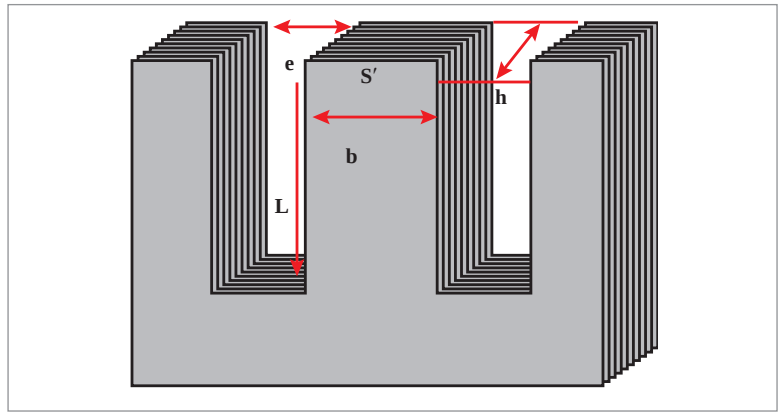
۵ سطح مقطع ظاهری هسته (S′)

۶ طول تیغه

۷ عرض تیغه (h)

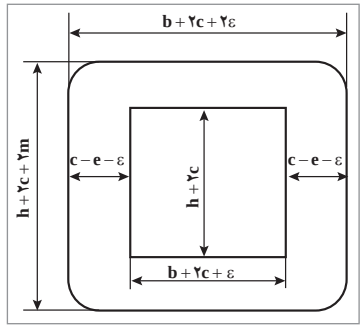
۸ ارتفاع ورق‌های روی هم $h = \frac{s'}{b}$

این اطلاعات از شکل ۲۴ قابل استخراج است.



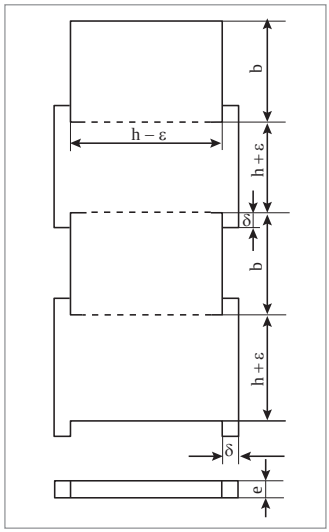
شکل ۲۴ـ ابعاد هسته EI

باتوجه به ابعاد ورق هسته، دو برش مطابق شکل ۲۵ تهیه می‌کنیم ابتدا اندازه‌ها روی کاغذ پرشمان پیاده کرده سپس آنها را برش می‌دهیم اندازه m را در حدود ۵ میلی‌متر درنظر می‌گیرند.



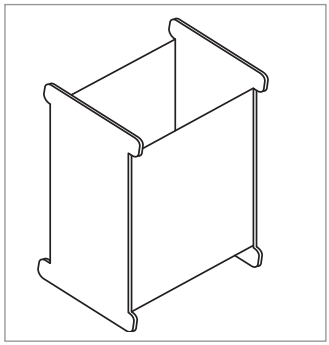
شکل ۲۵ـ لبه قرقره (درپوش)

با اندازه‌های استاندارد روی کاغذ مطابق شکل ۲۶بدنه جانبی قرقره را تهیه می‌کنیم برای این منظور، ابتدا اندازه‌های مورد نیاز را روی کاغذ پرشمان خط‌کشی می‌کنیم و با قیچی کاغذ را می‌بریم
برای خوب تا شدن وجوه مختلف، ابعادی که با خط چین نشان داده شده است را با سوزن خط‌کش خط می‌اندازیم.



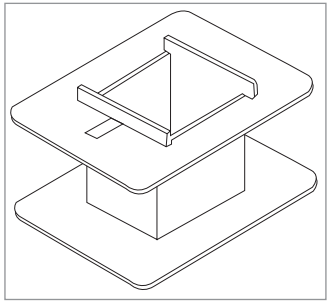
شکل ۲۶ـ بدنه جانبی قرقره

پس از تهیه بدنه قرقره آن را مطابق شکل ۲۷ تا می‌کنیم.



شکل ۲۷ـ بدنه قرقره

در این مرحله درپوش‌ها مطابق شکل ۲۸ نصب می‌کنیم.



شکل۲۸ـ درپوش

فعالیت

اگر سیم پیچی اولیه و ثانویه نامرتب باشد هنگام جا زدن هسته چه مشکلی پیش می‌آید؟

جواب: نامرتب پیچیدن سیم‌ها باعث می‌شود از فضای قرقره خوب استفاده نشود در بعضی قسمت‌ها سیم‌ها از اطراف قرقره بیرون می‌زنند و در قسمت‌های دیگر فضای خالی رها می‌شود و چون در ساخت قرقره‌ها ابعاد و پنجره ورق‌های EI لحاظ می‌شود هرگونه برآمدگی یا خروج سیم‌ها از بغل قرقره‌ها مانع جارفتن ورقه‌ها E در داخل قرقره می‌شود و در اثر اعمال فشار زیاد زخمی‌شدن سیم‌ها را به‌همراه خواهد داشت که موجب اتصال حلقه می‌شود.

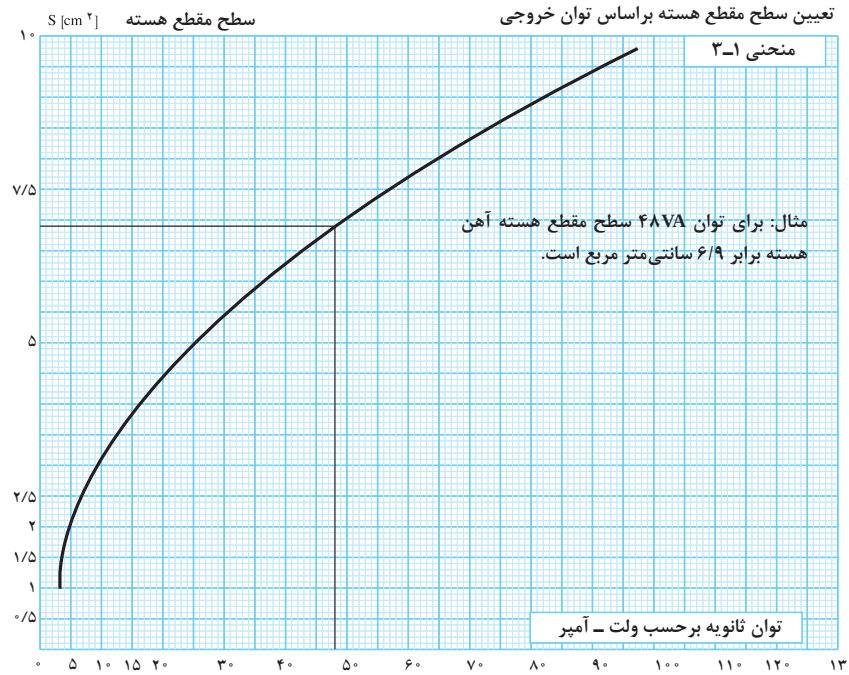
۶ـ ۳ محاسبات عملِ ترانسفورماتورهایِ تک فاز بااستفاده از منحنی‌ها

با استفاده از منحنی‌ها، سرعت عمل و دقت طراحی ترانسفورماتورها افزایش می‌یابد. در این روش به ارتباط کمیت‌های الکتریکی دسترسی نداریم و با محاسبات ابتدایی می‌توانیم ترانسفورماتورها را طراحی کنیم. برای این منظور از یک سری منحنی‌ها استفاده می‌شود ابتدا به شناسایی و طرز استفاده از این منحنی‌ها می‌پردازیم. اکثر این منحنی‌ها براساس توان خروجی ($P_۲ = U_۲ \times I_۲$) تعریف شده‌اند و کافی است توان مورد نظر را روی محور X‌ها انتخاب و خطی به موازات Y ها عمود کرده وکمیت موردنظر از تلاقی خط رسم شده با منحنی به‌دست آورد.

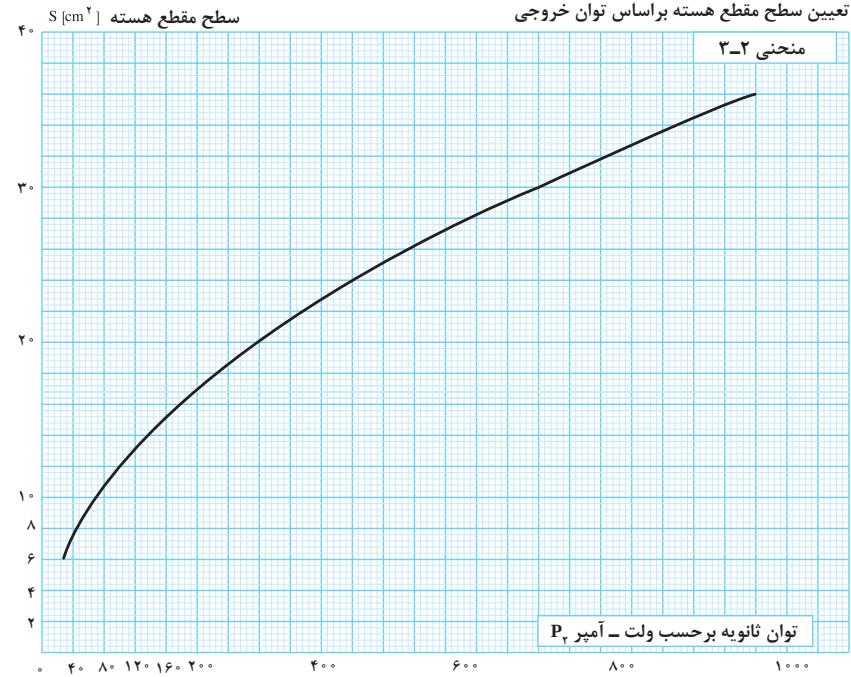
به‌عنوان مثال از منحنی ۱ـ۳ برای توان ۴۸ ولت آمپر سطح مقطع ۶/۹ سانتی‌متر مربع تعیین می‌شود.

در بقیه منحنی‌ها ارتباط توان‌ها، سطح مقطع، دور بر ولت و نظایر آن از طریق نقطه‌یابی قابل دسترسی است.

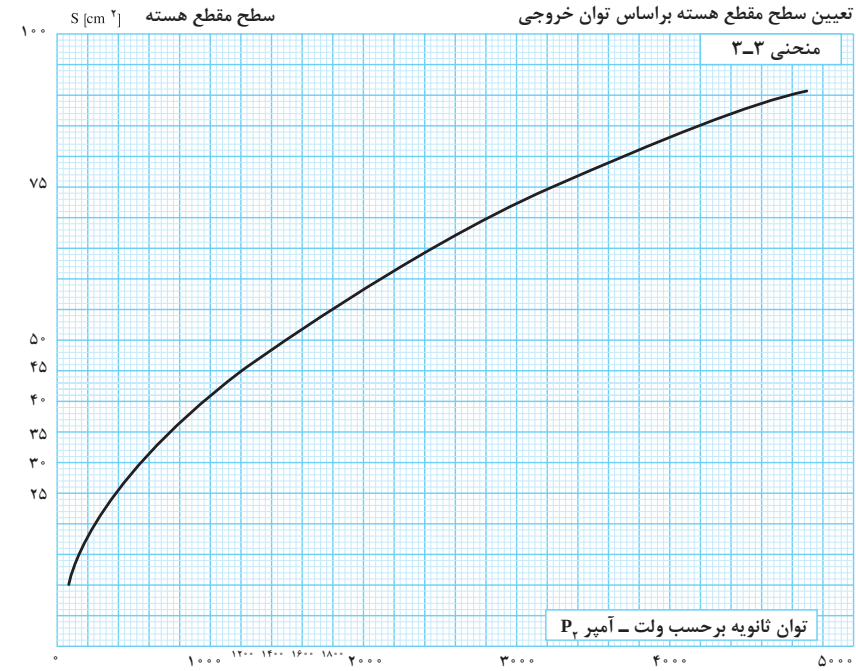
تعیین سطح مقطع هسته براساس توان خروجی



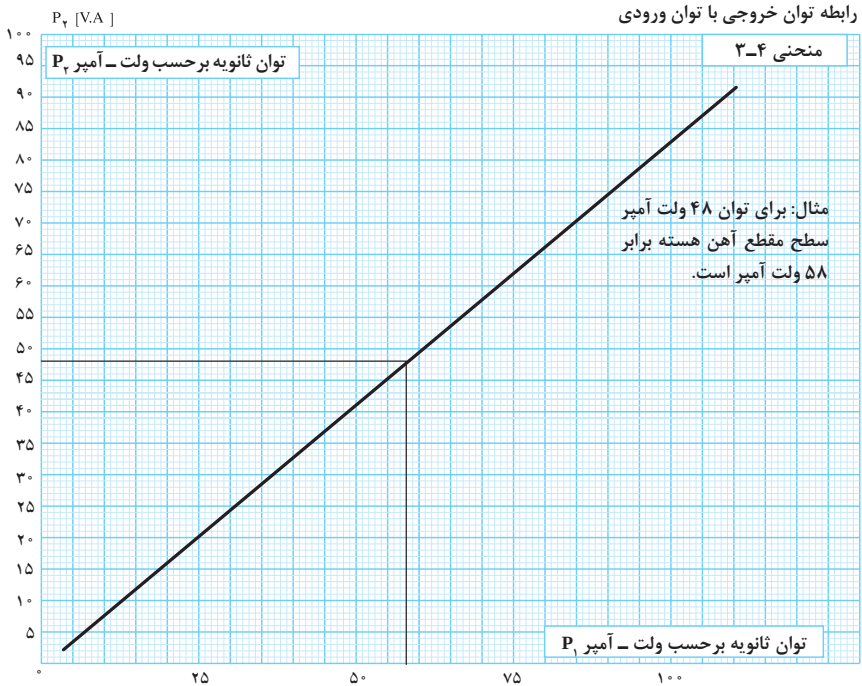
تعیین سطح مقطع هسته براساس توان خروجی



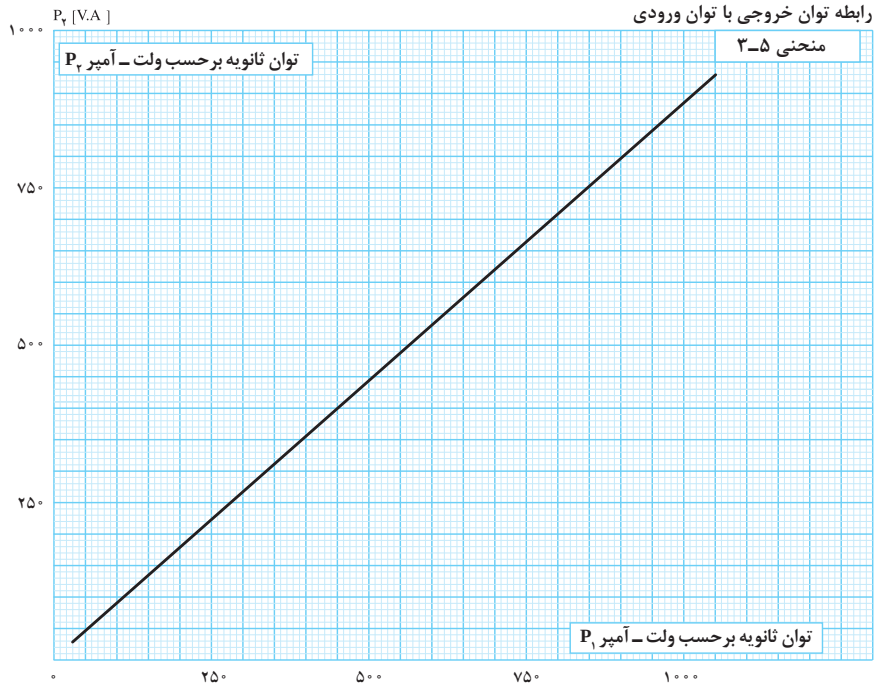
تعیین سطح مقطع هسته براساس توان خروجی



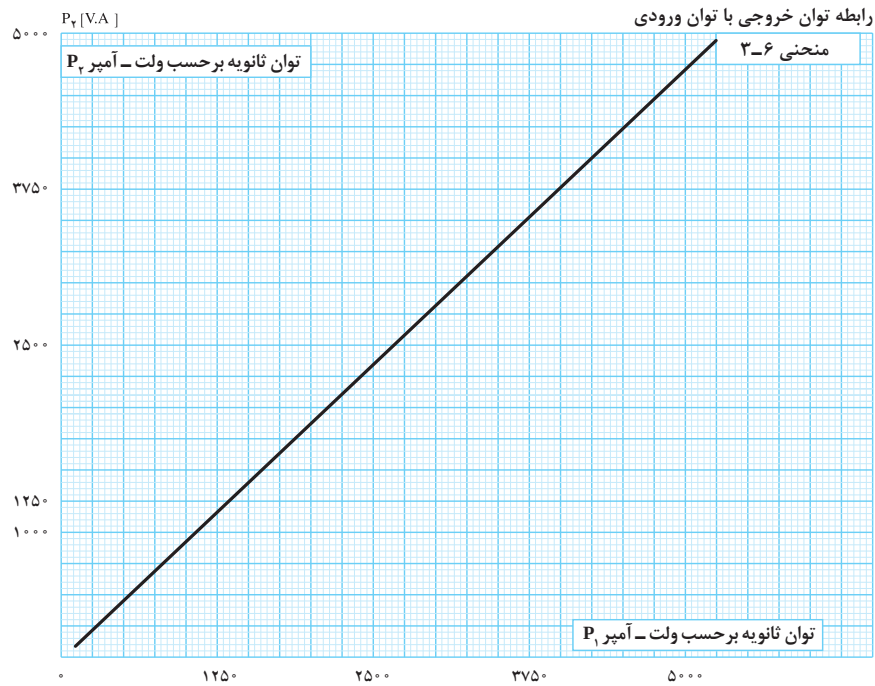
رابطه توان خروجی با توان ورودی



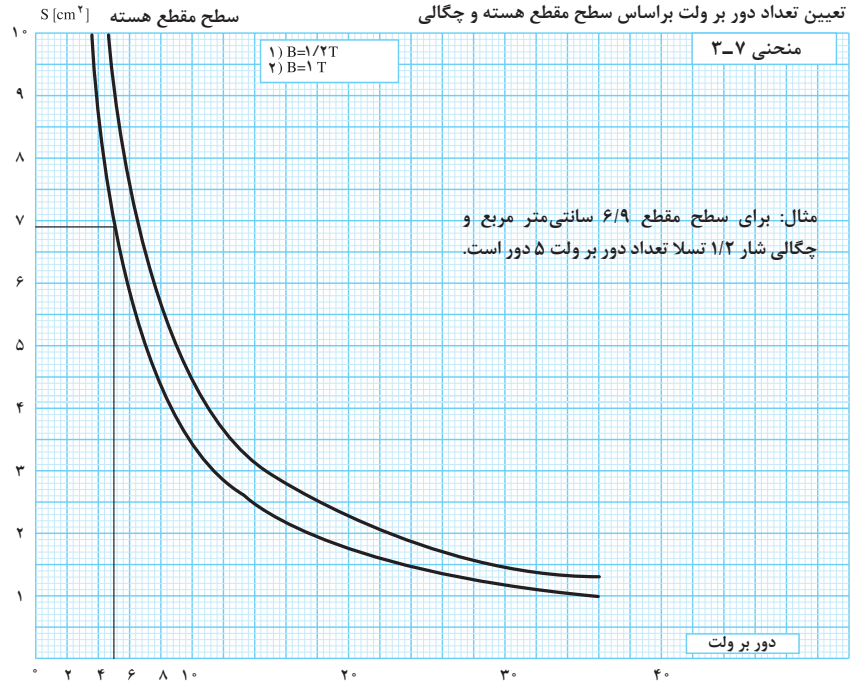
رابطه توان خروجی با توان ورودی



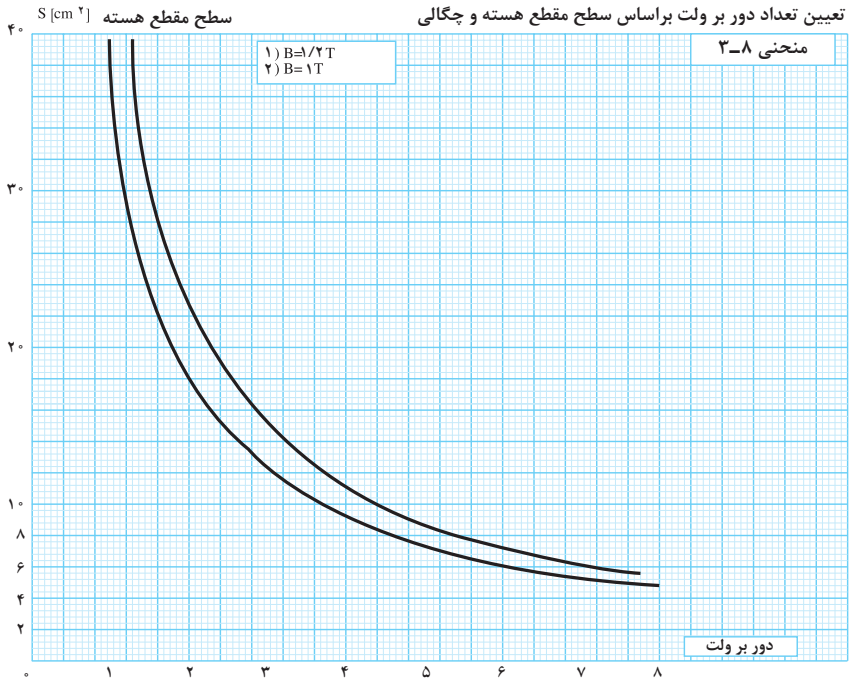
رابطه توان خروجی با توان ورودی



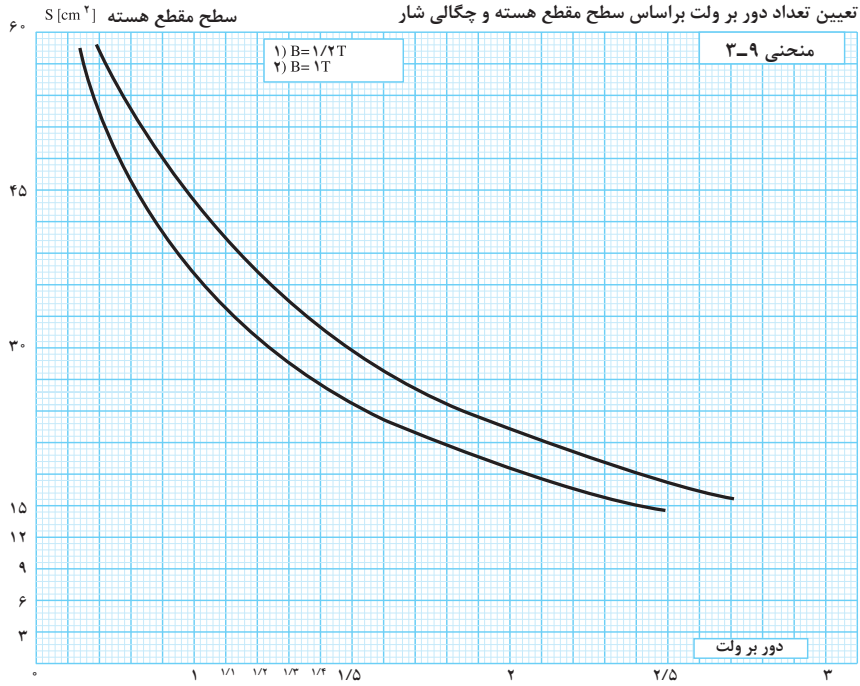
تعیین تعداد دور بر ولت براساس سطح مقطع هسته و چگالی



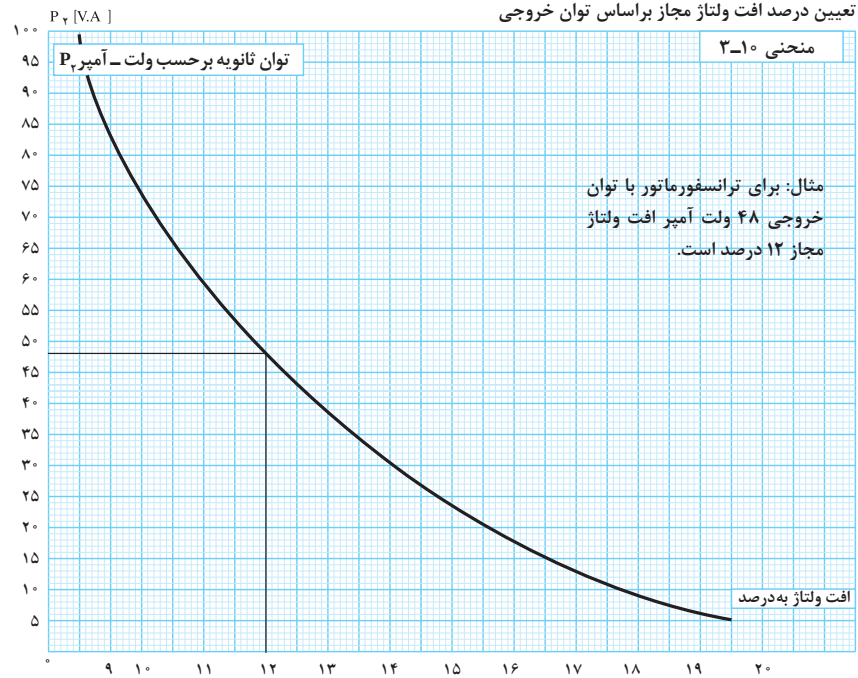
تعیین تعداد دور بر ولت براساس سطح مقطع هسته و چگالی



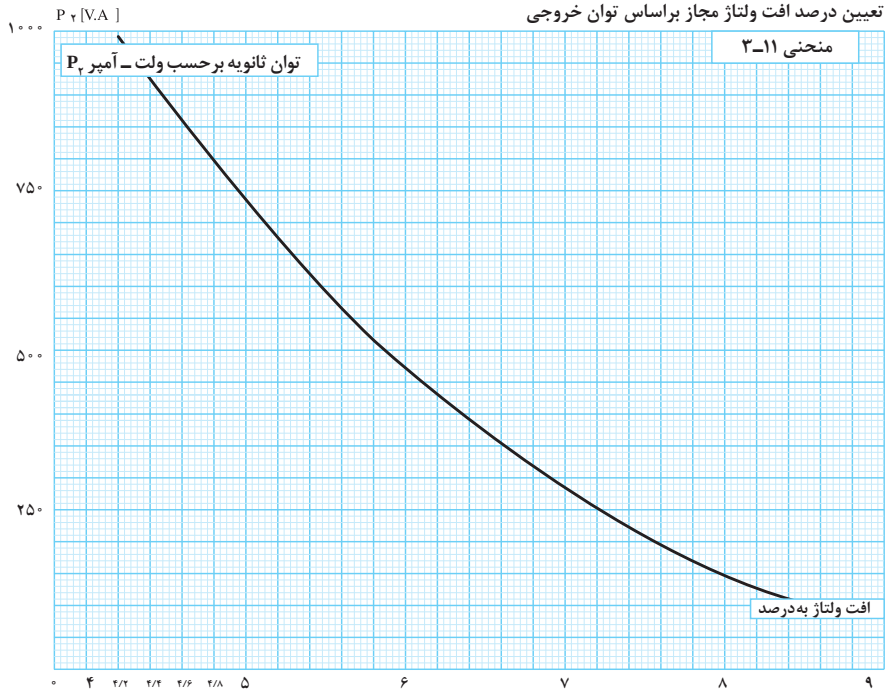
تعیین تعداد دور بر ولت براساس سطح مقطع هسته و چگالی شار



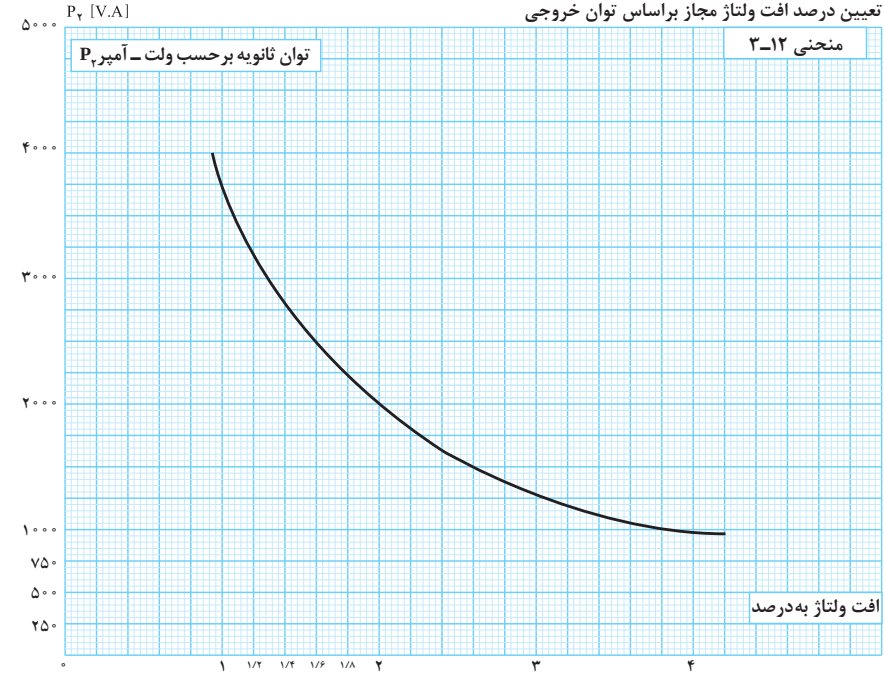
تعیین درصد افت ولتاژ مجاز براساس توان خروجی



تعیین درصد افت ولتاژ مجاز براساس توان خروجی



تعیین درصد افت ولتاژ مجاز براساس توان خروجی



تعیین چگالی جریان سیم‌ها براساس توان خروجی