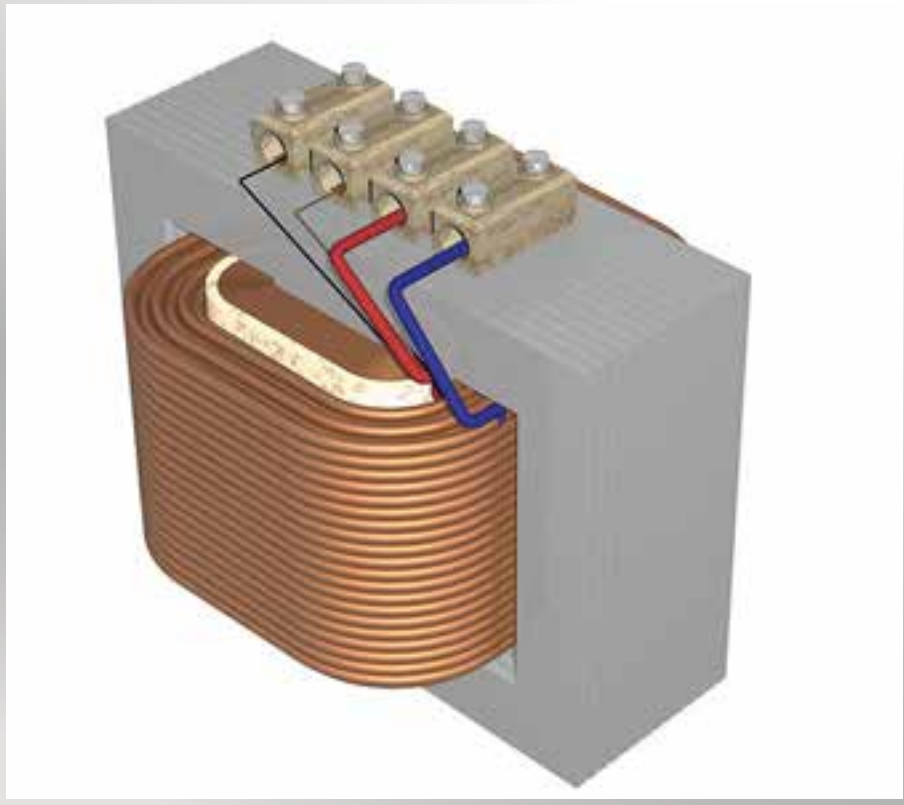
۱

ترانسفورماتورهای تک فاز



۱- مقدمه
۲- ساختمان ترانسفورماتور
۲-۱- هسته
۲-۲- سیم پیچ
۳- تئوری و طرز کار ترانسفورماتور
۴- ترانسفورماتور ایده آل
۴-۱- کلیات
۴-۲- روابط اساسی ترانسفورماتور
۴-۳- تبدیل امپدانس_انتقال امپدانس
۴-۴- نتیجه گیری
۵- ترانسفورماتور واقعی
۵-۱- مدار معادل ترانسفورماتور واقعی در حالت بی باری
۵-۲ مدار معادل ترانسفورماتور واقعی در حالت بارداری
۶- دیاگرام برداری حالت بارداری
۷- تعیین مقادیر پارامترهای مدار معادل با کمک آزمایشهای تجربی
۷-۱- آزمایش حالت بی باری
۷-۲- آزمایش اتصال کوتاه
۸- ولتاژ اتصال کوتاه در ترانسفورماتور
۹- جریان اتصال کوتاه واقعی در ترانسفورماتور
۱۰ - تلفات در ترانسفورماتور
۱۰ -۱- تلفات هسته (آهنی)
۱۰ -۲- تلفات اهمی سیم پیچ (مسی)
۱۱ - راندمان یا بازده ترانسفورماتور
۱۲ - انواع ترانسفورماتورهای تکفاز خاص
۱۲-۱- ترانسفورماتور ایزوله
۱۲-۲- ترانسفورماتور جریان
۱۲-۲-ترانسفورماتور ولتاژ
۱۲-۴- ترانسفورماتور جوشکاری
۱۲-۵- اتوترانسفورمر

۱- مقدمه

بـا عبور جریـان از یک سـیم پیـچ، در اطراف آن میدان مغناطیسـی ایجاد می شـود و در داخل میدان مغناطیسی تعداد زیادی خطوط قوای مغناطیسی وجود دارد. فوران یا شـار مغناطیسـی همـان خطوط قوای مغناطیسـی است که از داخل سـیم پیچ عبور می‌کند. حالا اگر جریان عبوری از سـیم پیچ مسـتقیم " DC " باشد، شار تولید شده نیز مقدار ثابت خواهد داشت. ولی اگر جریان عبوری از سـیم پیچ متناوب "AC"باشـد، میدان مغناطیسـی ایجاد شده شار متغیری متناسب با جریان در داخل سیم پیچ ایجاد می‌کند.

همچنین هرگاه دو سیم پیچ در نزدیک یکدیگر قرار گیرند بطوری که خطوط قوای مغناطیسی متغیر تولید شـده در یکی از سیم پیچها بتواند حلقه های سیم پیچ دیگری را قطع کند، در آن سـیم پیچ ولتاژ القا می‌کند و در صورتـی که مسـیر عبور جریان از این سـیم پیچ نیز مهیا باشـد، با عبور جریان از آن هم متقابلا میدان مغناطیسـی تولید می شود و شار مغناطیسی آن بطور مشـابه روی سـیم پیچ اول اثر می گذارد، این پدیده را القای متقابل (M) می‌گویند. مقدار القای متقابل علاوه بر اندوکتانس سـیم پیچهـا (L) به ضریب کوپلاژ (K)، نیز وابسته است.

هر چه تعداد خطوط قوای مغناطیسی بیشتر یکدیگر را قطع کنند ضریب کوپلاژ نیز بیشتر می شود بنابراین ضریـب کوپلاژ به چگونگی قرار گیری سـیم پیچ ها و فاصلـه آن ها از یکدیگر بسـتگی دارد. کوپلاژ کامل در سـیم پیچ زمانی اتفاق می افتـد که تمام خطوط قوای یک سیم پیچ همه‌ی حلقه های سیم پیچ دیگر را قطع کنند. اگر هیچ یک از خطوط شار دو سیم پیچ از داخل هـم عبور نکنند، در این صـورت القای متقابل بین آنها وجود نخواهد داشـت و کوپلاژ صفر اسـت. برای درک بهتر مطالب فوق به شکل(۱) توجه کنید.

ضریب القای متقابل بین دو سیم پیچ را با M نشان می دهند. این ضریب به اندوکتانس دو سلف تزویج شده و ضریب کوپلاژ بین آنها وابسته است.

$$M = K\sqrt{L_1 L_2} \qquad (۱-۱)$$

در رابطه (۱-۱)

M ضریب القای متقابل بر حسب هانری (H)

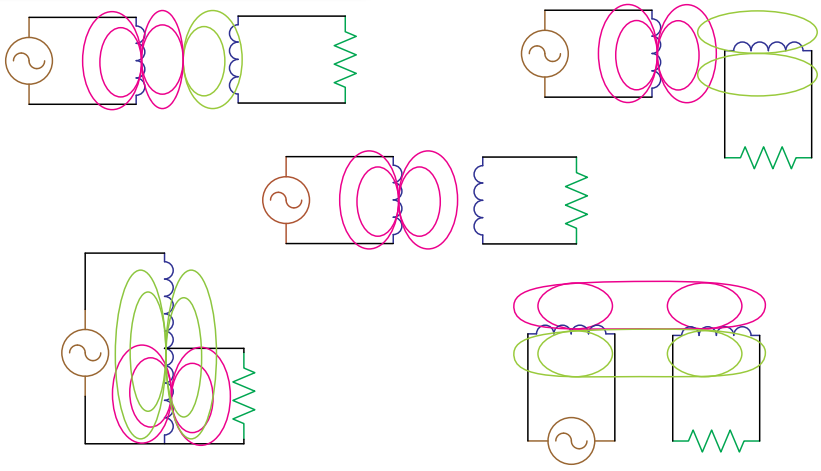
L_1 و L_2 اندوکتانس سـیم پیچ اول ودوم بر حسـب هانری (H)

K ضریب کوپلاژ که عددی بین صفر تا یک است

خود را بیازمایید

۱) القای متقابل چیست؟

۲) ضریب کوپلاژ دو سیم پیچ به چه عواملی بستگی دارد؟



شکل ۱- وابستگی القای متقابل به چگونگی استقرار سیم پیچها

۱

۲- ساختمان ترانسفورماتور

ترانسفورماتور وسیله ای است که از پیچیدن حداقل دو سیم پیچ بر روی یک هسته مغناطیسی مشترک ساخته می شود. شکل (۲) ساختمان یک ترانسفورماتور ساده را نشان می دهد. همانطور که در شکل نشان داده شده است هر سیم پیچ بر روی یک بازوی هسته مغناطیسی پیچیده شده است.

سیم پیچی که به منبع ولتاژ یا شبکه برق متصل می شود را سیم پیچ اولیه و سیم پیچی که به بار الکتریکی یا مصرف کننده الکتریکی متصل و به آن انرژی الکتریکی داده می شود را سیم پیچ ثانویه می گویند.

بعلاوه سیم پیچ متصل به ولتاژ بیشتر را سیم پیچ فشار قوی (H.V) و سیم پیچ متصل به مدار با ولتاژ کمتر را سیم پیچ فشار ضعیف (L.V) می‌نامند.

طبق تعریف اگر سیم پیچ فشار قوی یک ترانسفورماتور در سمت اولیه و سیم پیچ فشار ضعیف آن در سمت ثانویه باشد آن ترانسفورماتور را ترانسفورماتور کاهنده ولتاژ می‌نامند و بالعکس در صورتی که سیم پیچ فشار قوی یک ترانسفورماتور در سمت ثانویه و سیم پیچ فشار ضعیف آن در سمت اولیه باشد آن ترانسفورماتور را ترانسفورماتور افزاینده می‌گویند.

از ترانسفورماتور کاهنده و افزاینده بترتیب برای کاهش و افزایش ولتاژ و برای تامین ولتاژ مناسب جهت تغذیه مصرف کننده‌های الکتریکی استفاده می شود.

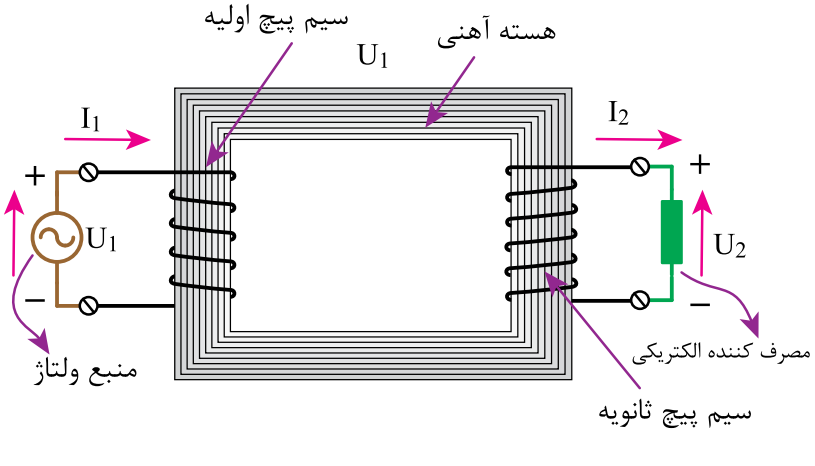
ساختمان هر ترانسفورماتور از دو جزء مهم تشکیل شده است که عبارتند از:

- هسته مغناطیسی
- سیم پیچ

خود را بیازمایید

۱) منظور از سیم پیچ اولیه وثانویه چیست؟

۲) ترانسفورماتور افزاینده را تعریف کنید.



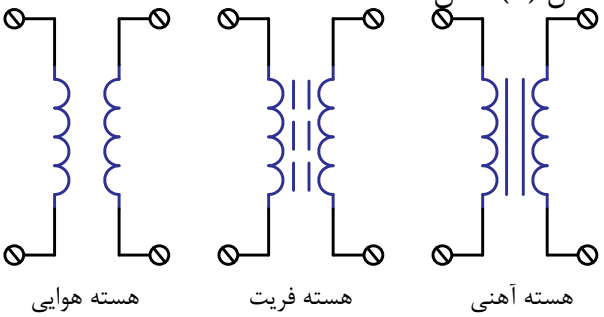
شکل ۲- نمای ظاهری و ساختمان داخلی یک ترانسفورماتور

۲-۱- هسته

هسته ترانسفورماتور مسیر عبور شار مغناطیسی بین سیم پیچ ها را برقرار می‌کند و انتقال انرژی الکتریکی از این طریق صورت می‌گیرد.

در عمل هسته مغناطیسی ترانسفورماتورها می تواند از جنس هوا ، فریت و یا آهن به کار گرفته شود.

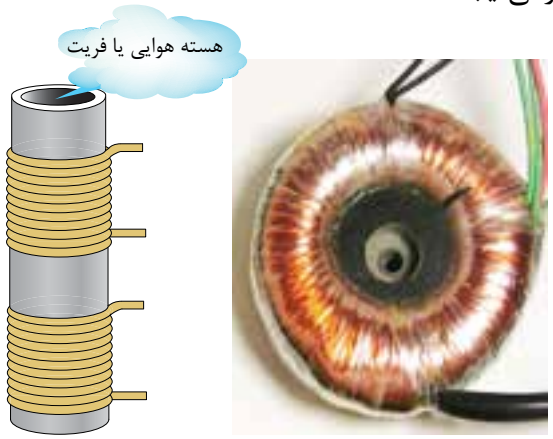
علامت اختصاری هریک از این ترانسفورماتورها در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل ۳- علائم اختصاری ترانسفورماتور با هسته های مختلف

هسته های هوایی و فریت[۱] در ترانسفورماتورهای با فرکانس بالا[۲] و در صنعت الکترونیک کاربرد فراوان دارند.

سیم پیچ های این نوع ترانسفورماتور مطابق شکل (۴) با حداقل کوپلینگ روی هسته پیچیده می شوند، زیرا زیاد بودن فرکانس کارشان به تنهایی می تواند ولتاژ القایی بزرگی ایجاد کند.



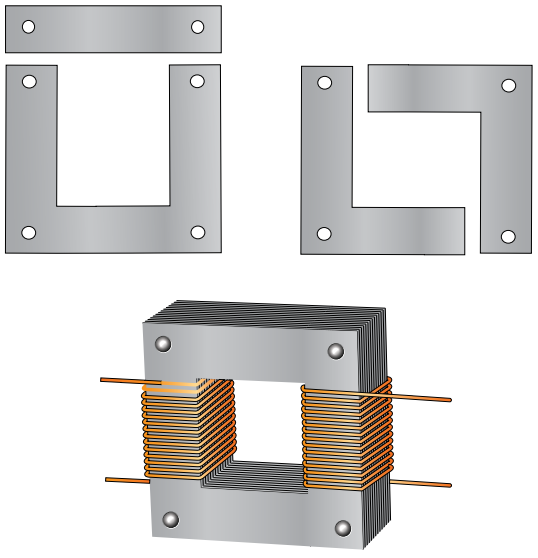
شکل ۴- نمایی از یک ترانسفورماتور با هسته هوایی یا فریت

در ترانسفورماتورهای قدرت و تقویت کننده‌های صوتی(AF)[۳] از هسته های آهنی استفاده می شود.

آنچه در این کتاب مورد توجه می‌باشد، بررسی ترانسفورماتورهای قدرت است. ترانسفورماتورهای قدرت ترانسفورماتورهایی را گویند که در صنعت انتقال و توزیع برق مورد استفاده قرار می‌گیرد.از آنجاکه هسته این نوع ترانسفورماتورها آهنی است بنابراین در ادامه فقط درباره هسته های آهنی توضیح داده خواهد شد.

از نظر ساختمانی ترانسفورماتورهای تکفاز حداقل از دو سیم پیچ تشکیل شده اند که با توجه به قرار گرفتن سیم پیچ ها روی هسته ترانسفورماتور می توان آنها را به دو دسته تقسیم نمود.

الف) اگر هر سیم پیچ روی یک پایه هسته پیچیده شود به آن هسته ی ستونی می‌گویند . شکل (۵) ورقه های این نوع هسته و نمای کامل ترانسفورماتور با این نوع هسته را نمایش می دهد. شکل ورقه های این هسته بصورت دو ورقه L یا ورقه U و I می‌باشد.



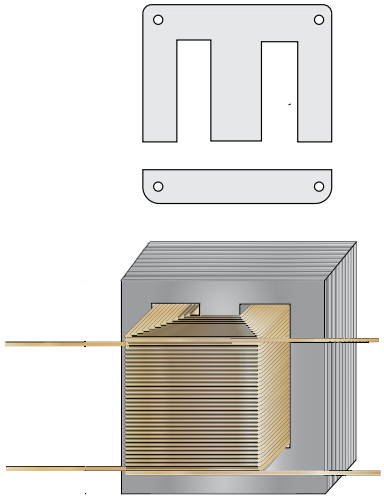
شکل ۵- نمایی از یک ترانسفورماتور ستونی و شکل ورقه های آن

۱) فریت نوعی آلیاژ فرو مغناطیسی پودری می‌باشد ، که فشرده شده است.

۲) فرکانس های بالای ۲۰KHz

۳) Audio Amplifier

ب) اگر هر دو سیم پیچ مطابق شکل (۶) روی یک پایه پیچیده شوند ، ترانسفورماتور را با هسته زرهی می‌گویند ورقه این نوع هسته ها به صورت E و I ساخته می شوند.



شکل ۶- نمای یک ترانسفورماتور با هسته زرهی و شکل ورقه های آن

با توجه به شکل(۵) و در ترانسفورماتورهای ستونی، سیم پیچ ها بخش قابل ملاحظه ای از محیط هسته را اشغال می کنند و روی دو قرقره پیچیده می شوند. در صورتی که در ترانسفورماتورهای زرهی ، هسته ترانسفور ماتور ، سیم پیچهای اولیه و ثانویه را در بر می‌گیرد. بنابراین از آنجا که در ترانسفورماتورهای زرهی برای پیچیدن سیم پیچ از یک قرقره استفاده می شود در نتیجه کوپلینگ سیم پیچ ها بیشتر می‌گردد و لذا کاربرد آن در ساخت ترانسفورماتورهای قدرت تکفاز بیشتر است. در ترانسفورماتور، شار مغناطیسی از طریق هسته عبور می‌کند پس برای ایجاد حداکثر کوپلینگ باید مقاومت مغناطیسی آن بسیار کم باشد به همین دلیل جنس هسته ی مغناطیسی معمولا از فولادهای آلیاژی سیلیس دار انتخاب می شود. بعلاوه برای جلوگیری از تلفات در هسته آن را به شکل ورقه ورقه می سازند.

بطوری که هر ورق با لاک عایقی نازک پوشیده شده و دارای ضخامتی معمولا بین ۰/۳۵ تا ۰/۵ میلی متر است.

خود را بیازمایید

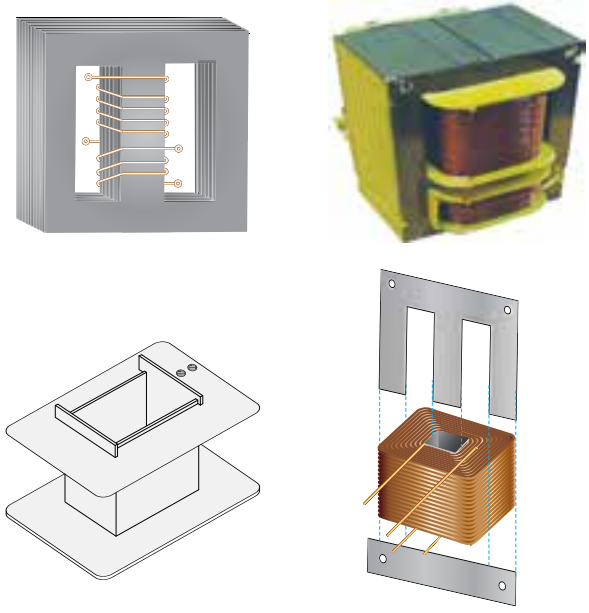
۱) وظیفه هسته در ترانسفورماتور را شرح دهید.

۲) جنس هسته های مغناطیسی در ترانسفورماتورهای توزیع و قدرت از چیست؟

۲-۲- سیم پیچ

وظیفه سیم پیچ ایجاد میدان مغناطیسی و تولید نیروی محرکه مغناطیسی F می‌باشد. نیروی محرکه مغناطیسی از حاصلضرب جریان و تعداد دور سیم پیچ بدست می آید. $F = NI$

در عمل مطابق شکل (۷) برای پیچیدن سیم پیچ های ترانسفورماتور (بسته به نوع زرهی و یا ستونی) ابتدا سیمها را بر روی قرقره ای از جنس عایق می پیچند و سپس آن را درون هسته جای می دهند.



شکل ۷- شکلهای متفاوتی از اجزای داخلی ترانسفورماتور

سطح مقطع و قطر سیم در توانایی عبور جریان از سیم پیچ موثر است و ولتاژ کار سیم پیچ نیز بستگی به تعداد دور سیم پیچ دارد بدین ترتیب هر سیم پیچ قادر است در ولتاژ و جریان مشخصی کار کند که به آن ولتاژ و جریان نامی ترانسفورماتور می‌گویند. در صورت افزایش هریک از کمیتهای فوق از مقدار نامی ممکن است ترانسفورماتور آسیب ببیند.

از طرفی جریان عبوری از سیم پیچ بدلیل وجود مقاومت در آن باعث ایجاد حرارت می شود. در ولتاژ یکسان هر چقدر قدرت ترانسفورماتور بالاتر باشد جریان آن بیشتر بوده و تلفات حرارتی آن بیشتر است.

در طراحی ها باید شرایط به گونه ای در نظر گرفته شود که حرارت ایجاد شده از سطح سیم به خارج سیم پیچ دفع شود تا باعث بالا رفتن دمای سیم پیچ و از بین رفتن عایق آن نگردد.

خود را بیازمایید

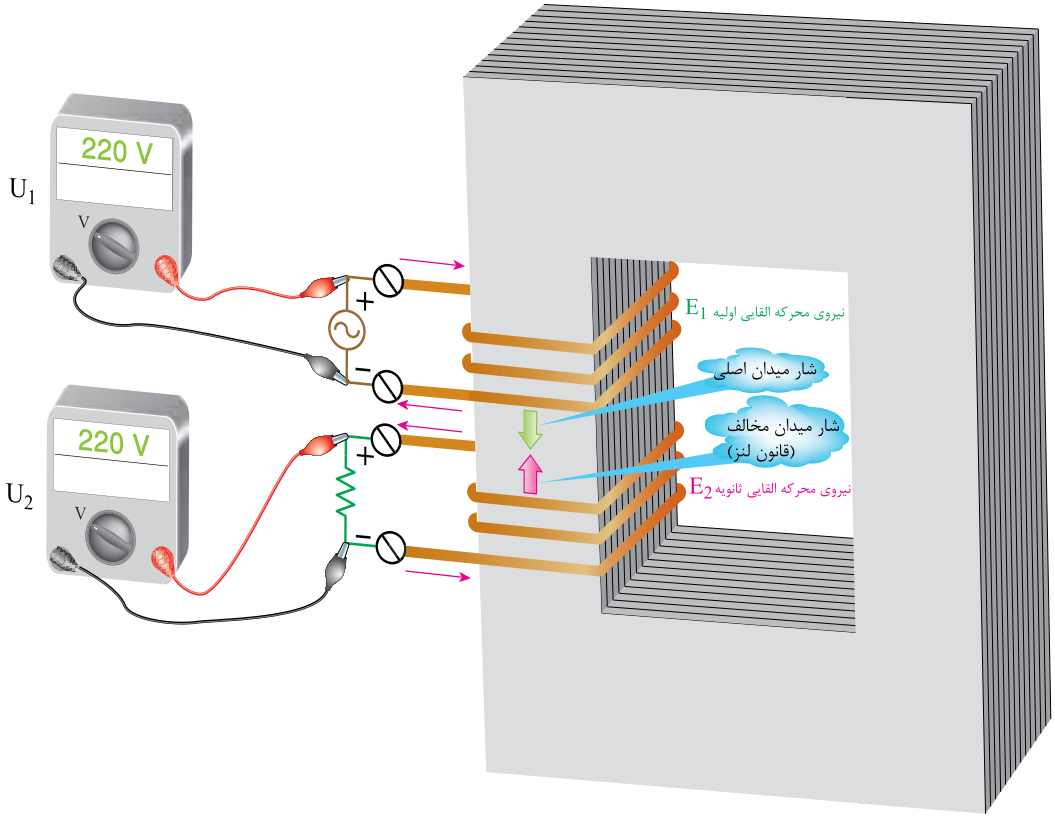
۱) قطر هر سیم پیچ ترانسفورماتور چه تاثیری بر جریان و ولتاژ نامی آن دارد؟

۲) تعداد دور هر سیم پیچ ترانسفورماتور چه تاثیری بر جریان و ولتاژ نامی آن دارد؟

۳) برای کاهش دمای سیم پیچ ها ی ترانسفورماتور چه راه هایی پیشنهاد می کنید.

۳- تئوری و طرز کار ترانسفورماتور

هنگامیکه یکی از سیم پیچ های ترانسفورماتور به منبع ولتاژ متناوب متصل گردد، از آن جریان عبور می‌کند. عبور جریان از سیم پیچ باعث تولید نیروی محرکه مغناطیسی در سیم پیچ می شود و در نتیجه



شکل۸- مسیر عبور جریان در سیم پیچها و عبور شار مغناطیسی از هسته

از داخل هسته شار مغناطیسی عبور می‌کند. مقدار شار ایجاد شده به تعداد دور سیم پیچ و ولتاژ اولیه آن بستگی دارد.

سپس با عبور این شار از سیم پیچ دیگری که به مصرف کننده متصل است نیروی محرکه الکتریکی در آن القا می شود، زیرا مقدار آن بطور متناوب تغییر می‌کند.[۱]

مقدار ولتاژ القا شده به تعداد دورهای سیم پیچ ثانویه و تغییرات شار نسبت به زمان بستگی دارد بنابراین می توان با انتخاب تعداد دور سیم پیچ به ولتاژ های مختلفی دست یافت. از طرفی بدلیل بسته بودن مدار، جریانی متناسب با بار از سیم پیچ دوم عبور می‌کند بدین ترتیب انرژی الکتریکی از طریق یک ارتباط مغناطیسی از سیم پیچ اول به سیم پیچ دوم منتقل می شود

در واقع پدیده فوق بیانگر همان قانون القای فارادی می‌باشد زیرا تغییرات جریان عبوری در سیم پیچ باعث تغییرات فوران (شار) عبوری از سیم پیچ شده و در نتیجه ولتاژی در هر دو سیم پیچ القا می‌کند.

با توجه به قانون ولتاژ فارادی داریم:

$$E = -N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \qquad (۱-۲)$$

در رابطه (۱-۲)

$\Delta\varphi$ تغییرات فوران مغناطیسی

Δt تغییرات زمان

N تعداد دور سیم پیچ

E نیروی محرکه الکتریکی القایی

چون جریان متناوب سینوسی است تغییرات فوران هم متناسب با تغییرات جریان می‌باشد پس فوران مغناطیسی نیز بطور سینوسی تغییر خواهد کرد.

یعنی:

$$\varphi_{(t)} = \varphi_m \sin\omega t \qquad (۱-۳)$$

بیشتر بدانید

$$E = -N\frac{d\varphi}{dt} = -N\frac{d(\varphi_m Sin\omega t)}{dt} = N\varphi_m\omega Cos\omega t$$

$$E_m = N\varphi_m\omega \Rightarrow E = \frac{N\varphi_m\omega}{\sqrt{۲}}$$

$$E = \frac{NB_mA(۲\pi f)}{\sqrt{۲}} \Rightarrow E = ۴/۴۴NB_mAf$$

$$E = ۴/۴۴NB_mAf \qquad (۱-۴)$$

در رابطه(۱-۴)

E ولتاژ موثر القایی بر حسب (V)

N تعداد دور سیم پیچ

B_m حداکثر چگالی میدان مغناطیسی بر حسب T

A سطح مقطع هسته بر حسب $m^۲$

f فرکانس برق بر حسب HZ

مثال ترانسفورماتوری دارای یک هسته با سطح مقطع $۱۰cm^۲$ می‌باشد. اگر تعداد حلقه های یکی از سیم پیچهای آن ۱۰۰۰ دور و حداکثر چگالی میدان مغناطیسی در هسته ۱/۱۲۶ T باشد. چه ولتاژی در دو سر این سیم پیچ در فرکانس ۵۰ هرتز القا می شود؟

$$E = ۴/۴۴NB_mAf =$$

$$= ۴/۴۴\times۱۰۰۰\times۱/۱۲۶\times۱۰\times۱۰^{-۴}\times۵۰ \approx ۲۵۰V$$

۱) شار عبوری از سیم پیچ با عبور جریان متناوب ایجاد شده پس ماهیتی متناسب با جریان متناوب دارد.

در صورت استفاده از سیم پیچ فوق بعنوان سیم پیچ اولیه امکان استفاده از آن در ولتاژی بالاتر از V ۲۵۰ وجود ندارد.

از آنجا که هرسه کمیت چگالی میدان مغناطیسی هسته"B_m"، سطح مقطع هسته"A" و فرکانس شبکه"f " در ترانسفورماتور ثابت هستند و تعداد دور سیم پیچ اولیه و ثانویه در ترانسفورماتورها می تواند متفاوت اختیار شود ، پس رابطه (۴-۱) را می توان به صورت روابط(۵-۱)و (۶-۱) نوشت.

$$E_۱ = ۴/۴۴ N_۱ B_m A f \quad (۱-۵)$$

$$E_۲ = ۴/۴۴ N_۲ B_m A f \quad (۱-۶)$$

بنابراین نتیجه می شود که در سیم پیچ اولیه و ثانویه هر ترانسفورماتور متناسب با تعداد دور سیم پیچ، ولتاژ در آن القا می شود. این ولتاژ را نیروی محرکه القایی یا ولتاژ القایی در سیم پیچ های ترانسفورماتور می گویند.

با توجه به رابطه(۵-۱) و (۶-۱) بعنوان یک رابطه کلی در ترانسفورماتور می توان رابطه (۷-۱) را نتیجه گرفت.

$$\frac{E_۱}{E_۲} = \frac{N_۱}{N_۲} \quad (۱-۷)$$

رابطه (۷-۱) بدین معنی است که با افزایش تعداد دور یک سیم پیچ ، ولتاژ القا شده در آن به همان نسبت بالا می رود و بالعکس. تعریف نسبت $\frac{N_۱}{N_۲}$ را نسبت تبدیل ترانسفورماتور می‌گویند و آن را با a نمایش می دهند. گاهی از عکس این نسبت در روابط استفاده می شود که آن را با K نمایش می دهند. بنابراین داریم:

$$a = \frac{N_۱}{N_۲} \quad (۱-۸)$$

$$K = \frac{N_۲}{N_۱} \quad (۱-۹)$$

معمولا در مشخصات فنی یک ترانسفورماتور بندرت تعداد دور سیم پیچ های اولیه و ثانویه آورده می شود و غالبا ولتاژهای اولیه و ثانویه ترانسفورماتور بعنوان اطلاعات کلیدی روی پلاک آن درج می شود. سازندگان ترانسفورماتور هم بر اساس ولتاژ مورد نیاز مصرف کننده و ولتاژ منبع ، تعداد دور متناسب هر سیم پیچ را محاسبه می کنند. با چگونگی محاسبه عملی ترانسفورماتور در کتاب سیم پیچی آشنا خواهید شد.

مثال اگر سیم پیچ اولیه ترانسفورماتوری دارای ۲۰۰ دور و سیم پیچ ثانویه ۵۰ دور باشد نسبت تبدیل و عکس نسبت تبدیل ترانسفورماتور چقدر است؟

$$a = \frac{N_۱}{N_۲} = \frac{۲۰۰}{۵۰} = ۴$$

$$K = \frac{N_۲}{N_۱} = \frac{۵۰}{۲۰۰} = ۰/۲۵$$

خود را بیازمایید

۱) شارمغناطیسی ایجاد شده در یک ترانسفورماتور به چه عواملی بستگی دارد؟

۲) نسبت تبدیل ترانسفورماتور چیست؟

۳) ترانسفورماتوری دارای هسته با سطح مقطع ۴۰ cm^2 و چگالی شار ۱/۲۵ تسلا می باشد، تعداد دور سیم پیچ این ترانسفورماتور با ولتاژ القایی ۱۱۰ ولت در شبکه ۵۰ هرتز چقدر است؟

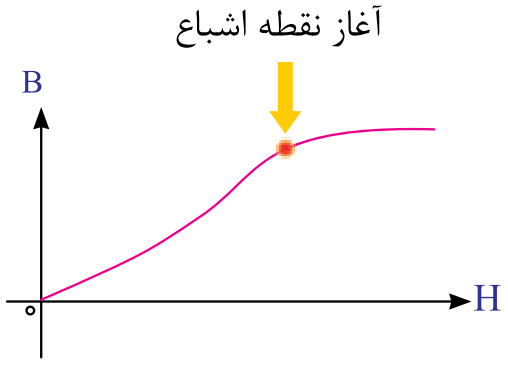
۴- ترانسفورماتور ایده آل

۴-۱- کلیات

با اینکه در طبیعت هیچ چیز ایده آلی وجود ندارد ولی گاهی اوقات برای تشریح یک موضوع علمی لازم است در ابتدا ایده آل آن، مورد بررسی قرار گیرد. بررسی ترانسفورماتور ایده آل نیز صرفا بخاطر تشریح رفتار واقعی ترانسفورماتور مورد توجه می‌باشد.

بطور کلی ترانسفورماتوری را ایده آل می‌گویند که واجد شرایط زیر باشد:

- مقاومت الکتریکی سیم پیچ ها برابر صفر باشد(یعنی هیچگونه افت الکتریکی وجود نداشته باشد)
- کوپلینگ مغناطیسی صد در صد باشد.(یعنی مقاومت مغناطیسی هسته صفر باشد بعبارت دیگر تمامی شار مغناطیسی تولید شده در سیم پیچ اولیه بوسیله سیم پیچ ثانویه در بر گرفته شود یعنی همه‌ی شار از داخل هسته عبور کند و شار پراکندگی یا خارج شده از هسته وجود نداشته باشد)
- با افزایش شدت میدان مغناطیسی ، چگالی میدان مغناطیسی نیز زیاد شود. اما در واقعیت اینطور نیست یعنی با افزایش نا محدود H (شدت میدان مغناطیسی) مطابق منحنی شکل (۹) به اشباع مغناطیسی هسته منجر خواهد شد.



شکل ۹- منحنی مغناطیسی در هسته های آهنی و نمایش نقطه اشباع

ترانسفورماتوری که شرایط فوق را دارا باشد تلفات حرارتی و پراکندگی در آن وجود ندارد و در اینصورت راندمان یا بازده آن صد در صد خواهد بود. یعنی مقدار انرژی داده شده به آن برابر با انرژی گرفته شده از آن است پس نتیجه آنکه :

در ترانسفورماتور ایده آل توان ورودی با توان خروجی برابر است

خود را بیازمایید

۱) در چه شرایطی یک ترانسفورماتور را ایده آل می گوییم؟

۲) وقتی یک ترانسفورماتور ایده آل باشد، توان ورودی وخروجی آن ..... است.

۴-۲- روابط اساسی ترانسفورماتور

با توجه به مدار شکل (۱۰) مشاهده می شود که در ترانسفورماتورهای ایده آل ولتاژ اعمال شده به ترمینال سیم پیچ اولیه یعنی U_1 (یا همان ولتاژ ورودی) با ولتاژ القایی سیم پیچ اولیه یعنی E_1 برابر است همچنین ولتاژ القا شده در سیم ثانویه یعنی E_2 هم دقیقا برابر با ولتاژ ترمینال خروجی ترانسفورماتور یعنی U_2 است. دلیل برابری این ولتاژها صرف نظر کردن از همان مقاومت سیم پیچ ها و همچنین عدم پراکندگی میدان در سیم پیچ اولیه و ثانویه می‌باشد. بنابراین:

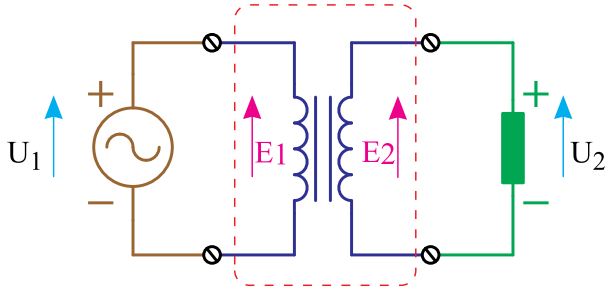
$$U_1 = E_1 \qquad (۱-۱۰)$$

$$U_2 = E_2 \qquad (۱-۱۱)$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \qquad (۱-۱۲)$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \qquad (۱-۱۳)$$

در ترانسفورماتور ایده آل نسبت ولتاژ سیم پیچها با نسبت تعداد حلقه های آنها برابر است.



ترانسفورماتور ایده آل

شکل۱۰- اتصال ترانسفورماتور ایده آل به منبع ولتاژ و مصرف کننده

مثال در یک ترانسفورماتور ایده آل سیم پیچ اولیه ۵۰۰ دور و سیم پیچ ثانویه ۱۵۰۰ دور می‌باشد اگر سیم پیچ اولیه به منبع ولتاژ متناوبی با ولتاژ موثر ۱۲۰ ولت متصل شود ولتاژ خروجی چقدر خواهد بود؟

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{۱۲۰}{U_2} = \frac{۵۰۰}{۱۵۰۰} \Rightarrow U_2 = \frac{۱۵۰۰ \times ۱۲۰}{۵۰۰} = ۳۶۰V$$

پس این ترانسفورماتور یک ترانسفورماتور افزاینده ولتاژ می‌باشد.

وقتی سیم پیچ ثانویه ترانسفورماتور به مصرف کننده متصل می شود جریانی متناسب با بار مصرف کننده از آن عبور می‌کند. همانطور که گفته شد در ترانسفورماتور ایده آل توان ورودی و خروجی با هم برابر است یعنی:

$$S_1 = S_2 \qquad (۱-۱۴)$$

$$U_1 \times I_1 = U_2 \times I_2 \qquad (۱-۱۵)$$

رابطه(۱-۱۵) را می توان به صورت رابطه(۱-۱۶) نیز نوشت:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \qquad (۱-۱۶)$$

در ترانسفورماتور ایده آل نسبت ولتاژ سیم پیچها با عکس نسبت جریان عبوری از آنها برابر است.

با توجه به رابطه(۱-۱۳) ، (۱-۱۶) رابطه(۱-۱۷) را می توان نوشت:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \qquad (۱-۱۷)$$

در ترانسفورماتور ایده آل نسبت تعداد حلقه های سیم پیچ با عکس نسبت جریان عبوری از آنها برابر است.