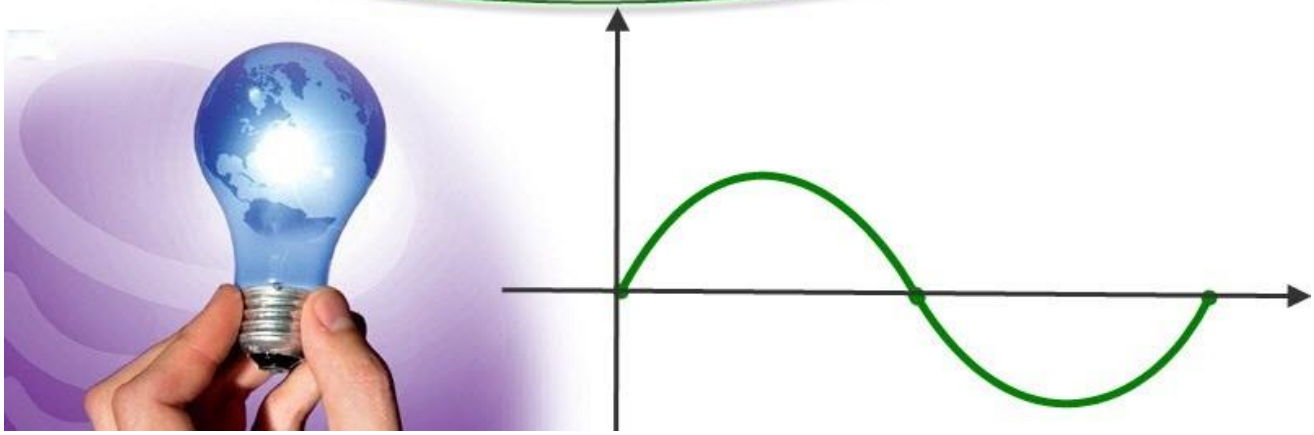
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

بررسی پارامترهای طراحی ترانسفورماتورهای قدرت تکه فاز و ارائه الگوریتم مناسب برای طراحی بهینه آن با استفاده از نرم افزار MATLAB

WikiPower.ir

برای خرید فایل word این پروژه اینجا کلیک کنید.

(شماره پروژه = ۵۱۴)

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مقدمه ۵

فصل ۱- مفاهیم اساسی در طراحی..... ۶

1-1- تعاریف و مفاهیم:..... ۶

۱-۱-۱- ضریب شکل موج (From Factor) :..... ۶

۱-۱-۲- ضریب انباشتگی در سطح مقطع (Stacking Factor) :..... ۷

۱-۲- معرفی دو فرمول اساسی در طراحی‌ها:..... ۷

۱-۲-۱- فرمول ولتاژ..... ۷

۱-۳- تلفات و افت ولتاژ در ترانسفورماتورها:..... ۹

۱-۴- تخمین تلفات ترانسفورماتور برای راندمان ماکزیمم:..... ۱۱

فصل ۲- هسته در ترانفسورماتورها..... ۱۴

۲-۱- مشخصه‌های مواد هسته:..... ۱۴

۲-۱-۱- Permeability (μ)..... ۱۴

۲-۱-۲- Saturation..... ۱۵

۲-۱-۳- Electrical Resistivity : ۱۵

2-1-4- Remanence..... ۱۶

2-1-5- coercivity..... ۱۶

۲-۲- انواع آلیاژها:..... ۱۷

۲-۲-۱- Low-Carbon Steel..... ۱۷

۲-۲-۲- Silicon Steel..... ۱۷

۲-۲-۳- Nickel-Iron (permalloy)..... ۱۸

۲-۲-۴- Cobalt-Nickel-Iron (perminvar)..... ۱۸

۲-۲-۵- Cobalt-Iron (permendur)..... ۱۸

۲-۳- فریت های نرم..... ۱۸

۲-۴- کارکردهای نسبی هسته ها..... ۲۰

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲-۵- تلفات آهن ۲۱
۲-۵-۱- پیدا کردن تلفات از روی منحنی ها: ۲۱
۲-۵-۲- محاسبات تلفات بدون منحنی ها: ۲۲
۲-۶- تلفات ظاهری: ۲۳
۲-۶-۱- تلفات حقیقی در مقابل تلفات ظاهری ۲۴
۲-۷- تصحیح برای فاصله هوایی: ۲۴
۲-۸- جریان بی باری نهایی: ۲۵
۲-۹- پیکربندی و ایجاد تناسب: ۲۵
۲-۹-۱- ورقه های (stampings) ۲۵
۲-۱۰- اشکال و تناسبات: ۲۶
۲-۱۰-۲- Uncut Core ها ۲۹
۲-۱۰-۳- فریت ها (هسته های سرامیکی شکل یافته) ۳۰
۲-۱۱- استفاده فضای پنجره ۳۲
۲-۱۲- محاسبات ابعاد هسته ۳۲
۲-۱۲-۱- Stamping and Cut Cores ۳۲
۲-۱۳- دیتا شیت (data sheet) های تولید کنندگان ۳۴
۲-۱۳-۱- Stampings ۳۴
۲-۱۳-۲- Cut cores ۳۵
۲-۱۳-۳- Tepe Wound Cores (toroids) ۳۶

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مقدمه

در میان مباحث مختلف علوم بحث طراحی یکی از مهمترین موضوعاتی است که در مورد آن باید تحقیقات وسیعی انجام شود. در مورد دستگاهها و وسایل الکتریکی نیز موضوع طراحی جایگاه ویژه ای دارد.

شاید پرکاربردترین وسیله ای که در اغلب دستگاههای الکتریکی و الکترونیکی بصورت مستقیم یا غیرمستقیم و در اندازه های کوچک و بزرگ استفاده می شود، ترانسفورماتور می باشد.

ترانسفورماتورها از نظر کاربرد انواع مختلفی دارند: ترانسفورماتورهای ولتاژ (VT) ، ترانسفورماتورهای جریان (CT) ، ترانسفورماتورهای قدرت (PT) ، ترانسفورماتورهای امپدانس، ترانسفورماتورهای ایزولاسیون و اتوترانسفورمرها . هر کدام از این نوع ترانسفورماتورها کاربرد و تعریف خاص خود را دارند.

در روند طراحی ترانسها مسایل مختلفی مطرح می شود، و مراحل متعددی باید طی شود تا یک طراحی بصورت پایدار و مناسب ، قاب ساخت و استفاده بصورت عملی باشد.

در این پروژه، بعد از بررسی مقدماتی و تعریف بعضی از پارامترهای مهم در مبحث ترانس، از جمله میل مدور (CM) ، ضریب شکل موج (Form Factor) و نیز ضریب انباشتگی سطح مقطع (Stacking factor) به معرفی دو فرمول اساسی مورد استفاده در روند طراحی پیشنهادی در این پروژه می پردازیم و در فصول بعدی به معرفی ضرایب مورد استفاده در طراحی هسته و سیم پیچی و نیز معرفی و ارایه کاتالوگها و نمودارهای موردنیاز برای طراحی انواع هسته و سیم پیچی، که از مباحث اساسی در ترانسفورماتورها می‌باشد، پرداخته میشود.

در ادامه مبحث اصلی و در واقع نتیجه ای که از مباحث قبلی گرفته شده است، در جهت ارائه یک نتیجه کلی، روندی برای طراحی ترانسفورماتورهای قدرت بصورت یک الگوریتم و روش برای طراحی آورده شده است.

در انتها نیز یک برنامه کامپیوتری در جهت بهبود روند طراحی و سرعت بخشیدن به انجام فرایند حجیم محاسباتی مبحث طراحی و بهبود بعضی از پارامترهای مهم از جمله راندمان، ارائه شده است. در پایان این بخش نیز نتایج چند طراحی آورده شده است.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل ۱- مفاهیم اساسی در طراحی

در این قسمت به عنوان توضیح بعضی از تعاریف و مقدمات و چند مبحث بصورت گذرا مطرح می شود، که با توجه به اهمیت آشنایی با این مفاهیم در بحث طراحی می تواند بسیار مفید باشد.

۱-۱ تعاریف و مفاهیم:

مدل مدور (Circular Mil) :

میل مدور یکی از واحدهای متداول بین کننده سطح مقطع هادیها می‌باشد. وقتی که قطر هادی برابر با یک میل (mil) باشد، سطح مقطع هادی طبق روابط زیر و با توجه به شکل یک میل مدور خواهد بود.

$A = D^{۲}$

D = قطر هادی (mil)

A= سطح مقطع هادی (CM)

1 mil = 0.001 inch

1 inch = 2.54 cm

$$A\ (\text{square mil}) = \Pi\left(D/2\right)^2 = \left(M/4\right)D^2$$

$$mil^2 = 0.785CM \qquad (۱-۱)$$

۱-۱-۱ ضریب شکل موج (FromFactor) :

ضریب شکل موج برابر با نسبت مقدار rms موج ولتاژ مورد استفاده به مقدار میانگین این شکل موج است، که بدین ترتیب برای هر شکل موج مشخصه موجود، این ضریب متفاوت خواهد بود. برای مواردی که از موج متناوب سینوسی استفاده می شود، مقدار این ضریب برابر با ۱/۱۱ در نظر گرفته خواهد شد.

$$F = \frac{rms}{Average} \qquad (۱-۲)$$

در شکل موج سینوسی روابط ۱-۳ و ۱-۴ برقرار می باشند:

$$Average = 2 \times \frac{peak}{\Pi} \qquad (۱-۳)$$

و

$$rms = \frac{peak}{\sqrt{2}} \qquad (۱-۴)$$

و از روابط قبل برای موج سینوسی بدست می آید:

$$F = \frac{\Pi}{2\sqrt{2}} = 1.11 \qquad (۱-۵)$$

۱-۲-۱- ضریب انباشتگی در سطح مقطع (Stacki ng Factor) :

ضریب انباشتگی در سطح مقطع برای بیان این واقعیت مطرح می‌شود که، سطح مقطع محاسبه شده هسته همیشه از مقدار واقعی سطح مقطع آهن هسته بیشتر است. بنابراین برای استفاده از پارامتر سطح مقطع در فرمولها باید این ضریب را که مقدار آن اغلب عددی نزدیک یک بوده و تقریباً 0.9 و یا 0.95 می باشد، به مقدار سطح مقطع ضرب کرد.

در اغلب موارد و نیز در این پروژه فاکتور انباشتگی با حرف کوچک s نمایش داده می شود.

۱-۲- معرفی دو فرمول اساسی در طراحی‌ها:

در طراحی ترانسها دو فرمول اساسی کاربرد زیادی دارند که در زیر آورده شده اند. با استفاده از این دو فرمول می توان به نتایج ارزشمندی رسید و روند طراحی را بصورت مدون و مشخص ارائه نمود. در این روابط مقدار ضریب انباشتگی سطح مقطع (s) را تقریباً برابر با یک در نظر گرفته ایم.

۱-۲-۱- فرمول ولتاژ:

در این فرمول مقدار موثر تولید شده در یک سیم پیچی توسط رابطه (۱-۶) بیان می شود:

$$V_{rms} = 4FfaNB \times 10^{-8} \qquad (۱-۶)$$

F : ضریب شکل موج

f : فرکانس (Hz)

a : سطح مقطع هسته (cm^2)

N : تعداد دور سیم پیچی

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

B : چگالی شار مغناطیسی $\left(gauss = 10^{-4} Tasla\right)$

V_{rms} : ولتاژ تولید شده در سیم پیچی (ولت)

با استفاده از این رابطه می توان یکی از مهمترین پارامترهای طراحی یعنی تعداد دور به ازای هر ولت $\left(Turns/Volt\right)$ را براحتی محاسبه کرد و با توجه به شکل موج ولتاژ مورد استفاده یک رابطه مشخص بین این پارامتر و پارامترهای دیگر بدست آورد:

$$T = \frac{N}{V} = \frac{10^8}{4FfaB} \qquad (۱-۷)$$

اگر در رابطه (۱-۷) مقدار a بجای برحسب $inch^2$ بیان شود و نیز مقدار F هم برای موج سینوسی شکل در فرمول جاگذاری شود، رابطه (۱-۸) بدست خواهد آمد:

$$T = \frac{N}{V} = \frac{3.49 \times 10^6}{faB} \qquad (۱-۸)$$

فرمول ظرفیت توان:

این فرمول مقدار توانی را که در یک هسته مشخص با چگالی جریان مشخص و در یک فرکانس معین می تواند تولید شود بیان می‌شود:

$$P = 0.707 JfWaB \times 10^{-8} \qquad (۱-۹)$$

J : چگالی جریان سیم $\left(A/cm^2\right)$

f : فرکانس (Hz)

W : مساحت پنجره هسته $\left(cm^2\right)$

a : سطح مقطع هسته $\left(cm^2\right)$

B : چگالی شار مغناطیسی $\left(gauss = 10^{-4} Tesla\right)$

P : ظرفیت توان تولیدی (ولت آمپر)

با استفاده از این رابطه نیز می توان یکی دیگر از فاکتورهای مهم در طراحی را بدست آورد. این فاکتور که در واقع حاصلضرب دو پارامتر W و a می باشد، با نام حاصلضرب Wa ، شناخته می شود و در حالتی

که مقدار a و W را با واحد $inch^2$ ، و مقدار J را بر حسب $A/inch^2$ بیان شده و رابطه (۹-۱) را مرتب کنیم، رابطه (۱۰-۱) بدست خواهد آمد که از مهمترین و پرمصرف ترین روابط در طراحی می‌باشد:

$$Wa = \frac{P \times 10^8}{4.55 JfB} \qquad (۱۰-۱)$$

در روابط (۹-۱) و (۱۰-۱) ، اگر میزان چگالی جریان را با پارامتر دیگری که دارای واحد اندازه گیری معکوس چگالی جریان قبلی است، بیان کنیم و پارامتر جدید را با S نمایش دهیم، بعد از اعمال سایر ضرایب معادل سازی، روابط (۱۱-۱) و (۱۲-۱) بدست خواهد آمد که در آن واحد سنجش چگالی جریان جدید (S) برابر با میل مدور بر آمپر (CM/A) بیان می گردد:

$$P = \frac{fBWa}{17.26S} \qquad (۱۱-۱)$$

$$Wa = \frac{17.26SP}{fB} \qquad (۱۲-۱)$$

۱-۳- تلفات و افت ولتاژ در ترانسفورماتورها:

فلز هسته مانند سیمهای مسی توسط یک شار مغناطیسی متغیر لینک می شود. در نتیجه این شار یک جریان گردشی در هسته القا می‌شود. این جریان که eddy current نامیده می شود به همراه اثری دیگر بنام هیسترزیس یک تلفات توان به شکل گرما در آهن هسته ایجاد می کنند، که اغلب آن را تلفات آهن می گویند.

همچنین جریان بی باری در سیم پیچی اولیه با مقاومت سیم مسی روبرو می شود که باعث ایجاد تلفات RI^2 و نیز افت ولتاژ می شود. این تلفات مستقل از بار بوده و به همراه تلفات آهن بخش عمده تلفات بی باری را تشکیل می دهند.

علاوه بر موارد بالا جریان بار که از مقاومت سیمهای اولیه و ثانویه عبور می کنند، تلفات RI^2 را بوجود می آورد که سیمهای مسی را گرم می کند و ایجاد افت ولتاژ می کند. این تلفات را تلفات بار می گویند. تلفات توان هسته آهنی و جریان های بار سیم پیچ اولیه هم فاز می‌باشد و بنابراین بطور مستقیم جمع پذیرند. این تلفات قسمت غالب تلفات توان را جواب می دهند و اغلب تنها فاکتوری می باشند که در طراحی ها به حساب آورده می شوند.

منابع دیگر تلفات از جمله تلفات ناشی از جریان مغناطیس کنندگی نیز وجود دارند. این جریان به راکتانس سیم پیچی اولیه مربوط می‌باشد و مستقل از بار است. بخاطر اینکه این جریان نسبتاً راکتیو است، تلفات ناشی از آن نیز با تلفات توان هسته و جریان های بار هم فاز نمی باشد و نمی تواند بطور مستقیم با آنها جمع شود و زمانیکه این مقادیر باید به حساب آورده شوند (که البته تقریباً به ندرت و در تعداد کمی از ترانسهای قدرت) باید بصورت برداری وارد محاسبات گردند. خازن پراکنده و اندوکتانس نشتی دو فاکتور مهمی هستند که در تلفات و سایر پدیده های نامطلوب اثر می گذارند.

خاصیت خازنی پراکنده به طور حتم در بین دور سیمها، بین یک سیم پیچی با سیم پیچی دیگر و نیز بین سیم پیچی ها و هسته وجود دارد. این خازنها در عملکرد ترانس ایجاد اختلال می کنند، ولی با توجه به اینکه این خازنها به غیر از فرکانس های نسبتاً بالا تأثیر قابل توجهی روی مقادیر ترانس ندارند در شرایط معمولی و کار با فرکانس های پایین از آنها چشم پوشی می کنیم.

اندوکتانس نشتی بخاطر اینکه مقداری از خطوط شار سیم پیچی را در درون هسته لینک نمی کنند و مسیر فلو را در خارج هسته کامل می‌کنند، بوجود می آید. این نشت در هر دو سیم پیچ اولیه و ثانویه وجود دارد، ولی اگر هر دو سیم پیچ اولیه و ثانویه در روی یک ستون و بصورت روی هم پیچیده شوند مقدار آن بشدت کاهش خواهد یافت. اثر این اندوکتانس در فرکانسهای پایین بسیار کم خواهد بود.

در طراحی ترانسهای قدرت از اکثر فاکتورهای تلفات پراکنده بجز در موارد خاص که یک مقدار راکتانس کوچک را در نظر می گیریم، چشم‌پوشی می شود. به عنوان مثال فاصله های هوایی در هسته هایی که بصورت نامناسب ساخته شده اند، یا حرکت هسته به درون ناحیه اشباع اندوکتانس سیم پیچ اولیه و بنابراین راکتاس را کاهش می دهد. این امر باعث می شود که جریان مغناطیس کنندگی بالا رفته و به دنبال آن افت ولتاژها و تلفات مس در درون سیم پیچ اولیه زیاد شود.

در شکل (۲-۱) یک مدار معادل دقیق از ترانسفورماتور آورده شده است که در آن همه پارامترها منظور شده اند. شکل (۳-۱) برای حالت فرکانسهای پایین تنظیم شده است و فقط پارامترهای موثر در نظر گرفته شده اند.

با در نظر گرفتن شکل (۳-۱) بعنوان شکل مورد استفاده در این پروژه مطالعات زیر را انجام می دهیم.

از روابط جریان ها داریم:

$$I_P = \sqrt{I_x^2 + I_1^2} \qquad (۱-۱۳)$$

$$V_1 = V_{in} - V_{d1} \qquad (۱-۱۴)$$

و

$$V_2 = V_{d2} + V_o \qquad (۱-۱۵)$$

$$V_{d1} = I_P R_1 \qquad (۱-۱۶)$$

و

$$V_1 = V_{in} - I_P R_1 \qquad (۱-۱۷)$$

برای ایجاد رابطه بین نسبت ولتاژها و تعداد دورها داریم:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_{in} - V_{d1}}{V_o - V_{d2}} \qquad (۱-۱۸)$$

$$\Rightarrow V_o = \frac{N_2 (V_{in} - V_{d1})}{N_1} - V_{d2} \qquad (۱-۱۹)$$

از رابطه (۱-۱۹) می توان نتیجه بسیار مهم دیگری را بدست آورد. کاربرد این رابطه در بدست آوردن نسبت تعداد دورها در حالت جبران سازی افت ولتاژها برای حالتی که یکی از تعداد دورها و نیز افت ولتاژ سیم پیچی ها مشخص باشند، است.

اگر تعداد دور اولیه مشخص باشد، برای اینکه بدانیم با چه تعداد دوری در طرف ثانویه علاوه بر ایجاد نسبت ولتاژ مناسب، افت ولتاژها را جبران نماییم، از رابطه (۱-۲۰) استفاده می کنیم:

$$N_2 = \frac{N_1 (V_o + V_{d2})}{V_{in} - V_{d1}} \qquad (۱-۲۰)$$

در حالتی که تعداد دور سیم پیچی در ثانویه مشخص باشد، تعداد دور اولیه با شرایط بالا بدست خواهد آمد:

$$N_1 = \frac{N_2 (V_{in} - V_{d1})}{V_o + V_{d2}} \qquad (۱-۲۱)$$

۱-٤- تخمین تلفات ترانسفورماتور برای راندمان ماکزیمم:

یکی از آسانترین و مفیدترین اعداد و ارقامی که به عنوان فرض از آن استفاده فراوانی خواهد شد، راندمان می باشد. راندمان را با η نشان می دهیم. از نظر قاعده ترانسفورماتورها ادوات کم تلفاتی هستند و اغلب

راندمانی بین ۰/۷۵ و ۰/۹۵ دارند. بنابراین هر عددی در این فاصله می تواند مقدار مناسبی برای یک حدس اولیه باشد.

با استفاده از این عدد اولیه براحتی می توان مقدار توان مورد نیاز ورودی برحسب وات را محاسبه کرد:

$$P_{in} = \frac{P_o}{\eta} \qquad (۱-۲۲)$$

بصورت منطقی از مقدار توان ورودی می توان جریان اولیه را برحسب آمپر محاسبه کرد:

$$I_1 = \frac{P_{in}}{V_{in}} \qquad (۱-۲۳)$$

برای ایجاد حالت بهینه در راندمان و نیز اقتصادی تر کردن طراحی باید دو موضوع مهم را در نظر بگیریم:

۱- تلفات سیم پیچ اولیه و ثانویه با هم برابر باشند.

۲- تلفات آهنی با تلفات مسی کل برابر باشند.

به بیان دیگر یعنی نصف کل تلفات در آهن هسته و نصف دیگر در مس باشند و تلفات مسی بصورت برابر بین سیم پیچی اولیه و ثانویه تقسیم شود.

در این حالت به تجربه فرمول دیگری را می توان بدست آورد که نسبت تعداد دور اولیه و ثانویه را از طریق راندمان به نسبت ولتاژها مربوط می‌سازد:

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \sqrt{\eta}\,\frac{N_2}{N_1} \qquad (۱-۲۴)$$

برای ایجاد راندمان حداکثر از روش فوق باید فضای قابل دسترس برای سیم پیچی ها در هسته بصورت مساوی بین اولیه و ثانویه تقسیم شود، یعنی سیم پیچی اولیه نصف فضای کل در دسترس برای سیم پیچی ها در هسته را اشغال کند و مجموعه سیم پیچی های ثانویه نیز همگی با هم نصف دیگر فضای در دسترس را اشغال نمایند. منظور از فضای سیم پیچی حجم قسمتی است که توسط سیم در هر سیم پیچی اشغال شده است. شکل های (۴-۱) و (۵-۱) این مطلب را توضیح می دهند.

در مواردی ممکن است برای طراحی مقدار رگولاسیون ولتاژ داده شده باشد و از طریق آن باید مقدار راندمان را برای شروع روند طراحی حدس زد. در مورد ارتباط بین رگولاسیون ولتاژ و راندمان می توان رابطه زیر را با تقریب مناسبی بیان کرد:

$$\%\,\mathrm{Re}\,gulation = 100\left(\frac{1}{\sqrt{\eta}} - 1\right) \quad \text{و} \quad (0 < \eta < 1) \qquad (۱-۲۵)$$

از رابطه بالا رابطه (۱-۲۶) بدست خواهد آمد:

$$\%\eta = 100\left(\frac{1}{\mathrm{Re}\,gulation + 1}\right)^2 \quad \text{و} \quad (0 < \mathrm{Re}\,gulation < 1) \qquad (۱-۲۶)$$

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل ۲- هسته در ترانفسورماتورها

در این فصل در مورد انواع هسته و نیز مواد مورد استفاده در هسته ترانسفورماتورهای امروزی مطالبی آورده شده است که با توجه به اهمیت انتخاب هسته در روند طراحی می تواند یکی از قسمتهای مهم این پروژه و نیز پروژه‌های مشابه باشد.

تا کنون ماده هسته به طور مکرر با عنوان آهن بیان می شد. در واقع بیشتر مواقع آهنی وجود ندارد ولی آهن هم می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

معمولاً ماده هسته آلیاژهایی در یک کلاس کاملاً کم آهن می باشد که شامل ۸۵٪ نیکل به علاوه مقدار کمی آهن و سایر مواد می باشد. ماده دیگری نیز وجود دارد که اصلاً فلز نمی باشد و در واقع یک نوع سرامیک می باشد.

معمولترین نوع هسته فولاد ترکیب شده با آهن با مقدار کمی از سایر مواد می باشد که سایر مواد به صورت قابل ملاحظه سیلیکون می باشد.

۲-۱- مشخصه‌های مواد هسته:

به طور معمول پنج مشخصه هسته باید در نظر گرفته شود:

۲-۱-۱- Permeability (μ):

پرمابیلیته توانایی هدایت فلو است و از نظر ریاضی برابر است با نسبت چگالی فلو (B) به نیروی مغناطیس کنندگی ایجاد کننده آن.

$$\mu = \frac{B}{H} \qquad (۲-۱)$$

وقتی که B برحسب H رسم گردد منحنی بدست آمده مغناطیس شوندگی یا منحنی اشباع یا به صورت ساده منحنی B-H نامیده می شود (شکل ۲-۱).

این منحنی B-H برای یک ماده نمونه است که قبلاً کاملاً مغناطیس زدایی شده است و سپس به تدریج در معرض افزایش تدریجی نیروی مغناطیسی کنندگی قرار گرفته و در هر لحظه چگالی فلو اندازه گیری شده است. شیب منحنی در هر نقطه داده شده پرمابیلیته در آن نقطه می باشد. زمانی که μ محاسبه شود

و برحسب B یا H رسم شود مشهود است که ثابت نیست. مقدار μ تغییر می کند و بنابراین مقدار آن در یک نقطه B یا H داده شده مشخص می شود (شکل ۲-۲).

μ در مقادیر کوچک H پرمابیلیته اولیه نامیده می شود. درجات معمولی مواد هسته از قبیل فولاد کم کربن و فولاد سیلیکون دار دارای μ اولیه کمی می‌باشد آلیاژهی زیادی از جمله انواع آهن نیکل دار در چندین دهه اخیر تلاش شده است برای اینکه μ اولیه آنها حتی به صورت نامحدود افزایش یابد.

یک اصطلاح دیگر که به صورت متناوب در طراحی ترانسفورماتور مواجه می شویم μ افزایشی است که بعضی وقتها μ ظاهری یا ac گفته می‌شود این μ زمانی است که یک نیروی مغناطیس کنندگی ac روی یک نیروی مغناطیس کنندگی dc گذاشته شود که یک وضعیت مشابه در بعضی انواع مدارهای الکترونیکی می باشد.

اثر این مقدار dc بردن آهن به نزدیک نقطه اشباع است و سپس برای ac این μ کاهش می یابد در چنین وضعیتی پرمابیلیته بهبود می یابد با در نظر گرفتن یک فاصله هوایی با اندازه بهینه در مدار مغناطیسی شکل ۳-۲ ، اثر تغییرات فاصله هوایی هسته را روی اندوکتانس سیم پیچی با هسته آهنی را نمایش می‌دهد. سه سطح dc جریان برای یک سطح ثابت نشان داده شده است.

۲-۱-۲- Saturation:

منحنی B-H به وضوح معنای اشباع را مشخص می کند. دیده می شود که بعد از یک مقدار مشخص H (نقطه c در شکل ۲-۱) افزایش کمی در مقدار B وجود دارد و آهن به شرایط اشباع می رسد. مواد مختلف در مقدارهای متفاوتی از چگالی فلو به اشباع می رسد باید توجه کنیم که در حالت اشباع پرمابیلیته باید خیلی کوچک یا صفر باشد، برای اینکه افزایش کمی در مقدار B و یا عدم افزایش آن به خاطر افزایش H وجود دارد. این به آن معنی است که هنگامی که آهن اشباع می شود اندوکتانس خیلی کوچک است.

به صورت معمول دقت می شود که آهن بالای نقطه اشباع نرود هر چند استثناهای مهمی وجود دارد که بعداً به آنها پرداخته می شود.

۲-۱-۳- Electrical Resistivity:

خطوط فلو سیم پیچی های ترانسفورماتور را قطع می کند، از داخل هسته نیز عبور می کند و در آن جریان های الکتریکی القا می کند این جریان های فوکو هسته را گرم می کنند و بنابراین توان تلف می کنند. اگر مقاومت الکتریکی هسته بالا باشد جریان ها کم است بنابراین مزایای مواد کم تلفات در مقاومت

الکتریکی بالای آنها است. این نوع تلفات همچنین با ساخت هسته از ورقه‌های نازک که از یکدیگر ایزوله شده اند، کم می شود.

Hysteresis :

Remanence -٤-١-٢

coercivity -٥-١-٢

وقتی که یک ماده که از قبل مغناطیس زدایی شده در معرض یک سیکل کامل مغناطیس کنندگی قرار گیرد و B برحسب H رسم شود شکل شبیه نتایج شکل ۴-۲ حاصل می شود. باید توجه کرد که شکل مانند شکل ۱-۲ یک منحنی B-H است، ولی تفاوت آن در این است که در شکل ۱-۲ ماده فقط سیکل را تجربه می کند در صورتیکه در شکل ۴-۲ در یک سیکل کامل قرار می گیرد که از نخستین ربع سیکل شروع می شود.

منحنی نشان می دهد که بعد از مغناطیس شدن اولیه (os) چگالی فلو همیشه نسبت به نیروی مغناطیسی عقب می افتد همچنین نشان می دهد که خاصیت مغناطیسی ماده نه تنها به نیروی مغناطیس کنندگی که اعمال می شود، بلکه همچنین به خاصیت مغناطیسی قبلی ماده نیز بستگی دارد.

حلقه هیسترزیس تلفات انرژی را در هسته نشان می دهد که یک نوع اصطکاک مغناطیسی است و علاوه بر تلفات فوکو می باشد. تولید کنندگان، کل تلفات هسته را در یکجا جمع می کنند و تحت عنوان تلفات آهن آن را بیان می‌کنند.

منحنی های تلفات برحسب وات بر پوند ماده هسته مشخص می شود. نکته جالب توجه در تمام این موارد این است که در عمل مغناطیس شدن هسته یک ترانسفورماتور در حال کار هیچ وقت منحنی B-H شکل ۱-۲ را دنبال نمی‌کند، فقط یک بار در تمام طول عمر ترانسفورماتور این اتفاق می افتد و موقعی است که در یک لحظه زودگذر هسته به طور کامل مغناطیس زدایی شده باشد و نیروی مغناطیسی برای اولین بار اعمال شود.

سطح حلقه هیسترزیس معیاری برای تلفات است.

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲-۲- انواع آلیاژها:

پنج گروه اصلی آلیاژهای مغناطیسی نرم که به صورت اولیه با ماده اصلی فلز تشکیل دهنده آن طبقه‌بندی می شوند:

۱) Low-Carbon Steel

۲) Silicon Steel

۳) Nickel-Iron (Permalloy)

۴) Cobalt-Nickel-Iron (Perminvar)

۵) Cobalt-Iron (Permendur)

که هر گروه انواع مختلفی با مشخصه‌های منحصر به فرد خود را دارا می‌باشند، که از نظر ترکیب حرارتی، الکتریکی و رفتارهای فیزیکی متفاوتند. هر تولید کننده برای مواد خود اسم تجارتی متمایزی دارد که در جدول ۱-۱ تعدادی از آنها آورده شده اند.

مرور کل جدول مشخص می کند که طراحان در جستجوی پرمابیلیته بالا هستند.

مهمترین مسأله در استفاده از جدول تلفات پایین و هزینه کم است.

WikiPower.ir

۲-۲-۱- Low-Carbon Steel

همچنین با نامهای Cold-rolled steel یا نام اختصاصی Hypertran که از ارزانترین و ساده‌ترین آلیاژها می باشد.

در مقایسه با سایر مواد هر چند تلفات نسبتاً بالایی دارد و پرمابیلیته پایینی دارد ولی برای اهداف ارزان قیمت انتخاب مناسبی می باشد.

۲-۲-۲- Silicon Steel:

جزء اولین و معمولترین آلیاژهایی است که در هسته ها استفاده می گردد، هرچند از زمان معرفی آن تاکنون خیلی بهبود یافته است. اساساً شامل آهن بوده با مقدار کم ولی کافی از سیلیکون حدود ۱٪ تا ۴٪ که باعث افزایش مقاومت الکتریکی و کم شدن تلفات فوکو می شود همچنین پایداری ماده را از نظر حفظ مشخصات ماده به مرور زمان باعث می شود.

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

این ماده نقطه اشباع بالا، پرمابیلیته خوب در چگالی فلوی بالا و تلفات متعادلی دارد. مهمترین عضو این گروه grain-oriented silicon می باشد. مواد grain-oriented silicon این مزیت را دارند که جهت‌یابی آسان مغناطیسی در طول لبه های کریستالهای مکعبی شکل که فلز از آنها تشکیل شده است. این ماده به صورت گسترده در انواع مختلف در ترانس های قدرت و همچنین در ترانسفورماتورهای Audio و موارد دیگر کاربرد دارد.

۲-۲-۳- Nickel-Iron (permalloy):

یکی از مهمترین آلیاژهایی است که غالب آن را ترکیب نیکل و آهن تشکیل می دهند ولی در مواردی مقداری مس و مولیبدنوم به این ترکیب اضافه می‌کنند. تلفات آن کم است و اشباع در این نوع در چگالی فلوی نسبتاً پایینی رخ می دهد. یکی از انواع این نوع آلیاژ با نام Super Square80 شناخته می‌شود، که این نامگذاری به علت شکل تقریباً مربعی حلقه هیسترزیس آن است.

۲-۲-۴- Cobalt-Nickel-Iron (perminvar):

در این نوع آلیاژ مقداری کبالت به نیکل و آهن اضافه می شود تا نسبتاً پرمابیلیته ثابت تری داشته باشد. این نوع آلیاژ دارای تلفات هیسترزیس خیلی کم در چگالیهای فلوی پایین است.

۲-۲-۵- Cobalt-Iron (permendur):

ترکیب کبالت و آهن بدون نیکل منجر به یک آلیاژ با خواص پرمابیلیته بالا در چگالی شار بالا می شود. همچنین یک پرمابیلیته افزایشی بالا دارد. به عبارت دیگر پرمابیلیته ac زیاد در حضور یک نیروی مغناطیس کنندگی dc زیاد. یکی از جدیدترین آلیاژها در این گروه از نوع خاص vanadium-cobalt-iron است که از تمام آلیاژها نقطه اشباع بالاتری دارد، ولی با وجود تلفات کم خیلی گران است.

۲-۳- فریت های نرم:

در حدود بیست و چند سال پیش یک ماده بصورت غیرمنتظره به ردیف جلوی مواد هسته آمده است. این ماده واقعاً یک فلز یا حتی یک محصول فلزی پودر شده در فرکانس های بالا نمی باشد. در واقع این

ماده سرامیک می‌باشد، که تمام مراحل معمول ساخت سرامیک را می گذراند. اما با سرامیک های معمولی این تفاوت را دارد که مغناطیسی است این نوع از سرامیک های مغناطیسی فریت نرم نامیده می شود.

از آنجایی که فریت ماده ای است که براحتی شکل می پذیرد به همین خاطر از نوارها و لایه های مغناطیسی به دلیل توانایی آن در بخود گرفتن شکلهای پیچیده پیشی می گیرد و محدودیت در اندازه را ندارد که باید تحت فشار زیاد ایجاد گردد. این مواد در شکلهای متعددی ظاهر می گردند. به صورت E و I شکل، میله ای و ستونی، بصورت حجمهای توخالی و به شکل چنبره ای. آنها می توانند همراه با مزایای ارایه انواع شکلها، حفاظت در برابر میدانهای بیگانه، کمترین مقدار ممکن میدانهای سرگردان، اندوکتانس نشتی کم و ... مزیت انعطاف پذیری در نصب و سوار کردن را نیز فراهم نمایند.

بیشتر خواننده ها حداقل با یک نوع از سرامیک های فریت آشنا هستند از آنجایی که آنتن رادیوهای ترانزیستوری که با باطری کار می کنند از آن تهیه شده است و همچنین در تلفن و کامپیوتر نیز خیلی کاربرد دارد. البته این ماده بهترین ماده برای کار در ناحیه فرکانس بالای طیف الکترومغناطیسی است. موقعی که از ترانسفورماتورهای قدرت صحبت می کنیم به ندرت به فریت ها فکر می کنیم برای اینکه ترانسفورماتورهای قدرت به صورت تجاری در فرکانسهای پایین کار می کنند که آلیاژهای آهنی ورقه ورقه بهترین هستند، اما خارج از آن ناحیه در ناحیه بالای فرکانس های صوتی ورقه‌های استاندارد نازکتر و نازکتر می شوند حتی تا 0.001 اینچ و کمتر بجای اینکه ترانسفورماتورهای قدرت را به ناحیه فرکانسهای بالا انتقال دهیم (قلمرو فریت‌ها).

البته این به آن معنی نیست که فریت ها کاملاً به ناحیه فرکانس پایین می‌آیند بلکه به آن معنی است که فریت ها طراحان را علاقمند می کنند به انواع خاصی از ترانسفورماتورهای قدرت که فرکانسهای آنها در محدوده بالای 20 کیلو هرتز است که اساساً به حجمهای کمتر و وزن کمتر می رسیم و همچنین فریت‌ها دارای کارکردی با هزینه کمتر می باشند. اینورترها و کانورترهای قدرت که ترانسفورماتورهای ورقه ورقه بکار می برند و در فرکانس های 60 تا 400 هرتز کار می کنند، اما اگر به محدوده بالای 2 کیلو هرتز و حتی بالاتر یعنی 10 کیلو هرتز و یا بالاتر برویم ورقه‌های مغناطیسی باید بهبود داده شوند و در همان حال این هسته ها خیلی گرانتر و اداره کردن آنها مشکل است. اما دقیقاً در آن فرکانس ها جایی که هسته های ورقه ورقه غیر عملی می شوند فریت ها یک نسبت کارکرد کم هزینه را تولید می کنند مقایسه کارکردها در جدول ۲-۲ و ۲-۳ توسط شرکت Indiana General نشان داده شده است که چرا فریت ها به محدوده فرکانس های پایین نمی رسند و چرا ورقه های آلیاژی در فرکانس های بالا مشکل دارند.

چرا فرکانس های بالا؟

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مزیت ویژه فرکانس های بالا در طراحی ترانسفورماتور چیست و به ویژه این موضوع چگونه به ترانسفورماتورهای قدرت مربوط می شوند. نخست اینکه در فرکانس های بالا ترانسفورماتور، خیلی کوچک و خیلی سبک می شوند یک نظر کوتاه به معادله اساسی اینورتر و کانورتر آشکار می کند که چرا فرکانسهای بالا؟

$$N = \frac{V \times 10^8}{4FfaB} \qquad (۲-۲)$$

حروف همان معانی را دارند به جز اینکه در اینجا F (form factor) مقدار یک را بخود می گیرد برای اینکه این مدارها اساساً با شکل موج مربعی کار می‌کنند. مسلماً مقدار N در فرکانس 20KHz خیلی کم خواهد بود تا فرکانس 60Hz . همچنین در فرکانس بالا سطح مقطع هسته a می تواند برای یک تعداد دور مشخص خیلی کوچک باشد.

یک دلیل دیگر برای بکار بردن فرکانس های بالاتر استفاده آن در مدارهای یکسوساز است. در فرکانس های بالا اجزای لغزنده مورد نیاز کوچکتر و سبکتر می شوند. اما هیچ چیز دقیق و کامل نیست، فریت های عمومی مانند آلیاژهای فلزی قابل دسترس نیستند. حجم فریت ها از منگنز – روی یا نیکل – اکسید روی تشکیل شده است. با تغییرات ترکیب ها و اضافه کردن درصدهای مختلف سایر مواد یک طیف وسیعی از فریت ها در جنبه های مختلف کاربردی به دست می آید. این فریت ها حساس به دما هستند و این واقعیتی است که حتماً باید هنگام بررسی آنها در نظر گرفته شود.

۲-٤- کارکردهای نسبی هسته ها:

گروه وسیعی و درجات متعددی از مواد هسته که خواص الکترومغناطیسی متشابهی دارند وجود دارد که کارکرد آنها نه تنها تحت تأثیر ترکیب آلیاژها قرار می گیرد و نیز رفتار آن در مراحل ساخت بلکه تحت تأثیر ضخامت لایه‌ها و ورقه‌ها که از آنها ساخته شده است قرار می گیرد شکل و ترکیب هسته که تحت آن هسته مونتاژ شده است و دقت و مهارتی که هسته تحت آن مونتاژ می‌گردد. فرکانسی که تحت آن هسته کار می کند، چگالی شار و حتی دما در کارکرد ترانس نقش بازی می کند. همه اینها منجر به محدوده وسیعی در کارکرد ترانسفورماتور در مواد مختلف می شود برای مثال در یک ترانسفورماتور قدرت، برای اینکه بطور موثر کار کند هسته سیلیکون آهن دانه دار جهت یافته ممکن است به همان خوبی هسته وانادیوم کبالت آهن کار کند، علیرغم اینکه هسته وانادیوم پتانسیل برتری دارد. در مقابل هسته فولاد نیکل ممکن است برای یک دسته شرایط مشخص μ بالاتری داشته باشد نسبت به هسته نیکل آهن به خاطر

اینکه هسته ممکن است با کیفیت پایین تری مونتاژ شده باشد یا همچنین به خاطر چگالی فلوی خیلی بالا.

هرچند باید به شرایط کار و کیفیت مونتاژ توجه کرد کارکرد نسبی هسته عمدتاً تحت تأثیر نوع ماده و شکل و فرمت اصلی آن قرار می گیرد این موضوع به روشنی در منحنی های شکل ۵-۲ روشن شده است که خواص منحنی‌های B-H و μ را با هم تلفیق می کند. منحنی ها برای انواع هسته های (toroids) tape-wound که از انواع ماده های لیست شده در جدول ۱-۲ ساخته شده است رسم شده اند.

هسته های tape-wound منجر به یک مسیر مغناطیسی کامل می گردند که تمام عیب های مکانیکی را حذف می کنند که در انواع دیگر وجود دارد و فاصله هوایی معادل را به یک مقدار کاملاً مینیمم کاهش می دهد.

۲-۵- تلفات آهن:

توان تلف شده در هسته در اثر جریان های فوکو و هیسترزیس به صورت گرما در هسته اتلاف می گردد. از آنجایی که این انرژی از بین می رود باید توسط منبع انرژی تأمین گردد این اتلاف به صورت اتلاف جریان در اولیه خودش را آشکار می سازد. تلفات آهن بعضی مواقع به نام تلفات بی‌باری نیز معرفی می گردد بنابراین دامنه آن به بار بستگی ندارد هر چند مقداری تلفات بی‌باری در مس سیم پیچی اولیه در اثر اتلاف جریان وجود دارد ولی این معمولاً آنقدر کوچک است که ما آن را قابل صرفنظر کردن در نظر می گیریم.

۲-۵-۱- پیدا کردن تلفات از روی منحنی ها:

منحنی های مفیدی که در شکل ۶-۲ نشان داده شده است اثرات را روی هسته براساس چگالی شار و فرکانس در آلیاژهای مختلف و در ورقه های با ضخامت 0.002 و 0.004 اینچ نشان می دهد تلفات برحسب وات بر پوند وزن هسته در مقابل چگالی شار رسم می شود. بنابراین چگالی شاری که هسته باید در آن کار کند و وزن هسته مشخص باشد، تلفات وات براحتی تعیین می گردد.

توجه کنید که تلفات با افزایش چگالی فلو و فرکانس افزایش می یابد بنابراین بدیهی است با افزایش یکی یا هر دوی این کمیتها منجر به کاهش در تعداد دورهای مورد نیاز در یک ترانسفورماتور می شویم (همانطور که در معادله اساسی دیده می شود)

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

همچنین این تلفات می تواند براساس جریان تلف شده در اولیه بیان گردد:

$$I_{RO} = \frac{Wt \times W/lb}{V_{in}} \qquad (۲-۳)$$

I_{RO} : جریان تلف شده بر حسب آمپر

Wt : وزن هسته برحسب پوند

W/lb : تلفات برحسب وات بر پوند

V_{in} : ولتاژ سیم پیچی اولیه

علیرغم اینکه در طراحی ترانسفورماتورهای قدرت کار کردن در یک چگالی فلوی بالا تا حد ممکن زیر زانوی منحنی B-H یک مزیت محسوب می شود. بالای این نقطه تلفات مناسب نقطه همچنین از اعوجاج شکل موج خروجی جلوگیری می کند که در بعضی از اجزا می تواند خیلی مهم باشد.

توجه کنید که برای یک چگالی فلوی مشخص، فرکانس و ضخامت ورقه‌ها تلفات آهنی در هر کلاس آلیاژ داده شده وابسته به درجه ماده به صورت گسترده تغییر می کند. برای مثال در 15000 گاوس و فرکانس 60 هرتز، یک آهن – سیلیکون با درجه بالا تنها ممکن است تلفاتی به اندازه $0.65\frac{W}{lb}$ داشته باشد و از درجات بالا تا درجات پایین در حد 2 یا 3 وات بر پوند تغییرات داشته باشد.

اگر دقت بالا مورد نیاز باشد بنابراین لازم است شکل های سازنده را بکار بگیریم اگر تلفات مشخص نباشد حدود 1.5 وات بر پوند به اندازه کافی خوب خواهد بود.

برای آهن – سیلیکون در 14000 گاوس در یک هسته c شکل در یک ترانسفورماتور قدرت که محتملاً از آهن – سیلیکون جهت‌دار ساخته شده است چیزی در حدود 1 وات بر پوند در 14000 گاوس می تواند منطقی باشد.

۲-۵-۲- محاسبات تلفات بدون منحنی ها:

تلفات آهن تقریباً مناسب است با مجذور چگالی شار. از تلفات بر پوند داده شده برای یک ماده مشخص در یک چگالی شار و فرکانس مشخص یک k ثابت بدست می آید.

$$k = \frac{W/lb}{B^2} \qquad (۲-۴)$$

W/lb : تلفات وات بر پوند

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

B : چگالی شار مغناطیسی (gauss)

با k ثابت بدست آمده، تلفات بر پوند، اکنون می تواند برای هر مقدار چگالی شار در همان فرکانس محاسبه شود. البته باید چگالی شار در زیر زانوی منحنی باشد، بنابراین:

$$W/lb = kB^2 \quad (۲-۵)$$

همانطور که قبلاً اشاره شد تلفات با افزایش چگالی شار و فرکانس افزایش می‌یابد در محدوده وسیعی از ترانسفورماتور مانند اجزای صوتی هر چند تلفات آهن با تغییرات فرکانس در محدوده بالای 2500 هرتز ثابت باقی می‌مانند علت آن می تواند با مراجعه مجدد به معادله اساسی ترانسفورماتور دیده شود (رابطه ۶-۱). هر چقدر فرکانس افزایش یابد چگالی فلو کم می شود بنابراین تمایل به افزایش تلفات در اثر افزایش خنثی می شود در نتیجه چگالی شار کم می شود.

همچنین توجه کنید به اینکه از آنجایی که چگالی شار با ولتاژ V متناسب است، با استفاده از رابطه ۵-۲ ، تلفات باید تقریباً با ضریب c با مجذور ولتاژ اعمال شده با رابطه ۶-۲ ارتباط داشته باشد:

$$W/lb = cV^2 \quad (۲-۶)$$

منحنی‌های تلفات برای یک درجه معمول سیلیکون – استیل مانند آنهایی که در رادیو و ترانسفورماتورهای TV بکار می روند در شکل ۷-۲ و برای هسته c شکل سیلیکون – استیل جهت دار (دانه دار) با دو ضخامت ورقه در شکل ۸-۲ نشان داده شده است.

۲-۶- تلفات ظاهری:

به منظور ایجاد میدان مغناطیسی در هسته تأمین یک جریان مغناطیس کنندگی در سیم پیچی اولیه ضروری می باشد دامنه جریان مغناطیس کنندگی تحت تأثیر راکتانس سیم پیچی اولیه قرار می گیرد این راکتاس البته بستگی به اندوکتانس و فرکانس دارد اندوکتانس نیز بستگی به پرمابیلیته هسته در چگالی فلوی داده شده و فرکانس مشخص دارد.

همین که چگالی شار به اشباع افزایش داده می شود μ افت می کند و جریان مغناطیس کنندگی بیشتر از حالت متناسب بودن با افزایش چگالی شار افزایش می یابد از آنجایی که چگالی شار با ولتاژ متناسب است ترسیم جریان مغناطیس کنندگی در مقابل ولتاژ همان شکل منحنی B-H را دارد.

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

روابط بین جریان مغناطیس کنندگی و چگالی شار می تواند برحسب ولت آمپر بر پوند ماده هسته مشابه با وات بر پوند که در تلفات حقیقی هسته بکار برده شده بیان گردد. مثالهایی از این نمودارها در شکل ۹-۲ داده شده است همه این منحنی ها برای یک نوع ماده Microsil می باشد و برای ورقه‌های باضخامت ها و فرکانس های متفاوت می باشد. تأثیر فاصله هوایی در هسته در منحنی ها وارد نشده است.

۲-۶-۱- تلفات حقیقی در مقابل تلفات ظاهری:

اگرچه منحنی های تلفات ظاهری همانند منحنی های تلفات حقیقی به نظر می‌رسد ولی مهم است که این دو با یکدیگر اشتباه نشوند همانطور که می دانیم وات و ولت آمپر با هم یکسان نمی باشند.

۲-۷- تصحیح برای فاصله هوایی:

این منحنی ها همانطور که نشان می دهند برای هسته های toroid می باشند که تقریباً بدون فاصله هوایی هستند انواع دیگر به علت نقص در مونتاژ دارای فاصله هوایی هستند. در بعضی موارد فاصله هوایی از روی عمد در هسته وارد می شود همانطور که قبلاً بحث شد حتی یک فاصله هوایی کوچک شدیداً μ موثر را کاهش می دهد و متعاقباً اندوکتانس و جریان تحریک (مغناطیس کنندگی) را افزایش می دهد.

معادله زیر در رابطه با منحنی ها بکار برده می شود که یک ضریب تصحیح برای فاصله هوایی که در هسته وجود دارد، استفاده می شود:

$$I_M = \frac{Wt \times VA/lb}{V_{in}} + \frac{1.43Bgs}{N} \qquad (۲-۷)$$

Wt : وزن هسته برحسب پوند

VA/lb : ولت آمپر بر پوند که از منحنی ها بدست می آید

V_{in} : ولتاژ در اولیه بر حسب ولت

Stacking factor : s

N : تعداد دورها در سیم پیچی اولیه

I_M : جریان مغناطیس کنندگی بر حسب آمپر

g : فاصله هوایی برحسب inch

۲-۸- جریان بی باری نهایی:

جریان تلفات و جریان مغناطیس کنندگی با هم جریان بی‌باری نهایی را تشکیل می دهند جریان تلفات یک جزء قدرت از جریان نهایی می باشد در صورتیکه جریان مغناطیس کنندگی این طور نیست به عبارت دیگر دو جزء هم فاز نمی باشند. بنابراین ضروری است که این دو جزء به صورت برداری جمع گردد نه به صورت جبری. بنابراین رابطه ۸-۲ بدست می آید:

$$I_o = \sqrt{I_M^2 + I_L^2} \qquad (۲-۸)$$

I_o: جریان بی باری نهایی

I_L : جریان تلفات

I_M : جریان مغناطیس کنندگی

۲-۹- پیکربندی و ایجاد تناسب:

۲-۹-۱- ورقه های (stampings) :

البته معمولترین روش مونتاژ هسته از ورقه های نازک و شکلهای صاف هست که به هم منگنه می شوند یا توسط کلاف های فلزی به هم پرس می‌شوند دو تا stamp برای تشکیل یک ورقه کامل به کار برده می شود که شکل عمومی نشان داده شده در شکل ۲-۱۰ را دارند. شکل ۲-۱۱ چند تا از ترکیب های شکلهای به کار برده شده را نشان می دهد. برای مثال شکل c شکل رایج انواع EI می باشد. علت این ترکیب البته این است که به کلاف‌ها اجازه داده شود تا به صورت مجزا از هسته سیم پیچی شوند و سپس به داخل آن مونتاژ گردد.

همانطور که مشاهده می گردد هر لایه سه تا Break در خود دارد در نقاط A , B,C مهم است که در رابطه با این موضوع به دو واقعیت توجه کنیم اول اینکه Break ها در حقیقت در مدار مغناطیسی فاصله هوایی هستند که هیچ وقت نمی توانند حذف شوند در بسیاری از ساختارها لبه های فلزها با یکدیگر جفت می شوند. در این نقاط اما در اثر نقص ها و برآمدگی ها در لبه های جفت شده یک فاصله هوایی همیشه باقی می ماند با یک مونتاژ با دقت زیاد برای ورقه های استاندارد این مقدار در حد متعادل، شاید 0.003 اینچ و حتی کمتر نگه داشته می شود. برای هسته های نوع c که خصوصاً سطح های جفت شده تمام شده ای دارند این اثر کاملاً به نظر نمی رسد. اما به این ترتیب فاصله های هوایی کاملاً اثبات شده است. دومین

نکته آن است که فاصله هوایی معادل نهایی در مدار مغناطیسی دو برابر فاصله Break ها است. این موضوع در شکل ۲-۱۲ نشان داده شده است.

طول مدار مغناطیسی طول 1 می باشد، که فقط دور یک پنجره را در نظر می گیرند. در این فاصله مسلماً دو تا شکاف سری با هم وجود دارد، یکی در نقطه A و دیگری در نقطه B یا در B و C . فاصله نهایی مجموع دو شکاف می باشد. همانطور که می بینیم یک فاصله هوایی می تواند به عنوان یک اثر خوب باشد هنگامی که سیم پیچی ها جریان bc حمل می کنند ولی در جریان های ac ، باید به عنوان چیزی نفرت انگیز در نظر گرفته شود که باید در حد کاملاً مینیمم کاهش پیدا کند. یک روش برای کاهش اثر فاصله هوایی این است که ورقه ها در یک ترتیب متناوب همانند شکل ۲-۱۳ مونتاژ کنیم در آن صورت هر Break به صورت مغناطیسی توسط ورقه های قبلی و بعدی shunt می شود.

به این نکته مهم که هر ورقه از نظر الکتریکی از همسایه های خود توسط پوشش با یک نوع ایزوله می شود توجه کنید. اغلب این یک لایه اکسید است، که در طی فرایند گرمایی آهن شکل می گیرد، و هدف آن کاهش تلفات جریان‌های فوکو در هسته است. از آنجایی که این نوع تلفات با افزایش فرکانس افزایش می یابد در فرکانس های بالا این ورقه ها بسیار نازک و تا حد 0.005 اینچ ساخته می شوند.

همانطور که تصور می گردد فلزهای به این نازکی نیاز به دقت زیاد در اداره کردن دارند، در فرکانس های استاندارد قدرت ورقه ها در محدوده 0.014 اینچ یا ضخیمتر ساخته می شوند.

WikiPower.ir

۲-۱۰- اشکال و تناسبات:

شکلی که تا اینجا توضیح داده شد نوع آشنای زرهی یا shell بود.

شکل نوع «هسته‌ای» که در شکل ۲-۱۴ روشن شده است این عیب را دارد که اندوکتانس نشتی آن بالا است. اما برای بعضی از کاربردها مزایایی دارد یک مزیت مهم آن است که سیم پیچی های اولیه و ثانویه به صورت مجزا از هم با قرار دادن هر کدام در یک بازوی مختلف قرار می گیرند.

از شکل ۲-۱۰ دقت کنید، که در نوع shell بازوی مرکزی عریض تر از بازوهای بیرونی است، در حقیقت معمولاً دو برابر عریض تر است. علت آن است که تمام فلو توسط بازوی مرکزی حمل می شود اما فقط نصف آن مقدار کلی در هر کدام از بازوهای کناری جریان می یابد. به عبارت دیگر بازوی مرکزی حمل کننده اصلی فلو می باشد فلو به دو قسمت چپ و راست در مدار مغناطیسی تقسیم می شود اگر می خواهید این را اثبات کنید یک سیم پیچی کوچک حول بازوی کناری بپیچید و ولتاژ داخل کلاف را اندازه بگیرید

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

دیده می شود ولتاژ بر دور نصف حالتی خواهد بود که در بازوی مرکزی پیچیده شود. به این علت که فقط با نصف فلو درگیر می شود. در شکل های core در تمام هسته عرض یکسان است از آنجایی که در تمام هسته فلو یکسان است (توجه کنید که بازوهای ترانسفورماتورهای سه فاز نوع shell معمولاً هم عرض هستند.)

تمام ترانسفورماتورهای با هسته آهنی ترانسفورماتورهای قدرت نیستند و نسبت هایی که برای ترانسفورماتورهای قدرت مناسب است الزاماً برای اهداف دیگر بهترین نیستند. در طراحی سلفها مانند smoothing chokes یا در طراحی بعضی انواع ترانسفورماتورهای audio بسیاری از شکلهای رایج ورقه ها منجر به طراحی های پرحجم و پرتلفات می شود. اما این موضوع بیشتر مربوط است به طراحان حرفه ای، که هرچه را که دوست داشته باشند انجام می دهند.

از نقطه دید طراحان بیشتر شکلها برای بیشتر اهداف می تواند بکار برده شود. ورقه های ترانس های قدرت قابل تبدیل به سلفها و همچنین برعکس می باشند. حتی اگر طراحی خیلی موثر نباشد این مورد کاملاً کافی خواهد بود. بی اغراق صدها اندازه و شکل دسترس وجود دارد و انتخاب یکی از آنها توسط فرمول که برای یک کار داده شده مناسب باشد، ممکن نیست طراحی بر اساس روشهای آزمون و خطا می باشد.

همچنین بکار بردن اشکال فرضی و اندازه ها در کاغذهای طراحی بی‌استفاده خواهد بود، مگر اینکه ورقه ها موجود باشند همچنین بکار بردن یک کاتولوگ استاندارد مدل به عنوان طراحی پایه تا زمانی که مطمئن باشی بدست می آید، غیرقابل احساس است طراحی شما باید براساس هسته ای باشد که واقعاً در دست شماست یا چیزی که مطمئن هستید آنرا بدست می‌آورید. مسلماً همیشه ممکن نیست نتایج بهینه را بدست آورد. چه حرفه‌ای باشید یا آماتور مصالحه همیشه تا اندازه ای نیاز است اما معمولاً انتخاب وسیعی از شکلهای دسترس وجود دارد حتی برای آماتورها که هدف اصلی آنها انتخاب ماده می باشد.

بخاطر داشته باشید که بعضی از شکلها به نظر می رسند که نسبت به بقیه بیشتر دلخواه باشند.

جدول ۴-۲ تعدادی از نسبت های تقریباً مفید را نشان می دهد ابعاد برحسب ابعاد ذکر شده در شکل ۱۵-۲ داده شده است. در صورتی که شکل ۱۵-۲ به صورت یک مرجع عمومی برای جدول ۴-۲ مورد توجه قرار می‌گیرد که در حقیقت بر اساس خط ۱ جدول نسبت بندی شده است این شکل یک خاصیت ویژه دارد که نه تنها مفید است بلکه بعضی وقتها ارزانتر نیز است به علت تلفات کمتر آن که در کارخانه ساخته شود نسبت به بقیه اشکال.

بنابراین این شکل طراحی بدون اتلاف خوانده می شود و علت این نام‌گذاری در شکل ۲-۱۶ نشان داده شده است. همانطور که در اینجا دیده می شود، تکه هایی که از فضاهای پنجره ها خارج می گردند دقیقاً به همان اندازه ای هستند که تکه های I را بسازند، از آنجایی که دو تا I خارج می‌شود برای هر دو تا E اتلاف کاهش پیدا می کند.

پنجره تقریباً باریک است بنابراین این هسته برای اندازه های بزرگتر بهتر مورد استفاده قرار می گیرد. در آنجا ضخامت بو بین کلاف بیشتر فضای سیم پیچی را نمی گیرد، این طراحی معمولاً برای ترانسفورماتورهای قدرت و اجزای صوتی بزرگ، یک انتخاب مناسب است.

تناسبات ضرایب در سطر ۴ از جدول ۲-۴ معمولاً در اندازه های کوچک برای تطبیق امپدانس همانند ترانسفورماتورهای کوپلینگ و تمامی این شکلها عموماً برای سلفها بکار برده می شوند.

۲-۱۰-۱-۱- Cut Core ها:

نوع cut (بعضی موقعها نوع c نامیده می شود) در شکل ۲-۱۷ نشان داده شده است این از هسته نوار فلزی پیوسته پیچیده شده و سپس تبدیل به یک ماده جامد یکنواخت و بعداً بریده شده به دو قسمت است. سطح‌های بریده شده خصوصاً صاف می گردند، تا به یک اتصال کاملاً دقیق با کمترین فاصله هوایی در سطح های بریده شده هنگامی که به هم محکم می‌شوند.

ابعاد فاصله هوایی ادعا می شود که در حد 0.001 اینچ باشد، برای سطح مقطع بزرگتر از 2.25 اینچ مربع و یا هنگامی که ابعاد E ، در شکل ۲-۱۷ کمتر از 1 اینچ باشد و همچنین 0.002 اینچ برآورد می شود، برای سطح مقطع های بزرگتر از 2.25 اینچ مربع و یا E بزرگتر از 1 اینچ.

همانند ورقه های قراردادی کلاف ها جداگانه سیم پیچی می شوند و سپس روی هسته مونتاژ می گردند دو تکه هسته سپس به هم محکم می‌گردند ابتدا یک ترکیب c شکل و سپس دو تا از آنها همانند ۲-۱۸ یک ترکیب زرهی تشکیل می دهند. اشکال toroid نیز همانند شکل ۲-۱۹ تولید می گردند.

در این نوع هسته ها، اساساً برای بکار گرفتن مزایای برتر سیلیکون – استیل دانه دار جهت یافته اندیشه شده است، اما آلیاژهای دیگر نیز اکنون به همین روش تولید می گردند. از نقطه نظر طراح روشها و معادلات برای انواع هسته ها یکسان می باشد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲-۱۰-۲- Uncut Core ها:

کلمه toroid شکلی همانند شکل نشان داده شده در شکل ۲-۱۹ را توصیف می کند هرچند toroid های زیادی وجود دارد. toroid های با نیروی مغناطیسی در اینجا بحث می شود این نیرو از ماده ای که تنها برای ساخت toroid بکار می رود ناشی نمی شود.

toroid ها ممکن است دقیقاً از همان ماده ای که برای ساخت ورقه های هسته های نوع c بکار می رود، ساخته شود.

همانند Cut Core ها، toroid ها از نوارهای فلزی پیچیده شده درست می شوند و این آسانترین جهت مغناطیس شوندگی را موجب می شود که به toroid همان مزیت ورقه های Cut Cores را می دهد. میدان مغناطیسی toroid تقریباً به صورت کامل در داخل toroid باقی می ماند.

اندوکتانس نشتی و ظرفیت خازنی سرگردان بسیار کوچک هستند. توجه کنید که هنگامی که toroid در داخل یک میدان مغناطیسی متداخلی قرار می‌گیرد نیروهای تداخلی منجر می شوند به اینکه به طور مساوری اطراف toroid عمل کنند، که باعث از بین رفتن ولتاژهای تداخلی می گردند. این نکات در شکل ۲-۲۰ نشان داده شده است.

Cut Core های به شکل toroid نیز بیشتر این مزایا را دارند اما نکته بسیار مثبت برای toroid ها (از این به بعد را برای توصیف یک ترکیب بکار می بریم) این است که آن بریده شده نیست.

هیچ فاصله هوایی در مدار مغناطیسی وجود ندارد و بنابراین مقدار اندکی استهلاک خاصیت مغناطیسی در ماده آلیاژی مورد استفاده وجود دارد. این موضوع قبلاً توضیح داده شد.

این هسته ها از فلز ایزوله شده نواری پیچیده شده ای ساخته شده است، تحت فشار کاملاً کنترل شده و سپس آهسته سرد شده اند، تا خاصیت مغناطیسی مورد نیاز را کاملاً گسترش بدهند بر خلاف سایر انواع هسته ها خاصیت toroid ها هرگز بستگی به طریقه مونتاژ هسته ها ندارد.

آن ها برای نتایج بهینه در کارخانه مونتاژ می گردند هسته نهایی سپس داخل پلاستیک یا آلومینیوم برای محافظت آن از تنش سیم پیچی ها و سایر نیروهای خارجی به صورت دایمی قرار می گیرد. یک ماده میرا کننده بین هسته و case برای محافظت بیشتر مقابل ضربه و لغزش پر می شود (شکل ۲-۲۱ را ببینید.)

البته در تمامی این موارد یک مانع وجود دارد از آنجایی که هسته یک حلقه بریده نشده است، چگونه سیم پیچی ها روی آن قرار می گیرند اینکه همانند سایر انواع هسته ها جداگانه سیم پیچی شوند و سپس روی هسته مونتاژ گردند امکان ندارد، سیم پیچی باید مستقیماً به روی هسته مونتاژ گردد. به خاطر اهداف تجاری اینکار به ماشینهای طراحی شده ویژه ای نیاز دارد. اما این باعث نمی شود که طراح آنها را در نظر نگیرد در بسیاری از کاربردها تعداد دورهای مورد نیاز خیلی کم است که سیم پیچی با دست مشکل خاصی ایجاد نمی کند.

هسته های tape wound در تمامی کاربردها بکار می روند. مشترک با سایر انواع هسته ها ترانسفورماتورهای قدرت، ترانسفورماتورهای جریان، ترانسفورماتورهای خروجی، ترانسفورماتورهای هسته اشباع. اما بخاطر هزینه زیاد آنها معمولاً به شرایط کارکرد بالای تقاضا محدود می شوند به همین خاطر آلیاژهایی که در آنها مورد استفاده قرار می گیرد از انواع کارکردهای خوب هستند. اساساً معیار طراحی در بکار بردن هسته های tape wound تفاوتی با بقیه انواع ندارد.

۲-۱۰-۳- فریت ها (هسته های سرامیکی شکل یافته):

فریت ها در شکل های گوناگون در رابطه با ورق های آهنی تجاری و نوارها، علاوه بر آنها تعداد زیادی نیز می باشند. اگر شما باید شکلی را داشته باشید که استاندارد تولید کننده ها نیست و شما به اندازه کافی پول داشته باشید شما می توانید داشته باشید. این یکی از مزایای بکار بردن فریت ها است.

علاقه ما بیشتر به کاربردهای قدرت در فرکانسهای پایین و همچنین کاربردهای فلوهای بسیار بالا می باشد. شکل های رایج فریت ها از نظر تجاری U و E و I و همچنین toroid ها هستند.

به علاوه دو شکل منحصر به فرد شکل های pot و cross cores . یک نمونه ازدیتا شیت های تولید کننده برای دو شکل pot در شکل ۲۲-۲ داده شده است. این صفحه شکلهای هسته و طرح کامل دیتا که توسط شرکت Indiana General تهیه شده است را روشن می کند. توجه کنید شکلی که در نیمه راست صفحه نمایش داده شده است دقیقاً نصف هسته است.

دو تا از این قطعه ها همچنانکه در شکل سمت چپ صفحه نشان داده شده است، کنار هم قرار می گیرند تا هسته کامل را تشکیل دهند. همانند هسته های آهنی toroid های فریتی از آنجایی که هیچ شکافی در مدار مغناطیسی ندارند ماکزیمم کارکرد را ارایه می دهند و همانند سایر هسته‌های همگن (مثل هسته های آهن tape wound به عنوان یک وجه تمایز با ورقه ها که توسط استفاده کننده ها مونتاژ می گردد) تولید کننده می تواند خواص مغناطیسی هسته را گارانتی کند.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نمو گراف ها برای هر طرح و اندازه‌ای تهیه شده اند که اجازه می دهند یک طرح نهایی بدست آید.

به غیاب کلماتی مانند چگالی شار، اورستد، گاوس و ... توجه کنید. این به آن دلیل نیست که فریت ها از قانونهای مغناطیسی منحصر به فردی تبعیت می کنند. در اینجا واحدهای دیگری بجای موارد قبلی استفاده شده است.

حاصلضرب Wa :

نوع هسته هرچه که در نظر گرفته شود یک گام بسیار مهم در طراحی یافتن شکلی برای سطح مقطع می باشد. این مقدار همراه با فرکانس f و چگالی شار B و ولتاژ V در معادله اساسی ترانسفورماتور وارد می شود که محاسبه N برای هر سیم پیچ را ممکن سازد.

با N ثابت و مقدار مناسب اندازه سیم، که بر اساس جریانی که باید حمل کند انتخاب می شود، حالا ضروری است که یک مقدار مناسب برای سطح پنجره هسته که نیاز است برای تطبیق کردن سیم پیچی ها در نظر گرفته شود. اینها در نهایت برای طراحی مناسب منجر می شود به انتخاب هسته که هر دو مساحت سطح مقطع a و پنجره هسته W را داشته باشد می گردد. راحت می شود دید که، معادله ۶-۱ به ازای هر مقداری برای a ارضا می‌شود بنابراین باید برای N باید تنظیم شود به عبارت دیگر افزایش در سطح مقطع هسته منجر به کاهش در تعداد دورهای مورد نیاز می شود و برعکس.

بنابراین اگر تمام فاکتورها ثابت نگه داشته شوند همچنین اندازه سیمها، اندازه پنجره هسته باید به صورت معکوس با تغییرات سطح مقطع هسته تغییر کند. کاهش در سطح مقطع هسته یعنی افزایش در اندازه پنجره موردنیاز و برعکس.

همانطور که از قبل دیده می شد که در معادله ظرفیت توان Wa product به صورت مستقیم متناسب است با ظرفیت توان ترانسفورماتور، برای راحتی دوباره در پایین تکرار می گردد:

$$Wa = \frac{17.26sP}{fB} \qquad (۲-۹)$$

اگرچه W a برای مقادیر داده شده f ، s ، P و B ثابت است، تعداد بی‌نهایت مقادیر می توان به صورت منحصر به فرد به W و a نسبت داد به طوری که رابطه مناسب بین آنها نگه داشته شود.

دیده می شود که بنابراین Wa Product فقط هنگامی مفید خواهد بود که راههایی برای تأسیس یکی از مقدارهای a یا W وجود داشته باشد بنابراین با مشخص بودن Wa و یکی از مقدارها، دیگری می تواند تعیین گردد. اما چگونه این معما حل می گردد؟ اگر طراح انتظار داشته باشد که یکی از هسته‌های ساخته

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شده کارخانه را tape-wound یا Cut Cores بکار برد، Wa برای هر هسته ای معمولاً در کاتالوگ داده می شود و یا اگر یک هسته در دسترس در نظر گرفته شود Wa می تواند مستقیماً اندازه گیری شود و تصمیمات به صورت مناسب بلافاصله گرفته شود.

در مورد ورقه ها که طراح باید آنها را همراه با هم stack کند، شرایط کمی راحت است مسأله در اینجا انتخاب یک اندازه است که تا هنگامی روی هم انباشته شود تا زمانی که ضخامت مورد نیاز است، برای Wa به صورت نسبت مناسب بین قسمتها تأمین شود. همچنین باید در نظر گرفته شود که فاکتورهایی مانند چگالی شار، چگالی جریان حقیقتاً ثابت نیستند و می‌توانند در مرحله طراحی تنظیم شوند تا طراحی را برای هسته مناسب بکنند. برای مثال یک هسته خیلی کوچک می تواند قابل قبول باشد اگر سیم پیچی ها خیلی کوچک انتخاب گردد یا چگالی شار افزایش داده شود برای کاهش تعداد دورهای موردنیاز.

۲-۱۱- استفاده فضای پنجره:

با اینکه معادله ظرفیت توان یک وسیله مفید برای انتخاب هسته می باشد، ولی برای ترانس های کاملاً کوچک نسبت به اندازه های بزرگتر خیلی بی‌دقت می باشد. به این علت که استفاده فضای پنجره عموماً برای ترانسفورماتورهای کوچک خیلی کم موثر می باشد به عبارت دیگر بو بین و عایق بندی و حاشیه های لایه ای منجر به این می شود که درصد بیشتر فضای موجود سیم پیچی گرفته می شود بنابراین درصد کمی از فضا برای مس باقی می ماند.

۲-۱۲- محاسبات ابعاد هسته:

زمانی که یک هسته در دسترس می باشد ولی محاسبات و ابعاد کارخانه موجود نمی باشد اینکه اندازه ها را از روی خود ماده به دست آورد یک کار ساده می باشد. با یک طرح تقریبی شروع کنید و اندازه های اساسی را وارد کنید و هر واحدی که برای کار راحت می باشد انتخاب کنید سپس مراحل را طبق گفته های زیر ادامه دهید.

۲-۱۲-۱- Stampi ng and Cut Cores :

طول مسیر مغناطیسی متوسط: طول مسیر مغناطیسی به عنوان یک گام در پیدا کردن حجم و وزن هسته به منظور پیدا کردن تلفات هسته و همچنین برای محاسبه اندوکتانس است.

در اشکال shell type شکل ۲-۲۳ مسیر مغناطیسی متوسط توسط خطوط بریده نشان داده شده است. توجه کنید که این مسیر فاصله دور یک پنجره می باشد. در موردهای معمولی شاخه مرکزی دو برابر شاخه های کناری از لحاظ عرض می باشد بنابراین طول مسیر مغناطیسی متوسط طبق شکل عبارت است از:

$$L = 2G + 2F + 4E \qquad (۲-۱۰)$$

همچنین این رابطه برای هسته های c که در شکل ۲-۲۴ نشان داده شده است نیز صحیح می باشد بعضی مواقع گوشه ها گرد فرض می شوند همچنانکه در شکل ۲-۲۵ نشان داده شده است و هر گوشه یک چهارم یک دایره را تشکیل می دهند بنابراین طول مسیر مغناطیسی عبارت است از:

$$L = 2G + 2F + \pi E \qquad (۲-۱۱)$$

در اشکال toroid (شکل ۲-۲۶) متوسط مسیر مغناطیسی یک دایره می‌باشد با قطر $\left(\frac{D+d}{2}\right)$ بنابراین طول متوسط مسیر مغناطیسی برابر می‌شود با:

$$L = \pi\left(\frac{D+d}{2}\right) \qquad (۲-۱۲)$$

سطح مقطع (Area) : سطح مقطع یک هسته با سطح هاشور خورده در شکل ۲-۲۷ مشخص می گردد مساحت با $D \times E$ نشان داده می شود هرچند در هسته های ورقه ورقه (شامل تمامی انواع بجز انواع قالب یافته) ورقه‌ها هیچ وقت نمی توانند به صورت کامل به هم بچسبند به خاطر نقص‌ها و ضخامت عایق های روی آنها سطح مقطع واقعی آهن شامل مساحت $D \times E$ معمولاً مقداری بین 0.85 تا 0.95 برابر $D \times E$ می باشد به عبارت دیگر برای تعیین مساحت دقیق سطح مقطع هسته $D \times E$ باید در stacking factor (s) ضرب گردد. بنابراین در معادلات مانند معادله اساسی ولتاژ ترانسفورماتور و معادله ظرفیت توان فاکتور a باید در حقیقت $s(D \times E)$ باشد. اما برای محاسبه اندازه فیزیکی $D \times E$ باید بکار برده شود.

اندازه واقعی s بستگی دارد به تعدادی از فاکتورها و توسط فروشنده ها برای ماده های خودشان تعیین می گردند. مقداری در حدود 0.9 برای بسیاری از اهداف مناسب می باشد.

مساحت پنجره هسته: یکی از ابعاد مهم که همراه با سایر پارامترها مانند سطح مقطع هسته، معادله قابلیت توان ترانسفورماتور را تشکیل می دهد برای اشکال ۲-۲۳ و ۲-۲۴ توسط معادله زیر:

$$W = G \times F \qquad (۲-۱۳)$$

و برای toroid ها در اشکال ۲-۲۶ عبارت است از:

$$W = 0.785d^2 \qquad (۲-۱۴)$$

که d قطر داخلی پنجره می باشد ابعاد مساحت ها معمولاً بر حسب cm^2 یا $inch^2$ بیان می گردند اما برای toroid ها، CM مکرراً مورد استفاده می‌گردد.

حجم: حجم هسته، V ، از ضرب سطح مقطع (a) در طول مسیر مغناطیسی متوسط داده می شود. بنابراین:

$$V = a \times l \qquad (۲-۱۵)$$

وزن: این آخرین مرحله قبل از تعیین تلفات هسته از روی نمودارها می‌باشد وزن توسط ضرب حجم چگالی (وزن مخصوص) ماده داده می‌شود. بنابراین:

$$Wt = V \times \gamma \qquad (۲-۱۶)$$

وزن مخصوص معمولاً به پوند بر $inch^3$ می باشد و در بعضی موارد برحسب واحدهای دیگر و توسط سازنده داده می شود در جدول ۷-۵ وزن مخصوص چند ماده که معمولاً مورد استفاده قرار می گیرد داده شده است.

۲-۱۳- دیتا شیت (data sheet) های تولید کنندگان:

۲-۱-۱۳- Stampings:

یک دیتا شیت سازنده برای نوع بدون اتلاف ورقه ها در شکل ۲-۲۸ داده شده است. توجه کنید که نه تنها ابعاد ورقه ها در جزئیات کامل می باشد بلکه اطلاعات مربوط به stack ورقه ها که سطح مقطع مربعی دارند نیز داده شده است. تمام انواع آلیاژها که ورقه ها از آنها ساخته شده است در پایین صفحه لیست شده اند. ابعاد برای راحتی در سیستمهای انگلیسی و متریک داده شده است. با استفاده از یک ضریب نسبت ساده بیشتر اطلاعات می‌توانند به stack های با ضخامتهایی متفاوت داده شوند.

به طور مشابه حجم و مساحت سطح مقطع برای stack های با ضخامت متفاوت براحتی پیدا می شود. وزن برای پیدا کرد نتلفات هسته و جریان مغناطیس کنندگی بکار برده می شود. فرمولها مستقیماً در روی برگ ها در شکل ۲-۲۸ زیر فرمولهای طراحی مغناطیسی آورده شده است. برای محاسبه چگالی شار و جریان مغناطیس کنندگی و اندوکتانس برای این هسته مشخص فرمولها آورده شده است.

به عنوان یک مثال فرمول B_{max} یک ترکیب تازه معادله اساسی ولتاژ است این فرمول چگالی شار را برحسب gauss بر ولت در فرکانس 60Hz برای این هسته مشخص می کند.

فاکتور K_1 همان stack factor می باشد و به ازای ضخامت های گوناگون ورقه ها و همچنین به ازای دو روش مونتاژ هسته اعداد روی برگه‌ها داده شده است.

بنابراین معادله اساسی تبدیل می شود به معادله زیر:

$$B_{max}=\frac{V\times10^8}{25.8FfaNK_1}=\frac{1.0\times10^8}{25.8\times1.11\times60\times1.27\times K_1\times N}=\frac{46.0\times10^3}{K_1\times N} \qquad (۲-۱۷)$$

V : ولتاژ سیم پیچی بر حسب rms

F : form factor

f : فرکانس برحسب هرتز

a : سطح مقطع هسته

N : تعداد دور سیم پیچی

Cut cores -۲-۱۳-۲

هر Cut Core از دو نیمه به هم چسبیده تشکیل شده است، همانطور که در شکل ۲-۱۷ نشان داده شده است.

اطلاعات ابعادی به صورت جدول های همانند جدول ۲-۶ داده شده است که ابعاد را به حرفهای موجود در دیاگرام هسته نسبت می دهد ستون اول جدول ۲-۶ شماره کاتولگ سازنده می باشد.

ستون های F ، E ، D ، G در حقیقت به ترتیب ابعاد پنجره و سطح مقطع می باشند. ستون پنجم نیز همان Wa Product می باشد این ستونها به صورت متوالی با ستون وزن Weight (pounds) و $Area(inch^2)$ Leg که همان مساحت سطح مقطع هسته می باشد و تلفات وات، آمپر دور، و سرانجام Turn/volt دنبال می شوند. توجه به این نکته الزامی است که اعداد سه ستون آخر فقط به ازای شرایط مشخص شده در بالای صفحه معتبر هستند برای سایر مقدارهای چگالی شار، فرکانس و فاصله هوایی اعداد مورد استفاده توسط design sheet های اضافی تعیین می گردند.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲-۱۳-۳- Tepe Wound Cores (toroids):

هسته های tape wound از انواع دیگر متفاوت هستند، چرا که معمولاً برای محافظت بسته بندی می شوند و بنابراین ابعاد هسته به صورت مستقیم قابل اندازه گیری نیستند (شکل ۲-۲۱). تنها ابعاد قاب توسط کاربران قابل اندازه گیری می باشد. یک مثال از data های سازنده در جدول ۲-۷ داده شده است. این جدول یک انتخاب از یک رنج بسیار وسیع است.

ابعاد هسته و قاب: در ستونهای جدول ۲-۷ زیر Core Dimension و Case Dimensions و عبارات HT , OD , ID ، , به معنی قطر داخلی، قطر خارجی و ارتفاع می باشد. از آنجایی که case از آهن یا پلاستیک با اندازه‌های متفاوت می تواند باشد، ابعاد برحسب inch برای هر دو مورد لیست شده است.

سطح خالص هسته: سه ستون زیر این گروه برای همان اندازه هسته ضروری است. به خاطر ضخامت گوناگون نوار که هسته از آن تشکیل شده است دارای factor stacking متفاوت هستند. هرچند stacking factor به ازای ضخامت های متفاوت نوار داده می شود اما نیازی به استفاده از آنها در محاسبات نمی باشد چرا که آنها در مساحت خالص تلفیق می شوند.

طول مسیر متوسط: این مورد همان معنی را دارد که در انواع دیگر هسته‌ها دارد و همان مسیر متوسط مغناطیسی اطراف هسته می باشد اگر یک هسته روکش دار نشده باشد، این عبارت توسط محاسبات مستقیم همانطور که قبلاً توضیح داده شد قابل محاسبه می باشد.

مساحت پنجره قاب: این ابعاد مهم برای هر دو قاب های پلاستیکی و فلزی برحسب $inch^2$ داده می شود. برخلاف هسته های استاندارد که از ورقه ها ساخته می شوند یا انواع Cut core ها در اشکال squarish و toroid ها محدودیت های غیر معمول را تجربه می کنند در این اشکال عملی نیست که تمام فضای پنجره را با مس و عایق پر کنیم همانطور که در انواع دیگر انجام می شد. در این مورد سیم پیچی مستقیماً روی هسته انجام می‌گیرد و هسته ها معمولاً در تمام ۳۶۰ درجه، سیم پیچی می شوند.

همچنانکه سیم پیچی انجام می گیرد، فضای موجود برای جا کردن سیم‌ها داخل پنجره کاهش پیدا می کند. اگر سیم پیچی را ادامه دهیم قرقره دستگاه دیگر نمی تواند وارد پنجره گردد و ادامه سیم پیچی غیر عملی می‌گردد. بنابراین برای مشخصاً برای سیم پیچی ضروری است که یک مساحت max در مرحله طراحی به Area اختصاص داده شود که بتواند فضای کافی برای سیم پیچی داشته باشد.

نسبت $\frac{ID}{IO}$: نسبت ابعاد هسته و نه ابعاد قاب می باشد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

وزن ناخالص هسته برای square 50 : وزن ناخالص یک هسته تشکیل شده از مواد مغناطیسی (square 50) که در دو واحد پوند و گرم داده می‌شود برای پیدا کردن وزن ناخالص هسته های از مواد دیگر ضریب‌های تبدیل از جدول ۸-۲ بکار برده می شود.

Product $Wa \times Ca$: حاصلضرب مساحت پنجره هسته و سطح مقطع هسته که قبلاً به عنوان Product Wa معرفی شد در این مورد توجه کنید که حاصلضرب پنجره case و سطح مقطع ناخالص می باشد یعنی مساحت هسته قبل از اعمال stack factor .

مساحت ناخالص هسته در یک ستون مجزا نیامده است که اگر بخواهیم آنرا داشته باشیم باید از تقسیم مساحت خالص بر stacking factor (در بالای ستون Net Core Area) بدست می آید.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل ۳- سیم پیچی در ترانسفورماتورها

ترانسفروماتورهای با هسته آهنی معمولاً با سیم مسی توپر که با یک لعاب عایق شده پیچیده می شوند. معمولاً سیم روی یک بو بین که عایق کاری شده است و سیم را نیز از هسته آهنی جدا می کند، پیچیده شده و باعث می شود که سیم پیچها صورت جداگانه از هسته قرار گیرند. دورها اغلب به صورت ردیفها و لایه های پهلو به پهلو قرار می گیرند و بعد از لایه اول هر لایه ای به همراه کاغذ و سایر مواد عایقی روی لایه قبل از خود خوابانده می شود.

نوع دیگری از سیم پیچی که بعضی اوقات مورد استفاده قرار می گیرد، نوع تصادفی است که در آن سیمها به صورت اتفاقی پیچیده می شوند. در این نوع لازم است پوسته ای سیم پیچ را در بر بگیرد. این روش آسانتر و سریعتر از سیم پیچی لایه لایه است، ولی برای سیم پیچی های ولتاژ پایین، و نیز برای سیم پیچی ولتاژ بالا که در آن از عایق بندی دوبل استفاده شود، مناسب می باشد.

در طراحی سیم پیچ ترانسفورماتور ابتدا باید تعداد دور سیم مورد نیاز پیدا شود، سپس کار انتخاب قطر سیم و جاسازی مناسب آنها در فضای در دسترس هسته آغاز می شود، در طی این فرآیند باید به مواردی از قبیل بدست آوردن بیشترین راندمان، محافظت در برابر شکست ولتاژ و افزایش دمای سیم پیچ که محدوده ایمنی را تعیین می کند، توجه کرد.

مورد آخر بسیار مهم است، زیرا موادی که برای عایق کاری استفاده شده‌اند در اثر گرمای زیاد شکسته می شوند، توان نامی ترانسفورماتور اساساً به میزان دمای قابل تحمل وسیله تعیین می شود.

در بسیاری از موارد و کاربردها کاهش اندازه و وزن فاکتور اولیه در طراحی است، که البته کوچک شدن ترانس بطور کلی باعث ارزانتر شدن وسیله می گردد، که عامل تعیین کننده ای می باشد.

۳-۱- جدول سیمهای مسی:

یکی از مهمترین ابزارهای طراحی که همیشه مورد استفاده است، جدول سیم مسی است که به نظر می رسد به تنهایی برای روند طراحی مناسب است، ولی باید سایر موارد ایمنی را نیز در نظر گرفت. این جداول اغلب شامل موارد زیر در مورد سیمها می باشند. (جدول ۱-۳):

اندازه سیم AWG (American Wire Gauge) :

انواع دیگری از واحدهای قطر سیمها وجود دارند، ولی AWG استاندارد ترانسفورماتور در آمریکای شمالی است.

میل مدور Circular Mill :

اندازه سطح مقطع سیم می باشد. البته در این جداول مقدار دما 20 درجه سانتیگراد یا 68 درجه فارنهایت در نظر گرفته شده است. در دماهای دیگر این اعداد مقداری تفاوت دارند. البته آثار افزایش دما در سایر مقادیر نیز قابل مشاهده است. اعداد در این قسمت برای سیم لخت (فقط قسمت مسی سیم) در نظر گرفته شده اند، زیرا فقط این قسمت از سیم به ظرفیت حمل جریان در آنها مربوط می شود.

قطر Diameter :

مسایل مربوط به دما در اینجا نیز مطرح می شوند. رد حالت معمولی اعداد موجود در ستون سیم های با عایق ساده (single insulation) مورد استفاده قرار می گیرند. اعداد مربوط به سیمهای با عایق سنگین (heavy insulation) در موارد خاصی که نیاز به استفاده از عایق با لعاب دوبل باشد استفاده می شوند. در بعضی از جداول قطر ممکن است به میلیمتر یا واحدهای دیگر طول بیان شده باشد.

مقاومت Resistance :

در اینجا نیز مقاومت برای دمای 20 درجه سانتیگراد نوشته شده است، که در طراحی ها حالت مقاومت گرم را در نظر می گیرند. این مورد در طراحی بحث می شود. در جدول موجود واحد مقاومت سیم اهم در هر 1000 فوت طول $\left(\Omega/_{1000\,ft}\right)$ آورده شده است.

وزن Weight :

برای محاسبه مقدار سیم مورد نیاز بکار می رود. واحد مورد استفاده برای بیان وزن سیم پوند در هر 1000 فوت طول $\left(lbs/_{1000\,ft}\right)$ می باشد.

سیم پیچی اتفاقی Random Winding :

این عدد بیانگر تعداد دور سیم پیچی است که می تواند در سطح سیم پیچی شونده قرار داده شود. البته چون در این نوع سیم پیچی سیمها بصورت نامنظم پیچیده شده اند، این عدد با واحد تعداد دور سیم در واحد سطح سیم پیچی $\left(Turns/_{in^2}\right)$ بیان شده است. عدد مطرح شده یک عدد متوسط تخمینی است، که در عمل به واسطه اینکه بعضی از دورها ممکن است سفت و یا شل پیچیده شده باشند، بدست می آید.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سیم پیچی لایه ای Layer Winding :

این عدد یک ضریب سیم پیچی است که بیان می کند در عمل سیمها نمی‌توانند با دقت کامل در کنار هم قرار بگیرند، و آنچه که در سیم پیچی ها به دست می آید، به دقت و ظرافت شخص یا دستگاه سیم پیچی کننده بستگی دارد. این اعداد با توجه به ضخامت عایق ها و قطر سیمها محاسبه و با واحد تعداد دور سیم در واحد طول سیم پیچی $\left(Turns/_{in}\right)$ در جدول آورده شده اند. بهترین نسبت در ارتباط با تعداد دور در هر اینچ در بازه نمره 10 تا نمره 22 بدست می آید که حدود 90 درصد است. در اندازه‌های میانی از حدود نمره 23 تا نمره 29 این نسبت به 75 درصد افت می کند و در اندازه های انتهای جدول دوباره افزایش یافته و به حدود 85 درصد می‌رسد.

لایه عایقی Layer Insulation :

این اعداد بیانگر ضخامت لایه کاغذی است که در بین لایه های سیم پیچی به عنوان عایق و بیشتر بخاطر اهداف فیزیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. واحد آن اینچ (in) می باشد.

فاصله لبه‌ای Edge Distance :

در سیم پیچی های بدون پوسته محافظ لازم است که چنین فاصله ای بین دورهای انتهایی در هر لایه و هسته وجود داشته باشد تا علاوه بر تأمین اهداف الکتریکی ملاحظات فیزیکی را نیز برآورده نماید. این فاصله که اغلب مرز نامیده می شود با واحد اینچ (in) بیان می شود.

۳-۲- درجه بندی های جریان Current Ratings :

در این جدول سیم بطور واضح یک ستون برای جریان نامی سیم غایب است و البته این غیبت بدون دلیل نیست، اغلب اینگونه تصور می شود اندازه سیمها با جریان نامی ثابت خودشان مشخص می شوند، ولی در واقع مقدار جریانی که یک سیم به سلامت می تواند از خود عبور دهد بستگی به مقدار دمایی خواهد داشت که در هنگام عبور جریان در سیم ایجاد می شود و این به روش استفاده از سیم بستگی دارد. به عنوان مثال یک سیم نمره 20 که در لایه های فراوانی از عایق دفن شده است ممکن است نتواند جریان بیش از 0.25 آمپر را به سلامت از خود عبور دهد ولی در شرایطی دیگر اگر گرمای ایجاد شده در همین نوع سیم براحتی بتواند دفع شود، ممکن است جریان 1 آمپر را نیز از خود عبور دهد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

البته باز هم انتخاب سیم در عمل بر اساس جریان خواهد بود. به تجربه ثابت شده است که در بیشتر ترانسهای کوچک که به روشهای معمولی طراحی می شوند و از قوانین استاندارد برای عایق کاری استفاده می‌کنند و راندمان مورد انتظار و افزایش دمای بی خطر دارند، سیمها اغلب در چگالی جریانی تقریباً بین 500 تا 1000 میل مدور به ازای هر آمپر $\left(CM/A\right)$ کار می کنند. در شرایط معمولی خنک کاری، ترانسهایی که به این روش طراحی شده اند، چه در چگالی های پایین و چه در چگالی های جریان بالا، براحتی گرمای ایجاد شده را دفع کرده و سیمها آسیب نمی بینند.

چون این رنج چگالی جریان برای بیشتر ترانسفورماتورها می باشد، بصورت تقریبی ما نیز برای ملاحظات دما در چنین محدوده‌ای کار خواهیم کرد.

در بحث های معمول چگالی 1000 CM/A می تواند یک چگالی جریان ایمن باشد، ولی چگالی جریان حدود 500 CM/A عددی است که با احتیاط باید استفاده شود. برای آماتورها توصیه می شود که در چگالی جریان حدوداً 800 CM/A کار کنند.

در نظر بگیرید که یک سیم در حال حمل جریان 3 آمپر باشد، در چگالی جریان 1000 CM/A این سیم باید سطح مقطع $3\times1000=3000CM$ داشته باشد که از جدول اندازه سیم نمره 15 انتخاب می شود، ولی در چگالی جریان 700 CM/A ، سطح مقطع مورد نیاز برای حمل همان مقدار جریان، $3\times700=2100CM$ خواهد بود که از جدول سیم نمره 17 باید انتخاب شود.

۳-۳- عایق کاری:

هرچند عایق کاری شده در سیم پیچی استفاده می شود، ولی لازم است که عایق کاری اضافی برای اهداف مکانیکی و الکتریکی ایجاد شود. پوشش سیم باید از سطوح ساینده هسته حفظ شود. برای این هدف یک بو بین یا یک قالب باید استفاده شود تا سطح داخلی سیم پیچ حفاظت شود و شکل سیم پیچ تحت فشار ثابت بماند بنابراین سیم پیچ براحتی می تواند روی هسته نصب شود. سطح خارجی سیم پیچی باید پوشانده شود تا از نظر مکانیکی به همان خوبی الکتریکی حفاظت شود. کاغذ میانی لایه ها یک سطح صاف را ایجاد می کند، که سیم پیچی ها روی آن خوابانده می شود و از فرو رفتن دورها در لایه پایینی جلوگیری می کند، به همان خوبی که سیم پیچ را در مقابل فشارهای الکتریکی محافظت می کند.

شکل ۱-۳ ، یک نقشه عایق کاری نوعی را روی یک ترانسفورماتور دو سیم پیچی نشان می دهد. هر چند ضخامت عایق کاری در درجه اول بوسیله ملاحظات مکانیکی نظارت شده است ولی طراح باید همیشه

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

از وضعیت ولتاژ آگاه باشد چه بسا در بعضی موارد فاکتور تعیین کننده‌ای باشد. مواد سازنده بویین ها می تواند هر نوع عایق معمولی باشد ورقه مقوای کلفت، ورقه های فیبر، پلاستیک و مانند آن. حرفه ای ها بین لایه ها بصورت معمول یک کاغذ با درجه الکتریکی با نام kraft paper استفاده می‌کنند ولی برای یک کاربر نیمه حرفه ای هر کاغذ با کیفیت خوب مناسب است و حتی کاغذ آشپزخانه موم اندود مناسب است، ولی باید مطمئن بود که ضخامت آن چقدر است این بالاترین اهمیت را در محاسبات سیم پیچ دارد. بنابراین باید از یک ریزسنج استفاده کنید، یا کسی را داشته باشید که آنرا برای شما اندازه بگیرد.

همانطور که می بینیم ضخامت عایق بین لایه ها بصورت معمول بین 0.0005 و 0.01 اینچ، می باشد.

بین سیم پیچی ها همانطور که لایه ها از هم جدا شده اند بعضی موارد عایق اضافی به صورت معمول استفاده می گردد. البته نه برای اهداف الکتریکی بلکه برای ایجاد یک پایه مناسب برای سیم پیچ بعدی. به خاطر این نکات یک لایه خوب و محکم از نوار عایق کاری چسبنده همه چیز را با هم نگه می دارد و یقیناً یک سیم پیچ از نوار فلزی دور آخرین سیم پیچی نظر خوبی است. ولی در عایق کاری نباید افراط کرد. عایق کاری زیاد ممکن است که باعث کار سیم پیچ نظر خوبی است. ولی در عایق کاری نباید افراط کرد. عایق کاری زیاد ممکن است که باعث کار سیم پیچ در حالت داغتری شود و نه تنها این موضوع بلکه ترانسفورماتور راندمان کمتری نیز خواهد داشت بخاطر فضای اشغالی توسط عایق کاری که می توانست توسط مس به صورت بهتر استفاده شود. به عبارت دیگر به عایق کاری به عنوان چیز بد لازم نگاه می شود.

۳-٤- توزیع ولتاژ:

وقتی که ترانسفورماتور در یک وضعیت کاری پایداری قرار دارد، ولتاژ به صورت یکنواخت در سیم پیچی ها توزیع می شود. در انتهای هر لایه جایی ک سیم از یک لایه به لایه بعدی بالا می رود (شکل ۲-۳) در آنجا تفاوت ولتاژ کمی بین لایه ها وجود دارد ولی در طول لایه از پهلو افزایش می یابد، تا در انتهای دیگر برابر با دو برابر ولتاژ دیده شده از یک لایه کامل شود. یعنی ماکزیمم ولتاژ بین لایه ها برابر است با:

$$V_L = 2N_L \frac{V_W}{N_W} \qquad (۲-۱)$$

N_L : تعداد دور در هر لایه

N_W : تعداد دورهای کل سیم پیچی

V_W : ولتاژ سیم پیچی

در نقاط دیگر ترانسفورماتور تغییرات کوچک ولتاژ به شکل سیم پیچی و نوع مداری که سیم پیچ در آن کار می کند و خیلی چیزهای دیگر بستگی دارد.

در اولین روشن کردن ترانسفورماتور توزیع اولیه ولتاژ به خاطر طبیعت سلفی ترانسفورماتور و خاصیت خازنی فراوان توزیع شده در سیم پیچ یکنواخت نخواهد بود. در این زمان ولتاژهای بزرگی بصورت خلاصه در نقاطی که در حالت عادی ولتاژ کمی دارند ظاهر می شوند و عایق کاری را تحت فشار قرار می دهند. به خاطر این واقعیت طراحی ترانسفورماتور برای کار در شرایط این چنین با ولتاژ بالا باید در نظر گرفته شود.

قوانین به درد بخوری برای انتخاب عایق کاری در زیر آمده است. طراحی برای ولتاژهای بین سیم پیچ ها و بین سیم پیچ و هسته با دو برابر کردن ولتاژ کاری و اضافه کردن 1 KV به عدد بدست آمده و در نظر گرفتن 0.002 inch کاغذ به ازای هر 100V انجام می شود. در نظر داشته باشید که از نظر الکتریکی چندین لایه نازک از کاغذ خیلی بهتر از یک لایه کلفت از آن می باشد.

مواد عایقی دیگری که زیاد هم هستند می تواند استفاده شود ولی باید مراقب لازم انجام شود که آنها تحمل دمای درون ترانسفورماتور را داشته باشند واژه تحمل در اینجا معنی تحمل در شرایطی را می دهد. برای مثال دمای ذوب پلاستیک در حدود 300 تا 400 درجه فارنهایت است، ولی این ماده ممکن است در دمایی کمتر از 212 درجه فارنهایت (100 درجه سانتیگراد) به صورت نرم در بیاید.

عایق ممکن است با یکی از این سه طریق شکسته شود:

۱. با سوراخ کردن از میان کاغذ

۲. راه یافتن از روی سطح

۳. جرقه زدن از میان هوا

حالت اول روشن است، حالت دوم می تواند اتفاق بیافتد اگر کاغذ نامناسب استفاده شود یا در سیم پیچی رطوبت موجود باشد یا حاشیه بین انتهای دورها و هسته (مرز) کافی نباشد حاشیه ناکافی می تواند همچنین برای حالت سوم در صورت وجود ولتاژهای بالا به حساب آورده شود.

باید در نظر گرفته شود که فاصله مرزی داده شده در جدول سیم، کمترین فاصله اجازه داده شده برای اندازه سیم موجود در مسأله می باشد. در بیشتر موارد این مقدار برای ولتاژ مناسب است ولی نه همیشه. برای امتحان کردن این مسئله یک قانون خوب این است که ولتاژ کار که در مرز دیده می شود دو برابر شود و 1000 ولت به آن اضافه گردد و به ازای هر کیلو ولت عدد بدست آمده 0.062 inch مرز در نظر

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

گرفته شود. عدد بزرگتر بین عدد بدست آمده از محاسبه و عدد موجود در جدول به عنوان مرز مورد نظر انتخاب می شود. به عنوان یک رابطه توضیحی فرمول زیر برای تقریب بدست می آید:

$$M\arg in = \frac{V_W + 500}{8000} inches \quad (۳-۲)$$

اگر سیم پیچهای تمام شده درون روغن فرو برده شوند تا رطوبت محدود شود، کمک می کند تا سیم پیچی به هم چسبیده بماند (هرچند اساسی نیست ولی بعضی ها این حالت را دوست دارند).

فقط باید تولیدات با درجه الکتریکی استفاده شود. پشتیبان قدیمی بزرگ یعنی لاک شیشه ای به عنوان نمونه باید دقت شود که ممکن است شامل اسید باشد که می تواند به عایق روی سیم ها صدمه بزند حتی پی برده شده است که اسید ناشی از انگشتان دست کسانی که سیم پیچی می کنند بتدریج قطر دقیق سیم را از بین برده و در نهایت منجر به ایجاد مدار باز می شود.

ساختمان Build :

Build یک سری اندازه مهم در سیم پیچی است که ضخامتی از سیم پیچی است که با حرف b در شکل ۳-۳ ، نشان داده شده است. توجه کنید که اندازه (e) اغلب بزرگتر از (b) خواهد بود، به خاطر اینکه lead ها مرتب شده اند که از این وجوه بیرون بیایند. لنگر انداختن برای lead ها منجر به ایجاد یک برآمدگی در اینجا می شود همچنین همپوشانی های کاغذ عایق کاری روی این وجوه از سیم پیچی تعبیه شده اند به بیان دیگر b فقط فضایی است از مس و عایق اصلی.

b همیشه ضخامت سیم پیچ درون پنجره است. زیاد بزرگ نبودن اندازه c نیز کم اهمیت نیست اگر b اندازه درستی داشته باشد ولی c خیلی بزرگ باشد سیم پیچی متناسب با هسته نخواهد بود. فضای در دسترس برای سیم پیچی البته اندازه F می باشد که عرض پنجره ورقه ها است. بنابراین یک قسمت مهم در روند طراحی این است که مطمئن شویم سیم پیچی درون هسته متناسب خواهد بود یا خیر. طراحی ترانسفورماتور یک کار آزمایش و خطای بزرگ است. انتخاب اندازه های ورقه ها و قطر سیم ها در مرحله اول تقریب ها بر مبنای تجربه یا حساب تقریبی خواهد بود. سپس تناسب های مکانیکی و مشخصه های الکتریکی روی کاغذ آزمایش می شوند. تطبیق ها و تغییرها برحسب نیاز انجام می شوند تا نتایج دلخواه بدست آیند، به عنوان مثال یک روش در نظر بگیرید که طراح یک ورق و یک فضای هسته را انتخاب کرده و دورهای مورد نیاز برای اولیه و ثانویه را انجام داده و یک انتخاب اولیه از اندازه سیم ها را انجام داده است. حال او باید جا افتادن سیم پیچی در درون فضای قابل دسترس پنجره را آزمایش کند.

اندازه کردن سیم پیچی ها:

با یک مثال این قسمت را توضیح می دهیم. طراح ابتدا تصمیم می گیرد که چه فضایی را برای بوبین در نظر بگیرد. به شکل ۴-۳ توجه کنید. با توجه به اینکه فضای اشغال شده توسط بوبین یک اقدام ناخوشایند ولی لازم است و وجود آن مانند وجوه عایق کاری، فضای مسی باارزش را کم می کند، او باید ماده ای استفاده کند که به قدر کافی ضخیم باشد و فشارهای مکانیکی و الکتریکی را تحمل کند و بتواند به راحتی ساخته شود. ضخامت اغلب حدود 0.03125 تا 0.0625 اینچ خواهد بود، که در این نمونه 0.063 اینچ در نظر گرفته شده است. مقداری لقی باید برای جا کردن هسته درون بویین در نظر گرفت حدود 0.032 اینچ که در نهایت فضای اشغالی بویین B حدود 0.095 اینچ می شود مانند آنچه در شکل ۴-۳ نشان داده شده است.

برای طول بوبین طراح اجازه خواهد داد حدود 0.032 اینچ، کوتاهتر از طول G پنجره ورق باشد. اگر پنجره دارای طول 2.5 inch باشد، طول بوبین 2.648 inch می شود.

مرز سیم پیچی مناسب بخاطر ولتاژ و نیز اندازه سیم، حدود 0.125 inch در هر طرف انتخاب می شود. با کم کردن دو حاشیه از طول پنجره 2.5-0.25=2.25 inch بدست می آید این طول سیم پیچی است. توجه شود که مرزها از طول پنجره کم شده اند نه از طول بوبین.

تعداد دور در هر لایه از ضرب عدد تعداد دور در هر اینچ (از جدول سیم‌ها) در طول سیم پیچی به دست می آید. در نظر بگیرید سیم نمره 32 و عایق سیم سنگین است، جدول سیم تعداد دورها به ازای هر اینچ را 94 می‌دهد. بنابراین تعداد دورها در هر لایه برابر با $94\times 2.25=211$ دور خواهد بود و بنابراین تعداد لایه های مورد نیاز برابر است با تعداد کل دورها برای سیم پیچی تقسیم بر تعداد دور در هر لایه. فرض کنید 1200 دور سیم پیچی داریم، پس تعداد لایه ها برابر است با $1200/211=5.68$. برای هدف این محاسبه قسمتی از یک لایه به صورت لایه کامل حساب شده بنابراین تعداد لایه ها 6 می باشد. 6 لایه با 0.0013 inch کاغذ (از جدول سیم ها) بین هر لایه یعنی 5 لایه کاغذ که ضخامت کل کاغذ برابر می شود با: $5\times 0.0013=0.0065inch$. از جدول سیم نمره 32 با عایق سنگین قطری حدود 0.010 inch دارد. بنابراین 6 لایه سیم ضخامتی حدود $6\times 0.010=0.060inch$ خواهد داشت که ضخامت سیم پیچی را برابر با $0.0065+0.060=0.0665inch$ می کند. یک پوشش با ضخامت حدود 0.015 inch کاغذ روی سیم پیچی ضخامت نهایی سیم پیچی را به 0.0665+0.015=0.0815 inch می رساند. در رفتاری مشابه سیم پیچی ثانویه انجام شده به همراه پوشش سطح بیرونی 0.075 inch ضخامت داشته بنابراین ضخامت هر دوی سیم پیچ ها برابر با 0.0815+0.075=0.186 inch می گردد.

در اینجا باید یک برآمدگی غیرقابل اجتناب نیز در نظر گرفته شود. یک ضریب شکم 15% به صورت معمول استفاده می شود که به اندازه 0.023 inch افزایش یافته و به مقدار نهایی 0.179 inch خواهد رسید. حال با اضافه کردن ضخامت بوبین به این عدد فضای مورد نیاز نهایی درون پنجره به ما داده می شود که برابر است با 0.179+0.095=0.274inch اگر فضای پنجره در ورق برابر با 0.500 inch شود پس فضای اضافی 0.226 inch موجود خواهد بود. معمولاً این زیاد به نظر نمی رسد به خاطر اینکه اندازه سیم خیلی کوچک و یا پنجره خیلی بزرگ بوده است. مروری در طراحی نشان خواهد داد که کدامیک از آنها بوده است و تغییرات مناسب انجام خواهد شد.

محاسبه طول سیم:

شکل ۵-۳ یک منظره از مقطع یک سیم پیچ یک ترانسفورماتور سه سیم پیچی می باشد که در آن W_3,W_2,W_1 به ترتیب ضخامت های سیم پیچ اولیه و سیم پیچ های ثانویه و M_3,M_2,M_1 طولهای میانگین دورهای هر سیم پیچی می باشد. بنابراین طول نهایی سیم روی سیم پیچی $M\times N$ خواهد بود که N تعداد دورهای سیم پیچی در نظر گرفته شده می باشد از بررسی شکل ۵-۳ دیده می شود که M_1 برابر با مجموع وجوه بوبین به علاوه محیط دایره ای با شعاع $W_1/2$ (دایره ای که در مجموع ربع دایره ها در هر گوشه بدست می آید.)

با توجه به ابعاد هسته و ضخامت بوبین (شامل مقدار مجاز) دو سمت بوبین E+2B بوده و دو سمت دیگر D+2B می باشد که کل دور بوبین برابر می شود با $2(D+2B)+2(E+2B)=2(D+E+4B)$ به این مقدار محیط دایره ای به اندازه $2\pi W_1/2$ را اضافه می کنیم که رابطه ۳-۳ بدست می‌آید:

$$M_1=2(E+D+4B)+6.28\,W_1/2 \quad (۳-۳)$$

M_1 برابر طول میانگین دورهای اولیه می باشد. به طور مشابه M_2 شامل مسافت دور بوبین به علاوه محیط دایره ای به شعاع $W_1+W_2/2$ که برابر با $2\pi\left(W_1+W_2/2\right)$ بوده و طول میانگین اولین سیم پیچی ثانویه برابر می شود با:

$$M_2=2(E+D+4B)+6.28\left(W_1+W_2/2\right) \quad (۳-۴)$$

همچنین برای دایره ای به شعاع $\left(W_1+W_2+W_3/2\right)$ یعنی $2\pi\left(W_1+W_2+W_3/2\right)$ به مسافت دور بوبین اضافه شود، یعنی:

$$M_3 = 2(E+D+4B)+6.28\left(W_1+W_2+{}^{W_3}\!/_{2}\right) \quad (۳-۵)$$

M_3 طول میانگین دورهای دومین سیم پیچ ثانویه می باشد.

قسمت $2(E+D+4B)$ ثابت می باشد که آنرا K می گیریم. فاصله بوبین از هر دور میانگین را d_3,d_2,d_1 می نامیم مانند آنچه در شکل ۳-۵ دیده می‌شود: $d_1 = {}^{W_1}\!/_{2}$ و $d_2 = W_1 + {}^{W_2}\!/_{2}$ و $d_3 = W_1 + W_2 + {}^{W_3}\!/_{2}$ بنابراین:

$$M_i = K + 6.28d_i \quad (۳-۶)$$

که i برابر با 1, 2 , 3 می باشد. معادله به این شکل برای استفاده راحت است طول های سیم در هر سیم پیچی یعنی L_1,L_2,L_3 به ترتیب برابر می‌شود با:

$$L_1 = M_1 \times N_1 \quad \text{و} \quad L_2 = M_2 \times N_2 \quad \text{و} \quad L_3 = M_3 \times N_3 \quad (۳-۷)$$

که N تعداد دورهای هر سیم پیچی می باشد.

مقاومت سیم پیچ:

در این قسمت با مثال دیگری موضوع مقاومت را توضیح می دهیم. طول میانگین دور معمولاً با اینچ بیان می شود. در این حالت با تقسیم عدد مذبور به 12 تبدیل به فوت می شود جدول سیم مقاومت را برای هر نوع سیم، برحسب اهم به ازای 1000 فوت داده است. بنابراین تقسیم عدد موجود در جدول به 1000 و ضرب آن در M به فوت مقاومت را می دهد. به عنوان مثال در نظر بگیرید که یک سیم پیچ، 4800 inch سیم نمره 32 دارد. از جدول مقاومت این نوع سیم 162 اهم به ازای 1000 فوت می باشد بنابراین مقاومت سیم پیچی برابر خواهد بود $\frac{4800}{12}\times\frac{162}{1000}=64.8\Omega$ ولی در این روش مقاومت در $20^{\circ}C$ بدست می آید، به خاطر اینکه اعداد مقاومت در جدول در این درجه حرارت داده شده اند. دمای ترانسفورماتور در حالت کار افزایش خواهد یافت و مقاومت نیز همین طور می شود. در یک ترانسفورماتور قدرت که به صورت محافظه کارانه طراحی شده است، به عنوان مثال یک افزایش مقاومت در حدود 20% در نظر گرفته می شود. این مقدار برای افزایش دما تا حدود $30^{\circ}C$ را بیان می کند. هرچند بیشتر ترانسفورماتورها در دمایی بالاتر از این خواهند رفت، ولی این یک عدد خوب برای اولین تقریب می باشد. این عدد تقریبی دمای داغ براحتی از تقسیم طول سیم پیچی به inch به عدد 10 بجای 12 در هنگام تبدیل آن به فوت به دست می آید، که آنرا در اینجا «فوت داغ» گویند. مقاومت گرم بنابراین برابر 77.76 اهم خواهد بود.

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

افت ولتاژها:

جریان های سیم پیچی ها اغلب در مراحل اولیه طراحی تعیین می شود بنابراین افت ولتاژ در سیم پیچی می تواند از قانون اهم تعیین شود، یعنی $V_d = I \times R$ این افت ولتاژ با تطبیق کردن تعداد دورها با استفاده از روابط ۲۰-۱ و ۲۱-۱ ، جبران می شود.

تلفات مس:

تلفات مس یعنی توانی که به صورت حرارت از سیم پیچی ها خارج می‌شود به صورت مستقیم مربوط به مقاومت سیم پیچ ها و جریان بار عبوری از آنها بستگی دارد. در سیم پیچ اولیه توان تلف شده از رابطه $V_{pd} \times I_p$ یا $R_p \times I_p^2$ که در آن V_{pd} افت ولتاژ در اولیه می باشد در ثانویه تلفات توان برابر خواهد بود با $V_{sd} \times I_s$ یا $R_s \times I_s^2$ که در آن V_{sd} افت ولتاژ در سیم پیچ ثانویه می باشد. تلفات نهایی مس در ترانسفورماتور مجموع تلفات در هر یک از سیم پیچها خواهد بود بنابراین برای n سیم پیچی برابر خواهد بود با:

(۳-۸)

این اتلاف توان در مقاومتی که بطور کامل به مسأله افزایش دمای سیم پیچی پاسخگو باشد می باشد.

فاکتور K :

ماکزیمم راندمان و مینیمم اندازه در ترانسفورماتور زمانی بدست می آید که بیشترین مقدار فضای پنجره توسط سیم مس پر شود. بنابراین واضح است که امکان ندارد همه پنجره به طور کامل با مس پر شود، به خاطر اینکه مقداری فضا باید برای بویین، عایق کاری و حاشیه ها در نظر گرفته شوند. به علاوه مقداری اتلاف فضای غیرقابل اجتناب بین سیم های گرد مجاور و اتلاف به خاطر فاکتورهای تناسب و رفع موانع، نسبت سطح مقطع کل مس در سیم پیچی به مساحت پنجره هسته به عنوان K فاکتور شناخته می شود که با معادله مقابل بدست می آید:

$$K = \frac{w_T}{W} \quad (۳-۹)$$

w_T : کل سطح مقطع مس در سیم پیچی

W : مساحت پنجره هسته

سطح مقطع مس هر سیم پیچی از ضرب سطح مقطع یک هادی سیم پیچ در تعداد دورهای سیم پیچی بدست می آید بنابراین برای سیم پیچ اولیه داریم:

$$w_p = A_1 N_1 \quad (۳-۱۰)$$

و فضای مس مرکب از همه سیم پیچی ها برابر می شود با:

$$w_T = A_1 N_1 + A_2 N_2 + ... + A_n N_n \quad (۳-۱۱)$$

که $A_1, A_2, ...$ سطح مقطع یک رشته از سیم پیچی بوده و $N_1, N_2, ...$ تعداد دورهای هر سیم پیچی می باشند. مساحت سیم ها می توانند با هر واحد مناسبی بیان شوند.

اگر مساحت پنجره (W) با واحدی یکسان با مساحت سیم ها بیان شود از آنجا فاکتور K بدست می آید:

$$K = \frac{A_1 N_1 + A_2 N_2 + ... + A_n N_n}{W} \quad (۳-۱۲)$$

اگر کل مساحت پنجره بتواند با مس پر شود K فاکتور 1 خواهد شد. البته این به طور آشکار غیر ممکن است و K فاکتور همیشه کمتر از یک خواهد بود.

یک فرم مناسب رابطه ۳-۱۲ ، که شامل ضرایب تبدیل می باشد و در آن سطح مقطع سیم ها به صورت مستقیم از جدول سیم می تواند با واحد میل مدور وارد شود و مساحت پنجره به صورت $inch^2$ می باشد، رابطه ۳-۱۳ می باشد:

$$K = \frac{(A_1 N_1 + A_2 N_2 + ... + A_n N_n) 7854 \times 10^{-10}}{W} \quad (۳-۱۳)$$

$A_1, A_2, ..., A_n$ برحسب میل مدور بوده و W برحسب اینچ مربع می باشد.

وقتی که هسته به شکل ورقه های استاندارد ساخته شود یا به صورت Cut Core باشد مقدار K بصورت تابع پارامترهای Build می شود که همیشه در جهت بدست آوردن بیشترین مقدار ممکن K با در نظر گرفتن عایق کاری و نیازمندی های مکانیکی قرار دارند. به بیان دیگر K اغلب یک عدد انتخابی نیست و نمی تواند بصورت مشخص وارد محاسبات Build شود. اعداد K اغلب برای ترانسفورماتورهای کوچک از مقدار 0.25 شروع شده با بزرگتر شدن ترانسفورماتورها بهبود می یابد. این یعنی اینکه 0.25 فضای کل پنجره توسط مس پر می شود و 0.75 فضای پنجره با عایق کاری، مرزها، ضخامت بوبین، فضای خالی بین سیم ها و ... پر می شود.

اگر شما بخواهید یک ابزار کوچک طراحی کنید، باید مینیمم تلفات فضا را نگه دارید.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در نوع Toroid ها اغلب لازم است که K به مقدار ماکزیمم از پیش تعیین شده اش محدود شود تا اجازه دهد که سیم پیچی هسته راحت تر شود. این اغلب فقط بین 0.15 تا 0.35 است.

برآورد یک K فاکتور می تواند به عنوان یک گام در محاسبه Wa ارزشمند باشد. زمانیکه برای این هدف استفاده شود مناسب است که توضیح داده شود فضای کل مس بیشتر با دورهای سیم پیچ اولیه و نسبت دور اولیه به ثانویه ها مرتبط است تا تعداد دورهای هر سیم پیچی که در رابطه ۱۲-۳ آورده شده است. تبدیل به صورت زیر انجام می شود: اگر r_1 نسبت دورهای اولیه به اولین سیم پیچ ثانویه باشد، یعنی $\frac{N_1}{N_2}=r_1$. به همین ترتیب $\frac{N_1}{N_3}=r_2$ و به همین صورت از این توضیح $N_3=\frac{N_1}{r_2}, N_2=\frac{N_1}{r}$ بدست می آید. با جای گذاری مقادیر N_3, N_1 و ... در رابطه ۱۲-۳ بدست می‌آید:

$$K=\frac{N_1A_1+N_1A_2/r_1+N_1A_3/r_2+\ldots+N_1A_n/r_{n-1}}{W} \quad (۳-۱۴)$$

or

$$K=\frac{N_1\left(A_1+A_2/r_1+A_3/r_2+\ldots A_n/r_{n-1}\right)}{K}$$

$A_1, A_2, \ldots, A_n$ سطح مقطع هر رشته سیم در سیم پیچی های $N_1, N_2, \ldots, N_n$

W سطح پنجره با واحدی یکسان با $A_1, \ldots, A_n$

با مراتب کردن دوباره معادله آن را به شکل مفید زیر در می آوریم که از آن با در دست داشتن تعداد دورها در اولیه، اندازه سیم ها در سیم پیچی ها و نسبت های تعداد دور اولیه به ثانویه ها و K فاکتور، سطح پنجره مورد نیاز برای قرار گرفتن سیم پیچی به دست می آید:

$$W=\frac{N_1\left(A_1+\frac{A_2}{r_1}+\frac{A_3}{r_3}+\ldots+\frac{A_n}{r_{n-1}}\right)}{K} \quad (۳-۱۵)$$

می توان سطح مقطع ها را مستقیماً با میل مدور و سطح پنجره را به صورت $inch^2$ به دست آورد، که در این حالت، صورت کسر بالا به عدد 7854×10^{-10} ضرب می شود.

مطالب بیشتر در مورد Wa Product :

در فصل ۲ نشان داده شد که حاصلضرب Wa یک پارامتر مفید در انتخاب هسته برای بدست آوردن نیازمندیهای قدرت داده شده می باشد. Wa می تواند با جملات فاکتور K تعریف شود. این مورد مخصوصاً در مورد Toroid ها مفید است. جایی که محدودیت سیم پیچی ایجاب می کند که فاکتور K در ابتدای طراحی انتخاب شود. با ترکیب ساده معادله اساسی ترانفسورماتور و معادله ۱۵-۳ یک رابطه بدست می آید.

ابتدا معادله اساسی ترانسفورماتور به صورت مناسب مرتب می شود که یک عبارت برای a بدست می آید یعنی:

$$a=\frac{V\times10^{8}}{4FfNB} \quad (۳-۱۶)$$

ما یک عبارت نیز برای W از معادله ۱۵-۳ داریم. آشکارا با ترکیب این دو رابطه ما یک عبارت برای Wa خواهیم داشت:

$$Wa=\frac{V_1\times10^{8}}{4FfN_1B}\times\frac{N_1\left(A_1+A_2/r_1+A_3/r_2\right)}{K} \quad (۳-۱۷)$$

اگر فقط دو سیم پیچ ثانویه را شامل باشد.

از معادله، N_1 از بالا و پایین کسرها حذف می شود و برای حاصلضرب Wa باقی می ماند:

$$Wa=\frac{V_1\left(A_1+A_2/r_1+A_3/r_2\right)\times10^{8}}{4FfBK} \quad (۳-۱۸)$$

درست در ابتدای فرایند طراحی یک عدد می تواند برای هر نماد موجود در سمت راست معادله ۱۸-۳ در نظر گرفته شود ولتاژ ورودی و فرکانس، از مشخصات داده می شوند. چگالی فلو، B ، برای تناسب با نوع ماده هسته و کاربرد انتخاب می شود. سطح مقطع های از اندازه سیم ها بدست می‌آید. نسبت دورهای اولیه به ثانویه، توسط مقدار ولتاژ تعریف می شوند و یک عدد آزمایشی مناسب برای نوع ترانسفورماتور براحتی در مقدار K قرار داده می شود.

در استفاده از این معادله مانند سایر معادله ها باید مراقبت لازم انجام شود تا ضرایب تبدیل مناسب در صورت نیاز به کار برده شوند. همانطور که دیده می شود مساحت پنجره W با همان واحدهایی هست که برای اندازه سیم ها $(A_1, A_2,..., A_n)$ استفاده می شود. با مراجعه به معادله این مطلب آشکار است. سطح مقطع هسته a از طرف دیگر با واحدی مناسب با واحد استفاده شده برای چگالی فلو در نظر گرفته می شود. به عنوان مثال سطح مقطع سیم ها با واحد میل مدور استفاده شود پس W باید با واحد میل مدور

باشد به همین ترتیب اگر B به واحد گاوس بیان شود a باید به صورت سانتی مترمربع استفاده شود. اگر این Wa با یکی از اعداد ضرایب Wa فروشنده مقایسه شود، برای هدف انتخاب هسته اعداد فروشنده باید با واحدهای یکسان باشند تا مقایسه ارزش داشته باشد.

بعضی فروشنده ها بنابراین عدد Wa را به واحد $inch^4$ می دهند، یعنی W به $inch^2$ ضرب در a به $inch^2$ که Wa را به $inch^4$ می دهد. در این مورد عدد Wa مورد نیاز می تواند هنوز محاسبه شود با استفاده از واحدهای مناسب میل مدور برای سطح مقطع هسته و گاوس برای چگالی فلو و سپس تبدیل معادله به $inch^4$ با ضرب کردن در ضریب تبدیل 1217×10^{-10} (ضرب کردن در 784×10^{-10} ، W را از میل مدور به $inch^2$ تبدیل کرده و ضریب 0.155 ، a را از سانتی مترمربع به اینچ مربع تبدیل می کند) این دو ضریب در هم $7854\times10^{-10}\times0.155=1217\times10^{-10}$ را می‌دهد.

معادله با وارد کردن ضرایب تبدیل و 1.11 برای F در موج سینوسی ورودی، Wa را می دهد:

$$Wa=\frac{V_1\left(A_1+A_2/r_1+A_3/r_2\right)}{KfB} \quad (۳-۱۹)$$

A_1,A_2,A_3 به میل مدور می باشند

B : گاوس

$W: inch^2$

$a: inch^2$

WikiPower.ir

افزایش درجه حرارت:

دمای سیم پیچی ترانسفورماتور یک روند تغییری را از سطح بیرونی نسبتاً سرد تا به نقطه عمیق در قلب سیم پیچی که نقطه داغ می گویند، دارد. وقتی که در مورد دما صحبت می کنیم منظور ما فقط این نقطه داغ است که آنجا محلی است که اولین اتفاق آسیب به عایق در زمانی که دما خیلی زیاد شود واقع می شود. دمای سطح خارجی ترانسفورماتور هیچ اثری از درجه حرارت درونی ترانسفورماتور را نشان نمی دهد کاملاً امکان دارد که سطح بیرونی خنک احساس شود در حالیکه عایق در ناحیه نقطه داغ به خوبی در حال از بین رفتن باشد.

در ترانسفورماتورهای خوب گرمترین قسمت سیم پیچ دقیقاً در هسته قرار گرفته است. گرمای تولید شده در مقاومت مس توسط جریان بار فقط از راه عبور از میان لایه های عایقی به سطح سیم پیچی می

تواند خارج شد. این شارش گرما یک افت دما ایجاد می کند در مقاومت عایق. عایق کاری ضخیمتر افت دمای بیشتری را به ازای توان تلفی یکسان ایجاد می کند.

معمولاً ترانسفورماتورهای کوچک برای کار در دماهای نهایی کمتر از $105^{\circ}C$ طراحی شده اند. این البته دمای نقطه داغ بوده و برای بیشترین حد ایمنی برای مواد استاندارد عایقی برای کار طولانی مدت در نظر گرفته می‌شود. این یعنی اینکه ماکزیمم افزایش دمای مجاز توسط دمای محیطی که برای کار وسیله در نظر گرفته شده است تعیین می شود. برای مثال کار یک ترانسفورماتور در محیطی با دمای تقریباً $65^{\circ}C$ می تواند بصورت ایمن فقط $45^{\circ}C$ زیاد شود ولی در دمای محیط $45^{\circ}C$ افزایش دمای ایمن ترانسفورماتور نمی تواند از $60^{\circ}C$ بیشتر شود.

البته طراحی ترانسفورماتور ایمن بدون محاسبات افزایش دما در صورتیکه فرد از روشهای طراحی خیلی محافظه کارانه پیروی کند و با استفاده از تقریب هایی که در آنها فاکتورهای ایمنی درگیر شده باشند کاملاً ممکن است.

بنابراین توانایی طراحی یک افزایش دمای مشخص برای ترانسفورماتور نه تنها از ایمنی وسیله بدست می آید بلکه از درجه بالای انعطاف پذیری طراح در رابطه با بدست آوردن بهترین طرح ها حاصل می شود. در روش زیر بعضی از فرض های اساسی در نظر گرفته شده اند که در عمل کاملاً صحیح نیستند، ولی آنها بصورت قابل ملاحظه ای مسأله را ساده می کنند بدون قربانی کردن هدف و کاهش زیاد در دقت عمل. فرض اول این است که در ترانسفورماتورهای معمولی هر تغییر درونی در گرمای بین هسته و سیم پیچی معمولاً به قدر کافی کوچک بوده و قابل صرف نظر کردن است. این از این واقعیت ناشی می شود که هسته در حال گرم شدن توسط تلفات خودش تا نقطه در دسترس سیم پیچی بوده و به صورت کامل از سیم پیچی توسط بو بین و فضای هوایی تعیین شده عایق شده است. به همین طریق تأثیرات خنک کاری وجوه سیم پیچی قابل صرفنظر کردن در نظر گرفته می شود برای اینکه هوای گیر افتاده درون حاشیه ها باعث ایجاد یک پوشش حرارتی موثر می شود. گرما به سمت بیرون به سطح سیم پیچی رفته و سطح خنک کاری موثر که در شکل ۶-۳ نشان داده شده است، به عنوان C_s مطرح می‌شود.

سطح خنک کاری:

با مراجعه به شکل ۷-۳ و بررسی می بینیم که طول پیرامون نصف C_s برابر است با $E+2B+\pi R$ (دو گوشه با هم ایجاد یک نیم دایره به شعاع R می کنند یعنی πR)، بنابراین نصف سطح C_s برابر است با $L(E+2B+\pi R)$ و C_s کل برابر است با:

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$C_s = 2L(E + 2B + \pi R) \quad (۳-۲۰)$$

توجه شود که اگر مساحت پنجره پر شود همانطور که برای ماکزیمم راندمان باید باشد R به عنوان عمق پنجره در نظر گرفته می شود.

گرادیانهای دما:

یک گرادیان (افت) دما در سطح سیم پیچ موجود است جایی که حرارت به محیط منتقل می شود، که با فرمول زیر داده می شود:

$$T_s = 20H\frac{w_T}{C_s} \quad (۳-۲۱)$$

H : ارتفاع سیم پیچی به اینچ که از شکل ۸-۳ استفاده می شود.

w_T : کل تلفات توان در سیم پیچی ها

حال باید افت دما در هنگام عبور از میان ضخامت سیم پیچی پیدا شود، که مجموع افت های مربوط به تلفات توان در هر سیم پیچی می باشد، که به شکل زیر یافت می شود.

افت دما از میان اولین سیم پیچ (اغلب اولیه) برابر است با:

$$T_1 = 250t_1\frac{w_1}{C_s} \quad (۳-۲۲)$$

t_1 : نصف ضخامت عایق موجود در اولیه + کاور سیم پیچ اولیه + همه عایق کاری موجود در ثانویه ها (سیم پیچ های موجود در بالای سیم پیچ اولیه) + کاور آخر.

w_1 : تلفات توان فقط در اولیه

رابطه متشابهی برای افت دما در سیم پیچی بعدی استفاده می شود ولی اینجا t_2 نصف ضخامت عایق در آن سیم پیچی به علاوه همه ضخامت عایق در سیم پیچی های بالایی به علاوه ضخامت کاور بیرونی و w_2 اتلاف توان در آن سیم پیچی است. برای سومی نیز t_3 نصف ضخامت عایقی در آن سیم پیچی به اضافه ضخامت کاور بیرونی. اگر سیم پیچی های دیگری روی سومین باشد به یک شکل مشابه t تعریف می شود، یعنی نصف ضخامت عایقی روی سیم پیچی به علاوه همه ضخامت عایق در سیم پیچ‌های بالایی، توجه کنید که ضخامت مس در سیم پیچی در نظر گرفته نشده است، برای اینکه مس مقاومت حرارتی خیلی کمی دارد و می توان از افت دما از میان آن صرفنظر کرد.

کل افزایش دمای T_T مجموع افزایش دماها می باشد. یعنی

$$T_T = T_1 + T_2 + ... + T_n + T_s \quad (۳-۲۳)$$

روش کوتاه:

یک روش کوتاهتر که اغلب نتایج خوب و مناسبی را می دهد، استفاده از رابطه ۳-۲۴ است:

$$T_T = \frac{20W}{C_s}(9.4t + H) \quad (۳-۲۴)$$

W : تلفات مس کل به وات

C_s : مساحت سطح خنک کاری به $inch^2$

t : به روش قبلی بدست می آید.

کاهش خازن پراکندگی و اندوکتانس نشتی:

در فصل ۱ دیده شده که کاپاسیتانس پراکندگی اساساً یک اثر موازی ایجاد می کند، در حالیکه اندوکتانس نشتی یک اثر سری دارد. بنابراین با افزایش فرکانس، راکتانس اولی کم می شود و دومی زیاد می شود. آثار آنها بیشتر در محدوده فرکانس های بالا دیده می شوند. باید بدانیم که آنها همیشه وجود دارند و در بعضی وضعیت ها باید حتی در فرکانس های پایین تر در نظر گرفته شوند. در اینجا چند تفسیر موجود است، که می تواند مفید باشد.

خازن پراکندگی:

خازن، که در میان سیم پیچی ها توزیع شده است بین دورها، بین لایه‌ها، بیم سیم پیچی ها و زمین و ... در فرکانس های معمول خطوط قدرت و در حد پایین صوت به ندرت مشکل ایجاد می کند. ولی یک استثنا در آن بعضی وقتها ممکن است که در ترانسفورماتورهای افزاینده با نسبت بالا باشد حتی در فرکانسهای پایین و جریان های خازنی بزرگ ممکن است مزاحمت ایجاد کند. بنابراین در حالیکه خازن خود به تنهایی مشکل ایجاد می کند، همچنین تمایل دارد با سایر آثار الکتریکی مانند اندوکتانس نشتی، برای ایجاد تشدید یا وضعیت های نسبی تشدید که باعث جهش های خطرناک شده و بعضی موارد پیک های اوج در منحنی های پاسخ تقویت کننده ها بوجود می آورند شرکت کند.

بیشتر خازن پراکندگی بین لایه ها و سیم پیچی ها در سیم پیچی های چند لایه اتفاق می افتد که می توان با تقسیم کردن سیم پیچی ها به روش شکل ۹-۳ ، آنرا کم کرد. اما این معمولاً تأثیر افزایشی در

خاصیت خازنی خط نسبت به زمین داشته و شاید بهبود خالصی نداشته باشد. ترکیب‌های پیچیده بیشتری نیز ممکن هستند ولی به ندرت استفاده می شوند. معمولاً بیشتر توجه صرف کوچک نگه داشتن اندوکتانس نشتی با استفاده از سایر ترکیب های سیم پیچی می شود ولی اغلب مشکلی که در آن ایجاد می شود، افزایش خازن می باشد.

اندوکتانس نشتی:

این اثر همان طور که دیده می شود ناشی از این واقعیت است که همه فلوی مغناطیسی سیم پیچ را link نمی کند. اثر فلوی نشتی قرار گرفتن یک اندوکتانس کوچک، به صورت سری با سیم پیچ ها است. در فرکانس های معمولی خطوط قدرت اثر اندوکتانس نشتی اغلب می تواند نادیده گرفته شود، اما نه همیشه و آن به موارد خاص بستگی دارد. یک روش کوچک کردن نشت شکستن و در هم آمیختن سیم پیچی های اولیه و ثانویه مانند آنچه در شکل ۱۰-۳ نشان داده شده است. روش دیگر که در شکل ۱۱-۳ نشان داده شده است، اندوکتانس نشتی کمتی ایجاد کرده و یک تعادل خوب را با روش ساده بدست می آورد. سیم پیچ bifilar نشان داده شده در شکل ۱۲-۳ روشی است که اغلب مورد استفاده قرار می گیرد. برای بدست آوردن اندوکتانس نشتی کم در ترانسفورماتورها (یا القاگرها) که فاصله هوایی در مدار مغناطیسی آن موجود است، شکل دلخواه آن است که سیم پیچی ها روی فاصله هوایی مانند شکل ۱۳-۳ در صورت امکان پیچیده شوند. بعضی از اشکال ورقه ها فاصله هوایی دارند که در وسط شاخه اصلی آن مانند شکل ۱۱-۲ قرار دارد که این وضعیت را بدست می دهد. در Cut Core ها فاصله هوایی به صورت طبیعی تقریباً در نزدیک مرکز آن اتفاق می افتد.

انواع دیگر سیم پیچی:

سیم پیچی های محافظت شده:

بعضی موارد قرار دادن یک محافظ الکترواستاتیکی بین سیم پیچ اولیه و ثانویه ترانسفورماتورهای قدرت مفید واقع می شود در استفاده از محافظ چند هدف وجود دارد: یکی جلوگیری کردن از تداخل فرکانس های نسبتاً بالا که در خطوط قدرت حمل می شوند از وارد شدن به مدار سیم پیچ ثانویه از طریق کوپلاژ خازنی بین سیم پیچها می باشد. یک محافظ می تواند به صورت ساده به عنوان یک وسیله ایمنی استفاده شود برای کم کردن خطوط اتصال کوتاه های اولیه به ثانویه. در بعضی از انواع سیم پیچ ها یک محافظ کمک می کند، تا خاصیت خازنی بین سیم پیچ های اولیه و ثانویه به وسیله توزیع مجدد آن از اولیه به ثانویه به اولیه و ثانویه به زمین کاهش یابد. محافظ در بیشتر انواع آن زمین شده است.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

محافظ می تواند یکی از چندین شکل موجود باشد. معمولترین نوع آن یک ورقه نازک مسی است که دور سیم پیچی پیچیده شده است مانند شکل ۳-۱۴ . باید دقت شود که قسمت همپوشانی عایق کاری شود اگر این کار انجام نشود، محافظ معادل یک سیم پیچ ثانویه تک دور اتصال کوتاه شده خواهد شد. جریان بزرگی که حاصل می شود می تواند ترانسفورماتور را بسوزاند. تکه سربی اغلب به ورقه لحیم می شود و با آن بیرون سیم پیچ را به زمین وصل می کنند. نوع معمول و ساده دیگر محافظ، ساختن یک سیم پیچ از سیم نازک روی یک لایه از سیم مسی عایق کاری شده می باشد. یک انتهای سیم پیچی مذکور باز گذاشته می شود انتهای دیگر آن از سیم پیچی خارج شده و اغلب برای اتصال به زمین است. اندازه آن سیم اغلب ترجیحاً کوچک است. این نوع را در شکل ۳-۱۵ می بینیم.

سیم پیچی های متوازن شده:

در بعضی از کاربردها (به طور قابل ملاحظه در تقویت کننده‌های Push Pull) مزیت هایی در متوازن کردن یک سیم پیچی از نظر مقاومت، خازن و تعداد دورها در اطراف tap مرکزی، مانند شکل ۳-۱۶ موجود است. یک شکل ساده ولی موثر متوازن کردن، در شکل ۳-۱۷ نشان داده شده است توجه کنید که ثانویه در واقع دو سیم پیچی موازی است. این همچنین مثالی از یک ترتیب استاندارد ثانویه بالای سر اولیه است. سیم پیچی bifilar که قبلاً گفته شد نیز یک توازن تقریباً کامل را در اطراف tap مرکزی ایجاد می‌کند اساس آن در شکل ۳-۱۸ نشان داده شده است. سیم های دوتایی به طور همزمان سیم پیچی می شوند در این روش هر دو سمت سیم پیچی دقیقاً طول یکسان و بنابراین مقاومت و خازن یکسان دارند. انتها ها باید به صورت صحیح وصل شوند. اگر این طور نباشد، سیم پیچ ها با یکدیگر مخالفت می کنند و اندوکتانس را کم کرده و یا حذف می کنند، اگر tap مرکزی باز شود دو سیم پیچ متوازن شده در سر وسط حاصل می شوند.

بالاخره اگر هسته از نوع Core Type باشد، یک شکل سیم پیچی با نام سیم پیچ astatic بعضی موارد برای فواید آن استفاده می شوند. در اینجا سیم پیچی های اولیه و ثانویه به نصف اولیه و نصف ثانویه تقسیم شده و روی هر leg همانطور که در شکل ۳-۱۹ نشان داده شده قرار می گیرند در حالی که در آن یکی از اساسی‌ترین مزایای نوع هسته ای ترانسفورماتور با نام جداسازی دو سیم پیچی در وضعیت های ولتاژ بالا اندوکتانس نشتی را بهتر کرده و یک روش با ارزش تولید می کند که در نوع Shell Type غیرقابل دسترسی است.

این روش همچنین می تواند اثر میدان متداخل را خنثی کند. با مراجعه مجدد به شکل ۳-۱۹ مشاهده می شود که هر نصف یک سیم پیچ دارای پلاریته یکسان (با همان فلوی گردشی که دور هسته آن را در بر

می گیرد) نسبت به نصف دیگرش می باشد. به عبارت دیگر آنها به هم کمک می کنند. این برای ولتاژ القا شده در سیم پیچ توسط میدان خارجی که آن را قطع می‌کند در جهت نشان داده شده در شکل صحیح نیست. در این نمونه جهت سیم پیچی ها طوری است که ولتاژهای القایی متداخل در هر نصف سیم پیچی در جهت مخالف بوده و آن را از بین می برند.

سیم پیچی روی هسته های Tape-Wound (Toroids)

مزایای هسته های tape-wound در فصل ۲ توضیح داده شد. همچنین در سیم پیچی های toroid ی هم مزایایی وجود دارد. واژه toroid در اینجا به معنی سیم پیچی به شکل خاص toroid بوده و نه دقیقاً همه سیم پیچی‌هایی که روی هسته های toroid ی پیچیده می شوند. برای اینکه همه سیم پیچی هایی که روی هسته های toroid ی پیچیده می شوند دارای شکل toroid نیستند. اگر یک سیم پیچی فقط یک طول کوتاه از 360 درجه قابل دسترس دور هسته را پر کند آن یک سیم پیچ toroid ی نخواهد بود. برای اینکه سیم پیچی toroid ی باشد باید همه طول را بپوشاند. باید برای بدست آوردن آن در صورت نیاز سیم جاسازی کرد. مزیت اصلی سیم پیچ toroid ی آن است که دارای میدان خارجی بسیار کوچکی است. میدان در اصل درون toroid متمرکز شده است. مزیت مهم دوم این است که اندوکتانس نشتی آن کوچکترین مقدار است به خاطر اینکه برای خطوط فلو مشکل است که از هسته خارج شوند بدون اینکه سیم پیچ را link کنند، و سومین مزیت این است که آثار میدان های تداخلی خارجی از هر جهتی که باشد منتهی به خنثی شدن می شود طبق رفتار متشابهی که در سیم پیچ‌های astatic اتفاق می افتد. این نکات در شکل ۲۰-۲ ، توضیح داده شده اند.

با توجه به همه اینها نتیجه می گیریم که toroid به صورت کلی بخاطر شکل آنها یک ساختار سودمند هستند و با توجه به این واقعیت که سیم باید به صورت مستقیم روی هسته پیچیده شود نه اینکه روی بوبین باشد و بعداً به روی هسته سوار شود toroid ها مشکلاتی دارند.

باید بپذیریم که پیچیدن تعداد دور زیاد روی یک هسته toroid ی توسط دست یک کار بی نهایت ملالت آور است که افراد کمی به نظر می رسد بتوانند آنرا انجام دهند و کسانی که آنها را انجام می دهند فقط افرادی با توانایی عالی هستند. در کل کاربردهای زیادی برای toroid ها وجود دارد که به نسبت تعداد دور کم نیاز دارد. بنابراین همیشه مورد توجه کاربران هستند در جایی که عملکرد بالا نیاز است. در کارهای تجاری که ماشینها برای اهدافی قابل دسترس طراحی می شوند مسأله تعداد دورها بحرانی نخواهد بود.

لایه ها و تعداد دور در هر لایه

با نگاهی به یک toroid در شکل ۲۰-۳ ، به مشخصه زیر بر می خوریم. برخلاف سیم پیچی معمولی هر لایه دارای طول متفاوت است. بنابراین برای هر سیم پیچی هر یک از لایه ها دارای تعداد دور متفاوتی هستند. طول لایه اول با طول محیط داخلی برابر است و تعداد دور روی آن هم به وسیله ضرب این طول در عدد تعداد دور در هر اینچ برای اندازه سیم که استفاده شده است بدست می آید. طول سیم پیچی قابل دسترسی برای لایه دوم کمتر از اولی است و لایه سوم کمتر از دومی و به همین ترتیب با یک روند کاهشی دارد، تا اینکه بالاخره فقط تعداد دور کمی امکان قرار گرفتن در روی لایه را داشته باشند و سوراخ مرکزی هسته تقریباً با سیم پر شود.

تعداد دورهای روی لایه های کامل یک سیم پیچ داده شده با سرعت 6 دور در هر لایه کاهش می یابد با صرفنظر کردن از اندازه سیم، و باعث می‌شود که هر لایه مستقیماً روی لایه قبلی قرار بگیرد بدون فاصله افتادن بین ماده. وقتی تعداد دور برای لایه اول انجام شد بقیه لایه ها به صورت ساده با کم کردن 6 لایه از لایه قبلی آنها تعیین می شود. به عنوان مثال در نظر بگیرید که هسته ای دارای یک شعاع داخلی 2.3 inch است. طول سیم پیچی (محیط درونی هسته مورد نظر) برابر می شود با $2.13\times3.14=6.668inch$ فرض کنید، سیم، نمره 20 است. از جدول سیم ها عدد تعداد دور به ازای هر اینچ برای عایق کاری سنگین 26 است که می‌شود $26\times6.688=173.9inch$ یعنی 174 دور در لایه اول، لایه دوم بنابراین 168 دور خواهد داشت لایه سوم 162 دور و چهارم 156 دور، و به همین ترتیب روش معمولی برای تعیین مقدار دور سیم پیچی بدست می‌آید و برای اینکه ما بدانیم چند لایه مورد نیاز می باشد، راحت ترین راه انجام آن این است که به صورت لایه به لایه 6 دور کم کنیم. تا تعداد دور مجموع کل بدست می آید. و مقدار لایه های مورد نیاز مشخص گردد. برای مثال اگر تعداد دور روی سیم پیچی 250 باشد و 60 دور در لایه اول باشد، لایه های کل برابر می شود با 60+45+48+42+36=240 دور و 10 دور باقیمانده نیز به عنوان یک لایه ششم بصورت ناقص پیچیده می شوند.

البته این یک سری حسابی است اگر تعداد دور زیادی داشته باشیم با معادله معمولی زیر می توانیم آن را حل کنیم:

$$n=\frac{(a+3)-\sqrt{(a+3)^2-12N_T}}{6} \quad (۳-۲۵)$$

a : تعداد دور لایه اول

n : تعداد لایه ها

N_T : تعداد کل دورها

از مثال قبلی که $a=60$ و $N_T=250$ ، $n=\frac{(60+3)-\sqrt{(60+3)^2-12(250)}}{6}$ ، یا تقریباً 6 لایه بدست می آید.

طول سیم:

در toroid ها مانند سایر اشکال عدد طول سیم مورد نیاز برای تعیین مقاومت، افت ولتاژ و تلفات توان مورد نیاز است. البته آشکار است که مشخص کردن طول سیم نیز مهم است.

به خاطر اینکه در ترانسفورماتورهای کوچک عبور مثلاً یک قرقره نیم پوندی از سوراخ آن برای سیم پیچی تقریباً غیرممکن است. بنابراین لازم است که قبل از شروع سیم پیچی طول مشخص بریده شود. اگر سیم پیچ به صورت دستی انجام گیرد، سیم شاید بتواند با یک قرقره کوچک پیچیده شود یا اگر خیلی دراز باشد، می تواند به صورت ساده روی یک قرقره باشد ولی باید خیلی با دقت انجام شود.

اطلاعات طراحی کارخانه ها بعضی موارد طول سیم را برای هر هسته در مبنای کمترین اینچ برای هر دور در لایه اول و بیشترین اینچ به ازای دور برای لایه آخر می دهند. اگر تعداد دورها را بدانیم یک تقریب می‌تواند برای طول کل انجام شود. بنابراین طول به صورت دقیق می تواند با چنین روشی محاسبه گردد، طوری که قبلاً برای سیم پیچی های معمولی با استفاده از اعداد طول میانگین دور و ضرب آن در تعداد دورها انجام می‌شد. (شکل ۲۱-۳)

نکات پراکنده:

در ولتاژهای معمولی امکان دارد که با استفاده از عایق کاری سنگین از استفاده از عایق بین لایه ای پیشگیری کنیم. (جدول ۱-۳) بنابراین آرامش خاطر وقتی ایجاد می گردد که سیم پیچ با لایه نازک کاغذ انجام شود و به صورت لایه های باریک بریده شود و روی هر لایه با توجه به وضعیت ولتاژ با آن هماهنگ شود. یک نوار چسبنده از پلاستیک توسط الکتریسین با کمی کشش استفاده می شود که برای پوشش خارجی سیم پیچ عالی است.

وقتی که یک هسته از نوع پوشیده شده با پلاستیک نباشد، لازم است که برای حفاظت از سیم پیچی دور هسته نوار فلزی پیچیده شود. این مسأله باید در ذهن باشد تا در محاسبات مربوط به ساختمان و فضای سیم پیچی منظور شود. همچنین نباید فراموش کرد که برآمدگی غیرقابل اجتنابی در سیم پیچ ها با در نظر گرفتن K فاکتور کوچک و یا اضافه کردن حدود ۱۰٪ به فضای سیم پیچی محاسبه شده منظور شود.

البته اجباری در استفاده کردن فرد از مقادیر ضخامت و ساختمان که قبلاً در سیم پیچ استاندارد گفته شد وجود ندارد یا در اینچ مربع به جای میل مدور. تنها قانون این است که کدامیک راحت تر است.

با توجه به ساختمان مشخصه یکتای سیم پیچی toroid ی این است که دورها کامل کنار هم قرار می گیرند از یک طرف به طرف دیگر در قسمت دایره درونی ولی در قسمت خارجی این طور نیست. در بیرون همیشه فضاهایی بین دورهای یک لایه موجود خواهد بود. شکل (۲۰-۳)

یعنی اینکه دورهای لایه بعدی بین آنها در لایه پایینی خواهد افتاد و باعث یک وضعیت نامرتب شده و امکان بدست آوردن یک سیم پیچ با layer-wound صحیح با سیم های اندازه بالا نیز امکان ندارد. در بیان معمولی بهتر است لایه اول با سیم بالاترین اندازه انجام شود و لایه های بعدی به ترتیب با قطرهای کاهشی انجام شود (که از نظر نمره سیم صعودی است).

K فاکتور toroid

نیاز برای طراحی برای یک K فاکتور مشخص اهمیت زیادی دارد ولی در این نمونه K فاکتور چه مقدار باید باشد. آن بستگی به روش سیم پیچی دارد ممکن است یک K فاکتور بزرگتر برای یک سیم پیچی با دست پیچیده شده نسبت به سیم پیچی با ماشین پیچیده شده باشد. برای اینکه مهارت دست یک اپراتور مجرب می تواند از ماشین بیشتر باشد. در واقع ممکن است یک toroid سیم پیچی شود با روشی که برای نخ کردن سوزن به کار می رود. اگر این بتواند انجام شود یقیناً فضای سیم پیچی می تواند بهتر شود.

برای نشان دادن اینکه منظور از K فاکتور مثلاً 0.2 چیست به شکل ۲۲-۳ توجه کنید. هسته نشان داده شده دارای قطر داخلی 2.0 inch (ID) می‌باشد که 2000 mil بوده و بنابراین مساحت آن $2000^2 = 4\times10^6$ میل مدور خواهد بود. یک K فاکتور 0.2 یعنی اینکه مساحت سیم پیچی $0.2\times4\times10^6 = 8\times10^5$ میل مدور خواهد بود. قسمت خالی مساحت پنجره برابر با $0.8\times4\times10^6 = 3.2\times10^6$ میل مدور خواهد بود یا یک دایره به شعاع برابر با $\sqrt{3.200.000} = 1788.85mil$ می باشد. این برابر با 1.788 اینچ می‌باشد. یک K فاکتور 0.4 یعنی اینکه $0.6\times4\times10^6$ میل مدور از مساحت پنجره خالی است. از نظر قطر یعنی 1.55 inch که توسط خط چین در شکل ۲۲-۳ نشان داده شده است.

: Build

قسمت build با روش مشابه با هسته های استاندارد تعریف می شود و دقیقاً می تواند با همان روش محاسبه شود. بنابراین بیشترین مقدار ممکن build توسط K فاکتور تنظیم می شود. با توجه به اینکه یک

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

K فاکتور انتخاب شده است، یک روش معمول مقایسه ای یک طراحی سیم پیچی آزمایشی با فضای سیم پیچی در نظر گرفته شده برای آن به صورت زیر است.

سطح مقطع سیم پیچ توسط ضرب مقطع یک رشته از سیم در تعداد دورهای سیم پیچی محاسبه می شود. اگر سطح مقطع سیم به میل مدور باشد مساحت کل با همان واحد خواهد بود. بنابراین:

$$w_1 = N_1 \times A_1 \quad (۳-۲۶)$$

w_1 : مساحت اولین سیم پیچ به میل مدور

N_1 : تعداد دورها در اولین لایه

A_1 : سطح مقطع یک رشته از سیم در سیم پیچی به میل مدور

سطح مقطع سیم پیچ دوم نیز به همین روش محاسبه می شود بنابراین مساحت کل برای n سیم پیچی برابر می شود با $w_T = w_1 + w_2 + ... + w_n$.

K فاکتور برای طراحی مورد نظر به صورت زیر است:

$$K = \frac{w_T}{w} \quad (۳-۲۷)$$

w : مساحت پنجره (ID^2) به میل مدور

مقایسه این عدد با K فاکتور اصلی که انتخاب شده است نتیجه را مشخص می کند.

WikiPower.ir

جدول سیم:

جدول سیم در جدول ۲-۳ به صورت خاص برای toroid ها به کار برده شده است که فقط عایق سنگین که اغلب در toroid ها مورد استفاده قرار می گیرد، در نظر گرفته شده است. عایق کاری بین لایه ها اغلب انجام نمی‌شود. ممکن است کاربر در هنگام پیچیدن این نوع سیم با مشکلاتی روبرو شود بنابراین یک سیم با عایق کاری سبک می تواند با یک لایه کاغذ نازک، که به صورت باریک بین لایه ها پیچیده می شود، استفاده می گردد. این عمل باید دقیق شود ولی کاربر معمولی، که اغلب با دست سیم پیچی می‌کند، باید دقت بیشتر برای انجام این عمل اختصاص دهد تا افراد حرفه‌ای.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل چهارم

طراحی ترانسفورماتور

اصولاً تفاوت بین روشهای طراحی برای ترانسهای توان بالا یا پایین یا ولتاژ و جریان زیاد و کم، چندان زیاد نیست. بنابراین یک روش کلی در این فصل بصورت یک الگوریتم، در یک مثال کلی و بدون در نظر گرفتن شرایط، خاص پیشنهاد شده است.

در طراحی های اولیه انجام شده از جریان مغناطیس کنندگی صرفنظر شده است، که یک عمل معمولی در طراحی های غیرحساس می باشد. ولی در ادامه تأثیر این جریان نیز در روند طراحی ها منظور شده است.

طرح یک مسأله:

یک ترانسفورماتور مورد نیاز است که در ولتاژ 110 ولت و فرکانس 60 هرتز کار کند، و ولتاژ 5 ولت را در جریان 4 آمپر تحویل دهد. دمای محیط از 40 درجه سانتیگراد بیشتر نمی شود. این ترانس بصورت شکل ۱-۴ نصب شده است.

WikiPower.ir

روند طراحی:

برای آغاز روند طراحی ابتدا یک عدد برای راندمان در نظر می گیریم. این عدد راندمان 0.85 است. سپس برای شروع کار باید کاتولوگهایی از هسته‌های موجود در اختیار داشته باشیم تا از وجود هسته بدست آمده اطمینان حاصل نماییم.

در هر طراحی یک سری صفحات طراحی (design sheet) بکار می‌رود که کلیه نتایج بدست آمده از طراحی در هر مرحله روی آن ثبت می شود و در پایان روند طراحی نتیجه کار و مراحل بهبود آن ها مشخص می شوند. نمونه ای از آنها در شکل ۲-۴ آورده شده است.

از روی مسأله مشخص است که براحتی توان ورودی ترانس را می توان محاسبه کرد:

$$P_{out} = V_o \times I_o = 5 \times 4 = 20 watts \quad (۴-۱)$$

در راندمان 0.85 می توان توان ورودی را حساب کرد:

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta} = \frac{20}{0.85} = 23.5 watts \quad (۴-۲)$$

چگالی جریان را حدوداً می توان 600 CM/A یا 700 CM/A باشد که ما آن را 700 CM/A می گیریم.

در مورد نوع هسته و ورقه مورد استفاده نوع EI از جنس Low-Carbon steel انتخاب می شود و چگالی شار مغناطیسی این نوع از مواد حدود 12000 gauss می باشد. در این حالت و با مشخصات بدست آمده و فرضیات اولیه مقدار Wa را براحتی بدست می آوریم:

$$Wa = \frac{17.26SP}{fB} = \frac{17.26 \times 700 \times 23.5}{60 \times 12000} \approx 0.4 inch^4 \quad (۴-۳)$$

حال باید ورقه ای را از میان کاتولگ های هسته پیدا کرد که Wa نزدیک $0.4 inch^4$ داشته باشد. با یک جستجو در میان هسته هایی که مشخصات آنها را در دسترس داریم، به این نتیجه می رسیم که هسته با شماره 87EI (یا 87MH) نزدیکترین عدد Wa را به 0.4 دارد. حاصلضرب a در W در این هسته $0.44 inch^4$ است. مشخصات این هسته در شکل ۳-۴ آورده شده است.

حال باید در این مرحله مقدار a مورد نیاز برای این نوع ورقه بندی و با مساحت پنجره هسته W در این نوع ورقه مساحت پنجره هسته $0.575 inch^2$ می باشد. در نتیجه برای مقدار a که از تقسیم Wa بدست آمده به این عدد حاصل می شود عدد $0.9 inch^2$ بدست خواهد آمد:

$$a=\frac{Wa}{W}=\frac{0.4}{0.575}\approx 0.7inch^2 \quad (۴-۴)$$

در اینجا اگر بخواهیم مقدار stack را حساب کنیم، باید عدد بدست آمده از معادله ۴-۴ را بر مقدار عرض شاخه وسطی هسته مورد مطالعه، که با E اغلب نمایش داده می شود، تقسیم کرد. در کاتالوگ موجود مقدار E برابر با 7/8inch داده شده است، بنابراین خواهیم داشت:

(۴-۵)

در اینجا منظور از stack مجموع ضخامت های ورقه های آهن می‌باشد.

در مرحله بعد به محاسبات اصلی و پایه ای در طراحی می رسیم و در ابتدا مقدار T یا همان تعداد دور به ازای هر ولت را محاسبه می کنیم:

$$T=\frac{N}{V}=\frac{3.5\times 10^6}{faB}=\frac{3.5\times 10^6}{60\times 0.7\times 12000}\approx 6.9Turns/Volt \quad (۴-۶)$$

در این مرحله می توانیم تعداد دورهای اولیه و ثانویه را با جبران سازی افت ولتاژها بدست بیاوریم، که در اینجا جبران افت ولتاژ را با اعمال در تعداد دور ثانویه انجام خواهیم داد:

$$N_1=T\times V_1=6.9\times 110=759Turns \quad (۴-۷)$$

$$N_2=\frac{V_2N_1}{V_1\sqrt{\eta}}=\frac{5\times 759}{110\times\sqrt{0.85}}\approx 37.4Turns \quad (۴-۸)$$

در حالت بدون جبران سازی تعداد دور در ثانویه برابر با $6.9\times 5=34.5$ دور خواهد بود، بنابراین مقدار افت ولتاژ کل برابر مقدار بسیار کم 0.42 ولت خواهد بود:

$$\Delta V=\frac{37.4-34.5}{6.9}=0.42Volts \quad (۴-۹)$$

در گام بعدی مقدار برآورد اندازه سیمهای موردنیاز برای اهداف مسأله می باشد که با توجه به چگالی جریان انتخابی می توان این مقادیر را تعیین نمود.

مقدار جریان در اولیه با توجه به مقدار بدست آمده در رابطه ۲-۴ برای مقدار توان ورودی بدست می آید:

$$I_1=\frac{P_{in}}{V_1}=\frac{23.5}{110}\approx 0.218Amperes \quad (۴-۱۰)$$

حال به محاسبه اندازه سیم ها می پردازیم:

$$CM_1 = S \times I_1 = 700 \times 0.218 \approx 153CM \quad (۴-۱۱)$$

$$CM_2 = S \times I_2 = 700 \times 4 \approx 2800CM \quad (۴-۱۲)$$

با مراجعه به جدول سیمهای مسی که در فصل ۳ (جدول ۱-۳) معرفی شد، سیمهای نمره 28 با 158.8CM و برای ثانویه سیم نمره 16 با 2518CM نزدیکترین انتخابها برای سیمها می باشند. با استفاده از سایر اطلاعات موجود در جدول سیمها برای این دو نوع سیم مراحل کار را به پیش می بریم در این مرحله شروع به پر کردن یکی از برگه های طراحی می‌کنیم.

مقادیر ولتاژ ورودی، فرکانس، راندمان پیش بینی شده، تعداد دور بر ولت، شماره ورقه انتخابی، مقدار چگالی شار مغناطیسی، اندازه های فیزیکی ورقه انتخابی، مقادیرW ، a و Mp (مسیر متوسط مغناطیسی) را از کاتالوگ استخراج کرده و در محل خاص خود می نویسیم. در مورد v (حجم هسته) هم باید بدانیم که این مقدار از حاصل ضرب a در Mp بدست خواهد آمد. برای مقدار D باید عدد بدست آمده برای stack را به stacking factor تقسیم کرد. در این مسأله stacking factor را برابر با 0.9 می گیریم، بنابراین عدد بدست آمده برای D برابر می شود با $0.8/0.9 \approx 0.9$. مقداری که برای وزن (Wt) باید وارد شود نیاز به استفاده از جدول ۵-۲ می باشد. باید مقدار بدست آمده برای حجم را در ضریبی که از جدول مذکور برای آلیاژ مورد استفاده بدست می آید، ضرب کرد تا وزن هسته بدست بیاید. میزان تلفات به ازای واحد وزن را هم می توان از روی نمودارها و یا از روی فرمولهایی که در فصل ۲ (روابط ۴-۲ و ۵-۲) بدست آورد. در انتهای این قسمت باید میزان تلفات آهن را با ضرب کردن مقدار وزن در عدد تلفات به ازای واحد وزن در محل مربوط آورده شود.

حال، قسمت اول صفحه طراحی (قسمت windings) را با استفاده از اطلاعات بدست آمده از جدول سیمها، کامل می کنیم. در این قسمت باید طول مجاز برای سیم پیچی را با کم کردن دو تا مقدار مرز برای هر سیم بدست آوریم:

$$L_1 = G - 2 \times M\arg in_1 = 1.312 - 2 \times 0.125 = 1.062inch \quad (۴-۱۳)$$

$$L_2 = G - 2 \times M\arg in_2 = 1.312 - 2 \times 0.188 = 0.936inch \quad (۴-۱۴)$$

و از آنجا مقدار تعداد دور در هر لایه را حساب کرده و تعداد لایه ها را بدست می آوریم. برای اولیه تعداد دور در هر لایه 70 و برای ثانویه این مقدار برابر با 16 خواهد بود. بنابراین تعداد لایه ها برای اولیه 756/70=10.8 و در مورد ثانویه نیز برابر با 37/16=2.3 خواهد بود.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در مرحله بعدی به قسمت build می رسیم. برای قسمت مس تعداد کل لایه ها را برای هر سیم پیچی حساب کرده و در ضخامت سیم آن سیم پیچی که از جدول بدست می آید، ضرب می کنیم. در مورد ضخامت کاغذ مصرفی نیز عدد تعداد لایه ها را یکی کم کرده و در ضخامت کاغذ مورد نیاز برای سیم هر سیم پیچی ضرب می نماییم. برای قسمت کاور (cover) هم مقداری حدوداً 0.02 inch برای هر دو سیم پیچی مورد نیاز خواهد بود. در نهایت یک ضریب شکم 15% را به مجموع بدست آمده ضرب می کنیم، تا ضخامت کل بدست بیاید، که عدد 0.437 inch بدست می آید. شکل ۴-۴ روند طراحی را تا این مرحله نشان می دهد.

در این مرحله باید ببینیم که آیا سیم پیچی درون هسته موردنظر جا می‌شود یا خیر، که با توجه به اینکه در ابعاد ورقه مورد استفاده عرض پنجره هسته (F) برابر با 7/16 inch یا 0.4375 داده شده است، حتی اگر مقداری برای لقی و خلاصی و ضخامتی را که برای بوبین مورد نیاز است، در نظر نگیریم، این سیم پیچی با این ضخامت نمی تواند درون هسته قرار گیرد. بنابراین باید با روشی این مشکل را حل کنیم.

برای این کار روشهای متفاوتی وجود دارد، یکی عوض کردن سایز ورقه مورد استفاده است که معقول به نظر نمی رسد. راه حل دیگر افزایش a است که با توجه به روابط مربوطه باعث کاهش تعداد دور به ازای هر ولت می‌شود و در مجموع تعداد کل دورها و تعداد کل لایه ها و در نهایت ضخامت کل را کم می نماید. راه حل دیگری که ممکن است در مواقعی بر روی ضخامت کل بدست آمده تأثیر هر چند کمی داشته باشد، کم کردن ضریب شکمی است که با توجه به اعمال دقت زیادتر در عمل سیم پیچی می‌تواند بدست آید. در این مرحله ما راه حل دوم را، که بهترین راه نیز است، انتخاب می کنیم.

تعداد دور ثانویه را دقیقاً 32 می گیریم تا تعداد لایه های ثانویه برابر با 2.0 بشود. به این ترتیب به اندازه ضخامت یک لایه سیم مورد استفاده در ثانویه و یک لایه از ضخامت کاغذ مورد استفاده آن و نیز مقدار افزوده شده بخاطر ضریب شکم برای کل ضخامت سیم پیچ ثانویه، از کل عدد بدست آمده کم می شود، که با محاسبات بعدی شاید این کاهش ها در مورد سیم پیچ اولیه نیز اتفاق بیافتد.

حال با در نظر گرفتن اینکه $N_2 = 32$ ، برخی از محاسبات و اعداد بدست آمده تغییر خواهند کرد. برای تعداد دور برای اولیه با جبران سازی افت ولتاژ داریم:

$$N_1 = \frac{N_2 V_1 \sqrt{\eta}}{V_2} = \frac{32 \times 110 \times \sqrt{0.85}}{5} = 649 Turns \quad (۴-۱۵)$$

از این مقدار استفاده می کنیم تا مقدار سطح مقطع a جدید را حساب کنیم:

$$a=\frac{V_1\times 3.5\times 10^6}{N_1 fB}=\frac{110\times 3.5\times 10^6}{649\times 60\times 12000}=0.82inch^2 \quad (۴-۱۶)$$

با این مقدار بدست آمده برای a اعداد مربوط به حجم و به طبع آن وزن و نیز تلفات آهنی، در برگه طراحی باید تغییر کنند. با مقادیر جدیدی که برای تعداد دورها برای سیم پیچی ها بدست آمد، مجدداً تعداد لایه ها و ضخامت کل هر سیم پیچی با حساب مس و کاغذ استفاده شده برای آنها محاسبه خواهند شد که در نهایت 0.349 inch بدست خواهد آمد که عدد قابل قبولی است . با در نظر گرفتن 0.062 inch برای ضخامت بوبین مورد استفاده مقداری (0.026 inch) هم برای لقی سیم پیچی می توان در نظر گرفت.

در گام بعدی باید جدول تلفات (losses) را پر کرد. با استفاده از روابط ۳-۳ و ۳-۴ می توان طول میانگین (M) دور در هر سیم پیچی را محاسبه کرد.

$$M_1=2(E+D+4B)+\Pi w_1=2(0.875+1+4\times 0.088)+\Pi\times 0.194\approx 5.1inch \quad (۴-۱۷)$$

که در این فرمول B ضخامت در نظر گرفته شده برای بوبین بوده و w_1 ضخامت سیم پیچی ها بعد از ضرب ضریب شکم می باشد. به همین طریق برای سیم پیچی دوم داریم:

$$M_2=2(E+D+4B)+\Pi(2w_1+w_2)\approx 6.2inch \quad (۴-۱۸)$$

از مقادیر بدست آمده برای طول میانگین دورها، طول کل سیم مورد نیاز برای هر سیم پیچی را بدست می آوریم:

$$l_1=M_1\times N_1=5.1\times 649=3310inches \quad (۴-۱۹)$$

$$l_2=M_2\times N_2=6.2\times 32=198inches \quad (۴-۲۰)$$

حال برای بدست آوردن مقاومت سیم پیچی باید مقاومت گرم را حساب کنیم، یعنی عدد طول سیم را به 10 (نه به 12) تقسیم کرده و حاصل را به مقاومت واحد طول (اهم بر فوت) سیم که از جدول سیمهای مسی بدست خواهد آمد، ضرب می کنیم:

$$R_1=3310/10\times 0.0653=21.6\Omega \quad (۴-۲۱)$$

$$R_2=198/10\times 0.00402=0.083\Omega \quad (۴-۲۲)$$

از قانون اهم میزان افت ولتاژ را در هر دو سیم پیچی حساب می کنیم:

$$V_{d1}=R_1\times I_1=21.6\times 0.218=4.7Volts \quad (۴-۲۳)$$

$$V_{d2}=R_2\times I_2=0.083\times 4=0.33Volts \quad (۴-۲۴)$$

در این مرحله نیز می توان مقدار تلفات مس را حساب کرد:

$$p_{cu1} = R_1 \times I_1^2 = 1.022 watts \quad (۴-۲۵)$$

$$p_{cu2} = R_2 \times I_2^2 = 1.32 watts \quad (۴-۲۶)$$

بنابراین مجموع تلفات آهن و مسی در هسته و دو سیم پیچی برابر می‌شود با 1.022+1.32+4.6=6.94 watts که در صورتیکه ما همان 20 watt توان را به عنوان خروجی بخواهیم می توان راندمان را حساب کرد:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_L} = \frac{20}{26.94} = 0.74 \quad (۴-۲۷)$$

این مقدار بدست آمده برای راندمان از مقدار اولیه پیش فرض کمتر می‌باشد. با توجه به مقدار جدید که برای توان ورودی (تقریباً 27 watt) بدست می آید، مقدار جریان اولیه، افت ولتاژ اولیه و تلفات مس در اولیه تغییر خواهند نمود، که به نوبه خود میزان ولتاژ خروجی را در حالت بار کامل کاهش خواهد داد و در نتیجه باید در تعداد دور اولیه تجدید نظر و جبران سازی مجدد انجام شود تا افت ولتاژ ناشی از این موضوع به حداقل برسید و در بار کامل ولتاژ خروجی به کمتر از 5 ولت نرود:

$$I_1 = \frac{P_{in}}{V_1} = \frac{27}{110} = 0.245 Amperes \quad (۴-۲۸)$$

$$V_{d1} = 0.24 \times 21.5 = 5.27 Volts \quad (۴-۲۹)$$

در صورتی که بخواهیم ولتاژ خروجی (V_o) برابر با 5 ولت باشد از رابطه زیر برای تعیین تعداد دور اولیه استفاده می کنیم:

$$N_1 = \frac{N_2(V_{in} - V_{d1})}{V_o + V_{d2}} = \frac{32(110 - 5.27)}{5 + 0.33} = 628 Turns \quad (۴-۳۰)$$

با این تعداد دور مجدداً باید تعداد لایه ها و ضخامت هر قسمت باید محاسبه شود. در قسمت تلفات نیز باید تصحیح های لازم در مورد سیم پیچ اولیه انجام شود، و در طی چند مرحله این روند طی شود تا اینکه به مقادیر پایدار برسد. بعد از عبور از این مرحله باید به تکمیل قسمت افزایش دما در ترانس بپردازیم. قبل از ورود به این قسمت از برگه طراحی به محاسبه یک فاکتور مهم یعنی K فاکتور می پردازیم. این عدد توسط رابطه زیر بدست می آید:

$$K = \frac{(N_1 A_1 + N_2 A_2)7854 \times 10^{-10}}{W} = \frac{(628 \times 159 + 32 \times 2581) \times 7854 \times 10^{-10}}{0.575} = 0.25 \quad (۴-۳۱)$$

این عدد نشان می دهد که فقط 0.25 کل مساحت پنجره را مس اشغال می کند و بقیه با عایق، کاغذ، بوبین و کاور سیم پیچی و نیز مقداری فضای خالی پر می کند. باید توجه کرد که در محاسبه این مقدار و نیز در سایر فرمولها باید ضرایب و واحدهای هر کمیت، درست جای گذاری شوند.

در روند این عملیات تعداد دورهای اولیه تغییر می کند که این باعث می‌شود چگالی شار تغییر کند، در نتیجه تلفات آهن تغییر کند، سپس راندمان و جریان اولیه و تلفات مسی تغییر کنند. بنابراین باید مقدار چگالی فلو را در انتهای این مرحله نیز حساب نماییم تا در صورت نیاز تغییرات لازم انجام گردد:

$$B=\frac{3.5\times V_{in}\times 10^{6}}{faN}\approx 12460 gausses \quad (۴-۳۲)$$

مشاهده می شود که تغییرات زیادی اتفاق نیافتاده است.

در اولین گام برای پر کردن قسمت افزایش دما باید سطح خنک کاری یعنی Cs را با توجه به رابطه ۲۰-۳ محاسبه نماییم:

$$C_s=2L(E+2B+\Pi R)\approx 4.55 inch^2 \quad (۴-۳۳)$$

در این رابطه L طول سیم پیچی می باشد که بزرگترین عدد بین طولهای سیم پیچی، که قبلاً محاسبه شد، را برای آن استفاده می نماییم. مقدار E از شکل هندسی ورقه ها بدست می آید. مقدار B همان مقدار در نظر گرفته شده برای ضخامت بوبین و میزان لقی در آن است. عدد R هم نشان دهنده ضخامت کل بدست آمده برای سیم پیچی است.

حال باید به محاسبه اعداد t برای هر سیم پیچی پرداخت، که با توجه به توضیحات رابطه ۲۲-۳ بدست می آیند: $t_1\approx 0.056 inch$ و $t_2\approx 0.03 inch$ ، توجه کنید در محاسبه ضخامت نصف عایق های موجود در ثانویه، چون در سیم پیچ ثانویه فقط یک لایه کاغذ (عایق) وجود داشت، کل ضخامت یک لایه را در آن منظور کردیم و آن را نصف ننمودیم.

مقادیر توان تلف شده در هر سیم پیچی را نیز در اختیار داریم بنابراین براحتی می توانیم از رابطه ۲۲-۳ مقادیر مورد نیاز خود را حساب کنیم:

$$T_1=250t_1\frac{w_1}{C_s}=3.97^{\circ}C \quad (۴-۳۴)$$

$$T_2=250t_2\frac{w_2}{C_s}=2.18^{\circ}C \quad (۴-۳۵)$$

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

از مقادیر T_2, T_1 مقدار To محاسبه خواهد شد:

$$T_o = T_1 + T_2 = 3.97 + 2.18 = 6.15^\circ C \quad (۴-۳۶)$$

حال باید Ts را طبق رابطه ۳-۲۱ حساب کنیم. در اینجا باید به نحوه قرار گرفتن ترانس که در شکل ۴-۱ نشان داده شده است، توجه کرد تا در محاسبه مقدار H با توجه به توضیحات شکل ۳-۸ دقت لازم منظور شود. در این مسأله H همان طول سیم پیچی (L) است:

$$T_s = 20H\frac{w_T}{C_s} = 12.19^\circ C \quad (۴-۳۷)$$

بعد از محاسبه To , Ts میزان افزایش دمای ترانس در شرایط توضیح داد شده را می‌توان یافت :

$$T_T = T_0 + T_S = 18.34^\circ C \qquad (4-38)$$

چون بیشترین دمایی که یک ترانس معمولی می‌تواند در آن بکار عادی خود ادامه دهد حدوداً ۱۰۵ درجه است، بنابراین حداکثر دمای محیط که در آن این ترانس کار عادی خود را بدون مشکل انجام می‌دهد 105-18=87 ˚C: خواهد بود، که چون این مقدار از حداکثر دمای محیط (40ĉ) که در ابتدا داده شده بود بیشتر است، پس این ترانس برای این محیط مناسب می‌باشد. شکل ۴-۵ نتیجه یک روند کلی را در این مورد برای این هسته

برنامه کامپیوتری :

در انتهای این بخش یک برنامه کامپیوتری برای حجم بالای محاسبات لازم برای هر طراحی پیشنهاد شده است که در آن کلیه محاسبات با نرم افزار MATLAB انجام می شود. کلیه اطلاعات مربوط به طراحی و کاتالوگ‌های موجود برای هسته‌های مختلف در یکسری از پایگاه‌های اطلاعاتی (Database)، که از پایگاه اینترنتی یکی از شرکتهای معتبر فعال در زمینه ساخت و تولید ورقه و قطعات مورد نیاز برای وسایل الکتریکی جمع آوری و استخراج شده است، با استفاده از نرم افزار Microsoft Access، قرار داده شده‌اند که با توجه به رفرنس‌ها نشان داده شده در شکلهای ۴-۷ و ۴-۸ برای دو نوع هسته EI و C، می‌توان محتوای کلی اندازه‌های را برای هسته‌ها بدست آورد. چند نتیجه از این برنامه و خود برنامه در انتهای پروژه آمده است.

در پایان این بخش متذکر می‌شویم که Database های مورد استفاده برای این برنامه اغلب برای ولتاژهای پایین و جریان‌های متوسط قابلیت استفاده را دارند، برای استفاده از هسته‌های بزرگتر برای ولتاژها

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

و جریان‌های زیاد باید اطلاعات این نوع هسته‌ها را به مجموعه موجود اضافه نمود، ولی روند طراحی تغییر زیادی نخواهد نمود.

ضمیمه

مطالب بیشتر در مورد هسته و سیم پیچی

پاکت بندی و سطح مقطع هسته :

انتخاب هسته با توجه به توان ترانس تقسیم بندی شده است. در صورتی که توان ترانسفورماتور کمتر از 20 MVA باشد از نوع میله مهار و در صورتی که توان ترانسفورماتور بیشتر از 20 MVA باشد از نوع تیغه مهار استفاده می‌شود.

پاکت بندی و سطح مقطع هسته برای چهارچوب‌های پرس با میله مهار:

پهنای استاندارد ورقها برای ترانسفورماتورهای قدرت و راکتورها به صورت زیر است که Bs در زیر توضیح داده می‌شود (شکل ۱)

اگر $80 \le B_S \le 480$ پله 20 mm

اگر $B_S \le 480$ پله 30 mm

پهنای ورق محاسبه شده طبق رابطه‌های زیر به نزدیکترین پهنای استاندارد گرد می‌شود :

$$B_1 \le K_B D_S \Rightarrow B_1 \le 0.99 D_S \qquad (1)$$

B_2 پهنای ورق کوچکتر از B_3, B_1 پهنای ورق کوچکتر از B_2 می‌باشد.

$$B_N < \sqrt{D_S^2 - (D_S - 2A_P)^2} \qquad (2)$$

$$x \le N \Rightarrow B_x > B_x - \frac{B_{X-1} - B_N}{N - x + 1} \qquad (3)$$

رابطه ۲، در واقع رابطه فیثاغورث برای یک ضلع B_N می‌باشد.

D_S : قطر سطح مقطع

$B_S[mm]$: بزرگترین پهنای ورق ساق پیچی شده

$B_1 - B_N[mm]$: پهنای ورق اولین تا N امین پله

$S_S[mm]$: ضخامت لایه گذاری هسته

$A_P[mm]$: فاصله بین دایره هسته باند لایه گذاری (فضا برای اجزای پرس)

N : تعداد پله‌های هسته

X : پله xام

$Q_{Fe}[cm^2]$: سطح مقطع هندسی هسته

$Q_s[cm^2]$: سطح مقطع موثر هسته

K_B : ضریب برای بزرگترین پهنای هسته

$$S_S = S_N = D_S - 2A_P$$
$$S_X = \sqrt{D_S^2 - B_X^2}$$
$$Q_{Fe} = \sum_{X=1}^{N} (S_X - S_{X-1})B_X \qquad (4)$$
$$P_{ALCX} = S_X - S_{X-1} - Cd$$
$$P_{AK} = \frac{P_{ALCK}}{0.3} \times 1.08$$

Cd : ضخامت کانالها

$P_{AKX}[mm]$: ضخامت پاکت xام

P_{AK} : تعداد ورق‌های پاکت xام

برای دو حالت زیر (شکل ۲) خواهیم داشت :

$$P_{AK1} = S_1 - S_D \quad , \quad S_D = 6mm \quad , \quad P_{AK2} = S_2 - S_1 - 2S_D \qquad (5)$$

مقادیر N, A_P بر طبق یک سری استانداردهایی مشخص می‌شوند که در جدول ۱، با رفرنس شکل ۳ آورده شده است.

پاکت بندی و سطح مقطع هسته برای چهارچوب‌های با تیغه مهار:

پهنای استاندارد ورق‌ها بدین قرار است :

اگر $60 \le B_S \le 480$ پله 20 mm

اگر $B_S \le 480$ پله 30 mm

1 : اگر $B \ge 990mm$ باشد، ورق‌ها با فاصله 2mm از هم قرار می‌گیرند.

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

3 : بیرون زدگی گوشه‌های هسته در جهت شعاعی در دایره هسته $0.3mm \geq$ است.

4 : تعداد وضعیت کانالهای خشک کنندگی که بستگی به گرمای هسته دارد.

6 : بیرون زدگی ضخامت تیغه مهار در جهت لایه گذاری در دایره هسته $0.2mm \geq$ است.

$B_z, S_Z [mm]$ ابعاد تیغه مهار می‌باشد.

$A_{Zk} [mm]$ فاصله بین تیغه مهار و لایه گذاری (جا برای اجرای فاصله گذاری و اجزاء خنک کاری)

$$\begin{aligned} 350 \leq D_s \leq 878mm &\Rightarrow A_{ZK} = 2mm \\ 379 \leq D_s \leq 1699mm &\Rightarrow A_{ZK} = 5mm \end{aligned} \qquad (۶)$$

جداول ۲ و ۳ اطلاعات مفیدی را در مورد Ap, Bz به ما می‌دهند.

بین نوارهای صفحات پرس کشش، شکافی به پهنای3mm وجود دارد.

نحوه چیدن ورق‌ها در هسته :

به دلیل نیروهای الکترومغناطیسی و مکانیکی باید محل برخورد بین یوغ‌ها و ساق‌ها را با روی هم قرار دادن به طور معین انجام داد که به دو صورت معین می‌باشد که عبارتند از :

۱. در روش over lap

در این روش به علت زیاد بودن فاصله هوایی، تلفات هسته زیاد می‌شود مخصوصا جریان بی باری خیلی زیاد است. مونتاژ این گونه هسته‌ها راحت تر است و هسته تمام ترانسفورماتورهای توزیع و قدرت تا 3-40MVA تحت این روش مونتاژ می‌گردند.

۲. روش Step lap

این روش از نظر جریان بی باری بسیار مناسب بوده و معمولا برای ترانسفورماتورهای بالاتر از 30 MVA به کار می‌رود مزایای این روش عبارتند از :

کاهش جریان بی باری (حدود 30% نسبت به روش قبلی)

کاهش اثر فاصله هوایی

کاهش تلفات بی باری

کاهش صدای نویز

استحکام مکانیکی بالا

و از معایب این روش می‌توان به مشکل بودن تولید آن اشاره کرد.

مهار هسته :

بوبین‌ها را می‌توان به صورت یک فنر با سختی K زیاد در نظر گرفت به دلیل وجود نیروهای وارده بر بوبینها امکان ریزش بوبین وجود دارد بنابراین باید کاری کرد که به هسته نیروی کمتری وارد گردد.

مهار هسته در دو جهت طولی و عرضی صورت می‌گیرد در جهت عرضی به کمک پروفیل‌هایی به هم فشرده می‌شود و در جهت طولی نیز توسط میله مهار یا تیغه مهار، هسته محکم می‌گردد.

۱. روش میله مهار و ناودانی :

این روش برای ترانسفورماتورهای کوچکتر تا محدوده 20MVA-63KVA صورت می‌گیرد برای ترانسفورماتورهای بالاتر از 20MVA از روش تیغه مهار استفاده می‌کنند. در ترانسفورماتورهای قدرت تعداد میله مهار 8 عدد می‌باشد و میله‌ها خارج هسته بوده و ارتباطی به خود هسته ندارند.

۲. روش تیغه مهار :

برای ترانسفورماتورهای بالاتر از 20 MVA از تیغه مهار استفاده می‌شود. تیغه در پاکت بندی هسته تاثیر گذاشته و جزء هسته می‌باشد. جنس تیغه مهار از فلزات ضد مغناطیسی بوده و مقاومت مغناطیسی بالایی دارد. تیغه مهار جزء قطعات حساس چهارچوب به حساب می‌آید، زیرا که در اثر اعمال نیروهای متغیر از طرف هسته و بوبین‌ها همواره نیروی دینامیکی رفت و برگشتی به آن اعمال می‌گردد. قطعه گیره مانندی روی تیغه جوش خورده و باعث ایجاد اتصال می‌گردد.

انتخاب سیم و ایزوله آن :

انتخاب سطح مقطع سیم بر اساس جریان هر فاز صورت می‌گیرد و ایزوله آن بر اساس ولتاژ ضربه انتخاب می‌شود :

$$I = \frac{S}{V}[A] \quad (۷)$$

سطح مقطع سیم مورد نیاز عبارت است از :

$$Q_{CU} = \frac{I}{J_{CU}} mm^2 \quad (۸)$$

J_{CU} : انتخاب اولیه برای چگالی جریان می‌باشد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

هادی‌ها از جنس مس یا آلومینیوم می‌باشند هادی‌های مسی دارای رسانایی الکتریکی بهتر و وزن بیشتری می‌باشد در صورتیکه هادی‌های آلومینیومی دارای رسانایی کمتر و وزن کمتری می‌باشند همچنین تلفات نیز در آلومینیوم بیشتر است. معمولا در ترانسفورماتورهای توزیع از سیم گرد و در ترانسفورماتورهای قدرت از سیم‌های تخت استفاده می‌شود.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

انواع سیمهای تخت :

۱. سیم تختی که از سیم‌های گرد ساخته می‌شود و سطح مقطع آن به شکل مستطیل بوده ولی راسهای آن کاملا تیز نیست یعنی لبه آن به صورت گرد و دارای شعاع r می‌باشد.

لبه‌هابه این دلایل گرد می‌شوند که

قالب بندی آن کاملا مستطیل نمی‌تواند باشد

در لبه‌های نوک تیز میدان شدیدتر و خطرناکتر می‌باشد.

عایق بندی (پیچیدن کاغذ عایق روی آن) مشکل می‌شود چرا که عایق‌ها در اثر کشش در لبه‌های نوک تیز پاره می‌شوند.

۲. سیم‌های دو قلو که در ترانسفورماتورهای با ولتاژ بالا به خاطر عایق بندی بهتر از این نوع سیم استفاده می شود.

۳. سیم‌های بافته که در زمان نیاز به سطح مقطع بالا (ترانسفورماتورهای با جریان‌های خیلی بالا) از این نوع سیم استفاده می‌شود. تعداد هادیها در سیم بافته فرد بوده و لاک شده می‌باشند و از همدیگر کاملا عایق می‌باشند با استفاده از این سیم تلفات eddy کاهش می‌یابد.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

منابع و مراجع

[1] Lowdon, E. : Practical Transformer Design Handbook. Edition : 1958

[2] Electrical machinery Analyses Applying MATLAB

[3] حشمتی، احمد. گزارش دوره آموزش در شرکت ایران ترانسفو زنجان – قسمت فنی تابستان ۱۳۸۰

[4] نصیری، علی. جزوه طراحی ترانسفورماتور. دانشگاه زنجان.

[5] سایت اینترنتی : http : // www.magmet.com

WikiPower.ir