دانشکده فنی ومهندسی

پایان نامه کارشناسی

مهندسی برق

گرایش قدرت

عنوان:

شبیه سازی اثر جبران کننده ها در مدار ژنراتور ضربه چند پله در تست ترانسفورماتور های قدرت

استاد راهنما:

دکتر حسن رضا میرزایی

نگارش:

حمیدرضا احمدی

شهریور۱۳۹۴

تقدیر و تشکر:

در این مجال لازم می‌دانم از تلاش‌ها و زحمات دلسوزانه‌ی جناب آقای دکتر میرزایی استاد راهنمای اینجانب که با راهنمایی‌ها و روشنگری‌های بسیار دقیق و اندیشمندانه‌ی خود، راهگشای تنگناها و مشکلات اینجانب در تدوین این پروژه بودند، تقدیر و تشکر نمایم.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم؛ که همیشه مرا در تمام لحظه های زندگی مورد مهر و محبت و حمایت بی دریغ قرار دادند.

فهرست مطالب

چکیده: ۱

مقدمه‌ای در مورد اهمیت تست ضربه ترانسفورماتورهای قدرت قبل از بهره‌برداری: ۲

فصل اول: ولتاژ ضربه، ژنراتور ضربه و مدار تست ضربه[۱] ۳

۱-۱ مقدمه: ۴

۱-۲ انواع موج ضربه: ۴

۱-۲-۱ ضربه کامل: ۴

۱-۲-۲ ضربه شکسته شده یا chopped wave : ۵

۱-۲-۳ ضربه سوزنی: ۶

۱-۲-۴ ولتاژ کلید زنی: ۸

۱-۳ ژنراتور ضربه: ۹

۱-۴ معادله ولتاژ ضربه: ۱۶

ژنراتور ضربه چند پله: ۲۳

۱-۵ مدار تست ژنراتور ضربه در آزمایشگاه[۲]: ۲۷

۱-۶ نمونه هایی از شکست عایقی ترانسفورماتور که در تست ضربه ممکن است اتفاق بیفتد[۲]: ۳۱

۱-۶-۱ شکست عایقی بوبین یا سیم بندی نسبت به زمین: ۳۱

۱-۶-۲ شکست دیسک‌ها در بین ورودی بو بین: ۳۲

۱-۶-۳ شکست درون لایه‌ای در سیم‌پیچ‌های بوبین: ۳۳

فصل دوم: نحوه استخراج اتوماتیک پارامترهای شکل موج ضربه طبق ویرایش جدید استاندارد IEC۶۰۰۶۱-۱ [۳] ۳۴

۲-۱ تست ضربه ترانسفورماتورهای قدرت طبق ویرایش جدید استاندارد IEC۶۰۰۶۱-۱ ..... ۳۵

فصل سوم: جبران سازی در مدار ژنراتور ضربه ۳۹

۳-۱ تأثیر ظرفیت خازنی و اندوکتانسی عناصر مدار بر روی شکل موج تولیدی در تست ضربه[۴]: ۴۰

۳-۱-۲ دستورالعمل کلی: ۴۰

۳-۲ روش گسترش محدوده بار برای تست ضربه با ژنراتور ضربه ولتاژ بالا [۵]: ۴۷

۳-۲-۱ چکیده : ۴۷

۳-۲-۲ مقدمه: ۴۸

۳-۲-۳ جبران ساز موازی: ۴۸

۳-۲-۴ جبران سازی سری: ۵۰

۳-۲-۵ بررسی و مقایسه دو روش جبران سازی: ۵۳

۳-۲-۶ محدودیت‌های روش جبران سازی: ۵۶

۳-۲-۷ نتیجه‌گیری: ۵۸

فصل چهارم: شبیه‌سازی اثر جبران‌کننده‌ها توسط نرم افزار متلب ۵۹

۴-۱ مقدمه: ۶۰

۴-۲ مدار معادل ژنراتور ضربه بدون جبران ساز: ۶۰

۴-۳ اثر تغییرات Rs بر شکل موج تولیدی: ۶۱

۴-۴ تأثیر تغییرات Ct و Ls بر شکل موج تولیدی در مدار بدون جبران ساز: ۶۲

۴-۵ تأثیر جبران‌کننده سری بر شکل موج: ۶۵

۴-۵-۱ اثر تغییرات Rc بر شکل موج تولیدی: ۶۵
۴-۵-۲ اثر اندوکتانس Lc : ۶۷
۴-۵-۳ اثر خازن Cc: ۶۹
۴-۵-۴ تأثیر ظرفیت خازنی تجهیز Ct: ۷۰
۴-۵-۵ تأثیر اندوکتانس حلقه LS: ۷۳
فهرست منابع: ۷۷

چکیده:

در این پروژه ضرورت تست ضربه ترانسفورماتورهای قدرت را بررسی می‌کنیم، سپس به نحوه تولید ولتاژ ضربه در طبیعت می‌پردازیم و اینکه چگونه می‌توان این شکل موج را در آزمایشگاه تولید کرد که به معرفی ژنراتور ضربه می‌انجامد؛ در قسمت بعدی شرایط تست استاندارد IEC۶۰۰۶۰-۱ و نحوه تولید شکل موجی مطابق با این استاندارد را موردمطالعه قرار می‌دهیم. در مرحله بعد به بررسی دو مقاله در رابطه با جبران سازهایی برای تولید شکل موجی با مقادیر زمان پیشانی و فراجهشی در محدوده تلورانس استاندارد می‌پردازیم. در فصل چهارم نیز نحوه تأثیر المان‌های جبران ساز را بر شکل موج توسط نرم‌افزار متلب و مطابق با روش K-factor شبیه‌سازی می‌کنیم در قسمت آخر نیز نتیجه‌گیری مختصری را در رابطه با این آزمایش‌ها ارائه می‌دهیم.

مقدمه‌ای در مورد اهمیت تست ضربه ترانسفورماتورهای قدرت قبل از بهره‌برداری:

ترانسفورماتورهای قدرت یکی از ادوات مهم و ضروری در شبکه برق می‌باشند که به‌منظور انتقال بهینه انرژی برق و کاهش تلفات از آن‌ها استفاده می‌شود ولی به علت شرایط طبیعی این ترانسفورماتورها همواره در معرض خطاهایی ازجمله اتصال کوتاه‌های سه فاز، تک فاز، دوفاز، دوفاز به زمین و صاعقه هستند که اگر به‌موقع کنترل نشوند مشکلاتی را برای شبکه برق، مصرف‌کننده‌ها و مهم‌تر از همه ترانسفورماتورهای برق ایجاد می‌کنند، یکی از مهم‌ترین خطاهای ناشی از طبیعت، خطای ضربه صاعقه است که با سایر خطاها تفاوت بسیار اساسی دارد. وقتی یک خطای صاعقه اتفاق می‌افتد علاوه بر نیروهای مکانیکی که به سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور وارد می‌شود عایق‌های ترانسفورماتور تحت تنش بسیار زیادی قرار می‌گیرند که مهم‌ترین تفاوت خطای ضربه با خطاهای دیگر اینجاست که در خطای ضربه، سیم پیچ ترانسفورماتور به‌صورت یک مدار خازنی-سلفی دیده می‌شود که بیشتر افت ولتاژ بر روی سیم‌پیچ‌های بالایی است و اگر عایق این سیم‌پیچ‌ها توانایی تحمل این ولتاژ شدید را نداشته باشند شکست الکتریکی اتفاق خواهد افتاد و ترانسفورماتور دیگر قادر به کار نخواهد بود و دچار شکست الکتریکی خواهد شد.

نظر به اهمیت زیاد ترانسفورماتور و اینکه اگر هنگامی‌که تحت بار است این اتفاق بیفتد شبکه برق دچار مشکلات فراوانی می‌شود تست ترانسفورماتورهای موردنظر با ولتاژی شبیه به ولتاژ صاعقه طبیعی قبل از بهره‌برداری امری مهم و ضروری جلوه می‌کند. در این پروژه بر آنیم تا نحوه ساخت ولتاژ ضربه و ژنراتور ضربه را در آزمایشگاه موردبررسی قرار دهیم.

فصل اول:

ولتاژ ضربه، ژنراتور ضربه

و مدار تست ضربه[۱]

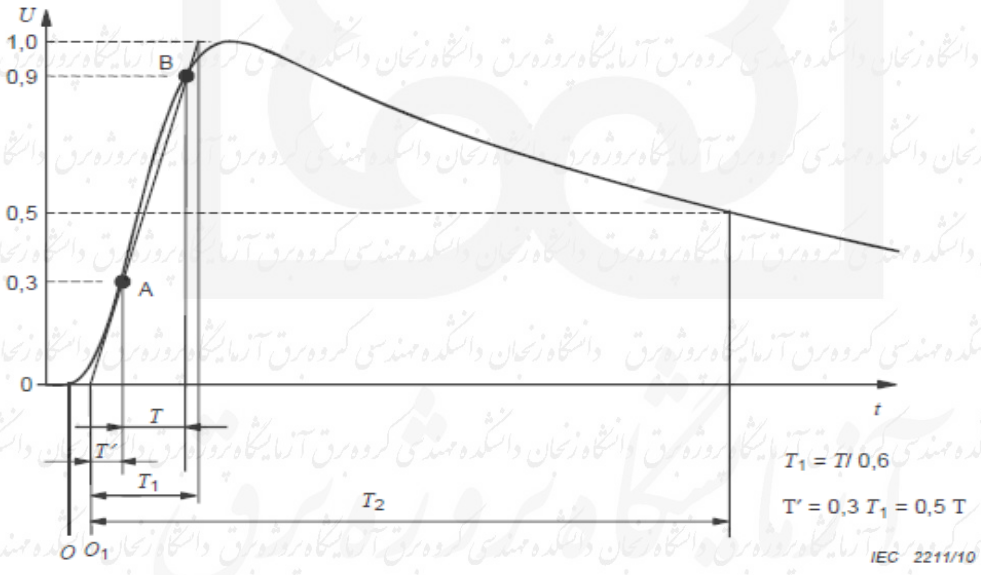
۱-۱ مقدمه:

ولتاژ ضربه چیست: صاعقه یا رعدوبرق یک پدیده طبیعی است که همه ما کم‌وبیش با آن آشنا هستیم. این پدیده ناشی از تخلیه‌ی بارهای الکتریکی موجود در ابرها است که در مدت‌زمان یک یا چند میکروثانیه جریانی سریع و گذرا به حداکثر خود می‌رسد و در مدت‌زمان چند ده میکروثانیه دوباره به صفر بازمی‌گردد. این جریان سریع باعث القای یک ولتاژ در تجهیزات می‌شود که تا حدودی شبیه به همان شکل جریان صاعقه است و دامنه این ولتاژ ممکن است تا چند میلیون ولت برسد که به این نوع ولتاژ، ولتاژ ضربه یا Impulse voltage میگویند. اگر این ولتاژ به تجهیزات اعمال شود باعث تخریب عایق آن‌ها می‌شود، به همین خاطر تجهیزات مهمی مثل ترانسفورماتورهای قدرت باید قبل از بهره‌برداری با ولتاژی شبیه به ولتاژ ضربه در آزمایشگاه تست شوند تا استقامت آن‌ها در برابر چنین موج‌هایی مورد تأیید قرار گیرند.

۱-۲ انواع موج ضربه:

۱-۲-۱ ضربه کامل:

یک موج ضربه را با سه کمیت مهم پیشانی موج، پشت موج و قله موج تعریف می‌کنند که مهم‌ترین کمیت در آن پیشانی آن است.



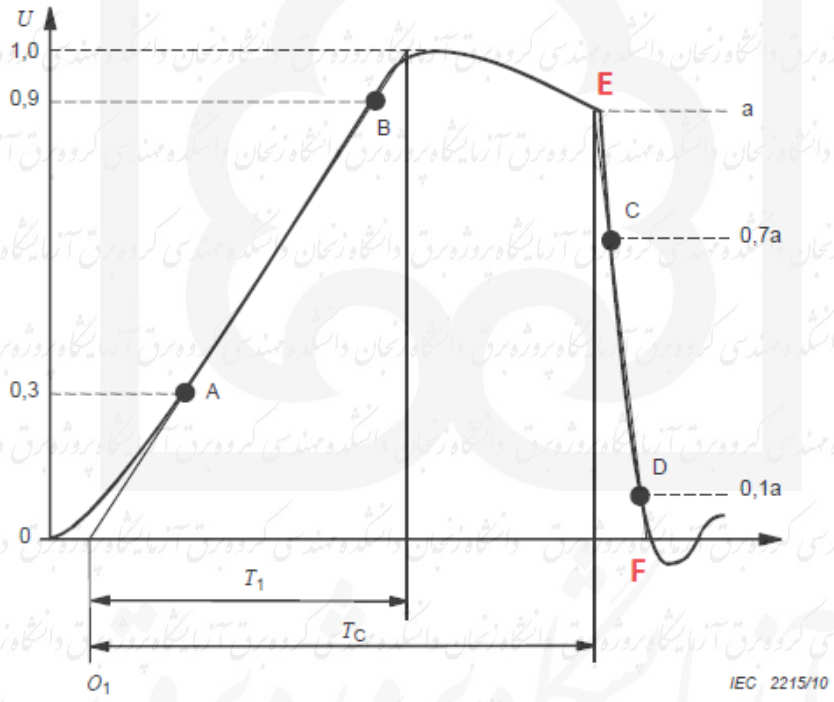
شکل (۱-۱) ولتاژ ضربه موج کامل و مشخصات آن

در این شکل موج نقطه A ۳۰ درصد قله موج و نقطه B ۹۰ درصد قله موج است اگر این دو نقطه را با خط راستی به هم وصل کنیم که محور زمان و خط مماس بر قله موج را قطع کند دو نقطه دیگر به دست می‌آید که فاصله این دو نقطه را زمان پیشانی موج میگویند و نقطه O_1 را مبنای زمان فرض می‌کنیم . فاصله نقطه O_1 تا ۵۰ درصد از قله را نیم زمان پشت موج نامیده می‌شود.

۱-۲-۲ ضربه شکسته شده یا chopped wave :

اگر موج ضربه در پشت بشکند یعنی به‌یک‌باره صفر شود آن را موج شکسته شده میگویند.

که ممکن است نوساناتی نیز داشته باشد که خیلی سریع میرا می‌شوند و پایان می‌پذیرد. این ولتاژ شامل همان مشخصات موج کامل است و به آن زمان شکست و سرعت کاهش ولتاژ نیز اضافه می‌شود. طبق استاندارد زمان شکست موج ۲ تا ۵ میکروثانیه است.



شکل(۱-۲) ولتاژ ضربه شکسته شده

برای تعیین سرعت کاهش ولتاژ نقاط C و D را که به ترتیب ۷۰٪ و ۱۰٪ ولتاژ در لحظه شکست هستند را تعیین می‌کنیم .

اگر مختصات نقطه‌ای که خط گذرنده از دو نقطه C و D در برخورد با خط $y = \alpha$ دارد را E:$(t_{\cdot}, \alpha)$ و مختصات نقطه‌ای که این خط در برخورد با محور زمان دارد را F:$(t_{۳}, ۰)$ قرار دهیم و مختصات نقاط C و D را C:$(t_{۱}, ۰.۷\alpha)$ و D:$(t_{۲}, ۰.۱\alpha)$ قرار دهیم آن‌وقت فاصله زمانی F و E یا $(t_{۳} - t_{\cdot})$ زمان شکست خواهد بود.

معادله این خط به‌صورت زیر خواهد بود:

$$v = m(t - t_{۱}) + ۰.۷\alpha$$

که در آن $m = \frac{۰.۱\alpha - ۰.۷\alpha}{t_{۲} - t_{۱}}$ است . برای یافتن فاصله $(t_{۳} _ t_{\cdot})$ باید دو نقطه $(t_{\cdot}, \alpha)$ و $(t_{۳} _ ۰)$ را در این معادله قرار دهیم :

$$\alpha = m(t_{\cdot} - t_{۱}) + ۰.۷\alpha$$

$$۰ = m(t_{۳} - t_{۱}) + ۰.۷\alpha$$

$$\alpha = m(t_{\cdot} - t_{۳})$$

$$t_{۳} - t_{\cdot} = \frac{-\alpha}{m} = \frac{t_{۲} - t_{۱}}{۰.۷ - ۰.۱}$$

مدت‌زمان شکست از حاصل‌ضرب فاصله زمانی این دو نقطه در $\frac{۱}{(۰.۷ - ۰.۱)} = ۱.۶۷$ حاصل می‌شود.

۱-۲-۳ ضربه سوزنی:

اگر موج ضربه در پیشانی یعنی قبل از رسیدن به حداکثر بشکند ولتاژ ضربه سوزنی ایجاد می‌شود. مشخصات این موج شامل حداکثر ولتاژ و سرعت بالا رفتن ولتاژ برحسب کیلوولت بر میکروثانیه است. اساساً خطر موج‌های سوزنی و شکسته شده در تغییر ناگهانی آن‌هاست.

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

فهرست منابع:

[۱]دکتر حسین محسنی " مبانی مهندسی فشارقوی الکتریکی"

[۲] IEC ٦٠٠٧٦-٤INTERNATIONALSTANDARD, "**Guide to the lightning impulse and switching impulse testing Power transformers and reactors**"

[۳] IEC ۶۰۰۶۰-۱, "**High-voltage test techniques Part ۱: General definitions and test requirements**", Edition ۳,۰ ۲۰۱۰-۰۹

[۴] S. Okabe, T. Tsuboi, and J. Takami "**INFLUENCE OF TEST EQUIPMENT CAPACITANCE AND RESIDUAL INDUCTANCE ON WAVEFORM FRONT GENERATED IN LIGHTNING IMPULSE VOLTAGE TEST"** R&D Center, High Voltage & Insulation Group, Tokyo Electric Power Company ۴-۱, Egasaki-cho, Tsurumi-Ku, Yokohama, ۲۳۰-۸۵۱۰, Japan

[۵] Klaus Schwenk, Michael Gamlin "**Load range extension methods for lightning impulse testing with high voltage impulse generators**" Haefely Test AG, Basel, Switzerland