دستورالعمل نظارت و تست ضریب تلفات عایقی(تانژانت دلتا) در ترانسفورماتورهای قدرت

دریافت کنندگان سند جهت اجراء:

۱- شرکت مدیریت شبکه برق ایران

۲- سازمان توسعه برق ایران

۳- شرکتهای برق منطقه ای – معاونت بهره برداری

٤- شرکتهای برق منطقه ای – معاونت طرح و توسعه

۵- شرکتهای مدیریت تولید

تهیه کننده : معاونت هماهنگی و نظارت بر بهره برداری- دفتر فنی و نظارت انتقال

سایت دفتر فنی و نظارت انتقال: www.Tavanir.org.ir/Generation/Transmission

خرداد ماه ۱۳۹٤

تهیه کننده: هاشم علیپور	تایید کننده: عبدالرسول پیشاهنگ	تصویب کننده: آرش کردی
امضاء	امضاء	امضاء

فهرست مطالب

	صفحه
۱- مقدمه	۵
۲- ایمنی	۵
۳- هدف	٦
٤- دامنه کاربرد	٦
۵- محدوده اجرا	۷
٦- ضریب تلفات عایقی	۷
٦-۱- تعاریف و اصطلاحات	۷
٦-۲- فواید و دوره زمانی آزمون ضریب تلفات عایقی	۸
٦-۳- اندازه گیری ضریب تلفات عایقی	۹
٦-۳-۱- پل شرینگ	۹
٦-۳-۲- ولتاژ تست ضریب تلفات عایقی	۱۱
٦-۳-۳- نحوه چیدمان پل شرینگ	۱۲
٦-۳-٤- ضریب تلفات خازن استاندارد	۱٤
٦-٤- شرایط محیطی	۱٤
٦-۵- ملاحظات تست ضریب تلفات عایقی در ترانسفورماتورها	۱٦
٦-٦- ملاحظات تست و تفسیر نتایج	۱۸
٦-۷- دستگاههای اندازه گیری ضریب تلفات عایقی در سیستمهای پیچیده	۲۰
٦-۷-۱- تست تجهیزات زمین نشده (UST)	۲۰
٦-۷-۲- تست تجهیزات زمین شده (GST)	۲۱
٦-۷-۳- تست تجهیزات زمین شده همراه با گارد	۲۱
٦-۷-٤- روش تست دستگاههای اندازه گیری پیشرفته ضریب تلفات عایقی	۲۲
٦-۸- ثبت اطلاعات تست ضریب تلفات عایقی	۲٤
پیوست۱: الف- حذف ظرفیتهای پراکنده در پل شرینگ. ب- پل شرینگ معکوس	۲۵
پیوست۲:اطلاعات ضریب تلفات عایقی شرکتهای سازنده ترانسفورماتور	۲۸
گردآورندگان سند	۳۷
کنتـرل سند	۳۸
اسامی اعضای همکار درتهیه دستورالعمل	۳۹

پیشگفتار :

با وجود اینکه تست ضریب تلفات عایقی جزء قدیمی ترین و متداولترین تستهای انجام شده بویژه در محل سایت نصب ترانسفورماتورها می باشد لیکن عدم وجود دستورالعمل جامع و نیز عدم رعایت نکات کلیدی در تست باعث گردیده نتایج بدست آمده کارآیی لازم را نداشته باشد و یا اینکه نتایج در برخی موارد بویژه شرایط آب و هوایی سرد قابل اعتماد نباشد. عدم وجود استاندارد جامع برای تست از یک طرف و وابستگی شدید ضریب تلفات عایقی به دما و نحوه تست و همچنین ظرفیتهای پراکندگی باعث شده است تا دفتر فنی و نظارت انتقال شرکت توانیر برای اولین بار اقدام به تهیه دستورالعمل جامع و کاربردی با تکیه بر کلیه نکات فنی نماید.

با توجه به اتخاذ برنامه ریزی کلان جهت کنترل و بهره‌برداری از پستها و شبکه‌های فشار قوی تحت پوشش، این دستورالعمل از تاریخ ابلاغ جایگزین کلیه دستورالعمل‌های قبلی می‌گردد.

از تاریخ صدور و ابلاغ این دستورالعمل، کلیه واحدهای ذیربط موظف به اجرای دقیق مفاد این دستورالعمل می‌باشند. در این ارتباط رعایت موارد ذیل حائز اهمیت می باشد:

۱- کلیه دستورالعمل هایی که تا قبل از تاریخ ابلاغ این دستورالعمل صادر شده‌اند از درجه اعتبار ساقط و رعایت این دستورالعمل لازم الاجرا می‌باشد. در این ارتباط مدیران عامل و معاونین بهره برداری شرکتهای دریافت کننده این دستورالعمل باید در اسرع وقت دستور مقتضی نسبت به جمع آوری دستورالعمل‌های قبلی و جایگزینی دستورالعمل جدید در کلیه مراکز و واحدهای تحت پوشش را صادر نمایند.

۲- یک نسخه از این دستورالعمل باید بعنوان نسخه مرجع در مکانی مناسب و قابل دسترسی کلیه کارکنان در واحدهای ذیربط قرار داده شده و هرگونه اصلاحات و یا تغییرات بعدی را به کلیه آنها ابلاغ نمایند.

۳- با توجه به اهمیت اجرای صحیح کلیه مراحل دستورالعمل، ضروریست تمام کارکنان مربوطه در زمینه آشنایی با این دستورالعمل دوره آموزشی لازم را طی نمایند .

٤- کلیه دستورالعمل های داخلی شرکتها که توسط واحدهای ذیربط تهیه و ابلاغ می‌گردد نباید در هیچ شرایطی ناقض مفاد این دستورالعمل یا مانع از اجرای سریع و بدون قید و شرط این دستورالعمل گردند. در صورت تشخیص هرگونه مغایرت در هر یک از بندهای این دستورالعمل با اصول اجرایی یا عملیاتی و ... ، موارد باید کتباً به دفتر فنی و نظارت انتقال توانیر منعکس گردد.

٥- لازم بذکر است مرجع رفع هر گونه ابهام در تعریف و تفسیر مفاد این دستورالعمل دفتر فنی و نظارت انتقال توانیر است.

٦- در کلیه مواردی که در این دستورالعمل پیش بینی لازم بعمل نیامده است، برحسب ضرورت، شرکتهای زیرمجموعه می‌توانند نسبت به تهیه پیش نویس دستورالعمل پیشنهادی اقدام و آنرا جهت بررسی و کسب تاییدیه لازم به دفتر فنی و نظارت انتقال توانیر ارسال نمایند. یادآور می‌شود تا کسب تاییدیه لازم توسط دفتر فنی و نظارت انتقال توانیر، دستورالعمل پیشنهادی جنبه اجرایی نخواهد داشت.

۱- مقدمه

کارکرد پایدار و مناسب با قابلیت اطمینان بالا در شبکه برق جز با کنترل وضعیت و شرایط تجهیزات موجود قابل حصول نمی‌باشد. صدمات احتمالی ناشی از حمل و نقل، نصب و بهره برداری اولیه و حتی طراحی اشتباه و یا کیفیت پایین قطعات و مونتاژ غلط موجب کاهش عمر مفید و قابلیت اطمینان تجهیز می گردد. لذا آشکارسازی اشکالات و ضعفها در محل نصب تجهیزات از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. با توجه به اینکه ترانسفورماتورهای قدرت به عنوان یکی از مهمترین اجزاء شبکه انتقال برق شناخته می شوند بنابراین در این دستورالعمل به نحوه نظارت و تست تانژانت دلتا (ضریب تلفات عایقی) به عنوان یک الزام در خصوص صحت عملکرد بخش عایقی ترانسفورماتور پرداخته می شود. اگرچه آزمایشات متعددی در کارخانه سازنده بر روی بخش عایقی ترانسفورماتور انجام می گیرد، لیکن آزمایش در محل سایت با ملاحظه شرایط محیطی محل نصب؛ سازگاری طراحی صورت گرفته با شرایط بهره برداری و آب و هوایی، سلامت ترانسفورماتور حمل و مونتاژ شده و نیز کیفیت روغن تزریقی را نشان می دهد. در این دستورالعمل با توجه به تمرکز بر روی تست تلفات عایقی بر روی ترانسفورماتورهای قدرت روغنی و نیز اهمیت پل شرینگ به عنوان متداولترین روش انجام تست مذکور، کلیه مطالب ارائه شده آتی به توضیح و ارائه نکات و شیوه تست بدین روش می پردازد.

۲- ایمنی

در هنگام انجام آزمون ترانسفورماتورها باید احتیاطهای لازم مبنی بر عدم تماس و یا رعایت فاصله ایمنی از تجهیزات تست صورت پذیرد. آموزش افراد و بکارگیری لوازم ایمنی توصیه گردیده و لازم است از نزدیک شدن اشخاص متفرقه به محل آزمون جلوگیری گردد. همچنین باید سیستم مورد نیاز جهت قطع فوری تجهیزات تست در مواقع خطر پیش بینی شود. منطقه انجام تست باید با نوار رنگی مشخص و یا بوسیله علائم هشدار دهنده تفکیک گردیده باشد. برای رعایت ایمنی الزامات موجود در استاندارد IEEE Std ۵۱۰ لازم الاجرا می باشد. از آنجائیکه در برخی از آزمایشات احتمال ایجاد حریق وجود دارد لذا تمهیدات لازم در خصوص تجهیزات اطفاء حریق

ضروری می باشد. لازم بذکر است انرژی ذخیره شده در ظرفیتهای موجود خازنی می تواند مرگبار باشد لذا این خازنها باید بصورت ایمن تخلیه گردند.

۳- هدف

تجهیزات الکتریکی از جمله ترانسفورماتورها، خاصیت یک خازن شامل ماده دی الکتریک که توسط دو الکترود احاطه شده اند را دارند. میزان این ظرفیت خازنی وابسته به مشخصه مواد دی الکتریک و فرم قرار گرفتن هادیها می باشد. بنابراین در صورتی که مشخصه مواد عایقی و یا فرم قرار گرفتن هادیها تغییر کند آنگاه ظرفیت خازنی مستقیماً از آن متاثر خواهد شد. این تغییرات معمولاً ناشی از آسیب دیدن، تضعیف و یا آلوده شدن سیستم عایقی می باشد. پیری طبیعی عایق باعث افزایش میزان توان تلف شده می گردد، همچنین آلودگی عایقها ناشی از مواد شیمیایی، آب و ... باعث افزایش تلفات خواهد شد. صدمات فیزیکی ناشی از تنشهای الکتریکی و نیروهای الکترومغناطیسی یا ارتعاشات نیز می توانند افزایش میزان توان تلف شده را منتج شوند. هدف از تهیه و تدوین این دستورالعمل، ارائه روشی مشخص و قابل پیگیری جهت نظارت و تست ضریب تلفات عایقی (تانژانت دلتا) در ترانسفورماتورهای قدرت می باشد. از آنجائیکه استانداردهای موجود از جمله IEEE Std ٦٢، IEC ٦٠٢٤٧ و IEC ٦١٦٢٠ به کلیات آزمون ضریب تلفات عایقی پرداخته و جزئیات مربوطه بویژه در ترانسفورماتورهای قدرت بیان نشده و یا بصورت ناقص ارائه شده اند لذا در این دستورالعمل به بررسی دقیق نحوه تست ضریب تلفات عایقی براساس استفاده از پل شرینگ پرداخته می شود.

٤- دامنه کاربرد

اگرچه اطلاعات ارائه شده در این دستورالعمل قابل بسط به سایر تجهیزات و مواد عایقی است لیکن دامنه کاربرد آن محدود به نظارت و تست ترانسفورماتورهای قدرت پر شده با روغنهای معدنی می باشد.

۵- محدوده اجرا

محدوده اجرای این دستورالعمل دربرگیرنده شرکت مدیریت شبکه، شرکتهای برق منطقه ای، شرکتهای مدیریت تولید و سازمان توسعه برق ایران است.

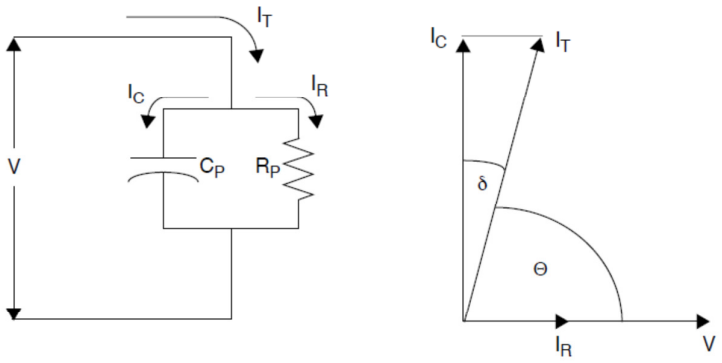
٦- ضریب تلفات عایقی

٦-١- تعاریف و اصطلاحات

ضریب تلفات عایقی عبارتست از نسبت جریان اهمی به جریان خازنی در ولتاژ متناوب که با $tan\delta$ نمایش داده می شود. δ زاویه بین جریان خازنی با خط عمود بر ولتاژ است. در خازن ایده آل بدون تلفات جریان خازنی عمود بر ولتاژ است لذا زاویه فوق برابر صفر است اما در یک خازن واقعی مطابق شکل(۱) زاویه δ غیر صفر بوده و $tan\delta$ بصورت ذیل محاسبه می شود:

$$tan\delta = \frac{I_R}{I_C} = \frac{۱}{R_p \omega C_P} \qquad (۱)$$

که R_P و C_P به ترتیب مقاومت و ظرفیت خازنی و I_R و I_C به ترتیب جریان اهمی و خازنی تجهیز می باشند. ω نیز فرکانس زاویه ای است.



V = Applied voltage
I_T = Total current
I_R = Resistive current
I_C = Capacitive current
Dissipation factor = tangent δ= I_R/I_C
Power factor = cosine Θ= I_R/I_T

شکل(۱): مدار معادل خازن واقعی

لازم بذکر است مقدار مقاومت عایقی در مدار معادل خازن با تلفات، متفاوت از مقدار ولتاژ دائم بوده و وابسته به فرکانس می باشد. به عنوان نمونه در عایقهای مایع در رنج فرکانسی ٤٠ تا ٦٢ هرتز فرمول خطی ذیل برای تبدیل ضریب تلفات عایقی در دو فرکانس مختلف (f_1 و f_2) صادق می باشد:

$$tan\delta_{f_1} = tan\delta_{f_2} \frac{f_2}{f_1} \qquad (۲)$$

ضریب تلفات عایقی (دی الکتریک) به صورت یک نسبت بدون دیمانسیون و معمولاً برحسب درصد بیان می گردد که میزان کم آن نشانه وضعیت خوب عایق است. اعمال ولتاژ متناوب به عایق باعث جاری شدن جریان در عایق می شود. این جریان شامل دو بخش می باشد که یک بخش آن مقاومتی و دیگری خازنی است که هر کدام بطور مجزا قابل اندازه گیری می باشند. تعریف دیگری که بطور متعارف استفاده می گردد ضریب قدرت عایق است که بصورت نسبت جریان مقاومتی به کل جریان جاری شده در عایق تعریف می شود (لازم بذکر است با توجه به تعاریف انجام شده، در مقایسه ها باید به تفاوت تعریف ضریب تلفات عایقی و ضریب قدرت عایق دقت کافی مبذول گردد).

٦-٢- فواید و دوره زمانی آزمون ضریب تلفات عایقی

از نتایج تست ضریب تلفات عایقی بر روی تجهیزات نو تولید شده توسط سازندگان می توان برای بررسی و ردیابی اشکالات ممکن در فرآیند ساخت تجهیز و یا صدمات احتمالی در حمل و نقل و نیز مقایسه های بعدی استفاده نمود. انجام این آزمایش بصورت دوره ای در طول مدت سرویس دهی تجهیز می تواند روند پیر شدن طبیعی عایق و یا در برخی مواقع سرعت بیش از حد تضعیف سیستم عایقی را نشان دهد. تستهای عیب یابی بر روی تجهیزات ممکن است مکان خطا و یا دلیل بروز آن را آشکار نماید. تاکید می گردد آزمونهای تلفات عایقی هنگامی بهترین مزایا را در اختیار قرار می دهد که بصورت دوره ای در برنامه تعمیر و نگهداری مدنظر قرار گرفته باشد. دوره پیشنهادی متعارف جهت انجام این تست بصورت حداقل ٥ سال یکبار و همزمان با بازدیدها و

تعمیرات دوره ای در فصول گرم و معتدل سال توصیه می شود. همچنین در صورت بروز خطا در ترانس و یا احتمال اثرپذیری ترانسفورماتور از خطاهای شبکه انجام این تست ضروری می باشد.

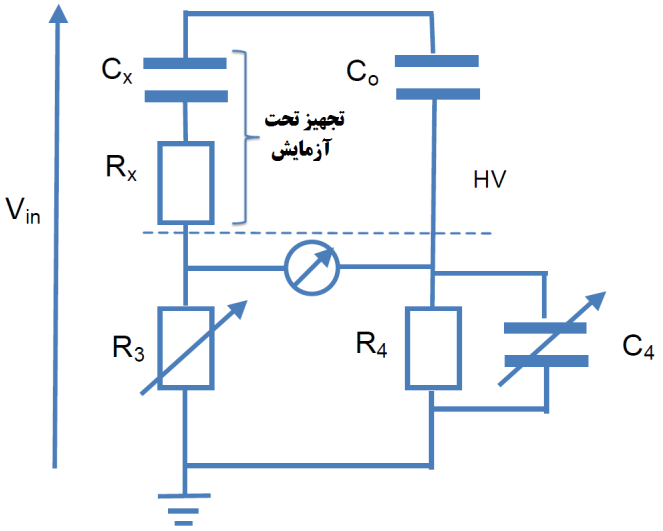
٦-٣- اندازه گیری ضریب تلفات عایقی

روش های اندازه گیری ضریب تلفات عایقی بستگی به فرکانس اندازه گیری دارد. در فرکانس های کم از روش پل استفاده می شود. برای فرکانس های بالاتر از روش مدار تشدید و برای فرکانس های خیلی بالاتر از روش موج بازگشتی استفاده می گردد. اندازه گیری ضریب تلفات عایقی یک ماده معمولاً همراه با اندازه گیری عدد دی الکتریک انجام می شود. ضمناً ممکن است ضریب تلفات عایقی را در مورد عایق یک دستگاه اندازه بگیریم. در این صورت ظرفیت و ضریب تلفات عایقی را برای خازنی که حداقل شامل دو الکترود و عایق بین آن ها می باشد اندازه می گیرند. اندازه گیری ضریب تلفات عایقی در مورد نمونه عایق معمولاً با ولتاژ نسبتاً کم انجام می شود و شدت میدان الکتریکی را حدود ۱ کیلو ولت برمیلی متر انتخاب می کنند. در مورد دستگاه ها در شرایط آزمایشگاهی ولتاژ اندازه گیری تا ولتاژ نامی و گاهی بالاتر از آن می باشد، لذا گاهی لازم می شود اندازه گیری ظرفیت و ضریب تلفات عایقی با ولتاژ تا چند صد هزار ولت انجام گیرد لیکن در تستهای انجامی در محل نصب تجهیزات از ولتاژهای محدودتری استفاده می گردد.

٦-٣-١- پل شرینگ

اساس کار پل شرینگ در استفاده از یک منبع ولتاژ متناوب جهت عبور جریان از دوخازن به نحوی است که افت ولتاژ بر روی آنها مساوی باشد. یکی از این خازنها مجهول و دیگری خازنی با ظرفیت مشخص و استاندارد می باشد. شکل(۲) مدار پل شرینگ را نشان می دهد. C_x ظرفیت خازنی تجهیز تحت آزمایش و R_X المان متناسب با تلفات آن است. مقاومت R_3 محدوده اندازه گیری خازن C_x را تعیین می کند و فقط در تنظیمات اولیه آن را تغییر می دهند. در این مدار ابتدا مقاومت R_4 را تغییر می دهیم تا صفرسنج حداقل جریان را نشان بدهد. سپس خازن C_4 را

تنظیم می کنیم تا صفرسنج به حداقل مقدار ممکن برسد. این مراحل را تا جایی تکرار می کنیم که جریان صفرسنج به صفر یا نزدیک صفر برسد. در خصوص خازن نرمال C_N، ظرفیت مشخص و استاندارد بوده و خازن بدون تلفات می باشد در نتیجه ضریب تلفات عایقی آن نزدیک به صفر است.



شکل(۲): مدار پل شرینگ

علت کارآیی و کاربرد پل به این دلیل است که ولتاژ قسمتهایی که بطور مستقیم با دست قابل تغییر است نسبت به زمین بسیار کم بوده در نتیجه استفاده از آن کم خطر می باشد. البته خازن نرمال و خازن مجهول باید توان تحمل ولتاژ منبع را داشته باشند. لازم بذکر است دستگاه های تست باید دارای تمامی تجهیزات ایمنی بویژه تمهیدات مرتبط با شرایط بروز خطا باشند تا حداکثر ایمنی کاربر تامین گردد.

پس از به تعادل رسیدن پل و صفر شدن جریان صفرسنج داریم:

$$I_x = I_۳ \ , \ I_N = I_٤ \qquad (۳)$$

$$\frac{U_x}{U_۳} = \frac{U_N}{U_٤} \qquad (٤)$$

اگر تجهیز تحت آزمایش را بصورت خازن با تلفات با مدار معادل سری C_x و R_x در نظر بگیریم آنگاه داریم:

$$C_x = C_N \frac{R_۴}{R_۳} \quad (۵)$$

$$R_x = R_۳ \frac{C_۴}{C_N} \quad (۶)$$

$$tan\delta = R_x \omega C_x \quad (۷)$$

از آنجائیکه معیار ارزیابی کیفیت عایق براساس ضریب تلفات عایقی تعیین می شود معمولاً مقدار R_x را تعیین نکرده و مستقیماً $tan\delta$ را از رابطه ذیل بدست می آورند:

$$tan\delta = R_۴ \omega C_۴ \quad (۸)$$

چنانچه بخواهیم مقدار ضریب تلفات عایقی را بصورت مستقیم بدست آوریم از مقاومت $R_۴$ ساخته شده بصورت پله های مطابق رابطه ذیل استفاده می کنند:

$$R_۴ = \frac{۱۰^n}{\pi} \qquad n = ۱,۲,۳, \dots \quad (۹)$$

آنگاه برای فرکانس ۵۰ هرتز داریم:

$$tan\delta = ۱۰^{n+۲} C_۴ \quad (۱۰)$$

همچنین خود خازن متغیر نیز معمولاً بصورت دهدهی طراحی می شود که با چند کلید صدگان، دهگان و هزارگان را مثلاً برحسب پیکو فاراد تغییر می دهند.

۶-۳-۲- ولتاژ تست ضریب تلفات عایقی

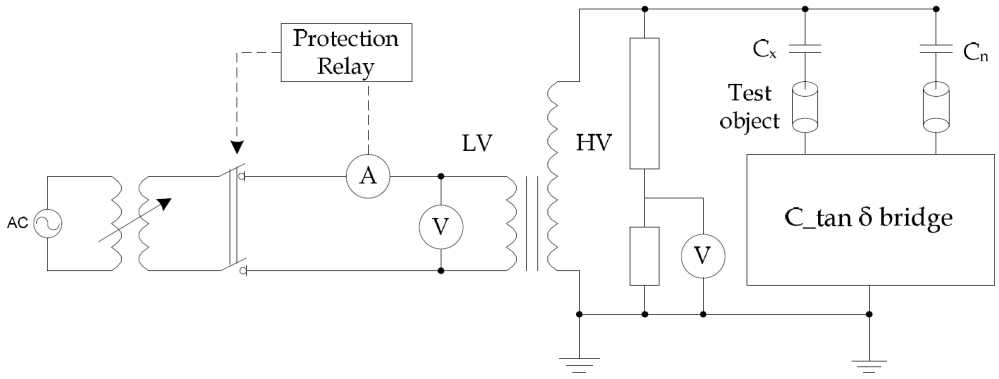
آزمون ضریب تلفات عایقی می تواند با هر ولتاژی که در محدوده ولتاژ نامی تجهیز الکتریکی باشد در آزمایشگاه انجام پذیرد لیکن انجام این آزمایش در سایت با اعمال ولتاژ نامی تجهیز فشار قوی امکانپذیر نمی باشد. از آنجائیکه تجهیزات تست در سایت بصورت قابل حمل ساخته می شوند لذا دارای ابعاد و وزن محدود و در سطح ولتاژ و جریانهای قابل قبول ساخته می شوند. به عبارت دیگر، اهمیت قابل حمل بودن اینگونه دستگاههای تست موجب محدود شدن سطح ولتاژ و جریان

آنها گردیده است. ولتاژ تست تجهیزات در سایتهای کارگاهی معمولاً در رنج ۱۰۰ ولت تا ۱۲ کیلوولت متناسب با نوع تجهیز و ماده عایقی و ولتاژ نامی مربوطه می باشد. آزمایش در سایتهای کارگاهی معمولاً تا حداکثر ۱۰ کیلوولت انجام می گیرد. برای انجام این آزمایش، دستورالعمل سازندگان تجهیزات و همچنین استانداردهای آزمون باید مورد ملاحظه قرار گیرد. به عنوان نمونه در خصوص ترانسفورماتورهای شرکت ایران ترانسفو، ولتاژ تست ضریب تلفات عایقی نباید بیشتر از نصف ولتاژ تست فرکانس پایین (فرکانس توان) برای هر قسمت از سیم پیچ و نباید بیشتر از ۱۰ کیلو ولت باشد و همواره مقدار کمتر ملاک است.

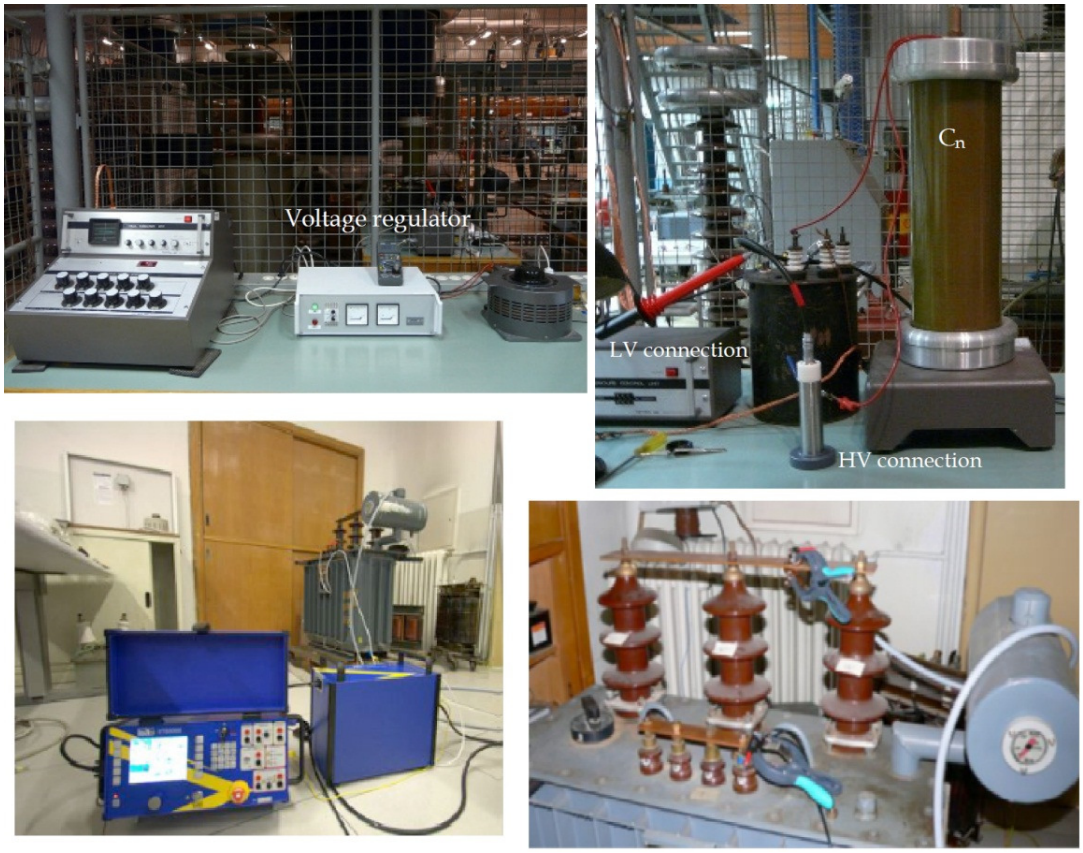
منابع ولتاژی که جهت اعمال به مدار تست $tan\delta$ استفاده می شود باید هیچگونه هارمونیکی نداشته باشند با این وجود صفرسنج دستگاه تست باید فیلترهای لازم جهت حذف هارمونیکهای مزاحم را دارا باشد. در غیر اینصورت حتی در حالت تعادل پل نیز صفرسنج جریانی را نشان خواهد داد. همچنین ولتاژ تست باید کاملاً سینوسی بوده و آزمایش در فرکانس ۵۰ هرتز انجام شود.

٦-۳-۳- نحوه چیدمان پل شرینگ

با توجه به اینکه خازن استاندارد متناسب با تجهیز تحت تست ممکن است تغییر کند لذا معمولاً جدا از دستگاه پل می‌باشد. بنابراین دستگاه پل شرینگ فقط شامل خازن $C_٤$ و مقاومتهای $R_٣$ و $R_٤$ می باشد یعنی عملاً دستگاه پل شرینگ نصف پل است و نیم دیگر پل خارج از دستگاه است. پس بدین ترتیب شرایط نسبتاً ایمن برای کاربر پل در ولتاژهای فشار قوی ایجاد می گردد. از طرف دیگر پل شرینگ دارای دو پوشش است که پوشش داخل به سیم محافظ و پوشش خارجی به زمین وصل می شود. همچنین با کمک برقگیر بین نقاط a و b ، زمین و سیم محافظ از بوجود آمدن اضافه ولتاژهای خطرناک جلوگیری بعمل می آید. شکل(۳) مدار چیدمان کلی پل شرینگ وحفاظتهای مربوطه را نشان می دهد. همچنین شکل(٤) تصاویری از نمای واقعی اتصالات و تجهیزات تست ضریب عایقی را بوسیله پل شرینگ ارائه می کند.



شکل(۳): چیدمان کلی پل شرینگ وحفاظتهای مربوطه



شکل(٤): تصاویری از نمای واقعی اتصالات و تجهیزات تست ضریب تلفات عایقی بوسیله پل شرینگ

٦-٣-٤- ضریب تلفات خازن استاندارد

ضریب تلفات خازنهای استاندارد مورد استفاده در تستها بطور معمول باید کوچکتر از $۱۰^{-۵}$ باشد. بنابراین ضریب تلفات فوق الذکر تاثیری در دقت اندازه گیریها نخواهد داشت و می توان از آن صرف نظر کرد. در غیر اینصورت و در موارد استثنا به شرط به اندازه کافی کوچکتر بودن ضریب تلفات خازن استاندارد($tan\delta_N$) از تجهیز مورد تست($tan\delta_x$) می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$tan\delta_x = R_\epsilon \omega C_\epsilon + tan\delta_N \qquad (۱۱)$$

از آنجائیکه ضریب تلفات عایقی متاثر از دما و برخی پارامترها، ممکن است دارای تغییرات بسیار بزرگی باشد لذا در این دستورالعمل تاکید بر استفاده از خازنهای با ضریب تلفات عایقی کوچکتر از $۱۰^{-۵}$ است و این مورد باید به دقت چک گردد. همچنین قبل از انجام هرگونه تستی صحت و کالیبره بودن دستگاه باید مورد تایید قرار گیرد.

٦-٤- شرایط محیطی

ثبت شرایط محیطی برای آزمونها بویژه در آزمایشهای دوره ای که به منظور مقایسه استفاده می شود از اهمیت خاصی برخوردار است. ضریب تلفات عایقی نسبت به تغییرات دما بسیار حساس می باشد و بنابراین مقادیر اندازه گیری شده در دماهای مختلف باید با یک ضریب، اصلاح گردند. این ضریب تصحیح امکان مقایسه چندین آزمایش را در دماهای مختلف فراهم می نماید. دمای مرجع در آزمایشهای عایقی بطور متعارف ۲۰ درجه سانتیگراد است و لذا ضرایب اصلاح برای این منظور قابل اخذ از مدارک و یا استانداردهای فنی سازندگان تجهیزات فشار قوی می باشد. جدول(۱) ضریب اصلاح(K) برای ترانسفورماتورهای پر شده با روغن عایقی معدنی را نشان می دهد. برای تبدیل ضریب تلفات عایقی از دمای آزمایش ($tan\delta_{t°C}$) به دمای ۲۰ درجه سانتیگراد ($tan\delta_{۲۰°C}$) از رابطه ذیل استفاده می کنند (مرجع ضریب تصحیح ضریب تلفات عایقی میزان دمای روغن ترانسفورماتور می باشد):

$$tan\delta_{۲۰°C} = \frac{tan\delta_{t°C}}{K} \qquad (۱۲)$$

جدول(۱): ضریب اصلاح $tan\delta$ (K) در دماهای مختلف برای ترانسفورماتورهای پر شده با روغن عایقی معدنی

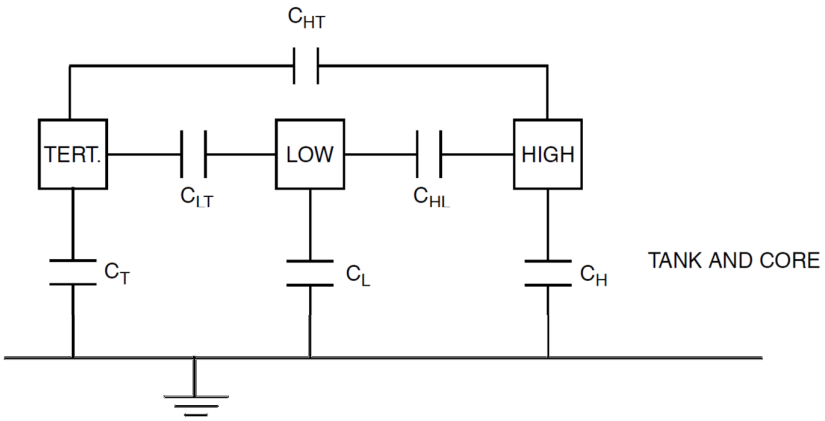
Measurement temperature [°C]	Correction factor [K]	Measurement temperature [°C]	Correction factor [K]
10	0,80	45	1,75
15	0,90	50	1,95
20	1.00	55	2,18
25	1,12	60	2,42
30	1,25	65	2,70
35	1,40	70	3,00
40	1,55	Note : Only for trans. With mineral oil	

انجام آزمایش در دماهای بسیار پایین و نزدیک به دمای یخ زدگی نبایستی صورت گیرد چرا که تاثیر قابل توجهی در نتایج اندازه گیریها داشته و حتی باعث خطا در تحلیلها می گردد. یکی از دلایل مهم انجام آزمایش ضریب تلفات عایقی ردیابی وجود رطوبت در عایقها است. با توجه به اینکه خاصیت الکتریکی آب و یخ بسیار متفاوت می باشد و امکان ردیابی یخ در عایقها بسیار مشکل و در برخی موارد غیرممکن است لذا لزوم عدم انجام آزمایش عایقی در دماهای بسیار پایین که آب به یخ تبدیل می شود محرز می گردد.

عوامل محیطی دیگری همچون رطوبت نسبی و آلودگی هوا در زمان انجام آزمایش باید ثبت گردند تا در زمان آزمایشهای بعدی و مقایسه ها در نظر گرفته شوند. مقدار بسیار کمی از بخار آب بر روی سطح خارجی عایق موجب افزایش مقدار جریان نشتی و نیز افزایش توان تلف شده در عایق می گردد. این عامل مخصوصاً در تجهیزات فشار ضعیف که دارای فاصله خزشی کوتاه در بوشینگها می باشد قابل ملاحظه است، لذا در ترانسفورماتورها باید بوشینگها از هرگونه آلودگی و رطوبت پاک گردند. بنابراین آزمایشات عایقی در شرایط آب و هوایی با رطوبت بالا و آلوده باید با دقت و ملاحظات ویژه صورت پذیرد. پس ارزیابی کیفیت عایقی در چنین شرایطی بسیار دشوار می باشد.

٦-٥- ملاحظات تست ضریب تلفات عایقی در ترانسفورماتورها

در اندازه گیری یک ظرفیت الکتریکی، ظرفیتهای سایر بخشهای ترانسفورماتور بطور غیر مستقیم در سیستم اندازه گیری تاثیر گذاشته و بنابراین نتایج بدست آمده دقت لازم را ندارند. در یک سیستم عایقی که متشکل از ظرفیتهای سری و موازی است باید اندازه گیریها بصورتی انجام پذیرد که ظرفیتها و ضریب تلفات عایقی بین الکترودهای مورد نظر را بدون اثرپذیری از سایر ظرفیتها بررسی کرد. این وضعیت بویژه در الکترودهای متصل به زمین پیچیده تر می گردد. در ترانسفورماتورهای دوسیم پیچه با ملاحظه بدنه ٣ الکترود داریم که در ترانسفورماتورهای سه سیم پیچه به چهار الکترود و در نتیجه ٦ ظرفیت خازنی می رسد(شکل(٥)).



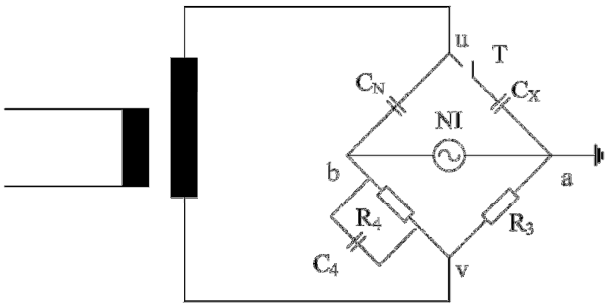
شکل(٥): ظرفیتهای خازنی ترانسفورماتور سه سیم پیچه

در صورتی که بدنه دستگاه زمین نشده باشد، مساله ساده تر است. برای اندازه گیری ظرفیت بین دو نقطه مثلاً $HIGH$ و LOW از شکل(٥) یکی را به منبع ولتاژ فشار قوی و دیگری را به نقطه a از پل شرینگ وصل می کنیم. در ادامه بقیه الکترودهای باقیمانده را به سیم محافظ وصل می نماییم. بدین ترتیب فقط جریان C_{HL} از مقاومت R_3 عبور می کند. با توجه به اینکه الکترودهای $TERT.$ و زمین به سیم محافظ وصل شده اند و سیم محافظ هم پتانسیل با نقطه a است لذا یا خازنهای

موجود اتصال کوتاه شده اند یا اینکه جریان آنها از سیم محافظ عبور می نماید و در نتیجه خللی در اندازه گیری دقیق ظرفیت مورد نظر ایجاد نمی نمایند.

گاهی لازم می شود ضریب تلفات عایقی را برای دستگاههایی که زمین شده اند اندازه گیری نماییم. در حالت اول اگر یکی از الکترودهای تجهیز زمین شود آنگاه برای اندازه گیری ظرفیتهایی که به این نقطه ختم نمی شود، سیم محافظ زمین گردیده و باید پتانسیل نقطه a نیز برابر پتانسیل زمین گردد. برای این هدف از زمین واگنر استفاده می شود. زمین مصنوعی را دستگاه خودکار تنظیم ولتاژ سیم محافظ نیز می تواند بوجود آورد.

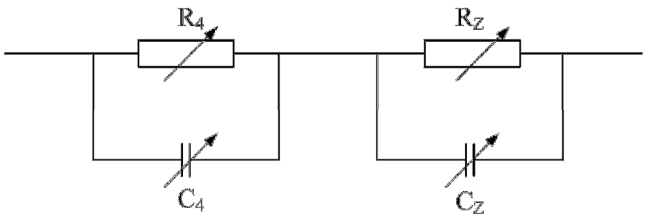
در حالت دوم اگر قرار باشد ظرفیت الکتریکی اندازه گیری شود که یکی از الکترودهای آن زمین است آنگاه مسئله قدری پیچیده تر است. چونکه در هر صورت نقطه a از پل زمین شده است. البته لازم بذکر است در این صورت نقطه v نباید زمین شود (شکل(٦)).



شکل(٦): مدار پل شرینگ برای اندازه گیری ظرفیت خازنی که یکی از الکترودهای آن زمین شده است

در این مدار سیم محافظ نیز زمین می شود. در نتیجه دقت اندازه گیریها کم می گردد. همچنین در اندازه گیری ظرفیت خازن مجهول، ظرفیت الکتریکی ترانسفورماتور تغذیه کننده نسبت به زمین نیز با خازن مجهول بصورت موازی در مدار قرار می گیرد. برای حذف این ظرفیت مطابق شکل(٦) کلید T را در مدار قرار می دهند. یکبار پل را در حالتی تنظیم می کنند که کلید باز است. در این حالت ظرفیت اندازه گیری شده برابر با ظرفیت مدار تغذیه و سیمهای رابط می شود. سپس کلید T را بسته و بار دیگر پل را تنظیم می کنند. ضریب تلفات و ظرفیت اندازه گیری شده در این حالت مرتبط با ظرفیت خازن مجهول و مدار تغذیه مربوطه است. لذا دو ظرفیت براحتی از هم تفکیک

می گردند. روش دیگر برای سهولت در تفکیک ظرفیت مدار تغذیه استفاده از یک خازن و مقاومت متغیر سری با شاخه ٤ مطابق شکل(۷) می باشد. وقتی کلید باز است، C_4 و R_4 را بر روی صفر تنظیم می کنند یعنی اتصال کوتاه کرده و پل را به کمک C_Z و R_Z تنظیم می نمایند. در نتیجه C_4 و R_4 مربوط به تنظیم خازن مجهول می شوند و دیگر لزومی به انجام محاسبه نمی باشد.



شکل(۷): مدار شاخه ٤ پل شرینگ با یک خازن و مقاومت اضافی برای سهولت در تفکیک ظرفیت مدار تغذیه

اشکال اندازه گیری ظرفیت خازنی که یک سر آن زمین شده است در ورود سایر ظرفیتهای الکتریکی بصورت موازی یا سری-موازی با خازن مورد بررسی می باشد. برای جدا کردن این ظرفیتها باید از یک دستگاه چند معادله چند مجهولی و تقریبهای مربوطه استفاده نمود.

٦-٦- ملاحظات تست و تفسیر نتایج

در زمان تست ضریب تلفات عایقی باید ملاحظات ذیل در نظر گرفته شود:

۱- ترانسفورماتور مورد تست باید قبل از آزمایش زیر بار نبوده و کاملاً از شبکه ایزوله گردد.

۲- بازدید چشمی جهت بررسی صدمات ظاهری و غیر طبیعی و نیز تمیزی بوشینگها قبل از تست ضروری می باشد.

۳- نوع سیستم عایقی و پیچیدگی آن مشخص و بر اساس تعداد خازنهای موجود بین الکترودها، مدار تست بسته شده و میزان ولتاژ اعمالی تعیین گردد. ملاک عمل در این خصوص دستورالعملها و راهنماهای سازنده تجهیز و استانداردهای مربوطه می باشد. لذا لازم است حالات مختلف اتصالات سیم پیچها نسبت به هم و بدنه آزمایش گردد.

٤- در فرم ثبت نتایج باید کلیه مشخصات و اطلاعات پلاک ترانسفورماتور بدقت درج شود.

با وجود اینکه معمولاً مقادیر استانداردی برای ضریب تلفات عایقی در بیشتر تجهیزات وجود ندارد لیکن این مقدار برای ترانسفورماتورهای روغنی با عایق جامد تعیین شده است. به هر حال بهترین روش، روش مقایسه با مقادیر اندازه گیری شده ضریب تلفات عایقی در دوره های قبلی و نیز تجهیزات کاملاً مشابه می باشد. در برخی موارد ضریب تلفات عایقی دقیقی در راهنمای سازندگان تجهیزات درج می گردد که می تواند به عنوان مبنای مقایسه اولیه مورد استفاده قرار بگیرد. بر اساس استاندارد *IEEE* معیار تعیین شده برای مقایسه کیفیت عایقی ترانسفورماتور بجای ضریب تلفات عایقی، ضریب قدرت عایقی می باشد با این وجود اگر ضریب تلفات عایقی کمتر از مقادیر مبنای مقایسه باشد آنگاه ضریب قدرت عایقی نیز در محدوده قابل قبول قرار می گیرد.

ضریب قدرت عایقی ترانسفورماتورها و راکتورهای جدیدی که به تازگی با روغن پر شده اند نباید در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد از ۰/۵ ٪ بیشتر باشد. در صورتی که نتیجه تست از این مقدار بیشتر باشد باید دلایل آن توسط سازنده و یا تامین کننده تجهیز روشن شود. اگر علت زیاد بودن ضریب قدرت، روغن عایقی بکار رفته و ترکیبات مربوطه باشد، آنگاه تعویض روغن با روغن با ضریب قدرت کمتر توصیه می گردد. به هر نحوی اگر مشکل ضریب قدرت بالای ۰/۵ ٪ در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد در یک ترانسفورماتور نو حل نگردید در این صورت برقدار کردن ترانسفورماتور بدون مشورت و بازرسی کامل و یا فرآیندهای تعمیری، اصلاحی و خشک کردن، مجاز نمی باشد.

تعیین ضریب تلفات عایقی در ترانسفورماتورها اطلاعات خوبی در ارتباط با کیفیت عایقی بین سیم پیچها، سیم پیچها با بدنه و نیز روغن تجهیز در اختیار کاربر قرار می دهد. این آزمون همچنین میزان خشک بودن عایق ترانسفورماتور را مورد ارزیابی قرار می دهد. بدینوسیله با بررسی ضریب تلفات عایقی چگونگی شرایط کارکرد ترانسفورماتور، آسیبهای ناشی از رطوبت، کربنیزه شدن عایقها، آسیب بوشینگها، آلوده شدن روغن بوسیله مواد و ذرات هادی و زمین شدن نامناسب هسته قابل شناسایی است. اگرچه ضریب قدرت کمتر از ۰/۵ ٪ در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد برای ترانسفورماتورهای کهنه قابل قبول می باشد اما ضریب قدرت بین ۰/۵ ٪ تا ۱ ٪ در دمای ۲۰ درجه

سانتیگراد نیز در برخی شرایط بسته به عمر ترانسفورماتور نیز قابل قبول است. ولی در مواردی که ضریب قدرت بیش از ۱ ٪ در ۲۰ درجه سانتیگراد باشد باید علت آن مورد بررسی قرار گیرد.

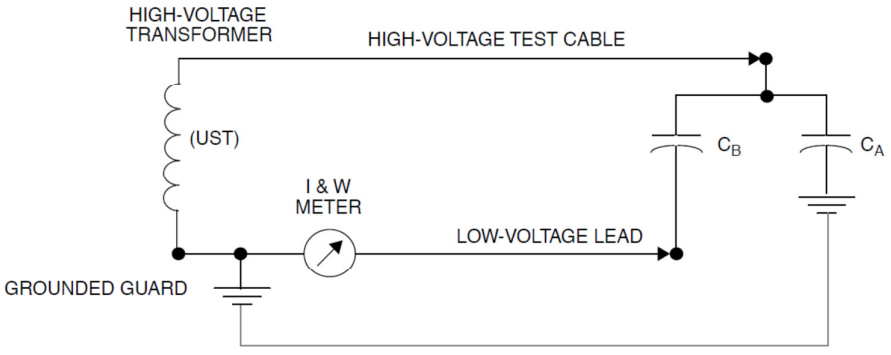
در سیستم عایقی تجهیزی مانند ترانسفورماتور باید کلیه ظرفیتهای خازنی که بواسطه ترمینالها (الکترودها) در دسترس می باشند اندازه گیری شوند. این اندازه گیریها و سطح بالای دسترسی موجب کاهش محدوده اشکالات شده و در نتیجه صرف زمان و هزینه کمتری را نتیجه می دهد.

٦-٧- دستگاههای اندازه گیری ضریب تلفات عایقی در سیستمهای پیچیده

دستگاههای اندازه گیری ضریب تلفات عایقی که بصورت تجاری در بازار موجود می باشند بگونه ای طراحی شده اند که براحتی امکان تست سیستمهای عایقی پیچیده را می دهند. انواع حالتهایی که بطور متعارف در این دستگاه ها تعریف شده اند به صورت ذیل است.

٦-٧-١- تست تجهیزات زمین نشده (UST)

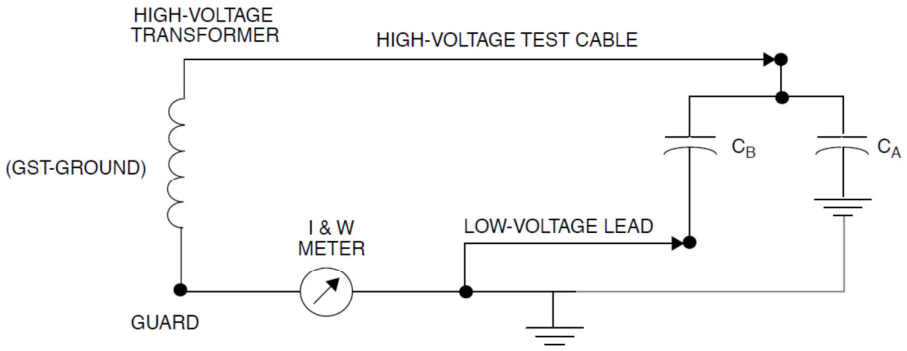
این حالت برای اندازه گیری و ارزیابی سیستم عایقی بین دو ترمینالی می باشد که زمین نشده اند و یا اینکه امکان جدا شدن از زمین را دارند. در حالت UST جریان جاری شده در سیستم عایقی بین ترمینالها مورد اندازه گیری قرار گرفته و جریان جاری شده به زمین اندازه گیری نمی شود. این حالت در شکل(۸) نشان داده شده است. C_A و C_B دو ظرفیت خازنی مختلف را نشان می دهد.



شکل(۸): مدار معادل تست تجهیزات زمین نشده (UST)

٦-٧-٢- تست تجهیزات زمین شده (GST)

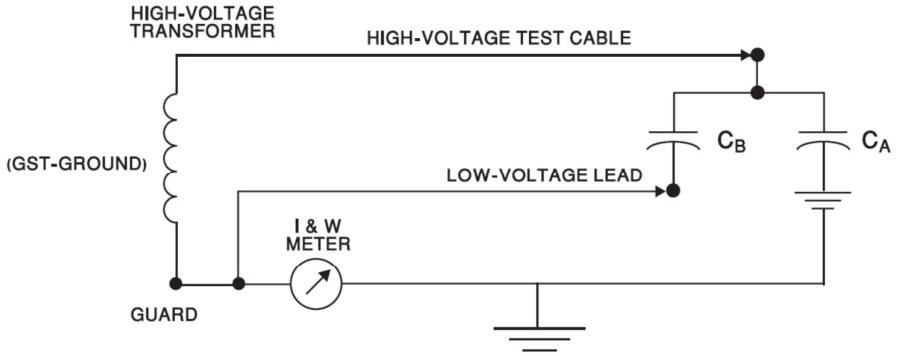
در حالت GST آزمون سیستم عایقی بین یک ترمینال زمین شده و یک ترمینال زمین نشده از یک تجهیز می باشد. در این حالت کل جریان جاری شده به زمین اندازه گیری می شود. شکل(۹) این حالت را نمایش می دهد.



شکل(۹): مدار معادل تست تجهیزات زمین شده (GST)

٦-٧-٣- تست تجهیزات زمین شده همراه با گارد

تجهیز زمین شده با گارد این امکان را فراهم می کند تا جریانهای ناخواسته از مسیر اندازه گیری خارج شوند و امکان آزمایش بخشهای مجزای سیستم عایقی فراهم گردد. در این حالت تنها جریان وارد شده به زمین اندازه گیری می شود. این روش در شکل(۱۰) نمایش داده شده است.

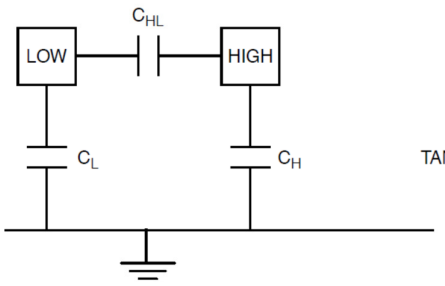


شکل(۱۰): مدار معادل تست تجهیزات زمین شده با گارد

٦-٧-٤- روش تست دستگاههای اندازه گیری پیشرفته ضریب تلفات عایقی

دستگاههای اندازه گیری تجاری- صنعتی پیشرفته قابلیت تست سیستمهای عایقی پیچیده را مهیا نموده اند. یک سیستم عایقی پیچیده شامل حداقل ۳ ترمینال بوده که توسط عایق از همدیگر جدا شده اند. سیستم عایقی با سه ترمینال را می توان به صورت یک شبکه سه خازنه و یک سیستم عایقی چهار ترمینال را می توان به صورت شبکه ٦ خازنه تعریف کرد. شکل(۱۱) نحوه تست ترانسفورماتورهای دو سیم پیچه و سه سیم پیچه متداول و جدول چیدمان اتصالات مربوطه را در تست ضریب تلفات عایقی نشان می دهد.

TWO WINDING TRANSFORMER

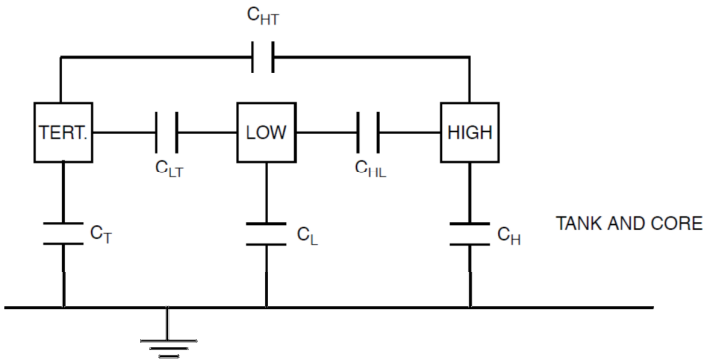


Test Mode	Energize	Ground	Guard	UST	Measure
GST	High	—	Low	—	C_H
GST	Low	—	High	—	C_L

Alternative Test for C_{HL}

UST	High	—	—	Low	C_{HL}
UST	Low	—	—	High	C_{HL}

THREE WINDING TRANSFORMER



Test Mode	Energize	Ground	Guard	UST	Measure
GST	High	—	Low, Tert.	—	C_H
GST	Low	—	Tert., High	—	C_L
GST	Tert.	—	High, Low	—	C_T

Supplementary Test for Interwinding Insulations

UST	High	Tert.	—	Low	C_{HL}
UST	Low	High	—	Tert.	C_{LT}
UST	Tert.	Low	—	High	C_{HT}

شکل(۱۱): نحوه تست ترانسفورماتورهای دو سیم پیچه و سه سیم پیچه و جدول چیدمان اتصالات مربوطه

٦-٨- ثبت اطلاعات تست ضریب تلفات عایقی

کلیه تستها باید با رعایت نکات بیان شده در بخشهای قبلی و نیز رعایت چیدمان اتصالات شکل(۱۱) انجام شده و سپس جداول ذیل با توجه به دو یا سه سیم پیچه بودن ترانسفورماتور به دقت تکمیل گردد.

جدول(۲): جدول ثبت اطلاعات آزمون ضریب تلفات عایقی ترانسفورماتور دو سیم پیچه

مشخصات ترانسفورماتور					
نام ایستگاه:	شماره سریال:	قدرت(MVA):			
ولتاژ نامی(kV):	سال ساخت:	سال بهره برداری:			
درجه حرارت روغن(°C):	درجه حرارات محیط(°C):	تاریخ آزمایش:			
توضیحات	$tan\delta_{۲۰°C}$	$tan\delta_{t°C}$	جریان تست(mA)	ولتاژ تست(kV)	نوع اتصال
					HV-LV
					HV-LV&TANK(N)
					LV-HV&TANK(N)

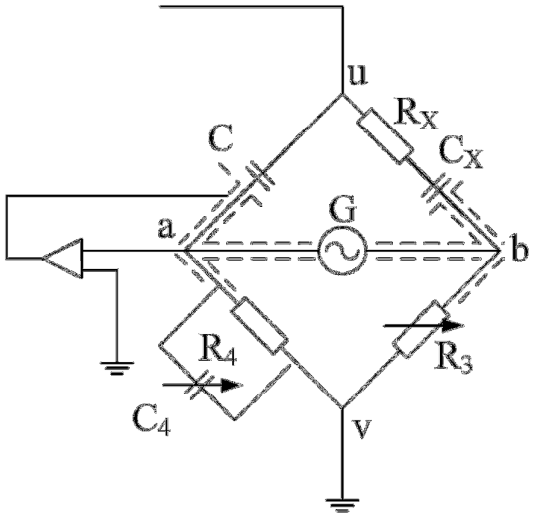
جدول(۳): جدول ثبت اطلاعات آزمون ضریب تلفات عایقی ترانسفورماتور سه سیم پیچه

مشخصات ترانسفورماتور					
نام ایستگاه:	شماره سریال:	قدرت(MVA):			
ولتاژ نامی(kV):	سال ساخت:	سال بهره برداری:			
درجه حرارت روغن(°C):	درجه حرارات محیط(°C):	تاریخ آزمایش:			
توضیحات	$tan\delta_{۲۰°C}$	$tan\delta_{t°C}$	جریان تست(mA)	ولتاژ تست(kV)	نوع اتصال
					HV-LV
					HV-TV
					LV-TV
					HV-LV&TV&TANK(N)
					TV-LV&HV&TANK(N)
					LV-HV&TV&TANK(N)

پیوست ۱:

الف- حذف ظرفیتهای پراکنده در پل شرینگ

بین نقاط مختلف پل، ظرفیتهای پراکنده ای وجود دارد که متناسب با اختلاف پتانسیل بین آنها موجب عبور جریان و در نتیجه باعث خطا در اندازه گیریها می شود. این اختلاف پتانسیل بین نقطه HV و محل اتصال خازنهای نرمال و مجهول به پل بویژه در اندازه گیری با ولتاژهای بالا، خطاهای بزرگی را منتج می شود، لذا این اتصالات توسط کابل کواکسیال انجام می شود. با این حال باز هم امکان وجود ظرفیتهای پراکنده بین پوسته کابلهای رابط با بخش HV و یا زمین محتمل است. بطور نمونه در مدار شکل(۱۲) نقطه a و الکترود اندازه گیری و همچنین سیم رابط بین نقطه b و خازن مجهول نباید هیچگونه ظرفیتی نسبت به زمین یا الکترود فشار قوی داشته باشند. چون در غیر اینصورت این ظرفیتها موازی المانهای پل قرار گرفته و مدار را به صورت نامعلومی در می آورند. در حالت تعادل پل، پتانسیل دو نقطه a و b برابر است بنابراین کافی است پتانسیلی برابر پتانسیل نقطه a یا b تولید کرده و آن را به پوسته کابل وصل نماییم. هم پتانسیل بودن پوسته و مغزی کابل باعث می شود که از ظرفیت بین آنها جریانی عبور نکند و در نتیجه اثر ظرفیت پراکنده از بین برود.

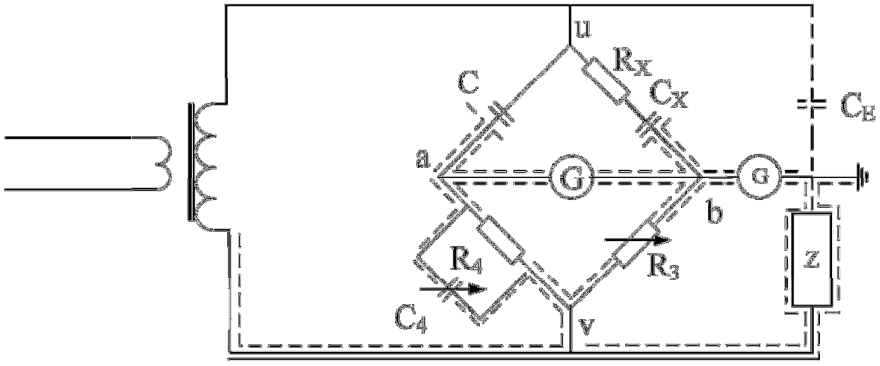


شکل(۱۲): مدار حذف ظرفیتهای پراکندگی در پل شرینگ

لازم بذکر است ظرفیت بین اجسام خارجی و پوسته بی اهمیت می باشد چون جریانی که به پوسته وارد می شود از منبع ولتاژ الکترود محافظ عبور می کند. روشهای مختلفی برای ایجاد پتانسیل الکترود محافظ وجود دارد که مهمترین آن دستگاه خودکار ایجاد ولتاژ محافظ بوسیله یک تقویت کننده الکترونیکی است که در شکل(۱۲) نشان داده شده است. این تقویت کننده، ولتاژ را به نسبت یک به یک و بدون تغییر فاز انتقال می دهد ولی جریان را به میزان مورد نیاز تقویت می نماید. این تقویت به نحوی است که جریان ورودی نزدیک به صفر است لیکن جریان خروجی آن بسته به بار در محدوده مشخصی قرار دارد. برای جلوگیری از جریان بسیار زیاد در پوسته محافظ که ممکن است ناشی از ظرفیت بین پوسته کابل و منبع فشار قوی باشد، در مواردی کابلهای رابط را دو پوسته می سازند که پوسته خارجی را زمین می کنند. برای از بین بردن ظرفیت پراکندگی خود دستگاه، پل اندازه گیری را در داخل یک جعبه فلزی قرار می دهند که باید حتماً زمین گردد.

روش دیگر ایجاد الکترود محافظ استفاده از منبع تغذیه با قابلیت تنظیم دستی است بصورتی که خروجی قابلیت تنظیم فاز و دامنه را هم پتانسیل با نقطه a از پل دارا باشد. این وسیله از همان منبعی تغذیه می شود که ترانسفورماتور فشار قوی متصل به پل از آن تغذیه می گردد. بدین ترتیب با هر بار تنظیم پل، دستگاه دستی ایجاد الکترود محافظ نیز تنظیم می گردد. اینکار تا زمانی ادامه می یابد که دیگر تغییری در پل روی ندهد.

روش سوم برای جلوگیری از خطا در پل در اثر وجود جریانهای ناشی از خازنهای پراکنده، زمین واگنر است. شکل(۱۳) پل شرینگ با زمین واگنر را نشان می دهد. در این روش نقطه v در پایین پل را زمین نمی کنند و پتانسیل آن را به کمک یک منبع خارجی بنحوی تنظیم می نمایند که پتانسیل نقطه a یا b برابر پتانسیل زمین گردد. در عوض پوسته محافظ نیز به زمین وصل می گردد. لذا نقاط a و b با پوسته هم پتانسیل می شوند. امپدانس Z قابل تنظیم است و به کمک منبع ولتاژ هم فرکانس با ولتاژ فشار قوی یا یک خازن بین منبع فشار قوی و امپدانس Z تغذیه می گردد.



شکل(۱۳): پل شرینگ با زمین واگنر

لازم بذکر است که در روش زمین واگنر در ترانسفورماتور فشار قوی هیچ یک از دو سر سیم پیچ فشار قوی زمین نشده است. همچنین از پل نیز هیچ نقطه ای زمین نگردیده است. بوسیله امپدانس Z و خازن پراکنده C_E و در صورت لزوم خازن اضافی موازی آن، پتانسیل نقطه a برابر پتانسیل زمین می گردد. هرگونه تغییر در مدار، پتانسیل نقطه a را تغییر می دهد و خطر احتمال بالا رفتن ولتاژ این نقطه وجود دارد.

ب- پل شرینگ معکوس

در پل شرینگ معکوس بجای نقطه v، نقطه u در شکل(۱۲) زمین می گردد. لذا نقطه v دارای ولتاژ زیاد نسبت به زمین گشته و فردی که پل را تنظیم می نماید باید بر روی پایه عایقی متناسب با سطح ولتاژ فشار قوی بایستد. با توجه به استفاده بسیار محدود از این روش در تست *on-site* تجهیزات فشار قوی و نیز الزام بر رعایت تمهیدات حفاظتی و ایمنی خاص؛ در این دستورالعمل توصیه اکید بر عدم استفاده از این روش می باشد.

پیوست۲: اطلاعات ضریب تلفات عایقی شرکتهای سازنده ترانسفورماتور

در جداول پیوست ضریب تلفات عایقی و ظرفیتهای خازنی اندازه گیری شده ترانسفورماتورهای برخی از برندهای بین المللی به عنوان نمونه ارائه شده است. همچنین اطلاعات اخذ شده بخشی از محصولات روتین شرکت ایران ترانسفو جهت مقایسه با مقادیر اندازه گیری شده on-site داده شده است. اطلاعات ضریب تلفات عایقی ترانسفورماتور تست شده باید با داده های مرجع اولیه اخذ شده از شرکت سازنده تطابق داشته باشد بنابراین لازم است مدارک مربوطه از شرکت سازنده دریافت گردد.

جدول(٤): ضریب تلفات عایقی و ظرفیتهای خازنی اندازه گیری شده ترانسفورماتورهای برخی از برندهای بین المللی

Sr. No.	TR Make	TR Type	TR Ratings	Winding Tested	C Value (PF) (Empirical Value)	%DF Value at ٢٠ °C (Empirical Value)
١	SHENYANG (China)	SFZ٧-٢٦٠٠٠	٢٠/٢٦ MVA ١٣٢/١١KV	H-L	٤٢٧٠	٠,٦١٥
				H-G	٣٣٧٩	٠,٥٢٨
				L-G	٧٦٣٦	٠,٥٧٨
٢	SHENYANG (China)	SFZ٧-١٣٠٠٠	٢٠/٢٦ MVA ١٣٢/١١KV	H-L	٤٢٧٠	٠,٦١٥
				H-G	٣٣٧٩	٠,٥٢٨
				L-G	٧٦٣٦	٠,٥٧٨
٣	TOSHIBA (Japan)*	HC/OPTLR-D	٢٠/٢٦ MVA ١٣٢/١١KV	H-L	٤٠٦٣	٠,١٣٨
				H-G	٣٢٩٧	٠,١٢٥
				L-G	٨١٧٠	٠,٢٩
٤	TOSHIBA (Japan)	HC/OPTLR-D	١٠/١٣ MVA ١٣٢/١١KV	H-L	٤٠٦٣	٠,١٣٨
				H-G	٣٢٩٧	٠,١٢٥
				L-G	٨١٧٠	٠,٢٩
٥	MINEL (Yugoslavia)	TPv-٧١٠٥-٢٦	٢٠/٢٦ MVA ١٣٢/١١KV	H-L	٤١١٣	٠,٢٩٥
				H-G	٣٣٦٤	١,٣٠٩
				L-G	٨٤٤٨	٠,٧٠٥
٦	ELTA (Poland)	TNARC-٢٦٠٠٠/١٣٢ PT	٢٠/٢٦ MVA ١٣٢/١١KV	H-L	٥٤٠٠	٠,٢
				H-G	٢٩٤٩	٠,٣

				L-G	۱۳۱۱۰	۰,۳
۷	ELTA	TNARC-۱۳۰۰۰/۱۳۲ PT	۱۰/۱۳ MVA ۱۳۲/۱۱KV	H-L	۵۴۰۰	۰,۲
	(Poland) *			H-G	۲۹۴۹	۰,۳
				L-G	۱۳۱۱۰	۰,۳
۸	HYUNDAI	TL-۰۶۸	۲۰/۲۶ MVA ۱۳۲/۱۱KV	H-L	۵۴۰۰	۰,۲۴۹
	(Korea)			H-G	۳۴۸۰	۰,۲۳
				L-G	۹۳۸۶	۰,۲۶
۹	OTE (Italy)	BERGAMA	۱۰/۱۳ MVA ۱۳۲/۱۱KV	H-L	۳۸۸۲	۰,۳۷۵
				H-G	۳۰۰۷	۰,۳۲۴
				L-G	۶۴۵۶	۰,۵۰۴
۱۰	ELECTROPUTRE (Romania) *		۲۰/۲۶ MVA ۱۳۲/۱۱KV	H-L	۴۲۷۰	۰,۶۱۵
				H-G	۳۳۷۹	۰,۵۲۸
				L-G	۷۶۳۶	۰,۵۷۸
۱۱	ELECTROPUTRE (Chec Republic)		۱۰/۱۳ MVA ۱۳۲/۱۱KV	H-L	۴۲۹۶	۰,۴۶
				H-G	۲۴۷۷	۰,۷۵
				L-G	۷۸۴۵	۰,۳۵
۱۲	SIEMENS (Pakistan) *		۴۰ MVA ۱۳۲/۱۱KV	H-L	۴۲۷۰	۰,۶۱۵
				H-G	۳۳۷۹	۰,۵۲۸
				L-G	۷۶۳۶	۰,۵۷۸
۱۳	SIEMENS (Pakistan) *		۲۰/۲۶ MVA ۱۳۲/۱۱KV	H-L	۴۲۷۰	۰,۶۱۵
				H-G	۳۳۷۹	۰,۵۲۸
				L-G	۷۶۳۶	۰,۵۷۸
۱۴	HEC (Pakistan) *		۲۰/۲۶ MVA ۱۳۲/۱۱KV	H-L	۴۲۷۰	۰,۶۱۵
				H-G	۳۳۷۹	۰,۵۲۸
				L-G	۷۶۳۶	۰,۵۷۸
۱۵	PEL (Pakistan) *		۴۰ MVA ۱۳۲/۱۱KV	H-L	۴۲۷۰	۰,۶۱۵
				H-G	۳۳۷۹	۰,۵۲۸
				L-G	۷۶۳۶	۰,۵۷۸
۱۶	PEL (Pakistan) *		۲۰/۲۶ MVA ۱۳۲/۱۱KV	H-L	۴۲۷۰	۰,۶۱۵
				H-G	۳۳۷۹	۰,۵۲۸
				L-G	۷۶۳۶	۰,۵۷۸
۱۷	PEL (Pakistan) *		۱۰/۱۳ MVA	H-L	۴۲۷۰	۰,۶۱۵

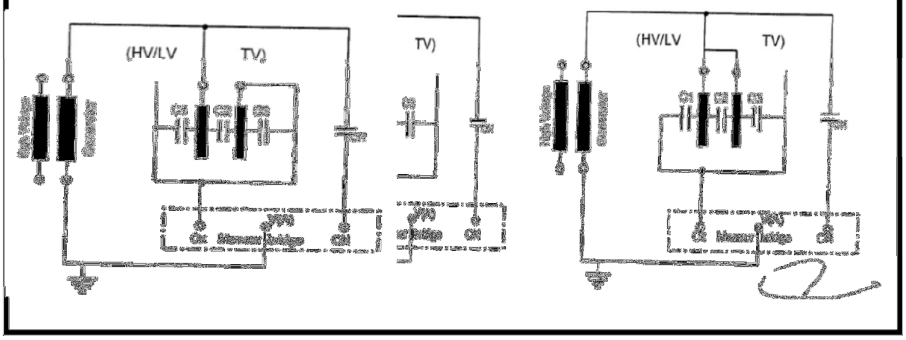
			۱۳۲/۱۱KV	H-G	۳۳۷۹	۰,۵۲۸
				L-G	۷۶۳۶	۰,۵۷۸
۱۸	MEIDENSHA		۲۰/۲۶ MVA ۱۳۲/۱۱KV	H-L	۵۴۰۰	۰,۲
	(Japan) *			H-G	۲۹۴۹	۰,۳
				L-G	۱۳۱۱۰	۰,۳
۱۹	MEIDENSHA		۱۰/۱۳ MVA ۱۳۲/۱۱KV	H-L	۵۴۰۰	۰,۲
	(Japan) *			H-G	۲۹۴۹	۰,۳
				L-G	۱۳۱۱۰	۰,۳
۲۰	ELPROM		۲۰/۲۶ MVA ۱۳۲/۱۱KV	H-L	۵۴۰۰	۰,۲
	(Bulgaria) *			H-G	۲۹۴۹	۰,۳
				L-G	۱۳۱۱۰	۰,۳
۲۱	GANZ		۲۰/۲۶ MVA ۱۳۲/۱۱KV	H-L	۵۴۰۰	۰,۲
	(Hungary) *			H-G	۲۹۴۹	۰,۳
				L-G	۱۳۱۱۰	۰,۳
۲۲	PAUWELS	DRF-۱۳۰/۲۷۵ (۳-WDG)	۳۷,۵ MVA ۱۳۲/۶۶/۱۱ KV	H-L	۵۹۹۴	۰,۴۷۸
	(Belgium) *			H-G	۴۴۱۳	۰,۵۳
				L-T	۷۰۷۸	۰,۴۷۸
				L-G	۲۰۴۱	۰,۵۲
				H-T	۴۰	-
				T-G	۱۵۸۶۰	۰,۶۸۸
۲۳	CEM (France)	AOTR.CV	۱۶۰ MVA ۲۲۰/۱۳۲/۱۱KV	HL-T	۴۷۳۲	۰,۷۴
				HL-G	۶۳۷۴	۰,۹۵
				T-G	۱۰۵۳۰	۰,۸۸
۲۴	SHENYANG (China)	OSFPS-۷-۱۶۰۰۰۰	۱۶۰ MVA ۲۲۰/۱۳۲/۱۱KV	HL-T	۵۷۷۸	۱,۶۱
				HL-G	۷۴۲۸	۰,۶۵
				T-G	۱۴۴۹۶	۱,۶
۲۵	HAWKER SIDDELY (UK)	HSPT/TTT۸۵	۱۶۰ MVA ۲۲۰/۱۳۲/۱۱KV	HL-T	۱۴۳۰۳	۰,۳۴۵
				HL-G	۲۷۶۳۷	۰,۳۵۸
				T-G	۲۴۹۷۳	۰,۳۶
۲۶	ALSTHOM (France)	AUTO	۱۶۰ MVA ۲۲۰/۱۳۲/۱۱KV	H-L	۱۰۴۰۰	۰,۲۰۲
				H-G	۷۸۰۰	۰,۳۲۸
				L-G	۱۱۶۰۰	۰,۳۸

۲۷	AEG (Turkey)	MRSN-۸۲۵٤	۱٦۰ MVA ۲۲۰/۱۳۲/۱۱KV	H-L	۸۵۰۰	۰,۳۵۸
				H-G	٦۷۰۰	۰,۳۸٦
				L-G	۱۳۸۰۰	۰,۷۷۵
۲۸	BBC (Germany)	AUTO	۱٦۰ MVA ۲۲۰/۱۳۲/۱۱KV	H-L	٥٦۰۰	۰,۳۱۹
				H-G	٥۷۰۰	۰,۳۲٤
				L-G	۱۳۲۰۰	۰,۳۱۲
۲۹	TBEA (China) *		۱٦۰ MVA ۲۲۰/۱۳۲/۱۱KV	H-L	٤۲۷۰	۰,٦۱٥
				H-G	۳۳۷۹	۰,٥۲۸
				L-G	۷٦۳٦	۰,٥۷۸
۳۰	TBEA (China) *		۲٥۰ MVA ۲۲۰/۱۳۲/۱۱KV	H-L	٤۲۷۰	۰,٦۱٥
				H-G	۳۳۷۹	۰,٥۲۸
				L-G	۷٦۳٦	۰,٥۷۸
۳۱	HOUPING (China) *		۱٦۰ MVA ۲۲۰/۱۳۲/۱۱KV	H-L	٤۲۷۰	۰,٦۱٥
				H-G	۳۳۷۹	۰,٥۲۸
				L-G	۷٦۳٦	۰,٥۷۸
۳۲	SHENBIAN (China) *		۱٦۰ MVA ۲۲۰/۱۳۲/۱۱KV	H-L	٤۲۷۰	۰,٦۱٥
				H-G	۳۳۷۹	۰,٥۲۸
				L-G	۷٦۳٦	۰,٥۷۸
۳۳	ABB (Spain) *		۱٦۰ MVA ۲۲۰/۱۳۲/۱۱KV	H-L	٤۲۷۰	۰,٦۱٥
				H-G	۳۳۷۹	۰,٥۲۸
				L-G	۷٦۳٦	۰,٥۷۸
۳٤	HYUNDAI (Korea) *		۱٦۰ MVA ۲۲۰/۱۳۲/۱۱KV	H-L	٤۲۷۰	۰,٦۱٥
				H-G	۳۳۷۹	۰,٥۲۸
				L-G	۷٦۳٦	۰,٥۷۸
۳٥	SIEMENS (Pakistan) *		۱٦۰ MVA ۲۲۰/۱۳۲/۱۱KV	H-L	٤۲۷۰	۰,٦۱٥
				H-G	۳۳۷۹	۰,٥۲۸
				L-G	۷٦۳٦	۰,٥۷۸
۳٦	ABB (Germany) *		۱٦۰ MVA ۲۲۰/۱۳۲/۱۱KV	H-L	٤۲۷۰	۰,٦۱٥
				H-G	۳۳۷۹	۰,٥۲۸
				L-G	۷٦۳٦	۰,٥۷۸
۳۷	MEIDENSHA (Japan)	FBORSDL	۱٦۰ MVA ۲۲۰/۱۳۲/۱۱KV	HL-T	٦۸۳۲	۰,۳
				HL-G	۷٤٦۰	۰,۱٦٥

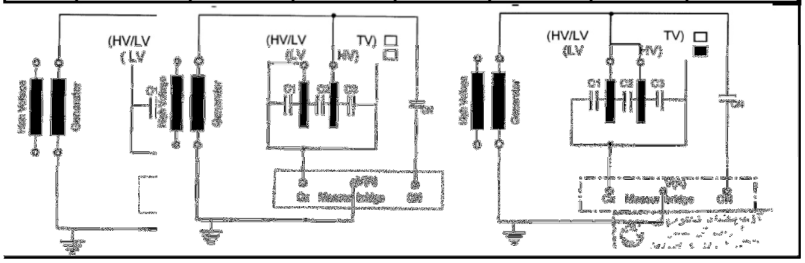
				T-G	١٤٨٤٦	٠,٦٦
٣٨	ABB	TPFD	١٣٨ MVA ٢٢٠/١٣٢/١١KV	HL-T (٣	٦٢٨٩	١,٠٨٥
	(Germany)	٦٦ ٠٠٠		HL-G (٥	٥٨٦٤	٠,٨٧
	MANGLA			T-G (٤)	١٢١٥٨	٠,٩٨
٣٩	TRAFOUNION (Germany)	NRPN-٨١٥٧	٦٠٠ (٢٠٠x٣) MVA ٥٠٠/٢٢٠/٢٢ KV	HL-T	٤١٩٦	٠,١٣٣
				HL-G	٤١٧٣	٠,١٣١
				T-G	٩٧٢٢	٠,٢٥٥
٤٠	JEMOUNT SCHENIDER (France)	AUTO	٤٥٠ (١٥٠x٣) MVA ٥٠٠/٢٢٠/٢٢ KV	HL-T	٧٢٠٠	٠,٣٢
				HL-G	٥٧٠٠	٠,٢٠٥
				T-G	١٠٨٠٠	٠,٥٣١
٤١	TBEA (China) *		٤٥٠ (١٥٠x٣) MVA ٥٠٠/٢٢٠/٢٢ KV	HL-T	٤٢٧٠	٠,٦١٥
				HL-G	٣٣٧٩	٠,٥٢٨
				T-G	٧٦٣٦	٠,٥٧٨
٤٢	SIEMENS (Brazil) *	NRPN-٨١٥٧	٦٠٠ (٢٠٠x٣) MVA ٥٠٠/٢٢٠/٢٢KV	HL-T	٤١٩٦	٠,١٣٣
				HL-G	٤١٧٣	٠,١٣١
				T-G	٩٧٢٢	٠,٢٥٥
٤٣	SIEMENS (Germany) *	NRPN-٨١٥٧	٦٠٠ (٢٠٠x٣) MVA ٥٠٠/٢٢٠/٢٢ KV	HL-T	٤١٩٦	٠,١٣٣
				HL-G	٤١٧٣	٠,١٣١
				T-G	٩٧٢٢	٠,٢٥٥
٤٤	TBEA (China) *		٢٠٠ (٢٠٠x٣) MVA ٥٠٠/٢٢٠/٢٢ KV	HL-T	٤٢٧٠	٠,٦١٥
				HL-G	٣٣٧٩	٠,٥٢٨
				T-G	٧٦٣٦	٠,٥٧٨
٤٥	ELIN (Austria) *		٤٥٠ (١٥٠x٣) MVA ٥٠٠/٢٢٠/٢٢ KV	HL-T	٤٢٧٠	٠,٦١٥
				HL-G	٣٣٧٩	٠,٥٢٨
				T-G	٧٦٣٦	٠,٥٧٨

جدول(۵): اطلاعات اخذ شده ضریب تلفات عایقی بخشی از محصولات روتین شرکت ایران ترانسفو

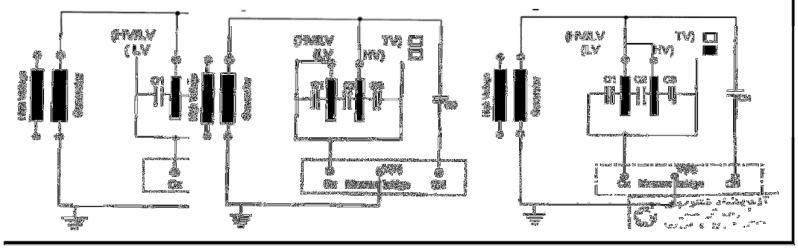
Power(MVA)	Ration(kV)	tan δ			capacitance value (pF/ph)		
		HV&LV-TV& G	TV- HV&LV&G	HV&LV&TV- G	C1	C2	C3
315	400-230-20	0.2095	0.2036	0.2080	2886.6	1974.4	6371.8
		0.2100	0.2297	0.2354	2896.5	1924.7	6791.0
		0.1980	0.2789	0.2631	2899.7	1941.0	7256.7
		0.2066	0.2616	0.2675	2886.8	1971.3	6969.6
200		0.1863	0.2120	0.2050	2883.4	1969.9	6387.1
		0.2637	0.3627	0.3252	2563.2	1796.2	5091.5
		0.2527	0.3174	0.2686	2822.5	1790.0	4817.7
		0.2382	0.3026	0.2726	2820.8	1814.9	4653.3
166.7		0.2308	0.3007	0.2480	4882.0	2909.5	5808.0
		0.2474	0.2987	0.2418	4891.8	3078.8	5394.3
		0.2307	0.2954	0.2386	4891.0	3008.5	5551.0
		0.2339	0.2941	0.2691	4857.3	2880.3	6100.3
160	230-132-20	0.3038	0.2209	0.2854	3646.3	2126.5	2832.3
		0.3701	0.2068	0.2428	3367.4	2181.4	2991.4
		0.2787	0.2107	0.2366	3193.1	2202.3	3002.8
125		0.2384	0.1913	0.2148	3780.3	2053.2	2673.3
		0.2300	0.1940	0.2140	3713.0	2085.0	2625.0
		0.2490	0.2115	0.2288	3726.0	2057.8	2689.0
	230-132-33	0.2330	0.1970	0.2110	2699.0	2115.0	5020.0
		0.2270	0.1950	0.2130	2712.0	2091.0	5054.0
		0.2421	0.2033	0.2251	2716.8	2094.8	5138.6
		0.2146	0.1873	0.2015	2700.0	2124.5	5195.4
		0.1969	0.2203	0.2076	2894.0	2146.7	5023.7
		0.2037	0.2219	0.2092	2878.4	2148.9	4899.8



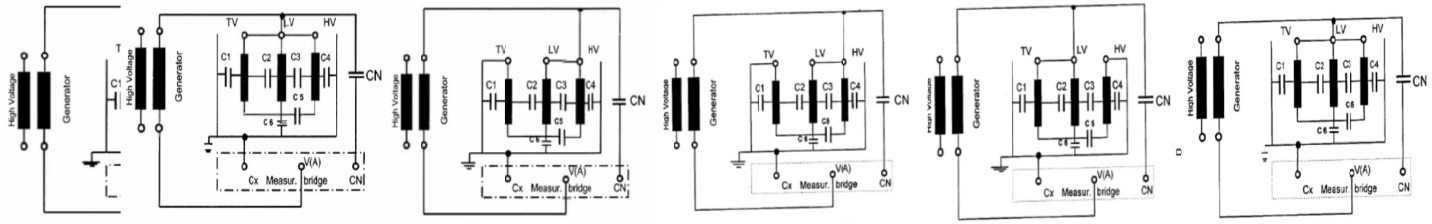
Power(MV	Ration(kV)	tan δ			capacitance value (pF/ph)		
		LV-HV & G	HV-LV & G	HV & LV-G	C1	C2	C3
200	245-15.75	0.2003	0.0235	0.2034	7209.2	2701.0	1507.3
		0.2092	0.1845	0.2110	7259.9	2712.6	1518.3
		0.2384	0.1872	0.2560	5801.9	3091.9	1820.4
		0.2516	0.1643	0.2653	5832.7	3073.7	1808.0
		0.1936	0.1650	0.2035	6002.0	2991.2	1831.7
		0.2041	0.1669	0.2111	6119.0	3036.0	1816.8
		0.1973	0.1684	0.1991	6224.1	3069.6	1812.9
		0.2492	0.1920	0.2545	5604.8	3114.3	1788.3
		0.1745	0.1526	0.1769	6765.2	2034.2	1842.7
		0.1871	0.1611	0.1853	6831.0	2044.2	1832.8
		0.1930	0.1784	0.1870	6826.4	2029.3	1872.9
		0.1964	0.1681	0.1930	6834.5	2021.0	1856.0
		0.1855	0.1659	0.1835	6587.3	2052.3	1880.8
		0.2511	0.2192	0.2535	5927.1	2058.9	1788.6
		0.2179	0.1858	0.2237	5686.9	2081.1	1778.3
		0.2812	0.2691	0.2915	5872.4	2096.9	1767.3
		0.2325	0.1897	0.2362	5963.3	2123.7	1771.8
		0.2453	0.1941	0.2525	5925.1	2111.4	1773.8
	400-63	0.1992	0.1918	0.2032	6491.4	2258.1	1998.6
		0.2005	0.1956	0.2047	6459.7	2284.5	2011.3
		0.2045	0.2044	0.2125	6449.2	2263.2	2013.3
		0.2010	0.1796	0.1980	6614.1	2300.8	2037.6
		0.2235	0.1858	0.2204	6368.1	2336.1	2014.3
		0.1995	0.2115	0.2067	6174.9	2252.8	1924.6
		0.2118	0.2030	0.2108	6192.2	2254.8	1935.8
	145-15.75	0.2628	0.2102	0.2631	6587.8	4673.4	1433.6
		0.2448	0.2077	0.2435	6157.5	4612.3	1468.3
		0.2502	0.2152	0.2400	6273.8	4554.4	1742.5
		0.2531	0.2408	0.2604	6362.8	4569.7	1738.8
		0.2661	0.2514	0.2462	6445.9	4473.4	1783.4
		0.2950	0.2843	0.2622	6368.6	4523.8	1718.8
		0.2350	0.2045	0.2326	6277.8	4695.9	1724.3
		0.2476	0.2144	0.2444	6172.1	4559.3	1432.6
		0.2481	0.2258	0.2591	6305.6	4669.9	1690.6
		0.1974	0.1897	0.2168	6515.3	4580.0	1724.7



Power(MVA	Ration(kV)	tan δ			capacitance value (pF/ph)		
		LV-HV & G	HV-LV & G	HV & LV-G	C1	C2	C3
125	230-63	0.2405	0.2014	0.2219	5626.2	2622.2	1700.8
		0.2239	0.2286	0.2141	5108.2	2676.7	1792.5
		0.2372	0.1920	0.2216	5082.5	2710.2	1781.0
		0.2405	0.2033	0.2204	5189.3	2687.2	1758.8
		0.2153	0.1805	0.2002	4787.3	2716.4	1743.3
		0.2459	0.2094	0.2259	4945.7	2773.3	1750.0
		0.2229	0.1829	0.2068	4899.2	2685.2	1769.0
		0.1906	0.1697	0.1859	4864.3	2657.5	1765.3
160		0.2646	0.2298	0.2432	6739.8	3090.3	2084.8
		0.2670	0.2174	0.2494	6944.2	3003.5	2092.3
		0.2246	0.2011	0.2150	6895.6	3051.9	2113.3
		0.2530	0.2374	0.2323	6555.2	2970.3	2100.3
		0.2225	0.1845	0.2120	6452.8	3076.4	2112.9
		0.1779	0.1669	0.1735	4887.0	2510.3	1801.7
		0.1750	0.1515	0.1746	5060.8	2470.6	1804.3
		0.1666	0.1533	0.1629	4765.0	2529.0	1820.3
		0.1701	0.1616	0.1688	4796.1	2540.4	1819.6
		0.2368	0.2199	0.2182	5255.6	2824.1	1902.9
170	132-34.5	0.2117	0.1683	0.2169	4264.7	4005.5	1393.7
		0.2294	0.1896	0.2292	4367.0	4038.2	1393.7
		0.2024	0.1639	0.2170	4345.8	3971.2	1378.2
		0.2199	0.1785	0.2184	4384.2	3973.5	1384.3
		0.2141	0.1860	0.2183	4219.7	4009.2	1384.3
		0.1990	0.1617	0.2039	4399.2	3954.8	1378.8
		0.1851	0.1559	0.1885	4285.3	4001.6	1395.3
		0.2198	0.1840	0.2120	4316.0	4114.8	1368.8
180	230-63	0.2503	0.1870	0.2503	6281.6	3511.6	2286.1
		0.2242	0.1721	0.2367	6396.8	3429.8	2018.5
		0.2257	0.1644	0.2343	6377.6	3461.9	2022.3
		0.2614	0.1842	0.2541	6378.2	3444.5	2219.3
		0.2808	0.1874	0.2856	6322.1	3412.9	2024.6
		0.2266	0.1554	0.2319	7139.8	3931.7	2579.0
		0.2432	0.1522	0.2461	7039.6	4007.1	2545.3
		0.2107	0.1547	0.2101	6770.8	3997.1	2642.9
		0.2397	0.1732	0.2464	7095.9	3894.3	2630.1



Power(MVA)	Ration(kV)	tan δ						capacitance value (pF/ph)					
		HV-LV&TV& G	LV-HV&TV& G	TV-HV&LV& G	HV&LV-TV& G	TV&LV-HV& G	HV&LV&TV- G	C1	C2	C3	C4	C5	C6
125	230-63-20	0.2700	0.2800	0.2600	0.2700	0.2700	0.2600	789.0	51.0	2683.0	1301.0	6094.0	5634.0
		0.2226	0.2225	0.2278	0.2289	0.2266	0.2175	825.9	36.9	2751.9	1381.9	6573.0	5379.3
		0.2726	0.2736	0.2538	0.2658	0.2635	0.2424	760.6	49.0	2799.1	1304.5	5901.1	5383.1
		0.2472	0.2304	0.2441	0.2441	0.2366	0.2283	804.3	40.3	2716.0	1408.7	7007.7	5180.7
160		0.2269	0.2249	0.2277	0.2401	0.2256	0.2136	816.1	34.8	3073.9	1523.7	7064.8	5950.6
		0.2363	0.2452	0.2249	0.2359	0.2355	0.2197	780.0	34.4	3063.6	1547.8	7361.8	5887.0
		0.2381	0.2521	0.2300	0.2482	0.2405	0.2329	774.5	35.6	3086.8	1525.8	7114.9	6038.1
		0.2348	0.2114	0.2338	0.2341	0.2232	0.1994	820.3	36.2	3073.7	1591.5	7387.2	5465.8
	230-66-20	0.2391	0.2072	0.2513	0.2356	0.2288	0.1950	826.0	46.5	3034.7	1626.3	7304.5	5811.8
		0.2296	0.1941	0.2372	0.2258	0.2165	0.1914	791.7	49.7	3047.0	1623.8	7215.2	5812.2
		0.2455	0.2236	0.2505	0.2450	0.2358	0.2098	870.3	46.4	3134.7	1637.8	7703.1	6086.9
		0.2192	0.2022	0.2262	0.2192	0.2128	0.1957	818.2	46.9	3095.5	1626.3	7597.3	6130.4
		0.2408	0.2415	0.2373	0.2461	0.2385	0.2203	837.4	47.0	3217.8	1623.3	7535.4	5834.7
200		0.2495	0.2103	0.2512	0.2150	0.2420	0.2488	6587.4	4051.7	2900.2	1511.1	40.1	2402.2
		0.2654	0.2218	0.2500	0.2245	0.2450	0.2487	6349.7	4091.7	2865.8	1448.2	41.8	2389.5
	400-63-20	0.1738	0.1769	0.2072	0.1747	0.2275	0.2300	6670.8	5362.5	2514.8	1899.8	64.0	1015.3
		0.1986	0.1985	0.2382	0.1956	0.2565	0.2570	6476.0	5336.1	2517.3	1905.4	64.3	1009.1
		0.1931	0.1945	0.2273	0.2012	0.2522	0.2496	6472.1	5293.2	2469.0	1886.6	68.7	1011.3
		0.2078	0.1736	0.2083	0.1892	0.2275	0.2468	6490.6	5452.1	2518.8	1875.5	67.0	1013.3
	400-132-20	0.2105	0.2340	0.2634	0.2437	0.2622	0.2723	6275.6	4922.1	2767.4	1399.1	35.2	1995.7
		0.2230	0.2144	0.2464	0.2339	0.2389	0.2630	5954.5	5034.8	2755.8	1372.8	32.0	1888.2
		0.1778	0.1787	0.2197	0.1865	0.2102	0.2223	6170.4	5134.3	2790.3	1400.4	34.8	1787.5
		0.2051	0.2148	0.2407	0.2181	0.2260	0.2282	5917.7	4872.5	2818.0	1402.2	32.8	1822.1



گردآورندگان سند:

نام و نام خانوادگی	سمت
هاشم علیپور	مدیر کل دفتر فنی و نظارت انتقال
علیرضا ضامنی	رئیس گروه نظارت بر تجهیزات فشار قوی
اسماعیل خان احمدلو	کارشناس نظارت بر تجهیزات فشار قوی

کنتـــرل سند :

۱- صدور سنـــد

سند با ضوابط آئین‌نامه تولید ، بهره‌برداری و بازنگری اسنـاد دارای مطابقت دارد . نام و نام خانوادگی کنترل‌کننده :..... سمت :	مهـر و امضاء دفتـر (صادرکننـده)

۲- دریافت سنـد و کنترل‌های لازم

نام سازمان : ..... تاریخ دریافت سنـد : ..... □ سند از نظر شکلی(تعداد اوراق،خوانایی و ...) کامل است . □ سند در فرم‌های مربوطه ثبت گردید . □ اسنـاد منسوخ و یا بی‌اعتبـار مرتبط ابطال گردید . نام و نام خانوادگی کنترل کننده : ..... سمت :	مهـر و امضاء دفتـر (دریافت کننـده)

۳- بهـره‌برداری

نام واحـد سازمانـی ..... □ دریافت سنـد تاریخ : ..... □ خاتمه دوره‌اجـرا تاریخ : ..... نام و نام خانوادگی دریافت‌کننده : ..... سمت :	مهـر واحد دریافت‌کننـده (استفـاده کننـده)

٤- ابطال سنـد

این سنـد در تاریخ ..... به‌استناد .... ابطال گردید . نام و نام خانوادگی ابطال‌کننده : ..... سمت :	مهـر و امضاء

اسامی اعضای همکار درتهیه دستورالعمل:

ردیف	نام و نام خانوادگی	سازمان متبوع
۱	محمدرضا ترابی	شرکت توانیر
۲	رضا عسگری	برق منطقه ای اصفهان
۳	عباداله کامیاب	برق منطقه ای خراسان
۴	محمدعلی کریمی	برق منطقه ای فارس
۵	حبیب الله گودرزی نژاد	برق منطقه ای فارس
۶	محمد قربانی	برق منطقه ای مازندران
۷	عبدالمجید شجاعی	برق منطقه ای مازندران