لیست گزارشات

جمهوری اسلامی ایران
وزارت نیرو
پژوهشگاه نیرو

عنوان گزارش : ترانسفورماتورهای جریان ۲۰ و ۳۳ کیلوولت

عنوان پروژه: "بررسی، تحقیق و تهیه ضوابط و معیارهای فنی"

کد پروژه: PTRVT02

کارفرما: سازمان توانیر

پژوهشکده انتقال و توزیع نیرو
گروه پژوهشی خط و پست
آبان‌ماه ۱۳۸۲

پیشگفتار

گزارشـات حاضر براساس موافقتنامه ۱۰۱-۸۰-۲۷۳ مورخ ۸۰/۷/۲۲ با موضوع "بررسی، تحقیق و تهیه ضـوابط و معـیارهای فنـی" که مابین شرکت توانیر و پژوهشگاه نیرو منعقد شده است تهیه گردیده است. ایـن گزارشـات براسـاس اسـتانداردهای موجـود در زمیـنه شـبکه و تجهـیزات توزیـع فشـار متوسـط و فشار ضعیف تدوین شده است. فهرست کلیه گزارشات در جدول صفحه بعد قید شده است.

لیست گزارشات مربوط به پروژه "بررسی، تحقیق و تهیه ضوابط و معیارهای فنی"

رئوس کلی / گزارشات	شبکه‌های توزیع نیروی برق فشار متوسط و ضعیف	تابلوهای فشار ضعیف و متوسط برق	پستهای ۲۰ و ۳۳ کیلوولت هوایی و زمینی	انشعابات برق مشترکین
۱	- طراحی خطوط توزیع هوایی	- تابلوهای فشار ضعیف و متوسط	- پستهای هوایی توزیع	- مقررات عمومی و خصوصی انشعابات برق مشترکین
۲	- هادیهای خطوط هوایی توزیع		- کلیات پستهای توزیع ۲۰ و ۳۳ کیلوولت زمینی	- کنتورهای اکتیو
۳	- یراق‌آلات خطوط هوایی		- تاسیسات پستهای ۲۰ و۳۳ کیلوولت زمینی	- کنتورهای راکتیو
۴	- حریم خطوط هوایی		- معماری و ساختمان پستهای توزیع زمینی	- کنتورهای استاتیکی
۵	- کراس‌آرم‌ها و سرتیرهای خطوط توزیع هوایی		- سیستم زمین پستهای توزیع	- فیوزهای فشارضعیف
۶	- تیرهای فلزی، بتونی و چوبی		- ترانسفورماتورهای توزیع	- کلیدهای اتوماتیک
۷	- مقره‌های توزیع		- کلیدهای قدرت ۲۰ و ۳۳ کیلوولت	- کنتاکتورهای نوع ضعیف
۸			- سکسیونرهای ۲۰ و ۳۳ کیلوولت	- کلیدهای قابل قطع زیربار
۹			- کابلهای فشار متوسط و ضعیف	- ترانسفورماتورهای ولتاژ ۲۰ و ۳۳ کیلوولت
۱۰			- کات‌اوت‌های فشار متوسط	***- ترانسفورماتورهای جریان ۲۰ و ۳۳ کیلوولت***
۱۱			- برقگیرهای فشار متوسط	- یراق‌آلات کابلهای شبکه‌های توزیع

بخش اول
اصول طراحی و مهندسی

لیست گزارشات

فهرست مطالب

۱-هدف ۱

۲-کاربرد ۱

۳-اصطلاحات و شرایط کار ترانسفورماتورهای جریان ۱

۳-۱-اصطلاحات و تعاریف ۱

۳-۲-شرایط کار ترانسفورمر ۳

۳-۲-۱-دمای هوای محیط ۳

۳-۲-۲-ارتفاع ۴

۳-۲-۳-شرایط اتمسفری ۴

۳-۲-۴-زمین سیستم ۴

۴-نیازها و خواسته‌ها ۴

۵-اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی ۶

۵-۱-مشخصات و ویژگیهای شبکه و سیستمی که ترانسفورماتور جریان در آن نصب و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. ۶

۵-۲-مشخصات محیطی و شرایط اقلیمی محلی که ترانسفورماتورهای جریان در آن مورد استفاده قرار می‌گیرد ۶

۶-شاخص‌ها و پارامترهای مشخص کننده طراحی ۷

۶-۱-نوع ترانسفورماتور جریان ۷

۶-۱-۱-نوع ترانسفورماتور جریان از نظر عایق‌بندی ۷

۶-۲-حداکثر ولتاژ سیستم U_M ۷

۶-۳-جریان نامی اولیه ۸

۶-۴-مقادیر استاندارد جریان نامی ثانویه ۸

۶-۵-جریان نامی حرارتی پیوسته ۸

۶-۶-ظرفیت نامی خروجی ۸
۶-۷-جریانهای نامی حرارتی کوتاه مدت ۸
۶-۸-محدودیتهای افزایش دما ۹
۶-۹-شرایط عایقی ۱۰
۶-۹-۱-سطوح عایقی نامی برای سیم‌پیچی‌های اولیه ۱۰
۶-۹-۲-شرایط عایقی بین اجزاء ۱۰
۶-۹-۳-شرایط عایقی برای سیم‌پیچی‌های ثانویه ۱۱
۶-۹-۴-شرایط عایقی داخل حلقه‌ای ۱۱
۶-۹-۵-طول خزش ۱۱
۶-۹-۶-اثر ارتفاع روی سطوح عایقی ۱۱
۶-۱۰-کلاس دقت ترانسفورمر جریان ۱۲
۶-۱۰-۱-نشانگر کلاس دقت ۱۲
۶-۱۰-۲-کلاسهای دقت استاندارد ۱۲
۶-۱۰-۳-محدوده‌های خطای جریان و جابجایی فاز ۱۲
۷-روش قدم به قدم طراحی ۱۳
۷-۱-مشخصات و ویژگیهای سیستم ۱۳
۷-۲-شرایط محیطی محل نصب ۱۳
۷-۳-پارامترهای انتخاب ترانسفورماتور جریان ۱۴

فهرست جداول

جدول (۱): محدوده مجاز افزایش دمای سیم‌پیچی‌ها ۹
جدول (۲): سطوح عایقی نامی برای سیم‌پیچ‌های اولیه ترانسفورمرهایی که حداکثر ولتاژ کاری آنها کمتر از ۳۶ kV می‌باشد. ۱۰
جدول (۳): حداقل طول خزشی برحسب سطح آلودگی ۱۱
جدول (۴): حدود خطاها ۱۲
جدول (۵): حدود خطاها ۱۳

فهرست مطالب

۱- هدف

هدف از این استاندارد ارائه به معیارهای مهندسی جهت انتخاب ترانسفورماتور جریان ۲۰ و ۳۳ کیلوولت می‌باشد، بطوریکه مشخصات آن بطور بهینه تعیین گردد.

۲- کاربرد

این مشخصات برای ترانسفورمرهای جریان اندازه‌گیری شبکه فشار متوسط (۲۰ و ۳۳ کیلوولت) به منظور نصب در مدار وسایل اندازه‌گیری مصارف انرژی مشترکان (اکتیو و راکتیو) به کار می‌رود و بایستی با استاندارد IEC به شماره ۱۸۵ و یا استاندارد مشابه مطابقت نماید.

۳- اصطلاحات و شرایط کار ترانسفورماتورهای جریان

۳-۱-اصطلاحات و تعاریف

برخی از اصطلاحات بکار برده شده در این استاندارد در زیر تعریف شده‌اند:

۱- نسبت تبدیل واقعی

نسبت جریان اولیه واقعی به جریان ثانویه واقعی می‌باشد.

۲- نسبت تبدیل نامی

نسبت جریان نامی اولیه به جریان نامی ثانویه می‌باشد.

۳- خطای جریان

خطایی است که ترانسفورمر در اندازه‌گیری جریان موجب می‌شود و دلیل آن عدم برابری نسبت تبدیل واقعی ترانسفورمر با نسبت تبدیل نامی آن است.

خطای جریان توسط رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\text{خطای جریان به درصد} = \frac{(k_n I_s - I_p)\times 100}{I_p}$$

که k_n نسبت تبدیل نامی ترانسفورمر، I_p جریان واقعی اولیه و Is جریان واقعی ثانویه ترانسفورمر زمانی که از اولیه جریان I_p می‌گذرد، می‌باشند.

۴- جابجایی (شیفت) فاز

اخـتلاف فـاز بین بردارهای جریان اولیه و ثانویه می‌باشد در حالیکه جهت بردارها طوری انتخاب شده است تا زاویه برای یک ترانسفورمر ایده‌آل صفر باشد.

هنگامی که بردار جریان ثانویه از بردار جریان اولیه پیش فاز باشد گفته می‌شود که جابجایی فاز مثبت است. جابجایی فاز معمولاً به دقیقه یا سانتی رادیان (Centiradian) بیان می‌شود.

توجه: این تعریف فقط برای جریانهای سینوسی صحیح است.

۵- کلاس دقت

عـددی اسـت کـه بیانگر محدوده خطای معینی می‌باشد که ترانسفورمر تحت شرایط مشخص کاری از آن تجاز نمی‌کند.

۶- بار (Burden)

به امپدانس مدار ثانویه بر حسب اهم و در ضریب توان مشخصی گفته می‌شود.

بـار (Burden) معمـولاً بعنوان توان ظاهری (ولت آمپر) جذب شده در یک ضریب توان معین و جریان نامی ثانویه معین شناخته می‌شود.

۷- بار نامی (Rated Burden)

مقدار باری است که ملزومات دقت ذکر شده در این استاندارد بر اساس آن تعیین شده است.

۸- ظرفیت خروجی نامی

مقـدار تـوان ظاهری (به ولت آمپر) در یک ضریب توان معین است که ترانسفورمر باید در جریان نامی ثانویه و بار نامی متصل به آن، تامین کند.

۹- حداکثر ولتاژ برای تجهیزات (حداکثر ولتاژ کاری)

حداکـثر ولـتاژ فـاز به فاز موثر می‌باشد که ترانسفورمر با توجه به عایق‌بندی‌اش برای آن طراحی شده است.

۱۰- سطح عایقی نامی

مجموعـه‌ای از مقادیر ولتاژ که تعیین کننده مشخصات عایقی ترانسفورمر با توجه به توانایی تحمل آن در برابر تنشهای دی‌الکتریکی می‌باشد.

۱۱- ضریب زمین‌شدگی

در یک مکان انتخاب شده در سیستم سه فاز (عموماً در محل نصب تجهیزات)، برای یک چیدمان داده شده برای سیستم، نسبت (به درصد) حداکثر ولتاژ موثر خط به زمین با فرکانس قدرت در یک فاز اسمی در محل در حین یک خطای فاز به زمین وارد بر یک یا چند فاز به ولتاژ موثر خط به خط با فرکانس قدرت (که با برطرف شدن خطا در آن محل ایجاد خواهد شد) می‌باشد.

۱۲- جریان حرارتی کوتاه مدت نامی (I_{th})

مقدار موثر جریان اولیه در شرایطی که سیم‌پیچ ثانویه‌اش اتصال کوتاه شده است می‌باشد و ترانسفورماتور می‌تواند آن را بمدت یک ثانیه بودن آسیب تحمل کند.

۱۳- جریان دینامیکی نامی (I_{dyn})

مقدار قله جریان اولیه زمانی که سیم‌پیچی ثانویه ترانسفورمر اتصال کوتاه شده است و ترانسفورمر آن را بدون اینکه در اثر نیروهای الکترومغناطیسی بوجود آمده آسیب الکتریکی یا مکانیکی ببیند، تحمل می‌نماید.

۱۴- جریان حرارتی نامی پیوسته

مقدار جریانی است که مجاز است بطور پیوسته از سیم‌پیچی اولیه عبور کند در شرایطی که سیم‌پیچی ثانویه به بار نامی وصل شده و افزایش دما از مقادیر معین شده تجاوز نمی‌کند.

۳-۲- شرایط کار ترانسفورمر

اگر بگونه دیگری تصریح نشده باشد، ترانسفورمرهای جریان برای کار در شرایط زیر مناسب خواهند بود:

۳-۲-۱- دمای هوای محیط

حداکثر	۴۰ °C
حداکثر دمای متوسط روزانه	۳۰ °C
حداقل دما برای ترانسفورمرهای نوع هوای آزاد	-۲۵ °C
حداقل دما برای ترانسفورمرهای نوع فضای بسته	-۵ °C

۳-۲-۲- ارتفاع

حداکثر تا ۱۰۰۰ متر از سطح دریا

نکته: برای ارتفاعهای بالاتر ضرایب تصحیح مناسب در مواردی که ارتفاع روی پارامتر مربوطه موثر است، اعمال می‌گردد.

۳-۲-۳- شرایط اتمسفری

جوی که خیلی آلوده نباشد.

۳-۲-۴- زمین سیستم

الف- سیستم با نوترال عایق‌بندی شده

ب- سیستم با زمین تشدیدی (رزونانت)

ج- یستم با نوترال زمین شده

* سیستم با نوترال به طور موثر زمین شده
* سیستم با نوترال به طور غیرموثر زمین شده

۴- نیازها و خواسته‌ها

فهرست مطالب

ترانسفورماتورهای جریان جهت تبدیل جریانهای با دامنه زیاد به جریانهائی که به راحتی و با مصرف انرژی ناچیز (تلفات اندک) با دستگاههای اندازه‌گیری فشار ضعیف قابل اندازه‌گیری است بکار می‌روند. ترانسفورماتورهای جریان در کلیه شرایط عادی و غیرعادی بهخ شبکه متصل هستند. بنابراین اثرات تمامی موارد مربوط به شرایط فوق نباید سبب خرابی یا عدم دقت آنها شود. ترانسفورماتورهای جریان باید قابلیت تحمل جریان اتصالی و دقت مناسب را در احالت گذرا (به استثناء ترانسفورماتورهای جریان اندازه‌گیری که دقت آن را در شرایط خطا تضمین نمی‌گردد) داشته باشند.

از اولیه ترانسفورماتور جرینا در شرایط عادی شبکه جریان کاری شبکه عبور می‌کند و جریان ثانویه از نظر اندازه دامنه درصدی از جریان اولیه و هم فاز با اولیه می‌باشد که البته در حالت غیر آیده‌ال، خطای ترانسفورماتور سبب می‌گردد که چنین نباشد.

ترانسفورماتور جریان در شبکه قدرت به دو منظور عمده بکار می‌رود:

۱- انـدازه‌گـیری جـریان بـه منظور اندازه‌گیری توان عبوری از یک نقطه و اطلاع از وضعیت شبکه از لحـاظ عبور جریان در آن نقطه. در این حالت به ترانسفورماتور جریان، ترانسفورماتور اندازه‌گیری گفـته شده که به دستگاههای اندازه‌گیری وصل می‌شود و آنچه که در این حالت بیشتر مورد نظر است، شرایط عادی شبکه است و نیازی به دقت در شرایط غیر عادی از قبیل اتصال کوتاه و غیره نمی‌باشد.

۲- استفاده از ترانسفورماتور جریان برای تبدیل جریان در شرایط غیرعای شبکه برای حفاظت شبکه که به آن ترانسفورماتور جریان حفاظتی گفته شده و به رله‌های حفاظتی وصل می‌گردد. لذا دقت تبعیت جریان ثانویه از اولیه این ترانسفورماتور در جریانهای زیاد (هنگام بروز عیب) دارای اهمیت بسیار می‌باشد.

ضمناً یکی از وظایف اساسی و مهم ترانسفورماتورهای جریان، ایزوله و جدا نمودن ولتاژ فشارقوی اولیه از دستگاههای قابل دسترسی طرف ثانویه (دستگاههای اندازه‌گیری و رله‌های حفاظتی و ...) است.

ترانسفورماتورهای جریان بایستی نیازهای زیر را برآورده نمایند:

* بطـور پیوسته بتوانند ولتاژ و جریان نامی اولیه را بدون ایجاد حرارت اضافی و شکست عایقی تحمل کنـند. ترانسفورماتورهای جریان حفاظتی بایستی در حالت اضافه جریان در اثر بروز عیب در شبکه با دقت خوبی عمل تبدیل را انجام دهند.
* در زمـان اتصـال کوتـاه، ترانسـفورماتورهای جـریان انـدازه‌گـیر باید به اشباع رفته تا جریان در آنها محدود شود و بدستگاههای اندازه‌گیری آسیبی نرسد.

ترانسـفورماتورهای جـریان بـه دلـیل نقـش اساسـی که در تغذیه و نهایتاً عملکرد صحیح سیستمهای انـدازه گـیری و حفاظت دارند از اهمیت ویژه‌ای نسبت به سایر تجهیزات فشارقوی برخوردار می‌باشند. از این رو انتخاب درست و صحیح مشخصات آنها دقت خاصی را طلب می‌کند.

عوامل مهمی که برای انتخاب یا مقایسه ترانسفورماتورهای جریان، موثر و لازم است عبارتند از:

* مشخصات شبکه و سیستمی که ترانسفورماتور جریان به آن متصل می‌گردد.
* شرایط محیطی و اقلیمی محلی که ترانسفورماتور جریان در آن نصب می‌شود.
* مشخصه‌های فنی، پارامترها و شاخص‌های مورد نیاز جهت انتخاب ترانسفورماتور جریان.

فهرست مطالب

۵- اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی

۵-۱- مشخصات و ویژگیهای شبکه و سیستمی که ترانسفورماتور جریان در آن نصب و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

ترانسفورماتورهای جریان می‌بایستی اضافه ولتاژها و اضافه جریانها را در مدت زمان مورد نظر تحمل نمایند. همچنین افزایش درجه حرارت در آنها در شرایط نامی ولتاژ و جریان شبکه، نباید از حد مجاز تعیین شده تجاوز نماید. همه موارد فوق بستگی به مقادیر نامی شبکه مورد مطالعه دارند. لذا در هنگام انتخاب ترانسفورماتور جریان داده‌های زیر بایستی دقیقاً مورد توجه قرار گیرند:

- ولتاژ نامی
- حداکثر ولتاژ سیستم
- سطح اتصال کوتاه
- فرکانس نامی
- نحوه زمین کردن نوترال

۵-۲- مشخصات محیطی و شرایط اقلیمی محلی که ترانسفورماتورهای جریان در آن مورد استفاده قرار می‌گیرد

شرایط محیطی یکی از پارامترهای مهم در انتخاب ترانسفورماتورهای جریان می‌باشد که در زیر به آن تعداد که در ساخت و یا در انتخاب نقش موثری دارند اشاره می‌شود:

- ارتفاع محل نصب از سطح دریا
- حداکثر درجه حرارت محیط
- حداقل درجه حرارت محیط
- متوسط درجه حرارت روزانه محیط
- میزان و نوع آلودگی
- درصد میزان رطوبت
- شتاب زلزله
- سرعت باد

- سایر شرایط غیر معمول نظیر بخار آب، دود، گازهای قابل اشتعال، گرد و خاک غیر معمول و نمک و خوردگی‌های غیرعادی و غیره.

۶- شاخص‌ها و پارامترهای مشخص کننده طراحی

فهرست مطالب

پارامـترها و شاخصـهایی که به منظور انتخاب نوع مناسب ترانسفورماتور جریان جهت کاربرد خاص آن بایستی تعیین شود به شرح زیر می‌باشند:

۶-۱- نوع ترانسفورماتور جریان

۶-۱-۱- نوع ترانسفورماتور جریان از نظر عایق‌بندی

ترانسفورماتورهای جریان برحسب نوع عایق اصلی در انواع مختلف ساخته می‌شوند و عبارتند از:

- نوع خشک با عایق رزین
- نوع روغنی با کاغذ آغشته به روغن

سـاخت ترانسـفورماتورهای جـریان نـوع خشـک بـا عـایق رزیـن برای ولتاژهای پایین (۲۰ تا ۶۳ کیلوولـت) عملـی بوده و موارد استعمال آن بیشتر در محل‌های سرپوشیده (کلاس داخلی) با توجه به عدم احتمال انفجار این نوع ترانسفورماتورها و داشتن ایمنی بیشتر آن در مقایسه با ترانسفورماتورهای جریان نوع روغنی است.

ساخت ترانسفورماتوهای جریان نوع روغنی با کاغذ آغشته به روغن برای ولتاژهای پایین تا بالاترین ولـتاژ فـوق فشـارقوی معمـول بـوده و در حـال حاضـر عمـده ترانسـفورماتورهای جـریان، مخصوصـاً ترانسفورماتورهای جریان فشارقوی و فوق فشارقوی از این نوع ساخته می‌شوند.

۶-۲-حداکثر ولتاژ سیستم U_M

حداکـثر ولـتاژ موثر فاز به فاز سیستم است که تحت شرایط نرمال در هرنقطه از شبکه و در هر لحظه ممکن است بوجود آید.

۶-۳- جریان نامی اولیه

مقادیـر اسـتاندارد جریانهای نامی اولیه برحسب آمپر براساس توصیه‌های استاندارد IEC 185 عبارتند از:

۱۰ – ۱۲/۵ – ۱۵ – ۲۰ – ۲۵ – ۳۰ -۴۰ – ۵۰ – ۶۰ – ۷۵

البته می‌توان یک از مقادیر بالا با مضارب ده یا یکدهم هم انتخاب کرد.

مقادیری که زیرشان خط کشیده شده است ارجح می‌باشند.

۶-۴-مقادیر استاندارد جریان نامی ثانویه

مقادیر استاندارد جریان نامی ثانویه طبق توصیه‌های استاندارد IEC 185 ۱، ۲و ۵آمپر می‌باشند، البته مقدار ارجح ۵ آمپر می‌باشد.

۶-۵- جریان نامی حرارتی پیوسته

اگر بگونه دیگری تصریح نشده باشد، جریان نامی حرارتی پیوسته، همان جریان نامی اولیه خواهد بود.

۶-۶-ظرفیت نامی خروجی

مقادیر استاندارد خروجی نامی تا ۳۰ VA به قرار زیر می‌باشند:

۲/۵ – ۵ – ۱۰ – ۱۵ – ۳۰ VA

مقادیر بالای ۳۰ VA مناسب با کاربرد موردنظر انتخاب می‌شوند.

۶-۷- جریانهای نامی حرارتی کوتاه مدت

جـریان نامـی حرارتی کوتاه مدت با توجه به محاسبات اتصال کوتاه سیستم درمحلی که ترانسفورماتور جـریان نصـب می‌گردد تعیین می‌شود. با توجه به مدت زمان اتصال کوتاه که بدترین وضعیت بوده، سطح مقطع سیم‌پیچ اولیه بایستی مشخص گردد.

۶-۸- محدودیتهای افزایش دما

افـزایش دمای یک ترانسفورمر جریان که جریان اولیه‌ای برابر با جریان نامی حرارتی پیوسته در ضریب توان واحد و بار متناظر با خروجی نامی دارد نبایستی از مقادیر مجازی که در جدول (۱) آمده است تجاوز نماید.

مقادیر بر اساس شرایط کاری گفته شده در بند ۳-۲ محاسبه شده‌اند.

- اگـر دمـای محـیط از دمـای داده شـده در بند ۳-۲ بیشتر باشد، مقدار افزایش مجاز دما در جدول (۱) باید به میزان اختلاف دمای محیط و دمای داده شده در بند ۳-۲-۱ کاهش یابد.

- اگـر یـک ترانسـفورمر بایسـتی در ارتفاعـی بیشـتر از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا کار کند و در ارتفاعـی کمـتر از ۱۰۰۰ مـتر از سـطح دریـا تسـت شده است، محدوده‌های مجاز افزایش دما در جـدول (۱) بـاید بـه ازای هـر ۱۰۰ متر افزایش نسبت به مقدار مبناء ۱۰۰۰ متر از سطح دریا به اندازه درصدهای زیر کاهش یابد:

الف – ترانسفورمرهای روغنی ۰/۴٪

ب – ترانسفورمرهای خشک ۰/۵٪

جدول (۱): محدوده مجاز افزایش دمای سیم‌پیچی‌ها

کلاس عایقبندی (مطابق با IEC 85)	حداکثر افزایش دما (k)
همه انواع روغنی	۶۰
همه انواع روغنی و به طور محکم بسته شده	۶۵
همه انواع واقع در ترکیب قیری	۵۰
انواعی که توسط روغن یا ترکیب قیری عایق نشده‌اند:	
Y	۴۵
A	۶۰
E	۷۵
B	۸۵
F	۱۱۰
H	۱۳۵

۶-۹-شرایط عایقی

۶-۹-۱- سطوح عایقی نامی برای سیم‌پیچی‌های اولیه

انـتخاب سطح عایقی برای ترانسفورمرهایی که حداکثر ولتاژ کاری آنها برابر ۳/۶ kV یا بیشتر می‌باشد مطـابق با IEC شماره ۷۱ (سازگاری عایقی) خواهد بود. برای ترانسفورمرهایی که حداکثر ولتاژ کاری آنها کمـتر از ۳/۶ kV مـی‌باشـد، سـطح عایقـی با توجه به ولتاژ ایستادگی کوتاه مدت نامی با فرکانس قدرت تعیین می‌شود.

بـرای سیم‌پیچهای با حداکثر ولتاژ کاری در محدوده $3/6\text{kV} \le U_m < 300\text{kV}$، سطح عایقی نامی بـا توجـه بـه ولـتاژهای نامـی ضـربه صاعقه و ایستادگی کوتاه مدت با فرکانس قدرت تعیین شده است و بایستی یکی از مقادیر داده شده در جدول (۲) باشد.

جدول (۲): سطوح عایقی نامی برای سیم‌پیچ‌های اولیه ترانسفورمرهایی که حداکثر ولتاژ کاری آنها کمتر از ۳۶ kV می‌باشد.

حداکثر ولتاژ کاری U_m (r.m.s)	**ولتاژ ایستادگی نامی در برابر ضربه صاعقه (Peak)**	**ولتاژ ایستادگی کوتاه مدت نامی در فرکانس قدرت ((r.m.s**
KV	kV	kV
۰/۷۲		۳
۲۴	۹۵	۵۰
	۱۲۵	۵۰
۳۶	۱۴۵	۷۰
	۱۷۰	۷۰

۶-۹-۲- شرایط عایقی بین اجزاء

بـرای سـیم‌پیچی‌های اولیه و ثانویه‌ای که به دو یا چند قسمت تقسیم شده‌اند، عایق‌بندی بین قسمتها بایسـتی قـادر بـه تحمـل ولتاژ ایستادگی کوتاه مدت نامی در فرکانس قدرت برابر با ۳ kV موثر بمدت ۱ دقیقه باشد.

۶-۹-۳- شرایط عایقی برای سیم‌پیچی‌های ثانویه

عـایق‌بندی سیم‌پیچی ثانویه بایستی قادر به تحمل ولتاژ ایستادگی کوتاه مدت نامی در فرکانس قدرت برابر با kV ۳ موثر بمدت ۱ دقیقه باشد.

۶-۹-۴- شرایط عایقی داخل حلقه‌ای

عایق‌بندی داخل حلقه‌ای سیم‌پیچ‌ها بایستی قادر به تحمل یک اضافه ولتاژ داخل حلقه‌ای با دامنه kV ۴/۵ روی کل سیم‌پیچی ثانویه به مدت ۱ دقیقه باشد.

۶-۹-۵- طول خزش

در حالت عایق‌بندی ترانسفورماتور نصب شونده در هوای آزاد که به آلودگی حساس باشد، حداقل طول خـزش انـدازه‌گـیری شـده روی سـطح عایق‌بندی در جدول (۳) داده شده است. علاوه بر آن، نسبت بین حداقل طول کل خزش و طول قوس نبایستی بیشتر از ۱: ۳/۵ باشد.

جدول (۳): حداقل طول خزشی برحسب سطح آلودگی

سطح آلودگی	حداقل طول ویژه خزش نامی بین فاز و زمین (کیلوولت فاز به فاز / mm)
سبک	۱۶
متوسط	۲۰
سنگین	۲۵
فوق سنگین	۳۱

۶-۹-۶- اثر ارتفاع روی سطوح عایقی

تخلـیه الکتریکـی مخرب در عایق‌بندی خارجی بستگی به شرایط جوی دارد. بمنظور اطمینان از اینکه ولـتاژ ایستادگی عایق‌بندی خارجی یک ترانسفورمر جریان در ارتفاعهای بالاتر از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا کافـی مـی‌باشـد، طـول قوس (Arcing Distance) معمولاً باید افزایش یابد. به عنوان یک راهنمایی کلی، ولـتاژ ایستادگی نامی که طول قوس بر اساس آن تنظیم شده است به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش نسبت به مقدار مبناء ۱۰۰۰ متر بالاتر از سطح دریا باید به میزان ۰/۰۱ درصد افزایش یابد.

۶-۱۰- کلاس دقت ترانسفورمر جریان

۶-۱۰-۱- نشانگر کلاس دقت

برای ترانسفورمرهای جریان اندازه‌گیری کلاس دقت، حداکثر درصد خطای جریان در جریان نامی می‌باشد.

۶-۱۰-۲- کلاسهای دقت استاندارد

۰/۱ – ۰/۲ – ۰/۵ – ۱ – ۳ – ۵

۶-۱۰-۳- محدوده‌های خطای جریان و جابجایی فاز

برای کلاسهای ۰/۱، ۰/۲، ۰/۵ و ۱، خطای جریان و جابجایی فاز در فرکانس نامی نباید از مقادیر داده شده در جدول (۴) بیشتر باشد در حالی که بار هر مقداری از ٪۲۵ تا ٪۱۰۰ بار نامی می‌تواند باشد.

برای کلاسهای ۳ و ۵، خطای جریان در فرکانس نامی نباید از مقادیر داده شده در جدول (۵) بیشتر باشد در حالی که بار ثانویه هر مقداری از ٪۵۰ تا ٪۱۰۰ بار نامی را می‌تواند اختیار کند.

بار ثانویه مورد استفاده برای آزمون‌ها بایستی ضریب توان ۰/۸ پس فاز داشته باشد مگر اینکه بار از ۵ VA کمتر باشد که در این صورت ضریب توان واحد مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

در هیچ آزمونی بار نبایستی از ۱ VA کمتر باشد.

جدول (۴): حدود خطاها

کلاس دقت	± درصد خطای جریان در درصدی از جریان نامی نشان داده شده در زیر				± جابجایی فاز در درصدی از جریان نامی که در زیر آمده است							
					سانتی رادیان				دقیقه			
	۱۲۰	۱۰۰	۲۰	۵	۱۲۰	۱۰۰	۲۰	۵	۱۲۰	۱۰۰	۲۰	۵
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۴	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۲۴	۰/۴۵	۵	۵	۸	۱۵
۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۳۵	۰/۷۵	۰/۳	۰/۳	۰/۴۵	۰/۹	۱۰	۱۰	۱۵	۳۰
۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۷۵	۱/۵	۰/۹	۰/۹	۱/۳۵	۲/۷	۳۰	۳۰	۴۵	۹۰
۱	۱	۱	۱/۵	۳	۱/۸	۱/۸	۲/۷	۵/۴	۶۰	۶۰	۹۰	۱۸۰

جدول (۵): حدود خطاها

کلاس	± درصد خطای جریان در درصدی از جریان نامی که در زیر آمده است:	
	۱۲۰	۵۰
۳	۳	۳
۵	۵	۵

انتخاب کلاس دقت برمبنای نیازهای وسایل اندازه‌گیری مورد استفاده بوده که معمولاً برای ترانسفورماتورهای جریان آزمایشگاهها و کالیبراسیون، کلاس ۰/۱، برای ترانسفورماتورهای جریان مورد استفاده در اندازه‌گیری دقیق انرژی و قدرت، کلاس ۰/۲، برای اندازه‌گیری معمولی توان و انرژی اکتیو و راکتیو، کلاس ۰/۵ و برای سایر اندازه‌گیریها کلاسهای ۱و ۳و ۵ مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مورد ترانسفورماتورهای جریان مورد نظر این استاندارد عموماً کلاس ۰/۵ انتخاب می‌شود.

۷- روش قدم به قدم طراحی

فهرست مطالب

با توجه به موارد مطرح شده در قسمتهای قبلی و با استفاده از اطلاعات شبکه مراحل انتخاب ترانسفورماتورهای جریان بصورت زیر بیان می‌شود:

۷-۱- مشخصات و ویژگیهای سیستم

تعیین مشخصات و اطلاعات مربوط به سیستمی که ترانسفورماتور جریان در آن نصب می‌شود:

- ولتاژ نامی (kV)
- حداکثر ولتاژ سیستم (kV)
- سطح اتصال کوتاه (KA)
- فرکانس نامی (HZ)
- نحوه زمین کردن نوترال سیستم

۷-۲- شرایط محیطی محل نصب

مشخصات محیطی و اقلیمی محل نصب بصورت زیر بایستی تهیه و جهت انتخاب یااعلام به سازنده مورد استفاده واقع شود:

- ارتفاع از سطح دریا (m)

- حداکثر درجه حرارت محیط $(^{\circ}C)$
- متوسط درجه حرارت روزانه محیط $(^{\circ}C)$
- میزان درصد رطوبت نسبی $(\%)$
- میزان آلودگی محیط
- شتاب زلزله (m/s^2)
- سرعت باد (m/s)

۷-۳- پارامترهای انتخاب ترانسفورماتور جریان

مشخصات و پارامترهای انتخاب ترانسفورماتور جریان با توجه به مطالب گفته شده دربخش ۶ به شرح زیرخواهد بود:

- نوع ترانسفورماتورجریان، از بخش ۶-۱ انتخاب می شود.
- حداکثر ولتاژ با استفاده از بخش ۶-۲ تعیین می‌گردد.
- سطوح عایقی با استفاده از بخش ۶-۹ مشخص می‌شود.
- فاصله خزشی با استفاده از بخش ۶-۹-۵ محاسبه می‌گردد.
- جریان نامی اولیه با توجه به مشخصات شبکه و توضیحات بخش ۶-۳ انتخاب می‌گردد.
- با توجه به بخش‌های ۶-۴ جریان نامی ثانویه و نسبت تبدیل نامی می‌گردد.
- با توجه به بخش‌های ۶-۵ و ۶-۷ جریان نامی جریان نامی حرارتی کوتاه مدت و جریان نامی
- دائمی حرارتی مشخص می‌گردد.
- محدودیت افزایش درجه حرارت براساس بخش ۶-۸ مشخص می‌شود.
- ظرفیت نامی خروجی با توجه به توضیحات بخش ۶-۶ مشخص می‌گردد.
- کلاس دقت با استفاده از بخش ۶-۱۰ برای ترانسفورماتورهای جریان اندازه‌گیری انتخاب می‌گردد.

بخش دوم
معیارها و ویژگیهای فنی

[لیست گزارشات]

فهرست مطالب

۱-علامتگذاری ترمینالها ۱
۲-طرح و ساخت ۱
۳-پلاک مشخصات ۲
۴-مدارک ۲

فهرست جداول

جدول (۶) : مقادیر نامی و مشخصات اصلی ترانسفورمرهای جریان اندازه‌گیری (توسط خریدار تکمیل شود) ۳
جدول (۷) : مشخصات فنی و داده‌های تضمین شده برای ترانسفورمرهای جریان اندازه‌گیری (توسط فروشنده تکمیل شود) ۴
جدول (۸) : مشخصات فنی نمونه برای یک ترانسفورمر جریان اندازه‌گیری ۵

۱- علامتگذاری ترمینالها

فهرست مطالب

علامتگذاری ترمینالها باید مشخص کننده موارد زیر باشد :

- سیم پیچهای اولیه و ثانویه
- قسمتهای جداگانه سیم پیچها (در صورت وجود)
- پلاریته نسبی سیم پیچها و اجزای سیم پیچها
- تپهای میانی (در صورت وجود)

۲- طرح و ساخت

ترانسفورمرهای جریان باید برای کار عادی، تحت شرایط مشخص شده در بند ۴ مناسب باشند. این نوع ترانسفورمرها باید بصورت یکپارچه ریخته شده و با ساخت مناسب بری نصب در تابلوهای تمام بسته فلزی ساخته شوند. همچنین دارای تحمل الکتریکی و مکانیکی بالایی بوده و در برابر قوس الکتریکی و درجه حرارت مقاومت کافی داشته باشند.

۱. ترانسفورمرهای جریان نباید نیازی به تعمیر و نگهداری داشته باشند.
۲. بدنه ترانسفورمر جریان باید دارای محل مناسب جهت عبور کابل یا شینه با سطح مقطع مناسب با جریان نامی ترانسفورمر باشد.
۳. ترمینالهای اولیه باید از جنس برنج، مس و یا فولاد گالوانیزه شده بوده و مجهز به پیچهای هادی اتصال و واشرهایی با اندازه مناسب باشد.
۴. ترمینالهای ثانویه باید از جنس برنج، مس و یا فولاد گالوانیزه شده باشند و پیچهای اتصال و واشرهایی با اندازه مناسب برای اتصال هادیهای مسی با سطح مقطع حداکثر ۶ میلی‌متر مربع داشته باشند.
۵. یک ترمینال زمین باید در کنار ترمینالهای ثانویه در نظر گرفته شده باشد.
۶. ترمینالهای ثانویه باید در صورت امکان قابل پلمپ شدن باشند.
۷. ترانسفورماتور جریان را باید بتوان توسط چهار عدد پیچ در هر وضعیتی نصب کرد.
۸. مجموعه ترانسفورماتور جریان باید روی یک صفحه نگهدارنده با مقاومت کافی نصب گردد. یک عدد پیچ برای اتصال زمین روی این صفحه نگهدارنده باید تعبیه شود.

فهرست مطالب

۳- پلاک مشخصات

روی همه ترانسفورمرهای جریان باید حداقل مشخصات زیر درج شده باشد :

- نام یا علامت تجاری سازنده بنحوی که براحتی قابل شناسایی باشد.
- شماره سریال و / یا کد نوع
- جریان نامی اولیه و ثانویه
- فرکانس نامی
- ظرفیت خروجی نامی و کلاس دقت متناظرش
- حداکثر ولتاژ ورودی ترانسفورمر
- سطح عایقی نامی

همه این اطلاعات باید بطور غیر قابل پاک شدن روی بدنه ترانسفورمر یا روی یک پلاک مشخصات که بنحو مناسبی به بدنه متصل شده است درج شوند.

علاوه بر این اگر روی ترانسفورمر جای کافی وجود داشت اطلاعات زیر باید درج شود :

- جریان حرارتی کوتاه مدت نامی (I_{th}) و جریان دینامیکی نامی در صورتیکه متفاوت با ۲/۵ برابر جریان حرارتی کوتاه مدت نامی باشد.
- کلاس عایقبندی، اگر غیر از کلاس A باشد.
- روی ترانسفورمرهای با دو سیم پیچ ثانویه، کاربرد هر سیم پیچ و ترمینالهای متناظرش.

فهرست مطالب

۴- مدارک

مدارک زیر باید به همراه سایر اسناد مناقصه، ضمیمه و ارائه گردد :

۱. کاتالوگ و دستورالعمل نصب و بهره‌برداری
۲. گزارش آزمونهای نوعی
۳. لیست قراردادهای عمده فروش
۴. نقشه، ابعاد و مشخصات کامل ترانسفورمر
۵. نمونه ترانسفورمر
۶. جدول تکمیل شده مشخصات فنی (جدول مخصوص فروشنده)

جدول (۶) : مقادیر نامی و مشخصات اصلی ترانسفورمرهای جریان اندازه‌گیری (توسط خریدار تکمیل شود)

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱	اطلاعات عمومی شبکه :	
۱-۱	تعداد فاز	
۱-۲	ولتاژ نامی	
۱-۳	فرکانس نامی	
۱-۴	حداکثر ولتاژ کار نامی	
۱-۵	ضریب توان (متوسط)	
۲	شرایط محیط	
۲-۱	ارتفاع از سطح دریا (متر)	
۲-۲	حداکثر درجه حرارت محیط (درجه سانتیگراد)	
۲-۳	حداقل دما (درجه سانتیگراد)	
۲-۴	رطوبت نسبی	
۳	مشخصات فنی :	
۳-۱	جریان نامی اولیه (آمپر موثر)	
۳-۲	جریان نامی ثانویه	
۳-۳	ولتاژ ایستادگی با فرکانس قدرت بمدت یک دقیقه (کیلوولت موثر)	
۳-۴	جریان حرارتی کوتاه مدت نامی مجاز (کیلوآمپر- موثر)	
۳-۵	مدت زمان تحمل جریان حرارتی (ثانیه)	
۳-۶	جریان حرارتی پیوسته نامی (درصدی از جریان نامی اولیه)	
۳-۷	کلاس دقت	
۳-۸	کلاس عایقی (اگر به غیر از کلاس A باشد)	
۳-۹	قدرت خروجی (ولت آمپر)	
۳-۱۰	ضریب اشباع	
۳-۱۱	مشخصات شرایط کار	
۳-۱۲	ولت آمپر مصرفی	

جدول (۷) : مشخصات فنی و داده‌های تضمین شده برای ترانسفورمرهای جریان اندازه‌گیری (توسط فروشنده تکمیل شود)

ردیف	توضیحات	ملاحظات
۱	سازنده :	
۱-۱	کشور	
۱-۲	نام شرکت	
۲	علامت و شماره مشخصه	
۳	کلاس دقت	
۴	نوع عایق اصلی	
۵	کلاس عایق	
۶	ضریب توان	
۷	ولتاژ نامی	
۸	حداکثر ولتاژ مداوم ایستادگی	
۹	فرکانس نامی	
۱۰	ولتاژ ایستادگی با فرکانس قدرت بمدت یک دقیقه (کیلوولت)	
۱۱	جریان نامی اولیه	
۱۲	جریان نامی ثانویه	
۱۳	جریان حرارتی کوتاه مدت نامی (کیلوآمپر-موثر)	
۱۴	قدرت خروجی (ولت آمپر)	
۱۵	مقاومت سیم پیچی ثانویه در ۲۰ و ۷۵ درجه سانتیگراد	
۱۶	حداقل و حداکثر درجه حرارت طراحی (درجه سانتیگراد)	
۱۷	افزایش درجه حرارت در جریان نامی پیوسته (درجه سانتیگراد)	
۱۸	استاندارد ساخت (شماره و سال انتشار)	
۱۹	وزن	
۲۰	ابعاد	
۲۱	جنس و مقطع هادی ثانویه و تعداد دور	
۲۲	جنس و مقطع ترمینال ثانویه	
۲۳	نوع جنس و مشخصات هسته ترانسفورمر	

جدول (۸) : مشخصات فنی نمونه برای یک ترانسفورمر جریان اندازه‌گیری

ردیف	مشخصات فنی
۱	ولتاژ شبکه ، ۳۸۰-۲۲۰ ولت
۲	فرکانس شبکه، ۵۰ هرتز
۳	حداکثر ولتاژ سیستم، ۶۰۰ ولت
۴	ولتاژ عایقی، ۲۰۰۰ ولت
۵	جریان نامی اولیه ۵۰۰،۴۰۰،۳۰۰،۲۵۰،۲۰۰،۱۵۰،۱۰۰،۵۰ و ۶۰۰ آمپر
۶	جریان ثانویه، ۵ آمپر
۷	حداکثر جریان مداوم، ۱۲۰ درصد جریان نامی
۸	کلاس دقت، ۰/۵
۹	ضریب اشباع، بزرگتر از ۵
۱۰	ولت آمپر مصرفی، 5VA

بخش سوم

استاندارد آزمونها

لیست گزارشات

فهرست مطالب

۱-دسته بندی آزمونها ۱
۱-۱-آزمونهای نوعی ۱
۱-۲-آزمونهای معمول ۱
۱-۳-آزمونهای ویژه ۲
۲-روش انجام آزمونهای نوعی ۲
۲-۱-آزمونهای جریان کوتاه مدت ۲
۲-۲-آزمون افزایش دما ۳
۲-۳-آزمونهای ضربه روی سیم پیچ اولیه ۳
۲-۳-۱-کلیات ۳
۲-۳-۲-آزمون ضربه صاعقه ۳
۲-۳-۳-آزمون ضربه سوئیچینگ ۴
۲-۴-آزمون رطوبت برای ترانسفورمرهای هوای آزاد ۴
۳-روش انجام آزمونهای معمول ۵
۳-۱-تایید صحت علامتگذاری ترمینالها ۵
۳-۲-آزمونهای فرکانس قدرت روی سیم پیچهای اولیه و اندازه‌گیری تخلیه‌های جزیی ۵
۳-۳-آزمونهای فرکانس قدرت بین قسمتهای سیم پیچهای اولیه و ثانویه و روی سیم پیچ ثانویه . ۵
۳-۴-آزمون عایقی داخل حلقه ۵
۴-روش انجام آزمونهای ویژه ۶
۴-۱-آزمون ضربه قطع و وصل شونده روی سیم پیچ اولیه ۶
۴-۲-اندازه‌گیری ظرفیت خازنی و ضریب تلفات پراکندگی ۶
۴-۳-آزمونهای مکانیکی مکرر ۷
۵-آزمونهای دقت ۷
۵-۱-آزمونهای نوعی تعیین دقت ۷

۵-۲-آزمونهای معمول تعیین دقت ۷

۱- دسته بندی آزمونها

فهرست مطالب

- آزمون نوعی
- روی یک ترانسفورمر از هر نوع یک آزمایش باید صورت گیرد تا معلوم شود همه ترانسفورمرهای مشابه با شرایطی که توسط آزمایشهای معمول پوشش داده نمی‌شوند، مطابقت می‌نماید.
- آزمون معمول
- آزمونی است که روی تک تک ترانسفورمرها انجام میشود.
- آزمون ویژه

آزمونی است که نوعی یا معمول نباشد و با توافق سازنده و خریدار صورت می گیرد.

۱-۱- آزمونهای نوعی

- آزمون جریان کوتاه مدت
- آزمون افزایش دما
- آزمون ضربه صاعقه
- آزمون ضربه سوئیچینگ
- آزمون رطوبت برای ترانسفورمرهای نصب شونده در هوای آزاد
- تعیین خطاها

بعد از اینکه ترانسفورمرها در معرض آزمونهای نوعی قرار گرفتند، آزمونهای معمول روی آنها انجام میشود.

۱-۲- آزمونهای معمول

الف- تایید صحت علامتگذاری ترمینالها

ب- آزمون ایستادگی با فرکانس قدرت روی سیم پیچ اولیه

ج- آزمون ایستادگی با فرکانس قدرت روی سیم پیچ ثانویه

د- آزمون ایستادگی با فرکانس قدرت بین قسمتها

هـ- آزمون اضافه ولتاژ داخل حلقه

و- اندازه‌گیری تخلیه جزیی

ی- تعیین خطاها

بجـز آزمـون تعییـن خطاهـا کـه بایسـتی بعـد از همه آزمونهای دیگر انجام شود، ترتیب بقیه آزمونها استاندارد شده نیست.

آزمونهـای ولـتاژ بـا فـرکانس قدرت روی سیم پیچ اولیه در صورت تکرار باید با ۸۰ درصد ولتاژ تعیین شده برای آزمون انجام شوند.

۱-۳-آزمونهای ویژه

- آزمون ضربه قطع و وصل شونده روی سیم پیچ اولیه
- اندازه‌گیری ظرفیت خازنی و ضریب تلفات پراکندگی
- آزمون ضربه صاعقه قطع و وصل شونده
- آزمون مکانیکی

۲- روش انجام آزمونهای نوعی

فهرست مطالب

۲-۱-آزمونهای جریان کوتاه مدت

بـرای آزمـون جریان حرارتی کوتاه مدت نامی (I_{th})، ترانسفورمر بایستی ابتدا در دمایی بین $17^{\circ}C$ و $27^{\circ}C$ باشد.

ایـن آزمـون در شـرایطی صورت می‌گیرد که سیم پیچ ثانویه اتصال کوتاه شده است و جریانی مانند I بمـدت t از آن مـی‌گـذرد بطوریکـه (I^2t) از (I^2th) کمـتر نبوده و زمان مربوطه مقداری بین ۰/۵s و ۵s باشـد. آزمـون دینامیکی در شرایطی که سیم پیچ ثانویه اتصال کوتاه شده و از سیم پیچ اولیه جریانی می گـذرد که دامنه آن حداقل در یکی از پریودهای شکل موج از جریان دینامیکی نامی (I_{dyn}) کمتر نیست، صورت می پذیرد.

پس از انجام این آزمونها روی ترانسفورمر و سرد کردن ترانسفورمر تا دمای محیط (بین $10^{\circ}C$ و $30^{\circ}C$) ملزومات زیر باید ارضا شود :

الف- صدمه قابل مشاهده‌ای ندیده باشد.

ب- خطاهـای ترانسفورمر پس از مغناطیس زدایی آن نباید بیش از نصف محدوده مجاز خطای مربوط به کلاس دقت ترانسفورمر تغییر کرده باشد.

ج- در مقـابل آزمونهـای دی الکتریکـی بـندهای ۵-۳-۲، ۵-۳-۳ و ۵-۳-۴ در شـرایطی که ولتاژها و جریانهای آزمونها به ۹۰ درصد مقادیر داده شده کاهش یافته است، ایستادگی کند.

د- عایق سطح هادی نبایستی تغییر قابل توجهی کرده باشد (مثلاً کربونیزه نشده باشد)

۲-۲-آزمون افزایش دما

بـه مـنظور انجام این آزمون، ترانسفورمرهای جریان هنگامی که نرخ افزایش دمای آنها کمتر از ۱k در هر ساعت است باید به یک دمای ماندگار برسند. دمای محیطی مناسب برای آزمایش بین C° ۱۰ و C° ۳۰ می‌باشد.

۲-۳- آزمونهای ضربه روی سیم پیچ اولیه

۲-۳-۱- کلیات

آزمونهـای ضـربه بایستی مطابق با IEC به شماره ۶۰ (تکنیکهای آزمایش ولتاژ بالا) باشد. ولتاژ آزمون بیـن ترمیـنالهای سـیم پـیچ اولـیه (وصـل شـده بهـم) و زمیـن اعمـال خواهـند شد. بدنه، هسته و همه ترمینالهای مربوط به سیم پیچی‌های ثانویه بایستی به زمین متصل شوند.

آزمونهـای ضـربه عموماً شامل اعمال ولتاژهایی در سطوح ولتاژهای نامی و مرجع می‌باشد. ولتاژ ضربه مـرجع بایسـتی بیـن ٪۵۰ و ٪۷۵ ولتاژ ایستادگی نامی ضربه باشد. مقادیر قله و شکل موجهای ولتاژهای ضربه بایستی ثبت شوند.

تشـخیص خرابـی عـایق در اثـر آزمـایش بـا مشـاهده تغییرات شکل موج در هر دوی ولتاژهای مرجع ایستادگی نامی امکان پذیر است.

۲-۳-۲- آزمون ضربه صاعقه

مقادیـر ولـتاژهای آزمـون در جدول ۲ بسته به حداکثر ولتاژ کاری و سطح عایقبندی معین داده شده است.

آزمـون بـاید با هر دوی پلاریته‌های مثبت و منفی انجام شود. ۱۵ ضربه متوالی از هر پلاریته، بدون در نظر گرفتن شرایط جوی، باید اعمال شود.

ترانسفورمر برای هر پلاریته آزمون را تحت شرایط زیر با موفقیت می‌گذراند :

- تخلیه مخرب در عایق بندی داخلی غیر قابل بازگشت (non-self-restoring) رخ ندهد.
- در عایقبندی خارجی غیر قابل بازگشت، جرقه‌ای رخ ندهد.
- بیش از دو جرقه در عایق بندی خارجی قابل بازگشت (self-restoring) رخ ندهد.

- هیچ علامتی از خرابی عایق مشاهده نشود (برای مثال تغییرات در شکل موج کمیتهای ثبت شده)

۲-۳-۳- آزمون ضربه سوئیچینگ

مقادیر ولتاژهای آزمون در جدول ۲ بسته به حداکثر ولتاژ کاری و سطح عایقبندی معین، داده شده‌اند. آزمون فقط باید با پلاریته مثبت انجام شود. ۱۵ ضربه متوالی (که با توجه به شرایط جوی تصحیح شده است) باید اعمال شود.

ترانسفورمر به شرطی آزمون را با موفقیت می‌گذراند که :

- تخلیه مخرب در عایق بندی داخلی برگشت‌ناپذیر رخ ندهد.
- در عایقبندی خارجی برگشت‌ناپذیر، جرقه‌ای رخ ندهد.
- بیش از دو جرقه در عایقبندی خارجی برگشت‌پذیر ساز رخ ندهد.
- هیچ علامتی از خرابی عایق مشاهده نشود (برای مثال تغییرات در شکل موج کمیتهای ثبت شده)

۲-۴-آزمون رطوبت برای ترانسفورمرهای هوای آزاد

به منظور تایید کیفیت عایقبندی خارجی ترانسفورمرهای نوع هوای آزاد، آنها بایستی در معرض آزمونهای رطوبت قرارگیرند. رویه رطوبت دهی باید مطابق با زیر بخش ۱-۸ از استاندارد IEC به شماره ۱-۶۰ (تکنیکهای آزمایشهای ولتاژ بالا) باشد.

آزمون مطابق با بند ۵-۳-۲ با ولتاژ فرکانس قدرت که برای شرایط جوی موجود تصحیح شده است، صورت می گیرد.

فهرست مطالب

۳- روش انجام آزمونهای معمول

۳-۱-تایید صحت علامتگذاری ترمینالها

با توجه به مشخصات فنی ترانسهای جریان، بایستی صحت علامتگذاری ترمینالها تایید شود.

۳-۲- آزمونهای فرکانس قدرت روی سیم پیچهای اولیه و اندازه‌گیری تخلیه‌های جزیی

آزمونهای فرکانس قدرت بایستی مطابق با IEC به شماره ۶۰ باشند.

ولتاژ آزمون بین ترمینالهای سیم پیچی اولیه (وصل شده بهم) و زمین اعمال میشود. بدنه، قاب، هسته و همه ترمینالهای سیم پیچ ثانویه بایستی به زمین متصل شوند.

اندازه‌گیری تخلیه‌های جزیی مطابق با IEC به شماره ۴-۴۴ صورت می گیرد.

ولتاژهای آزمون بسته به حداکثر ولتاژ کاری در جدول ۲ داده شده‌اند. مدت اعمال ولتاژ ۱ دقیقه می‌باشد.

۳-۳- آزمونهای فرکانس قدرت بین قسمتهای سیم پیچهای اولیه و ثانویه و روی سیم پیچ ثانویه

ولتاژ آزمون مقادیر داده شده در بندهای ۳-۳-۷-۲ و ۳-۳-۷-۳ می‌باشد. ولتاژ آزمون به مدت ۱ دقیقه بین ترمینالهای هر سیم پیچی ثانویه یا قسمتی از سیم پیچی و زمین اعمال می‌شود. بدنه، قاب، هسته و ترمینالهای همه سیم پیچهای دیگر یا قسمتهای دیگر بایستی بهم و به زمین متصل شوند.

۳-۴- آزمون عایقی داخل حلقه

آزمون اضافه ولتاژ داخل حلقه‌ای جهت برآورده ساختن ملزومات بخش ۳-۳-۷-۴ بایستی مطابق با یکی از رویه‌های داده شده در زیر باشد :

رویه الف

در حالی که سیم پیچ ثانویه مدار باز است، یک جریان متناوب کاملاً سینوسی در یک فرکانس بین ۴۰Hz و ۶۲Hz (مطابق با IEC به شماره ۶۰) و مقدار موثر برابر یا کمتر از جریان نامی اولیه به مدت یک دقیقه به سیم پیچ اولیه اعمال میشود. مقدار این جریان جهت ایجاد یک ولتاژ در ترمینالهای ثانویه که مقدار دامنه‌اش برابر با ولتاژ آزمون بیان شده می‌باشد، بایستی کافی باشد.

رویه ب

در حالـیکه سـیم پـیچ اولـیه مدار باز است، ولتاژ آزمون گفته شده (در فرکانس مناسب) باید بمدت ۱ دقـیقه بـه ترمینالهای ثانویه اعمال شود بطوریکه مقدار موثر جریان ثانویه از جریان نامی ثانویه تجاوز نکند.

مقدار فرکانس آزمون نبایستی از ۵ برابر فرکانس نامی بزرگتر باشد.

فهرست مطالب

۴- روش انجام آزمونهای ویژه

۴-۱- آزمون ضربه قطع و وصل شونده روی سیم پیچ اولیه

این آزمون فقط با پلاریته منفی باید صورت گیرد و با آزمون ضربه صاعقه کامل با پلاریته منفی بشرح زیر ترکیب شده است:

ضـربه صـاعقه اسـتاندارد پس از ۲ تا ۵ میکروثانیه قطع و وصل می‌شود. مدار چاپر باید طوری ساخته شـود کـه نوسـان ضربه ثبت شده در پلاریته معکوس از ٪۳۰ ضربه تحت قطع و وصل، کمتر باشد. ترتیب اعمال ضربه چنین است :

- یک ضربه کامل
- دو ضربه قطع و وصل شونده
- چهارده ضربه کامل

تفـاوت در شـکل ضـربه حاصل از اعمال کامل قبل و بعد از اعمال ضربه‌های قطع و وصل شونده نشان دهنده یک خطای داخلی است.

۴-۲-اندازه‌گیری ظرفیت خازنی و ضریب تلفات پراکندگی

انـدازه‌گـیری ظرفیـت خازنـی و ضریب تلفات پراکندگی باید بعد از آزمون ایستادگی با فرکانس قدرت روی سیم پیچ اولیه صورت می‌گیرد.

ولـتاژ آزمون بین ترمینالهای سیم پیچ اولیه که بهم اتصال کوتاه شده اند و زمین اعمال میشود. عموماً سـیم پـیچ ثانویه که بهم اتصال کوتاه شده‌اند، هر صفحه فلزی موجود و بدنه فلزی عایقبندی شده باید به پـل انـدازه‌گـیری وصـل شـوند. اگـر ترانسـفورمر جریان ترمینال ویژه‌ای جهت این اندازه‌گیری دارد، همه

ترمینالهای ولتاژ پایین بهم اتصال کوتاه شده و به همراه بدنه فلزی به زمین یا به صفحه فلزی پل اندازه‌گیری وصل خواهند شد

.

۴-۳- آزمونهای مکانیکی مکرر

این آزمونها بمنظور اثبات توانایی ترانسفورمرهای جریان با حداکثر ولتاژ کاری بالاتر از ۷۲/۵kV در برآورده ساختن ملزومات ذکر شده در بخش ۸-۱۰ استاندارد IEC بشماره ۱۸۵ انجام میشود و برای ترانسفورمرهای با حداکثر ولتاژ کاری پایین تر از ۷۲/۵kv بکار نمی‌رود.

۵- آزمونهای دقت

فهرست مطالب

۵-۱-آزمونهای نوعی تعیین دقت

آزمونهای نوعی جهت اثبات مطابقت با بند ۳-۳-۸ (محدودیتهای دقت) برای ترانسفورمرهای کلاسهای ۰/۱ تا ۱ بایستی در هر مقداری از جریان داده شده در جدول (۴) از ٪۲۵ تا ٪۱۰۰ بار نامی (حداقل بار نامی :۱VA) صورت می‌گیرد. ترانسفورمرهای کلاسهای ۲ و۳ جهت مطابقت با دو مقدار داده شده در جدول (۵) در محدوده ٪۵۰ تا ٪۱۰۰ بار نامی (حداقل بار نامی : ۱VA) صورت می‌پذیرد.

۵-۲- آزمونهای معمول تعیین دقت

آزمونهای معمول برای برآورده ساختن دقتهای ذکر شده در بند ۳-۳-۸ صورت می‌پذیرند، اما آزمونهای معمول در مقدار کمتری از سطوح جریان و بار نسبت به سطوح جریان و بار در آزمونهای نوعی انجام می‌شوند زیرا توسط آزمونهای نوعی روی ترانسفورمر مشابه نشان داده می‌شود که تعداد کمتری آزمون معمول جهت اثبات مطابقت ترانسفورمر با ملزومات دقت ذکر شده در بخش ۳-۳-۸ کافی می‌باشد.

بخش چهارم
آئین‌کار و روشهای اجرایی
(مصداق ندارد)

لیست گزارشات