بسمه تعالی

جمهوری اسلامی ایران

وزارت نیرو

شرکت سهامی تولید و انتقال نیروی برق ایران

(توانیر)

معاونت تحقیقات و تکنولوژی

دفتر استانداردها

استاندارد راکتورهای مورد استفاده در شبکه‌های توزیع

تهیه کننده :گروه مطالعات توزیع ـ بخش برق ـ مرکز تحقیقات نیرو (متن)

تیرماه ۷۴

آدرس : تهران ـ میدان ونک ـ خیابان شهید عباسپور ـ ساختمان مرکزی

صندوق پستی ۶۴۶۷ ـ ۱۴۱۵۵ تلفن ۲۱۴۲۴۹۶، **فاکس : ۸۷۹۷۷۶۷**

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول ـ کلیات	۱
۱ـ حدود	۱
۲ـ اهداف	۳
۳ـ تعاریف	۳
فصل دوم ـ راکتورهای محدودکننده جریان و راکتورهای زمین کننده نوتر سیستم	۷
۴ـ کلیات	۷
۵ـ تعاریف	۹
۶ـ مقادیر نامی	۱۰
۷ـ سطح عایقی	۱۲
۸ـ توانایی تحمل جریان کوتاه مدت	۱۲
۹ـ افزایش دما	۱۳
۱۰ـ پلاک شناسائی	۱۷
۱۱ـ آزمایشات راکتور	۱۹
۱۲ـ ترانسپا	۳۱
فصل سوم ـ راکتورهای میراکننده	۳۲
۱۳ـ کلیات	۳۲
۱۴ـ تعاریف	۳۳
۱۵ـ مقادیر نامی	۳۳
۱۶ـ سطح عایقی	۳۴
۱۷ـ افزایش دما	۳۵
۱۸ـ پلاک شناسائی	۳۵
۱۹ـ آزمایشها	۳۶
۲۰ـ ترانسپا	۳۷

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل چهارم ـ راکتورهای تنظیم کننده (جهت فیلترکردن)	۳۸
۳۱ـ کلیات	۳۸
۳۲ـ تعاریف	۳۹
۳۳ـ مقادیر نامی	۴۱
۳۴ـ پلاک شناسائی	۴۲
۳۵ـ آزمایشها	۴۴
۳۶ـ تلرانس	۴۷
فصل پنجم ـ ترانسفورمر زمین کننده (متصل کننده نوترها درسیستم)	۴۸
۳۷ـ مقدمه	۴۸
۳۸ـ کلیات	۴۸
۳۹ـ تعاریف	۴۹
۴۰ـ مقادیر نامی	۵۱
۴۱ـ توانایی تحمل جریان زمین نامی	۵۲
۴۲ـ افزایش درجه حرارت	۵۲
۴۳ـ سطح عایقی	۵۳
۴۴ـ پلاک شناسائی	۵۳
۴۵ـ آزمایشها	۵۵
۴۶ـ تلرانسها	۵۸
فصل ششم ـ راکتورهای محدود کننده جریان قوسی	۵۹
۴۷ـ کلیات	۵۹
۴۸ـ تعاریف	۵۹
۴۹ـ مقادیر نامی	۶۱
۵۰ـ محدوده تنظیم	۶۲
۵۱ـ افزایش درجه حرارت سیم پیچ	۶۲
۵۲ـ سطح عایقی	۶۳
۵۳ـ پلاک شناسائی	۶۳
۵۴ـ آزمایشها	۶۴
۵۵ـ تلرانسها	۶۸

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فصل هفتم ـ بسته‌بندی، حمل و انبارکردن ۶۹

فصل هشتم ـ مشخصات فنی راکتور ۷۱

جدول I ـ مشخصات سیستم ۷۲

جدول II ـ شرایط محیطی کار راکتور ۷۳

جدول III-1 ـ مشخصات فنی راکتورهای محدود کننده جریان و راکتورهای زمین کننده نوتر سیستم ۷۴

جدول III-2 ـ مشخصات فنی راکتورهای محدود کننده جریان و راکتورهای زمین کننده نوتر سیستم ۷۵

جدول IV-1 ـ مشخصات فنی راکتورهای میراکننده ۷۷

جدول IV-2 ـ مشخصات فنی راکتورهای میراکننده ۷۸

جدول V-1 ـ مشخصات فنی راکتورهای تنظیم کننده (جهت فیلتر کردن) ۸۰

جدول V-2 ـ مشخصات فنی راکتورهای تنظیم کننده (جهت فیلتر کردن) ۸۱

جدول VI-1 ـ مشخصات فنی ترانسفورمر زمین کننده ... ۸۳

جدول VI-2 ـ مشخصات فنی ترانسفورمر زمین کننده ... ۸۴

جدول VII-1 ـ مشخصات فنی راکتورهای محدودکننده جریان توس ۸۶

جدول VII-2 ـ مشخصات فنی راکتورهای محدود کننده جریان توس ۸۷

ضمیمه A ـ روش تعیین درجه حرارت سیم پیچ ۸۹

ضمیمه B ـ اندازه‌گیری تلفات ۹۱

ضمیمه C ـ اندازه‌گیری تلفات و جریان بی باری ۹۳

ضمیمه D ـ اندازه‌گیری ولتاژ اتصال کوتاه (در تپ اصلی)، امپدانس اتصال کوتاه و تلفات اتصال کوتاه ۹۵

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
ضمیمه E ـ اندازه‌گیری امپدانس توالی صفر در ترانسفورمرهای ستاره	۹۷
ضمیمه F ـ محاسبه درجه حرارت θ_1	۹۸
ضمیمه G ـ آزمایشهای تپ چنجر قابل قطع در زیر بار	۱۰۰

فصل اول - کلیات

۱- حدود

۱-۱- این توصیه نامه برای انواع مختلف راکتورها (بشرح بخش (۳-۱))، و برای اتصال به سیستمهای قدرت متناوب با فرکانس نامی ۵۰ هرتز و ولتاژهای نامی ۱۱ و ۲۰ و ۳۳ کیلوولت و نیز سیستم فشار ضعیف (شبکه توزیع) بکار میرود.

۱-۲- این توصیه نامه براساس استاندارد:

IEC 289 (1988): Reactors

تهیه شده و درآن از استانداردهای زیر نیز استفاده گردیده است.

1. IEC 60 - 2(1973): High - voltage test techinques

part 2 : Test procedures.

2. IEC 70(1976): Power capacitors.

3. IEC 76 -1 (1976): Power transformers : part 1:General.

4. IEC 76-2(1976): Power transformers :part 2:Temperature rise.

5. IEC 76 -3(1980): Power transformers:

part 3: Insulation levels and dielectric tests.

6. IEC 76 -5(1976): Power transformers:

part 5: Ability to withstand short circuit.

7. IEC 551(1976): Measurement of transformer and reactor

sound levels.

8. IEC 722(1982): Guide to the lightning impulse and switching impulse testing of power transformers and reactors.

9. IEC 726(1982): Dry - type power transformers.

10. ISO standard 3(1973): Preferred numbers - series of preferred numbers.

۳ـ۱ـ این توصیه نامه انواع مختلف راکتور بشرح زیر را در برمی‌گیرد:

ـ راکتورهای محدود کننده جریان ، که شامل راکتورهای زمین کننده نیز می باشند.

(current - limiting reactors including neutral - earthing reactors)

ـ راکتورهای میراکننده ، (Damping reactors)

ـ راکتورهای تنظیم کننده (جهت فیلتر کردن)، (Tuning (filter) reactors)

ـ ترانسفورمر زمین کننده ، (Earthing transformers(neutral couplers))

ـ راکتورهای محدودکننده جریان قوس ، (Arc - suppression reactors)

ولی این توصیه نامه شامل راکتورهای زیر نمی‌گردد:

ـ راکتورهای کوچک باتوان نامی کمتر از ۲ کیلووار برای تکفاز و کمتر از ۱۰ کیلووار برای سه فاز.

ـ راکتورهای مورد استفاده برای اهداف خاصی همچون تلفات فرکانس بالا در خط و یا راکتورهایی که روی گردونه‌هایی نصب می‌گردند.

از آنجاییکه استاندارد IEC برای چنین راکتورهای خاص و کوچک وجود نداشته لذا می‌توان از این توصیه نامه ، در کلیه موارد مربوطه یا بخشی از آن استفاده کرد.

ـ راکتورهای شنت که جهت جبران جریان خازنی به شبکه متصل میگردند (بدلیل عدم استفاده درشبکه های توزیع).

۲ـ اهـــداف

هدف از تدوین این توصیه نامه عبارتست از :

a) تعیین قوانینی جهت کار مطمئن و سالم راکتور

b) تعیین قوانینی در مورد آزمایشات راکتور و همچنین ، چگونگی و حدود پارامترهای آن

c) تعیین قوانینی در مورد بسته بندی ، حمل و انبار کردن راکتور

۳ـ تعـــاریـــف

تعاریفی که در این بخش بیان شده‌اند شامل انواع راکتورهایی میباشد که در فصلهای دوم تا ششم از این استاندارد آورده شده‌اند.

۱ـ۳ـ انواع راکتور

۱ـ۱ـ۳ـ راکتورمحدود کنندهٔ جریان

راکتورهایی که بصورت سری به سیستم متصل میگردند تا جریان ناشی از اتصال کوتاه در سیستم را محدود نمایند.

۲ـ۱ـ۳ـ راکتورمحدود کنندهٔ جریان بین زمین و نوترسیستم

راکتور تکفاز که جهت اتصال نوترسیستم به زمین و برای محدود کردن جریان خطا در اتصال فاز به زمین بکار میرود.

۳ـ۱ـ۳ـ راکتورمیراکننده

راکتورهایی که بصورت سری با خازن قرار گرفته و جهت محدود کردن

جریان هجومی خازن در مواقع کلید زنی میباشند.

۴ـ۱ـ۳ـ راکتور تنظیم کننده (فیلتر)

راکتورهایی که بصورت سری یا موازی با خازن قرار گرفته و برای کاهش ، حذف یا فیلتر کردن هارمونیکها و یا فرکانسهای مخابراتی بکار برده میشوند.

۵ـ۱ـ۳ـ ترانسفورمر زمین کننده

ترانسفورمر سه فاز یا راکتوری که بصورت موازی به شبکه متصل گردیده و برای ایجاد نوتر سیستم بکار میرود.

توجه ـ ترانسفورمر زمین کننده ممکن است برای تغذیهء یک شبکهء محلی مورد استفاده قرار گیرد.

۶ـ۱ـ۳ـ راکتور محدود کننده جریان قوس

راکتور تکفازی که برای اتصال نوتر سیستم به زمین و جهت جبران جریان خازنی فاز به زمین که در اثر اتصال کوتاه تکفاز به زمین پیش می آید، بکار برده میشود.

۲ـ۳ـ مشخصه مغناطیسی

ارتباط بین پیک فلوی پراکندگی سیم پیچ راکتور با پیک جریان .

۳ـ۳ـ شرایط کار

۱ـ۳ـ۳ـ شرایط کار نرمال

کلیه مطالب این توصیه نامه ، تحت شرایط کاری بشرح زیر ، برای انواع راکتورها معتبر میباشد:

a) ارتفاع نصب

ارتفاع نصب راکتور از ۱۰۰۰ متر تجاوز ننماید.

توجه ـ برای نصب در ارتفاع بالاتر به بخش (۲ـ۳ـ۳) مراجعه شود.

b) دمای وسیله خنک کننده

ـ برای تجهیزاتی که با آب خنک می‌گردند ، دمای آب خنک کننده در مدخل ورود آن ، نبایستی از ۲۵ درجه سانتیگراد تجاوز نماید.

ـ برای تجهیزاتی که با هوا خنک می‌گردند ، دمای هوای خنک کننده در محدوده زیر باشد: (اعداد داخل جدول به درجه سانتیگراد می‌باشند)

محیط نصب راکتور	حداکثر دما	حداقل دما	حداکثرمقدارقابل قبول برای متوسط دمادریکروز	حداکثرمقدارقابل قبول برای متوسط دمادریکسال
سربسته	+۴۰	۵ ـ	+۳۰	+۲۰
روباز	+۴۰	ـ۲۵	+۳۰	+۲۰

توجه ـ برای کار در دماهای بالاتر به بخش (۲ـ۳ـ۳) مراجعه شود.

c) شکل موج منبع ولتاژ

شکل موج منبع ولتاژ ، تقریبا" سینوسی باشد.

d) تقارن منبع ولتاژ چند فازه

برای راکتورهای چند فازه ، منبع ولتاژ تقریبا" متقارن باشد.

۲ـ۳ـ۳ـ مقررات مربوط به شرایط کار غیر معمول

خریدار می‌بایست کلیه شرایطی را که با حدود تعیین شده در بخش (۱ـ۳ـ۳) تفاوت‌داشته باشند، در موقع دادن سفارش تعیین نماید.

اگر شرایط کار راکتور خارج از محدوده تعیین شده در بخش (۱ـ۳ـ۳) باشدر آنصورت تغییرات زیر در موقع طراحی ، تست و همچنین تعیین

مقادیر نامی راکتور میبایست اعمال گردد.

۱-۲-۳-۳- دمای وسیله خنک کننده

برای راکتورهای خنک شونده با هوا ، چه از نوع خشک و چه از نوع روغن دار ، در صورتیکه دمای هوای خنک کننده ، خارج از محدوده تعیین شده در بخش (۱-۳-۳) باشد ، میبایست تغییرات مندرج در بخش (۲-۱-۹)منظور گردند.

۲-۲-۳-۳- ارتفاع نصب راکتور

برای انواع مختلف راکتورها در صورتیکه ارتفاع نصب آن از ۱۰۰۰ متر تجاوز نماید ، میبایست تصحیحات زیر صورت گیرند :

a) کاهش محدوده مجاز برای افزایش دما ، که مطابق با بخش (۳-۱-۹) انجام میگیرد.

b) تصحیحات در ولتاژ تست و سطح عایقی

راکتورهای نوع خشک که جهت نصب در ارتفاع بین ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر بالاتر از سطح دریا مورد استفاده قرار میگیرند ، می توانند در فشار نرمال تست شوند. فقط ، در آزمایش با منبع مجزا ، ولتاژ تست میبایست به ازای هر ۵۰۰ متر افزایش ارتفاع ، که از ۱۰۰۰ متر به بعد صورت میگیرد ، به اندازهٔ ۶/۳۵٪ افزایش داده شود.

توجه - در راکتورهای روغن دار ، از بوشینگی استفاده گردد که سطح عایقی آن بالاتر از سطح عایقی سیم پیچ راکتور باشد.

در صورتیکه دما ، خارج از محدوده مشخص شده در بخش (۱-۲-۳-۳) بوده و یا اینکه شرایط کار ویژه‌ای همچون وجود محدودیت در جریان هوای خنک کننده حاکم باشد ، در آنصورت میبایست با موافقت بین خریدار و سازنده ، محدوده مجاز جدیدی تعیین گردد.

فصل دوم

راکتورهای محدودکننده جریان و راکتورهای زمین کننده نوترسیستم

۴ـ کلیات

۱ـ۴ـ حدود

راکتورهایی که برای محدود کردن جریان در مواقع بروز خطا در سیستم مورد استفاده قرار میگیرند عبارتنداز:

۱ـ۱ـ۴ـ راکتورهای محدود کننده جریان

راکتورهایی که برای محدود کردن جریان های کوتاه مدت در سیستم بکار میروند و در هنگام کار نرمال سیستم ، یک جریان پیوسته‌ای از این راکتورها عبور میکند.

۲ـ۱ـ۴ـ راکتورهای زمین کننده نوترسیستم

راکتورهای تکفازی هستند که در سیستمهای سه فاز، مابین نوترسیستم و زمین متصل گردیده و جهت محدود کردن جریان فاز به زمین در مواقع بروز خطا بکار میروند. راکتورهای زمین کننده ، عموماً جریان پیوسته‌ای نداشته و یا اینکه بطور پیوسته فقط جریان کوچکی را تحمل مینمایند.

۳ـ۱ـ۴ـ دیگر انواع راکتورها

بسته به نوع کاربرد ، راکتورهای دیگری برای منظورهای متفاوت ، می توانند در این بخش تحت پوشش قرارگیرند.

این راکتورها عبارتنداز:

- راکتورهای مقسم بار برای بالانس کردن جریان در مدارهای موازی
- راکتورهای استارتر، که در موتورهای a.c. بصورت سری و جهت محدود کردن جریان راه اندازی موتور بکار برده میشوند.

۲-۴- طراحی

باتوجه به چگونگی طراحی و نصب ، راکتورهای محدوده کننده ٔجریان می توانند در گروههای زیر قرار داده شوند:

- تکفاز یا سه فاز
- نوع خشک یا نوع انباشته از روغن
- باهسته هوایی یا هستهٔ آهنی شکافدار
- با ، یا بدون حفاظ مغناطیسی
- با ، یا بدون تپ
- برای نصب در محیط روباز یا سربسته

توجه ۱- حفاظ مغناطیسی یک راکتور محدود کنندهٔ جریان عموما" طوری طراحی می گردد تا در مواقع عبور جریان های کوتاه مدت و شدید ، اشباع گردد.

توجه ۲- یک راکتور محدود کنندهٔ جریان از نوع خشک و بدون حفاظ ، در مواقع عبور جریان کوتاه مدت و شدید ، میدان پراکندهٔ مغناطیسی قوی تولید میکند. لذا میبایستی به طرز قرار گرفتن سیم پیچ فازها و همچنین موقعیت آنها نسبت به سایر تجهیزات و بدنهٔ فلزی راکتور، توجه کافی نمود تا از شدت این پدیده کاسته شده و از آثار مخرب آن همچون افزایش حرارت بخشهای فلزی و فشارهای مکانیکی وارده در مواقع بروز خطا در سیستم جلوگیری گردد.

۵ ـ تعاریف

۱ـ ۵ ـ جریان نامی دائمی I_N

جریانی که در فرکانس نامی از ترمینال سیم پیچهای راکتور عبور کرده و راکتور هم برای عبور دائم چنین جریانی طراحی گردیده است . برای راکتورهای زمین کننده ، جریان پیوستهٔ نامی تعریف نمیگردد مگراینکه بصورت دیگری برای آنها جریان نامی تعریف شود.

۲ـ ۵ ـ جریان کوتاه مدت نامی I_{KN}

جزء متقارن و r.m.s. جریان کوتاه مدتی که در حالت پایدار سیستم ودر فرکانس نامی ، و برای مدت زمان تعیین شده‌ای ، راکتور بتواند تحمل کرده و برای آن نیزطراحی شده باشد. بدین صورت که این جریان بتواند از راکتورعبور کرده بدون آنکه باعث افزایش حرارت و یا فشارهای مکانیکی مخرب گردد.

توجه ـ جریان کوتاه مدت نامی با توجه به شرایط سیستم در موقع بروز خطا تعیین میگردد.

۳ـ ۵ ـ مدت زمان نامی برای عبور جریان کوتاه مدت t_{KN}

مدت زمان مجاز برای عبورجریان کوتاه مدت نامی که راکتور برای آن طراحی شده باشد.

۴ـ ۵ ـ امپدانس نامی Z_{KN}

امپدانسی که به اهم و برای هر فاز ، در فرکانس نامی و جریان کوتاه

مدت نامی تعریف میگردد.

برای یک راکتور محدود کنندهٔ جریان سه فاز یا یک بانک سه فاز متشکل از راکتورهای تکفاز، امپدانس نامی، برابر با متوسط سه امپدانس تکفاز میباشد.

توجه - در یک راکتور محدودکنندهٔ جریان سه فاز، یا یک بانک متشکل از راکتورهای تکفاز، گوپلاژ مغناطیسی بین فازها، سبب ایجاد یک امپدانس مجازی در هر فاز گردیده که نسبت به امپدانس نامی تعریف شده در بالا متفاوت میباشد. این مطلب، در صورتیکه ضریب گوپلاژ مغناطیسی کمتر از ۵٪ باشد، عملاً اهمیت چندانی نخواهد داشت.

۶- مقادیر نامی

۶-۱- جریان نامی دائمی

درصورتیکه تعریف دیگری صورت نگیرد، جریان نامی دائمی یک جریان سه فازمتقارن خواهد بود. مقادیر مناسب برای جریان نامی دائم، می بایست برطبق استاندارد شماره 3 از ISO انتخاب گردد.

۶-۲- جریان کوتاه مدت نامی

جریان کوتاه مدت نامی بایستی طوری تعیین گردد که، از بزرگترین مقدار جریان در مواقع بروز خطا و یا شرایط راه اندازی سیستم، کمتر نباشد.

۶-۳- مدت زمان نامی برای عبور جریان کوتاه مدت

در صورتیکه تعریف دیگری صورت نگیرد، مدت زمان نامی برای عبور جریان

کوتاه مدت ، میبایستی مقادیر زیر را داشته باشد:

a) برای راکتورهای محدودکنندهٔ جریان : ۳ ثانیه

b) برای راکتورهای زمین کنندهٔ نوترسیستم : ۱۰ ثانیه

توجه ـ در صورتیکه چندین خطا و یا عملیات راه اندازی در سیستم ، در زمانهای متوالی و به فاصلهٔ کم از هم پیش بیاید، در آنصورت می بایستی ، مدت زمان وهمچنین فاصلهٔ زمانی بین این رخدادها و همچنین تعداد آنها توسط خریدار تعیین گردیده و سپس ، با توجه به آن ، مدت زمان نامی برای عبور جریان کوتاه مدت انتخاب گردد.

۴ـ۶ـ امپدانس نامی

مقدار امپدانس نامی با استفاده از دو پارامتر زیر ، که یکی از آنها جریان کوتاه مدت نامی بوده و بر طبق مشخصه‌های سیستم تعیین میگردد و دیگری ، میزان شناخته شده برای احتمال وقوع خطا در سیستم میباشد. اندازهٔ این امپدانس میبایست تا حد ممکن ، کمترین مقدار را داشته باشد. برای راکتورهای با محافظ مغناطیسی ، امپدانس راکتور در هنگام عبور جریان نامی دائم ، میبایست توسط سازنده تعیین گردد. سازنده راکتور میبایست این امپدانس را اندازه گرفته و در پلاک شناسایی راکتور قید نماید.

برای راکتورهای سه فاز و یا بانک متشکل از راکتورهای تکفاز مجزا که نحوهٔ نصب آنها نیز تعیین شده باشد، سازندهٔ راکتور میبایست اطلاعات مربوط به ، ضریب کوپلاژ و یا راکتانس متقابل بین فازها را، در مواقع عبور جریان کوتاه مدت نامی در اختیار خریدار قرار دهد.

توجه ـ برای بعضی از انواع راکتورها ، اندازه گیری مستقیم این پارامتر

مشکل میباشد (به بخش (۱۱-۱۱) مراجعه شود).

۷- سطح عایقی

برای کسب اطلاعات کلی در مورد سطح عایقی به IEC 76 -3 مراجعه شود.

۷-۱- عایق مورد لزوم برای راکتورهای محدودکننده جریان

عایق مورد لزوم بین فازها و همچنین بین فاز و زمین میبایست طوری انتخاب گردد که بتواند حداکثر ولتاژ سیستمی را که راکتور به آن متصل میباشد (U_m)، تحمل نماید. میزان عایق بین حلقه‌های سیم پیچ میتواند کمتر از مقدار بالا تعیین شود مخصوصا" اگر، برقگیری بصورت موازی با سیم پیچ راکتور قرار گرفته باشد. توصیه میگردد ولتاژ نامی که برای برقگیر انتخاب میشود، از ۱/۳ برابر ولتاژی که در موقع عبور جریان نامی کوتاه مدت در دو سر راکتور ایجاد میگردد، کمتر نباشد.

۷-۲- عایق مورد لزوم برای راکتورهای زمین کننده نوترسیستم

برای چنین راکتورهایی، عایق مورد مصرف میبایست برابر با عایق بکار رفته در نوترسیستم، که راکتور به آن متصل بوده، باشد. برای ترمینال متصل شونده به زمین، انتخاب سطح عایقی کاهش یافته (با عایق غیر یکنواخت)، میتواند مناسبتر باشد.

۸- توانایی تحمل جریان کوتاه مدت

راکتورهای محدود کننده جریان و همچنین راکتورهای زمین کننده نوترسیستم میبایست طوری طراحی گردند که بتوانند آثار حرارتی و دینامیکی ناشی از عبور جریان کوتاه مدت نامی را، در مدت زمان نامی آن تحمل نمایند.

۹ـ افزایش دما

۱ـ۹ـ محدود مجاز افزایش دما در جریان نامی دائم

۱ـ۱ـ۹ـ حدود افزایش دما در شرایط نرمال کار

میزان افزایش دمای سیم پیچ ، هسته و روغن راکتورهایی که برای کار در شرایط نرمال (طبق بخش (۳ـ۳)) طراحی گردیده‌اند ، نبایستی از حدود تعیین شده در جداول ۱و۲ تجاوز نماید.

بخشی از راکتور	روش خنک کردن	کلاس عایقی	حداکثر افزایش دما (°c)
سیم‌پیچها (افزایش دما با استفاده از متدمقاومت اندازه گیری میشود)	به کمک هوا ، بصورت طبیعی یا با استفاده از انرژی (AN,AF)	A E B F H	۶۰ ۷۵ ۸۰ ۱۰۰ ۱۲۵ ۱۵۰
هسته و سایر قسمتها a) مجاور با سیم پیچها باشند. b) مجاور با سیم پیچها نباشند	کلیه حالات	-	a) همان مقادیر قید شده برای سیم پیچها b) دما در هیچ حالتی نبایستی از مقداری تجاوز نماید که موجب آسیب هسته و یا مواد مجاور آن میگردد.

جدول ۱ـ حدود افزایش دما برای راکتورهای نوع خشک

(کلاس عایقی : مطابق با IEC 85 ، که عبارت از توصیه نامه‌ای است برای طبقه بندی موادی که جهت عایقکاری در ماشینهای الکتریکی و سایر تجهیزات بکار میروند. این طبقه بندی براساس پایداری حرارتی عایق در موقع کار صورت میگیرد.)

بخشی از راکتور	حداکثر افزایش دما (°c)
سیم پیچها : کلاس عایقی A (افزایش دما با استفاده از متدمقاومت اندازه گیری شود)	۶۵،زمانیکه جریان روغن بصورت طبیعی یا باصرف انرژی ولی بصورت غیر مستقیم (non - directed) باشد. ۷۰،زمانیکه جریان روغن با صرف انرژی و بصورت مستقیم (directed)باشد.
روغن دربالاترین قسمت راکتور (افزایش دما با استفاده‌از ترمومتراندازه گیری شود)	۶۰،زمانیکه راکتورمجهز به تانک روغن بوده ویابصورت ایزوله شده (sealed) باشد. ۵۵،زمانیکه راکتورفاقدتانک روغن بوده وغیرایزوله (دارای دیافراگم وقابلیت ارتباط بافضای خارج) باشد.
هسته ، قسمتهای فلزی وسایر موادی که در مجاورت آنها قرار دارند.	درهیچ حالتی، دمانبایستی از مقداری تجاوز نماید که موجب آسیب هسته ویا مواد مجاور آن میگردد.

جدول ۳ـ حدود افزایش دما برای راکتورهای نوع روغنی

۲ـ۱ـ۹ـ محدوده مجاز افزایش دما، درشرایط کاری با دمای هوای خنک کننده بالا

اگر راکتور برای شرایط کاری طراحی شده باشد که دمای هوای خنک کننده آن، از یکی از ماکزیمم مقادیر قید شده در بخش (۱ـ۳ـ۳) و حداکثر تا ۱۰ درجه سانتیگراد بیشتر باشد، در آنصورت میبایست حداکثر مقدار مجاز برای افزایش دما کاهش یابد.

اگر توان نامی راکتور MVA ۱۰ یا بیشتر باشد، در آنصورت میزان کاهش، برابر با میزان افزایش دمای هوای خنک کننده نسبت به شرایط نرمال کار، در نظر گرفته میشود. برای راکتورهای با توان نامی کوچکتر، حداکثر مقدار مجاز برای افزایش دما میبایست به مقدارزیر کاهش یابد:

ـ به مقدار ۵ درجه سانتیگراد، در صورتیکه دمای هوای خنک کننده نسبت به محدوده قید شده در بخش (۱ـ۳ـ۳) به اندازه ۵ درجه سانتیگراد یا کمتر، افزایش داشته باشد.

ـ به مقدار ۱۰ درجه سانتیگراد، در صورتیکه دمای هوای خنک کننده نسبت به محدوده قید شده در بخش (۱ـ۳ـ۳)، افزایشی به میزان بیشتر از ۵ درجه و کمتر یا مساوی ۱۰ درجه سانتیگراد داشته باشد.

اگر برای راکتورهای خنک شونده با هوا، افزایش دما نسبت به محدوده تعیین شده در بخش (۱ـ۳ـ۳)، بیشتر از ۱۰ درجه سانتیگراد باشد، در آنصورت میزان تغییر لازم در جداول ۱و۲ با موافقت بین خریدار و سازنده تعیین میگردد.

هر نوع شرایط خاصی که بتواند در جریان هوای خنک کننده محدودیت ایجاد کرده و یا اینکه دمای هوای محیطی بالاتری را باعث گردد، می بایست توسط خریدار مشخص گردد.

۳-۱-۹- محدوده مجاز افزایش دما ، در شرایط محیطی با ارتفاع بالا

برای راکتورهای خنک شونده با هوایی که برای نصب در ارتفاعی بالاتر از ۱۰۰۰ مترطراحی شده ولی در ارتفاع نرمال تست شده باشند ، در صورتیکه توافق دیگری بین خریدار و سازنده صورت نگرفته باشد، حدود افزایش دما (جداول ۱و۲)، میبایست به ازای هر ۵۰۰ متر افزایش ارتفاع ، که از ۱۰۰۰ متر به بعد صورت میگیرد، به اندازه مقادیر زیر کاهش یابد:

- برای راکتورهای روغنی که بصورت طبیعی با هوا خنک میگردند، بمیزان ۳٪
- برای راکتورهای نوع خشک که بصورت طبیعی باهوا خنک میگردند، بمیزان ۳/۵٪
- برای راکتورهای روغنی که با هوای پرفشار (Air Forced) خنک می گردند،بمیزان ۳٪
- برای راکتورهای نوع خشک که با هوای پر فشار (AF) خنک میگردند، بمیزان ۵٪

توجه ۱- اگر راکتور خنک شونده با هوا، برای کار در ارتفاع کمتر از ۱۰۰۰ متر طراحی شده ولی در ارتفاعی بالاتر از ۱۰۰۰ متر تست گردد، در آنصورت حدود افزایش دمای اندازه گیری شده ، به ازای هر ۵۰۰ متر افزایش ارتفاع محل تست ، که از ۱۰۰۰ متر به بعد صورت میگیرد، میبایست به اندازه مقادیر بالا، کاهش یابد.

توجه ۲- این کاهش ، در مورد محدوده مجاز افزایش دما ، نمیتواند برای راکتورهای خنک شونده با آب اعمال گردد.

۳ـ۹ـ میزان دما بعد از عبور جریان کوتاه مدت

میزان دمایی که برای سیم پیچ ، بعداز عبور جریان کوتاه مدت نهایی محاسبه میگردد، نبایستی از مقادیر ذکر شده در جدول ۳ تجاوز نماید.

نوع راکتور	کلاس عایقی	حداکثر دما ($\mathring{C}$)	
		هادی مسی	هادی آلومینیومی
روغنی	A	۲۵۰	۲۰۰
نوع خشک	A	۱۸۰	۱۸۰
	E	۲۵۰	۲۰۰
	B	۲۵۰	۲۰۰
	H , F	۲۵۰	–

جدول ۳ـ حداکثر دما بعد از عبور جریان کوتاه مدت

۱۰ ـ پلاک شناسایی

هر راکتور میبایست مجهز به پلاک شناسایی فلزی و ضد آب بوده و در یک محل قابل رویت نصب شده باشد. این پلاک میبایست اطلاعات زیر را بطور کامل و بصورتی پاک نشدنی نشان دهد. (مثلا" با استفاده از روشهای حکاکی ، قلم زنی یا گلیشه‌ای ساخته شود)

۱ـ۱۰ـ اطلاعاتی که برای هر نوع راکتور باید داده شود

- نوع راکتور
- محل نصب راکتور (سربسته یا روباز)
- شماره استاندارد مورد استفاده
- نام سازنده
- شماره سریال سازنده
- سال ساخت
- تعداد فازها
- فرکانس نامی
- حداکثر ولتاژ مجاز
- جریان نامی دائم
- جریان کوتاه مدت نامی و زمان آن
- سطح عایقی
- امپدانس (مقدار اندازه گیری شده)
- نوع خنک شوندگی
- وزن کل
- وزن روغن مورد مصرف جهت عایقکاری

۲ـ۱۰ـ اطلاعات اضافی که فقط برای بعضی از راکتورها لازم میباشد

- کلاس حرارتی عایق (فقط برای راکتورهای نوع خشک).
- افزایش دما (در صورتیکه یک مقدار نرمال وجود نداشته باشد).
- عایق مورد لزوم برای ترمینال زمین راکتوری که در آن از عایقکاری غیر یکنواخت استفاده شده باشد.

- ولتاژ ضربه نامی که سیم پیچ ، قابلیت تحمل آن را داشته و در زمانی که برقگیری هم بصورت موازی با سیم پیچ نصب شده باشد (برای راکتورهای محدود کننده جریان).
- وزن راکتور در موقع حمل (برای راکتورهایی که وزن کل آنها از ۵ تن بیشتر باشد).
- وزن راکتور بدون روغن (برای راکتورهایی که وزن کل آنها از ۵ تن بیشتر باشد).
- نوع مایع مورد استفاده جهت عایق (در صورتیکه از روغن معدنی استفاده نشده باشد).
- جزییات مربوط به تپ راکتور (اگر وجود داشته باشد).

۱۱- آزمایشات راکتور

۱-۱۱- کلیات مربوط به آزمایشات معمول ، نمونه و مخصوص

برای راکتورهایی که تحت آزمایش قرار میگیرند ، میبایستی شرایط زیر رعایت گردند.

آزمایشها میتوانند در هر دمای هوای محیط مابین ۱۰ تا ۴۰ درجه سانتیگراد انجام بگیرند (درصورت استفاده از آب برای خنک کردن ، آزمایشها میتوانند در هر دمایی انجام بگیرند بشرطی که میزان دما از ۲۵ درجه سانتیگراد تجاوز نکند).

انجام آزمایشها بعهده سازنده راکتور بوده ، مگر اینکه توافق دیگری بین خریدار و سازنده صورت گرفته باشد.

کلیه تجهیزات جانبی یا متعلقات راکتور که بتوانند مشابه با خود راکتور، تحت تاثیر آزمایشات واقع گردند، بایستی در موقع انجام تست همراه راکتور باشند. سیم پیچ تپ چنجر میبایست به تپ اصلی آن متصل گردد مگر اینکه، توافق دیگری مابین خریدار و سازنده صورت گرفته باشد.

در موقع انجام آزمایش، کلیه پارامترها، بجزمقادیر مربوط به عایق بندی، میبایست اندازه نامی خود را داشته باشند مگر آنکه، مقادیر متفاوتی برای آزمایش تعریف شده باشد.

در جاییکه لازم باشد تا نتایج حاصل از آزمایش، با توجه به دمای مرجع اصلاح گردد، در اینصورت دمای مرجع میبایست برطبق جدول ۴ انتخاب گردد:

کلاس عایقی*	دمای مرجع (°c)
A E B	** ۷۵
سایر کلاس های عایقی	۱۱۵

* برطبق IEC 85

** برابر با ۸۰ درجه سانتیگراد، وقتی که جریان روغن بصورت پرفشار و مستقیم (Forced Directed) باشد.

جدول ۴ـ دمای مرجع

۲-۱۱- آزمایشات معمول (Routine tests)

a) اندازه گیری مقاومت اهمی سیم پیچ (طبق بخش (۵-۱۱))

b) اندازه گیری امپدانس در جریان دائمی (درصورتیکه قابل انجام باشد) ، (طبق بخش (۶-۱۱)).

c) اندازه گیری تلفات (درصورتیکه قابل انجام باشد) ، (طبق بخش (۷-۱۱)).

d) آزمایش تحمل منبع ولتاژ مجزا (طبق بخش (۸-۱۱)).

e) آزمایش تحمل اضافه ولتاژ القا شده (طبق بخش (۹-۱۱)).

۳-۱۱- آزمایشات نمونه (Type tests)

a) آزمایش افزایش دما در جریان نامی دائم (طبق بخش (۱۰-۱۱)).

b) آزمایش ضربه ناشی از صاعقه (طبق بخش (۱۱-۱۱)).

۴-۱۱- آزمایشات مخصوص (Special tests)

a) آزمایش جریان کوتاه مدت و اندازه گیری امپدانس در جریان کوتاه مدت (طبق بخش (۱۲-۱۱)).

b) اندازه گیری سطح صدای ایجادشده (طبق بخش (۱۳-۱۱)).

۵-۱۱- اندازه گیری مقاومت اهمی سیم پیچ

۱-۵-۱۱- کلیات

در هر اندازه گیری میبایست پارامترهای زیر ثبت گردند. این پارامترها عبارتنداز: رزیستانس هر سیم پیچ ، ترمینالهایی که رزیستانس مابین آنرو اندازه‌گیری میگردد و همچنین دمای سیم

پیچها . برای اندازه گیری رزیستانس میبایست از جریان مستقیم استفاده گردد.

در اندازه گیری مقاومت کلیه سیم پیچها ، میبایست دقت کافی صورت گیرد تا اثر اندوکتانس خودی در آنها مینیمم گردد.

در موقع این اندازه‌گیری های رزیستانس که در حالت سرد انجام می شود، میبایست بمدت زمانی که طول میکشد تا جریان بحالت پایدار خود رسیده و قابل اندازه گیری شود ، توجه نمود تا از آن بتوان بعنوان معیار زمانی ، در موقع اندازه گیری رزیستانس در حالت گرم (درآزمایش نوعی افزایش درجه حرارت) استفاده نمود.

۳- ۵ -۱۱- راکتورهای نوع خشک

دمایی که ثبت میگردد میبایست میانگین دماهای خوانده شده از چندین ترمومتر(حداقل سه ترمومتر) باشد که در نقاط مختلف سطح سیم پیچ نصب شده‌اند. رزیستانس و دمای سیم پیچ میبایست بطور همزمان اندازه گیری شوند . همچنین دمای سیم پیچ که توسط ترمومتر اندازه گیری میشود، میبایستی تقریبا" برابر با متوسط دمای محیط اطراف سیم پیچ باشد.

۳- ۵ -۱۱- راکتورهای نوع روغنی

بعد از پر کردن راکتور با روغن و بدون تحریک کردن آن ، و در صورتیکه حداقل ۳ ساعت از این عمل گذشته باشد، میتوان اقدام به اندازه گیری متوسط دمای روغن نمود . این مقدار اندازه گیری شده ، میتواند با دمای سیم پیچ یکسان فرض گردد. متوسط دمای روغن

عبارت از متوسط دمای روغن در بالاترین و پایینترین نقطه خواهد بود.

در موقع اندازه گیری مقاومت سرد، که برای استفاده در آزمایش افزایش دما صورت میگیرد، میبایستی کوشش شود که متوسط دمای سیم پیچ با دقت زیادی تعیین گردد.

در اینحالت میبایست اختلاف مابین دمای روغن در بالاترین و پایینترین نقطه کم باشد. برای رسیدن سریع به این هدف ، روغن می تواند با استفاده از پمپ جریان یابد.

۶-۱۱- اندازه گیری امپدانس در جریان دائمی

امپدانس میبایست در فرکانس نامی اندازه گیری شود . برای راکتورهای سه فاز و همچنین بانکهای سه فاز متشکل از راکتورهای تکفاز، میبایست با تحریک تک تک فازها، امپدانسهای مربوطه اندازه گیری شده و آنگاه ، امپدانس راکتور برابر با متوسط امپدانسهای اندازه گیری شده تکفاز خواهد بود.

امپدانس یک راکتور سه فاز، زمانیکه ضریب گویلاژ مغناطیسی آن بزرگتر از ۵٪ باشد، میبایست با اتصال به یک سیستم ولتاژ متقارن و در حالتیکه سیم پیچ فازهای آن بصورت ستاره متصل شده‌اند ، اندازه گیری گردد.

در اینحالت میزان امپدانس میبایست طبق رابطه زیر محاسبه گردد:

$$\frac{\text{ولتاژ فاز به فاز}}{\sqrt{3}\times \text{متوسط جریان اندازه گیری شده}}$$

توجه ـ برای راکتورهای بدون محافظ مغناطیسی ، این آزمایش ، میزان امپدانس نامی را مشخص خواهد کرد.

۷ـ۱۱ـ اندازه گیری تلفات

این اندازه گیری فقط در مورد راکتورهایی صورت می‌گیرد که جریان داشی برای آن تعریف شده باشد. اندازه گیری می‌بایست در فرکانس نامی صورت گرفته و روش تعیین تلفات نیز با توافق بین خریدار و سازنده مشخص گردد. نتیجتاً" می‌بایست در مورد دقت و قابلیت روش پیشنهادی در متن قرار داد ، اشاره کافی شده باشد.

همچنین ، از آنجاکه ضریب قدرت یک راکتور محدود کننده جریان معمولاً" خیلی کم می‌باشد لذا اندازه گیری تلفات بروشهای واتمتری معمول ، دارای خطای زیادی بوده و توصیه می‌گردد که از یکی از روشهای اندازه گیری با پل استفاده گردد.

۱ـ۷ـ۱۱ـ برای راکتورهای فاقد مدار مغناطیسی و فاقد حفاظ مغناطیسی ، اندازه گیری می‌توانند در هر جریانی انجام شود بشرطی که نتایج حاصل ، به جریان کار دائم تبدیل گردند. بهمین منظور می‌بایست مقادیر تلفات اندازه گیری شده ، با ضرب شدن در توان دوم نسبت بین جریان نامی (یا برای راکتورهای دارای تپ ، جریان تپ مربوطه) به جریان آزمایش ، تصحیح گردد. سپس ، میزان تلفات حاصل می‌بایست به دمای مرجع مناسب که در جدول ۴ آمده ، تصحیح گردد. برای اینکار می بایست فرض گردد که میزان تغییرات تلفات $I^2.R$ (مقاومت d.c. = R) نسبت مستقیم با مقاومت داشته و سایر تلفات به نسبت عکس با مقاومت تغییر پیدا می‌کنند. در اینحالت میزان مقاومت می

بایست بر طبق بخش (۵ -۱۱) تعیین گردد.

توجه - حضور تضعات فلزی در همسایگی راکتور، میتواند منبع خطای اندازه گیری مهمی باشد.

۳-۷-۱۱- برای راکتورهای با حفاظ مغناطیسی، تلفات قسمتهای مختلف راکتور (شامل تلفات I^2R، تلفات آهن و تلفات اضافی دیگر) نمیتوانند بطور جداگانه اندازه گیری شود. در نتیجه بهتر است بمنظور اجتناب از تصحیح درجه حرارت، به درجه حرارت مرجع، اندازه گیری ها زمانی انجام شوند که درجه حرارت متوسط سیم پیچها تقریبا" مساوی درجه حرارت مرجع باشد. چنانچه اینکار عملی نباشد، در آنصورت تلفات اضافی را میتوان همانند تلفات آهن، مستقل از درجه حرارت در نظر گرفت.

۸-۱۱- آزمایش تحمل منبع ولتاژ مجزا (آزمایش معمول)

آزمایش منبع ولتاژ مجزا میبایست با یک ولتاژ متناوب تقریبا" سینوسی شکل موج آن تا حد امکان سینوسی بوده و فرکانس آن از ۸۰٪ فرکانس نامی کمتر نباشد، انجام گیرد.

در اینحالت میبایست پیک ولتاژ، اندازه گیری شده و سپس مقدار آنرا بر $\sqrt{2}$ تقسیم کرده و برابر با مقدار حاصل از آزمایش قرار داد.

آزمایش می بایست با ولتاژی شروع شود که اندازه آن از یک سوم میزان تعریف شده برای آزمایش بزرگتر نباشد. سپس این ولتاژ، با سرعت هر چه تمامتر افزایش یابد بطوریکه برابر با ولتاژ تعریف شده برای آزمایش گردیده و در اینحالت، اندازه گیری نیز بطور

مرتب انجام شده باشد. در خاتمهء آزمایش نیز ، ولتاژ میبایست بسرعت به یک سوم ولتاژ تست کاهش یافته و سپس قطع گردد.

دراین آزمایش ، ولتاژ تعریف شده برای تست ، میبایست بمدت ۶۰ ثانیه مابین هر سیم پیچ و زمین و همچنین مابین سیم پیچهای مختلف قرار گیرد بطوریکه در هر یک از حالات بالا، در طول آزمایش ، سایر سیم پیچهای راکتور و همچنین هسته و بدنهء آن بهم وصل شده و به زمین متصل شده باشند.

این آزمایش موقعی موفقیت آمیز تلقی خواهد شد که هیچ نوع سقوطی در ولتاژ تست رخ ندهد.

۹-۱۱- آزمایش تحمل اضافه ولتاژ القاء شده (آزمایش معمول)

این آزمایش میبایست مطابق با آزمایش تحمل منبع ولتاژمجزا (بخش ۸-۱۱) انجام شده و فقط در آن ، ولتاژ تست برابر با ، دو برابر ولتاژی انتخاب شود که در موقع عبور جریان گوتاه مدت نامی در دو سر راکتور ایجاد میگردد.

چنانچه انجام این آزمایش برای مواد مورد آزمون ، از نظر محدودیتهای حرارتی نامناسب بوده و یا اینکه عبور توان و ایجاد ولتاژ مورد نیاز آزمایش ، خارج از محدوده کار تجهیزات موجود در محوطه تست باشد، در آنصورت این آزمایش میتواند با توافق بین خریدار و سازنده با آزمایش ضربه جایگزین گردد.

۱۰-۱۱- آزمایش افزایش دما در جریان نامی دائم

این آزمایش میبایست مطابق با استاندارد (IEC 76 - 2) انجام گیرد.

۱-۱۰-۱۱- راکتورهای نوع خشک

آزمایش میبایست تا حد امکان ، با جریانی نزدیک به جریان نامی دائم انجام شده بطوریکه از ۹۰% آن کمتر نباشد. همچنین ، آزمایش میبایست آنقدر ادامه پیدا کند که میزان افزایش دمای هر قسمت از سیم پیچ در یک ساعت ، از ۲ درجه کلوین کمتر باشد.

میزان افزایشی دمای سیم پیچ ($\Delta\theta_N$) ، برای درجه حرارتهای بالاتر از درجه‌حرارت هوای خنک کننده در جریان نامی دائم ، از طریق فرمول زیر محاسبه میگردد:

$$\Delta\theta_N = \Delta\theta_t \left[\frac{I_N}{I_t}\right]^q$$

که در آن :

I_N = جریان نامی دائم

I_t = جریان آزمایشی

$\Delta\theta_t$ = افزایش درجه حرارت در جریان آزمایش

میزان q نیز میبایست بصورت زیر انتخاب گردد:

برای راکتورهای خنک شونده بطریق AN برابر با ۱/۶

و برای راکتورهای خنک شونده بطریق AF برابر با ۱/۸

میزان دمای θ_t سیم پیچ ، میبایست با استفاده از مقاومت اندازه گیری شده راکتور (طبق ضمیمه A) ، محاسبه گردد.

۲-۱۰-۱۱- راکتورهای نوع آغشته از روغن

چگونگی و محدوده افزایش دمای روغن و همچنین دمای سیم پیچ ، بر طبق فصل 3.7 از IEC76 - 2 تعیین میگردد.

۱۱-۱۱- آزمایش ضربهٔ ناشی از صاعقه

برای کسب اطلاعات کلی ، به فصل 12 از IEC 76 - 3 و فصل 19 از IEC 726 همچنین IEC722 مراجعه شود.

در این آزمایش ، موج ضربه میبایست بشکل موج ضربه کامل استاندارد ناشی از صاعقه بفرم زیر باشد: $1.2 \pm 30\% / 50 \pm 20\%\ \mu s$

توجه - ممکن است مدت زمان دقیق برای ایجاد موج ضربه قابل دسترسی نباشد و در اینحالت کوتاهترین زمان ممکن ، مورد قبول خواهد بود.

۱-۱۱-۱۱- آزمایش ضربه برای راکتورهای محدود کننده جریان

در این آزمایش ، هر سیم پیچ بطور جداگانه تست میشود بدینصورت که ، ولتاژ تست به یک ترمینال سیم پیچ متصل شده و ترمینال دیگر آن زمین میگردد. در اینحالت ، ترمینالهای سایر سیم پیچها نیز می بایست به زمین متصل گردند . در صورتیکه عایق کاهش یافته (غیر یکنواخت) ، برای سیم پیچ بکار رفته باشد در آنحالت نحوهٔ انجام آزمایش ضربه ، میبایست با موافقت بین خریدار و سازنده راکتور مشخص گردد.

۲-۱۱-۱۱- آزمایش ضربه برای راکتورهای زمین کننده نوتر سیستم

برای چنین راکتورهایی ، ولتاژ تست میبایست به ترمینالی از راکتور اعمال شود که این ترمینال به نوتر ترانسفورماتور متصل می گردد. در اینحالت ترمینال دیگر راکتور میبایست زمین شده باشد. مدت زمان مجاز برای پیشانی موج ضربه در این آزمایش حداکثر تا ۱۳ میکرو ثانیه میباشد.

۱۲-۱۱- آزمایش جریان کوتاه مدت و اندازه گیری امپدانس در این جریان

برای کسب اطلاعات کلی در اینمورد به IEC 76 - 5 مراجعه شود.

آزمایش جریان کوتاه مدت طوری طراحی گردیده که بوسیله آن ، می توان تحمل راکتور را در برابر نیروهای مکانیکی وارده در موقع عبور جریان کوتاه مدت نامی ارزیابی کرده و همچنین برای راکتورهای با محافظ مغناطیسی ، میتوان امپدانس نامی را اندازه گیری کرد.

اگر تعریف دیگری مشخص نشده باشد، میبایست اولین پیک جریان کوتاه مدت ، ($\sqrt{2}$ × ۱/۸) برابر مقدار r.m.s. آن باشد.(در بعضی شرایط کاری ، ممکن است بدلیل عدم وجود تقارن ، مقداری کمتر از ($\sqrt{2}$ × ۱/۸) نیز نتیجه شود)

توانایی راکتور در تحمل آزمایش با استفاده از بخش 2.2 از IEC 76 -5مشخص میگردد. مقدار امپدانس در جریان کوتاه مدت می بایست با استفاده از مقادیر ولتاژ و جریان که در حالت پایدار آزمایش بدست آمده باشد، تعیین گردد.

مقدار آن میبایست برابر با امپدانس نامی و با تلرانس مناسبی باشد.امپدانس یک راکتور سه فاز در جریان کوتاه مدت ، میبایست با استفاده از بخش 17.5 تعیین گردد. در حین آزمایشات ، میبایست ولتاژ القا شده در فازهایی که تحت آزمایش قرار ندارند ، اندازه گیری و ثبت شده تا بعداً جهت تعیین ضریب کوپلاژ یا امپدانس متقابل بین فازها مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۳-۱۱- روش آزمایش

برای راکتورهای تکفاز ، آزمایش میبایست دوبار تکرار گردیده و هر بار ، با استفاده از جریان کوتاه مدت نامی با طول زمان ۰/۵ ± ۰/۵ انجام گیرد.

راکتورهای سه فاز ، یا بانک سه فاز متشکل از سه راکتور تکفاز که نحوه اتصال فازهای آن نیز مشخص باشد، میبایست تحت یک آزمایش تک فاز برای هر یک از فازها در حالت نامتقارنی کامل و همچنین تحت یک آزمایش سه فاز با جریان سه فاز قرار گیرد.

توجه - اگر طول زمان ۰/۵ ثانیه جهت آزمایش ، بدلیل کافی نبودن ظرفیت تجهیزات آزمایشگاهی ، قابل دسترسی نباشد،در آنصورت طول زمان کوتاهتر، با موافقت بین خریدار و سازنده ، میتواند مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۱۲-۱۱- رفتار حرارتی در جریان کوتاه مدت

قابلیت تحمل حرارت کوتاه مدت میتواند با محاسباتی که طبق بخش 2.1.5 از IEC76 - 5 انجام میشود، مورد بررسی قرار گیرد.

۱۳-۱۱- اندازه گیری سطح صدای ایجاد شده در جریان نامی دائم

این آزمایش میبایست بر طبق IEC551 انجام بگیرد.

برای اندازه گیری در راکتورهای نوع خشک ، میبایست از سالم بودن سیم پیچهای مورد آزمایش اطمینان کافی داشت. محدودهای که در بخش 3.4 از IEC551 تعریف شده میبایست به اندازهٔ ۲ متر از سطح سیم پیچ تعیین گردد. محدوده تعیین شده میبایست روی صفحهای افقی که در

ارتفاعی به اندازهٔ نصف بلندی سیم پیچ واقع شده ، قرار گیرد.

۱۲- تلرانسها

تلرانس امپدانس بدست آمده از طریق آزمایش و یا از طریق محاسبه در جریان کوتاه مدت نامی ،میتواند از صفر تاحداکثر ۲۰+% امپدانس نامی باشد.

تلرانس امپدانس راکتورهای سه فاز میبایست بصورت زیر باشد:

جریانی که در هر سیم پیچ ، و تحت شرایط تعریف شده در بخش (۵-۱۱) اندازه گیری میشود ، نبایدبیشتر از ۵% از مقدار متوسط انحراف داشته باشد و در اینحالت میبایست تعریف بالا در مورد تلرانس امپدانس ، یعنی از صفر تا حداکثر ۲۰+% امپدانس نامی ، رعایت گردد.

تلرانس امپدانس در جریان دائم نامی میتواند از صفر تا حداکثر ۲۰+% باشد.

تلرانس تلفات (فقط موقعی که یک جریان دائم نامی برای راکتور تعریف شده باشد):۱۵+% مقدار اعلام شده باشد.

فصل سوم - راکتورهای میراکننده

۱۳- کلیات

۱-۱۳- حدود

راکتورهای میراکننده مخصوصاً برای محدود کردن جریان هجومی که در هنگام کلید زنی خازنهای شارژ شده و اتصال آنها به شبکه ac ایجاد میگردد، بکار میروند. این راکتورها بصورت سری با خازنها قرار میگیرند.[۱]

در هنگام کار عادی، جریان نامی خازن از داخل راکتور میگذرد. حداکثر جریان مجاز (اضافه جریان) راکتور، برابر با مقدار تعیین شده برای خازنهای شنت در استاندارد مربوطهٔ خازن میباشد.

توجه - برای کاربردهای خاص خازن، همچون منبع تولید VAR و سیستمهای HVDC، اضافه جریان تعریف شده در استاندارد خازنهای قدرت معمولاً کاربرد ندارد.

۲-۱۳- طراحی

راکتورهای میراکننده میبایست بصورت تکفاز یا سه فاز، از نوع خشک و خنک شوندگی بصورت طبیعی، با هستهٔ هوایی و جهت نصب در محیط های روباز یا سربسته ساخته شوند.

---

۱ - جهت تعیین اندازه این راکتورها به استاندارد خازنهای شنت مراجعه گردد.

۱۴ـ تعاریف

۱ـ۱۴ـ جریان دائم نامی I_N

مقدار r.m.s. جریانی که از داخل راکتور میرا کننده می‌گذرد.

۲ـ۱۴ـ جریان هجومی نامی I_{IN}

دامنه بزرگترین جریان هجومی که برای راکتور میراکننده تعریف شده باشد.

۳ـ۱۴ـ اندوکتانس نامی L_N

مقدار اندوکتانسی که در فرکانس سیستم برای راکتور میراکننده تعریف شده است.

۴ـ۱۴ـ فاکتور Q

نسبت بین راکتانس و رزیستانس راکتور، در فرکانس و دمای تعیین شده

۱۵ ـ مقادیر نامی

۱ـ۱۵ـ جریان دائم نامی

جریان دائم نامی برای راکتور میراکننده میتواند حداقل برابر با ماکزیمم جریان مجاز خازن انتخاب گردد.

توجه ـ ماکزیمم جریان مجاز بر طبق استاندارد IEC70 برابر با جریانی است که

مقدار r.m.s. آن ، ۱/۳ برابر مقداری باشد که در موقع ایجاد ولتاژ سینوسی نامی در دو سر خازن برقرار میگردد.

۳-۱۵- جریان هجومی نامی

جریان هجومی نامی ، میبایست طوری انتخاب گردد که همهٔ حالات مختلف کلیدزنی خازن در آن در نظر گرفته شده باشد. فرکانس تشدید در جریان هجومی مشخص شده ، میبایست تعیین گردد. سازنده راکتور میبایست اطلاعات لازم در مورد فاکتور Q راکتور را در فرکانس مزبور تهیه نماید. راکتور میراکننده میبایست توانایی تحمل آثار دینامیکی ناشی از جریان هجومی نامی را داشته باشد.

توجه ۱- اثر حرارتی جریان هجومی معمولا" بدون اهمیت میباشد.

توجه ۲- اگر راکتور میراکننده لازم باشد که تحمل اضافه جریانهای بیش از جریان هجومی نامی را داشته باشد، برای مثال جریان ناشی از وقوع خطا در خازن ، در آنصورت میبایست دامنه و همچنین چگونگی چنین اضافه جریانهایی تعریف شده باشند.

۱۶- سطح عایقی

تا تعریف دیگری صورت نگرفته باشد ، سطح عایقی به بزرگترین ولتاژ سیستم U_m ، اطلاق خواهد گردید که راکتور میراکننده به آن سیستم متصل میگردد. اگر یکی از ترمینالهای راکتور میراکننده مستقیما" به زمین متصل گردد در آنصورت با موافقت بین خریدار و سازنده ، میتواند عایق غیر یکنواخت بکار برده شود.

۱۷ـ افزایش دما

برای راکتورهای میرا کننده ، حدود افزایش دما بر طبق بخش ۹ تعیین می گردد.

۱۸ـ پلاک شناسایی

هر راکتور میبایست مجهز به پلاک شناسایی از جنس فلز ضدآب بوده که در یک محل قابل رویت نصب شده باشد و اطلاعات زیر را مشخص سازد. اطلاعات قرار گرفته در آن میبایست بصورتی پاک نشدنی باشند. (بطور مثال با استفاده از روشهایی همچون حکاکی ، قلم زنی و غیره آماده شده باشد.)

۱ـ۱۸ـ اطلاعاتی که باید برای هر راکتور داده شود

- نوع راکتور
- محل کاربردآن (در محیط سربسته یا روباز)
- شماره استاندارد مورد استفاده
- نام سازنده
- شماره سریال سازنده
- سال ساخت
- فرکانس نامی
- جریان دائم نامی
- جریان هجومی نامی
- سطح عایقی

- اندوکتانس نامی
- فاکتور Q در فرکانس مشخص شده
- کلاس حرارتی عایق (برای راکتورهای نوع خشک)
- افزایش حرارت
- جرم کل

۱۹- آزمایشها

جهت اطلاعات کلی در مورد آزمایشهای معمول ، نمونه و خاص به بخش (۱-۱۱) مراجعه شود.

۱-۱۹- آزمایشهای معمول

۱-۱-۱۹- اندازه گیری مقاومت سیم پیچ (به بخش (۵-۱۱) مراجعه شود).

۲-۱-۱۹- اندازه گیری اندوکتانس

اندازه گیری می‌تواند با هر جریان مناسبی ، و یا بوسیله پل اندازه گیری ، انجام شود. مقدار اندوکتانس نامی ، در فرکانس سیستم مشخص می‌گردد.

۳-۱-۱۹- آزمایش تحمل منبع ولتاژ مجزا (به بخش (۷-۱۱) مراجعه شود).

۴-۱-۱۹- آزمایش تحمل اضافه ولتاژ القایی

این آزمایش می‌بایست بر طبق بخش (۸-۱۱) ، فقط با استثنا مطلب زیر ، انجام گیرد:

ولتاژ آزمایش می‌بایست دو برابر ولتاژی باشد که در جریان هجومی نامی پیش می‌آید.

۲-۱۹- آزمایشهای نمونه

۱-۲-۱۹- آزمایش افزایش دما (به بخش (۹-۱۱) مراجعه شود).

۲-۲-۱۹- آزمایش ضربه ناشی از صاعقه (طبق بخش (۱۰-۱۱)).

۳-۱۹- آزمایش های خاص

۱-۳-۱۹- آزمایش تحمل جریان هجومی

آزمایش میبایست در فرکانس سیستم و برطبق بخش (۱۱-۱۱) انجام بگیرد.

۲-۳-۱۹- اندازه گیری فاکتور Q

اندازه گیری میبایست با استفاده از روش پل و در فرکانس تشدید تعریف شده برای جریان هجومی انجام شود. به بخش (۶- ۲۵) مراجعه شود.

۲۰- تلرانسها

از صفر تا حداکثر ۲۰+% اندوکتانس نامی

فصل چهارم - راکتورهای تنظیم کننده (جهت فیلتر کردن)

۴-۱- کلیات

۴-۱-۱- حدود

راکتورهای تنظیم کننده در سیستمهای a.c. ، راکتورهایی هستند که بهمراه خازنها به شبکه متصل میشوند تا مدارهای مخصوص جهت فیلتر کردن را تنظیم بکنند بطوریکه ، در یک محدوده فرکانس موتی ، تشدید شده و بدینوسیله میتوان اقدام به حذف ، سدکردن و یا فیلترکردن هارمونیکها ویا فرکانسهای مخابراتی نمود. راکتورهای تنظیم کننده هم بصورت موازی به سیستم متصل میگردند(در اینحالت ولتاژ سیستم در دو سر آن قرار میگیرد) و هم بصورت سری (که در اینحالت جریان بار از داخل آن میگذرد).

۴-۱-۲- طراحی

راکتورهای تنظیم کننده ، راکتورهای تکفاز یا سه فاز بوده و همچنین می توانند از نوع خشک یا روغنی باشند. راکتورها ممکن است طوری طراحی گردند که بتوان اندوکتانس آنرا در یک محدوده مشخصی تغییر داد و اینکار را با استفاده از تغییر تپ و یا بوسیله حرکت هسته یا سیم پیچها انجام داد. چگونگی آن ، موضوعی است که میبایست مورد موافقت خریدار و سازنده قرار گرفته و در قرار داد نیز قید گردد.

راکتورهای تنظیم کننده ، برای سیگنالهای با فرکانس صوتی ، ممکن است به سیم پیچ دومی نیز مجهز گردد که به منبع با فرکانس صوتی یا به سایر تجهیزات متصل میگردد.

در موقع اتصال موازی راکتورها ، مسئله اصلی ، بروز حالات گذرای ناشی از جریان هجومی در مواقع کلید زنی میباشد ولی در حالت اتصال سری راکتور ، مسئله مهم ، اضافه جریان ناشی از وقوع خطا در سیستم می باشد.

توجه ۱- در صورتیکه از فیلتر سه فاز استفاده گردد، میبایست به کوپلاژ مغناطیسی بین فازهای مختلف راکتور توجه نمود.

توجه ۲- برای راکتورهای تنظیم کننده بدون حفاظ مغناطیسی ، میبایست به امکان القا توسط استراکچری که بر روی آن نصب شده ، توجه نمود.

۲۲- تعاریف

۱-۲۲- جریان نامی با فرکانس سیستم I_N

میزان r.m.s. جریانی که با فرکانس سیستم و بصورت دائم از راکتور می گذرد.

۲-۲۲- ولتاژ نامی با فرکانس سیستم U_N

میزان r.m.s. ولتاژی که بافرکانس سیستم و بصورت دائم در دو سر راکتور قرار میگیرد.

۳-۲۲- جریان نامی با فرکانس تنظیم I_A

میزان r.m.s. جریانی که با فرکانس تنظیم شده ، بصورت دائم از

راکتور می‌گذرد.

توجه - در بعضی کاربردها (مانند ارسال سیگنالهای با فرکانس صوتی)، جریان با فرکانس تنظیم شده ، یک جریان متناوب می‌باشد. در اینحالت می بایست به تلفات و افزایش دما توجه نمود.

۴-۲۲- ولتاژ نامی با فرکانس تنظیم U_A

میزان r.m.s ولتاژی که با فرکانس تنظیم شده ، بصورت دائم در دوسر راکتور قرار می‌گیرد.

۵ -۲۲- فرکانس تنظیم نامی f_A

فرکانس تشدید در مدار فیلتری که راکتور هم یکی از عناصر آن می‌باشد.

۶-۲۲- اندوکتانس نامی L_A

مقدار اندوکتانس در فرکانس تنظیم نامی .

۷-۲۲- فاکتور Q نامی Q_A

نسبت بین راکتانس و رزیستانس در فرکانس تنظیم و در دمای مرجع .

۸-۲۲- جریان کوتاه مدت نامی I_{KN}

میزان r.m.s جریان کوتاه مدت و زمان آن (اگر قابل دسترسی باشد)، که برای راکتور تنظیم کننده شناخته شده است.

۲۳- مقادیر نامی

۱-۲۳- مقادیر ولتاژ و جریان نامی

با توجه به نحوه اتصال سری یا موازی راکتور ، مقادیر نامی ولتاژ و جریان راکتور ، چه در فرکانس سیستم و چه در فرکانس تنظیم ، تعیین میگردد.

این مقادیر نامی ، میتوانند حداقل برابر با مقادیری انتخاب شوند که در حالت کار نرمال مدار فیلتر در سیستم ، پیش میآیند.

۲-۲۳- جریان کوتاه مدت نامی

برای راکتور با اتصال موازی ، مقدار این جریان بستگی به جریان هجومی داشته و بر طبق بخش (۲- ۱۵) تعیین میگردد.

برای راکتور با اتصال سری ، مقدار این جریان ، به اضافه جریان ناشی از بروز خطا در سیستم بستگی دارد(بخش (۲- ۵) و(۲-۶)).

دامنه و زمان جریان کوتاه مدت نامی ، برای راکتور تنظیم کننده ، که بصورت منفرد متصل میگردد میبایست در اسناد مناقصه تعیین شده باشد.

برای استاندارد کردن راکتورها در پایینترین سطح ولتاژ و بدون در نظر گرفتن سایر مشخصات آن ، اضافه جریان میبایست در ۲۵ برابر جریان نامی با فرکانس سیستم ، محدود گردیده و مدت زمان آن نیز از ۲ ثانیه تجاوز ننماید.

۳-۲۳- فاکتور Q نامی

اگر تعریف دیگری صورت نگیرد، عبارت خواهد بود از کوچکترین مقداری که اندازهٔ آن گارانتی شده باشد.

۴-۲۳- ضیف ولتاژ و جریان

ضیف فرکانسی ولتاژ و جریان برای سیگنالهای هارمونیک دار و یا غیر هارمونیکی که در محل نصب راکتور وجود دارند میبایستی در اسناد مناقصه مشخص گردد.

۵ -۲۳- سطح عایقی

اگر تعریف دیگری صورت نگیرد ، سطح عایقی عبارت خواهد بود از بالاترین ولتاژ سیستم U_m که راکتور به آن متصل میگردد. اگر یکی از ترمینالهای راکتور به زمین متصل گردد در آنصورت ، استفاده از عایق غیر یکنواخت میتواند با توافق بین خریدار و سازنده صورت پذیرد.

توجه - زمانی که سیم پیچ دومی ، به راکتور بکار رفته برای سیگنالهای صوتی اضافه میگردد، در طراحی آن میبایست به امکان انتقال اضافه ولتاژها از سیستم قدرت توجه نمود.

۲۴- پلاک شناسایی

هر راکتور میبایست مجهز به پلاک شناسایی از جنس فلز ضد آب بوده که دریک محل قابل رویت نصب شده باشد و اطلاعات زیر را مشخص سازد. اطلاعات قرار گرفته در آن میبایست بصورتی پاک نشدنی باشند.(بطور مثال با استفاده

از روشهایی همچون حکاکی ، تلم زنی و غیره آماده شده باشد)

۱-۲۳- اطلاعاتی که باید برای هر راکتور داده شود

- نوع راکتور
- محل کاربرد آن (در محیط سربسته یا روباز)
- شماره استاندارد مورد استفاده
- نام سازنده
- شماره سریال سازنده
- سال ساخت
- فرکانس نامی سیستم
- فرکانس نامی تنظیم
- ولتاژ نامی در فرکانس سیستم (در صورت کاربرد)
- ولتاژ نامی در فرکانس تنظیم (در صورت کاربرد)
- جریان نامی در فرکانس سیستم (در صورت کاربرد)
- جریان نامی در فرکانس تنظیم (در صورت کاربرد)
- جریان کوتاه مدت نامی و مدت زمان آن
- سطح عایقی
- اندوکتانس نامی
- فاکتور Q
- وزن کل
- وزن روغن مصرفی جهت عایقکاری

۲۵- آزمایشها

۱-۲۵- اطلاعات کلی در مورد آزمایشهای معمول ، نمونه و خاص

به بخش (۱-۱۱) مراجعه شود.

۲-۲۵- آزمایشهای معمول

a) اندازه گیری مقاومت سیم پیچ (طبق بخش (۵-۱۱)).

b) اندازه گیری اندوکتانس (بخش (۴-۲۵)).

c) آزمایش تحمل اضافه ولتاژ القایی (بخش (۵ - ۲۵)).

d) آزمایش تحمل ولتاژ منبع مجزا (بخش (۸-۱۱)).

e) اندازه گیری فاکتور Q (بخش (۶-۲۵)).

f) اندازه گیری تلفات (بخش (۷- ۲۵)).

۳-۲۵- آزمایشهای نمونه

a) آزمایش افزایش دما (بخش (۸-۲۵)).

b) آزمایش ضربه ناشی از صاعقه (بخش ۱۲ از IEC76 - 3 و بخش (۱۱-۱۱)).

۴-۲۵- اندازه گیری اندوکتانس

اندوکتانس یک راکتور تنظیم کننده میباشد در فرکانس تنظیم راکتور و در ولتاژ و جریان نامی با فرکانس تنظیم مربوطه ، اندازه‌گیری شود.

در این اندازه گیری استثناهای زیر وجود دارد:

اندوکتانس یک راکتور با هسته هوایی ، فرض میگردد که مستقل از جریان بوده و ثابت میباشد. لذا میتواند با جریان یا ولتاژ کاهش یافته

اندازه گیری شود.

در صورتیکه در راکتور از نوع هسته‌دار، مقدار جریان در بالاترین نقطه از قسمت خطی منحنی هسته، برابر با، جریان نامی با فرکانس تنظیم راکتور باشد در اینصورت اندکتانس راکتور در فرکانس تنظیم، می تواند در جریان و ولتاژ کاهش یافته اندازه گیری شود.

۵ - ۳۵- آزمایش تحمل اضافه ولتاژ القایی

آزمایش می‌بایست مطابق با بخش (۱-۱۱) از IEC76 - 3 انجام گیرد. ولتاژ مورد استفاده در این آزمایش می‌بایست از بین یکی از دو مقدار زیر، که بزرگتر از دیگری باشد، انتخاب گردد:

a) دو برابر ولتاژی که در موقع عبور جریان I_{KN} از راکتور در دو سر آن ایجاد می‌گردد.

b) دو برابر $(U_N + U_A)$.

در صورتیکه توان و ولتاژ مورد نیاز جهت انجام آزمایش، خارج از حدود توانایی وسایل آزمایشگاهی باشد، در آنصورت این آزمایش با موافقت بین خریدار و سازنده، می‌تواند با آزمایش ضربه ناشی از صاعقه جایگزین گردد.

۶-۳۵- اندازه گیری فاکتور Q

اندازه گیری می‌بایست در فرکانس تنظیم انجام گیرد. فاکتور Q که در دمای مرجع اندازه گیری شده و یا بعد از اندازه گیری، اصلاح لازم در مورد دما در آن صورت گرفته باشد، نباید کمتر از مقدار گارانتی، مقدار داشته باشد. روش مورد استفاده جهت اصلاح دما، در صورت

کاربرد ، میبایست مطابق با ضمیمه B انجام گیرد.

۷-۳۵- اندازه گیری تلفات

مجموع تلفات یک راکتور تنظیم کننده ، ترکیبی از تلفات آهن (در صورتیکه راکتور ، هسته آهنی یا محافظ مغناطیسی داشته باشد) و تلفات سیم پیچ میباشد. این تلفات ، ناشی از جریانی است که عناصر ترکیب دهنده آن دارای فرکانسهای سیستم ، فرکانس هارمونیکهای ممکنه و یا فرکانس غیر هارمونیکی (برای ارسال سیگنال) میباشد.

تلفات آهن و همچنین تلفات سیم پیچ در فرکانسی برابر با فرکانس سیستم ، با اندازه گیری در فرکانس سیستم بدست میآیند. تلفات فرکانسهای بالاتر ، میبایست با اندازه گیری و یا محاسبه تلفات ، برای تک تک فرکانسهای ذکر شده انجام گرفته و سپس با تلفات فرکانس سیستم جمع گردند. در نهایت ، میبایست کل تلفات بدست آمده به صورتی اصلاح گردد که در آن دمای مرجع منظور شده باشد و در اینحالت ، نبایستی از مقدار گارانتی تجاوز نماید.

۸-۳۵- تعیین نحوه افزایش دما

آزمایش افزایش دما میبایستی در فرکانس سیستم انجام گیرد. اندازه ولتاژ و جریان در طی آزمایش میبایستی طوری انتخاب گردد که در آن ، تلفات کل ، مقداری برابر با مقدار بدست آمده از بخش (۷- ۳۵) داشته باشد. نحوه انجام آزمایش میبایستی بر طبق IEC76 - 2 و یا IEC 726 (برای راکتورهای نوع خشک) باشد.

۳۶- تلرانس

اگر راکتور تنظیم کننده طوری ساخته شده باشد که اندوکتانس آن قابل تنظیم نباشد در آنصورت ، میبایستی مقدار اندوکتانس نامی و تلرانس آن توسط سازنده مشخص شده و گارانتی نیز گردد.

فصل پنجم - ترانسفورمر زمین کننده (متصل کننده نوترها در سیستم)

۲۷- مقدمه

ترانسفورمر زمین کننده در سیستمهایی بکار میرود که عملا" دارای زمینهای متفاوتی میباشند. این موضوع بستگی دارد به جریان زمینی که در مواقع بروز خطای فاز به زمین در هر نقطه از سیستم برقرار میگردد.

در صورتیکه نقطه نوتر ترانسفورمر زمین کننده ، بطور مستقیم و یا توسط یک راکتور محدود کننده جریان به زمین متصل گردد در آنصورت جریان زمین نامی (به بخش (۳-۲۹) مراجعه شود) نسبتا" بزرگ شده و در عوض مدت زمان آن کوتاه خواهد بود(فقط چند ثانیه).و در صورتیکه نقطه نوتر این ترانسفورمر به یک راکتور محدود کننده جریان صاعقه متصل گردد در آنصورت جریان زمین نامی از نظر دامنه محدود شده و در عوض مدت زمان آن طولانیتر میگردد(ساعتها و یا حتی بصورت پیوسته و دائمی).

۲۸- کلیات

۱-۲۸- حدود

ترانسفورمرهای زمین کننده ، ترانسفورمرهای سه فاز یا راکتورهایی هستند که جهت بارگذاری مصنوعی نقطه نوتر سیستم بکار رفته و از این طریق میتوان هر نقطه از سیستم را که به طرق دیگری زمین نشده باشد ،

زمین نمود. این زمین کردن بطرق زیر می‌تواند انجام گیرد:

- بطریق زمین کردن مستقیم .
- با اتصال راکتورهای زمین کننده ، مقاومت و یا راکتورهای محدود کننده جریان صاعقه .

۲-۲۸- طراحی

ترانسفورمرهای زمین کننده عموما" بصورت زیگزاگ و یا ستاره - مثلث متصل می‌گردند . سیم پیچ با اتصال مثلث ، ممکن است بصورت یک حلقه باز باشد که در اینصورت ، امکان اضافه کردن مقاومت یا راکتور برای داشتن امپدانس توالی صفر مطلوب وجود خواهد داشت.

ترانسفورمرهای زمین کننده ممکن است به سیم پیچ ثانویه‌ای (با ولتاژ پایین) و توان نامی دائمی نیز مجهز بوده که از این سیم پیچ بعنوان منبع تغذیه کمکی پست استفاده می‌گردد.

توجه - ترانسفورمر زمین کننده همچنین درسیستمهای فاقد سیم نول ، جهت اتصال بار تک فاز بین خط و نوتر ، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲۹- تعاریف

۱-۲۹- سیم پیچ اصلی

سیم پیچ ترانسفورمر زمین کننده که برای اتصال فازهای سیستم به زمین ، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲-۲۹- ولتاژ نامی

ولتاژ خط که بین ترمینالهای سیم پیچ ترانسفورمر در فرکانس نامی و در حالت بدون باری قرار میگیرد.

۳-۲۹- جریان زمین نامی

جریانی که از ترمینال نوتر سیم پیچ اصلی و در فرکانس نامی عبور کرده و ،ترانسفورمر زمین کننده هم برای عبور چنین جریانی در حالت دائم و یا در مدت زمان مشخصی طراحی شده باشد.

۴-۲۹- جریان نامی دائمی برای ترانسفورمر زمین کننده با سیم پیچ ثانویه

جریان مشخص شده در فرکانس نامی که متناسب با توان نامی ترانسفورمر از سیم پیچ ثانویه عبور میکند.

۵ -۲۹- امپدانس توالی صفر Z_0 (برای ترانسفورمر یا راکتور سه فاز)

امپدانس هر فاز در فرکانس نامی ، که برابر است با سه برابر امپدانسی که در یک سیم پیچ سه فاز با اتصال ستاره اندازه گیری می شود. این اندازه گیری ، بین ترمینالهای سه فاز سیم پیچ ، که بهم اتصال داده شده‌اند، و ترمینال نوتر آن صورت میگیرد.

۶-۲۹- سایر تعاریف

برای سایر تعاریف به IEC76 - 1 مراجعه شود.

۳۰- مقادیر نامی

۳۰-۱- ولتاژ نامی سیم پیچ اصلی

در صورتیکه شرایط بهره برداری ، انتخاب ولتاژ بالاتری را ایجاب ننماید، ولتاژ نامی سیم پیچ میبایست برابر با ولتاژ فاز به فاز سیستم مربوطه انتخاب شود.

۳۰-۲- جریان زمین نامی

جریان زمین نامی که تعریف میگردد ، نبایستی از بزرگترین مقدار جریان دائم راکتور، که در شرایطی همچون نامتقارنی فاز پیش میآید، کمتر باشد.

در صورتیکه امکان وقوع خطاهای پی در پی و در فاصله زمانیهای کوتاه وجود داشته باشد ، درآنصورت میبایست فاصله زمانی بین خطاها و همچنین تعداد آنها توسط خریدار مشخص گردد. نتیجتا" ، مدت زمان جریان کوتاه مدت نیز با توجه به آن تعیین میگردد.

در صورت لزوم ، خریدار میبایست جریان عبوری دائم ناشی از نامتقارنی فازها و یا امثال آنرا مشخص نماید.

۳۰-۳- امپدانس توالی صفر نامی

اندازه امپدانس توالی صفر ممکن است تعریف شده باشد و ممکن هم هست که تعریف نشود. زیرا ممکن است از ترانسفورمر زمین کننده برای محدود کردن جریان خطای زمین استفاده شده باشد و در اینصورت امپدانس توالی صفر مورد نظر ، با اضافه کردن مقاومت یا راکتور

بدست می‌آید.

۳۰-۴- سایر مقادیر نامی

برای سایر مقادیر نامی به بخش ۴ از IEC 76 -1 مراجعه شود.

این مقادیر ، زمانیکه ترانسفورمر زمین کننده همراه با سیم پیچ ثانویه‌ای بعنوان منبع تغذیه پست و یا کاربردهای مشابه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد، بکار می روند.

برای حالتی که سیم پیچ اصلی بعنوان سیم پیچ ثانویه بکار برده می‌شود، تعاریفی مانندتوان نامی ، مشابه با همان تعریفی خواهد بود که برای ترانسفورمر قدرت بکار برده می‌شود.

۳۱- توانایی تحمل جریان زمین نامی

ترانسفورمر زمین کننده می‌بایست طوری طراحی گردد که توانایی تحمل آثار حرارتی و دینامیکی ناشی از عبور جریان زمین نامی را داشته و بتواند بدون هیچگونه آسیبی آنرا تحمل نماید.

۳۲- افزایش درجه حرارت

۳۲-۱- افزایش درجه حرارت در جریان نامی دائم

محدوده افزایش درجه حرارت بر طبق بخش (۱ -۹) تعیین می‌گردد.

۳۲-۲- میزان دما بعد از عبور جریان کوتاه مدت

میزان دمای سیم پیچ تا ۱۰ ثانیه بعد از عبور جریان کوتاه مدت (و در زمان مشخص شده برای جریان کوتاه مدت) ، نبایستی از مقدار تعریف شده برای سیم پیچ ترانسفورمر که در شرایط اتصال کوتاه و در بخش (۲-۹) بیان گردیده ، تجاوز نماید.

برای حالتی که ترانسفورمر زمین کننده همراه با راکتور محدود کننده جریان قوس به شبکه متصل میباشد، قواعد بخش ۴۱ بکار برده شود.

۳۳- سطح عایقی

سطح عایقی برای ترمینالهای خط مربوط به سیم پیچ اصلی در یک ترانسفورمر زمین کننده میبایست بر طبق IEC76 - 3 انتخاب گردد.

برای ترمینال نوتر ، انتخاب سطح عایقی کاهش یافته مناسبتر میباشد(عایق غیر یکنواخت).

۳۴- پلاک شناسایی

هرراکتور میبایست مجهز پلاک شناسایی از جنس فلز ضد آب بوده که در یک محل قابل رویت نصب شده باشد و اطلاعات زیر را مشخص سازد. اطلاعات قرار گرفته در آن میبایست بصورتی پاک نشدنی باشند. (بطور مثال با استفاده از روشهایی همچون حکاکی ، قلم زنی و غیره آماده شده باشد).

۱-۳۴- اطلاعاتی که باید برای هر راکتور داده شود

- نوع ترانسفورمر یا راکتور

- محل نصب (محیط سربسته یا روباز)
- شماره استاندارد مورد استفاده
- نام سازنده
- شماره سریال سازنده
- سال ساخت
- فرکانس نامی
- ولتاژ نامی
- جریان زمین نامی و مدت زمان آن
- سطح عایقی
- نحوه اتصال سیم پیچ و علامت مشخصه آن
- امپدانس توالی صفر (مقدار اندازه گیری شده)
- نحوه خنک کردن
- وزن کل
- وزن روغن مصرفی جهت عایقکاری

۲-۳۴- اطلاعات اضافی که در بعضی موارد باید داده شود

برای ترانسهای زمین با سیم پیچ ثانویه ، که بمنظور تغذیه داخلی پست نیز مورد استفاده قرار میگیرند، میبایستی اطلاعات اضافی نیز داده شود.

۳۵- آزمایشها

۱-۳۵- اطلاعات کلی در مورد آزمایشهای معمول ، نمونه و خاص .

به بخش (۱-۱۱) مراجعه شود.

۲-۳۵- آزمایشهای معمول

a) اندازه گیری مقاومت سیم پیچ (طبق بخش (۵ -۱۱))

b) اندازه گیری امپدانس توالی صفر (طبق بخش (۵ - ۳۵))

c) اندازه گیری تلفات بیباری و جریان بیباری (طبق ضمیمه C)

d) تستهای دی الکتریک (مطابق با IEC76 - 3)

برای ترانسهای زمین باسیم پیچ ثانویه ،آزمایشهای زیرنیزبایستی انجام شوند :

e) اندازه گیری نسبت تبدیل ترانسفورمر و مشخص کردن نوع کوپلاژ آن .

نسبت تبدیل ترانسفورمر میبایست برای هر تپ اندازه گیری شود.

همچنین پلاریته ترانسفورمرهای تکفاز و نحوه اتصال سیم پیچهای ترانسفورمرهای سه فاز میبایست کنترل شوند.

f) اندازه گیری ولتاژ اتصال کوتاه ، امپدانس اتصال کوتاه و تلفات بار (طبق ضمیمه D)

۳-۳۵- آزمایشهای نمونه

g) تستهای دی الکتریک (مطابق با IEC 76 - 3)

h) آزمایشهای افزایش درجه حرارت (مطابق با بخش (۶-۳۵))

۳۵-۴- آزمایشهای خاص

ز) آزمایش جریان کوتاه مدت (طبق بخش (۷ - ۳۵))

ژ) اندازه گیری سطح صوت ایجاد شده (طبق IEC551)

۳۵-۵- اندازه گیری امپدانس توالی صفر

امپدانس توالی صفر میبایستی در جریان زمین نامی اندازه گیری شده و بر حسب اهم بر فاز بیان گردد. همچنین میبایستی مطمئن بود که مقدار جریان و مدت زمان آن ، با توانایی سیم پیچ و یا بخشهای فلزی بکار رفته در آن ، برای عبور دادن جریان سازگار باشند. در صورتیکه این شرایط طوری باشند که امکان اندازه گیری با جریان زمین نامی وجود نداشته باشد در آنصورت ، مقدار جریان میتواند بین ۲۵% تا ۱۰۰% جریان نامی انتخاب گردد.

برای چگونگی روش اندازه گیری به ضمیمه E مراجعه شود.

۳۵-۶- افزایش درجه حرارت در جریان زمین نامی

در حالتیکه ترانسفورمر زمین کننده ، جریان کوتاه مدت میگشد و زمان جریان نیز از ۱۰ ثانیه بیشتر نباشد، در آنصورت توانایی تحمل افزایش حرارت ، بر طبق ضمیمه F محاسبه میگردد.

در سایر حالات ، اندازه گیری میبایست بر طبق بخش ۳ از IEC76 - 2 انجام پذیرد.

در شروع آزمایش ، مقدار اولیه دمای روغن ، در صورت امکان میبایستی برابر با دمای روغن در حالت کار بدون باری ترانسفورمر و یا در حالت کار دائم با توان نامی سیم پیچ ثانویه باشد.

دمای سیم پیچ بعد از انجام آزمایش ، با استفاده از روش مقاومت تعیین میگردد.

۷-۳۱- تعیین توانایی تحمل جریان کوتاه مدت

این بخش ، برای ترانسفورمرهای زمین کننده‌ای بکار میرود که زمان عبور جریان کوتاه مدت در آنها ، ۱۰ ثانیه یا کمتر باشد.

توانایی تحمل اثرات دینامیکی ناشی از عبور جریان کوتاه مدت ، بوسیله انجام آزمایش بر روی آن ترانسفورمر و یا ترانسفورمر مشابه دیگری تعیین میشود . آزمایشها میبایست بر روی ترانسفورمری انجام گیرد که برای نصب و بهره برداری آماده شده باشد.

برای انجام آزمایش ، یکی از دو حالت زیر جهت نحوه اتصال میبایست انتخاب گردد:

- ترانسفورمر زمین کننده میبایست ابتدا به یک منبع سه فاز متقارن متصل گردیده و سپس یک اتصال کوتاه مابین یکی از ترمینالهای خط و ترمینال نوتر ترانسفورمر برقرار گردد.
- ترمینالهای سه فاز ترانسفورمر بهم متصل گردیده و سپس یک منبع تغذیه تکفازبین این ترمینالها و ترمینال نوتر ترانسفورمر قرار داده شود.

آزمایش میبایست دو بار انجام گیرد و مدت زمان هر آزمایش نیز ۰/۵ ± ۰/۰۵ ثانیه باشد.

فاصله بین هر دو آزمایش نیز میبایست بحد کافی زیاد باشد تا از تجمع حرارت اضافی در ترانسفورمر جلوگیری گردد.

در سایر حالاتی که در محدوده بیان شده در این بخش نگنجند، اندازه گیری میبایست بر طبق (۳-۲) از IEC76 - 5 انجام پذیرد.

۳۶- تلرانسها

تلرانس مربوط به امپدانس مؤلفه صفر که در جریان زمین نامی اندازه گیری میشود عبارتست از :

صفر تا حداکثر ۲۰+% مقدار تعریف شده .

برای سایر کمیتها ، بطور مثال تلفات ، نسبت ولتاژ ، امپدانس اتصال کوتاه و غیره ، در صورتیکه قرار بر گارانتی شدن آنها باشد ، در آنحالت تلرانس مربوطه با استفاده از IEC76 - 1 قابل حصول خواهد بود.

فصل ششم - راکتورهای محدود کننده جریان قوس

۳۷- کلیات

۱-۳۷- حدود

راکتورهای محدودکننده جریان قوس ، راکتورهای تکفازی هستند که برای جبران جریان خازنی ناشی از وقوع خطای فاز به زمین که در سیستمهای با نوتر ایزوله شده ایجاد میگردد، بکار میروند.

این راکتورها، مابین زمین و نقطه نوتر ترانسفورمر قدرت یا ترانسفورمر زمین کننده ، در سیستمهای سه فاز متصل میگردند.

این راکتورها میتوانند اندوکتانس متغیر داشته و در یک محدوده مشخص ، بصورت پله‌ای یا پیوسته ، و با توجه به کاپاسیتانس شبکه ، قابل تنظیم باشند.

راکتورهای محدود کننده جریان قوس میتوانند به سیم پیچ ثانویه‌ای نیز مجهز گردند که از آن برای اتصال مقاومت ، و یا سیم پیچ کمکی بمنظور کاربرد در اندازه گیری ، استفاده میگردد.

۳۸- تعاریف

۱-۳۸- ولتاژ نامی

ولتاژ نامی ولتاژی است که در فرکانس نامی تعریف گردیده و مابین ترمینالهای سیم پیچ اصلی بکار برده میشود.

۲-۳۸- جریان نامی

جریانی که در موقع اتصال ولتاژ نامی با فرکانس نامی از سیم پیچ اصلی کشیده می‌شود و راکتور هم برای عبور دائمی این جریان و یا عبور، در مدت زمان مشخصی طراحی می‌گردد.

اگر اندوکتانس راکتور، یک پارامتر متغیر در محدوده مشخصی باشد درآنصورت ، جریان نامی باتوجه به کوچکترین اندوکتانس تعیین می گردد.

۳-۳۸- محدوده تنظیم

برای راکتورهای محدود کننده جریان قوس با اندوکتانس متغیر ، عبارتست از نسبت بین جریان نامی ، به کمترین جریان قابل دسترس در ولتاژنامی .

۴-۳۸- سیم پیچ کمکی

سیم پیچی که برای هدفهای کنترلی و یا اندازه گیری بکار رفته و طوری طراحی می‌گردد که با کمترین ولتاژ و جریان کار بکند ، برای مثال با ۱۰۰ ولت و ۱۰ آمپر .

۵-۳۸- سیم پیچ ثانویه

سیم پیچی که در یک راکتور محدود کننده جریان قوس ، برای اتصال مقاومت اضافی بکار میرود تابدینوسیله بتوان برای مواقع بروز اتصال کوتاه و کم کردن جریان آن ، مقدار مقاومت اتصال کوتاه را افزایش

داد.

۳۹ـ مقادیر نامی

۱ـ۳۹ـ ولتاژ نامی

ولتاژ نامی ، حداقل میبایستی برابر با بزرگترین ولتاژ ممکنی باشد که در مواقع بروز خطای زمین ، میتواند مابین نقطه نوتر ترانسفورمر قدرت و با زمین کننده ، و زمین ایجاد شود.

عموما" ، ولتاژ نامی برابر با ولتاژ فاز به زمین سیستم تعریف می گردد.

مشخصه مغناطیسی راکتور ، میبایستی تا ولتاژ نامی آن ، خطی باشد(به شکل a ـ۱ مراجعه شود).

۲ـ۳۹ـ جریان نامی

جریان نامی و مدت زمان آن میبایستی طوری تعریف شوند که از بزرگترین مقدار جریان در مواقع بروز خطای فاز به زمین ، کمتر نباشند.

در صورتیکه یکسری خطای متوالی با فاصله زمانی کوتاه رخ دهد، در آنصورت مدت زمان بین هر خطا با خطای بعدی و همچنین تعداد خطاها ، میبایستی توسط خریدار تعیین گردد. در اینحالت ، مدت زمان تعریف شده برای جریان نامی میتواند بر طبق مقادیر بالا انتخاب گردد.

۴۰- محدوده تنظیم

جریانی که در ولتاژ و فرکانس نامی تعریف شده ، ممکن است به یکی از طرق زیر تغییر نماید :

a) با اضافه کردن بخشی از سیم پیچ یک تپ چنجر ، چه قابل قطع در زیر بار و چه غیر قابل قطع در زیر بار ، و با پله‌های محدود و مشخص .

b) با کم کردن فاصله هوایی در مدار مغناطیسی راکتور (با استفاده از روشهای مکانیکی).

توجه - در قسمت (a) ،توصیه می‌گردد که محدوده تنظیم ، از نسبت $\frac{2/5}{1}$ بیشتر نگردد.

۴۱- افزایش درجه حرارت سیم پیچ

میزان افزایش درجه حرارت سیم پیچ یک راکتور محدود کننده جریان قوس ، در جریان نامی ، و در هنگامی که بر طبق بخش (۷-۴۴) تحت آزمایش قرار دارد ، نبایستی از مقادیر زیر تجاوز نماید:

- ۸۰K برای جریان نامی دائمی ،
- ۱۰۰K برای جریان نامی که با حداکثر مدت زمان ۲ ساعت تعریف شده است ،
- ۱۲۰K برای جریان نامی که با حداکثر مدت زمان ۳۰ دقیقه تعریف شده است.

توجه - مقادیر افزایش درجه حرارت ، با در نظر گرفتن این موضوع که خطای زمین در سیستم بندرت اتفاق افتاده و مدت زمان آن نیز محدود میباشد ، تعیین

شده اند.

اگر در مدار قرار گرفتن سیم پیچ ثانویه راکتور ، بمدت کوتاهی و حداکثر تا ۱۰ دقیقه تعریف شده باشد، در آنصورت افزایش درجه حرارت ، نبایستی از مقداری که برای سیم پیچ ترانسفورمر در شرایط وقوع اتصال کوتاه و مطابق با جدول ۲ از بخش (۲-۹)، تعیین شده ، تجاوز نماید.

۴۲- سطح عایقی

در صورتیکه تعریف دیگری نشده باشد، سطح عایقی یک راکتور محدود کننده جریان قوس میبایستی برابر با سطح عایقی نقطه نوتر ترانسفورمرهای سیستم باشد. برای ترمینالی از راکتور، که به زمین متصل میگردد، میتواند کوچکترین سطح عایقی تعریف شود (عایق غیر یکنواخت).

برای اطلاع از مقادیر سطح عایقی به IEC76 - 3 مراجعه شود.

۴۳- پلاک شناسایی

هر راکتور محدود کننده جریان قوس میبایست مجهز به پلاک شناسایی از جنس فلز ضد آب بوده که در یک محل قابل رویت نصب شده باشد و اطلاعات زیر را مشخص سازد. اطلاعات قرار گرفته در آن میبایست بصورتی پاک نشدنی باشند. (بطور مثال با استفاده از روشهایی همچون حکاکی ، قلم زنی و غیر آماده شده باشد)

۱-۴۳- اطلاعاتی که باید برای هر راکتور محدودکننده جریان قوس داده شود

- نوع راکتور
- محل کاربرد آن (در محیط سربسته یا روباز)
- شماره استاندارد مورد استفاده
- نام سازنده
- شماره سریال سازنده
- سال ساخت
- فرکانس نامی
- ولتاژ نامی (در صورت امکان ، ولتاژ بی باری سیم پیچ کمکی و ثانویه هم داده شود.)
- جریان نامی (کلیه سیم پیچها) و مدت زمان تعریف شده برای آن
- سطوح عایقی
- نحوه خنک شدن
- وزن کل
- وزن روغن مصرفی جهت عایقکاری

۲-۴۳- اطلاعات اضافی که در بعضی حالات میبایست داده شود برای راکتورهای محدودکننده جریان قوس که اندوکتانس متغیر دارند، جدول یا گرافی که محدوده تنظیم را مشخص سازد.

۴۴- آزمایشها

۱-۴۴- اطلاعات کلی در مورد آزمایشهای معمول ، نمونه و خاص به بخش (۱-۱۱) مراجعه شود.

۳-۴۴- آزمایشهای معمول

a) اندازه گیری مقاومت سیم پیچ (طبق بخش (۵-۱۱)).

b) اندازه گیری جریان در کل محدوده تنظیم ،در صورتیکه راکتور دارای اندوکتانس متغیر باشد(طبق بخش (۵-۴۴)).

c) اندازه گیری نسبت ولتاژ بین سیم پیچ اصلی با سیم پیچ های کمکی وثانویه ، برای راکتورهایی که انجام آن لازم باشد(طبق بخش (e -۳-۳۵)).

d) آزمایش های دی الکتریک (طبق بخش (۸-۴۴)).

e) آزمایش نحوه عملکرد تپ چنجر و یا مکانیزم عمل هسته با فاصله هوایی ، برای راکتورهایی که انجام آن لازم باشد(طبق ضمیمه G).

۳-۴۴- آزمایشهای نمونه

f) آزمایشهای دی الکتریک (طبق بخش (۸-۴۴)).

g) آزمایش افزایش درجه حرارت (طبق بخش (۷-۴۴)).

۴-۴۴- آزمایشهای خاص

h) اندازه گیری تلفات

i) اندازه گیری مشخصه ولتاژ - جریان ، تا ۱/۱ برابر ولتاژ نامی .

۵-۴۴- اندازه گیری جریان

اندازه گیری میبایست در کل محدوده تنظیم و ترجیحا" با ولتاژ و فرکانس نامی انجام گیرد. در صورتیکه اندازه گیری تحت شرایط فوق

غیر عملی باشد، در آنصورت ولتاژ آزمایش میتواند تاحد امکان بزرگ انتخاب گردد.

۶-۴۴- اندازه گیری ولتاژ بی باری

اندازه گیری ولتاژ بی باری برای هریک از سیم پیچهای کمکی و ثانویه ، میبایست در کل محدودهٔ تنظیم و با اعمال ولتاژ نامی به سیم پیچ اصلی راکتور انجام گیرد.

۷-۴۴- آزمایش افزایش درجه حرارت

آزمایش میبایست در حالی انجام شود که ترمینالهای هر یک از سیم پیچهای کمکی و ثانویه باز بوده و چیزی به آنها متصل نباشد.(طبق بخش ۳ از IEC76 - 2). قبل از آزمایش ، دمای راکتور میبایست بحد کافی به دمای محیط نزدیک شده باشد.

در خاتمهٔ آزمایش ، دمای سیم پیچ میبایست با استفاده از متد مقاومت تعیین گردد.

۸-۴۴- آزمایشهای دی الکتریک

ولتاژهای قابل تحمل نامی برای عایق راکتور، با استفاده از آزمایشهای دی الکتریک بشرح زیر ، مورد تحقیق قرار میگیرد:

- برای عایق یکنواخت

a) آزمایش ولتاژ در فرکانس شبکه و با منبع جداگانه (طبق بخش (۸-۱۱)، (آزمایش معمول)).

b) آزمایش اضافه ولتاژ القایی (طبق بخش (۲-۱۱) از IEC76 -3 (آزمایش

معمول)).

c) آزمایش ضربه ناشی از صاعقه (طبق بخش (۲-۳-۱۲) از IEC76 - 3 (آزمایش نمونه)).

- برای عایق غیر یکنواخت

a) آزمایش ولتاژ در فرکانس شبکه و با منبع جداگانه ، برای ترمینال زمین سیم پیچ اصلی (طبق بخش ۱۰ از IEC76 - 3 (آزمایش معمول)).

b) آزمایش اضافه ولتاژ القایی (طبق بخش (۳-۱۱) از IEC76 - 3 (آزمایش معمول)).

c) آزمایش ضربه ناشی از صاعقه (طبق بخش (۲-۳-۱۲) از IEC76 - 3 (آزمایش نمونه)).

در هنگام انجام این آزمایشها ، راکتورهای محدود کننده جریان قوس با اندوکتانس متغیر ، میبایست برای عبور مینیمم جریان ، تنظیم شده باشند.

اگر آزمایش تحمل اضافه ولتاژ القایی ، از نظر عملی قابل انجام نباشد ، در آنصورت این آزمایش میتواند با آزمایش ضربه ناشی از صاعقه جایگزین گردد.

البته این موضوع میبایست با موافقت بین خریدار و سازنده و در هنگام سفارش کالا مشخص گردد. در اینحالت ، ولتاژ ضربه با زمان پیشانی طولانیتر ، تا ۱۳ میکروثانیه ، میتواند مورد استفاده قرار گیرد. اگر سیم پیچ راکتور دارای تپ باشد، در اینصورت آزمایش ضربه ناشی از صاعقه ، میبایست برای هر دو حالت با ماکزیمم و مینیمم تپ ، انجام بگیرد.

۴۵- تلرانسها

جدول ۵ تلرانسهای مربوط به تعدادی از متغیرهای نامی و با سایر متغیرهایی که طبق این استاندارد ، گارانتی شده‌اند ، بیان میکند. تلرانس سایر متغیرهایی که در اینجا بیان نشده باشند، میبایست در موقع سفارش و یا قرار داد ، مشخص گردند.

متغیر	تلرانس
۱) جریان سیم پیچ اصلی در مینیمم اندوکتانس و ولتاژ نامی	±۵% مقدار نامی
۲) جریان در سایر تنظیمهای اندوکتانس	±۱۰% مقادیر تعیین شده
۳) ولتاژ بهیاری سیم پیچهای کمکی و ثانویه ، وقتیکه جریان نامی از سیم پیچ اصلی بگذرد	±۱۰% مقادیر تعیین شده

جدول ۵ - تلرانسها

فصل هفتم - بسته بندی ، حمل و انبار کردن

۴۶- کلیه تجهیزات میبایست جهت حمل از طریق دریا و یا خشکی آماده گردیده و بسته بندی آنها نیز ، مناسب برای حمل با کشتی و کامیون باشد.

۴۷- راکتورها و سایر تجهیزات جانبی ، میبایست در داخل جعبه‌های چوبی مناسبی بسته بندی شده باشند.

این جعبه‌ها میبایست بحد کافی محکم باشند تا تجهیزات را از آسیبهای احتمالی در هنگام بارگیری ، حمل و انبار کردن محافظت نمایند.

۴۸- بسته بندی تجهیزات ، باید مناسب برای انبار کردن در محفظه روباز باشد.

۴۹- میبایست از ماده پوشش دهنده مناسبی استفاده گردد بطوریکه تجهیزات بعداز قرارگرفتن در داخل آن ، در درون جعبه‌های چوبی قرار داده شوند.

۵۰- این ماده پوشش دهنده میبایست تمام قسمتهای تجهیزات را احاطه نماید.

۵۱- پوششی که تجهیزات در داخل آن قرار میگیرند و همچنین طریقه بارگیری جعبه‌ها باید طوری باشند که از آسیب رسیدن به تجهیزات در هنگام حمل خودداری گردد.

۵۲- در موقع بسته بندی میبایست از روکش ضد آب مناسبی استفاده شده باشد تا تجهیزات را از نفوذ رطوبت در موقع حمل و انبار کردن محافظت نماید.

۵۳- کلیه قسمتهای تجهیزات میبایست قبل از بسته بندی ، از هر گونه آلودگی و مواد خارجی پاک گردد.

۵۴- برچسب مناسبی بر روی هر جعبه نصب شود و در آن مشخصاتی مانند نام

خریدار ، نام سازنده ، شماره جعبه ، شماره بارنامه ، آدرس ، وزن ، ابعاد ، نحوه بارگیری و انبار کردن و دیگر اطلاعات ضروری بصورت خوانا و پاک نشدنی قید گردد.

۵۵- با توجه به نوع تجهیزات ، عبارات مناسبی که نشاندهنده احتیاطهای لازم جهت بارگیری ، حمل و انبار کردن در محیط روباز باشد ، بر روی هر جعبه نوشته شده باشد. (از قبیل عبارات " شکستنی " یا عبارات نشاندهنده سطح بالای جعبه در موقع انبار کردن و عباراتی از این نوع)

فصل هشتم ـ مشخصات فنی راکتور

۵۶ ـ اطلاعات لازم در مورد مشخصات سیستم و شرایط محیط نصب راکتور که می بایست توسط خریدار ، به سازنده یا پیمانکار ، در مورد انواع مختلف راکتورها ارائه شود در جدول I و II قید گردیده است .

۵۷ ـ اطلاعات لازم در مورد مشخصات فنی راکتور که میبایست توسط خریدار ، به سازنده یا پیمانکار ، در مورد تک تک مشخصات فنی راکتورها ارائه شود ، بطور جداگانه در جداول 1- III , 1- IV , 1- V , 1- VI, 1- VII قید گردیده است .

۵۸ ـ اطلاعات لازم که میبایست توسط سازنده یا پیمانکار راکتور ، در مورد تک تک راکتورها ارائه شود در جداول 2-III, 2- IV , 2- V , 2- VI, 2- VII قیدگردیده است .

۵۹ ـ سازنده یا پیمانکار راکتور ، میبایست این اطلاعات خواسته شده را بصورت کاتالوگی که به زبان انگلیسی تهیه شده ، در ۵ نسخه ، به خریدار ارائه نماید.

جدول I ـ مشخصات سیستم

	واحد	مقادیر	توضیحات
۱ـ ولتاژ نامی	kv	۰/۴، ۱۱، ۲۰، ۳۳	باتوجه به سیستم موردنظر انتخاب گردد
۲ـ حداکثر ولتاژ سیستم	kv	۰/۶، ۱۲، ۲۴، ۳۶	
۳ـ فرکانس نامی	HZ	۵۰	
۴ـ تعداد فازها		۳	
۵ ـ نوع زمین شدن نوترسیستم			باتوجه به سیستم مورد نظر انتخاب گردد
۶ـ بیشترین زمان خطای زمین	S		" " " " " " "
۷ـ جریان اتصال کوتاه سیستم درمحل نصب راکتور	KA		" " " " " " "

(توسط خریدار آماده میگـــردد)

جدول II ـ شرایط محیطی کار راکتور

	واحد	مقادیر	توضیحات
۱ـ درجه حرارت محیط	C	۳۰ـ تا ۵۵+	باتوجه به محل نصب تعیین گردد
۲ـ ارتفاع محل نصب	m	تا ۳۰۰۰	" " " " " " " "
۳ـ رطوبت نسبی	درصد	۱۰ تا ۱۰۰	" " " " " " " "
۴ـ میزان آلودگی محیط		سبک / متوسط سنگین / خیلی سنگین	" " " " " " " "
۵ ـ حداکثر سرعت باد	m / s	۴۵	" " " " " " " "
۶ـ سرعت باد درشرایط یخ	m / s	۲۵	" " " " " " " "
۷ـ ضخامت بار یخ	mm	۳۰	" " " " " " " "
۸ـ نیروی واردبرترمینال فشار قوی	N		" " " " " " " "
۹ـ شتاب زمین لرزه	m / s	۳/۰برابرشتاب ثقل زمین	

(توسط خریدار آماده میگردد)

جدول I- III ـ مشخصات فنی راکتورهای محدود کننده جریان و راکتورهای زمین کننده نوتر سیستم

	توضیحات
۱ـ تعداد قطبها و نوع اتصال آنها	فقط برای راکتورهای محدودکننده جریان
۲ـ نوع راکتور از نظرمحل نصب	سربسته / روباز (indoor/outdoor) با توجه به محل نصب انتخاب گردد
۳ـ نوع راکتور نظرساختمانی :	باتوجه به بخش (۲ـ۴) تعیین میگردد.
۱ـ۳ـ نوع خشک یا نوع روغنی	
۲ـ۳ـ نوع هسته	
۳ـ۳ـ وجود حفاظ مغناطیسی	هسته هوایی یا هسته آهنی شکافدار
۴ـ۳ـ وجود تپ	
۴ـ فرکانس نامی راکتور	۵۰ هرتز
۵ ـ جریان نامی دائمی	باتوجه به بخش ۵ و ۶ تعیین میگردد
۶ـ جریان کوتاه مدت نامی	" " " " " " " " " " " " " "
۷ـ مدت زمان نامی برای عبورجریان کوتاه مدت	" " " " " " " " " " " " " "
۸ـ سطح عایقی	باتوجه به بخش ۷ تعیین میگردد
۹ـ محدوده مجاز افزایش دما	مطابق با بخش ۹
۱۰ـ آزمایشات راکتور	کلیه آزمایشات معمول ، نمونه و خاص راکتور ، طبق بخش ۱۱ انجام گیرد

(توسط خریدار آماده میگردد)

جدول 2- III - مشخصات فنی راکتورهای محدود کننده جریان و راکتورهای زمین

کننده نوترسیستم

	توضیحات
۱- تعداد قطبها (برای راکتورهای محدود کننده جریان)	برای واحدهای سه فاز نحوه اتصال فازها نیز بیان گردد
۲- نوع راکتور از نظر محل نصب	سربسته / روباز (indoor/ outdoor)
۳- نوع راکتور از نظر ساختمانی :	
۳-۱- نوع خشک یا نوع روغنی	
۳-۲- هسته هوایی یا هسته آهنی شکافدار	
۳-۳- وجود یا عدم وجود حفاظ مغناطیسی	درصورت وجود، بیان مشخصات مربوطه الزامی است
۳-۴- وجود یا عدم وجود تپ	درصورت وجود، مشخصات آن بیان گردد
۴- فرکانس نامی	
۵- جریان نامی دائم	
۶- جریان کوتاه مدت نامی و زمان آن	
۷- حداکثر ولتاژ مجاز	
۸- سطح عایقی	
۹- امپدانس نامی راکتور	مقدار اندازه گیری شده
۱۰- رزیستانس راکتور	. . . . .
۱۱- تلفات راکتور	. . . . .
۱۲- محدوده دمای کار راکتور	
۱۳- ارتفاع نصب راکتور	

دنباله جدول III- 2

	توضیحات
۱۴- کلاس حرارتی عایق	
۱۵- نوع خنک شوندگی راکتور	
۱۶- محدوده مجاز افزایش دما	
۱۷- عایق ترمینال زمین راکتور	برای راکتوری که در آن از عایقکاری غیر یکنواخت استفاده شده باشد
۱۸- ولتاژ ضربه نامی	برای راکتورهای محدودکننده جریان و در حالتیکه برقگیری بصورت موازی با سیم‌پیچ آن قرار گرفته باشد
۱۹- آزمایشات	نتایج حاصل از آزمایشات نمونه با جزییات کامل وبصورت گواهی نامه به خریدار داده شود
۲۰- سطح صوت ایجاد شده	مقدار اندازه گیری شده
۲۱- کلیه مشخصات عایقهای بیرونی	
۲۲- ابعاد راکتور	
۲۳- وزن راکتور بدون روغن	
۲۴- وزن روغن مورد نیاز راکتور	
۲۵- وزن راکتور در موقع حمل	
۲۶- جنس مایع‌مورداستفاده جهت عایق	
۲۷- کلیه اطلاعات ضروری جهت نصب راکتور	
۲۸- کلیه اطلاعات ضروری جهت بهره برداری و نگهداری	
۲۹- کلیه اطلاعات در مورد بسته بندی ، حمل و انبار کردن	

(توسط سازنده یا پیمانکار ارائه میگردد)

جدول 1 - IV - مشخصات فنی راکتورهای میراکننده

	توضیحات
۱ـ تعداد قطبها و نوع اتصال آنها	میتواند تکفاز یا سه فاز باشد
۲ـ نوع راکتور از نظر محل نصب	سربسته / روباز (indoor / outdoor) باتوجه به محل نصب انتخاب گردد
۳ـ نوع راکتور از نظر ساختمانی	ازنوع خشک ، خنک شوندگی بصورت طبیعی ودارای هستهٔ هوایی باشد
۴ـ فرکانس نامی راکتور	۵۰ هرتز
۵ـ جریان دائم نامی	باتوجه به بخش ۱۴ و ۱۵ تعیین میگردد
۶ـ جریان هجومی نامی	" " " " " " " " " " " " "
۷ـ حداکثر اضافه جریان قابل قبول	برای جریانهای خطای بیش ازجریان هجومی نامی و مطابق با بخش ۱۴ و ۱۵ تعریف میگردد
۸ـ فرکانس تشدیددرجریان هجومی نامی	باتوجه به بخش ۱۵ تعیین میگردد
۹ـ سطح عایقی	مطابق با بخش ۹
۱۰ـ محدوده مجاز افزایش دما	کلیه آزمایشات معمول،نمونه وخاص راکتور، طبق بخش ۱۹ انجام گیرد
۱۱ـ آزمایشات راکتور	

(توسط خریدار آماده میگردد)

جدول 2 - IV - مشخصات فنی راکتورهای میراکننده

	توضیحات
۱- تعداد قطبها	برای واحدهای سه فاز نحوه اتصال فازها نیز بیان گردد
۲- نوع راکتور از نظرمحل نصب	سربسته / روباز (indoor / outdoor)
۳- نوع راکتور از نظر ساختمانی	
۴- فرکانس نامی	
۵- جریان نامی دائم	
۶- جریان هجومی نامی	
۷- حداکثراضافه جریان قابل قبول	
۸- سطح عایقی	
۹- اندوکتانس نامی راکتور	مقدار اندازه گیری شده
۱۰- رزیستانس راکتور	" " " " " " " "
۱۱- محدوده دمای کار راکتور	
۱۲- ارتفاع نصب راکتور	
۱۳- فاکتورQ در فرکانس تشدید	
۱۴- کلاس حرارتی عایق	
۱۵- محدوده مجاز افزایش دما	
۱۶- آزمایشات انجام‌شده‌برروی راکتور	نتایج حاصل ازآزمایشات نمونه‌میبایست با جزییات کامل وبصورت گواهی نامه به خریدار داده شود
۱۷- کلیه مشخصات عایقهای بیرونی	
۱۸- ابعاد راکتور	

دنباله جدول 2 - IV

توضیحات

۱۹ـ وزن کل راکتور ۲۰ـ کلیه اطلاعات ضروری جهت نصب راکتور ۲۱ـ کلیه اطلاعات ضروری جهت بهره برداری و نگهداری ۲۲ـ کلیه اطلاعات درموردبسته بندی ، حمل و انبار کردن	

(توسط سازنده یا پیمانکار ارائه میگردد)

جدول 1 - ۷ ـ مشخصات فنی راکتورهای تنظیم‌کننده (جهت فیلترکردن)

	توضیحات
۱ـ تعداد قطبها ونوع اتصال آنها	میتواند تکفاز یا سه فاز باشد
۲ـ نوع راکتور از نظر محل نصب	سربسته / روباز (indoor / outdoor)
	باتوجه به محل نصب انتخاب گردد
۳ـ نوع راکتورازنظر ساختمانی :	باتوجه به بخش (۳ـ۳۱) تعیین میگردد
۱ـ۳ـ نوع خشک یانوع روغنی	
۲ـ۳ـ مکانیزم تغییراندوکتانس	با استفاده از تغییر تپ / بوسیله حرکت
	هسته یا سیم پیچها
۴ـ فرکانس نامی سیستم	
۵ـ فرکانس نامی تنظیم	باتوجه به بخش ۳۲ و ۳۳ تعیین میگردد
۶ـ جریان نامی با فرکانس سیستم	" " " " " " " " " " " "
۷ـ ولتاژ نامی با فرکانس سیستم	" " " " " " " " " " " "
۸ـ جریان نامی با فرکانس تنظیم	" " " " " " " " " " " "
۹ـ ولتاژ نامی با فرکانس تنظیم	" " " " " " " " " " " "
۱۰ـ جریان کوتاه مدت نامی وزمان آن	" " " " " " " " " " " "
۱۱ـ طیف فرکانسی ولتاژ و جریان	باتوجه به بخش (۴ـ۳۳) تعیین میگردد
۱۲ـ سطح عایقی	باتوجه به بخش ۳۳ تعیین میگردد
۱۳ـ محدوده مجاز افزایش دما	مطابق با بخش ۹
۱۴ـ آزمایشات راکتور	کلیه آزمایشات معمول ونمونه، طبق بخش ۳۵ انجام گیرد

(توسط خریدار آماده میگردد)

جدول 2 - ۷ - مشخصات فنی راکتورهای تنظیم کننده (جهت فیلتر کردن)

	توضیحات
۱- تعداد تلفی	برای واحدهای سه فاز نحوه اتصال فازها نیز بیان گردد
۲- نوع راکتور از نظر محل نصب	سربسته / روباز (indoor / outdoor)
۳- نوع راکتور از نظر ساختمانی :	
۱-۳- نوع خشک یا نوع روغنی	
۲-۳- مکانیزم تغییر اندوکتانس و مشخصات مربوطه	با استفاده از تغییر تپ / بوسیله حرکت هسته یا سیم پیچها
۴- فرکانس نامی سیستم	
۵- فرکانس نامی تنظیم	
۶- جریان نامی در فرکانس سیستم	
۷- ولتاژ نامی در فرکانس سیستم	
۸- جریان نامی در فرکانس تنظیم	
۹- ولتاژ نامی در فرکانس تنظیم	
۱۰- جریان کوتاه‌مدت نامی وزمان آن	
۱۱- سطح عایقی	
۱۲- اندوکتانس نامی	مقدار اندازه گیری شده
۱۳- فاکتور Q نامی	" " " " " "
۱۴- رزیستانس راکتور	" " " " " "
۱۵- تلفات راکتور	" " " " " "
۱۶- محدوده دمای کار راکتور	
۱۷- ارتفاع نصب راکتور	

دنباله جدول 2 - V

	توضیحات
۱۸- کلاس حرارتی عایق	
۱۹- نوع خنک شوندگی راکتور	
۲۰- محدوده مجاز افزایش دما	
۲۱- آزمایشات انجام شده برروی راکتور	نتایج حاصل از آزمایشات نمونه میبایست باجزئیات کامل و بصورت گواهینامه به خریدار داده شود
۲۲- کلیه مشخصات عایقهای بیرونی	
۲۳- ابعاد راکتور	
۲۴- وزن کل راکتور	
۲۵- وزن روغن مصرفی جهت عایقکاری	
۲۶- جنس مایع مورد استفاده جهت عایق	
۲۷- کلیه اطلاعات ضروری جهت نصب راکتور	
۲۸- کلیه اطلاعات ضروری جهت بهره برداری و نگهداری	
۲۹- کلیه اطلاعات درمورد بسته بندی ،حمل و انبارکردن	

(توسط سازنده یا پیمانکار ارائه میگردد)

جدول 1 - VI - مشخصات فنی ترانسفورمر زمین کننده

	توضیحات
۱- نوع ترانسفورمر از نظر محل نصب	سربسته / روباز (indoor /outdoor) باتوجه به محل نصب انتخاب گردد
۲- نوع ترانسفورمراز نظرساختمانی :	
۱-۲- ترانسفورمرزمین کننده	همراه باسیم پیچ ثانویه (جهت تغذیه کمکی پست) / بدون سیم پیچ ثانویه
۲-۲- نوع خشک یاروغنی	
۳-۲- وجود تپ	وجود یاعدم وجودتپ مشخص گردد
۳- نحوه اتصال فازها	زیگزاگ / ستاره - مثلث
۴- نسبت تبدیل ترانسفورمر	برای ترانسفورمرهای باسیم‌پیچ‌ثانویه (بعنوان منبع تغذیه کمکی پست)
۵- توان نامی دائم	" " " " " " " " " "
۶- نحوه اتصال فازها	" " " " " " " " " "
۷- فرکانس نامی	
۸- ولتاژ نامی	باتوجه‌به بخش ۲۹ و ۳۰ تعیین میگردد
۹- جریان زمین نامی و مدت زمان آن	" " " " " " " " " "
۱۰- جریان نامی دائم	برای ترانسفورمرهای باسیم‌پیچ ثانویه (بعنوان منبع تغذیه کمکی پست)
	باتوجه به بخش ۳۳ تعیین میگردد
۱۱- سطح عایقی	مطابق با بخش ۹
۱۲- محدوده مجاز افزایش دما	کلیه آزمایشات معمول ، نمونه و خاص
۱۳- آزمایشات راکتور	، طبق بخش ۳۵ انجام گیرد

(توسط خریدار آماده میگردد)

جدول 2 - VI - مشخصات فنی ترانسفورمر زمین کننده

	توضیحات
۱- نوع ترانسفورمر ازنظر محل نصب	سربسته / روباز (indoor / outdoor)
۲- نوع ترانسفورمر ازنظر ساختمانی:	
۱-۲- ترانسفورمر زمین کننده	همراه باسیم پیچ ثانویه (جهت تغذیه کمکی پست) / بدون سیم پیچ ثانویه
۲-۲- نوع خشک یا نوع روغنی	
۳-۲- وجود تپ	درصورت وجود، مشخصات آن بیان گردد
۳- نحوه اتصال فازها	
۴- نسبت تبدیل ترانسفورمر	برای ترانسفورمرهای باسیم‌پیچ ثانویه (بعنوان منبع تغذیه کمکی پست)
۵- توان نامی دائم	" " " " " " " " " " " " " " " "
۶- جریان نامی دائم	" " " " " " " " " " " " " " " "
۷- فرکانس نامی	
۸- ولتاژ نامی	
۹- جریان زمین نامی و مدت زمان آن	
۱۰- سطح عایقی	
۱۱- امپدانس توالی صفر نامی	مقدار اندازه گیری شده
۱۲- رزیستانس سیم پیچ	" " " " "
۱۳- تلفات بی‌باری	" " " " " "
۱۴- جریان بی‌باری	" " " " "
۱۵- ولتاژ اتصال کوتاه	برای ترانسفورمرهای باسیم‌پیچ ثانویه (بعنوان منبع تغذیه کمکی پست)
۱۶- امپدانس اتصال کوتاه	" " " " " " " " " " " " " " " "
۱۷- تلفات اتصال کوتاه	" " " " " " " " " " " " " " " "

دنباله جدول VI - 2

توضیحات

۱۸ـ سطح صوت ایجاد شده	مقدار اندازه گیری شده
۱۹ـ محدوده دمای کار ترانسفورمر	
۲۰ـ ارتفاع نصب ترانسفورمر	
۲۱ـ کلاس حرارتی عایق	
۲۲ـ نوع خنک شوندگی ترانسفورمر	
۲۳ـ محدوده مجاز افزایش دما	
۲۴ـ آزمایشات انجام شده برروی راکتور	نتایج حاصل از آزمایشات نمونه میبایست با جزییات کامل وبصورت گواهینامه به خریدار داده شود
۲۵ـ کلیه مشخصات عایقهای بیرونی	
۲۶ـ ابعاد ترانسفورمر	
۲۷ـ وزن کل ترانسفورمر	
۲۸ـ وزن روغن ترانسفورمر	
۲۹ـ جنس مایع مورد استفاده جهت عایق	
۳۰ـ کلیه اطلاعات ضروری جهت نصب ترانسفورمر	
۳۱ـ کلیه اطلاعات ضروری جهت بهره برداری و نگهداری	
۳۲ـ کلیه اطلاعات درموردنحوه حفاظت ترانسفورمر	
۳۳ـ کلیه اطلاعات درمورد بسته بندی ، حمل و انبار کردن	

(توسط سازنده یا پیمانکار ارائه میگردد)

جدول 1 - VII - مشخصات فنی راکتورهای محدود کننده جریان قوس

	توضیحات
۱- نوع راکتور از نظر محل نصب	سربسته / روباز (indoor /outdoor) باتوجه به محل نصب انتخاب گردد
۲- نوع راکتور از نظر ساختمانی :	باتوجه به بخش (۱-۳۷) و ۴۰ تعیین میگردد
۲-۱- نوع خشک یا نوع روغنی	
۲-۲- مکانیزم تغییر اندوکتانس	با استفاده از تپ چنجر / با تغییر فاصله هوایی هسته
۲-۳- وجود سیم پیچ ثانویه برای اتصال مقاومت	
۲-۴- وجود سیم پیچ کمکی برای کاربرد در اندازه گیری	
۳- فرکانس نامی	باتوجه به بخش ۳۸ و ۳۹ تعیین میگردد
۴- ولتاژ نامی	" " " " " " " " " "
۵- جریان نامی و مدت زمان تعریف شده برای آن (برای کلیه سیم پیچها)	" " " " " " " " " "
۶- محدوده تنظیم (برای راکتورهای با اندوکتانس متغیر)	" " " " " " " " " "
۷- ولتاژ بی باری سیم پیچ کمکی	
۸- ولتاژ بی باری سیم پیچ ثانویه	
۹- محدوده مجاز افزایش دمای سیم پیچ	مطابق با بخش ۴۱
۱۰- سطح عایقی	باتوجه به بخش ۴۲ تعیین میگردد
۱۱- آزمایشات راکتور	کلیه آزمایشات معمول ، نمونه و خاص طبق بخش ۴۴ انجام گیرد

(توسط خریدار آماده میگردد)

جدول 2 - VII - مشخصات فنی راکتورهای محدود کننده جریان قوس

	توضیحات
۱- نوع راکتور از نظر محل نصب	سربسته / روباز (indoor/outdoor)
۲- نوع راکتور ازنظر ساختمانی :	
۱-۲- نوع خشک یا نوع روغنی	با استفاده از تپ چنجر / باتغییرفاصله هوایی هسته
۲-۲- مکانیزم تغییراندوکتانس و مشخصات مربوطه	
۳-۲- وجود یا عدم وجود سیم پیچ ثانویه برای اتصال مقاومت	
۴-۲- وجود یا عدم وجودسیم‌پیچ کمکی برای کاربرد در اندازه گیری	
۳- فرکانس نامی	
۴- ولتاژ نامی	
۵- نسبت ولتاژ بین سیم پیچ اصلی با سیم پیچهای کمکی وثانویه	
۶- جریان نامی ومدت زمان تعریف شده برای آن	برای کلیه سیم پیچها
۷- محدوده تنظیم	
۸- سطح عایقی	
۹- ولتاژ بی‌باری سیم پیچ کمکی	
۱۰- ولتاژبی‌باری سیم پیچ ثانویه	مقدار اندازه گیری شده
۱۱- رزیستانس سیم پیچ	" " " " " "
۱۲- تلفات سیم پیچ	" " " " " "
۱۳- تغییرات جریان درکل محدوده تنظیم	

دنباله جدول VII - 2

	توضیحات
۱۴ـ مشخصه ولتاژ ـ جریان تا ۱/۱ ولتاژ نامی	مقدار اندازه گیری شده
۱۵ـ اندوکتانس سیم‌پیچ (برای راکتورهای با اندوکتانس ثابت)	" " " " " "
۱۶ـ محدوده دمای کار راکتور	
۱۷ـ ارتفاع نصب راکتور	
۱۸ـ کلاس حرارتی عایق	
۱۹ـ نوع خنک شوندگی راکتور	
۲۰ـ محدوده مجاز افزایش دما	
۲۱ـ آزمایشات انجام‌شده برروی راکتور	نتایج حاصل از آزمایشات نمونه میبایست باجزئیات کامل وبصورت گواهی نامه به خریدار داده شود
۲۲ـ کلیه مشخصات عایقهای بیرونی	
۲۳ـ ابعاد راکتور	
۲۴ـ وزن کل راکتور	
۲۵ـ وزن روغن راکتور	
۲۶ـ جنس مایع مورد استفاده جهت عایق	
۲۷ـ کلیه اطلاعات ضروری جهت نصب راکتور	
۲۸ـ کلیه اطلاعات ضروری جهت بهره‌برداری و نگهداری	
۲۹ـ کلیه اطلاعات درمورد بسته بندی، حمل و انبار کردن	

(توسط سازنده یا پیمانکار ارائه میگردد)

ضمیمه A

روش تعیین درجه حرارت سیم پیچ

درجه حرارت سیم پیچ میبایست با استفاده از روش رزیستانس تعیین گردد.

درجه حرارت سیم پیچ در پایان آزمایش (θ_2) ، میبایست با استفاده از رزیستانس اندازه گیری شده در آن دما (R_2) و همچنین رزیستانس اندازه گیری شدهٔ (R_1) در دمای دیگری مانند (θ_1) و با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردد:

برای مس

$$\theta_2 = \frac{R_2}{R_1} (235 + \theta_1) - 235$$

برای آلومینیم

$$\theta_2 = \frac{R_2}{R_1} (225 + \theta_1) - 225$$

در روابط بالا ، θ_1 و θ_2 برحسب درجه سانتیگراد میباشند.

رزیستانس (R_1) همان مقاومت سرد بوده که بر طبق بخش (۵ ـ ۱۱) اندازه گیری میشود.

رزیستانس (R_2) نیز بلافاصله بعد ازقطع منبع تغذیه اندازه گیری میشود.

درصورتیکه استفاده از روش رزیستانس امکانپذیر نباشد(بعنوان مثال در موردسیم پیچهای با رزیستانس کم ، که در آنها رزیستانس ناشی از اتصالات در سیم پیچ ، در مقایسه با کل رزیستانس قابل ملاحظه میباشد)، میتواند با توافق بین خریدار و سازنده تغییر نماید. دراینحالت میبایست متوسط درجه حرارت

سیم پیچ ، با استفاده از ترموکوپل‌هایی که بر روی لایهٔ خارجی سیم پیچ نصب شده‌اند، اندازه‌گیری شده و میزان افزایش درجه حرارت نیز از محدودهٔ مجاز تجاوز ننماید.

توجه ـ فقط یکی از روشهای ذکر شده در بالا می‌تواند برای تعیین دمای سیم پیچ مورد استفاده قرار گیرد.

ضمیمه B

اندازه گیری تلفات

تلفات میبایست در ولتاژ و فرکانس نامی اندازه‌گیری شود. ولتاژ می بایست با ولتمتری اندازه گرفته شود که نسبت به متوسط ولتاژ حساس بوده ولی براساس مقادیر .r.m.s یک موج سینوسی با همان مقدار متوسط مدرج شده باشد.

در حالات استثنایی ، بعنوان مثال برای توان نامی بسیار بزرگ و ولتاژ بالای سیستم ، ممکن است آماده کردن شرایط انجام این آزمایش مشکل باشد. در این حالات ، میزان تلفات در ولتاژ نامی ، میبایست با ضرب کردن تلفات اندازه گیری شده ، در مجذور نسبت بین جریان نامی به جریان اندازه گیری شده در ولتاژ کاهش یافته ، بدست آید.

روش تعیین تلفات ، موضوعی است که با موافقت بین خریدار و سازنده مشخص میگردد. در این موافقت نامه میبایست دلایل قانع کننده‌ای در مورد دقت و قابلیت اطمینان روش انتخاب شده نیز بیان گردد.

از آنجاییکه ضریب توان یک راکتور شنت بطور معمول کوچک میباشد، لذا اندازه گیری تلفات با استفاده از روشهای واتمتری معمول دارای خطای قابل ملاحظه‌ای خواهد بود.

بهمین منظور میتوان از یک روش اندازه‌گیری با پل ،بدلیل مزایان آن استفاده کرد. درحالتهای خاصی نیز میتوان روش کالریمتری را مورد استفاده قرار داد.

تلفات در قسمتهای مختلف راکتور(تلفات I^2R ، تلفات آهن و تلفات اضافی دیگر) را نمیتوان از طریق اندازه گیری تفکیک نمود لذا بخاطر اجتناب از

انجام تصحیح به دمای مرجع ، اندازه گیری میبایست زمانی صورت بگیرد که متوسط دمای سیم پیچ عملا" برابر با دمای مرجع باشد.

اگر اینکار عملی نباشد، در آنصورت تلفات اضافی را میبایست همانند تلفات آهن مستقل از دما فرض نمود.

در صورتیکه چندین واحد بخواهند مورد آزمایش قرار گیرند، توصیه میگردد تلفات یکی از واحدها مطابق با آزمایش نوعی و در دمای مرجع اندازه گیری شده و سپس تلفات آن در دمای محیط نیز اندازه گرفته شود. نتیجتا" میتوان با استفاده از این دو اندازه گیری ، یک ضریب دما برای کل تلفات بدست آورد(با فرض خطی بودن تغییرات)، سپس سایر واحدها میتوانند فقط در دمای محیط مورد آزمایش قرار گرفته و تلفات اندازه گیری شده آنها با استفاده از ضریب دمای بدست آمده در بالا، به دمای مرجع اصلاح گردد.

اگر در ولتاژ نامی ، جریان اندازه گیری شده ، متفاوت با جریان نامی باشد، در آنصورت تلفات اندازه گیری شده میبایست در مجذور نسبت جریان نامی به جریان اندازه گیری شده ضرب گردد.

توجه ـ زمانیکه محل انجام آزمایش ، شرایط مناسب برای انجام آزمایش را نداشته باشد در آنصورت با موافقت بین خریدار و سازنده ، آزمایش میتواند در سایت انجام بگیرد.

ضمیمه C

اندازه گیری تلفات و جریان بی باری

اندازه گیری تلفات و همچنین جریان بی باری میبایست بر روی یکی از سیم پیچها و در فرکانس نامی صورت بگیرد بطوریکه برای تپ اصلی ، ولتاژ تست برابر با ولتاژ نامی انتخاب گردد در صورتیکه برای سایر تپها ، ولتاژ تست ، متناسب با ولتاژ تپ مربوطه باشد. در حین آزمایش سایر سیم پیچها می بایست بصورت مدار باز باشند همچنین در صورت وجود سیم پیچهایی که بصورت مثلث با مدار باز هستند میبایست بصورت مثلث مدار بسته گردند.

در این آزمایش ، ولتاژ خط میبایست با ولتمتری اندازه گرفته شود که نسبت به متوسط ولتاژ حساس بوده ولی براساس مقادیر r.m.s. یک موج سینوسی با همان مقدار متوسط ، مدرج شده باشد. ولتاژ U' که بوسیله این ولتمتر نشان داده میشود ، میبایست بعنوان ولتاژ خط در نظر گرفته شده و تلفات بیباری P_m نیز در این ولتاژ اندازه گیری شود.

همچنین ، همزمان با آن ، میبایست ولتمتر دیگری که نسبت به r.m.s. ولتاژ حساس بوده ، بصورت موازی با ولتمتر قبلی قرار گرفته و ولتاژ قرائت شده توسط آن (U) نیز ثبت گردد.

اگر ولتاژ U' و U یکسان باشند، در آنصورت نیازی به تصحیح تلفات بیباری اندازه گرفته شده (P_m) نمیباشد.

ولی اگر ولتاژ U' و U یکسان نباشند، در آنصورت تلفات بی باری اندازه گیری شده میبایست طبق فرمول زیر تصحیح گردد:

$$P = \frac{P_m}{P_1 + K.P_2}$$

که در آن :

P_1 = نسبت تلفات هیسترزیس به کل تلفات آهن

P_2 = نسبت تلفات جریان فوکو به کل تلفات آهن

$$K = \left(\frac{U}{U'} \right)^2$$

توجه ـ برای شارهای مغناطیسی با دانسیته نرمال که در فرکانسهای ۵۰ و ۶۰ هرتز مورداستفاده قرار میگیرند، مقادیر زیر میبایست در نظر گرفته شوند :

	P_1	P_2
فولاد جهت دار (oriented steel)	۰/۵	۰/۵
فولاد غیرجهت دار (Non- oriented steel)	۰/۷	۰/۳

جدول ۶ـ نسبتهای بین تلفات هیسترزیس و فوکو به تلفات کل آهن

همچنین جریان بیباری کلیهء فازها میبایست با استفاده از آمپرمتری که مقدار r.m.s. را نشان میدهد، اندازه گیری شده و سپس ، از روی آن ، مقدار متوسط قرائت شده ، محاسبه شده و بعنوان جریان بیباری منظور گردد.

ضمیمه D

اندازه گیری ولتاژ اتصال کوتاه (درتپ اصلی) ، امپدانس اتصال کوتاه و تلفات اتصال کوتاه

ولتاژ اتصال کوتاه (در تپ اصلی) ، امپدانس اتصال کوتاه و همچنین تلفات اتصال کوتاه میبایست در فرکانس نامی و با اتصال یک منبع سینوسی به یکی از سیم پیچها اندازه گیری شود، در حالیکه سایر سیم پیچها اتصال کوتاه بوده و به تپ اصلی نیز متصل باشند.

اندازه گیری میتواند در هر جریانی مابین ۲۵٪ تا ۱۰۰٪ جریان نامی (در تپ اصلی) انجام شود ولی بهتر است که با جریانی کمتر از ۵۰ ٪ جریان نامی انجام نگیرد . اندازه گیریها میبایست بسرعت انجام شوند و فاصله بین دو اندازه گیری نیز بحد کافی طولانی باشد تا اینکه ، افزایش درجه حرارت به اندازه‌ای نگردد که باعث بروز خطای قابل توجه درنتایج شود. همچنین اختلاف دمای روغن در بالاترین نقطه و پایین ترین نقطه ، میبایست بحد کافی کوچک باشد تا بتوان متوسط دما را با دقت خوبی تعیین کرد و درصورتیکه لازم باشد میتوان روغن را با پمپ نیز بگردش درآورد.

مقدار اندازه گیری شده برای ولتاژ اتصال کوتاه (درتپ اصلی) ، میبایست با اضافه شدن نسبت جریان نامی به جریان تست ، به آن اصلاح گردد. میزان ولتاژ اتصال کوتاه که بدین صورت بدست میآید، میبایست به دمای مرجع

مناسب (مطابق با جدول ۴) تصحیح گردد.

مقدار امپدانس اتصال کوتاه اندازه گیری شده ، برحسب اهم بر فاز ، می بایست به دمای مرجع مناسب (مطابق با جدول ۴) اصلاح گردد.

مقدار تلفات اتصال کوتاه اندازه گیری شده ، میبایست مطابق با بخش (۱-۷-۱۱) تصحیح گردد.

ضمیمه E

اندازه گیری امپدانس توالی صفر در ترانسفورمرهای سه فاز

امپدانس توالی صفر ، در فرگانس نامی ، مابین ترمینال‌های ترانسفورمر با اتصال ستاره یا زیگزاگ که در آن ، سیم پیچ فازها بهم و به ترمینال نوترترانسفورمر متصل گردیده است ، اندازه گیری میشود. این امپدانس برحسب اهم بر فاز بیان شده و با استفاده از رابطه $\frac{3U}{I}$ بدست میآید . در این رابطه ، U ولتاژ تست و I جریان تست میباشد.

در این آزمایش ، جریان فاز میبایست برابر $\frac{I}{3}$ باشد. همچنین باید اطمینان داشت که جریان در نقطه نوترترانسفورمر از میزان مجاز آن تجاوز ننماید.

برای ترانسفورمرهای با سیم پیچ اضافی (اتصال مثلث)، میزان جریان آزمایش باید طوری باشد که جریان در سیم پیچ مثلث ، از مقدار پیش بینی شده آن برای مواقع بهره‌برداری تجاوز ننماید.

همچنین ، جریان نقطه نوتر و مدت زمان عبورآن باید طوری محدود گردد که دمای قسمتهای فلزی ، افزایش نیابد.

اندازه گیری بر روی سیم پیچهای دارای تپ ، میبایست با تپ اصلی انجام بگیرد. همچنین اندازه گیری با سایر تپها میتواند با موافقت بین خریدار و سازنده صورت بگیرد.

ضمیمه F

محاسبهٔ درجه حرارت θ_1

بزرگترین دمای متوسط θ_1 که سیم پیچ بعداز اتصال کوتاه شدن به آن می رسد، میبایست با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردد:

$$\theta_1 = \theta_0 + a.J^2.t.10^{-3} \qquad {}^0C$$

که درآن:

θ_0 ، درجه حرارت اولیه به درجه سانتیگراد میباشد.

J ، دانسیتهٔ جریان اتصال کوتاه برحسب آمپر بر میلیمتر مربع میباشد.

t ، مدت زمان عبور جریان به ثانیه میباشد.

a ، تابعی از $\frac{1}{2}(\theta_2 + \theta_0)$ میباشد که در جدول ۷ بیان گردیده و در آن:

θ_2 ، حداکثر مجاز برای متوسط دمای سیم پیچ ، به درجه سانتیگراد میباشد که در جدول ۸ بیان گردیده است.

$\frac{1}{2}(\theta_2+\theta_0)$	a = تابعی از $\frac{1}{2}(\theta_2+\theta_0)$	
^oC	سیم پیچ مسی	سیم پیچ آلومینیومی
۱۴۰	۷/۴۱	۱۶/۵
۱۶۰	۷/۸۰	۱۷/۴
۱۸۰	۸/۲۰	۱۸/۳
۲۰۰	۸/۵۹	۱۹/۱
۲۲۰	۸/۹۹	–
۲۴۰	۹/۳۸	–
۲۶۰	۹/۷۸	–

جدول ۷ ـ مقادیر فاکتور "a"

نوع ترانسفورمر	کلاس عایقی	مقدار θ_2	
		مس	آلومینیوم
روغنی	A	۲۵۰ °C	۲۰۰ °C
خشک	A	۱۸۰ °C	۱۸۰ °C
	E	۲۵۰ °C	۲۰۰ °C
	B	۳۵۰ °C	۲۰۰ °C
	H , F	۳۵۰ °C	—

جدول ۸ ـ حداکثرمجاز برای متوسط دمای سیم پیچ بعد از اتصال کوتاه ،
که با θ_2 نشان داده میشود.

ضمیـــــنه G

آزمایشهای تیپ، چنجر قابل قطع در زیر بار

۱ـ G ـ آزمایش عملکرد

بعداز نصب کامل تپ چنجر بر روی ترانسفورمر، سازنده ترانسفورمر می بایست آزمایشهای زیر را (بجز قسمت b) ، با ۱۰۰٪ ولتاژ نامی منبع تغذیه کمکی انجام دهد. کلیه این آزمایشها میبایست با موفقیت انجام شوند.

a) عملکرد هشت سیکل کامل تپ چنجر ، بدون انرژی دارکردن ترانسفورمر.

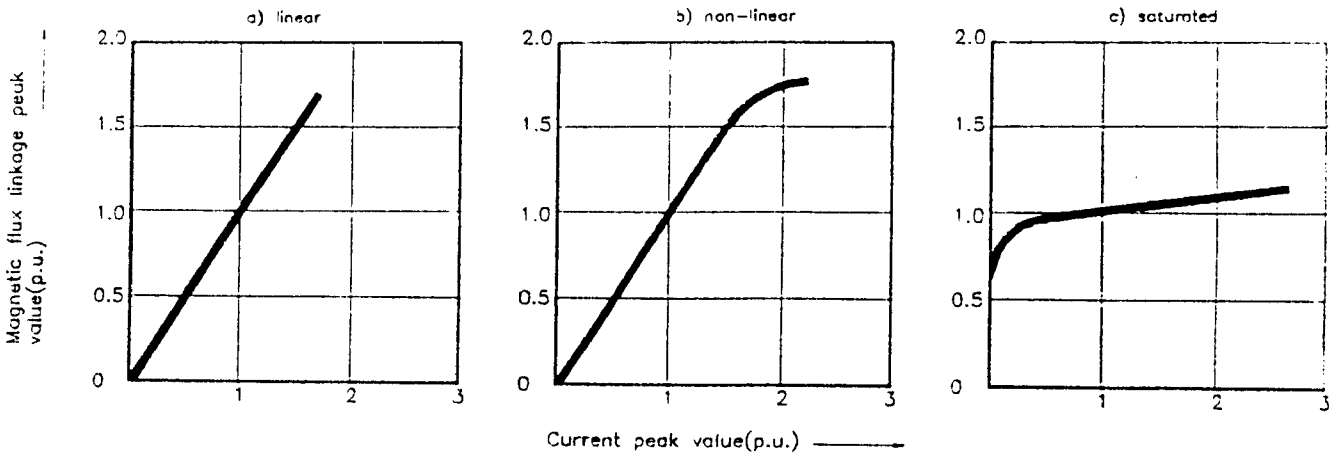
b) عملکرد یک سیکل کامل تپ چنجر ، بدون انرژی دارکردن ترانسفورمر و در حالیکه ولتاژ منبع تغذیه کمکی ، ۸۵٪ مقدار نامی آنرا داشته باشد.

c) عملکرد یک سیکل کامل تپ چنجر ، زمانیکه ترانسفورمر بسیار، تحت ولتاژ و فرکانس نامی ، انرژی دار شده باشد.

d) تعداد ده تعویض تپ ، با پله‌های ۲± تایی در هر طرف تپ اصلی ، با جریانی نزدیک به جریان نامی ترانسفورمر و زمانیکه یکی از سیم پیچها اتصال کوتاه شده باشد.

۲ـ G ـ تست عایقی مدارهای کمکی

بعدازنصب تپ چنجر بر روی ترانسفورمر ، یک آزمایش با فرکانس قدرت میبایست بر روی مدارهای کمکی انجام گیرد. نحوه انجام این آزمایش بر طبق IEC 76-3 میباشد.



شکل ۱ـ انواع مختلف مشخصه‌های مغناطیسی برای راکتورهای شانت