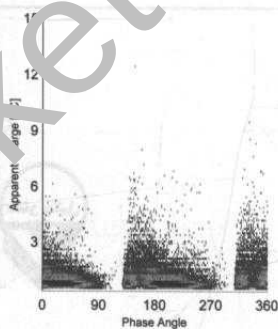


تخلیه الکتریکی جزیی و اندازه گیری آن در مولدهای نیروگاهی

تألیف: محمدرضا نقاشان



انتشارات وکیل

۱۳۹۷

سرشناسه	: نقاشان، محمدرضا، ۱۳۳۱
عنوان و نام پدیدآور	: تخلیه الکتریکی جزیی و اندازه گیری آن در مولدهای نیروگاهی، تألیف محمدرضا نقاشان
مشخصات نشر	: تهران: نشر وکیل، ۱۳۹۷
مشخصات ظاهری	: ۱۷۶ ص: مصور (رنگی)، جدول، نمودار (رنگی)
شابک	: ۷-۲۳-۵۰۰۷-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
موضوع	: تخلیه برقی
موضوع	: Electric discharges
موضوع	: عایق و عایق سازی برقی
موضوع	: Electric insulators and insulation
موضوع	: ماشین های الکترونیک، طرح و ساختمان
موضوع	: Electronic apparatus and appliances - Design and construction
موضوع	: فشار قوی (برق)
موضوع	: High voltages
رده بندی دگره	: ۱۳۹۷ ت ۷ ن / ۹۴۰ TJ
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۵۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۴۱۲،۹۹



نشر وکیل

تخلیه الکتریکی جزیی و اندازه گیری آن در مولدهای نیروگاهی محمدرضا نقاشان

چاپ: اول ۱۳۹۷ / شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

شابک: ۷-۲۳-۵۰۰۷-۶۰۰-۹۷۸ ISBN: 978-600-5007-23-7

انتشارات وکیل: تهران، خیابان فاطمی غربی، نیش سیندخت شمالی، پلاک ۳۱، طبقه ۳، واحد ۸

تلفن: ۶۶۹۴۶۸۴۸۸ - ۶۶۹۴۶۴۷۲

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	۹
مقدمه.....	۱۱
فصل اول: ساختار عایقی ماشینهای گردان فشارقوی الکتریکی.....	۱۳
۱-۱-سیم پیچ انتهایی گردان فشارقوی الکتریکی.....	۱۳
۱-۲-لزوم استفاده از بسته هادیها و جایجایی آنها.....	۱۶
۱-۳-لایه ضد کرونای کاپی.....	۱۸
۱-۴-مواد مورد استفاده در ساختن عایق اصلی.....	۲۰
۱-۵-سیستم عایقی خلاء و سار قدرتی.....	۲۵
۱-۶-سیستم عایقی خلاء و فشار.....	۲۶
۱-۷-سیستم عایقکاری پر رزین.....	۲۷
۱-۸-لایه ضد کرونای سطح خارجی شینه.....	۲۹
۱-۹-لایه ضد کرونای انتهای.....	۳۰
فصل دوم: ساختاری که منجر به ایجاد تخلیه جزئی در ماشین مورد.....	۳۳
۲-۱-حفره بجا مانده در عایق.....	۳۳
۲-۲-حفره مسطح ناشی از خطای خط تولید عایق و یا در اثر لایه سدگی عایق اصلی.....	۳۵
۲-۳-ترک شعاعی (عمقی) در عایق اصلی.....	۳۶
۲-۴-تخریب لایه ضد کرونای انتهای.....	۳۷
۲-۵-قطع ارتباط (همپوشانی) لایه های هادی و نیمه هادی در انتهای شیار.....	۳۸
۲-۶-تخریب لایه هادی سطح خارجی عایق.....	۳۸
۲-۷-تخلیه سطحی.....	۳۹
۲-۸-عدم رعایت فاصله عایقی مجاز بین سر کلافها.....	۴۱
۲-۹-ذرات هادی آزاد.....	۴۲
۲-۱۰-لایه شدگی بین هادی و عایق.....	۴۲

۴۳	۱۱-۲- پدیده درختی.....
۴۴	۱۲-۲- ارتعاش.....
۴۴	۱۳-۲- هادی‌های ترک خورده.....
۴۵	۱۴-۲- عدم نفوذ رزین در فواصل نقاط جابجایی رشته هادیها.....
۴۵	۱۵-۲- فواصل هوایی باقیمانده بین شینه‌ها و تکیه گاه‌های زمین شده.....
۴۷	فصل سوم: تخلیه الکتریکی جزیی و اندازه‌گیری آن.....
۴۸	۱-۳- مدار معادل تخلیه الکتریکی جزیی.....
۵۱	۲-۳- مکانیزم شکست عایقی ناشی از تخلیه جزیی.....
۵۲	۳-۳- تخلیه تابان و نوسان.....
۵۳	۴-۳- تخلیه شبه تابان.....
۵۳	۵-۳- اندازه‌گیری تخلیه الکتریکی جزیی.....
۵۶	۶-۳- انتگرال‌گیری پالس تخلیه جزیی.....
۶۱	۷-۳- ساختار امپدانس سری با خازن کوپلاژ.....
۶۲	۸-۳- خازن کوپلاژ و مشخصات آن.....
۶۴	۹-۳- ولتاژ شروع تخلیه الکتریکی جزیی.....
۶۵	۱۰-۳- تغییرات ایجاد شده در حفره محبوس در عایق حامل پس از وقوع تخلیه جزیی.....
۶۸	۱۱-۳- تلفات و مواد اضافی ناشی از وقوع تخلیه جزیی.....
۶۹	۱۱-۳- تاثیر فاصله محل وقوع تخلیه جزیی در سیم پیچ ماشین ب محل صاعقه‌شکار ساز.....
۷۵	۱۳-۳- مدار اندازه‌گیری تخلیه جزیی ژنراتور در حالت جدا از خط.....
۷۶	۱۴-۳- کالیبره کردن مدار آزمایش (نرمالیزاسیون).....
۷۸	۱۵-۳- پارامترهایی که از آزمایش تخلیه جزیی بدست می‌آیند.....
۸۰	۱۶-۳- نحوه اندازه‌گیری پالس تخلیه جزیی.....
۸۴	۱۷-۳- کاربرد روشهای آماری در تحلیل نمودارهای تخلیه جزیی به منظور تشخیص نوع خطا.....
۸۷	۱۸-۳- تحلیل توالی پالس تخلیه جزیی.....
۹۰	۱۹-۳- زمان لازم جهت تثبیت و پایداری تخلیه جزیی در عایق ماشین.....
۹۲	۲۰-۳- تداخل نویز در اندازه‌گیری تخلیه الکتریکی جزیی.....
۹۲	۲۰-۳-۱- نویز زمینه.....
۹۵	تخلیه‌های ایجاد شده در پوشش‌های ژنراتور.....
۹۸	۲۰-۳-۲- روشهای حذف نویز در تستهای جدا از خط.....

- ۱۰۲-۲۱-۳- مزایای تست جدا از خط.....
- ۱۰۳-۲۲-۳- آزمون تخلیه جزئی ماشین در حال کار (برخط).....
- ۱۰۳-۱-۲۲-۳- مزایای تست برخط.....
- ۱۰۴-۲-۲۲-۳- مزایای تست برخط جدا از شبکه.....
- ۱۰۴-۲۳-۳- روشهای حذف نویز در تستهای برخط.....
- ۱۰۴-۱-۲۳-۳- حذف نویز به روش دیفرانسیل در توربوژنراتورها.....
- ۱۰۶-۲-۲۳-۳- حذف نویز به روش دیفرانسیل در هیدروژنراتورها.....
- ۱۰۸-۲-۲۳-۳- حذف نویز به روش جهت یابی.....
- ۱۰۸-۴-۳-۳- حذف نویز به روش بستن درگاه ورودی.....
- ۱۰۹-۵-۲۳-۳- حذف نویز به روش انتخاب باند مرکزی سیستم اندازه گیری.....
- ۱۰۹-۶-۲۳-۳- حذف نویز به روش تشخیص پالس.....
- ۱۱۰-۲۴-۳- پالس مزدوج شده با سازه.....
- ۱۱۱- فصل چهارم: تحلیل فرکانس تخلیه بر روی ماشینهای فشارقوی.....
- ۱۱۱-۱-۴- قابلیت‌های آزمایش تخلیه جزئی در ماشین‌ها با سایر تستهای عایقی.....
- ۱۱۲-۲-۴- تحلیل الگوهای حاصل از نتایج تست تخلیه جزئی در ماشینهای فشارقوی.....
- ۱۱۳-۱-۲-۴- تخلیه جزئی در حفره محدود شده در عایق جامد.....
- ۱۱۴-۱-۲-۴- تخلیه جزئی در حفره مجاور هادی زمین شده.....
- ۱۱۵-۳-۲-۴- تخلیه جزئی در حفره مجاور هادی فشارقوی.....
- ۱۱۶-۴-۲-۴- تخلیه جزئی در ناحیه سرکلایف بین شینه‌های فرسایشی و عایق.....
- ۱۱۷-۵-۲-۴- تخلیه جزئی در عایق لایه لایه شده.....
- ۱۱۸-۶-۲-۴- تخلیه جزئی در اثر عدم کفایت طول لایه نیمه هادی انتهای شینه.....
- ۱۱۹-۷-۲-۴- تخلیه جزئی در اثر قطع ارتباط لایه‌های هادی و نیمه هادی در شینه‌ها.....
- ۱۲۰-۸-۲-۴- تخلیه جزئی در ناحیه لایه ضد کرونای داخلی.....
- ۱۲۰-۹-۲-۴- تخلیه سطحی در قطعات عایقی متصل به ماشین.....
- ۱۲۱-۱۰-۲-۴- تخلیه جزئی در شینه فاقد لایه ضد کرونای داخلی.....
- ۱۲۲-۱۱-۲-۴- تخلیه جزئی در شینه حاوی ترک عمقی.....
- ۱۲۲-۳-۴- نمودار تعداد بار حسب بار تخلیه جزئی.....
- ۱۲۳-۱-۳-۴- تخلیه در حفره محدود شده در عایق جامد.....
- ۱۲۴-۲-۳-۴- تخلیه در حفره مجاور با هادی زمین شده.....

۱۲۴	۳-۳-۴- تخلیه در حفره مجاور با هادی فشار قوی
۱۲۵	۴-۳-۴- تخلیه در ناحیه سرکلاف سیم پیچ
۱۲۵	۵-۳-۴- تخلیه در ناحیه لایه ضد کروناى انتهایی
۱۲۶	۴-۴- تخلیه‌های همزمان از دو نوع خطا
۱۲۷	۵-۴- تخلیه جزئی در سیم بندی تحریک ژنراتورهای با قطب صاف
۱۲۹	فصل پنجم: مروری بر روشهای تشخیص و تفکیک پالس تخلیه جزئی
۱۲۹	۱-۵- شکل مو- پالسهای تخلیه جزئی قابل شناسایی در عایق ماشینهای فشارقوی
۱۳۱	۲-۵- تفکیک عایق پالس و پهنای باند فرکانسی آن
۱۳۳	۳-۵- تشخیص نوع تخلیه یا نوع روش فیلتر کردن پالس در سه فرکانس مرکزی متفاوت
۱۳۷	فصل ششم تاثیر تنش، به برداشته و محیطی در تخلیه جزئی ماشین
۱۳۷	۱-۶- تاثیر دما در تخریب عایق ماشین رشد تخلیه جزئی آن
۱۴۱	۲-۶- تاثیر تنش مکانیکی در ایجاد تخلیه جزئی شینه
۱۴۳	۳-۶- تاثیر آلودگی‌ها در تخلیه جزئی ژنراتور
۱۴۳	۴-۶- فشار گاز خنک کن و تاثیر آن در تخلیه جزئی ژنراتور
۱۴۴	۵-۶- رطوبت و تاثیر آن در تخلیه جزئی ژنراتور
۱۴۵	۶-۶- تاثیر نفوذ آب به داخل عایق در تخلیه جزئی شینه
۱۴۷	فصل هفتم حسگرهای تخلیه جزئی ماشین
۱۴۷	۱-۷- حسگر ترانسفورماتور جریان فرکانس زیاد
۱۵۱	۲-۷- حسگر درون شیاراستاتور
۱۵۲	۳-۷- استفاده از دماسنج مقاومتی ماشین به عنوان حسگر تخلیه جزئی
۱۵۳	۴-۷- حسگر فراصوت
۱۵۷	فصل هشتم پهنای باند سیستم اندازه‌گیری تخلیه جزئی و تاثیر آن در دقت اندازه‌گیری
۱۵۷	۱-۸- پهنای باند دستگاه اندازه‌گیری تخلیه جزئی و تاثیرات آن
۱۵۸	۱-۱-۸- فرکانس کم
۱۵۹	۲-۱-۸- فرکانس زیاد
۱۶۰	۳-۱-۸- فرکانس خیلی زیاد
۱۶۱	۴-۱-۸- فرکانس فوق زیاد
۱۶۳	فصل نهم تشخیص وضعیت عایق ماشین بر اساس نتایج آزمون تخلیه الکتریکی جزئی
۱۶۴	۱-۹- ارزیابی نتایج اندازه‌گیری
۱۶۵	۱-۱-۹- نرخ تغییرات تخلیه جزئی

۸ * تخلیه الکتریکی جزئی و اندازه گیری آن در مولدهای نیروگاهی

- ۱-۲-۹- تشخیص تخلیه‌های خارجی ۱۶۵
- ۱-۳-۹- تفاوت مشخص نتایج اندازه‌گیری بین فازهای مختلف ماشین ۱۶۵
- ۶-۹-۴- تفاوت شاخص نتایج اندازه‌گیری بین ماشینهای مشابه یک نیروگاه ۱۶۵
- ۶-۹-۵- تفاوت نتایج اندازه‌گیری در دو دمای مختلف ۱۶۶
- ۹-۲- تخلیه جزئی یک شینه نو در چه حدی باید باشد؟ ۱۶۶
- ۹-۳- گزارشی از تخلیه جزئی چند ژنراتور از نیروگاههای کشور ۱۶۷
- ۹-۴- گزارش شرکت آیریس پاور از سطح تخلیه جزئی ماشینهای فشارقوی ۱۶۷
- منابع: ۱۶۹
- بیگراف، مولف ۱۷۵

پیشگفتار

کتاب حاضر مروری است بر بیش از سی سال تجربه در مبحث تخلیه الکتریکی جزئی در عایق ماشینهای گردان فشار قوی. به خاطر دارم در یکی از سالهای دهه ۷۰ قرار شد به همراه تیمی از یک شرکت ممیزی در یکی از نیروگاه‌های کشور حاضر شده و تست تخلیه جزئی را در قالب یک پروژه تحقیقاتی بر روی ژنراتور آن نیروگاه انجام دهم. قبل از شروع، به منظور اطمینان از عدم مخرب بودن تست، مجوز انجام تست صادر نمی‌شد تا اینکه پس از ساعت‌ها توافق بر روی موافقت شد که آزمون همزمان با تست ضریب تلفات عایقی انجام شود.

خدا را شکر امروز اوضاع بسیار فرق کرده، تعدادی از واحدهای نیروگاهی به سیستم برخط اندازه‌گیری تخلیه جزئی مجهزند و تست جدا از تست تخلیه جزئی نسبتاً در اکثر نیروگاه‌ها فراگیر شده است. فقدان مطلب به زبان فارسی در این زمینه، مرا بر آن داشت در این کتاب، ضمن ارائه نکاتی شاید بسیار ساده، مطلب را به نحوی بیان نمایم که برای همکاران شاغل در واحدهای بهره‌برداری و تعمیرات نیروگاهی قابل استفاده باشد. در ضمن تجاربی که در این سالها بدست آمده را نیز در دسترس قرار دهم. در سالهای اخیر با ورود دستگاههای اندازه‌گیری جدید به بازار و خرید آن، انجام تست تخلیه جزئی به عنوان سوژه‌ای درآمدزا درآمده است. توجه به این نکته ضروریست تا آشنایی لازم با این پدیده نداشته باشیم پاسخی که از این ابزار بدست می‌آید میتواند کاملاً مغایر با آنچه که در عایق ماشین اتفاق افتاده باشد و به غلط نشانی دهد.

قبل از شروع مایلیم از کسانی که در این سالها مطلبی به من آموختند و یا در مهیا ساختن این تجربه کمک نمودند قدردانی نمایم.

آقای پروفیسور دیرک پایر استاد من و رئیس بخش فشارقوی دانشگاه دورتموند و آقای پروفیسور کولیگ مدیر بخش طراحی شرکت توبوژنراتور سازی مولهایم زیمنس

۱۰ * تخلیه الکتریکی جزئی و اندازه گیری آن در مولدهای نیروگاهی

در آلمان و رئیس بخش ماشینهای الکتریکی دانشگاه دورتموند
آقایان مهندس گرونه والد، مهندس وایدنر و مهندس بیلا از بخش ساخت و
آزمایشگاه شرکت توبوژنراتور سازی مولهایم زیمنس آلمان
آقای مهندس حکمت شعار از دفتر فنی توانیر در دهه های ۷۰ و ۸۰ و آقای مهندس
نوری مدیر گروه الکتریک معاونت فنی مهندسی شرکت مادر تخصصی برق حرارتی
محمدرضا نقاشان - پاییز ۱۳۹۷

www.ketab.ir