"پایش و محافظت ماشین های الکتریکی"

مدرس: آقای دکتر یعقوبی

نرم: محمدرضا محمدزاده مقدم رافی

Subject

Year: Month: Date: / /

به نام خدا

نام درس: پایش و حفاظت ماشین های الکتریکی

نام استاد: جناب آقای دکتر یعقوبی

نمرات درس: درس کلاسیک نیست

- حضور و غیاب

- پروژه درسی در قالب بیان شده } نمره 15
- پژوهش بر روی موضوعات بیان شده در کلاس

امتحان خلاصه دروس } نمره 5

سمینار مثل جلسه 9 باید باشد.

هفته اول: مقدمه - یادآوری برخی از مفاهیم اساسی و پایه در ماشین های الکتریکی

هفته دوم: - ضرورت پایش ماشین های الکتریکی
- اهداف کلی سیستم های پایش و ارزیابی وضعیت ماشین های الکتریکی

هفته سوم: - معرفی کلی انواع خطاهای داخلی و خارجی و اثرات ناشی از آنها در ماشین های الکتریکی

هفته چهارم: - معرفی کلی آنالیز جریان، آنالیز حرارتی، آنالیز نویز و نوسانات، آنالیز شیمیایی، آنالیز میدان های الکترومغناطیسی، آنالیز رادیو فرکانسی، آنالیز صوتی
- مقایسه روش های مختلف تشخیص خطا

هفته پنجم: - تحلیل کامل آنالیز شیمیایی گازهای محلول در روغن ترانسفورماتور

هفته ششم: - تحلیل کامل تست های کنترل کیفی روغن در ترانسفورماتورها
ارزیابی پایان عمر و مکانیسم پیری در ترانسفورماتورها

هفته هفتم: - ضرورت حفاظت ماشین های الکتریکی
معرفی انواع رله های حفاظتی در ماشین های الکتریکی و عوامل تحریک آنها

هفته هشتم: - تحلیل کامل خطای قطع تحریک در ماشین های سنکرون

هفته نهم: - تحلیل کامل خطای خروج از سنکرونیزم در ماشین های سنکرون

هفته دهم: - مراحل تنظیم رله های حفاظتی قطع تحریک و خروج از سنکرون در ژنراتورهای سنکرون - محاسبه تنظیم دو نمونه رله قطع تحریک و خروج از سنکرون

هفته یازدهم: معرفی روشهای جدید حفاظت در برابر خطای قطع تحریک و خروج از سنکرونیزم

هفته دوازدهم: تحلیل کامل خطای اتصال حلقه در ماشین های الکتریکی و ترانسفورماتورها

هفته سیزدهم: تحلیل کامل خطای خروج از مرکز در ماشین های الکتریکی

هفته چهاردهم - تحلیل کامل تست مقاومت عایقی و اندیس پلاریزاسیون در ماشین های الکتریکی و ترانسفورماتورها

هفته اول

شروع درس با گزارشی از واحد ۳ نیروگاه ایرانشهر بیان شده و حوادث اتفاق افتاده بیان شده، این نیروگاه در شهر سیستان بلوچستان است و در سال ۱۳۸۷ دچار حادثه ای گشته است و سبب خسارت بالا و سنگینی در واحد نیروگاهی شده است

- شرایط شبکه در حادثه مورخ ۹۰/۰

- خطوط هرمزگان - بندعباس غرب غرب و کهنوج با درخواست منطقه و نیاز به انجام تعمیرات با مجوز دیسپاچینگ خارج از مدار بوده اند.

- خط کهنوج - عباس آباد به علت اشتباه گروه تعمیراتی و یا نوسان توان با عملکرد رله دیستانس فقط در پست کهنوج قطع شده است.

- با قطع این خط بار خط هرمزگان - بندرعباس تا حد ظرفیت دارای افزایشی یافته و جهت پریدن بهیر با عملکرد رله های حفاظتی در طرفین قطع شده است.

هفته پانزدهم: - تحلیل کامل تست ناترانت دلتا، تست تحمل ولتاژ اعمالی، تست گروه برداری ترانسفورماتورها و...

هفته شانزدهم: مدل سازی ماشین های الکتریکی جهت مطالعه پایش وضعیت

- پس از قطع خطوط فوق، خطوط ایرانشهر - زاهدان و خاش - زاهدان به علت بار زیاد و طولانی بودن خطوط نوسانی شده و هر دو خط با عملکرد رله های حفاظتی قطع شده اند.
- با قطع این ارتباطات شبکه باقی مانده به صورت یک جزیره درآمده است.
این شبکه جزیره ای شامل نیروگاه های هرمزگان و ایرانشهر و پست ها و خطوط واقع در این شبکه با تولید حدود ۹۲۸ مگاوات و مصرف حدود ۵۰۰ مگاوات، فرکانس افزایش یافته و واحد ها با افزایش فرکانس مواجه شده و کلاً از مدار خارج می شوند.
- و به علت بالا بودن تولید نسبت به مصرف و افزایش فرکانس کلیه واحد ها با عملکرد رله های حفاظتی از مدار خارج شده اند.
- به دنبال حادثه فوق واحد ۳ دچار حادثه شده و متعاقب آن و به دلیل شتی روغن، واحد دچار آتش سوزی می گردد. به دلیل مشترک بودن و نزدیکی برخی از تاسیسات واحد ۴ نیز دچار مشکل می گردد.

* حادثه بعدی که مورد مطالعه قرار گرفت در کلاس درس؛

واحد یک بخار نیروگاه شهید مدحج (زرگان) اهواز با توان ۱۵۰ مگاوات که واحدهای بخار شرکت GEC انگلستان (ALSTOM) بوده و از سال ۱۳۵۴ بهره برداری شده است. علت حادثه اور اسپید

تاریخ حادثه: ۷ مهرماه هشتاد و شش

- ساعت ۱۷/۰۰: افزایش بار بنا به درخواست دیسپاچینگ ملی
- شروع ناپایداری در بویلر
- کاهش سریع درجه حرارت از ۵۴۲ به ۴۶۰ درجه سلسیوس
- تریپ بویلر و توربین
- عدم قطع تولیدی
- اقدام به تریپ از طریق ریکلوزهای ژنراتور GCB
- ورود بخار به تولید علیرغم تریپ به علت جام بودن برخی از والوهای شار
- اور اسپید
- از بین رفتن کامل اکسیلتر و کلیه نشیمن ها، بریدگی ها و کلیه متعلقات روتور و استاتور ژنراتور

تحلیل مقدماتی حادثه اورا سپید توربین / ژنراتور واحد یک سفار

درنگاه اول حادثه نیروگاه زرنگال را می توان در چهار سطح اولیه، نیمه میانی، میانی و ریشه‌ای مطالعه کرد.

- در سطح اولیه ناپایداری بویلر

- در سطح نیمه میانی بازماندن یکی از گاورز والوها و استاپ والوها و در نتیجه ورود بخار به توربین

- در سطح میانی بازکردن بریکرهای ژنراتور (GCB) و بروز اورا سپید

- در سطح ریشه ای ترک به نظر می رسد عامل اصلی گسترش حادثه بوده باشد شکست رتینینگ رینگ ژنراتور در سمت توربین

براثر نیروهای گریز از مرکز، رتینگ رینگ سمت اکسایتر از جای خود بیرون آمده و دچار تغییر شکل بسیار شدید شده بود. انفجار هیدروژن درون ژنراتور نیز که پی شکست قطعات داخلی و گسیختگی پوشش خارجی ژنراتور ایجاد شد یکی از عوامل اصلی دیگر گسترش حادثه با سایر قسمتها بود.

از دهه هشتاد میلادی شکست رتینگ رینگ های با ترکیب ۵ درصد کرم و ۱۸ درصد منگنز به علت ایجاد و گسترش ترکهای ناشی از خوردگی تنشی (STRESS CROSSIN CRACKING) شکست های نابهنگام ژنراتور را ثابت شده است از آن تاریخ توصیه جدی به استفاده از رتینگ رینگهای با ترکیب ۱۸ درصد کرم و ۱۸ درصد منگنز شده است. براساس آمار در سال ۱۹۹۱ همه رتینگ رینگهای با ترکیب ۵ درصد کرم و ۱۸ درصد منگنز که در ژنراتورهای شرکت GE به کار برده شده بودند با زیان گردابی تست و ترک ناشی از خوردگی تنشی و یا پیتینگ در آنها مشاهده شده است.

حادثه دیگر: ترانسفورماتور پست کمال در شهر نیشابور

علت حادثه به دلیل اتصال کوتاه داخلی اتفاق افتاده است، حادثه روی ترانسفورماتور ۱۳۲ کیلوولت، ۳۰MVA در پست کمال شهر نیشابور است

به دلیل اتصال کوتاه داخلی سبب خطا گشته است و قدرت اتصال کوتاه سبب شکستن فلنج زیر بوشینگ شده و قدرت اتصال کوتاه به مقداری زیاد بوده که بوشینگ را از جای خود کنده است و علت حادثه بروز چند قطره آب به داخل ترانسفورماتور و پایین بودن قدرت عایقی و در نهایت اتصال به بدنه رخ داده است

زمانی که حادثه ای به وجود میاد و اگر حادثه به درستی تحلیل نشود دوباره حادثه اتفاق افتاده

حادثه پست کمال ۲ الی ۳ مرتبه تکرار شده است چون تحلیل حادثه مهم بوده و نباید در واقعیت خطا دچار حادثه شود و باید مانیتورینگ به درستی انجام شود

به هر دلیلی حادثه اتفاق افتد و سیستم های حفاظت به درستی کار نکرد باید تحلیل حادثه به درستی انجام شود و راه تکرار مجدد آن گرفته شود

حادثه دیگر: حادثه پست خواجه ربیع که در CT ها اتفاق افتاده و به دلیل نفوذ آب به داخل CT سبب اتصال کوتاه شدند و بریکر هم در شرایط بیخ بندان دچار آسیب شده است.

سیستم های مانیتورینگ و پایش باید به درستی عمل کنند تا جلوی حادثه گرفته شود

حادثه دیگر: خیلی از حوادث بر اثر بی دقتی افراد بوده است به عنوان مثال در نیروگاه مشهد در بررسی بریکر و تعویض روغن بریکر، روغن جدید از انبار آورده شده بود و روغن دارای رطوبت بوده است و پروسه خشک کردن طی نشده بوده و روغن رطوبت داشته است و سبب آتش گرفتن بریکر شده است

حوادث دیگر: ورود حیوان به قسمت برق که ورود مار سبب خطا شده

علاوه بر آنکه باید دقت به حوادث الکتریکی، مکانیکی کرد باید دقت به ورود

حیوانات هم کرد. به عنوان مثال ماری که روی بریکر رفته بود در پست

سبب اتصال کوتاه بریکر شده که بریکر دچار آتش سوزی شده است

در بحث پایش باید دقت به عواملی مثل: انسانی، حوادث داخل شبکه، عوامل

حیوانات مختلف که سبب حادثه می‌شوند هم وجود دارد

← سیستم حفاظتی HYDRAN

سیستم HYDRAN سیستم پایش وضعیت است برای گازهای داخل ترانسفورماتور

که در ادامه به صورت کامل بیان می‌شود که وظیفه آن تحلیل گازهای داخل

ترانسفورماتور بوده و با استفاده از گازهای داخل ترانس و تحلیل آن به خطای عمده

• بطور کلی سیستم‌های پایش وضعیت ۳ هدف عمده ایمنی، اقتصاد و فنی را

(۳) (۱) (۱)

دنبال می‌کنند. هرکدام از این هدف‌ها شامل چند نکته کلیدی می‌باشند که در ادامه

آمده است.

۱- اهداف ایمنی:

✓ افزایش ایمنی، کاهش اضطراب و نگرانی کارکنان سیستم.

✓ کاهش خطرات و صدمات در محیط زیست با شناخت به موقع عیوب

۲- اهداف اقتصادی:

✓ کاهش هزینه‌های کارکرد توسط مراقبت منظم و دقیق

✓ کاهش تعداد کارکنان مراقبت

✓ کاهش هزینه‌های خروج از مدار با برنامه‌ریزی بهتر قطع مدار برای مراقبت

✓ برنامه‌ریزی صحیح برای جایگزینی عنصر نو با توجه به شناخت وضعیت عنصر موجود در شبکه

۳- اهداف فنی

- افزایش قابلیت اطمینان عنصر و شبکه
- بدست آوردن اطلاعات فنی با انجام عملیات آشکارسازی برای پیشگیری و افزایش عیب
- بهینه‌سازی عملکرد عنصر و سیستم با توجه به شناخت بارگذاری‌های موجود روی عنصر و شبکه
- بدست آوردن اطلاعات کمی در مورد نحوه تغییر و رفتار کمیت‌های قابل اندازه‌گیری مشخص کردن وابستگی‌های بین کمیات قابل اندازه‌گیری و فواصل زمانی مناسب برای اندازه‌گیری‌ها

در حقیقت وظیفه اصلی سیستم‌های پایش وضعیت، آشکارسازی علائم اولیه یک عیب جدید به وجود آمده در سیستم مورد نظر است قبل از این که عیب گسترش یابد. در طی بیست سال گذشته تعداد قابل توجهی از تحقیقات و مطالعات برای خلق روشهای موثر پایشی در ماشین های الکتریکی انجام شده است. این پیوستگی تحقیقات و توسعه روشهای عیب یابی از این واقعیت ناشی می‌شود که هیچ روشی نمی‌تواند به صورت عمومی برای همه کاربردها مناسب باشد. زیرا شرایط بسیار زیاد و متنوعی در یک سیستم وجود دارد که باید آنها را هنگام طراحی سیستم های پایشی در نظر گرفت.

از طرف دیگر با ظهور و تولید سیستم‌ها و تجهیزات جدید، سیستم های پایشی نیز باید متناسب با آنها طراحی شوند. از این رو چالش ها و فرصت های فراوانی برای مهندسین و محققین برای مطالعه و بررسی پدیده ها در این زمینه وجود دارد. توسعه و رهنمودهای گوناگونی، مربوط به تکنولوژی تشخیص خطا در مورد نوع و سایز ماشین، شرایط بهره برداری ((بارداری))، در دسترس بودن وسایل

جلسه دوم

جلسه قبل به ضرورت سیستم های پایش بحث کرده و سبب خسارت شدید به نیروگاه و ساختمان و تجهیزات اتفاق می افتد و بحث اورابیید بحث شد در نیروگاه ایرانشهر و سپس پرداختیم به آسیب دیدگی بوشینگ های ۱۴۵kV و ترانس قدرت در پست کمال الملک نیشابور، مقره های سمت ۲۰kV ترانس مذکور نیز دچار شکستگی شده بودند. این مقره های شکسته همراه با شکل توضیح داده شد که به علت نفوذ آب به داخل ترانس و سبب خطا شده بود.

این حادثه به دلیل یک مشکل ساده و سهل انگاری خطا اتفاق افتاده بود

سوال) آیا می شد جلوی حادثه را بگیریم و این حادثه اتفاق نیفتد؟ بله، اگر ما مانیتورینگ را داشته بودیم مثل دستگاه HYDRAN می توانستیم جلوی حادثه را بگیریم، چون روند تولید گاز در ترانس در دسترس ما بود در این دستگاه مقدار گاز و رشد گاز در ترانسفورماتور را برای ما به نمایش داده لذا اگر در این ترانسفورماتور این دستگاه را داشتیم این مشکل حاصل نمی شد و از حادثه جلوگیری می کردیم.

اندازه گیری و قیود قیمت وجود دارد که محقق باید آنها را در طراحی سیستم های پایشی در نظر بگیرد.

وقوع حوادث در تجهیزات قدرت مثل: ترانسفورماتورها و یا رآکتورها و یا الکتروموتورها

و یا ... اجتناب ناپذیر بوده است به دلایل مختلف از جمله عدم توجه اپراتور و .....

بنابراین وجود سیستم های پایش و مانیتورینگ معنی پیدا کرده و مدیران تصمیم گیر

باید تصمیم گرفته و منابع هزینه ای در این راستا مدنظر قرار بگیرند.

باتوجه به موارد بسیاری از این نوع حوادث در ایران و دیگر کشورهای جهان

می توان اشاره کرد. به عنوان مثال از سال ۱۹۷۵ براثر بروز خطا در برخی از ترانس های

قدرت قدیمی موجود در شرکت تامین انرژی الکتریکی Hydro-Quebec

کانادا این شرکت تصمیم گرفت اقدام به اندازه گیری گازهای محلول در روغن

ترانسفورماتورهای قدرت بخصوص در مراحل اولیه گسترش خطا نماید و بدین

ترتیب سیستم های پایش گازهای محلول در روغن متولد شدند. اولین سیستم

پایش از این نوع، در شرایط واقعی در سال ۱۹۸۹ طراحی و از سال ۱۹۹۱

نصب آنها آغاز شد. باتوجه به عواقب ناشی از وقوع ترانس ها از مدار، غیر از

دست رفتن بار، ایجاد ناپایداری در شبکه، کاهش قابلیت اطمینان شبکه و

همچنین خساراتی که در اثر وقوع خطا در ترانس ها به تجهیزات شبکه بخصوص به

خود ترانس ها وارد می گردد این برنامه با جدیت دنبال شد و برآورد اولیه نشان

داد که هزینه این پروژه حتی کمتر از یک زیان خساراتی است که به دو ترانس قدرت در

صورت عدم استفاده از این سیستم وارد می شود.

وایده اصلی تولید سیستم های پایش گازهای محلول در روغن ترانسفورماتور متولد

شد و از سال 1991 شروع به نصب بر روی تجهیزات شده است.

دستگاه HYDRAN در پست های مهم کشور مثلا ۴۰۰kV و ۲۳۰kV

نصب هست، و پست هایی که دارای اهمیت بیشتری می باشد. این تجهیز

به صورت آنلاین و برخط وضعیت ترانسفورماتور را مورد تحلیل و بررسی قرار می دهد

و به اتاق کنترل وضعیت را انتقال می دهد.

← با توجه به خسارت وارد آمده به خود تجهیز و تاسیسات جانبی اهمیت سیستم های پایش وضعیت بیش از پیش آشکار می شود.

← در حقیقت وظیفه اصلی سیستم های پایش وضعیت آشکارسازی علائم اولیه یک عیب جدید به وجود آمده در سیستم مورد نظر است قبل از آن که عیب گسترش یابد.

ماشین های الکتریکی از ۳ بخش هم تشکیل می شوند که عبارت اند از:

۱- مدار الکتریکی: که شامل سیم پیچی ها در ماشین الکتریکی می شود.

۲- مدار مغناطیسی: که شامل هسته ماشین و ملزومات مرتبط به آن هست.

۳- عایق: که مورد استفاده قرار می گیرد.

پایش و مانیتورینگ بسته به ساختار ماشین مورد استفاده قرار می گیرد.

به عنوان مثال روغن در ترانسفورماتور نقش عایقی و خنک سازی را دارد پس

روش مانیتورینگ که برای ترانسفورماتور استفاده می شود باید متناسب با ساختار ترانس باشد یکی از این روش ها که متناسب با ساختار می باشد روش آنالیز گازهای محلول در روغن می باشد.

یادداشت انهم

← فرآیند ارزیابی وضعیت ترانسفورماتورهای قدرت در ۳ مرحله انجام می شود:

۱- آزمون های کنترل کیفی و گازکروماتوگرافی روغن و فورفورال

۲- آزمون های الکتریکی

۳- آزمون های مدرن

← آنالیز گازهای محلول در روغن (Dissolved Gas Analysis): "DGA"

✓ مقدمه و تاریخچه گازکروماتوگرافی

✓ تولید گاز در ترانسفورماتورهای قدرت

✓ روش های مختلف آنالیز گازکروماتوگرافی

✓ نمونه گیری برای گازکروماتوگرافی

یادداشت

منابع تولید گاز در ترانسفورماتور :

۱- تولید گاز به خاطر روند عادی پیری در ترانسفورماتور

۲- تولید گازهای مونو اکسید کربن و دی اکسید کربن در هنگام روشن نمودن ترانسفورماتور نو

۳- گازهای بوجود آمده از خطای قبلی

۴- گازهای حاصل از اکسیداسیون روغن

۵- گازهای تولید شده در تپ چنجر

۶- گازهای ناشی از خطا

گازهای محلول در روغن :

- ✓ نیتروژن
- ✓ اکسیژن
- ✓ هیدروژن
- ✓ مونو اکسید کربن
- ✓ دی اکسید کربن
- ✓ متان (CH_4)
- ✓ اتان (C_2H_6)
- ✓ اتیلن (C_2H_4)
- ✓ استیلن (C_2H_2)

با دقت به گازها ۲ تیپ گاز داریم یک دسته گازهای که با منشع کربنی است (هیدروکربنی) مثل متان، اتان، اتیلن، استیلن که ناشی از روغن است و اگر به ۲ گاز مونو اکسید کربن، دی اکسید کربن ناشی از تجزیه کاغذ و سلولوز است یعنی کاغذ داخل ترانسفورماتور وقتی تحت تنش و خطا قرار می گیرد گاز مونو اکسید کربن و دی اکسید کربن تولید می شود. دقت نمایید بقیه گازها منشاء هیدروکربنی دارند یعنی گازهای هستند که از تجزیه روغن حاصل می شوند

جلسه سوم:

مقدمه: معرفی ساختار ماشین های الکتریکی

ماشین های الکتریکی به صورت کلی از ۳ قسمت اساسی تشکیل شده اند که عبارتند از:

۱- مدار الکتریکی: که شامل سیم پیچی ها در ماشین های الکتریکی می باشند.

۲- مدار مغناطیسی یک ماشین، شامل هسته ماشین و ملزومات مربوط به آن می باشد.

۳- عایق مورد استفاده در ماشین های الکتریکی

در ماشین های الکتریکی با توجه به این ۳ دسته از مواد، روش های مختلف ماشینورینگ و حفاظت به صورت عملی پیاده می شود.

به عنوان مثال در یک ترانسفورماتور قدرت، هسته و سیم پیچ در داخل روغن غوطه ور شده که برای عایق سازی سیم پیچی های ترانسفورماتورها، از کاغذ و چوب استفاده می شود. روغن نیز نقش عایق و خنک کنندگی در داخل ترانسفورماتور را بر عهده دارد، لذا روش های ماشینورینگ که بر روی ترانسفورماتورها پیاده می شود، باید متناسب با این

مواد باشد که از آن جمله می توان به تست گاز- برومانومتر اشاره کرد که بعداً جزئیات مطرح می شود. در ترانسفورماتور تست های الکتریکی مانند تست اتصال کوتاه، تست مقاومت سیم پیچ، پیوستگی کنتاکت های تپ چنجر و ... روی مدار الکتریکی انجام می شود.

به صورت کلی ۲ مجموعه گاز در داخل ترانسفورماتور تولید می شود. مجموعه ی اول منشأ سلولوزی دارند و از کاغذ و چوب متصاعد می شوند. یعنی گاز های دی اکسید کربن و مونو اکسید کربن. در واقع گازهای دی اکسید کربن و مونو اکسید کربن نشانه ی تنش وارده بر چوب و کاغذ می باشند.

مجموعه ی دوم گازها گازهای هیدروکربنی هستند. یعنی از روغن متصاعد می شوند. گازهایی مانند اتان، متان، اتیلن، استیلن، هیدروژن و ...

مقدار و رشد این گازها نشانه ی تنش بر روغن می باشد.

تکنسین از ترانسفورماتور نمونه روغن استخراج می کند، این نمونه روغن به صورت آنلاین گرفته می شود در مرابع به بیست و شش ماه یا یک سال بسته به جدول تعمیر و نگهداری تکنسین مراجع کرده و در برنگ های خاصی نمونه روغن را گرفته، نمونه روغن باید به آزمایشگاه منتقل شود و در آزمایشگاه این نمونه روغن تبخیر می شود و گازهای مختلف حل شده در نمونه روغن بدست می آید با استفاده از روش های مختلف و جداول تحلیل مختلف و تحلیل گازهای موجود در روغن پی به خطا خواهیم برد دقت شود این روش آنلاین است و دارای ایرادی هست، در محدوده زمانی شش ماه یا یک سال یک مدت زمانی را داریم که ممکن است خطای ایجاد شود و فرصت را نداشته باشیم و یکسری دیتاها در این مدت از بین برود. و ایراد دیگر باید به تک تک پست های مهم که ترانس های مهمی دارند مراجعه کرده و بتوانیم نمونه برداری کنیم و در کشور بزرگی مثل ایران در هر استان ۲ پست ها مراجع شود

و احتمال هم دارد در این فاصله زمانی خطری ترانس را تهدید کند که این مشکلات سبب شده تا محققین به سمت پایش آنلاین مثل دستگاه HYDRAN و هیدروکال بروند.

- در نمونه برداری روغن نباید روغن در معرض نور خورشید قرار بگیرد.
- جایی که بعد از نمونه گیری به وجود می آیند را نباید تخلیه نمود.
- نمونه روغن نباید بیش از ۷ روز در آزمایشگاه بماند. در غیر این صورت شایع فاقد اعتبار است.

بعد از نمونه برداری روغن در آزمایشگاه گازهای مختلف را استخراج کرده حال باید توسط روش های تشخیص دهیم چه خطای اتفاق افتاده است.

روش های مختلف آنالیز گازهای محلول در روغن:

۱- روش گازهای کلیدی
۲- روش راجرز
۳- روش دورنبرگ
۴- مثلث دوال

براساس استاندارد IEC 60599 و IEE C57

Overheating of cellulose	Carbon monoxide (CO)	Large amount of CO and CO_2. Hydrocarbon gases may exist.	CO: ۹۲٪

در روش دورنبرگ از نسبت گازها استفاده کردند.

Fault Type \ Ratio	$\frac{CH_4}{H_2}$	$\frac{C_2H_2}{C_2H_4}$	$\frac{C_2H_4}{C_2H_2}$	$\frac{C_2H_2}{CH_4}$
Thermal decomposition (hot spots)	>1.0	<0.75	>0.4	<0.8
Electrical discharges (except corona	>0.1 <1.0	>0.75	<0.4	>0.3
Corona	<0.1	not significant	>0.4	<0.3

در روش IEEE جدولی داشته و تحلیل را انجام می‌دهد

روش‌های تحلیل متفاوتی وجود دارد و مقالات زیاد در این راستا وجود دارد،

روش‌های مختلفی برای تحلیل وجود دارند از جمله: ۱- روش گازهای کلیدی ۲- روش راجرز ۳- روش دورنبرگ ۴- روش مثلث دوال، که بسته به مقدار گاز یا بسته به رشد گاز، یا نسبت گاز نوع خطا را تشخیص داده و گویای خوبی برای ترانسفورماتور است. چون حالت‌های روش‌های بیان شده ممکن است دقیقاً در عمل

مثلاً در روش گازهای کلیدی: برای آرک، کرونا و تخلیه جزئی، گرم شدن بیش از حد روغن، گرم شدن بیش از حد کاغذ و چوب گاز کلیدی که از آرک به وجود می‌آید استیلن می‌باشد، گاز کلیدی که از کرونا و تخلیه جزئی به وجود می‌آید هیدروژن است، گاز کلیدی که از گرمای بیش از حد بر روی روغن به وجود می‌آید اتیلن است، گاز کلیدی که از گرمای بیش از حد کاغذ و چوب به وجود می‌آید منوکسیدکربن و دی‌اکسیدکربن است. ما گازهای دیگری هم داریم ولی در روش گازهای کلیدی فقط به گاز اصلی اشاره می‌کند

Fault	Key gas	Criteria	Gas percent amount
Arcing	Acetylene (C_2H_2)	Large amount of H_2 and C_2H_2, and minor quantities of CH_4 and C_2H_6. CO and CO_2 may also exist if cellulose is involved	H_2: ۶۰٪ C_2H_2: ۳۰٪
Corona (PD)	Hydrogen (H_2)	Large amount of H_2, some CH_4 with small quantities of C_2H_6 and C_2H_6. CO and CO_2 may be comparable if cellulose is involved.	H_2: ۸۵٪ CH_4: ۱۳٪
Overheating of oil	Ethylene (C_2H_4)	Large amount of C_2H_4, less amount of C_2H_6, some quantities of CH_4 and H_2. Traces of CO	C_2H_4: ۶۳٪ C_2H_6: ۲۰٪

اتفاق نیفتد ولی پس و پیشی می‌شود و چون تغییر افراد متفاوت هست باین

روش‌ها را با کمک روش‌های هوشمند مثل شبکه‌های عصبی و انواع مختلف شبکه‌های

عصبی، منطق فازی و ... تغییر می‌کنند و پی به وجود خطا در داخل ترانسفورماتور می‌برند.

• خطاهای قابل تشخیص توسط آنالیز گازهای محلول در روغن:

۱- خطاهای الکتریکی

• تخلیه جزئی

• قوس الکتریکی با انرژی کم

• قوس الکتریکی با انرژی زیاد

۲- خطاهای حرارتی

• کمتر از ۳۰۰ درجه سانتیگراد

• بین ۳۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتیگراد

• بیشتر از ۷۰۰ درجه سانتیگراد

• منابع خطاهای حرارتی:

۱- اضافه بارگیری ۲- خنک کنندگی ضعیف

۳- نقاط اتصال نامناسب ۴- طراحی نادرست حرارتی

• منابع خطاهای الکتریکی:

۱- اضافه ولتاژها ۲- طراحی نادرست ساختار عایقی

۳- عدم وجود دقت در تولید

روغن در ترانسفورماتورها مانند خون در بدن انسان هست که در زمان اصلی بیماری به

آزمایشگاه مراجعه کرده و خون مورد آنالیز قرار می‌گیرد، در ترانسفورماتور هم همین گونه

بوده که اطلاعات شامل فالت و خطا در داخل روغن دیده می‌شود

نکته: ۳ پایه اصلی برای روغن داریم:

۱- پارافینیک (paraphinic): این روغن در ترانسفورماتورهای توزیع استفاده می‌شود.

این روغن استحکام عایقی کمتری دارد و از نفت سنگین بدست می آید.

۲- نفتانیک (naphtanic) : در ترانس های قدرت استفاده می شود و قدرت عایقی بالاتری دارد.

۳- آرماتیک (حلقوی) aromatic : که ترکیبات کلر دارد. تا حدود سال ۱۹۸۰ استفاده می شوند ولی به دلیل سرطان زا بودن در حال حاضر استفاده نمی شود. نام دیگر این روغن ها، روغن های آسکارل می باشد یا آلوده به PCB.

نکته: در برخی از ترانس ها (ترانس های قدیمی BBC) برای تشخیص تقریبی عیب، مقرنی برای جمع شدن گاز تعبیه می کردند. سپس با آتش زدن این گاز ها و رنگ شعله های به وجود آمده به صورت تقریبی پی به وجود خطا، نوع خطا در داخل ترانس می بردند. هرگازی آتش بگیرد رنگ خاصی دارد و با استفاده از آن رنگ به صورت تقریبی وضعیت ترانس را مشخص می کردند. مثلاً گاز هیدروژن را آتش بزنیم رنگ نارنجی داده ها

گاز منواکسید کربن را آتش بزنیم به رنگ زرد کم رنگ یا نارنجی، گاز متان رنگ آبی دارد

گاز اتان رنگ آبی شفاف، گاز اتیلن رنگ نارنجی و زرد می دهد، گاز اسیتیلن زرد رنگ است و اگر ترکیب اکسیژن بیشتر شود به رنگ آبی می شود.

دستگاه مانیتورینگ کلمان (kelman) به صورت آنلاین آنالیز گاز را انجام داده و همه گازها را به صورت دقیق اطلاع می دهد و آنالیز کرده متصل به ترانس بوده به صورت پورتابل می باشد ولی قیمت بالایی دارد لذا از دستگاه های ارزان تری استفاده می شود مثل دستگاه HYDRAN و یا هیدروکال

تحلیل های به این صورت که دقیقاً مقادیر گازها را ارائه می دهند، بصورت online بسیار گران در می آید. لذا تست DGA به صورت offline در دوره های ۶ ماهه یا یکساله انجام می شود. با توجه به این فاصله ی زمانی برخی از اطلاعات در این فاصله ی زمانی از بین می رود.

از سال ۱۹۷۵ بر اثر بروز خطا در برخی از ترانس های قدرت قدیمی موجود در شرکت

تامین انرژی الکتریکی Hydro-Quebec کانادا ، این شرکت تصمیم گرفت اقدام به اندازه‌گیری گازهای محلول در روغن ترانسفورماتورهای قدرت مخصوص در مراحل اولیه گسترش خطا نماید و بدین ترتیب سیستم‌های پایش گازهای محلول در روغن متولد شدند.

نکته: نیروی ناشی از اتصال کوتاه علاوه بر تنش‌های دارای تولید نیروی (تنش) مکانیکی شدیدی نیز می‌کند.

• در ترانس‌های ۴۰۰ kV و ۲۳۰ kV شبکه‌ی برق ایران دو نمونه از این دستگاه‌ها به نام هیدران (کانادا GE) و هیدروکال (آلمانی) نصب می‌باشد. در این دو دستگاه با استفاده از نسبتی از گازها فقط آلارم برای بهره‌بردار ارسال می‌شود که در ادامه تشریح می‌گردد

دستگاه هیدروکال «آلمانی» فقط ۲ گاز را تشخیص می‌دهد؛ گاز هیدروژن (H_2) نماینده گازهای هیدروکربنی و گاز منواکسیدکربن (CO) نماینده گازهای سلولوزی و دستگاه آلارم می‌دهد و سپس با گازکروماتوگرافی دقیق‌تر ترانس را مورد بررسی قرار می‌دهیم و اگر ترانس مشکل داشته باشد سریع از مدار خارج می‌کنیم.

دستگاه دیگر هیدران (کانادا GE) است، در این دستگاه یک مجموعه‌ای از گازها را به ما می‌دهد؛ ۱۰۰ درصد هیدروژن H_2، ۱۸ درصد منواکسیدکربن CO، ۸ درصد استیلن (C_2H_2) و ۱٫۵ درصد اتیلن (C_2H_4) را می‌دهد و setting روی دستگاه می‌زاریم و در نهایت اگر مقدار رشد گاز از آن عدد بیشتر شد یک آلارم را خواهد داد.

هیدران (کانادا GE)

H_2 : ۱۰۰٪ ±e

CO : ۱۸٪ ±e

استیلن (C_2H_2) ۸٪ ±e

اتیلن (C_2H_4) ۱٫۵٪ ±e

هیدروکال «آلمانی»

H_2 → هیدروژن

CO → منواکسیدکربن

setting → Alarm

فرض کنید گاز کروماتوگرافی را انجام دادیم و در ساعت ۱۴ گازهای زیر را داشتیم

مثلاً گاز کروماتوگرافی

در ساعت

H_2 : 100 ppm	%100 × 100 = 100
CO : 50 ppm	%18 × 50 = 9
استیلن : 70 ppm	%8 × 70 = 5,6
اتیلن : 60 ppm	%1,5 × 60 = 1

115,6 ppm → 115,6 ppm مقایسه setting

اگر بالاتر بود → Alarm

اگر عدد بالاتر از setting بود دستگاه آلارم می‌دهد و متوجه می‌شویم که داخل ترانس

خبری اتفاق می‌افتد

در دستگاه‌های online مانیتورینگ گاز در میرگردش روغن در ترانسفورماتور

نصب می‌شوند و با سیدی از گازها که با مقدار setting مقایسه می‌شود به بهره‌بردار

Alarm می‌دهد.

فرض کنید دستگاه online هشداری در مورد یک ترانس صادر کرده باشد. از این

رو باید آن ترانس به صورت کامل تحت رسیدگی قرار گیرد. با توجه به اینکه دقت

دستگاه‌های online از آن قیمت کم می‌باشد، لذا پروسه گاز کروماتوگرافی

۶ ماهه یا یکساله بسته به شدت آلارم و اهمیت ترانس باید یک هفته یا هر چند

روز تکرار گردد و ترانس کاملاً تحت کنترل باشد. دقت نمایید که در شرایط بیک

شبکه در برخی از شهرها امکان از مدار خارج کردن ترانس وجود ندارد و باید به صورت

مستمر بر عملکرد تجهیز نظارت داشت تا در وقتی مناسب عملیات اصلاحی انجام شود.

نکته بسیار مهم در تنظیم setting: همواره در کارهای عملی بهترین کار برای بررسی عملکرد

یک تجهیز مقایسه عملکرد آن با تجهیزات مشابه موجود می‌باشد. در واقع عوامل مختلف

در این عملکرد دیده شدند. عواملی مانند ارتفاع از سطح دریا، درجه دارشدن، بار

منطقه و ...

از آن جایی که تولید گاز در ترانسفورماتورها به عوامل مختلفی مانند پیری ترانسفورماتور، نوبودن ترانس، دمای محیط، بار منطقه، ارتفاع از سطح دریا و ... بستگی دارد، بهترین کار برای setting این است که اطلاعات برای یک دوره زمانی مثلاً ۳ تا ۶ ماهه جمع آوری گردد و سپس setting تنظیم شود.

نکته: دستگاه هایی که به صورت online و به صورت دقیق نوع fault ترانس را تشخیص دهند نیز وجود دارند ولی بسیار گران قیمت هستند.

نکته بسیار مهم: یکی از رله های بسیار مهم در ترانسفورماتورها، رله مکانیکی بوخهلتس می باشد.

رله بوخهلتس: در بین تانک ترانسفورماتور و کنسرواتور قرار می گیرد با یک شیب ۵°.

چنانچه این رله عملکرد داشته باشد، حتی عملکرد کاذب، دستورالعمل این است که به هیچ وجه اجازه ی برق دار شدن داده نشود تا توسط گروه متخصص، قضیه به طور کامل بررسی شود. این رله طوری طراحی شده است که گازهای به وجود آمده در داخل ترانسفورماتور، بر اثر خطاهای مختلف وارد محفظه ای می شود. شناوری در این رله تعبیه شده که با عملکرد شناور، ترانسفورماتور از مدار خارج می شود.

این رله با حرکت ناگهانی روغن نیز عملکرد دارد. در واقع حرکت ناگهانی روغن ناشی از fault موجود در ترانس می باشد.

جلسه چهارم

در رله بوخهلتس اگر مقدار گاز یا حرکت ناگهانی روغن را داشته باشیم رله بوخهلتس عمل می کند.

* تست فوران - فورفورال :

در این تست، قدرت مکانیکی عایق کاغذی سنجیده می شود.

قابل ذکر است با پیر شدن ترانسفورماتور قدرت مکانیکی عایق کاغذی به شدت تحت تأثیر قرار می گیرد.

در واقع اگر کاغذ رطوبت بگیرد، رشته های سلولوزی آن از هم گسسته می شود و در روغن شناور می گردد.

این قضیه فیدبک مثبت است؛ یعنی هرچه به جلو می رویم پروسه شدیدتر می گردد. آزمون فوران به عبارتی پیر شدن ترانس را نمایش می دهد. (Poly milization)

چنانچه درجه پلی میلزاسیون (DP)، به عدد ۲۵۰ برسد، الکتروبارت ترانس باید تعویض گردد و به تعبیری عمر ترانس به پایان رسیده است.

DP : ۱۰۰۰ - ۱۴۰۰ ← کاغذ نو

DP : ۲۰۰ → کاغذ کهنه و پیر

تست فورفورال برای تشخیص ageing (سالخوردگی) صورت می گیرد.

اگر کاغذ نو را با کاغذ کهنه مقایسه کنیم، کاغذ نو دارای استحکام بیشتری بوده و کاغذ کهنه رشته های سلولوزی از هم گسیخته می شود، در عایق کاغذی با سن بالا مقاومت استحکام مکانیکی عایق کم می شود به علت شکسته شدن زنجیره های سلولز و اندازه گیری میزان پیری به وسیله شاخصی به نام DP اندازه گیری می کنند.

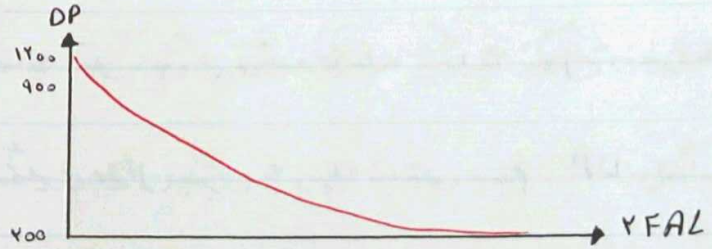
(DP = Degree of Polymerization
درجه پلیمریزاسیون عایق)

که کاغذ نو DP بین ۱۰۰۰ تا ۱۴۰۰ است و کاغذ کهنه ۲۰۰ تا ۲۵۰ است و در صورتی که ترانسفورماتور DPs به ۲۰۰ برسد به معنای این

است که عمر ترانسفورماتور به اتمام رسیده است و معمولاً در مراجع بیان می‌شود که عمر یک ترانس بین ۳۰ الی ۴۰ سال است و بیشتر از این مقدار احتمال خطر است.

تست های که در جلسه قبل و این جلسه بیان شد یعنی تست DGA و تست فوران تست‌های مهمی است.

اندازه‌گیری درجه پلیمریزاسیون: اندازه‌گیری میزان ترکیبات فوران موجود در روغن



که درصورت رسیدن به ۲۰۰ باید ترانسفورماتور عوض شود و عمر ترانسفورماتور تمام شده است.

جلسه پنجم

با استفاده از گازی که در روش DGA «گازکروماتوگرافی» با استفاده از گازهای که در داخل ترانسفورماتور به وجود می‌آید خطا را تشخیص داده و نسبت به بقیه روش‌ها روش DGA هزینه کمتری دارد حتی در بین منابع و مراجع آمده است اگر می‌خواهید ترانس‌ها را بصورت سالیانه تست و بررسی کنید ابتدا نتایج تست گازکروماتوگرافی پاک باشد که این تست را هر شش ماه و یک سال انجام داده، اگر ترانس مشکل داشت بقیه تست‌ها را انجام دهیم یعنی برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها.

منابع تولید گاز در ترانسفورماتور:

- تولید گاز به خاطر روند عادی پیری در ترانسفورماتور
- تولید گازهای مونو اکسید کربن و دی اکسید کربن در هنگام روشن نمودن ترانسفورماتور نو
- گازهای بوجود آمده از خطای قبلی
- گازهای حاصل از اکسیداسیون روغن
- گازهای تولید شده در تب پیچ
- گازهای ناشی از خطا

تب بنبر ساختارش طوریست که تولید گاز ناشی از تب بنبر داریم، تب بنبر کنتاکت ها را تغییر داده و مطابق سیم پیچی ها را تغییر می دهد لذا با تغییر کنتاکت ها ما جرقه داریم که این جرقه باعث تجزیه روغن و تولید گاز می شود، بنابراین گاز تب بنبر ناشی از خطا نبوده و ناشی از عملکرد تب بنبر بوده است.

نکته: یکی از منابع تولید گاز در داخل ترانسفورماتورها تب بنبرها هستند که گاز تولید شده از عملکرد تب بنبر ناشی از خطا نیست بلکه به دلیل ماهیت عملکرد تب بنبر است زیرا کار تب بنبر تعویض کنتاکت ها می باشد بنابراین آرکی شکل خواهد گرفت و این آرک با تجزیه روغن گازی را تولید می کند که این گاز ناشی از خطا نمی باشد.

معمولاً مراحل ترانسفورماتورها می آیند محفظه تب بنبر را از محفظه روغن اصلی جدا می کنند.

راه حل نکته: معمولاً مراحل ترانسفورماتور محفظه روغن تب بنبر را از روغن اصلی ترانسفورماتور جدا می کنند.

نکته مهم بعدی: همان طور که قبلاً هم بحث شد دریان در سمت فشار قوی ترانس کمتر است و دریان کمتر یعنی آرک کمتر در تب بنبر و این یعنی تولید گاز کمتر

فرایند ارزیابی وضعیت ترانسفورماتورهای قدرت در ۳ مرحله انجام می شود.

I. آزمون های کنترل کیفی روغن و گاز کروماتوگرافی روغن و فورفورال — آزمون های روغن

II. آزمون های الکتریکی

III. آزمون های مدرن

آزمون های کنترل کیفی روغن:

همان گونه که در جلسه قبل بیان کردیم انواع روغن از نظر پایه:

انواع روغن از نظر پایه:

- روغن معدنی
  - پارافینیک
  - نفتانیک
- روغن غیرمعدنی
  - روغن آسکارل
  - روغن سلیکانی
  - روغن گیاهی یا استرها

همان گونه که بیان کردیم: ۳ پایه اصلی برای روغن داریم؛

۱- paraphinic پارافینیک: این روغن در ترانس های توزیع استفاده می شود. استحکام عایقی کمتری دارد و از نفت سنگین به دست می آید.

۲- naphtenic نفتانیک: در ترانس های قدرت استفاده می شود و قدرت عایقی بالاتری دارد.

۳- aramatic آرماتیک (حلقوی): که ترکیبات گاز دارد. تا حدود سال ۱۹۸۰ استفاده می شدند ولی به دلیل سرطان زا بودن در حال حاضر استفاده نمی شوند. نام دیگر این روغن ها، روغن های آسکارل می باشد یا آلوده به PCB.

نکته مهم: روغن های آسکارل یا PCB در ترانس های قدیمی استفاده می شده است که این روغن ها سرطان زا می باشند لذا در هنگام کار با ترانس های قدیمی خیلی مراقب باشید

PCB: Poly Chlorinated Biphenyls

میزان مصرف روغن در ترانسفورماتور در سال های مختلف، با توجه به اینکه روغن برای طبیعت زیان دارد و سازندگان سعی دارند میزان کمتری روغن مصرف کنند وقتی ترانس های رزینی هم سازندگان استفاده می شود که ترانس های خشک است و بر پایه رزین است، ترانس های با توان بالا را ولی روغنی می سازند با این که می دانیم روغن به شدت آلوده کننده محیط زیست هست و هدف مقدار استفاده از روغن کم بشود.

Year	L/KVA
۱۹۳۰	۳/۵
۱۹۶۰	۱
۱۹۸۰	۰/۲۵

نکته: میزان مصرف روغن در ترانسفورماتور در سال های مختلف رو به کاهش است.

وظیفه روغن :

① وظیفه عایقی ② خنک کنندگی

③ تشخیص عیب ④ حلالیت گازهای مختلف

مزایای روغن :

① حلالیت گازهای مختلف

② خاصیت خود ترمیم شوندگی (self healing)

③ تشخیص عیب

④ قیمت مناسب در مقایسه با سایر عایقها (اپوکسی رزین)

⑤ ارتباط خوب با سایر قسمتهای ترانس

⑥ قدرت تحمل عایقی بالا در برابر استرسهای الکتریکی

⑦ ویسکوزیته پایین به منظور انتقال حرارت

⑧ مقاوم در برابر اکسیداسیون

قدرت تحمل عایقی روغن 30kV/mm است

یادداشت کنید

آزمون های کنترل کیفی روغن : « براساس استاندارد IEC 60422 »

- گروه اول (آزمون های روتین) : حداقل آزمونهای لازم جهت تعیین وضعیت روغن
- گروه دوم (آزمون های تکمیلی) : به منظور در اختیار داشتن اطلاعات بیشتر در رابطه با کیفیت روغن انجام می‌شوند.
- گروه سوم (آزمون های ویژه) : انجام در مواقع خواص (مانند تست PCB)

آزمون های گروه اول براساس استاندارد : IEC 60422

آزمون رنگ وظاهر — colour and appearance

آزمون های تعیین ولتاژ شکست — Breakdown Voltage

آزمون تعیین میزان آب محلول در روغن — water content

آزمون تعیین میزان اسیدیته	Acidity (Neutralization Value)
آزمون اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی (تانژانت دلتا)	DDF
آزمون اندازه‌گیری میزان افزودنی های آنتی اکسیدان	Inhibitor content
آزمون های گروه دوم براساس استاندارد : IEC 60422	
آزمون اندازه‌گیری میزان لجن و رسوبات	sediment and Sludge
آزمون تعیین کشش سطحی	Interfacial Tension
آزمون تعیین میزان ذرات معلق	Particle count
آزمون های گروه سوم براساس استاندارد : IEC 60422	
آزمون اندازه‌گیری میزان پایداری در برابر اکسیداسیون	oxidation stability
آزمون اندازه‌گیری نقطه اشتعال	Flash point
آزمون سازگاری	Compatibility

آزمون اندازه‌گیری نقطه ریزش	pour-point
آزمون اندازه‌گیری گرانروی	viscosity
آزمون تعیین چگالی روغن	Density
آزمون تعیین میزان PCBs	
آزمون اندازه‌گیری میزان سولفور خورنده	Corrosive sulphur

جلسه ششم

آزمون رنگ و ظاهر colur and appearance : تیره شدن رنگ ظاهری روغن نشانگر وجود آلودگی یا پیری روغن می باشد.

آزمون ولتاژ شکست Breakdown Voltage :

مکانیزم شکست در روغن:
۱- پدیده یونیزاسیون
۲- ذرات معلق
۳- حبابهای هوا

آزمون اندازه گیری آب محلول در روغن water Content :

روش اندازه گیری آب محلول در روغن ترانس = روش کارل فیشر

نکته: آب محلول در روغن ترانسفورماتور (به نوعی کارکرده) هیچگاه صفر نیست

یادداشت

منابع تشکیل آب:
الف) اتمسفر
ب) ترانسفورماتور
- شکستن زنجیره های کاغذ و روغن
- ۹۰٪ آب داخل ترانسفورماتور به وجود می آید
- ترانسفورماتورها تولیدکننده آب هستند

آب مخصوصا هنگام حضور اکسیژن بسیار خطرناک می باشد.

آب قدرت عایقی کاغذ را پایین می آورد و تعداد تخلیه های جزئی نیز افزایش می یابد.

آب به عنوان میرا مبنی برای ولت پوتنسیل و اسید عمل می کند.

کاهش میزان آب به مقدار ۱٪ = افزایش عمر به میزان ۵ر۲ برابر می باشد.

یادداشت

رله بوخهلتس:

رله بوخهلتس در ۳ مورد عملکرد دارد که عبارت است:

۱- افزایش گاز داخل ترانسفورماتور

۲- کاهش سطح روغن

۳- تغییر سرعت روغن (که ناشی از سیلا است)

نکته: گازهای تولیدی در ترانسفورماتور را می توان به ۳ دسته زیر تقسیم بندی نمود:

الف) هیدروژن و هیدروکربنها: H_2 و C_2H_4, CH_4, C_2H_6 و C_2H_2
ناشی از افت های داده روغن

ب) اکسید های کربن: CO و CO2
ناشی از خطا بر سلولز و کاغذ و چوب است

ج) گازهای غیر خطا: O2 و N2
در داخل تانک هستند در ترانسفورماتور دارد و غیر خطا هستند

جلسه هفتم

انواع مختلف خطاهایی که در ماشین های الکتریکی وجود دارد:

جلسات قبل در مورد ترانس بحث کرده ایم از این جلسه در مورد ماشین های دوار (الکتروموتورها و ژنراتورها) بحث خواهیم نمود و به روش های کلی بحث کرده و بنا به فراخور و ساختار ترانس استفاده می شود.

- فرسودگی ناشی از کارکرد زیاد، طراحی های نامناسب و ضعیف، متناژ نادرست، استفاده نامناسب، نوسانات زیاد، اضافه بار، اضافه سرعت، دمای نامناسب محیط و یا ترکیبی از عوامل یاد شده می تواند باعث وقوع خطا در یک قطعه یا یک سیستم شود. حال اگر این خطا در مراحل اولیه تشخیص داده نشود و گسترش یابد باعث خرابی و خروج از مدار تجهیز و یا سیستم می گردد.

خطاها در ماشین های الکتریکی.

عمده ترین خطاهای ماشین الکتریکی را می توان به صورت زیر دسته بندی کرد:

۱- خطای حلقه - حلقه و اتصال بدنه در سیم پیچی استاتور

۲- خطای استاتور ناشی از باز شدن یا اتصال کوتاه شدن فازهای مختلف (تک فاز، دو فازه، سه فاز)

۳- اتصال غیرعادی سیم پیچ های استاتور مثلاً عدم رعایت جابجایی هادی ها

۴- خروج از مرکز استاتیک و دینامیک

۵- شکستن میله های روتور و شکاف برداشتن حلقه های انتهایی

۶- خمیدگی شفت ناشی از خروج از مرکز دینامیک که باعث سایدگی بین روتور و استاتور و آسیب دیدن بدی هسته استاتور و سیم پیچ ها می گردد.

۷- بروز عیب در سیم پیچی روتور شامل اتصال کوتاه، اتصالی های حلقه به حلقه و قطع سیم پیچ روتور

۸- خطاهای یاتاقان ها و جعبه دنده ها

۹- جرقه و تخلیه بزی

۱۰- خطای هسته (از بین رفتن ساختار لایه ای، سوختن و ذوب شدن قسمتی از هسته به علت تلفات فوکو)

۱۱- از بین رفتن خواص آهن ربایی مواد مغناطیسی دایم

خطاهای نام برده شده خطاهایی هستند که به صورت کلی در ماشین الکتریکی اتفاق می افتد. و در عین حال روش های هم برای تشخیص خطا مطرح می شود.

پس به صورت کلی، تعدادی خطا داریم و تعدادی روش برای تشخیص خطا موجود است و ضمن ماشین های زیادی هم داریم و رفتار خطاها در ماشین های مختلف با توجه به ساختار ماشین و ماهیت ماشین خطاها ممکن است رفتارهای متفاوتی از خود نشان بدهند.

** خطاها موجب بروز پدیده های زیر در ماشین های الکتریکی می شوند.

۱- عدم تعادل در میدان های فاصله هوایی و جریان خطوط

۲- افزایش نوسانات گشتاور

۳- کاهش متوسط گشتاور

۴- افزایش تلفات و کاهش راندمان

۵- گرمای بیش از حد

** روش های مختلف تشخیص خطا:

۱- روش های حرارتی

۲- تحلیل از جریان

۳- تشخیص رادیو فرکانسی

۴- پایش نویز و نوسانات

۵- روش های شیمیایی

روش DGA مثال

۶- پایش میدان های الکترومغناطیسی

۷- تشخیص مادون قرمز

۸- پایش های صوتی

۱۱ نوع خطا، ۸ تا روش، چندین نوع ماشین
- ژنراتور
- ماشین القایی
- سنکرون
- مغناطیس دائم
- BLDC
- PMAC
- PMASM
- SRM
- سوییچ رلوکتانسی موتور
- دیزل موتور
- ⋮

کلی مقاله و تحقیق داریم

و دنیای وسیعی از تحقیق برای دانشجو باز شده است.

مثلاً: ماشین سنکرون، پایش میدان های الکترومغناطیس، با یک خطا مثلاً

یا مثلاً ماشین القایی، پایش نویز و نوسانات، خطایی که همیشه تشخیص دار.

آشنایی با دلایلی که دلیل پایش های القایی داریم

۲ مبحث را بیان کردیم: پایش و مانیتورینگ و عیب یابی و موضوع دیگر

① حفاظت.

② آزمایشات و عیب یابی موتورهای القایی
① انواع عیب الکتریکی و مکانیکی
② روش های عیب یابی
③ آزمایشات دوره ای موتورهای القایی

③ حفاظت از موتورهای القایی
① روش های حفاظت
② تجهیزات حفاظتی و تنظیمات آن ها

* انواع عیوب الکتریکی و مکانیکی.

یکی از روش های عیب یابی در موتورها یک کردن ظاهری موتور است. به عنوان مثال در مدل های که اتصال دارای مقاومت بالایی هستند و یا اتصال به خوبی برقرار نشده است، می توان نشانه های سوختگی در اثر حرارت زیاد را مشاهده کرد.

از روش های دیگر عیب یابی موتور استفاده از ولتمتر است. با اندازه گیری ولتاژ خط های ورودی موتور اولاً می تواند قطع یا وصل بودن اتصالات را یک کرد و ثانیاً می توان متعادل بودن یا نبودن ولتاژ، افتاد ولتاژ و افت ولتاژ را نیز تشخیص داد.

از آمپرمتر نیز می توان برای عیب یابی موتور استفاده کرد. با اندازه گیری جریان های ورودی به موتور می توان نامتعادل بودن جریان ها و نیز زیاد بودن جریان موتور را تشخیص داد. افزایش جریان در موتورها می تواند ناشی از اضافه بار، یا اتصال کوتاه های ذاب، سیم پیچی های اتصال کوتاه شده و یا سیم پیچی های باز شده باشد.

در موقع قطع بودن موتور از شبکه، می توان با استفاده از اهمتر یا میگر، مشخص کرد که آیا سیم پیچی ها به بدنه و یا زمین متصل شده است یا نه. همچنین می توان حالت اتصال داشتن سیم پیچی های فازهای مختلف به یکدیگر و یا اتصال بین حلقه های یک سیم پیچی را با اهمتر یک کرد. در صورتی که حلقه های یک سیم پیچی با هم اتصال کوتاه داشته باشند مقاومت آن سیم پیچی از مقاومت بقیه سیم پیچی های موتور کمتر خواهد بود. برای اندازه گیری دقیق مقاومت اهمی سیم پیچی ها بایستی در صورت امکان، اتصال ستاره و مثلث باز شوند و مقاومت هر سیم پیچ مستقل اندازه گیری شود.

با استفاده از دستگاه میگر می توان وضعیت عایق موتور را یک کرد و در صورت نامناسب بودن عایق نسبت به تعویض آن اقدام کرد.

دستگاه میگر، در واقع یک اهمتر است که می تواند مقادیر بزرگ مقاومت را اندازه گیری کند. با این دستگاه می توان عایق بین فازهای مختلف موتور، یک فاز با بدنه و ... را یک کرد.

برای تشخیص صدای غیرعادی الکتروموتور از وسیله ساده ای به نام سند اسکوپ استفاده می شود تا منابع نویز در موتور را شناسایی کند.

از منابع ایجاد نویز در موتور یاتاقان های ذاب، پره ها، بال مایعات نظیر روغن و ... است. شل بودن پره های روتور و یا شل بودن قفل شیارها در استاتور از دیگر عوامل ایجاد صدا در موتور است.

برای اندازه گیری لرزش مکانیکی موتور دستگاه های قابل حملی به نام ویبرومتر وجود دارد که با اندازه گیری مقدار لرزش و با رسم منحنی مربوطه می توان مقدار مجاز و غیرمجاز لرزش را تشخیص داد. همچنین می توان مشخص کرد که لرزش از الکتروموتور است یا مربوط به تجهیزات مکانیکی متصل شده به الکتروموتور. وجود لرزش در الکتروموتور می تواند ناشی از زاپی یاتاقان ها باشد.

برای اندازه‌گیری دمای الکتروموتور از ترمومتر که معمولاً دیجیتالی است استفاده می‌شود. در اندازه‌گیری دما عواملی نظیر دمای محیط، بار اعمال شده و طرز تهویه الکتروموتور و کلاسی موتور را باید در نظر گرفت.

آزمایشات دوره‌ای موتورهای القایی:

این آزمایشات و بازرسی‌ها در دو حالت سکون الکتروموتور و نیز در حالت کارکرد آن انجام می‌گیرد. در حالتی که الکتروموتور به شبکه متصل نیست و در حالت سکون قرار دارد مراحل زیر را انجام می‌دهیم:

۱- موتور را از لحاظ ظاهری کنترل می‌کنیم تا نقاط سوخته، شکستگی، آلودگی و غیره وجود نداشته باشد. از سلامت و تمیزی پروانه الکتروموتور و کاور آن مطمئن می‌شویم.

۲- یاتاقان‌ها و دیگر بخش‌های گریس خور یا روغن خور الکتروموتور را بازرسی کرده و در صورت لزوم روغن یا گریس آن‌ها را تعویض می‌کنیم.

۳- مقاومت اهمی سیم پیچی‌های سه‌فاز را در صورت امکان به صورت جداگانه اندازه‌گیری کرده و از بزرگ نبودن مقدار مقاومت و نیز برابر بودن مقاومت سه سیم پیچ اطمینان حاصل می‌کنیم.

۴- مقدار مقاومت عایقی سیم پیچی‌ها با بدنه الکتروموتور را با استفاده از دستگاه میگر اندازه‌گیری کرده و در صورت لزوم نسبت به اصلاح عایقی آن‌ها اقدام می‌کنیم.

این کار را در مورد کابل تغذیه الکتروموتور نیز انجام می‌دهیم.

در حالی که الکتروموتور به شبکه متصل بوده و در حال کار است می‌توان آزمایشات زیر را انجام داد:

۱- صدای Bearing های سرهای عقب و جلو الکتروموتور را با استفاده از بند اسکوپ چک می‌کنیم. صدای غیرعادی موتور می‌تواند ناشی از خرابی Bearing ها باشد

۲- جریان سه فاز ورودی به الکتروموتور را از لحاظ مقدار چک کرده تا اولاً از جریان نامی الکتروموتور بیشتر نبوده و ثانیاً هر سه جریان از لحاظ اندازه با هم برابر باشند. جریان‌های نابرابر ناشی از وجود ایراد در داخل الکتروموتور است.

۳- لرزش الکتروموتور را با استفاده از ویبرومتر اندازه‌گیری می‌کنیم. موتور در حالت کار، نباید لرزش زیادی داشته باشد. وجود لرزش در الکتروموتور می‌تواند ناشی از محکم نبودن پیچ‌های فونداسیون آن باشد.

۴- دمای بدنه الکتروموتور و نیز محل Bearing های آن را با استفاده از ترمومتر اندازه‌گیری کرده تا از گرم نشدن بیش از حد الکتروموتور در موقع کار مطمئن شویم.

- حفاظت از موتورهای القایی: روش‌های حفاظت / تجهیزات حفاظتی و تنظیمات آن‌ها

روش‌های حفاظت:

به طور کلی تجهیزات الکتریکی را در برابر کلیه حالت‌های ناخواسته که ممکن است باعث صدمه دیدن و یا خرابی دستگاه شود حفاظت می‌کنند. منظور از حفاظت اتخاذ تدابیر و استفاده از وسایلی است که بلافاصله پس از وقوع حالات ناخواسته و غیرعادی، وارد عمل شده و دستگاه مورد نظر را از مدار خارج می‌کنند. در موتورهای القایی، حالت‌های غیرعادی مختلفی ممکن است پیش آید که برای هر یک از نوع مخصوصی از حفاظت استفاده می‌شود. به طور کلی می‌توان این حالت غیرعادی را به صورت زیر نام برد:

۱) اضافه بار در موتور، باری که به یک موتور اعمال می‌شود، بار مکانیکی است که به شافت موتور متصل است. طراحان موتور، معمولاً یک توان نامی برای موتور در نظر می‌گیرند و موتور را برای آن توان طراحی می‌کنند. موتور در شرایطی که بار متصل به آن دارای

توانی کمتر یا مساوی توان نامی موتور است. می تواند به طور دائم و بدون مشکل کار کند. ولی در توان های بالاتر، موتور برای تامین بار مورد نظر باید جریان بیشتری از شبکه بکشد که این امر باعث گرم شدن بیش از حد موتور و در نتیجه سوختن سیم پیچی ها و از بین رفتن عایق موتور می شود. این حالت را معمولا از روی جریان موتور تشخیص می دهند.

۲- اتصال کوتاه در موتور: در این حالت یکی از فاز های موتور به زمین و یا یک فاز به فاز دیگر اتصال پیدا کرده است. معمولاً اتصال به زمین از طریق بدنه استاتور صورت می گیرد. در حالت اتصال کوتاه جریان بسیار زیادی از سیم پیچی های موتور کشیده می شود که در مدت زمان بسیار کوتاهی باعث صدمه دیدن سیم پیچی ها و عایقی موتور می شود. حالت اتصال کوتاه در موتور باید در کوتاه ترین زمان ممکن توسط تجهیزات حفاظتی تشخیص داده شده و موتور از شبکه جدا شود. این حالت را معمولاً از روی میزان جریان ورودی به موتور تشخیص می دهند.

۳- افت ولتاژ: توان خروجی یک موتور الکتریکی به ولتاژ اعمالی به آن بستگی دارد. با افت ولتاژ تغذیه موتور، توانی که موتور می تواند تحویل دهد، کاهش یافته و در نتیجه موتور برای جبران این افت ولتاژ جریان بیشتری را از شبکه می کشد. این افزایش جریان باعث گرم شدن الکتروموتور و در نتیجه زیان آن می شود. این حالت را می توان با اندازه گیری ولتاژ های فازهای ورودی به موتور و یک کردن جریان ها تشخیص داد.

۴- افزایش ولتاژ: افزایش ولتاژ در یک موتور اگرچه میزان جریان عبوری از سیم پیچ های موتور را کاهش می دهد، ولی می تواند برای عایق آن خطرناک باشد. با افزایش ولتاژ، جریان شتی که از عایق می گذرد افزایش پیدا کرده و در نتیجه عایق گرم شده که ادامه این امر می تواند باعث سوختن و از بین رفتن عایق موتور شود.

۵- ولتاژ نامتعادل: در یک سیستم ۳ فاز، اندازه ولتاژ های فازهای مختلف باید با یکدیگر برابر باشد. موتورهای الکتریکی ۳ فاز را بر اساس کار با ولتاژهای متعادل طراحی می کنند. در ولتاژ های نامتعادل، اندازه جریان فازهای مختلف که موتور از شبکه می کشد نیز متفاوت خواهد بود. این عدم تعادل در جریان ها باعث بالا رفتن تلفات اهمی موتور شده و در نتیجه باعث گرم شدن موتور می شود. با ۳٪ عدم تعادل در ولتاژها، موتور می تواند تنها ۹۰ درصد توان نامی خود را بدون گرم شدن تحویل بار دهد.

۶- تک فاز شدن: قطع یک یا دو فاز یک موتور القایی را می توان حالت شدیدتر ولتاژهای نامتعادل دانست. با قطع شدن یک فاز، جریان فازهای دیگر افزایش می یابد که این امر باعث افزایش تلفات در موتور و گرم شدن آن می شود.

۷- تغییر توالی فازها: در یک موتور القایی سه فاز، جهت چرخش موتور به توالی فازهای ورودی موتور بستگی دارد. با تغییر در محل دو فاز موتور، توالی فازها عوض شده و موتور در جهت خلاف جهت قبلی رکت خواهد کرد. این امر در بسیاری از سیستم ها می تواند برای تجهیزات و پرسنل، خطرناک باشد و باید به طریقی از این امر جلوگیری شود.

۸- روشن و خاموش کردن متوالی موتور: از آن جا که موتورهای القایی موقع راه اندازی جریان بسیار زیادی از شبکه می کشند، روشن و خاموش کردن متوالی و زیاد موتور در یک بازه زمانی، موجب افزایش دمای موتور و کاهش عمر آن می شود. بنابراین در بسیاری از موتورها، جهت جلوگیری از این عمل، با استفاده از وسایل خاص، محدودیت هایی را برای تعداد دفعات روشن و خاموش شدن موتور در یک ساعت قرار می دهند.

بطور خلاصه، روش های تشخیص خطای موتور که به طور معمول استفاده می شوند، می توانند به ۳ دسته تقسیم شوند:

۱) روش های تشخیص خطای مبتنی بر مدل (model-based fault diagnoss methods)

۲) روش های تشخیص خطای مبتنی بر سیگنال (signal-based fault diagnoss methods)

۳) روش های تشخیص خطا مبتنی بر دانش (~ ~ ~ knowledge-based)

مقاله آقای آرکان از ترکیه با موضوع:

Modelling and simulation of induction motors with inter-turn faults for diagnostics M. Arkan ELSEVIER 2004

خطای شکستن میله های قفس روتور (بروکن بار) این خطا را در شبیه سازی مقاومت روتور دیده می شود.

در تشخیص خطا وقتی که یک شاخص را برای تشخیص یک فالت (خطا) معرفی می کنیم باید به عوامل زیر توجه داشته باشیم:

۱) کمال خطا ۲) شدت خطا ۳) تفکیک آن خطا از خطاهای مشابه

جلسه ۹

بحث بعدی در تشخیص خطا شرایط بهره برداری ماشین است مثلاً ماشین تحت بار قرار دارد یا بی بار است (On-load یا No-Load)

یادآوری: روش های مورد استفاده در تشخیص خطا:

۱- روش های داری
۲- تحلیل اثر بر بال
۳- تشخیص رادیو فرکانسی
۴- پایش نویز و نوسانات
۵- روش های شیمیایی، آنالیز روغن ترانس DGA
۶- پایش میدان های الکترومغناطیسی
۷- تشخیص مادون قرمز
۸- پایش های صوتی

زمانی که روش مناسبی از پایش برای استفاده در محیط های صنعتی انتخاب می شود، فاکتورهای گوناگونی در نظر گرفته می شوند. مهمترین این فاکتورها عبارتند از:

۱- انتخاب حسگرهای غیر مزاحم
۲- قابلیت اطمینان بالای حسگرها و سیستم اندازه گیری
۳- تشخیص قابل اعتماد
۴- قابلیت اندازه گیری شدت خطا و کمال خطا
۵- تخمین عمر باقی مانده
۶- پیش بینی علت های اساسی خطای ایجاد شده از اطلاعات بر خط بدست آمده از حسگرها

برآورده کردن تمامی شرایط بالا به علت پیچیده بودن مکانیزم تزریق، شرایط غیرعادی ایجاد شده و ماهیت خطاها بسیار سخت است و در اکثر موارد غیرممکن است.

پایش الکترومغناطیسی «شار» (نایل پاور ارائه استاد در دانشگاه فردوسی مشهد)

← موضوع: تشخیص خطای حلقه به حلقه در ژنراتور سنکرون با استفاده از شار پیوندی

(خطا — یک ماشین خاص)

شار در ماشین های الکتریکی ۲ نوع است: ① شار پیوندی ② شار نشتی ، شار پیوندی شاری است که در داخل ماشین به شکل مدار هسته در می آید و مانند آن است که آبی را بریزیم داخل یک ظرف و آن آب به شکل ظرف درآمده. شار پیوندی شکل هسته ماشین را در قالب هسته شار دارد.

شار نشتی: شاری است که از قسمت های مختلف ماشین نشت پیدا کرده یعنی به بیرون هسته راه پیدا می کند.

همان گونه که بیان کردیم روش های تشخیص خطا به ساختار فیزیکی ماشین برمی گردد مثلاً در ماشین سنکرون مثل ترانسفورماتور روغن نداریم که از روش شیمیایی استفاده کنیم بلکه باید با شناخت شکل مدار یک روش خاص برنامه ریزی کرده که در اینجا با استفاده از شار است.

۱- انگیزه و اهداف تحقیق ۲- نمایش فیلم کوتاه از عوامل مختلف پروژه

۳- خطاها و تشخیص آن ها در ماشین های الکتریکی

۴- مدلسازی خطای اتصال حلقه

۵- بررسی اثرات انواع خطای اتصال حلقه در شار پیوندی ژنراتور سنکرون تحت شرایط آزمایشگاهی و تفکیک آن از دیگر خطاها

۶- طراحی سیستم تشخیص خطا به کمک شبکه های عصبی و تبدیل ویولت جهت آشکارسازی نشانه ها

۷- امکان سنجی پیاده سازی روش پیشنهادی بر روی ژنراتورهای نیروگاهی

۸- نتیجه گیری و پیشنهادات

همان گونه که می دانید روش های مختلفی برای تشخیص خطا موجود است

• انگیزه تحقیق: این روش (شار نشتی) دارای دقت بسیار بالای نسبت به دیگر روشها است.

اما معایب این روش، آن است که هنوز به صورت کامل مورد آنالیز و بررسی قرار نگرفته است و در مرحله تحقیقات می باشد. تشخیص خطای اتصال حلقه در خطاهای ماشین الکتریکی یک چالش است که نیاز باشد برای تشخیص خطا با سنسور های ارزان و آسان و حل خطا را در داخل سیم پیچ نشان می دهد.

۴- انواع خطاهای اتصال حلقه و مدلسازی آن ها:

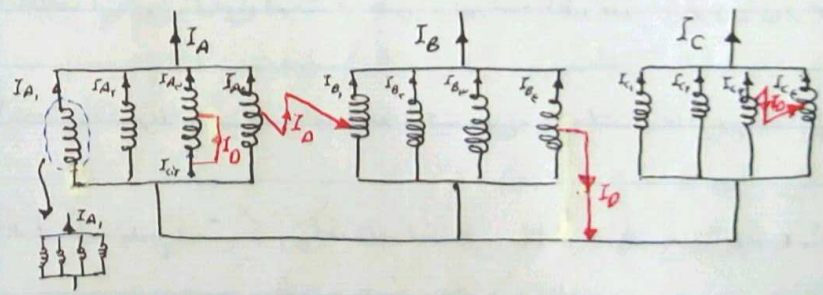
عایق های استاتور و روتور در معرض استرس های مختلف الکتریکی، مکانیکی، حرارتی و محیطی هستند

رفتار خطا در ماشین های HV با NV متفاوت است

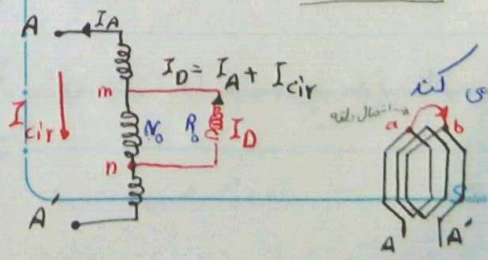
انواع مختلف خطاهای اتصال حلقه: ① اتصال حلقه از یک میرجریان به میرجریان دیگر باشد ② یک میرجریان به بدنه ③ دو میرجریان از ۲ فاز متفاوت باشد

④ در یک فاز در یک میرجریان روی تعدادی حلقه باشد و رفتاری متفاوت باشد.

و از حلقه ای به حلقه ی دیگر رفتار متفاوت با توجه به نوع اتصال حلقه خواهیم دید.



اگر اتصال حلقه را در نظر گرفت: اگر در یک میرجریان و یک فاز اتصال حلقه داشته باشیم مثل یک اتوترانسفرمر عمل کرده و جریان زیادی (جریان پرخشی زیادی) را عبور می دهد و جریان زیاد معمل را به صورت محلی ذوب می کند



۴- روش فعلی حفاظت خطای اتصال حلقه در صنعت Split Winding

✓ در حال حاضر معمول ترین و مناسب ترین روش جهت تشخیص خطای اتصال حلقه حفاظت دیفرانسیل عرضی و یا طولی است.

✓ در دیفرانسیل عرضی جریان سیم پیچی های موازی مورد مقایسه قرار می گیرد.

$$i_1 = i_2$$

در دیفرانسیل طولی جریان سیم پیچی موازی با جریان سیم پیچی فاز مورد مقایسه قرار می گیرد.

$$I_{ph} = 2 i_1$$

✓ فعالیت ماشینی بدون کار سانت (اکیپمنتال) پذیرش نمی شود و باید از امکانات استفاده گردد

برد الکترونیکی میکرو کنترولر طراحی شده در این کار که شار را از داخل ماشین اندازه گیری

برد یعنی همان کارت رم افزار انسیس مکسول را از برای ما انجام می دهد به وسیله رم افزار

پروتیوس و با توجه به اینکه ماشین ۴۸ شیار دارد از ۴۸ میکرو اسلیو دارد و یک

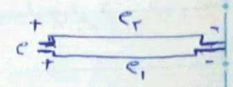
میکرو متر داریم وزن اخزار را به صورت عملی پیاده کردیم . به وسیله پرچ کویل های

که داخل ماشین قرار داده ایم .

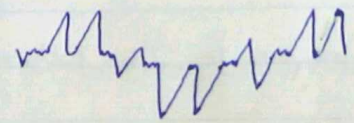
فرو جی که توسط سیم های پرچ کویل گرفته می شود . بسته به این که پرچ کویل را چگونه

قرار دهیم در داخل ماشین متفاوت است ، اگر پرچ کویل ها را از یک سمت فرو جی بگیریم

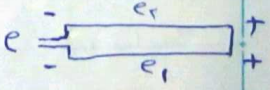
$e = e_1 + e_2$ ←



و اگر



$e = e_1 - e_2$ ←



مزایا این روش : ① سادگی و هزینه پایین

② عدم نوزیذیری

③ عدم حساسیت به شرایط خارجی (رطوبت - دما و ...)

④ قابلیت اندازه گیری هرگونه شکل موج حاصل از هر نوع خطا

⑤ عدم نیاز به تنظیمات

⑥ عدم تاثیر روی ماهیت اصلی شکل موج های القا شده

⑦ عدم نیاز به مونتاژ و دمونتاژ مکانیکی

معایب :

① گذاشتن سنسور در ماشین که در زمان اورهال یا فرسایش طراحی باید انجام شود .

جلسه ۱۰

هر روش تشخیص خطا را بخواهیم پیاده سازی کنیم ابتدا باید سیگنال را استخراج کرد

شارهم ۲ ابزار داریم : ① پرچ کویل ها ② حال افکت سنسورها

سنسورهای حال افکت سنسور ، که یک المان ۴ پر هستند ، این سنسورها از آن قبیل بوده و

زمانی که سنسور از حال در یک میدان مغناطیسی ساکن قرار می گیرد ، ۲ پر آن توسط جریان DC تغذیه

کرده و ۲ پر دیگر آن ولتاژی تولید می کند متناسب با آن شاری که در سنسور است و می توان

به عنوان رد یاب مغناطیسی از آن یاد کرد و در عمل در موتورهای BLDC و PMDC استفاده

می شود مثل موتور CD رام استفاده می شود .

• مهمترین خطای که باید تشخیص خطای اتصال حلقه از آن مد نظر قرار گیرد خطای فرو جی

از مرکزیت می باشد . که پرچ کویل های یک قسمت دامنه بیشتری از پرچ کویل های طرف دیگر

خواهند داشت چون میزان فاصله هوایی کم شده و مقاومت یا رلوکتانس کم شده بنابراین شار تاثیر بیشتری

در قسمت که فاصله هوایی کمتر دارد داشته است .

← در نهایت باید داده های که به دست آوردیم را جمع بندی کرده ، اگر بتوانیم یک شاخص ریاضی استخراج

کرده خیلی عالی است و اگر هم نتوانستیم می توان با شبکه عصبی ، فازی ، شبکه های عصبی فازی

کار را به نتیجه رسانده و به جواب برسیم .

← در بیرینگ ها ساچمه است که سبب عملکرد می شود و بیرینگ ها یعنی از مدتی ممکن بوده بر اثر شار

نشتی و جریانی که به وجود می آورد ساچمه ها زاب و معیوب می شوند . و سبب ایجاد خطای فرو جی

از مرکز رخ دهد و روتور از جای خود منحرف شده و به استاتور برخورد می کند و در این روش برای

آن که شار نشتی در ماشین را اندازه بگیریم از بوبین یک کنتاکتور و شار نشتی فضای اطراف ماشین

در بوبین القای ولتاژ کرده و در اسیلاتور شکل موج را دیدیم

تا به امروز بیشتر مباحث ماشینورینگ بحث کردیم از امروز در مورد Protection بحث کرده و حفاظت.

← بحث امروز در مورد: خروج از سنکرون ژنراتور سنکرون بحث کرده

out-of-step protection of generator

ژنراتور سنکرون که دچار خطای خروج از سنکرون یا outofstep یا Loss of synchronism

خروج از هماهنگی ژنراتور سنکرون.

که باعث افزایش دمای روتور و افزایش دمای روتوری شود که از ژنراتور خارج می‌شود و ادامه باید سبب از بین رفتن سیم پیچ می‌شود

← ژنراتور سنکرون:

ماشین سنکرون می‌توانند هم به صورت موتور به کار روند هم به صورت ژنراتور ولیکن از آنجا که ماشین‌های سنکرون گران قیمت هستند، در بیشتر از ۹۵ درصد مواقع به صورت ژنراتور به کاری روند بر خلاف ماشین القایی

← به ۲ صورت قطب برجسته و قطب صاف می‌باشند.

← ماشین‌های سنکرون ماشین‌های دوتحریکه هستند.

① تحریک DC ② تحریک AC

← ژنراتورهای قطب برجسته که به آن‌ها هیدروژنراتور نیز می‌گویند و در نیروگاه‌های آبی مورد استفاده قرار می‌گیرد

← ژنراتورهای قطب صاف در نیروگاه‌های بخار استفاده می‌شود و دارای سرعت بالای است

← ژنراتورهای قطب برجسته تعداد قطب بالای دارند و سرعت آن‌ها کم است.

← در مقابل ژنراتورهای قطب صاف دارای تعداد قطب کمی اند و سرعت بالا دارند به عنوان توربوژنراتور معروف می‌باشند این ژنراتورها در نیروگاه‌های بخار و گازی مورد

استفاده قرار می‌گیرد، تعداد قطب آن‌ها پایین و معمولاً برابر ۲ است. در ادامه برای درک مفاهیم مرتبط با ماشین‌های سنکرون یک موتور سنکرون را در نظر می‌گیریم.

• تفاوت ماشین القایی با ماشین سنکرون:

موتور القایی	موتور سنکرون
۱- گشتاور راه اندازی دارد	۱- گشتاور راه اندازی ندارد و باید راه اندازی شود
۲- در موتور القایی با افزایش بار سرعت آن افت می‌کند و هرگز در سنکرون (سرعت سنکرون) نمی‌پرد.	۲- با سرعت سنکرون در تمامی بارهای ممکن می‌پرد. یعنی حالت ۰ و ۱ دارد یا موتور بر بار غلبه می‌کند و آن را با سرعت سنکرون می‌پراند یا بار بر موتور غلبه می‌کند و در این حالت موتور کاملاً متوقف می‌شود.
۳- موتور القایی یک ماشین تک تحریکه است و نیاز به تحریک DC ندارد.	۳- یک ماشین دوتحریکه است. به روتور تحریک DC و به استاتور تحریک AC می‌دهیم
۴- موتور القایی منقطع می‌تواند در بار پس فاز کار کند و مصرف کننده‌ی توان راکتیو است و به هیچ وجه توان راکتیو تولید نمی‌کند.	۴- می‌توان هم در بار پس فاز و هم در بار پیش فاز کار کند یعنی می‌تواند هم تولید کننده‌ی توان راکتیو باشد و هم مصرف کننده‌ی توان راکتیو باشد.
۵- کنترل سرعت آن امکان پذیر است.	۵- در شرایط کار عادی کنترل سرعت ندارد چون مقید با سرعت سنکرون می‌چرخد
۶- تنها برای غلبه بر بار مکانیکی به کار می‌رود.	۶- هم برای غلبه بر بار مکانیکی به کار می‌رود و هم برای اصلاح ضریب توان به عنوان بانک خازنی می‌توان استفاده شود.
۷- گشتاور ماکسیموم آن متناسب با مجذور ولتاژ است یعنی $T_m \propto V^2$	۷- گشتاور ماکسیموم آن متناسب با ولتاژ است یعنی $T_m \propto V$

نکته مهم: همان طور که مطرح شد، موتور سنکرون گشتاور راه اندازی ندارد و این موتور به ۳ صورت راه اندازی می شود.

۱- راه اندازی به وسیله ی محرک خارجی

۲- راه اندازی به صورت القایی

۳- راه اندازی با کنترل $\frac{V}{f}$ در سرعت های سنکرون متفاوت.

← چرا موتور سنکرون گشتاور راه اندازی ندارد؟

فرض کنید یک موتور سنکرون ۳فاز ۴قطب داریم. با دادن ۳فاز به استاتور میدان دواری در استاتور با سرعت ۱۵۰۰rpm شکل می گیرد این میدان در صفحه استاتور می چرخد.

← از طرفی اگر تغذیه DC به روتور دهیم یک آهنربا ساخته می شود بنابراین میدان دوار استاتور لحظه ای این آهنربا را جذب می کند اما چون سرعت میدان استاتور بالا است و روتور جسمی لخت و سنگین است اما قبل از اینکه روتور بتواند حرکت کند میدان دوار استاتور به قطب مخالف می رسد و روتور را دفع می کند. از این رو روتور موتور سنکرون حرکت نخواهد کرد و فقط لغزش خواهد داشت.

← حال برای راه اندازی به ۳ صورت این مشکل را خواهیم حل کرد.

① راه اندازی به صورت القایی:

در این روش مانند موتور القایی یک سیم پیچ اتصال کوتاه شده بر روی روتور قرار می دهند. در موتوری که مثال زدیم با وجود این سیم پیچ، موتور مانند یک موتور القایی به راه می افتد و سرعت آن به حدود ۱۴۰۰rpm می رسد حال میدان دوار استاتور روتور را جذب می کند و یک دفعه سرعت روتور به ۱۵۰۰rpm می رسد و موتور سنکرون می شود.

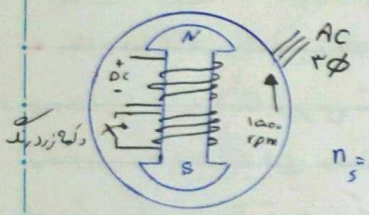
② راه اندازی با محرک خارجی: در این حالت روتور به وسیله ی محرک خارجی در سرعت سنکرون چرخانده می شود یعنی باید مثلاً یک موتور DC بگذاریم که روتور موتور سنکرون را بچرخاند و سپس این موتور سنکرون باری را بچرخاند

۳- همان گونه که می دانیم سرعت میدان دوار استاتور بالا است و روتور لخت و سنگین است. در این روش سرعت میدان دوار استاتور را کم می کنیم. مثلاً به جای سرعت ۱۵۰۰rpm سرعت را به ۵۰۰rpm می رسانیم یعنی باید فرکانس را کم کنیم.

← ولی با کاهش فرکانس ولتاژ قطب ماشین کاهش می یابد. در پایان کشیده شده از سیم پیچی های ماشین زیادی شود و موتور می سوزد.

← دقت کنید که V_t ولتاژ شبکه است و ثابت می باشد. از این رو باید متناسب با کاهش فرکانس باید V_t را نیز کاهش دهیم که به روش کنترل $\frac{V}{f}$ معروف است و روشی گران قیمتی است.

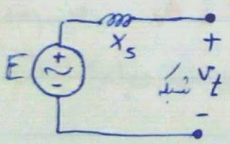
← در این روش سرعت های سنکرون متفاوتی می توان داشت.



$P=4,\ 3\phi,\ f=50Hz$

$n_s=\frac{120f}{P}=\frac{120\times 50}{4}=1500\ rpm$

$E=4.44k_wfN\phi$



$-V_t+X_si_a+E=0$

$\downarrow i_a=\frac{\overset{\text{ثابت}}{V_t}-E\downarrow}{\downarrow X_s}$

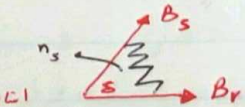
$\uparrow i_a$

$\rightarrow \uparrow \frac{V}{f}$

توضیح آزمایشی: برق ۳فاز را به استاتور متصل کرده و میدان دوار با سرعت ۱۵۰۰rpm داریم. در روی استاتور میدان دواری با ۱۵۰۰rpm داریم و روی روتور یک میدان DC داریم و یک آهنربا بر روی روتور تشکیل می دهیم، حال ۲ میدان داریم که باید همدیگر را جذب کنند، میدان استاتور با سرعت ۱۵۰۰rpm می چرخد و روتور یک جسم فیزیکی و لخت و سنگین است و یک لحظه روتور جذب استاتور شده، چون روتور جسم لخت و سنگین است هنوز حرکت نکرده میدان استاتور آن را رد می کند و روتور نمی تواند جذب استاتور شود و حالت لغزش ایجاد می کند و روتور حالت نوسان و لغزش ایجاد می کند

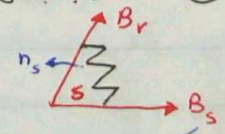
و مایع دلیفرد رنگ را که یک سیم پیچ القایی بود که ما روی روتور قرار می دهیم و به فاز مثلث راه اندازی موتور سنکرون را ابتدا کلیدزرد رنگ را متصل کرده که سیم پیچ ایجاد می شود روی روتور که سیم پیچ اتصال کوتاه شده یعنی مثل موتور القایی می شود و موتور شروع به کار کرده و به یک مدی سرعت می رسد مثلاً ۱۴۵۰rpm این میدان دوار استاتور این میدان را جذب می کند که ۲ میدان سنکرون شده که به آن سنکرونیزم می گویند یعنی: دو میدان دوار، روتور و استاتور همدیگر را جذب و با یک سرعت خاصی که همان سرعت سنکرون است حرکت می کند به این پدیده سنکرونیزم می گویند و اگر این پدیده از بین برود به آن Loss of synchronism گویند

← میدان دوار استاتور با سرعت ۱۵۰۰rpm، روتور را جذب خودش کرده و روتور سرعتش به ۱۵۰۰ می رسد و جذب استاتور می شود به مثال دقت کنید مثل ۲ دونده که دونده دوم باید به مدی برسد که به دونده اول دست بدهد ما روتور را به ۱۴۵۰rpm می رسانیم و بالا استاتور جذبش می کند، و مثل آن است که B_r و B_s توسط یک فنر مجازی باهم متصل شوند که به آن سنکرونیزم می گویند و این فنر مجازی به هر دلیلی از بین رود به آن می گویند Loss of synchronism



در حالت موتوری میدان استاتور میدان روتور را جذب می کند

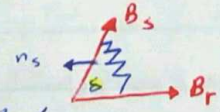
← در حالت ژنراتوری میدان روتور میدان استاتور را جذب می کند به شکل زیر.



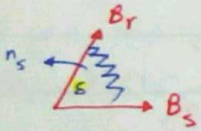
زاویه δ یا لودانگل این زاویه در عمل حداکثر می تواند ۹۰ درجه باشد که مقدار ماکزیمم آن است و معمولاً برای ماشین سنکرون بین ۲۰ تا ۳۰ درجه قرار می گیرد در عمل ولی در تئوری ۹۰ درجه است و بیشتر از ۹۰ درجه هم شود کوپل مغناطیسی ماشین میدان استاتور و روتور از بین می رود و خطای خروج از سنکرون اتفاق افتد

مثال دیروز را در نظر بگیرید موتور ۴ قطب پس سرعتش ۱۵۰۰rpm خواهد داشت و میدان دوار برابر ۱۵۰۰rpm خواهیم داشت و روتور را با DC تغذیه کرده، در موتور سنکرون موتوری است که کشاور راه اندازی ندارد بنابراین ما آمدیم به روتور DC دادیم و از آنجا که روتور لخت و سنگین است این میدان استاتور تا نخواهد روتور را جذب کند دیاره به قطب مخالف می رود بنابراین روتور جذب میدان دوار استاتور نمی شود مگر آنکه روتور را با سرعتی نزدیک سرعت سنکرون برسانیم و آن وقت روتور جذب میدان دوار استاتور می شود و باید سرعت ثابت باهم می چرخند که به آن سنکرونیزم گویند که ۲ میدان دوار همدیگر را جذب می کنند.

حالت موتوری: میدان استاتور با سرعت ۱۵۰۰rpm می چرخد و ما توسط راه اندازی القایی میدان روتور را با سرعت ۱۴۵۰rpm نزدیک کرده حال این ۲ میدان همدیگر را جذب می کنند و با سرعت سنکرون می چرخند.



حالت ژنراتوری: میدان روتور میدان استاتور را جذب می کند.



زاویه ای که مابین دو میدان شکل می گیرد به آن زاویه δ "دلتا" یا لودانگل این زاویه حداکثر می تواند ۹۰ درجه باشد و مقدار ماکزیمم آن بوده و معمولاً برای ماشین سنکرون در عمل حدود ۲۰ تا ۳۰ درجه این زاویه قرار می گیرد و در تئوری می دانیم تا ۹۰ درجه قابل افزایش است و بیشتر از ۹۰ درجه شود کوپل مغناطیسی مابین ۲ میدان استاتور و روتور از بین می رود و خطای out of step یا خروج از سنکرون یا لغو سنکرونیزم اتفاق می افتد.

خطا و شرایط out of step (خروج از سنکرون): هر عاملی که شوکی به سیستم وارد کند می‌تواند این حالت را ایجاد کند یعنی کوپل مغناطیسی را از بین ببرد.

عواملی مثل خطاهای اتصال کوتاه (در خط یک اتصال کوتاه رخ دهد، این اتصال کوتاه شوکی به ژنراتور وارد می‌کند ژنراتور یا این شک را تحمل کرده یا تحمل نمی‌کند)

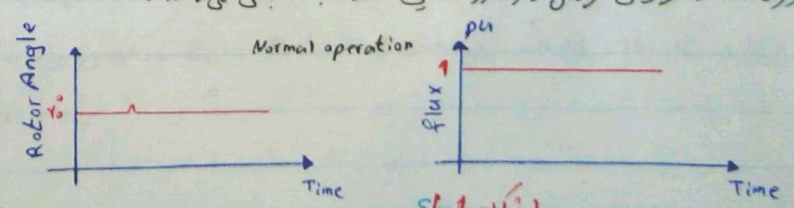
عواملی دیگر مثل قطع و وصل خطوط، ترییب ژنراتور و حذف بار و ...

یعنی هر عاملی که به ژنراتور شوک وارد کند می‌تواند out of step را ایجاد کند. که

۲ بحث پیش می‌آید: ① استیبل پاور سویم ② آن استیبل پاور سویم.

تعریف نوسان توان پایدار و ناپایدار:

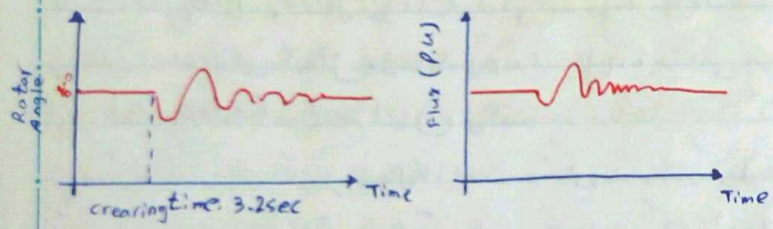
همانگونه که بیان کردیم هنگامی که ژنراتور سنکرون به کار نرمال نویسی در حالت پایداری رسد، زاویه قدرت ماشین عدد ثابت نخواهد بود (δ زاویه بین میدان روتور و استاتور)، به اشکال زیر توجه نمایید. در شکل 1 در شبکه قدرت مفروض زاویه قدرت روی 60° در به شتفلیم شده است و ماشین در حالت عملکردی نرمال قرار دارد و این عدد ثابت باقی می‌ماند.



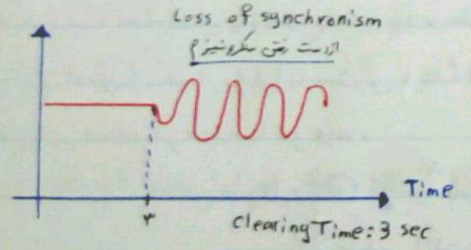
S (شکل 1)

فرض کنید در این حالت تنشی برماشین وارد شود. (اتصال کوتاه، حذف بار، اضافه شدن بار و ...)

در این حالت ۲ وضعیت پیش می‌آید. یا ماشین تنشی وارده را تحمل می‌کند و پس از تحمل نوساناتی دوباره به حالت پایدار برمی‌گردد. این حالت نوسان توان پایدار نام دارد. (S.P.S: stable power swing)



حالت دوم: چنانچه تنشی وارده شدید باشد و ژنراتور نتواند آن را تحمل کند می‌گوییم سطای out of step یا نوسان توان ناپایدار رخ داده است. این وضعیت به شدت برای شبکه و ژنراتور مضر است و باید سریعاً ژنراتور مذکور را از شبکه جدا کرد.



سوال امتحان
مقاله:

- Application of Equal Area Criterion Conditions in the Time Domain for Out-of-step protection
- Modelling and simulation of induction motors with inter-turn faults for diagnostics

روش های تشخیص خطا و تنظیم رله های حفاظتی :

همانگونه که قبل بیان کردیم چنانچه میدان روتور B_r میدان استاتور B_s را جذب کند و به دنبال خودش بکشاند این ماشین ژنراتور سنکرون است و اگر برعکس میدان استاتور B_s میدان روتور را جذب کند (B_r) و به دنبال خود بکشاند به آن موتور سنکرون گویند.

و هر عاملی که اتصال این دو میدان را خرمجازی ۱۱ و یا به بیان دیگر هر عاملی که سنکرونیزم را از بین ببرد خطای out of step اتفاق می افتد

در نظر بگیرید یک ژنراتور سنکرون در حال کار است و شوکی به ژنراتور سنکرون وارد شده، این شوک می تواند عوامل مختلفی باشد، حال اگر ماشین سنکرون شوک را تحمل کرد و به کار خود ادامه داد به آن stable power swing گویند و اگر شوک را تحمل نکرد و این دو میدان با همان خرمجازی پاره شد و گسیل مغناطیسی از بین رفت به آن خطای out of step خروج از سنکرون گویند

عواملی که باعث شده گسیل مغناطیسی از بین رود و خرمجازی پاره شود؛ ژنراتور یا شبکه قدرت سنکرونیزم خودش را به یکی از عوامل از دست می دهد: خطای اتصال کوتاه، قطع وصل خطوط، قطع ژنراتور، قطع بار، حذف بار و....

یک ژنراتور ۲ قسمت کنترلی هم دارد: ① توربین گاورنر (کنترل توان اکتیو و فرکانس) ماشین است
② تریک یا اکسایتر (کنترل توان راکتیو و ولتاژ)

اگر شوکی به ماشین وارد شود در ماشین به زاویه دلتا δ تاثیر گذار است پس، و در تئوری روی ۹۰ درجه تنظیم کرده که بیشترین دوام است ولی در عمل کمتر است ۳۰ یا ۲۰ و اگر زاویه از ۹۰ درجه بیشتر شود یعنی ماشین سنکرونیزمش را از دست داده است.

~~لود انگل در شبکه سنکرون همان زاویه δ است.~~

امروزه متداول ترین روش جهت حفاظت از دست رفتن سنکرونیزم در شبکه های قدرت استفاده از رله های امپدانسی است. رله های امپدانسی بر اساس اندازه گیری امپدانس در مکان رله عمل می کند. که رله خروج از مرکز اما نه یک رله دیستانس است.

در خاموشی که در سال ۲۰۰۳ رخ داد باعث شد که کمیته حفاظت IEEE یکی توصیه های به کاربران در سراسر دنیا داشته باشد Final Report on the Augest 14, 2003 Blackout in the USA and canade

۲ تا از حفاظت های مهم که در مورد آن بحث می شود: یکی قطع تریک است و دیگری خروج از سنکرون out of step می باشد. و IEEE در سال ۲۰۱۰ یک مقاله راجع کرده برای تنظیم رله های out of step در نظر می گیرد و در سال ۲۰۱۴ هم یک نمونه دیگر بیان کرده است.

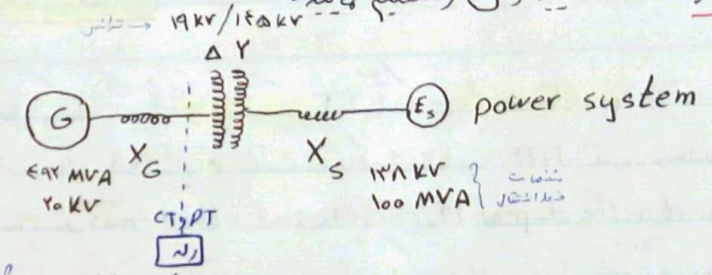
می خواهیم یک رله امپدانسی را برای یک شبکه قدرت تنظیم کنیم.

مثال) انواع مختلفی از رله های out of step وجود دارد و هر کدام مزیت های خود را دارد ولی کلیات کار یکسان است.

Example of calculation for MHO Element and Blinder settings.

رله out of step دارای کد انسی VA است.

شبکه قدرت زیر را درنظر بگیرید و برای تشخیص نوسان توان در این شبکه از رله امپدانسی تک بلیندر استفاده نمایید و آن را تنظیم نمایید.



مقاله از NERC
Revision 1 July-2010

مشخصات ژنراتور **Generator**

۴۹۲ MVA (MVAG) , ۲۰ kV , ۱۴۲۰۲ A , ۰/۷۷ pf

راکتانس گذرای محور d ژنراتور

Direct axis transient reactance (X'_d) = ۰/۲۰۵۷۷ pu

VT ratio = ۲۰۰۰۰/۱۲۰ = ۱۶۶/۶۷ and CT ratio = ۱۸۰۰۰/۵ = ۳۶۰۰

مشخصات ترانس **Unit transformer**

۴۲۵ MVA (MVAT) , ۱۴۵ kV/۱۹ kV , Y-ground/Δ

Leakage reactance X_T = ۰/۱۱۱۱ pu on ۴۲۵ MVA base.

Power System

Positive sequence inpedance during maximum generation on 100 MVA (MVAS) and ۱۳۸ kV base:

$$Z_{max,s1} = 0/0005 + j\,0/01003 \text{ pu}$$ امپدانس خط انتقال

رله تنظیم رله: باید ۷ مرحله را طی کنیم که رله را تنظیم نماییم

مرحله اول: باید شبکه قدرت را شبیه سازی کرده و شبیه سازی حالت گذرا transient stability را برای شبکه داشته باشیم و مدلی که برای ژنراتور در نظر گرفته باید شامل، اکسایتر، گاورنر و PSS باشد اگر آن حاد بروسی هستند.

مرحله دوم: مقادیر (X'_d) ژنراتور و (X_{TG}) ترانسفورماتور، امپدانس خط انتقال تحت ژنراتور ماکزیمم تولید را باید پیدا کنیم در بیس ژنراتور.

همه راکتانس‌ها باید منتقل شود به بیس ژنراتور.

برای انجام محاسبات باید تمام داده‌های مسئله را به بیس ژنراتور منتقل کنیم. از درس بررسی داشتیم.

$$Z_{pu\,new} = \left(\frac{V_{b\,old}}{V_{b\,new}}\right)^2 \times \frac{S_{b\,new}}{S_{b\,old}} \times Z_{p.u\,old}$$

که رابطه از کجا بدست آمد، اگر یادمان باشد Z می‌شود:

$$Z = \frac{V^2}{S}$$

که ساده شده عبارت

$$Z_n = \frac{\frac{V_1^2}{S_1}}{\frac{V_2^2}{S_2}} = \frac{V_1^2 S_2}{V_2^2 S_1}$$

ابتدا داده‌های ترانس را به بیس ژنراتور منتقل می‌کنیم. (X ترانس را به بیس ژنراتور آورده)

$$X_{TG} = \frac{MVA_G}{MVA_T} \frac{KV_T^2}{KV_G^2} X_T$$

$$X_{TG} = \frac{492}{425} \times \left(\frac{19}{20}\right)^2 \times 0.1111 = \underline{0.1165\,pu} = Z_{TG}$$

انتقال راکتانس ترانسفورماتور به بیس ژنراتور

حال درقسمت بعد خط انتقال را به بیس ژنراتور می‌بریم:

بردن داده‌های خط به بیس ژنراتور.

* چون base ولتاژ خط و ترانسفورماتور فرق می‌کنند، لذا لازم است ابتدا داده‌های خط به base ترانس منتقل شوند سپس به base ژنراتور انتقال یابند.

انتقال بیس خط به بیس ترانس

حال بردن Z_{LT} در مبنای ژنراتور

$$Z_{LT} = \frac{(138)^2}{100} \times \frac{425}{(145)^2}$$

انتقال بیس ترانس به ژنراتور

$$\frac{(19)^2}{425} \times \frac{492}{(20)^2} \times Z_{LT} = \left(\frac{19}{20}\right)^2 \times \frac{492}{100} \times \left(\frac{138}{145}\right)^2 = 4.0219\ p.u$$

حال پاسخ را در امپدانس خط ضرب کرده.

$$Z_{LG} = 4.0219 \times Z_{\text{اصلی}} = 4.0219\,(0.0005 + j\,0.01) = \boxed{0.00205 + j\,0.0403\ pu}$$

امپدانس خط سطح داده

---

* برای ژنراتور داده‌های مربوط به CT و PT اش به صورت زیر است.

$$PT\ ratio = 20000/120 = 166.67V \quad \text{and} \quad CT\ ratio = 18000/5 = 3600$$

نکته: ژنراتورها معمولاً به صورت ستاره نصب می‌شوند.

ژنراتور 20kV است

با اتصال ستاره ژنراتور خواهیم داشت:

$$V_{ph} = 20000/\sqrt{3} = \underline{11547V}$$

ولتاژ فاز (Line-to-ground)

PT اتصال ← [ولتاژی که رله می‌بیند]

$$V_{Ph-B-relay} = VT\ primary\ voltage / VT\ ratio = 11547V/166.67 = 69.28\ V$$

ولتاژ مبنای رله

حال برای جریان داریم:

$$S = \sqrt{3}\, V_L \cdot I_L$$

جریان‌های ژنراتور

$$I_L = \frac{492 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 20 \times 10^3} = \underline{14202.8\ A} = I_{ph}$$

CT اتصال ← [جریانی که رله می‌بیند] → $I_{L-Y-B} = \frac{14202.8}{3600} = \underline{3.945\ A}$ جریان مبنای رله

امپدانس بیس رله $Z_{B-relay} = \frac{V_{Ph-B-relay}}{I_{L-B-relay}} = 69.28V/3.95A = \underline{17.56\ \Omega}$

امپدانس در مبنای داده در بیس رله

صورت سوال داده شده

از دیدرله: $X'_d = 0.20577 \times 17.56\,\Omega = 3.613\,\Omega$ ← ژنراتور

از دیدرله: $X_{TG} = 0.11657 \times 17.56 = 2.04\,\Omega$ ← ترانس

از دیدرله: $X_{max\,SG1} = 0.40355 \times 17.56\,\Omega = 0.7086\,\Omega$ ← خط

نکته: در آیتم شماره ۲ ص ۱۴۷ فایل. ابتدا بایستی امپدانس ها یا راکتانس های شبکه قدرت را به بیس ژنراتور منتقل کنیم، آنگاه این مقادیر را از دیدرله مشاهده کرده و بدست می آوریم.

۳- مقدار $2X'_d + 1.5X_{TG}$ را باید بدست آوریم که قطر دایره mho است

در محاسبه قسمت قبل: $Z_{LG} = 0.0020\,\Omega + j\,0.04032\,\Omega$ خط

$$|Z_{LG}| = \sqrt{(0.0020\,\Omega)^2 + (0.04032\,\Omega)^2} = 0.04035\,\Omega$$

از دیدرله

$$0.04035 \times 17.56 = 0.7086$$

The impedance angle of the mho unit, $\beta = 90^\circ$

The blinder distance $(d) = \left(\left(X'_d + X_{TG} + X_{max\,SG1}\right)/2\right) \times \tan(90 - (\delta/2))$

مرحله بعد

$$\left(2 \times X'_d + 1.5 \times X'_{TG}\right) = 10.3\,\Omega$$ ← قطر دایره مهو

۴- زاویه δ «دلتا» را مشخص کنید بین ژنراتور و شبکه قدرت با استفاده از شبیه سازی آنالیز گذرا (اگر شبیه سازی انجام نشد به صورت تیپیکال ۱۲۰ درجه)

۵- مقدار فاصله بلیندر را بدست می آوریم.

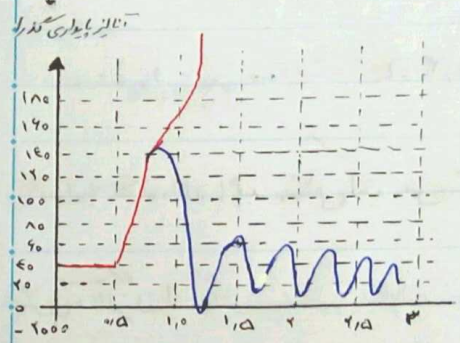
$$d = \left[\left(\frac{X'_d + X_{TG} + X_{max\,SG1}}{2}\right) \times \tan(90 - \delta/2)\right]$$

زاویه β

* نکته مرحله ۴: در مرحله ۴ باید زاویه جوانی δ «دلتا» بدست آید، برای این کار باید شبیه سازی پایداری گذرا انجام شود، بنابه هر دلیلی شبیه سازی پایداری گذرا قابل انجام نبود این عدد را به صورت تیپیکال ۱۲۰ درجه در نظر می گیرند

۶- تعیین کنید زمان را برای خطای پیراپدانس ، یعنی زمان تایم دیلی که ما باید بر روی رله تنظیم کنیم رو داریم با توجه به جدول صفحه ۱۹۴ که میشه ۲۵۰ms و ۱۴۰ درجه

زمانی که از ۱۴۰ به ۱۸۰ می رسیم



* شکل روبرو که نتایج شبیه سازی می باشد $\delta = 140^\circ$ بدست آمد

* اگر مطالعات پایداری قابل انجام نبود $\delta = 120^\circ$ در نظر بگیرید.

آیتم ۳)

$$\text{قطر دایره (mho diameter)} = 2X'_d + 1.5X_{TG} = 10.3\ \Omega$$

آیتم ۵)

$$\text{فاصله دو بلیندر}\ d = \left(\left(\frac{X'_d + X_{TG} + X_{max\,SGT}}{2}\right)\tan\left(90 - \frac{\delta}{2}\right)\right)$$

$$d = \left[\left(\frac{2.613 + 2.04 + 0.7086}{2}\right)\right] \times \tan\left(90 - \frac{140}{2}\right) = 1.16\ \Omega$$

$$d = 1.16\ \Omega \rightarrow d_{pu} = \frac{1.16}{15.56} = 0.066\ p.u$$

از دیدرله به صورت پریونیت

امپدانس از دیدرله برای محاسبه پریونیت

آیتم ۶) از روی شکل زمان سیتینگ تایمر (t_1) برابر ۲۵۰ میلی ثانیه بدست می آید.

setting زمان $t_1 = 250\,ms\ (t_{140^\circ \to 180^\circ})$

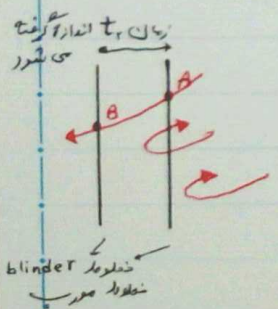
$$\text{مرکز دایره mho} = \frac{\text{قطر mho}}{2} - 1.5X_{TG} = \frac{2X'_d + 1.5X_{TG}}{2} - 1.5X_{TG} = \frac{-(2X'_d - 1.5X_{TG})}{2}$$

در این مثال

$$\begin{cases} R = 0 \\ X = -\left(\dfrac{2 \times 3.613 - 1.5 \times 2.04}{2}\right) = -2.05 \end{cases}$$

$$\begin{cases} R \\ X \end{cases} \quad \text{قطر} = 2X'_d + 1.5X_{TG} = \boxed{10.3\ \Omega}$$

فاصله پیراپدانس از دید ترمینال را بدست آورده اگر فاصله پیراپدانس زمانی که ۲ بلیندر را قطع کرده که نامش T_2 است



زمان $t_{AB} = t_2$

$t_2 > t_1 = 250\,ms \rightarrow$ OOS (out of step)

$t_2 < t_1 = 250\,ms \rightarrow$ SC (short circuit)