

روش های

بررسی مولد، مصرف

کنندها و...



فصل اول

علل نیاز به بازرسی فنی ماشین آلات وتجهیزات برقی



اهداف آموزشی فصل اول :

- ۱- آشنایی با اهداف بازرسی فنی
- ۲- آشنایی با مراحل مختلف بازرسی فنی ماشین آلات و تجهیزات برقی
- ۳- آشنایی با دلایل عمده فرسودگی دستگاههای برقی

۱-۱- علل نیاز به بازرسی فنی

بازرسی فنی دستگاهها و ماشین آلات برقی به سه منظور صورت می پذیرد :

- تداوم کار
- ایمنی
- بهره وری بالا از ماشین آلات برقی

۱-۱-۱- تداوم کار

بازرسی فنی دستگاهها و لوازم برقی برای حصول اطمینان از تداوم کار آنها ضروری میباشد. در واحدهای مختلف یک مجتمع، بیشترین توجه و تأکید باید در جهت آماده نگه داشتن دستگاههای برقی که از نظر عملیاتی جنبه حیاتی دارند صورت پذیرد. برخی از دستگاهها و تجهیزات عمده برقی که در بهره برداری از کارخانجات دارای اهمیت میباشد، به قرار زیرند:

MAIN POWER SUPPLY SUBSTATIONS	• ایستگاههای اصلی برق
DISTRIBUTION BOARDS	• تابلوهای توزیع برق
BATTRIES &CHARGER UNITS	• باتریها و شارژ کننده های سیستم
CONTROL ROOM	• اتاق فرمان
SWITCH YARD / SWITCH ROOM	• کلید خانه
BATTERY ROOM	• اتاق باتری
CRITICAL MOTOR	• موتورهای اصلی و حیاتی
HIGH VOLTAGE CABLES	• کابلهای فشار قوی
CRITICAL CONTROL AND SHUTDOWN CIRCUITS	• مدارهای کنترل و قطع کننده اضطراری
	• منبع نیروی دائمی و ژنراتورهای اضطراری
UNINTERRUPTABLE POWER SOURCES AND EMERGENCY GENERATORS	

۱-۱-۲- ایمنی

عملکرد مناسب و صحیح دستگاههای برقی، اساس تأمین ایمنی افراد و تأسیسات صنعتی میباشد. لذا جهت دستیابی به شرایط ایمن، لازم است که بازرسی فنی کامل و کافی از دستگاهها و ادوات برقی به عمل آید.

۱-۱-۳- بهره وری بالا از ماشین آلات برقی

بازرسی فنی صحیح و مداوم به برنامه ریزی تعمیراتی دستگاهها و ادوات برقی کمک می نماید. برنامه ریزی تعمیراتی با استفاده از بایگانی و سوابق گزارشات فنی دستگاهها، باعث افزایش راندمان بهره برداری از دستگاه شده و زمان توقف آنرا نیز کاهش میدهد. چنانچه کلیه تجهیزات برقی یک واحد تحت مراقبت و بازرسی دقیق قرار گیرند و معایب و نواقص آنها به موقع و در اسرع وقت رفع شوند، از واحدها میتوان با بازدهی بالا و بمدت طولانی بدون عیب و نقص بهره برداری نمود.

۱-۲- وظائف و تجربیات بازرسی فنی

وظائف بازرسی بطور جامع عبارت از بازرسی کامل دستگاهها و ادوات برقی و تهیه گزارش دقیق و مشروح از وضعیت آنها میباشد، به نحوی که بتوان تعمیرات لازم را بر روی دستگاهها انجام داده و اطمینان حاصل نمود که شرایط ایمن کار آنها برای مدت مشخصی تضمین خواهد شد. بازرسی فنی دارای وظائف جنبی دیگری مانند بررسی شرایط کار دستگاه با توجه به طبقه بندی محل نصب آنها نیز میباشد که نحوه انجام آنها به شرایط هر کارخانه بستگی دارد، لذا از ذکر جزئیات آنها خود داری میگذرد. لیکن در هر صورت بازرسی موظف است که وجود یا عدم وجود شرایط لازم برای ادامه کار دستگاه بر مبنای مشخصات طراحی شده اصلی را در هر واحد بررسی نموده و در صورت مشاهده موارد خلاف، گزارشات لازم را در اختیار مسئولین امر قرار دهد.

تجربه در امر بازرسی فنی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. لذا بازرسان برق لازمست در ابتدا دارای تجاربی در زمینه نصب، تعمیرات، بهره برداری و نگهداری ماشین آلات برقی بوده و آشنائی کامل به زبان انگلیسی داشته باشند، زیرا مطالعه کتب و مراجع و مدارک فنی مربوط به ماشین آلات برقی و بازرسی آنها و کسب اطلاعات کافی و مستمر در مورد استانداردهای بین المللی رایج و همچنین شناخت روشهای عملیاتی، مقررات ایمنی و طبقه بندی محوطه های نصب دستگاهها در انجام وظائف بازرسی فنی، ضروری میباشد.

نکات تخصصی بازرسی فنی برق بستگی به نوع دستگاه و آزمایشات نهائی مورد نیاز دستگاه دارد.

در این مجموعه کوشش گردیده است که با توجه به سوابق و تجربیاتی که کارشناسان در سطح مجتمع دارا میباشند، کلیات بازرسی فنی دستگاههای عمده برقی تشریح گردد، تا با مطالعه و فراگیری مفاد آن کارشناسان به اصول اولیه بازرسی فنی ماشین آلات و تجهیزات برقی آشنائی لازم را حاصل نمایند.

۱-۳- مراحل مختلف بازرسی فنی

بازرسی فنی ماشین آلات و تجهیزات برقی در مراحل مختلفی لازمست که به مرحله عمل در آیند. بطور کلی این بازرسیها، در سه مرحله بشرح زیر اعمال می شوند .

۱-۳-۱- بازرسی فنی حین ساخت

این نوع بازرسیها در زمان ساخت ماشین آلات در کارخانجات سازنده انجام می پذیرد. از آنجائیکه اکثر دستگاهها و ماشین آلات موجود در یک مجتمع از خارج از کشور خریداری گردیده، این مرحله از بازرسی طبعاً در مجتمعها کاربرد چندانی ندارد. باید در نظر داشت که نتایج آزمایشات انجام شده در کارخانجات سازنده^۱ باید بعنوان مرجع، جزء مدارک سفارش خرید مورد در خواست کارفرما بوده و از سازنده دریافت گردد.

۱-۳-۲- بازرسی فنی حین نصب

کاربرد این بازرسی در مجتمعها، در مرحله نصب ماشین آلات و تجهیزات است. نظربه وسعت و اهمیت واحدهای مختلف مجتمع و نیاز مبرم به نوسازی و توسعه، پیش بینی میگردد که عملیات نصب ماشین آلات و تجهیزات برقی، همواره در مجتمعها موجود باشد. لذا آشنائی با ضوابط بازرسی حین نصب دارای اهمیت زیادی میباشد.

۱-۳-۳- بازرسی فنی ادواری

بمنظور حفظ سلامت دستگاهها در دوره بهره برداری، هر یک از آنها بنا به نوع و شرایط بهره برداریشان پس از یک دوره معین بهره برداری، باید تحت بازرسی فنی قرار گرفته و وضعیت آنها مشخص گردد و در صورت لزوم تعمیرات انجام و سلامت دستگاه جهت بهره برداری مجدد تضمین شود.

وظائف این مرحله از بازرسی، در بخش بازرسیهای ادواری ماشین آلات مختلف ارائه

گردیده است.

POWEREN.IR

۴-۱- علل فرسودگی و تناوب زمانی بازرسی فنی ماشین آلات و تجهیزات برقی

بطور کلی دستگاهها به مرور در اثر کار کردن فرسوده میشوند. شرایط نگهداری و بهره برداری از دستگاه میتواند عمر یک دستگاه را بسیار کاهش داده و یا بالعکس مدت بهره برداری حتی از عمر طراحی شده دستگاه نیز تجاوز نماید. شرایط محیطی از قبیل گرما، رطوبت، مواد شیمیائی و گرد و غبار دلایل عمده فرسودگی دستگاههای برقی میباشد. شرایط اولیه محیط و نگهداری دستگاهها قبل از راه اندازی نیز در ایجاد فرسودگیهای آتی مؤثر میباشد. لذا باید قبل از اقدام به راه اندازی اولیه، دستگاهها از نظر وجود پرندگان، جانوران (مار و موش) که باعث از بین رفتن اتصالات میشوند بررسی گردند.

یکی دیگر از دلایل عملیاتی فرسودگی دستگاهها وادوات برقی، بار اضافی^۱ و یا تغییرات سریع ولتاژ و ایجاد اتصال کوتاه در شبکه است. عدم استفاده صحیح از لوازم حفاظتی دستگاهها وادوات برقی باعث فرسودگی سریع آنها میشود. لذا لازمست توجه کافی به بهره برداری صحیح از لوازم حفاظتی به عمل آید.

۴-۱-۱ تناوب زمانی بازرسیهای فنی

تناوب زمانی بازرسی فنی یک دستگاه برقی بستگی به نوع و عوامل تشدید کننده فرسودگی آن دارد. عواملی که باعث بالا رفتن ایمنی کار دستگاه می شوند در تعیین تواتر بازرسی مؤثر بوده و در نظر گرفته میشوند. معمولاً تولید کنندگان دستگاهها و تجهیزات برقی زمان تقریبی بازرسی فنی دستگاهها را در دستورالعمل های عملیاتی و تعمیراتی ذکر مینمایند. رعایت این دوره ها، حتی الامکان و با توجه به شرایط عملیاتی، برای حصول اطمینان از سلامت دستگاه و تداوم بهره برداری از آنها لازم میباشد. همانطور که اشاره گردید تعیین دوره تناوب بازرسی فنی دستگاه، تابع شرایط بسیاری بوده و تنظیم آنها در یک نظام معین که برای کلیه شرایط بهره برداری قابل اجراء باشد، میسر نیست. بعنوان مثال میتوان از عواملی نظیر شرایط محیطی، بهره برداری، نوبت کهنه بودن دستگاه، حساس بودن نقش دستگاه در تولید و توصیه های سازنده نام برد.

بدین لحاظ دوره های بازرسی فنی به ترتیبی که عملاً بتوان در سطح واحدهای مجتمع آنها را پیاده نمود و ملاک عمل قرار داد، طی بررسیهایی تعیین گردیده و در نظامنامه بازرسی فنی ماشین آلات و تجهیزات برقی ذکر گردیده است. لذا از ذکر مجدد آنها خود داری نموده و توصیه میگردد که کارشناسان به این نظامنامه مراجعه نمایند.

سوالات آموزشی فصل اول:

- ۱- مراحل مختلف بازرسی فنی ماشین آلات و تجهیزات برقی را نام ببرید.
- ۲- دلایل عمده فرسودگی دستگاههای برقی را ذکر کنید.
- ۳- تناوب زمانی بازرسی فنی یک دستگاه برقی بستگی به چه عواملی دارد؟

فصل دوم

موتورهای الکتریکی ونحوه بازرسی آنها

اهداف آموزشی فصل دوم:

- ۱- شناخت انواع موتورهای الکتریکی جریان متناوب
- ۲- شناخت اجزاء عمده استاتور و رتور یک موتور الکتریکی جریان مستقیم.
- ۳- آشنایی با انواع بازرسی هایی که روی ماشینهای الکتریکی انجام می شود.
- ۴- آشنایی با آزمایشاتی که برای تعیین مقاومت عایقی انجام می شود.
- ۵- آشنایی با عوامل گرم شدن موتورها در حین کار.
- ۶- آشنایی با عواملی که سبب لرزش موتور می شوند.

۱-۲- اصول کار و انواع ماشین های الکتریکی

دو نوع از وسایل تبدیل انرژی که بیشتر در صنایع مورد استفاده قرار میگیرد، موتورها و ژنراتورها میباشند که به آنها ماشین الکتریکی اطلاق میشود. موتور، انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی و ژنراتور، انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل مینماید.

ماشین های الکتریکی بدو دسته، ماشینهای الکتریکی جریان متناوب و ماشینهای الکتریکی جریان مستقیم تقسیم بندی می شوند .

قبل از ارائه جزئیات مربوط به بازرسی فنی این ماشین ها، لازم است انواع مختلف ماشینهای الکتریکی، ساختمان کلی آنها و تفاوت های عمده شان مختصراً تشریح گردد.

نظربه اینکه ژنراتورهای الکتریکی موجود در صنایع از انواع بسیار حساس بوده، بازرسی آنها باید زیر نظر متخصصین ورزیده ونمایندگان فروشندگان آنها انجام پذیرد.

۲-۱-۱- موتورهای الکتریکی جریان متناوب

موتورهای الکتریکی جریان متناوب به دو نوع یکفاز و سه فاز تقسیم می شوند . موتورهای سه فاز نیز به دو نوع اصلی تقسیم می شوند :

- موتورهای سنکرون یا همزمان
- موتورهای آسنکرون یا غیر همزمان

۲-۱-۱-۱- موتورهای سنکرون یا همزمان

موتوری که رتور یا مجموعه محوری آن همراه میدان مغناطیسی استاتور و همزمان با آن بچرخد، موتور سنکرون نامیده میشود. موتورهای سنکرون از دو قسمت اصلی تشکیل گردیده اند، یک قسمت که ساکن بوده و استاتور نامیده میشود و قسمت دیگر که متحرک بوده و رتور خوانده میشود. استاتور شامل سیم پیچ سه فازی میباشد که توسط آن میدان گردانی در فاصله هوایی ایجاد میگردد. این سیم پیچی ها داخل شیار هسته استاتور قرار میگیرند. رتور این گونه موتورها سیم پیچی شده است و دارای دو حلقه رینگی^۱ میباشد. این سیم پیچ به سیم پیچ تحریک معروف میباشد و با جریان مستقیم تغذیه میگردد. رتور موتورهای سنکرون از لحاظ ساخت به دو نوع رتور با قطب بر جسته و رتور استوانه ای تقسیم می شوند . در موتورهای با رتور استوانه ای، سیم پیچ تحریک در داخل شیارهای هسته رتور قرار میگیرند. در موتورهای با رتور قطب بر جسته، سیم پیچی تحریک بر روی قطب های تحریک سوار میشوند. بر روی قطب های تحریک همچنین سیم پیچ های میرا کننده^۲ جهت راه اندازی و کنترل عملکرد موتور نصب می شوند .

در موتورهای سنکرون دور موتور ثابت بوده و گشتاور فقط هنگامی تولید میگردد که بین فرکانس ولتاژ اعمال شده سیم پیچهای استاتور و حرکت مکانیکی رتور رابطه زیر بر قرار باشد.

$$n = \frac{f}{p}$$

که در آن n سرعت بر حسب دور در ثانیه، f فرکانس بر حسب هرتز و P تعداد زوج قطبها می باشد.

در این موتورها جریان تحریک بوسیله یک منبع برق مستقیم جداگانه و از طریق جاروبک ها و حلقه های رینگی به سیم پیچ تحریک اعمال میگردد. برای راه اندازی موتورهای سنکرون لازمست که ابتدا رتور به دور سنکرون رسانده شود.

برای این منظور ممکن است از یک موتور کمکی بعنوان راه انداز استفاده شود و یا اینکه موتور ابتدا بصورت غیر همزمان راه اندازی گردد و سپس به وضعیت سنکرون در آید. موتورهای سنکرون بدلیل نیاز به تغذیه جداگانه برای تحریک و راه اندازی غیر مستقیم، با اینکه دارای دور ثابت هستند که مزیت بزرگی است، کمتر مورد استفاده قرار میگیرند و بیشتر جهت تصحیح ضریب قدرت (بعنوان مصرف کننده با راکتیو خازنی) کاربرد دارند.

۲-۱-۱-۲ - موتورهای آسنکرون یا غیر همزمان

کلمه آسنکرون ناشی از این است که بر خلاف موتورهای سنکرون، دور ماشین به ازاء یک فرکانس، ثابت نیست و بستگی به بار دارد. رابطه ای که بین فرکانس و دور در موتورهای سنکرون صدق میکند. در این موتورها صادق نیست.

ساختمان موتورهای آسنکرون بسیار ساده و از دو قسمت اصلی استاتور و رتور تشکیل شده است. این موتورها را موتورهای اندکسیونی یا القائی نیز میگویند. قسمتی از موتور که سیم پیچی بوده و ثابت میباشد استاتور و قسمت دیگر موتور که دوار است و می چرخد رتور نامیده میشود. رتور این نوع ماشینها نیز بر دو نوع زیر تقسیم بندی می شوند:

- قفس سنجابی

- رتور سیم پیچی شده

در نوع قفس سنجابی سیم پیچ رتور بشکل قفس بوده که از میله های مسی و یا آلومینیومی تشکیل شده است. دو سر میله ها به دو حلقه متصل شده و در داخل شیارهایی که به همین منظور در رتور تعبیه گردیده قرار داده میشوند.

در نوع رتور سیم پیچی شده پیچکهای سه فاز مانند سیم پیچی استاتور بوده و در داخل شیارهای رتور واقع می شوند . جهت شروع کار و کنترل رتور، سرهای سیم پیچی به حلقه هائی که روی محور واقع است متصل میشوند. روی این اصل به این نوع رتور، رتور سیم پیچی شده وبا رتور با حلقه های لغزان میگویند.

۲-۱-۲- موتورهای الکتریکی جریان مستقیم

در یک موتور الکتریکی جریان مستقیم بطور عمده، دو بخش قابل تفکیک است. یک بخش ساکن بنام استاتور یا القاء کننده که نقش ایجاد میدان مغناطیسی را به عهده دارد و بخش دیگر، متحرک بنام رتور یا آرمیچر که در آن نیروی محرکه الکترومغناطیسی القاء میگردد.

اجزاء عمده استاتور یک موتور الکتریکی جریان مستقیم بقرار زیرند :

- قطب های اصلی که نقش ایجاد میدان مغناطیسی را به عهده دارند.
- سیم پیچهای قطب اصلی که جریان تحریک مدار مغناطیسی ماشین از آنها عبور مینماید.
- قطبهای کمکی و سیم پیچهای آن که برای از بین بردن عکس العمل آرمیچر نصب می شوند.

اجزاء عمده رتور در یک موتور الکتریکی جریان مستقیم بقرار زیرند :

❖ کلکتور یا جمع کننده که از قطعات متعدد مسی بنام تیغه تشکیل یافته و توسط ورقه های میکا از یکدیگر عایق شده اند و از قسمتهای بسیار حساس دستگاه بشمار می آید. انتهای تیغه های کلکتور دارای بخش بر آمده ای است که تیغک نامیده میشود.

❖ هسته رتور و یا به عبارت دیگر مدار مغناطیسی رتور که از تجمع ورقه های فولاد مغناطیسی تشکیل میشود.

❖ جاروبک های ذغالی که تغذیه مدار مصرف موتور از طریق آنها انجام میگردد. این جاروها در وضعیت ثابت در امتداد خط خنثی با کلکتور تماس دارند. جاروها در داخل غلافی فلزی نصب گردیده اند. این غلاف خود جزئی از قطعه ایست که جاروبک نگهدار نامیده میشود.

❖ سیم پیچی رتور که در داخل شیارهای هسته رتور قرار میگیرند.

موتورهای جریان مستقیم بطور وسیع برای کاربرد هایی که به کنترل سرعت نیاز دارند مورد استفاده قرار میگیرند. این موتورها دارای چهار نوع بوده و تفاوت اصلی در ساختمان سیم پیچی کلافهای میدان تحریک و اتصال بین کلافهای میدان و آرمیچر آنها است، که شرح آنها بقرار ذیل میباشد :

موتورهای سری :

در این نوع موتورها، سیم پیچ تحریک و آرمیچر بصورت سری قرار گرفته اند. این موتورها دارای گشتاور راه اندازی زیاد و مشخصه سرعت متغیر میباشند. هرچه بار بیشتر باشد، سرعت آن کاهش می یابد. موتورهای سری بیشتر در جرثقیلها بکار میرود.

موتور شنت یا موازی :

در این نوع موتورها، سیم پیچ تحریک و آرمیچر بصورت موازی قرار گرفته اند. این موتورها دارای گشتاور متوسط و مشخصه سرعت ثابت میباشند و برای کاربردهایی که احتیاج به سرعت ثابت دارند کاربرد دارند.

موتورهای کمپوند یا ترکیبی :

در این نوع موتورها، سیم پیچ تحریک شامل دو سیم پیچ سری و موازی میباشد. بسته به نوع اتصال میتوان اتصال شنت اضافی و یا شنت نقصانی داشت. مشخصات این موتور ترکیبی از مشخصات موتور سری و شنت میباشد.

موتورهای با تحریک مجزا :

در این نوع موتورها، سیم پیچ تحریک و آرمیچر به منابع تغذیه جداگانه وصل می شوند . در این موتورها اگر جریان تحریک ثابت باشد دور موتور تابع ولتاژ آرمیچر بوده و با کنترل و تغییر ولتاژ آرمیچر می توان سرعت هائی از صفر تا سرعت نامی را بصورت مداوم از موتور گرفت. این موتورها بطور وسیع در جاهائیکه احتیاج به سرعت متغیر و کنترل شده ای باشد مورد استفاده قرار میگیرند. ولتاژ متغیر و کنترل شده این موتورها برای کنترل سرعت توسط یک یکسو کننده تریستوری تأمین میگردد.

۲-۲- بازرسی فنی در هنگام نصب موتورها

موتورها مانند سایر دستگاههای صنعتی، میباید در زمان نصب تحت بازرسی فنی قرار گرفته و از صحت نصب، سلامت قطعات دستگاه و آمادگی آن برای بهره برداری ایمن و موثر اطمینان حاصل گردد.

در انجام بازرسی فنی حین نصب، بررسی مدارک، مطالعه نقشه ها، کاتالوگها و مشخصات فنی دستگاه و نیز بازرسی عینی از اجزاء مختلف دستگاه به عمل میاید. پس از تکمیل مراحل نصب، آزمایشات گردش آزاد سرد، گردش آزاد گرم و آزمایش با بار انجام شده و در صورت سلامت دستگاه، گواهی سلامت آن صادر میگردد.

جزئیات بازرسی فنی حین نصب موتورهای برقی بقرار زیر می باشد :

۲-۲-۱- لوحه مشخصات

بمنظور حصول اطمینان از اینکه مشخصات دستگاه تحت نصب با مشخصات طراحی تطابق داشته باشد، بازرس باید مشخصات فنی حک شده روی لوحه دستگاه را از قبیل شماره سری سازنده، شماره دستگاه، قدرت، ولتاژ، سرعت، نوع و نظایر آنرا با مشخصات فنی طرح طبق نقشه ها و مدارک فنی مطابقت نماید.

۲-۲-۲- طبقه بندی مکان مورد استفاده^۱

دستگاه باید از نظر صحت طبقه بندی مکان مورد استفاده تحت بازرسی قرار گرفته و اطمینان حاصل شود که طبقه بندی آن برای استفاده در محیط نصب مناسب باشد.

۲-۲-۳- بازرسی سیستم "اتصال زمین" موتور^۲

اتصالات بدنه موتورها به شبکه زمین بایستی بازدید شوند و از وجود اتصال الکتریکی بین آنها اطمینان حاصل شود. این اتصالات برای تخلیه بارهای الکتریکی اعم از ساکن یا متحرک به زمین تعبیه شده اند. سیستم اتصال زمین شامل سیم مسی چند رشته یا تسمه مسی می باشد که یک سر آن به بدنه موتور و سر دیگر به شبکه اتصال زمین واحد مرتبط گردیده است.

کابل‌های رابط و تسمه مسی از نظر سالم بودن باید بازرسی شده و همچنین مقاومت الکتریکی آنها باید اندازه گیری شود. محل اتصالات باید محکم و فاقد زنگ زدگی یا آلودگی باشند. مقاومت الکتریکی اندازه گیری شده بین دستگاه و قطب زمین، نباید از ۳ اهم بیشتر باشد.

۲-۲-۴- بازرسی اتصال کابلها، مفصل‌ها^۱ و جعبه ترمینال‌ها^۲

مفصل‌ها، اتصالات کابلها و جعبه ترمینال‌ها میباید بازرسی شده و عاری از شکستگی و مواد خارجی باشند. اتصالات میباید در محل محکم بوده و نوع آن با جزئیات مذکور در نقشه‌های اجرایی یکسان باشد.

۲-۲-۵- آزمایش گردش آزاد موتور^۳

برای انجام این آزمایش، چنانچه موتور نصب و به دستگاه گردنده خود مرتبط گردیده است، میباید مفصل اتصال محورها باز شده و سپس محور موتور با دست چرخانده شده و اطمینان حاصل گردد که محور به راحتی چرخیده و روان می باشد. در صورت روان نبودن گردش باید در پوش انتهایی موتور یا قسمتهای لازم دیگر را باز نموده و عیب یابی نمود.

۲-۲-۶- بررسی مدار کنترل موتور

ادوات حفاظتی موتور و سیستمهای کنترل آن باید مطابق نقشه‌های اجرایی بوده و به منظور تمیز بودن، نداشتن شکستگی و عملکرد صحیح، تحت بازرسی قرار گیرند. هر گونه گرد و خاک و مواد خارجی باید از داخل قطعات مربوط به ادوات حفاظتی زدوده شود. سیم‌ها و کابل‌های کنترل باید در محل محکم بسته شده، سطوح کنتاکتها کاملاً تمیز بوده، فواصل و فشار آنها تنظیم گردند. دستگاههای سنجش و اندازه گیری نظیر ولتمترها و آمپر مترها، باید بازرسی عینی گردیده و چنانچه لازم باشد برای دقت سنجش آزمایش شوند.

۲-۲-۷- اندازه گیری مقاومت عایقی سیم پیچها نسبت به یکدیگر و زمین^۱

برای اندازه گیری مقاومت الکتریکی سیم پیچها، باید کابلهای موتور از ترمینالهای اتصال جدا گردند. سپس در موتورهای یک فاز و سه فاز آزمایشات زیر که مربوط به تعیین مقاومت عایقی است با استفاده از دستگاه میگر^۲ انجام شود :

❖ آزمایش تعیین مقاومت عایقی فاز به فاز

❖ آزمایش تعیین مقاومت عایقی فاز به بدنه

❖ آزمایش تعیین مقاومت عایقی سیم پیچ موتور نسبت به بدنه (در مورد موتورهای سنکرون و آسنکرون با رتور سیم پیچی شده)

مقادیر بدست آمده از آزمایشات باید با ضوابط تعیین شده در کاتالوگ دستگاه منطبق باشد. گرم شدن، ترک خوردن، شکستگی، کثیف شدن و عوارضی از این قبیل باعث کاهش مقاومت های عایقی شده و در صورت ملاحظه این موارد، باید تعمیرات لازم انجام پذیرد.

۲-۲-۷-۱- تست مقاومت عایقی سیم پیچها توسط میگر

در خصوص موتورهای فشارقوی و فشارضعیف دستگاههای مورد استفاده جهت اندازه گیری مقاومت عایقی به قرار زیر است .

- 380 V Motors with 250 VDC
- 380 V ~ 1000 V Motors with 500V.DC
- 1000V ~ 3000V Motors with 1000V.DC
- 3000V ~ 6000V Motors with 2500V.DC
- 6000V ~ 11000V Motors with 5000V.DC
- 11000 To Up Motors With 10000V.DC

حداقل مقدار قابل قبول مقاومت عایقی در خصوص موتورها برابر ۱۰۰۰ اهم بر ولتاژ کارکرد موتور می باشد. حداقل مقدار قابل قبول این مقاومت عایقی در موتورهای 380V برابر $3M\Omega$ می باشد .

تست مقاومت عایقی سیم پیچهای A.C در موتورهای سنکرون مانند دیگر موتورهای می باشد. ولی در خصوص تست مقاومت عایقی مدار تحریک D.C و سیم پیچهای مربوط به آن می بایست از میگر 250V.DC استفاده نموده که حداقل مقدار قابل قبول آن $2M\Omega$ می باشد . حداقل مقدار قابل قبول مقاومت عایقی موتورهای با توجه به ولتاژ کارکرد و توان موتور از رابطه زیر بدست می آید .

$$R_i = \frac{20 \times V_n}{1000 + 2P}$$

که در آن:

R_i = مقاومت عایقی بر حسب M. Ω

V_n = ولتاژ نامی کارکرد موتور بر حسب ولت

P = توان موتور بر حسب KW

در خصوص موتورهای با توان کمتر از 110KW می بایست تست Dielectric Absorption Test انجام گیرد بدین صورت که ابتدا به مدت ۳۰ ثانیه و سپس به مدت ۶۰ ثانیه توسط دستگاه میگر تست مقاومت عایقی را انجام داده و سپس عدد مقاومت عایقی بدست آمده در دو حالت را بر هم تقسیم نموده که می بایست عدد حاصل از 1.25 بیشتر باشد .

در خصوص موتورهای با توان بیشتر از 110KW می بایست تست ضریب پلاریزاسیون انجام شود بدین صورت که ابتدا به مدت ۱ دقیقه و سپس به مدت ۱۰ دقیقه توسط دستگاه میگر تست مقاومت عایقی را انجام داده و سپس عدد مقاومت عایقی بدست آمده را در دو حالت بر هم تقسیم نموده که عدد حاصل می بایست از ۲ بیشتر باشد .

۲-۲-۲-۲ - تست Hi - Pot

یکی دیگر از آزمایشهای که در خصوص موتورهای با ولتاژ بالاتر از 3000V می توان جهت اطمینان از وضعیت عایقی آنها انجام داد ، تست فشارقوی توسط دستگاه Hi - Pot می باشد. اساس کار این دستگاه بدین صورت می باشد که ولتاژ تنظیمی بر روی دستگاه به سیم پیچهای موتور تزریق شده و توسط ادوات نشان دهنده موجود بر روی دستگاه میزان جریان نشتی که از سیم پیچها به زمین برقرار می گردد را می توان قرائت نمود .

طبق استاندارد، میزان ولتاژ تزریقی به موتورها می بایست حداقل برابر ولتاژ کارکرد دستگاه به اضافه 1000 ولت باشد و زمان تزریق این ولتاژ به موتور می بایست برابر ۱ دقیقه باشد و پس از گذشت زمان ۱ دقیقه میزان جریان نشتی نباید از 1mA بیشتر باشد .
در شکل (۱) تصویر یک نمونه دستگاه Hi -Pot مشاهده می گردد.



شکل (۱)

۲-۲-۸- تست مقاومت اهمی سیم پیچها

یکی دیگر از آزمایشهایی که باید قبل از راه اندازی موتور انجام شود اندازه گیری مقاومت اهمی سیم پیچها می باشد. این کار باید به صورت زیر و توسط یک اهم متر معمولی و یا توسط دستگاه اهم متر Low Resistance انجام شود .

- در خصوص موتورهایی که اتصال سه سر از سیم پیچها در داخل انجام شده است باید مقاومت اهمی بین فازهای UV و UW و VW را اندازه گیری نمود. این مقاومتها میبایست دقیقاً با هم برابر بوده و با اعداد ارائه گردیده در کاتالوگ سازنده مطابقت نماید .

- در موتورهایی که امکان دسترسی به هر شش سر سیم پیچها ممکن باشد باید مقاومت اهمی بین XU و YV و ZW اندازه گیری شده و این مقاومتها می بایست دقیقاً با هم برابر و با اعداد ارائه شده در کاتالوگ سازنده مطابقت نماید .

در شکل (۲) تصویر دستگاه اهم متر Low Resistance ارائه شده است .



شکل (۲)

۹-۲-۲- بازرسی بدنه و متعلقات

بدنه موتور باید مطابق جریات نشان داده شده در نقشه های اجرائی بر روی فونداسیون نصب شده باشد. در انجام این بررسی تراز بودن نصب دستگاه باید تحت توجه قرار گیرد و بدنه برای نداشتن ترک، شکستگی، زنگ زدگی، آسیب های مکانیکی و نظائر آن، تحت بازرسی عینی قرار گیرد.

جعبه اتصال کابلها معمولاً در معرض صدمه در زمانهای حمل و نقل و نصب میباشند. در صورت ملاحظه عیوب، لازمست قطعات معیوب، تعویض یا تعمیر گردند.

۲-۲-۱۰ - آزمایش وسائل حفاظتی

وسائل حفاظتی از قبیل رله های بار اضافی، اتصال کوتاه و رله اتصال زمین بمنظور حصول اطمینان از تمیز بودن، شل نبودن اتصالات و نداشتن شکستگی باید بازرسی شوند. پس از بازرسی عینی لازمست تمام رله ها بوسیله دستگاه آزمایش رله آزمایش و برابر با نقاط تنظیمی طراحی شده میزان شوند. کنتاکتهای رله باید تمیز بوده و فواصل و فشارشان تنظیم باشند. برای آزمایش رله های حفاظتی از دستگاههایی بنام PRIMERY RELAY TESTER و یا SECONDARY RELAY TESTER استفاده می شود.

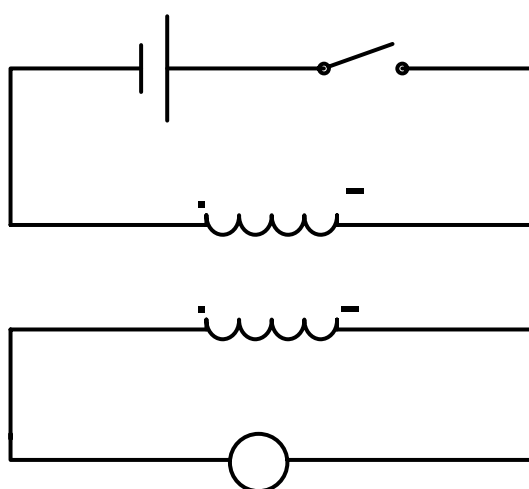
۲-۲-۱۱ - بررسی ترانسفورماتورهای کنترل و جریان مربوط به تابلوهای فرمان موتورها

ترانسفورماتور کنترل و ترانسفورماتورهای جریان تغذیه رله ها باید برای صحت اتصالات مورد بررسی و آزمایش قرار گیرند. نسبت تبدیل این ترانسفورماتورها باید بررسی و آزمایش شده و با مشخصات فنی تطابق داده شود. آزمایش تداوم هدایت الکتریکی مدارهای اولیه و ثانویه توسط اهم متر باید انجام پذیرد. همچنین آزمایش تعیین مقاومت عایقی سیم پیچ های اولیه و ثانویه بر روی این ترانسفورماتور ها توسط دستگاه میگر مناسب باید انجام گیرد. در مواردیکه ترانسفورماتور جریان از نوع حلقه ای^۱ بوده و مدار اولیه آن، خود کابل و یا شینه تغذیه کننده باشد، انجام آزمایشات بالا، بر روی مدار اولیه این ترانسفورماتورها موردی نخواهد داشت.

بر روی کلیه ترانسفورماتورهای جریان آزمایش پلاریته باید انجام پذیرد و پلاریته را میتوان توسط ولتاژ جریان مستقیم ۶ الی ۱۲ ولت طبق شکل (۳) مشخص کرد. در این مدار با فشار دادن لحظه ای شاسی، آمپر متر متصل به سیم پیچ ثانویه باید در جهت صحیح حرکت کند. این جهت به عنوان مرجع قرار داده میشود و ترانسفورماتورهای دوفاز دیگر بدین طریق آزمایش گردیده و جهت حرکت عقربه آمپر متر میباید مطابق با ترانسفورماتور جریان فاز اول باشد. باید توجه داشت که ثانویه ترانسفورماتورهای جریان دو فاز دیگر تا زمانیکه جریان در

اولیه این ترانسفورماتور وجود دارد، اتصال کوتاه شوند، در غیر اینصورت یک ولتاژ بالا در ثانویه مدار باز القاء خواهد شد.

پلاریته P.T ها نیز باید بطور صحیح در مدار بکار رود، گاهی در اثر عدم رعایت این موضوع، نتایج اندازه گیری اشتباه خواهد بود.



شکل (۳)

۲-۲-۱۲- یاتاقانها و سیستم روغنکاری^۱

پس از تکمیل عملیات نصب و قبل از راه اندازی، سیستم روغنکاری در مورد دستگاههایی که دارای این سیستم هستند باید کاملاً بازرسی شود.

گردش روغن روانساز دستگاه باید در زمان آزمایش بدون بار موتور کنترل گردد. در مورد موتورهایی که روانسازی یاتاقانهای آن با گریس صورت میگیرد، میباید اطمینان حاصل گردد که منافذ ورود و خروج گریس باز باشد. سپس بمیزان لازم گریس بدستگاه تزریق شده و دستگاه بدون بار راه اندازی گردد. پس از راه اندازی، مجدداً چنانچه لازم باشد، بدستگاه گریس تزریق گردد و موتور بمدت حدود ۲۰ دقیقه گردش نماید. سپس دستگاه متوقف و با تزریق گریس جدید، گریس کهنه از دستگاه خارج و راه خروج گریس مسدود گردد.

باید توجه داشت که تزریق گریس بیش از میزان لازمی که در کاتالوگ دستگاهها ذکر شده سبب گرم شدن یاتاقان، ذوب شدن گریس و خروج آن از محفظه مربوط خواهد گردید. لذا هنگام گریس کاری، به میزان تزریق باید توجه نمود.

کمبود گریسکاری نیز سبب گرم شدن یاتاقان، افزایش طول محور، بروز فشار بر روی یاتاقان و قفل شدن^۱ میگردد.

پس از راه اندازی موتور به صورت آزاد می بایست بعد از گذشت ۳۰ دقیقه و ۶۰ دقیقه و ۹۰ دقیقه توسط دستگاه ترمومتر که دو نمونه از آن در شکل (۴) آمده است دمای بیرینگ سر جلو (D.E) و دمای بیرینگ سر عقب (N.D.E) در سه مرحله اندازه گیری شود . استاندارد حداکثر درجه حرارت مجاز موتورها متفاوت می باشد ولیکن به طور عمومی حداکثر درجه حرارت مجاز برای بیرینگهایی که روان کاری آنها با گریس انجام می شود برابر 90°C بوده و در خصوص Sleeve Bearing ها که روانکاری آنها توسط روغن انجام می گردد حداکثر برابر 95°C می باشد .



شکل (۴)

۲-۲-۱۳- گرم کن داخلی^۲ موتورهای فشار قوی

در موتورهای فشار قوی به منظور خشک نمودن فضای داخلی موتور و نیز سطح روی سیم پیچها قبل از راه اندازی، گرم کن تعبیه میگردد. اتصالات کابلهای گرم کن باید از نظر صحت و استحکام اتصال تحت بررسی قرار گیرند. همچنین قبل از راه اندازی، باید مقاومت عایق بین سیم پیچهای گرم کن و بدنه موتور، با دستگاه مقاومت سنج ۵۰۰ ولت آزمایش شود.

۲-۲-۱۴- راه اندازی بدون بار و با بار^۱

پس از حصول اطمینان از سلامت اجزاء مختلف دستگاه به شرحی که ارائه گردید، دستگاه باید ابتدا بدون بار راه اندازی شود.

در راه اندازی بدون بار کنترل موارد زیر ضروری میباشد :

- میزان جریان الکتریکی که هر یک از فازهای موتور مصرف مینماید (در موتورهای سه فاز متناوب)
- میزان درجه حرارت بدنه
- میزان لرزش دستگاه
- صدای دستگاه
- میزان ولتاژ و جریان رتور و ضریب قدرت در موتورهای سنکرون
- میزان ولتاژ و جریان آرمیچر و ولتاژ و جریان تحریک در موتورهای جریان مستقیم

حدود مجاز سنجش های فوق الذکر در موتورهای با ظرفیتهای مختلف، متفاوت میباشد، لذا بدین منظور لازمست بدستور عملهای سازنده دستگاه توجه شود.

پس از راه اندازی موفقیت آمیز بدون بار دستگاه، مفصل محور موتور به محور دستگاه گردنده متصل گردیده و موتور بابار آزمایش میگردد. در آزمایش با بار نیز باید عوامل مذکور در فوق اندازه گیری، با مشخصات دستگاه مطابقت گردیده و در فرمهای بازرسی فنی ثبت گردد.

۲-۲-۱۵- تست جریان مصرفی

جریان مصرفی موتور می بایست در دو وضعیت بی باری و بار کامل اندازه گیری گردد. در مورد موتور های با ولتاژ بالاتر از 380V این عمل از طریق دستگاههای اندازه گیری نصب شده بر روی تابلوی تغذیه موتور انجام شده و در مورد موتور های 380V و کمتر توسط آمپر متر کلمپی که تصویر یک نمونه از آن در شکل (۵) نشان داده شده است انجام

خواهد شد . جهت بهره برداری بهینه از موتورها، جریان مصرفی در بار کامل می بایست همواره حداقل 5% کمتر از جریان بار کاملی باشد که در پلاک موتور مشخص شده است . در حالت بی باری جریان مصرفی موتور های 380V که اتصال آنها به صورت ستاره می باشد عموماً ۱/۶ الی ۱/۸ جریان بار کامل موتور بوده و در مورد موتور هایی که اتصال آنها به صورت مثلث می باشد جریان مصرفی آنها عموماً می بایست ۱/۳ جریان بار کامل باشد .



شکل (۵)

۲-۲-۱۶- حرارت بدنه^۱

در اندازه گیری حرارت بدنه موتور در وضعیت آزمایشهای "بدون بار" و "بار" باید از دماسنجهای های مغناطیسی استفاده شود.

همانطور که گفته شد میزان حرارت، بسته به ظرفیت موتورها متفاوت است. چنانچه یکی از عوامل زیر بر روی موتور موجود باشد، ممکن است موتور در حین کار گرم نماید :

- 0 بارموتور زیاد باشد .
- 0 رتور با استاتور تماس داشته باشد و با هر کدام از آنها اتصال کوتاه شده باشند .
- 0 یاتاقانها معیوب باشند .
- 0 موتور بصورت دو فاز کار کند. (در موتورهای سه فاز)

- 0 مفتولهای "رتور" شل شده باشند. (در موتورهای آسنکرون از نوع مفتولی)
- 0 نگاهدارنده جاروبک از جای خود خارج شده باشد. (در موتورهای سنکرون و آسنکرون با رتور سیم پیچی شده و موتورهای جریان مستقیم)
- 0 اضافه جریان بخاطر کم بودن ولتاژ تغذیه
- 0 اضافه جریان به علت اتصالات شل
- 0 اضافه جریان به خاطر کم شدن یا زیاد شدن جریان تحریک (در موتورهای سنکرون)

۲-۲-۱۷- تست درجه حرارت سیم پیچهای موتور

پس از راه اندازی موتور با حداکثر بار نامی خود و گذشت حداقل ۳۰ دقیقه میبایست درجه حرارت سیم پیچی آن توسط دستگاه ترمومتر و یا توسط تجهیزات نشان دهنده درجه حرارت سیم پیچها (در صورتی که بر روی موتور نصب شده باشد) اندازه گیری شود .

حداکثر درجه حرارت کارکرد سیم پیچهای یک موتور، با کلاس عایقی سیم پیچهای بکار رفته در موتور مرتبط می باشد. استاندارد دسته بندی کلاس عایقی سیم پیچها مطابق جدول (۱) می باشد .

جدول (۱): دسته بندی کلاس عایقی سیم پیچها

کلاس عایقی	حداکثر درجه حرارت مجاز سیم پیچ	حداکثر درجه حرارت اندازه گیری شده از روی بدنه موتور
Y	90°C	87°C
A	105°C	100°C
E	120°C	115°C
B	130°C	125°C
F	155°C	150°C
H	180°C	175°C
C	> 180°C	> 175°C

۲-۲-۱۸- روشهای رطوبت زدایی موتور ها

چنانچه در زمان انجام تست مقاومت عایقی سیم پیچها مشخص شد که مقاومت عایقی سیم پیچها از حد مجاز کمتر می باشند از دلایل آن می تواند وجود رطوبت و یا کثیف بودن سیم پیچها و یا ضعف عایقی باشد .

چنانچه در بازرسی چشمی، آلودگی سیم پیچها مشخص گردید می بایست نسبت به شستشوی سیم پیچها توسط هوای خشک و نفت کمپرس شده با فشار حداکثر 30PSI اقدام نمود . در صورتیکه مقاومت عایقی به دلیل ضعف عایقی کاهش پیدا کرده باشد می بایست با اسپری کردن شارلاک و یا وارنیش عایق ، نسبت به تقویت عایقی سیم پیچها اقدام نمود . در صورتی که کاهش مقاومت عایقی بعلت رطوبت گرفتن سیم پیچها باشد می بایست به یکی از روشهای زیر عملیات رطوبت زدایی انجام شود:

- **حرارت دادن سیم پیچها توسط Blower هوای گرم:** در این حالت نباید درجه حرارت هوای خروجی Blower از درجه حرارت مجاز کلاس عایقی سیم پیچ بیشتر باشد .
- **استفاده از کوره^۱:** در این حالت رتور را از استاتور خارج نموده و استاتور را درون کوره قرار می دهند. در این روش درجه حرارت کوره نباید از 80°C تجاوز نماید.
- **استفاده از روش تزریق جریان:** در این روش می بایست توسط یک منبع تغذیه جریان D.C به سیم پیچی استاتور برابر 90% جریان بار کامل موتور تزریق نموده تا در اثر گردش جریان D.C در سیم پیچها رطوبت زدایی شود. خاطر نشان می سازد که در این روش می بایست ولتاژ جریان تزریقی حداکثر 40V باشد که به این منظور عموماً از موتور جوش استفاده می گردد .

۲-۲-۱۹- لرزش موتور^۱

در راه اندازی موتور، باید دستگاه از نظر لرزش تحت توجه قرار گیرد. چنانچه لرزش موتور از حالت عادی خارج باشد، لازمست بوسیله لرزه سنج های صنعتی اندازه گیری شده و مقدار آن با میزان مجاز موتور طبق ضوابط مندرج در کاتالوگ ها و دستورالعملهای سازنده مقایسه شود. لرزش موتور باعث شل شدن پیچهای فونداسیون، خارج شدن دستگاه از هم محوری، فرسودگی یاتاقانها و بروز نقص فنی خواهد شد. عواملی که سبب لرزش موتور می شوند عبارتند از :

- هم محور نبودن موتور با دستگاه گردنده
- محکم نبودن پیچ های فونداسیون
- عدم استحکام کافی شاسی موتور
- انتقال لرزش از دستگاه گردنده به موتور

۲-۲-۲۰- سرعت موتور

سرعت موتور باید با دور سنج های مکانیکی^۲ یا الکترونیکی اندازه گیری شده و با سرعت نامی دستگاه مطابقت داده شود.

۲-۲-۲۱- بررسی صدای موتور^۳

موتور در موقع بهره برداری نباید دارای صدای غیر عادی باشد. صدای غیر عادی موتور میتواند ناشی از عوامل زیر باشد :

- محکم نبودن مکانیزم های مکانیکی ثابت
- بروز اتصال کوتاه در کلاف استاتور
- بروز لقی در "رتور"
- آلوده و ناهموار بودن کنتاکتهای کلید اصلی و کنتاکتور مربوطه

• محکم نبودن میله های رتور (آزاد بودن میله های رتور را میتوان در مورد موتورهای آسنکرون با حرکت دادن حلقه های انتهائی رتور آزمایش نمود)
چنانچه موتور پس از روشن شدن، صدای بم بدهد لیکن حرکت ننماید، یکی از عیوب زیر ممکن است بروز نموده باشد :

- غلط بودن اتصالات سر سیم
- سائیده شدن وقفل شدن یاتاقانها
- وجود اتصالی در سیم پیچی رتور موتورهای سنکرون ویا آسنکرون با رتور سیم پیچی شده
- اتصال بدنه یا اتصال فاز به فاز در سیم پیچی استاتور
- دو فاز بودن

۲-۳- بازرسی فنی تعمیراتی موتورهای الکتریکی

زمان بازرسی فنی ادواری موتورهای الکتریکی بستگی به نوع وظرفیت موتور وشرایط بهره برداری، شرایط تعمیرات ونگهداری آنها دارد.

هرموتور الکتریکی پس از یک دوره بهره برداری نیاز به تعمیراتی دارد که توسط مسئولین تعمیرات ونگهداری واحدها انجام خواهد شد. در برنامه های پیش گیری تعمیر ونگهداری موتور ها، دوره هائی که هر موتور بایستی تعمیر ویا سرویس شود، مشخص میگردد. این پیشگیری ها که شامل انجام وظائفی در جهت حفظ سلامت ونگهداری از دستگاه است، توسط متخصصین تعمیرات واحدها اجرا خواهد شد.

در مراحل اجرای تعمیرات اساسی موتورهای الکتریکی، امکان انجام بازرسی فنی موتورها ایجاد میگردد. در این مراحل، بسته به نوع دستگاه، اجزای دستگاه جدا گردیده وبازرسیهای لازم از آن به عمل خواهد آمد.

قسمتهائی از موتورهای الکتریکی که در زمان اجرای تعمیرات اساسی تحت بازرسی فنی قرار خواهند گرفت به قرار زیرند :

۲-۳-۱- یاتاقانها^۱

سلامت یاتاقانهای موتورهای کوچک را میتوان با حرکت دادن افقی محور آزمایش نمود. اگر محور در محل حرکت نماید، نموداری از سائیدگی یاتاقان یا سائیدگی محور رتور است. چنانچه یاتاقانها سائیده شده باشند و محور از تراز خارج گردد، رتور با استاتور تماس حاصل نموده و موتور در حرکت با صدا کار خواهد نمود. چنانچه سائیدگی زیاد باشد، رتور بر روی هسته استاتور اصطکاک پیدا نموده و چرخش موتور مختل میگردد. در هر حالت پس از ملاحظه این نقص باید تعمیرات ضروری انجام پذیرفته و قطعات فرسوده تعویض گردند.

در موتورهای بزرگ، آزمایش سائیدگی با فاصله سنج یا فیلر^۲ اندازه گیری میشود. بوسیله این ابزار فاصله بین رتور و استاتور اندازه گیری شده و در تمام نقاط باید یکسان باشد. در غیر اینصورت باید یاتاقانها تعویض یا تعمیرات دیگری انجام پذیرد.

در بازرسی یاتاقانها میباید نسبت به کیفیت روغن و گریس دستگاه توجه نموده و مطمئن شد که خواص این روانسازها ضایع نگردیده و سالم باشند.

۲-۳-۲- رتور

در موتورهای آسنکرون قفسه سنجابی باید مفتولهای درون رتور و نیز حلقه های انتهائی بررسی شده و اطمینان حاصل شود که شل و باز نباشند. همچنین در موتورهای آسنکرون که رتور آن یکپارچه میباشد باید دقت نمود که سطح رتور سائیده نشده و دمنده های حلقه انتهائی^۳ سالم باشند.

در موتورهای DC و موتورهای آسنکرون با رتور سیم پیچی شده و موتورهای سنکرون با رتور استوانه ای باید دقت نمود که حلقه های سیم پیچ رتور، محکم و تمیز و سالم باشند و همچنین سیم های محکم کننده سیم پیچ ها شل نباشند.

در موتورهای سنکرون با رتور قطب برجسته باید بررسی نمود که مفتولهای مربوط به سیم پیچ میرا کننده^۴ و حلقه های اصطکاکی این مفتولها بررسی و اطمینان حاصل شود که شل و یا باز نباشند.

1- BEARINGS
2-FILLER GAUGE
3- END RING FAN
4- DAMPER WINDING

۲-۳-۳- استاتور

اتصال کوتاه شدن کلافهای سیم پیچ استاتور باعث میگردد که موتور در سرعتی کمتر از سرعت عادی بچرخد و تولید صدا نماید. لذا باید بررسی نمود که ورقه های آهن محکم باشند و سطح داخلی استاتور سائیده نشده و کلافهای سیم پیچ استاتور اتصال کوتاه نشده باشند. از آنجا که کلافهای اتصال کوتاه شده، داغ شده و دود میکنند و در بعضی اوقات موتور به سرعت نهائی نمیرسد و در نتیجه موتور، جریان اضافی میکشد و فیوز را می سوزاند. لذا باید مقاومت عایقی سیم پیچها اندازه گیری شده و با میزان مندرج در کاتالوگ سازنده مقایسه گردد و از تمیز و محکم بودن آنها اطمینان حاصل گردد.

۲-۳-۴- بازرسی کموتاتور- کلکتور^۱

در بازرسی از کموتاتور باید توجه شود که سطح این قسمت از موتور صاف و صیقلی بوده و سائیدگی قابل ملاحظه نداشته باشد. همچنین تیغه های مسی کوتاه و بلند نباشند و برجستگی روی آن ملاحظه نگردد.

سطح کلکتور نباید کثیف باشد. کثیف بودن آن سبب میشود که جاروبک به کلکتور اتصال پیدا ننماید و برق به سیم پیچ رتور جریان نیابد. در صورت بروز این عیب، موتور در اثر اختلاف شدت میدان مغناطیسی، لرزش پیدا خواهد کرد.

چنانچه موتور در حال کار باشد و هنگام بازرسی فنی جرقه های شدیدی دیده شود باید موتور متوقف شده و سطوح کلکتور مورد بازرسی قرار گیرد. اغلب در اینگونه مواقع خطوطی که در اثر جرقه ایجاد شده روی تیغه های کلکتور اثر میگذارد. اگر خطوط مزبور را بتوان توسط پارچه آغشته به الکل تمیز نمود، عیب باعث ایجاد صدمه نشده و پس از رفع عیب میتوان مجدداً از موتور بهره برداری نمود. در غیر اینصورت لازمست خطوط ایجاد شده بر روی کلکتور را با کاغذ شیشه ای مخصوص و با چرخش موتور بر طرف نمود. استفاده از کاغذ سمباده برای این منظور مجاز نمی باشد زیرا که ذرات سمباده هادی بوده و در صورت نفوذ در داخل موتور باعث کاهش مقاومت عایقی سیم پیچها و همچنین باعث اتصال تیغه های کلکتور بیکدیگر میشود.

تیغه های کلکتور پس از آنکه مدتی کار کردند به رنگ بنفش در می آیند. ماده رنگی بوجود آمده بسیار مفید است و سطح کلکتور را از فرسایش محافظت میکند، لذا نباید تمیز گردد.

۲-۳-۵- بازرسی جاروبک، غلاف جاروبک و حلقه های اصطکاکی^۱

جاروبک ها و پایه جاروبک ها باید بازرسی شده و در صورتیکه ترک خوردگی، شکستگی و یا سوختگی داشته باشند تعویض گردند. وضعیت فنرها و فشار فنرها روی ذغالها یا جاروبکها نیز باید بررسی گردیده و در صورت مشاهده عیوب مانند آزاد بودن میله های غلاف جاروبک که باعث لرزش غلاف جاروبک میشود، تعویض گردند. جاروبکها در حین کار سائیده شده و ارتفاع آنها کم میشود. مقدار این سائیدگی با توجه به ساختمان و نوع آن متغیر است. پوسیدگی (فرسودگی) لبه غلاف جاروبک یکی از علل معمولی برای کار نکردن موتور است. این امر مخصوصاً در غلافهای جاروبک نرم بیشتر اتفاق میافتد. فرسودگی لبه غلاف جاروبک باعث میشود که غلاف با جاروبک تماس اندکی داشته باشد. برای رفع این عیب، غلاف جاروبک باید تعویض گردد.

جرقه زدن بین تیغه های کلکتور و جاروبک از نواقصی است که اغلب در موتورهای جریان مستقیم دیده میشود، بهمین جهت در هنگام بازرسی فنی این نوع موتورها قبل از هر چیز باید به کار جاروبکها توجه شود.

تیغه های کلکتور در اثر جرقه های شدید، خسارت دیده و جاروبکها بیش از حد سائیده میشوند. در موقع کار اگر زیر نیمی از جاروبکهای موجود جرقه ضعیفی بزند، معمولی است و میتوان از موتور بهره برداری نمود. ولی اگر در زیر قسمت اعظم جاروبکها و تمام آنها جرقه بزند سطح کلکتور سیاه شده و اثر سوختگی روی جاروبکها بجای می ماند. در چنین حالتی بهره برداری از موتور فقط برای مدت کوتاهی مجاز است. فشار جاروبک ها بر روی کموتاتور یا حلقه های رینگی باید بازرسی گردد.

برای اندازه گیری این فشار میتوان از دستگاه فشار سنج فنری^۲ استفاده نمود و در صورت نیاز این فشار را بوسیله پیچ های مربوطه تنظیم نمود. باید دقت نمود که سطح اتصال جاروبک

1-BRUSH, BRUSH HOLDER AND SLIP RINGS

2- SPRING PRESSURE SCALE

ها کاملاً شکل کموتاتور و یا حلقه رینگی را دارا باشد. جاروبک ها بصورت آزاد و روان وبدون اینکه شل باشند باید بتوانند در غلاف جاروبک حرکت بنمایند.

حلقه های رینگی را از لحاظ وجود ناهمواری بیش از حد و یا از لحاظ وجود اثر جاروبک^۱ باید مورد بازرسی قرار داد. در صورت وجود ناهمواری بیش از حد لازم است که تعمیرات مورد نیاز بر روی حلقه های رینگی انجام پذیرد. وجود اثر جاروبک عمدتاً ناشی از لنگی حلقه های رینگی می باشد.

عایق بودن حلقه ها نسبت به یکدیگر و همچنین نسبت به محور نیز باید توسط دستگاه میگر مناسب مورد بازرسی قرار گیرند. لازم به تذکر است که جهت انجام آزمایش مقاومت عایقی حلقه ها نسبت به یکدیگر، باید اتصالات سیم پیچ های رتور از سر حلقه های رینگی باز شوند.

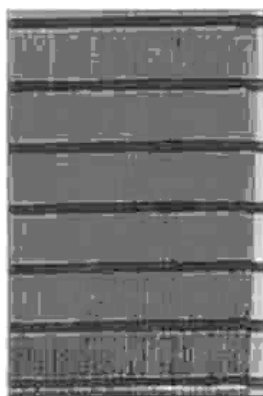
۲-۳-۶- ظاهر کموتاتور

علاوه بر سطح فیزیکی کموتاتور، پوشش مناسب برای حرکت خوب جاروبکها مهم است. هر ساختار جاروبک دارای مشخصه ای است که بر عملکرد آن تأثیر می گذارد، پوشش شامل اکسید کربن، گرافیک برای جاروبک مهم است.

شکلهای زیر شکل ظاهری سطوح کموتاسیون را نشان می دهد. این عکسها یک مشخصه استاندارد بین المللی نیستند اما بوسیله سازندگان جاروبک کربنی مورد استفاده قرار می گیرند تا استفاده کنندگان از جاروبکها در مورد عملکرد جاروبکها دآوری نمایند.

۲-۳-۶-۱- پوشش و روکش نرمال

در شکل (۶) مثالهایی از پوشش مناسب سطح کلکتور نشان داده شده است که وقتی درست کار می کنند سطح پوشش هموار است و کم کم از درخشندگی به سیاه متمایل می شوند ولی مهم همواری سطح است نه رنگ آن.



شکل (۶)

۲-۳-۶-۲- نمایشی از سطح و پوشش نامناسب

در شکل (۷) یک پوشش خط دار که دارای مسیر نازکی از رنگهای مختلف می باشد روی سطح کموتاتور مشاهده می شود . دلایلی همچون رطوبت زیاد، بخار روغن، گازهای مخرب در اتمسفر و بار الکتریکی کم روی جاروبکها در ایجاد این پوشش موثر است.



شکل (۷)

در شکل (۸) پارگی پوست، شکاف و سائیدگی کموتاتور مشاهده می شود. دلایل ایجاد این امر همان دلایل شکل (۷) می باشد اما با وضعیتی که برای یک دوره زیاد، باعث آسیب کموتاتور شده است،



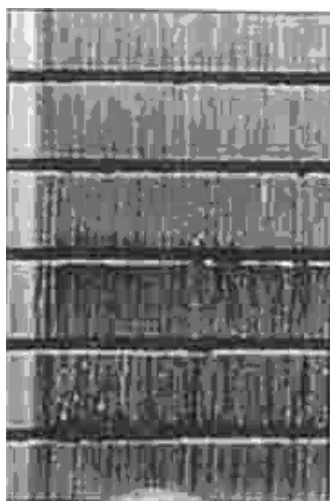
شکل (۸)

در شکل (۹) زنگارهایی با رنگ سیاه حتی بدون پوسته دارای رنگهای متفاوت ولکه های اتفاقی دیده می شود. علت این امر نامتعادل بودن کموتاتور یا کار کردن در شرایط کثیف می باشد.



شکل (۹)

در شکل (۱۰) زنگار با سطوح سیاه، پوشش منظم و غیر منظم در قطعات کموتاتور دیده می شود. علت این امر گردش خارج از مرکز کموتاتور، ارتعاش موتور بدلیل بد میزان کردن یا خسارت دیدن یاتاقان می باشد.



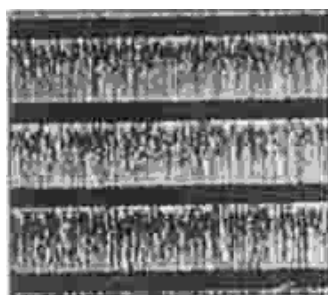
شکل (۱۰)

در شکل (۱۱) سطح سیاه ونقطه نقطه شده در لبه وکناره تیغه های کموتاتور دیده می شود. علت این امر آنست که قطعه یا گروهی از قطعات باعث برخورد با جاروبکها می شوند.



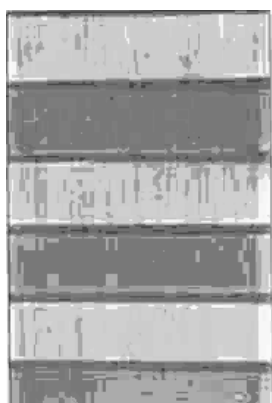
شکل (۱۱)

در شکل (۱۲) قطعات کموتاتور در وسط نقطه نقطه شده اند. این امر ناشی از تراش معیوب کموتاتور می باشد.



شکل (۱۲)

در شکل (۱۳) سیاه و سفیدی یک در میان تیغه های دیده می شود علت این امر تقسیم جریان غیر یکنواخت در دو سیم پیچ موازی است که در یک شیار وجود دارند.



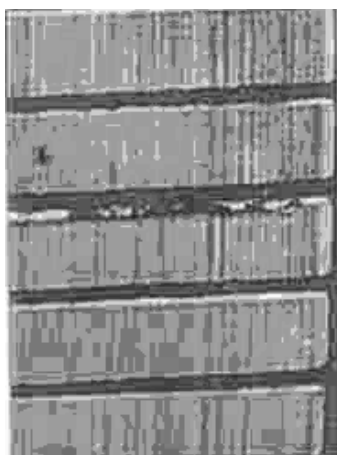
شکل (۱۳)

در شکل (۱۴) تیغه های مات در فاصله های دو برابر گام قطبی دیده می شود. علت این امر معمولاً لحیم کاری اشتباهی است که سبب اتصال قطعات و سوختن تیغه ها شده است.



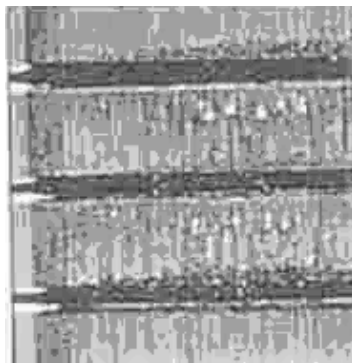
شکل (۱۴)

در شکل (۱۵) سوختگی لبه یا وسط تیغه ها مشاهده می شود که ناشی از جرقه به علت مشکلات کموتاسیون می باشد.



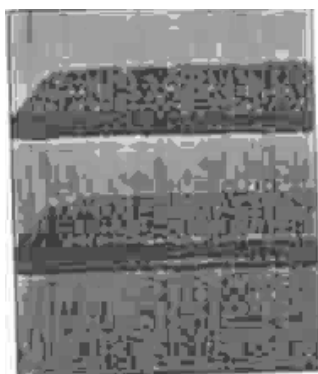
شکل (۱۵)

در شکل (۱۶) پوشش سوراخ دار شده، روشن و کثیف شده با لکه های اضافی دیده می شود. که ناشی از مقاومت الکتریکی بسیار بالا و نفوذ چربی و گردو خاک زیر جاروبک می باشد.



شکل (۱۶)

در شکل (۱۷) تکه های سیاه رنگ در کناره تیغه ها و در جهت چرخش دیده می شود. که ناشی از پریودهای طولانی موتور در حالت بدون بار یا پریودهای ثابت کوچک زیر بار می باشد.



شکل (۱۷)

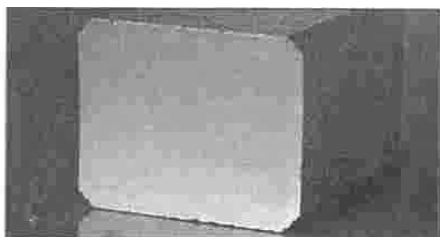
در شکل (۱۸) اثر سوختگی لبه تیغه ها نشان داده شده است دلیل این امر برجستگی قطعات می باشد.



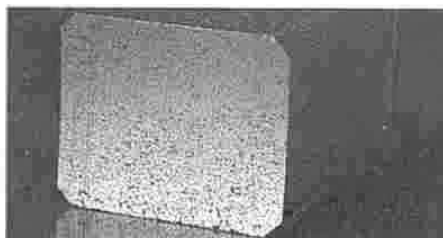
شکل (۱۸)

۲-۳-۶-۳- نمایشی از سطح لغزان جاروبک

شکلهای زیر سطوح لغزان چند جاروبک را نشان می دهند . شکل (۱۹) سطوح رضایت بخشی از سطح لغزان جاروبک را نشان می دهد که مسئله مکانیکی ویا الکتریکی ندارند.همانطور که مشاهده می شود بعضی از سطوح متراکم ویا متخلخلند ویا سطح تیز وزبری دارند. اگر گرد و خاک در هوا موجود باشد خط نازکی روی سطوح ایجاد می شوند.



متراکم، سطح لغزان ودرخشان



متخلخل وپر منفذ



پیدا شدن خط مویی شکل

شکل (۱۹)

در شکل (۲۰) خطوط مویی شکل روی سطح را نشان می دهد که ناشی از تحت بار راه اندازی شدن و تأثیر گردو خاک، روغن و گریس می باشد. این خطوط در شکل (۲۱) زیاد تر است.

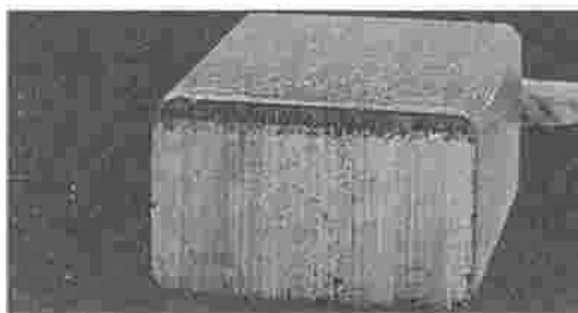


شکل (۲۰)



شکل (۲۱)

در شکل (۲۲) سوختن لبه یا خط دار شدن لبه ها را نشان می دهد که ناشی از داشتن مشکل جابجایی، جرقه زیاد، قطع تماس بخاطر خارج شدن از سطح کموتاتور و غیر کافی بودن فشار می باشد.



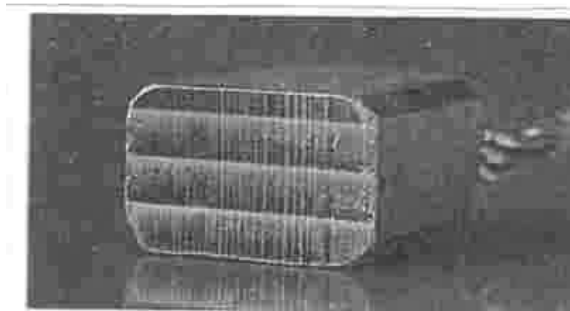
شکل (۲۲)

در شکل (۲۳) سائیده شدن سطح جاروبک را نشان می دهد که ناشی از بار زیاد الکتریکی و گسیختگی اتصال می باشد.



شکل (۲۳)

در شکل (۲۴) ورقه شدن سطح لغزان نشان داده شده است. که ناشی از سوختن قطعات سطح لغزشی به دلیل سیم پیچی اشتباه است که ولتاژ ضربه ای به کموتاسیون می دهد.



شکل (۲۴)

در شکل (۲۵) دو صفحه شدن سطح لغزان نشان داده شده است. که ناشی از کج قرار دادن زغال در ماشین دو جهت با زغال دو قلو می باشد.



شکل (۲۵)

در شکل (۲۶) شکستن لبه های سطح لغزان نشان داده شده است. که ناشی از برآمدگی ورقه ها، خارج شدن کموتاتور از محیط دایره ای و برخورد با جاروبک می باشد.



شکل (۲۶)

۲-۳-۴- فشار جاروبک

فشار جاروبک بر سائیدگی جاروبکهای کربنی اثر می گذارد. این فشار می بایستی برای کارها و شرایط خاص مانند نوع و کاربرد ماشین مناسب باشد. اگر نوسانات زیادی در ماشین باشد فشار جاروبک می بایستی افزایش یابد.

سائیدگی جاروبک بر اثر فشار جاروبک بوجود می آید. بنابراین فشار جاروبک می بایستی طوری تنظیم شود که مینیمم سائیدگی جاروبک و کموتاتور را بوجود آورد. در جدول (۲) نمایش فشار صحیح جاروبک در چند نوع کاربرد آمده است.

جدول (۲)

فشار	نوع کاربرد
$2-3 \text{ N / Cm}^2$	کموتاتور ماشین نوشت افزار
2.5 N / Cm^2	ماشین های با حلقه لغزان یا اسلیپ رینگها
$3-4 \text{ N / Cm}^2$	موتورهای اتوبوس و واگن برقی
$2.5-3 \text{ N / Cm}^2$	موتورهای جرثقیل
$1.3-2 \text{ N / Cm}^2$	توربو ژنراتور

۲-۴- عواملی که سبب گرم کردن و سوختن موتورهای AC می شود

به طور کلی عواملی که باعث گرم شدن و سوختن موتورهای می شود به قرار زیر است.

- بار زیاد
- ولتاژ زیاد یا کم ($\pm 10\%$ محدوده مجاز ولتاژ است)
- فرکانس کم یا زیاد ($\pm 5\%$ محدوده مجاز فرکانسی است)
- رطوبت : که باعث کاهش مقاومت عایقی می شود.
- حرارت (حرارت محیط و حرارت تولیدی)
- راه اندازی نامناسب (راه اندازی اولیه و راه اندازی مکرر)
- عدم بالانس محوری و شعاعی موتور

- لرزش موتور بدلیل نصب نادرست و خرابی بیرنگها، خطا در داخل موتور، عدم بالانس محور شعاعی
- خرابی بیرنگها ویاتاقانها
- جریان مزاحم در موتورهای فشار قوی
- هارمونیکها
- بسته شدن مسیر تهویه
- استقرار نامناسب موتور
- عدم سرویس ونگهداری به موقع
- رژیم کاری نامناسب برای موتور
- سیستم های کنترلی خوب عمل نمی کنند
- اتصال کوتاه با قطعی سیم پیچی فازها
- اتصال نامناسب موتور به شبکه
- کلاس عایقی نامناسب
- رعایت نکردن IP یا درجه حفاظت داخلی موتور در برابر گردو غبار یا آب
- روان سازی نامناسب
- عایق نامناسب
- بکارگیری نادرست موتور برای بارهای مختلف
- رعایت نکردن نوع نصب الکتروموتور (افقی یا عمودی)
- اختلاف هم سطحی رتور (داخل استاتور)
- نبود واشر فنی پشت بیرنگها
- ول شدن قفس و آهن روتور روی محور بعلت از بین رفتن گوه روی محور
- تاب برداشتن محور یا شافت موتور
- شکستگی میله های روتور "قفس باز شده"
- نداشتن پروانه خنک کننده موتور
- سائیدگی محل نشست بیرینگ در داخل قالباق یا براکت

- گیرپاژ بودن روتور در داخل استاتور
- سفتی تسمه
- نامناسب بودن پولی روی محور الکتروموتور
- نداشتن گلند کابل برای جعبه ترمینال
- استفاده از کابل نامناسب برای راه اندازی الکتروموتور
- تنظیم نادرست رله های حفاظتی
- حرکت محوری بیش از حد مجاز
- حرکت شعاعی بیش از حد مجاز عمودی
- اتصالات نامناسب به هنگام تجدید سیم پیچی الکتروموتور
- خراب شدن ترمزورها نشدن آن از روی محور
- اختلاف سطح محل نصب رعایت نشده باشد
- شکستگی رینگهای سر قفس روتور
- تراش سطح روتور که فاصله هوایی زیاد شده و تلفات موتور بالا می رود.
- رطوبت گیری استاتور و فرسوده شدن عایق روی ورقها
- تجدید نادرست سیم بندی بعلت اتصال غلط و رعایت نکردن قطر و تعداد دور سیمها
- دو فاز شدن
- توالی فازها رعایت نشود.
- عدم تخلیه هوا در سیستم آب رسانی واترپمپها
- انتخاب نامناسب موتور از نظر قدرت، سایز و فریم، کلاس روتور در روتور قفسی
- کم بار شدن الکتروموتور (پمپها) و نداشتن رله جریان کم^۱
- تهویه نامناسب
- خرابی هسته استاتور یا روتور
- نداشتن عایق زیر یاتاقان الکتروموتور های فشار قوی
- نداشتن رله های حفاظتی مناسب

۲-۵- برنامه نگهداری موتورهای AC

در جداول (۳) تا (۵) برنامه بازرسی یا نگهداری موتورهای AC آمده است.

جدول (۳)

نام دستگاه	برنامه بازرسی یا نگهداری	هفتگی	ماهانه	سه ماهه	سالانه	۲ ساله	۳ ساله
سیم پیچی استاتور و روتور	اندازه گیری درجه حرارت سیم پیچی جهت بررسی اینکه سیستم خنک کننده مرتب انجام وظیفه نماید.						
سیم پیچی استاتور و روتور	اندازه گیری مقاومت عایقی						
سیم پیچی استاتور و روتور	- بازدید بصری از تمام قسمتهای موتور جهت جرم گرفتگی باگرد و غبار، گریس، روغن و در صورت لزوم تمیز کردن و شستشو - بازدید نخ بندی اتصالات و سر سیمها از نظر محکم بودن بازدید گوه ها						
کل الکتروموتور	اندازه گیری تلفات هسته						
کل الکتروموتور	اندازه گیری لرزش الکتروموتور به صورت عمودی و افقی از نقطه مرکزی نگهدارنده بیرینگ						
کل الکتروموتور	اندازه گیری صدای موتور : گوش کردن و چک کردن صداهای غیر عادی مثل صدای سایش یا ضربه زدن						
کل الکتروموتور	بازدید بصری از میزان آلودگی روی موتور						
منبع تغذیه و درجه های نشان دهنده و کنترل سیم رابط	بازدید وضعیت اتصال تمامی کابل های اتصال چک کردن میزان گرد و غبار ولکه ها						
سیم ذغالها اگر تعبیه شده باشد واسلیپ رینگ	- بازدید بصری از آزاد بودن ذغالها و حرکت آنها در جا ذغالی و تمیزی محل تماس ذغال ها واسلیپ رینگ - بازدید فشار ذغالها (در موتورهای اسلیپ رینگ)						
اسلیپ رینگ	بازدید سطح اسلیپ رینگ از نظر خراشیدگی و تغییر رنگ (در موتورهای اسلیپ رینگ)						
ذغالها و نگهدارنده ها	بازدید ذغالها از نظر فرسودگی و در صورت نیاز تعویض نمودن آنها (در موتورهای اسلیپ رینگ)						

جدول (۴)

نام دستگاه	برنامه بازرسی یا نگهداری	فوتی	ماهیانه	سه ماهه	سالانه	۲ ساله	۳ ساله
اسلیپ رینگ	بازدید نگهدارنده های جا ذغالی از نظر تمیز بودن و تست مقاومت عایقی (در موتورهای اسلیپ رینگ)						
سیستم خنک کننده هوا و آب و اتصالات	بازدید از سوپاپ ورودی آب و تمیز بودن آب						
	بازدید بصری از لوله های آب جهت نشتی						
	بازدید از فیلترها و میزان مسدود بودن آنها						
	بازدید و تمیز کردن فیلترها و در صورت نیاز تعویض نمودن آنها و چک کردن سوئیچ اختلاف فشار						
	چک کردن سطح داخلی لوله های خنک کننده جهت زنگ زدگی						
	بازدید بصری از کلیه سیستم جهت جرم و غبار						
کوپلینگ	بازدید از تنظیم بودن کوپلینگ و ثبت آن						
	بازدید پیچ های محل نصب موتور و قفل بودن آنها						
پیچ های اتصال (نگهدارنده)	بازدید از سفت بودن قفل کن های پیچ های موتور						
موتور گرداننده فن	بازدید از رول بیرینگها جهت کثیف نبودن						
رول بیرینگها	اندازه گیری درجه حرارت از محل های لازم و ثبت آن						
	بازدید و تست بیرینگها						
	روغن کاری مجدد فقط در حال روشن بودن موتور						
	چک کردن سیل های بیرینگها و روغن کاری آنها						
	تعویض قطعات فرسوده (بیرینگها و سیل های لاستیکی)						
	چک کردن از جهت جرم گرفتگی						

جدول (۵)

نام دستگاه	برنامه بازرسی یا نگهداری	مفتی	مافیان	سه ماهه	سالانه	۲ ساله	۳ ساله
کل الکتروموتور	شستشوی الکتروموتور، شستشوی سیم پیچها، خشک کردن، وارنیش کاری و کیورینگ						
درب قالبها	بازدید جای بلبرینگ روی درب قالب						
درب قالبها	بازدید پشت بلبرینگ و گریس خور و جای کاسه نمد						
پروانه	بازدید پروانه خنک کن						
باکس الکتروموتور	بازدید باکس و درپوش آن از لحاظ عدم ترکیدگی و شکل ظاهری						
رتور	بازدید و تست کردن قفسهای رتور، محل جوشهای شینه ها به رینگ اتصال کوتاه (در رتور قفسی)						
باکس الکتروموتور	بازدید پیچ و واشر فنری نگهدارنده در پوش باکس						
باکس الکتروموتور	بازدید تخته کلم از لحاظ شکل ظاهری و سالم بودن						
رتور	تست ترک یابی شافت رتور						
شافت و کوپلینگ	بازدید جای خار تخت شافت - بازدید سالم بودن و سنتر و تراز بودن کوپلینگ، محکم بودن پیچهای نگهدارنده کوپلینگ						
درب قالبها و پوسته	بازدید سالم بودن و عدم ترکیدگی پوسته و درب قالبها						
رتور	تست اتصال حلقه کلافها - اندازه گیری مقاومت اهمی فازها - اندازه گیری اندوکتانس فازها اندازه گیری میزان تخلیه جزئی اندازه گیری تلفات عایقی - بازدید نخ بندی اتصالات و سر سیمها از لحاظ محکم بودن.						
رتور	بازدید گوه ها و بازدید بانداژ رتور						
رتور	بازدید شافت، جای بیرینگها، جای کوپلینگ، جای سیلها						

۲-۶- برنامه نگهداری موتورهای DC

در جداول (۶) و (۷) برنامه بازرسی یا نگهداری موتورهای DC آمده است.

جدول (۶)

نام دستگاه	برنامه بازرسی یا نگهداری	هفتگی	ماهانه	سه ماهه	شش ماهه	سالانه	۳ ساله
سیم پیچی استاتور	اندازه گیری درجه حرارت سیم پیچی جهت بررسی اینکه سیستم خنک کننده مرتب انجام وظیفه نماید.						
سیم پیچی استاتور و روتور	اندازه گیری مقاومت عایقی						
سیم پیچ استاتور و روتور	بازدید بصری از تمام قسمتهای موتور جهت جرم گرفتگی با گرد و غبار، گریس، روغن و در صورت لزوم تمیز کردن و شستشو - بازدید بانداژ رتور - بازدید نخ بندی اتصالات و سر سیمها از نظر محکم بودن - بازدید گوه ها						
کل الکتروموتور	اندازه گیری لرزش الکتروموتور به صورت عمودی و افقی از نقطه مرکزی نگهدارنده بیرینگ						
کل الکتروموتور	اندازه گیری صدای موتور: گوش کردن و چک کردن صداهای غیر عادی مثل صدای سایش یا ضربه زدن						
کل الکتروموتور	بازدید بصری از میزان آلودگی روی موتور						
ترمینال موتور و تابلوهای تغذیه	بازدید وضعیت اتصال تمامی کابل های اتصال و بررسی محکم بودن پیچها و اکسیداسیون، زنگ زدگی، سیاه شدگی						
	چک کردن میزان گرد و غبار ولکه ها						
سیم ذغالها اگر تعبیه شده باشد	بازدید بصری از آزاد بودن ذغالها و حرکت آنها در جاذغالی - تمیزی و محل تماس ذغال ها و شافت						
کلکتور	بازدید فشار ذغالها، بازدید از سنتر بودن کلکتور						
کلکتور	بازدید سطح کلکتور از نظر خراشیدگی و تغییر رنگ						
ذغالها و نگهدارنده ها	بازدید ذغالها از نظر فرسودگی و در صورت نیاز تعویض آنها						

جدول (۷)

نام دستگاه	برنامه بازرسی یا نگهداری	فوتی	ماهیانه	سه ماهه	سالانه	۲ ساله	۳ ساله
سیستم خنک کننده هوا و آب و اتصالات	چک کردن سطح داخلی لوله های خنک کننده جهت زنگ زدگی						
سیستم خنک کننده هوا و آب و اتصالات	بازدید بصری از کلیه سیستم جهت جرم و غبار						
کوپلینگ	بازدید از تنظیم بودن کوپلینگ، ثبت آن						
	بازدید پیچ های محل نصب موتور و قفل بودن آنها						
پیچ های اتصال (نگهدارنده)	بازدید از سفت بودن کلیه پیچ های الکتروموتور موتور اعم از پیچهای فونداسیون، پیچهای نگهدارنده قطبهای اصلی و کمکی پیچهای درب قالبها						
موتور گرداننده فن	بازدید از رول بیرینگها جهت کثیف نبودن						
رول بیرینگها	اندازه گیری درجه حرارت از محل های لازم و ثبت آن						
رول بیرینگها	بازدید و تست بیرینگها به روش SPM						
رول بیرینگها	روغن کاری مجدد فقط در حال روشن بودن موتور						
رول بیرینگها	چک کردن سیلهای بیرینگها و روغن کاری آنها						
رول بیرینگها	تعویض قطعات فرسوده (بیرینگها و سیلهای لاستیکی)						
رول بیرینگها	چک کردن از جهت جرم گرفتگی						
کلکتور	بازدید نگهدارنده های جا ذغالی از نظر تمیز بودن و چک کردن مقاومت عایقی						
سیستم خنک کننده هوا و آب و اتصالات	بازدید از سوپاپ ورودی آب و تمیز بودن آب						
سیستم خنک کننده هوا و آب و اتصالات	بازدید بصری از لوله های آب جهت نشتی						

سوالات آموزشی فصل دوم:

- ۱- موتورهای الکتریکی جریان متناوب به چند نوع تقسیم بندی می شوند؟
- ۲- رتور موتورهای سنکرون از لحاظ ساخت به چند نوع تقسیم بندی می شوند؟
- ۳- اجزاء عمده استاتور یک موتور الکتریکی جریان مستقیم را نام ببرید.
- ۴- اجزاء عمده رتور در یک موتور الکتریکی جریان مستقیم را نام ببرید.
- ۵- در بازرسی اتصال زمین، مقاومت الکتریکی اندازه گیری شده بین دستگاه و قطب زمین، نباید از چند اهم بیشتر باشد؟
- ۶- در موتورهای یک فاز و سه فاز چه آزمایشاتی برای تعیین مقاومت عایقی انجام می شود؟
- ۷- در راه اندازی بدون بار یک موتور کنترل چه مواردی ضروری میباشد؟
- ۸- چه عواملی اگر بر روی موتور موجود باشد، ممکن است موتور در حین کار گرم نماید؟
- ۹- چه عواملی سبب لرزش موتور می شوند؟
- ۱۰- صدای غیر عادی موتور میتواند ناشی از چه عواملی باشد؟
- ۱۱- عواملی که باعث گرم شدن و سوختن موتورها می شود را نام ببرید.
- ۱۲- روش انجام تست High Pot در خصوص یک موتور را بیان کنید .
- ۱۳- روش انجام تست مقاومت اهمی سیم پیچهای یک موتور را بیان کنید .
- ۱۴- مقادیر مجاز جریان مصرفی یک موتور را بیان نمایید .
- ۱۵- انواع کلاس عایقی سیم پیچهای موتور را نام برده و درجه حرارت های مجاز آن را بیان نمایید .
- ۱۶- روش های رطوبت زدایی موتورها را بیان نمایید .

فصل سوم

تابلوهای برق ونحوه بازرسی آنها

اهداف آموزشی فصل سوم:

- ۱- شناخت تابلوهای برق
- ۲- آشنایی با ادوات عمده تابلوهای برق
- ۳- شناخت انواع فیوزها و موارد کاربرد آنها
- ۴- آشنایی با بازرسی کنتاکتورها
- ۵- آشنایی با بازرسی حین نصب تابلوهای برق
- ۶- آشنایی با بازرسی کلیدها

۳-۱- تابلوهای برق و متعلقات آن

تابلوهای برق به منظور کنترل و حفاظت ماشین آلات برقی از طریق کنتاکتورها، فیوزها، رله ها، تایمرها، نشان دهنده ها، علائم خبری، دستگاههای اندازه گیری مانند ولتметр، آمپر متر و وات متر طراحی و نصب می شوند. اجزاء تابلوهای برق بر روی مدارهای مختلف قدرت و فرمان دستگاههای برقی کنترل مینمایند.

ادوات عمده تابلوهای برق و شرح مختصری از آنها در ادامه مورد بحث قرار می گیرد:

۳-۱-۱- فیوزها

فیوز متشکل از یک سیم حرارتی است که در مدار جریان قرار میگیرد و به ازای عبور جریان بخصوصی در زمان معینی ذوب میشود. فیوز به علت داشتن منحنی مشخصه مخصوص بخود، فقط بعنوان حفاظت اتصال کوتاه عمل می نماید. از فیوز برای حفاظت سیم، کابل و دستگاههای

اندازه گیری، ترانسفورماتور، ماشینهای الکتریکی و دیگر مصرف کننده ها در مقابل جریان های اضافی و اتصال کوتاه استفاده میشود.

فیوزها در مواردی بکار برده میشوند که ارزش نصب یک رله و یا یک کلید قطع جریان زیاد را نداشته باشند. فیوزها بر حسب مقدار جریان و نوع ساختمان قطع کننده شان به انواع فیوز حرارتی، فیوز مغناطیسی، فیوز توان بالا و فیوز فشار قوی تقسیم بندی می شوند. امروزه بیشتر از فیوز فشنگی استفاده میشود که سیم حرارتی آن در داخل براده هائی از سرامیک یا خاک نرم کوارتز^۱ قرار دارد. در فیوز فشنگی جرعه حاصل از قطع شدن سیم حرارتی توسط خاک کوارتز آنچنان سریع خنک میشود که بلافاصله مدار قطع میگردد. فیوز از نظر نوع عملکرد به دو دسته تقسیم بندی می شوند:

- فیوز یکبار مصرف
 - فیوزهای که میتوان عنصر فیوز یا سیم فیوز آنها را تعویض کرد.
- فیوزها اقتصادی هستند و به وسایل کمکی دیگر نظیر رله یا CT, PT احتیاج ندارند و تقریباً به آسانی در دسترس می باشند. تنها عیب آنها اینست که از راه دور قابل کنترل نمی باشند.

۳-۱-۲- رله

بطور کلی رله به دستگاهی گفته میشود که در اثر تغییر کمیت الکتریکی و یا کمیت فیزیکی مشخصی (اطلاعات دریافتی) تحریک شده و عمل باز و بسته کردن مدار یا SWITCHING را انجام می دهد و در نتیجه موجب بکار انداختن یا از کار انداختن دستگاه یا ماشین میشود. منظور از اطلاعات دریافتی همان علائم متناسب با جریان، ولتاژ یا حرارت ماشین یا سیستم بوده که معمولاً توسط CT, PT در دسترس قرار میگیرند. رله تصمیم می گیرد که یک سری کنتاکت معمولاً باز (N-O) بسته و یا کنتاکتهای معمولاً بسته (N-C) را باز کند.

۳-۱-۳ کنتاکتورها

کنتاکتورها عبارت است از دستگاهی که جهت قطع و وصل اتوماتیک شبکه های قدرت از فواصل دور بکار می رود. برای قطع و وصل کنتاکتور ممکن است از نیروی الکترومغناطیسی، فشار هوا یا فشار مایعات استفاده شود. ولی در بیشتر تأسیسات الکتریکی از کنتاکتورهای الکترومغناطیسی استفاده می شود. کنتاکتورهای مغناطیسی شامل قسمتهای زیر میباشند:

- کنتاکتهای اصلی جهت قطع و وصل شبکه
- جرعه گیر برای خاموش کردن جرعه در هنگام قطع یا وصل که روی کنتاکتهای اصلی مونتاژ میشود.
- سیستم الکترومغناطیسی برای ایجاد نیروی قطع و وصل
- کنتاکتهای فرعی برای مدارهای فرمان سیگنال

کار کنتاکتور در قطع سریع جریان برق در مواقع اضطراری از اهمیت فراوان برخوردار است. نحوه کارکرد کنتاکتور بستگی تام به تنظیم کنتاکتهای آن دارد. فشار فاصله تورفتگیهای این نوع کلیدها، همواره باید مطابق دستورالعملهای سازنده تنظیم گردند. مقدار فشار قسمت متحرک به قسمت ثابت نیز باید همواره تنظیم باشد و از حد معینی تجاوز ننماید. اگر فشار بمیزان کافی نباشد، قطبهای اتصال، گرم شده و اگر فشار زیاد باشد قطبها سائیده خواهند شد و یا باعث شکسته شدن پایه کنتاکت هنگام عمل میشوند. روی سطح قطبها میباید همواره تمیز شوند که کوچکترین عوارضی بر آن نباشد. برای این عمل باید از سوهان ظریف استفاده نمود، استفاده از کاغذ سمباده مجاز نمیباشد.

۳-۱-۴ لامپ هشدار دهنده^۱

لامپ هشداردهنده، لامپ کوچکی است با قدرت خیلی کم (۵/۱ تا ۵ وات) که برای نشان دادن عبور جریان و یا مدار مصرف کننده در مدارهای فرمان و قدرت مورد استفاده قرار میگیرد. هر نوع از این لامپها دارای پایه مخصوص خود میباشد. ولتاژ لامپهای هشدار دهنده از ۲۴ الی ۲۲۰ ولت است.

۳-۱-۵- زمان سنج

زمان سنج وسیله ای است که میتواند به کنتاکتور در زمان معینی بطور خود کار فرمان بدهد. این وسیله برای راه اندازی یا توقف دستگاهی در زمان معینی پس از یک عمل، مورد استفاده قرار میگیرد.

۳-۲- بازرسی فنی تابلوهای برق در حین نصب

برای بازرسی حین نصب تابلوهای برق، توجه به موارد زیر ضروری میباشد :

- بررسی لوح مشخصات تابلو و مقایسه آن با مشخصات فنی مذکور در نقشه های اجرایی و مدارک طراحی.
- تابلوها باید تراز بوده و روی فونداسیون محکم شده باشند. پیچ و مهره های بدنه تابلو میباید محکم بسته شده و رنگ بدنه تابلو در سطوح داخلی و خارجی سالم و عاری از عیب و نقص باشد.
- در داخل تابلوها، اتصالات ترمینالها، رله ها، کابلهای قدرت و فرمان و کلیدهای جانبی کنتاکتورها باید تمیز و محکم باشند.
- لامپهای هشداردهنده تابلو باید سالم و از لحاظ پایه، روپوش لامپ، رنگ روپوش و غیره کامل و بی نقص باشند.
- در داخل تابلو، شمشها و مقره شمشها سالم بوده و شکسته نباشد. محل اتصالات محکم و در صورت داشتن روکش عایق، عایق شمشها سالم باشند. مقاومت بین شمشها و زمین میباید بوسیله دستگاه تست مقاومت میگر اندازه گیری شود.
- کابلهای قدرت و فرمان از الکتروموتور و ترانسفورماتورها به تابلو در مسیر نباید صدمه دیده و یا دارای پیچیدگی باشند. این کابلها باید به سینی کابل با بست استاندارد بسته شده و از دو سر شماره گذاری شده باشند.
- عملکرد کلیدهای روغنی می بایستی در حالتیهای مختلف عملاً آزمایش شوند و سطح روغن کلیدها در حد مشخص شده بر روی کلید باشد. مقاومت الکتریکی روغن کلیدها لازمست بوسیله دستگاه تست روغن، آزمایش شود. تمام پیچ و مهره ها ی

بدنه و اجزاء کلید میباید محکم باشند و رفت و آمد کلید به داخل تابلو روان و عادی باشد.

- ولتاژ جریان مستقیم فرمان کلیدهای فشار قوی که از طریق باتری تأمین میشود و ولتاژ قدرت ورودی به تابلو که از طریق ترانسفورماتور قدرت تأمین میشود، اندازه گیری و در صورت کم و یا زیاد بودن، تنظیم شوند (ولتاژ مزبور توسط تنظیم ولتاژ ترانسفورماتور تنظیم میشود).
- کلیه رله های حفاظتی داخل تابلو میباید بوسیله دستگاه تست رله، آزمایش شده و برابر با بار هر مصرف کننده تنظیم شوند. فیوزهای داخل تابلو نیز میباید طبق نقشه و بار مصرفی مورد بررسی قرار گرفته و در صورت لزوم بر روی آنها تست تداوم الکتریکی انجام گردد.
- عملکرد صحیح هیترها باید آزمایش گردد. ترموستات دستگاه باید سالم بوده و درست عمل نماید. این دستگاه بمنظور خشک نمودن هوای داخل برخی تابلوها نصب میگردد.

۳-۳ - بازرسی ادواری تابلوهای برق

چون تابلوهای برق دارای اجزائی میباشند که هر قسمت از آن به یک دستگاه برقی مصرف کننده مربوط میشود، بهمین دلیل نمی توان دائماً تابلو را بدون برق نمود، لذا برای تابلوهای برق که بیشتر اجزای آن ساکن هستند، بازرسیهای سالیانه در نظر گرفته می شود. چنانچه این تابلو وسیله مشخصی را تغذیه نماید در این صورت زمان بازرسی فنی آن همزمان با موقعی است که دستگاه مربوطه تحت بازرسی فنی قرار گیرد. در بازرسی ها لازم است نکات زیر مورد توجه قرار گیرد.

- در بازرسی بدنه باید به وضعیت ظاهری آن، آب بندی تابلوهائی که در فضای باز هستند، سالم بودن دربهای لولاها و دریچه های توری توجه گردد. درون تابلو باید از گرد و خاک و رطوبت تمیز گردیده و پیچ و مهره ها برای استحکام اتصال بازرسی گردند.
- کلیه لامپهای هشدار دهنده باید آزمایش گردیده و از صحت کار آنها اطمینان حاصل گردد.

- کلیدها باید دارای هم محوری منظم بوده، باز وبسته شدن آنها روان، عملکرد مکانیسم های بالا برنده و خارج کننده وسیستمهای قفل کننده مطمئن باشند.
- کلیدهای قطع کننده روغنی^۱ باید دارای هم محوری منظم باشند. آثار حرارت زیاد روی اتصالات ونشتی روغن نباید در کلیدها مشاهده شود. مقاومت الکتریکی روغن در هر مرحله از بازرسی باید آزمایش گردد. در صورت کمبود روغن در محفظه، باید به میزان لازم روغن به محفظه اضافه گردد تا روغن تعیین شده در محفظه رویت گردد.
- در کلیدهای قطع کننده هوایی^۲ نیز هم محوری کلید باید سالم بوده وکلید، حرارت زیاد نداشته واتصالات آن سالم باشد. علاوه بر آن موارد زیر نیز باید در کلیدها بررسی شوند :

➤ جرقه گیرها^۳ بایستی خشک وتمیز باشند.

➤ مقاومت الکتریکی اتصالات باید اندازه گیری شده واز حد ذکر شده در مشخصات فنی تجاوز ننماید.

➤ شیر تزریق هوا باید بازرسی شده واز سلامت آن اطمینان حاصل گردد.

- شینه های تابلو باید تمیز وعاری از گردو خاک یا مواد زائد دیگر باشد. پیچ ومهره های شینه ها باید محکم بوده وهیچگونه حرکتی در شینه ها ملاحظه نگردد. فاصله بین شینه ها ونحوه نصب آنها، نباید نسبت به تنظیمات اولیه تغییر نموده باشد. اتصال کابلها به شینه ها وقسمتهای مختلف تابلو باید مستحکم وبدون اشکال وعلامت گذاری شده باشد. پایه های شینه ها باید تمیز ومحکم بوده وهیچگونه ترک خوردگی یا شکستگی نداشته باشند.

- سیستمهای مدار کنترل برای موارد زیر میباید بازرسی کردند :
 - ❖ اطمینان از وجود ولتاژ کافی در مدارهای قطع کننده
 - ❖ بازدید از فیوزها
 - ❖ بازدید از قطع کننده ها و تعیین موارد معیوب
 - ❖ بازدید از اتصالات

- برای بازرسی فنی ادواری کنتاکتورها، ابتدا باید گردو غبار روی آنها تمیز گردیده و سپس بازرسیهای زیر اعمال گردد :
 - ✓ بررسی چگونگی اتصال سیمها و سیم پیچی ها، سیم پیچی کلید باید بخوبی بر روی هسته چسبیده باشد.
 - ✓ کلید پیچهای کنتاکتور باید آزمایش گردیده و اطمینان حاصل شود که در محلهای خود محکم میباشند.
 - ✓ چگونگی سطوح قطبهای اتصال، فاصله آنها، فشارهای آنها و همچنین آزمایش فنرها باید موردبررسی و بازدید قرار گیرد.
 - ✓ محفظه های جرقه گیر باید برای سالم بودن و نسوختن بازرسی گردند.
 - ✓ تنظیم فشار و فاصله تورفتگی بر حسب دستورالعمل سازنده انجام پذیرد.

- فیوزها باید برای سالم بودن و صحت ظرفیتشان مورد بازرسی قرار گیرند. در صورتیکه نیاز به تعویض فیوز باشد، باید دقت شود که جریان و قدرت نامی فیوز با آنچه که مناسب مدار است، برابر باشد.

سوالات آموزشی فصل سوم:

- ۱- تابلوهای برق به چه منظور مورد استفاده قرار می گیرند؟
- ۲- ادوات عمده تابلوهای برق را ذکر کنید.
- ۳- فیوزها در چه مواردی بکار برده میشوند؟
- ۴- فیوز از نظر نوع عملکرد به چند دسته تقسیم بندی می شوند؟
- ۵- کنتاکتورها چه دستگاهی هستند؟
- ۶- کنتاکتورهای مغناطیسی شامل چه قسمتهایی میباشد؟
- ۷- برای بازرسی حین نصب تابلوهای برق، توجه به چه مواردی ضروری میباشد؟
- ۸- دربازرسی از کلیدها به چه مواردی باید توجه نمود؟
- ۹- سیستمهای مدار کنترل برای چه مواردی باید بازرسی شوند؟
- ۱۰- بازرسی فنی ادواری کنتاکتورها چه مراحل دارد؟

فصل چهارم

نحوه بازرسی از پست های برق



اهداف آموزشی فصل چهارم :

- ۱- آشنایی با پستهای برق و انواع آن
- ۲- آشنایی با موارد بازرسی سکسیونرها
- ۳- آشنایی با موارد بازرسی ترانسفورماتورهای جریان
- ۴- آشنایی با آزمایش نسبت تبدیل ترانسفورماتور جریان
- ۵- آشنایی با موارد بازرسی ترانسفورماتورهای ولتاژ
- ۶- آشنایی با آزمایش مقاومت عایقی و آزمایش نسبت تبدیل بر روی ترانسهای ولتاژ
- ۷- آشنایی با روش کار با دستگاه تست روغن، دستگاه تست فشار الکتریکی، دستگاه تست رله اولیه، دستگاه آزمایش رله ثانویه، دستگاه تست توالی فازها و دستگاه عیب یاب اتصال کوتاه

۴-۱- پست های برق

بمنظور توزیع صحیح و اقتصادی نیروی برق، معمولاً از طریق سکسیونرها و دیژنکتورها یا قطع کننده های مدار، یک و یا چند ورودی به اولیه یک یا چند ترانسفورماتور قدرت متصل میگردد. ثانویه های این ترانسفورماتورها بعد از عبور از سکسیونرها و دیژنکتورهای مربوطه یک شینه مشترک را تغذیه می نمایند. خروجی های مورد نیاز از طریق سکسیونرها و کلیدهای مربوطه به این شینه مشترک متصل میباشند.

مجموعه این تجهیزات و ادوات، همراه با سیستم کنترل حفاظت آنها، پست برق نامیده میشوند. پست های برق از لحاظ محل نصب معمولاً به دو نوع پستهای نصب در فضای باز^۱ و فضای بسته^۲ تقسیم بندی می شوند.

پستهای برق با توجه به طبقه بندی ولتاژ در کشورهای مختلف به چهار دسته فشار ضعیف، فشار متوسط، فشار قوی و فوق فشار قوی تقسیم میشوند. در ایران ردیف ولتاژهای

230-400KV مربوط به انتقال بوده و تأسیسات مربوط به آن معمولاً تأسیسات ایستگاههای اصلی^۱ می باشند.

ولتاژهای 63-132 کیلو ولت فشار قوی و ولتاژهای 33-20-11KV تا 400/230 ولت - مربوط به سیستم توزیع برق^۲ می باشند.

ادوات و تجهیزات نصب شده در سیستمهای برق از تنوع فراوان در نحوه ساخت و عملکرد برخوردار میباشند.

پستها معمولاً دارای یک مرکز کنترل میباشند که کلیه فرمانها، مراقبت ها و تنظیم ها و کنترل در مرکزی بنام اطاق فرمان انجام میگردد. برای این منظور کابل ها و سیمهای فرمان به اطاق پست برق هدایت میشوند و در این اطاق وسایل مربوط به فرمان و قطع و وصل کلیدها، تنظیم بار و راه اندازی موتورهای ترانسفورماتورها و مراقبت کامل دستگاهها (لامپهای خبری و سیگنال) و وسایل اندازه گیری و وسایل حفاظتی (رله ها) در روی تابلوها قرار دارند.

۴-۲- بازرسی فنی پستهای برق در هنگام نصب

کلیه تجهیزات و ادوات موجود در پست های برق اعم از ترانسفورماتورهای قدرت، دیژنکتورها، رله های حفاظتی، باطری و باطری شارژ، سیستم اتصال زمین، شینه ها، کابل ها باید مطابق با جزئیات توضیح داده شده در بخش های قبلی مورد بازرسی فنی قرار گرفته و علاوه بر آنها، سکسیونرها، ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ طبق موارد ذکر شده ذیل بازرسی گردند.

۴-۲-۱- بازرسی فنی سکسیونرها^۳ در هنگام نصب

در مورد کلیدهای سکسیونر موارد زیر بایستی بازرسی گردد :

- بازرسی مقره های سکسیونر و حصول اطمینان از نداشتن شکستگی و ترک خوردگی و عاری بودن از گرد و غبار.
- بازرسی اتصال به زمین و حصول اطمینان از محکم بودن و عاری بودن از هر گونه خوردگی و فرسودگی.

- کنترل پیچ و مهره ها و اتصالات محورها و حصول اطمینان از محکم بودن آنها.
- آزمایش عملکرد دستی بوسیله اهرم موجود و حصول اطمینان از روان بودن آنها.
- در مورد سکسیونرهای اتصال زمین که برای زمین کردن فازها بکار برده می شود، بایستی پس از باز کردن، آنها را بوسیله اهرم موجود باز و بسته نمود. هنگام بسته شدن سکسیونرهای اتصال زمین باید محل اتصال تیغه ها جهت نداشتن آلودگی و خوردگی تحت بازرسی قرار گیرند.

۴-۲-۲- ترانسفورماتورهای جریان (CT)

- قبل از انجام آزمایش روی ترانسفورماتورهای جریان موارد زیر بایستی بازرسی گردد:
- بازرسی مقره ها (در مورد CT هایی که بر روی مقره نصب شده اند) از لحاظ شکستگی، ترک خوردگی و یا نشت روغن (در انواع روغنی)
 - بازرسی سیستم اتصال زمین و حصول اطمینان از محکم بودن اتصالات و عاری بودن از آلودگی و خوردگی
 - بازرسی سطح روغن از طریق دریچه های شیشه ای روی ترانسفورماتورها (در انواع روغنی)
 - کنترل کلیه اتصالات و پیچ و مهره ها و حصول اطمینان از محکم بودن آنها

۴-۲-۳- آزمایش نسبت تبدیل ترانسفورماتور جریان

- بوسیله دستگاه تزریق جریان^۱ جریانی متناسب با میزان جریان اولیه ترانسفورماتور جریان به دستگاه تزریق نموده و سپس جریان ثانویه توسط آمپر متر اندازه گیری شده و نسبت تبدیل آن با مشخصات فنی سازنده مقایسه میگردد.
- در انجام این آزمایش بایستی دقت نمود که ثانویه ترانسفورماتورهای جریان قبل از شروع آزمایش به آمپر متر متصل شده باشد.

۴-۲-۴ ترانسفورماتورهای ولتاژ (P.T)

قبل از انجام آزمایش روی ترانسفورماتورهای ولتاژ موارد زیر بایستی بازرسی گردد :

- بازرسی مقره ها در مورد شکستگی، ترک خوردگی و یا نشت روغن (برای نوع روغنی)
- بازرسی سیستم اتصال زمین بدنه ترانسفورماتور و حصول اطمینان از محکم بودن اتصالات و عاری بودن از آلودگی و خوردگی.
- بازرسی سطح روغن از طریق دریچه های شیشه ای سطح سنج روی ترانسفورماتورها (برای نوع روغنی).
- کنترل پیچ و مهره های اتصالات و حصول اطمینان از محکم بودن آنها.

پس از آنکه ملاحظات ذکر شده در فوق انجام گردید دو آزمایش مقاومت عایقی و آزمایش نسبت تبدیل بر روی ترانسهای ولتاژ انجام می شود.

در آزمایش مقاومت عایقی، مقاومت بین ورودی هر فاز با بدنه ترانسفورماتور توسط میگر مناسب اندازه گیری شده و با مقادیر داده شده از طرف سازنده مقایسه می گردد، همچنین اتصال پلارایته ها باید طبق نقشه و بطور صحیح انجام گیرد.

جهت انجام آزمایش نسبت تبدیل ترانسفورماتور، ولتاژی متناسب به سیم پیچ اولیه ترانسفورماتور متصل نموده و سپس ولتاژ سیم پیچهای ثانویه را با یک ولت متر دقیق اندازه گیری و نسبت تبدیل را که بایستی مطابق با مشخصات فنی ترانسفورماتور باشد محاسبه کرده و با مشخصات ترانسفورماتور مقایسه نمائید.

۴-۳-۳ بازرسی فنی ادواری تجهیزات پست های برق

جزئیات انجام بازرسی فنی ادواری تجهیزات و ادوات برقی نصب شده در پستهای برق، مشابه اقداماتی است که در زمان بازرسیهای ادواری تابلو ها انجام می پذیرد.

به هر حال زمان بازرسیهای ادواری نبایستی از یکسال تجاوز نماید، ولی در مورد کلیدهای روغنی تعداد قطع و وصل ملاک عمل می باشد.

۴-۴- دستگاههای مورد نیاز جهت بازرسی و آزمایش

۴-۴-۱- دستگاه تست روغن^۱

این دستگاه ، دستگاهی است که توسط آن قدرت عایقی روغن مشخص میگردد. روش کار با این دستگاه بدین ترتیب است که روغن در ظرف مخصوص دستگاه ریخته میشود، درون ظرف دو الکتروود بفاصله ۲/۵ میلیمتر از هم قرار دارند. سپس ولتاژهای مختلف بدو سر الکتروود تزریق میگردد تا به مقدار مورد نظر برسد. چنانچه جرقه ای بین دو الکتروود صورت نپذیرد، روغن مزبور قابل قبول میباشد. اگر در زمان افزایش ولتاژ، جرقه ای بین دو الکتروود بوجود آید، روغن مزبور قابل قبول نبوده و باید تصفیه گردد. ولتاژی که باعث ایجاد جرقه بین دو الکتروود میشود را ولتاژ شکست مینامند.

۴-۴-۲- دستگاه تست فشار الکتریکی^۲

برای مشخص نمودن وضعیت عایق بندی کابلها و صدمات وارده، ناشی از عملیات کابل کشی و یا بهره برداری، از دستگاه مذکور استفاده می شود. میزان فشار الکتریکی برای آزمایش کابلهای نو دو برابر ولتاژ بهره برداری و برای کابلهای کار کرده تا ۱/۵ برابر ولتاژ بهره برداری میباشد. مدت آزمایش بین ۵ تا ۱۵ دقیقه میباشد.

میزان نشت جریان در زمانهای مختلف ثبت شده و منحنی رسم شده آن، نسبت به زمان با نمودار داده شده سازنده مقایسه میشود. بطور کلی کابلی سالم میباشد که نشت جریان آن در مراحل افزایش ولتاژ بالا رفته و زمانی که بمیزان حداکثر ولتاژ مورد آزمایش برسد شروع به افت نماید. پس از اتمام آزمایش با اتصال دادن رشته های کابل به زمین، جریان القائی و ذخیره شده در کابل تخلیه میگردد.

۴-۳-۴ دستگاه تست رله اولیه^۱

توسط این دستگاه کلیه مدارها شامل ترانس جریان، بوبین رله قطع، سیستم اعلام خطر و تمامی سیم کشی مدار بررسی میگردد. روش کار بدین ترتیب می باشد که جریان زیادی را توسط این دستگاه بر روی سیم پیچی اولیه ترانس جریان تزریق نموده و عملکرد صحیح آن و زمان قطع رله بررسی و نتایج حاصله با منحنی عملکرد رله سازنده مقایسه می شود. بدینوسیله زمان قطع رله مشخص میگردد.

۴-۴-۴ دستگاه آزمایش رله ثانویه^۲

بوسیله این دستگاه فقط زمان عملکرد و قطع رله، آزمایش میشود. روش کار بدین قرار است که جریان کمی به رله تزریق میشود و زمان عملکرد رله بررسی میگردد و نتایج حاصله با منحنی عملکرد رله طراحی شده مقایسه گشته و بدینوسیله زمان قطع رله مشخص میگردد.

۴-۴-۵ دستگاه تست توالی فازها^۳

دستگاهی است که توالی فازها را در جریان متناوب سه فاز مشخص می نماید. این دستگاه شامل یک الکتروموتور سه فاز و یک صفحه نشان دهنده توالی فازها میباشد. طرز کار با این دستگاه بدین ترتیب است که سه سر سیمهای دستگاه که با حروف لاتین R-S-T مشخص گردیده بر روی خط تغذیه یا شمش های تابلو متصل گردیده و با انحراف عقربه صفحه نشان دهنده توالی فازها مشخص میگردد.

۴-۴-۶ دستگاه اسیلوسکوپ

بوسیله دستگاه اسیلوسکوپ میتوان ولتاژ و جریان را بر حسب زمان در لحظات مختلف اندازه گیری نمود. این دستگاه دارای یک لامپ اشعه کاتدی می باشد که صفحه آن به مواد فلورسانس آغشته شده، و در اثر برخورد الکترونها تولید شده درون لامپ به این صفحه علائم مرئی قابل تفسیر مشاهده خواهد شد.

از آنجائیکه اسیلوسکوپها از تنوع بسیاری برخوردارند، نحوه بکار گیری آنها بایستی بر اساس دستورالعمل سازنده انجام پذیرد.

1- PRIMARY RELAY TESTER
2- SECONDARY RELAY TESTER
3- PHASE SEQUENCE METER

۴-۴-۷- دستگاه عیب یاب اتصال کوتاه^۱

این دستگاه یک کلاف سیمی است که روی یک آهن ورقه ورقه پیچیده شده و به برق وصل میشود. عیب یاب روی هسته استاتور قرار میگیرد و از یک شیار به شیار دیگر حرکت داده میشود. یک کلاف اتصال کوتاه شده توسط لرزش سریع یک تیغه فلزی نظیر تیغ اره^۲ که در انتهای دیگر کلاف نگهداشته شده، تعیین میگردد.

سوالات آموزشی فصل چهارم:

- ۱- پست برق چیست؟
- ۲- پست های برق از لحاظ محل نصب معمولاً به چند نوع تقسیم می شوند؟
- ۳- پستهای برق با توجه به طبقه بندی ولتاژ در کشورهای مختلف به چند دسته تقسیم می شوند؟
- ۴- در سکیونر ها چه مواردی باید بازرسی گردد؟
- ۵- قبل از انجام آزمایش روی ترانسفورماتورهای جریان چه مواردی باید بازرسی گردد؟
- ۶- آزمایش نسبت تبدیل ترانسفورماتور جریان چگونه انجام می شود؟
- ۷- قبل از انجام آزمایش روی ترانسفورماتورهای ولتاژ چه مواردی باید بازرسی گردد؟
- ۸- چه آزمایشهایی بر روی ترانسهای ولتاژ انجام می شود؟
- ۹- روش کار با دستگاه تست روغن چگونه است؟
- ۱۰- روش کار با دستگاه تست فشار الکتریکی چگونه است؟
- ۱۱- روش کار با دستگاه تست رله اولیه چگونه است؟
- ۱۲- روش کار با دستگاه آزمایش رله ثانویه چگونه است؟
- ۱۳- روش کار با دستگاه تست توالی فازها چگونه است؟
- ۱۴- روش کار با دستگاه عیب یاب اتصال کوتاه چگونه است؟

فصل پنجم

بازرسی باطری ها و باطری شارژرها

اهداف آموزشی فصل پنجم :

- ۱- آشنایی با باطری ها و شارژ کننده های باطری
- ۲- آشنایی با ساختمان باطریها
- ۳- آشنایی با انباره ها
- ۴- شناخت روشهای بازرسی شارژ کننده باطری
- ۵- شناخت بازرسی فنی حین نصب باطری
- ۶- آشنایی با بازرسی های دوره ای باطری ها و شارژ کننده های آن

۵-۱- باطری ها و شارژ کننده های باطری

در هر پست کنترل، بمنظور تأمین نیروی برق اضطراری جهت تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز دستگاهها و ادوات کنترل در زمان قطع برق، تعدادی باطری نصب می شوند که توسط دستگاههای شارژ کننده باطری همواره در وضعیت بهره برداری سالم نگهداری میشوند.

۵-۱-۱- باطریها

باطریها دستگاههایی هستند که انرژی شیمیائی را به انرژی الکتریکی تبدیل میکنند. اگر این تبدیل بخودی خود انجام گیرد باطری را باطری خشک یا اولیه و در صورتیکه مثل انباره ها، انرژی بوسیله شارژ کردن در آن ذخیره شود به آن پیل ثانویه میگویند. ساختمان باطری از دو صفحه که جنس آنها با یکدیگر متفاوت و داخل یک محلول شیمیائی که قابلیت هدایت الکتریکی داشته باشد قرار گرفته اند تشکیل شده است.

۵-۱-۲- آکومولاتور یا انباره

پیل‌های اولیه جریان کمی تولید میکنند که در ضمن کار فرسوده میشوند و لازمست که قطب‌ها یا مایع داخل آنها تعویض شود، برای رفع این نواقص انباره‌ها را بکار می‌برند. آکومولاتور میتواند مولد الکتریسیته و یا گیرنده الکتریسیته باشد. در موقع پر شدن، گیرنده و در موقع خالی شدن مولد الکتریسیته میباشد. در موقع پر شدن مقداری انرژی الکتریکی بصورت انرژی شیمیایی در آنها ذخیره می‌شود که در موقع خالی شدن این انرژی به صورت الکتریکی ظاهر میشود. در آکومولاتورهای سربی قطب مثبت و منفی از صفحات مشبک دی اکسید سرب ساخته شده و الکترولیت درون آن اسید سولفوریک میباشد. در صنعت عمدتاً از باتریهای "بازی" استفاده میگردد که در آن الکترولیت آنها آنکالین میباشد.

۵-۲- بازرسی فنی باطری‌ها و شارژ کننده‌های باطری در هنگام نصب

قبل از اقدام به بازرسیهای کارگاهی، لازمست که نقشه‌ها و مشخصات فنی و مدارک مربوط به سیستم باطری و شارژ کننده‌های آن بررسی شده و با جزئیات نصب مطابقت داده شود. شارژ کننده‌های باطری دارای اقسام بسیار متنوعی میباشند لیکن در هر صورت بازرسیهای حین نصب باید بشرح زیر انجام پذیرد:

۵-۲-۱- بازرسی شارژ کننده باطری

این بازرسی شامل موارد زیر است:

- کلیه اتصالات کابل‌های ورودی و خروجی بازدید شده و از صحت اتصال و استحکام آنها اطمینان حاصل گردد.
- یکسوکننده‌ها، رله‌ها و دستگاههای کنترل و تنظیم کننده و محل اتصال کابلها بازرسی شده و تمیز و عاری از مواد خارجی باشند.
- بدنه دستگاه به سیستم اتصال زمین مرتبط باشد.
- ولتاژ ورودی و ولتاژ خروجی دستگاه، اندازه گیری شده و با مشخصات فنی دستگاه مطابقت داده شوند.

- دستگاههای سنجش جریان وولتاژ بازدید شده وعاری از عیوب ظاهری باشند. در صورت لزوم دقت سنجش اینگونه دستگاهها باید مورد آزمایش قرار گیرد.

۵-۲-۲- بازرسی باطری ها

برای بازرسی فنی حین نصب باطری ، انجام اقدامات زیر ضروری میباشد :

- بدنه باطری دقیقاً بازرسی شده واز عدم وجود ترک، شکستگی یا لب پریدگی آن اطمینان حاصل گردد.
- اتصالات کابلها به باطری میباید در محل محکم باشند.
- باطری ها میباید در محل نصب خود، بطرز صحیح و تراز مستقر شده وخارج از شاسی مربوطه نباشند.
- سطح مایع درون باطری بازدید شده واطمینان حاصل گردد که از الکترولیت صحیح و تا سطح مورد نیاز پر شده باشد.
- محل نصب باطریها، اتصالات کابل، درب باطری ها واطراف آن تمیز وعاری از آلودگی باشد.
- سیستم تهویه وهواکش اطاق باطری ها آزمایش شده واز صحت عملکرد آن اطمینان حاصل گردد.
- چگالی الکترولیت باطری اندازه گیری شده وبا میزان معین در دستورالعمل سازنده تفاوت عمده نداشته باشد.
- میزان جریان وولتاژ هر باطری بطور انفرادی اندازه گیری شده واز میزان ظرفیت باطری کمتر نباشد.

۵-۳- بازرسی فنی ادواری باطری وشارژ کننده آن

- با توجه به حساسیتی که باطری ها وشارژ کننده های آنها در تأمین ایمنی دستگاهها و واحدهای کارخانجات دارا میباشد، بازرسی های دوره ای باطری ها وشارژ کننده های آن باید با دوره های کوتاه ودر حدود هر ۳ماه یکبار صورت پذیرد.

در انجام بازرسیهای دوره ای سیستم باطری، کلیه نکات ذکر شده در بازرسی حین نصب باید تحت توجه قرار گیرد، مضافاً به اینکه اتصالات کابلها به سر باطری ها باید بازدید شده و عاری از رسوبات با زنگ زدگی و نمکهای فلزی باشد.

سوالات آموزشی فصل پنجم:

- ۱- باطری ها و شارژ کننده های باطری چه دستگاه هایی هستند؟
- ۲- موارد استفاده از باطری را ذکر کنید.
- ۳- ساختمان یک باطری را تشریح کنید.
- ۴- انباره چیست و چرا از آن استفاده می شود؟
- ۵- بازرسی شارژ کننده باطری شامل چه مواردی است؟
- ۶- برای بازرسی فنی حین نصب باطری ، انجام چه اقداماتی ضروری میباشد؟
- ۷- بازرسی های دوره ای باطری ها و شارژ کننده های آن باید هرچند ماه یکبار صورت پذیرد؟

فصل ششم

بازرسی فنی و عیب یابی کابلها

اهداف آموزشی فصل ششم:

- ۱- آشنایی با روشهای بازرسی کابل هایی که درون کانالهای بتونی قرار دارند و کابل کشی هایی که در لوله اجرا شده است.
- ۲- شناخت عیوبی که ممکن است در کابلهای فشار قوی و فشار ضعیف ایجاد شوند.
- ۳- آشنایی با آزمایش تعیین مقاومت عایقی
- ۴- آشنایی با مراحل انجام آزمایش کابلهای فشار قوی
- ۵- آشنایی با آزمایش تداوم هدایت الکتریکی و تعیین مقاومت عایقی کابل
- ۶- آشنایی با آزمایش فشار الکتریکی
- ۷- آشنایی با روش انجام آزمایش جریان نشتی DC
- ۸- آشنایی با آزمایش $tg \delta$

۶-۱- بازرسی فنی کابلها

دوره بازرسی فنی ادواری کابلها، طبق ضوابطی که در نظامنامه بازرسی فنی برق آورده شده است انجام می شود. برای بازرسی کابل هایی که درون کانالهای بتونی قرار دارند، باید حداقل هر ۵۰ متر در یک محل درپوشهای بتونی کانال برداشته شده و یا دریچه های محفظه های بازرسی باز گردیده و شرایط داخلی کانال ونحوه اتصالات واستقرار کابلها مورد بازدید قرار گیرد. اتصالات سیمهای اتصال زمین در کانالها باید محکم وثابت بوده واکسید نشده باشند.

در مواردی که کابل کشی ها در لوله اجرا شده است، مسیر لوله ها^۱ باید بازرسی شده وعاری از صدمات مکانیکی وخوردگی باشند. درب جعبه اتصالات مسیر لوله ها باید محکم ودر موارد مخصوص آب بندی بوده ومحل ورود لوله ها به آن نیز با حلقه های مخصوص وخمیر آب بندی، مسدود گردیده باشد.

اتصال کلیه کابلها به محل اتصالات باید بازرسی گردیده واز استحکام، داغ نمودن آنها وسالم بودن سر کابلها ومفصل ها اطمینان حاصل گردد.

پس از انجام بازرسیهای عینی فوق، کابلها باید طبق ضوابط تحت آزمایشات الکتریکی قرار گیرد. این تستها در ادامه مورد بحث قرار می گیرد.

۶-۲- آزمایشات الکتریکی کابلها

در هر مرحله از اجرای خدمات بازرسی فنی پس از تکمیل بازرسیهای عینی، کابلهای فشار قوی باید جهت عیب یابی تحت آزمایشات الکتریکی قرار گیرند.

عیوبی که ممکن است در کابلهای فشار قوی و فشار ضعیف ایجاد شوند، به قرار زیرند :

- اتصال کوتاه بین رشته های مختلف کابل
- اتصال کوتاه بین یک رشته از کابل و زمین

آزمایشات مذکور در زیر، عیوب فوق الذکر را نشان خواهند داد. در این جزوه تنها به ذکر کلیات آزمایشات، بسنده شده است. جزئیات این آزمایشات را میتوان در کتب استاندارد مطالعه نمود.

۶-۲-۱- آزمایشات الکتریکی کابلهای فشار ضعیف

آزمایش تعیین مقاومت عایقی بین رشته های کابل و بین هر رشته و بدنه با استفاده از دستگاه میگر مناسب انجام می پذیرد. در این آزمایش مدار دستگاه به کابل مورد آزمایش متصل گردیده و مقاومت عایقی کابل بین رشته ها و بین هر رشته و بدنه تعیین میگردد. در این آزمایش مقاومت بینهایت نموداری از وضعیت سالم کابل و مقاومت کمتر از میزان توصیه شده توسط سازنده، نموداری از معیوب بودن کابل میباشد.

زمان آزمایش نباید از یک دقیقه کمتر باشد، همچنین آزمایش تداوم هدایت الکتریکی هر هادی با استفاده از اهم متر باید انجام پذیرد.

۶-۲-۲- روش تست کابلهای فشار قوی

آزمایش کابلهای فشار قوی در دو مرحله بشرح زیر انجام می پذیرد :

مرحله اول : آزمایش تداوم هدایت الکتریکی و تعیین مقاومت عایقی

آزمایش تعیین مقاومت عایقی با استفاده از دستگاه میگر مناسب انجام می پذیرد. در این آزمایش مقاومت عایقی کابل بین رشته های مختلف و نیز بین هر رشته وسیم اتصال زمین تعیین

میگردد. در این آزمایش، مقاومت در حد بی نهایت نمودار وضعیت سالم و مقاومت کمتر از میزان مندرج در دستورالعمل سازنده و یا استاندارد مربوطه نموداری از معیوب بودن کابل میباشد.

برای اینکه ادوات جانبی برق در تابلو ها مانند خازنها، دیود ها، رله ها و غیره در حین آزمایش فوق صدمه نبیند یا خطری ایجاد نکنند، قبل از انجام آزمایش، دو سر کابل از دو طرف ترمینالهای مربوطه باید باز شوند. پس از اتمام آزمایش باید بوسیله زمین کردن رشته های کابل، جریان القائی و ذخیره شده در کابل تخلیه شود. همچنین آزمایش تداوم الکتریکی بین رشته ها با استفاده از اهم متر باید انجام پذیرد.

مرحله دوم: آزمایش فشار الکتریکی

در این آزمایش کابلهای نصب شده تحت فشار الکتریکی قرار میگیرند. فشار الکتریکی عبارت از ولتاژ بالائیست که میتواند AC و یا DC باشد. استانداردهای IEC که در کشور ما مرجع است برای کابلهای با عایق پلاستیکی از قبیل $PVC, PE, EPR, XLPE$ مقدار ولتاژ DC برای کابلهای نو $4U_0$ برای مدت ۱۵ دقیقه تعیین کرده است. برای کابلهای کهنه ولتاژ $3U_0$ برای مدت ۱۰ دقیقه کفایت میکند. که در آن U_0 ولتاژ نامی کابل بین هر فاز و غلاف کابل می باشد.

روش آزمایش بدین قرار است که سیم مثبت دستگاه مولد ولتاژ را به یک رشته کابل و سیم منفی آنرا به غلاف فلزی کابل متصل نموده و به آرامی ولتاژ اعمال شده را بالا می بریم تا بعد $3U_0$ برسد. دستگاه مولد ولتاژ دارای آمپر متری است که جریان نشتی را نشان میدهد. پس از مدت ۱۰ دقیقه نباید ضایعه ای در عایق بندی کابل مشاهده گردد. همچنین ولتاژ مذکور را میتوان بین یک رشته ورشته های دیگر کابل که به غلاف فلزی متصل شده اند اعمال نمود. هنگام انجام این آزمایش، جریان نشتی به موازات بالا رفتن ولتاژ بالا میرود و بالا فاصله بعد از اینکه ولتاژ اعمال شده به میزان مورد نظر رسید. جریان نشتی که در حال بالا رفتن بود شروع به کم شدن میکند و روی عددی ثابت می ماند. این پدیده اصولاً نشان دهنده سلامت کامل کابل است.

در صورتیکه جریان نشتی در شروع آزمایش زیاد بوده و سپس بعد از رسیدن به ولتاژ مورد نظر شروع به کم شدن نمود ولی دوباره در ولتاژ ثابت شروع به زیاد شدن کرد در این صورت عایق بندی کابل دارای نقص میباشد.

نظربه اینکه کابلها ممکن است پس از پایان آزمایش دارای بار الکتریکی بالایی باشند، باید بلافاصله پس از آزمایش توسط سیستم زمین تخلیه گردند. پس از تخلیه بار، کابلها میباید به محل اتصالات مرتبط گردیده وصحت ارتباط واستحکام آن توسط بازرس، بررسی گردد.

۶-۲-۳- روش استاندارد تشخیص عیب کابل های ولتاژ زیاد

این استاندارد روش تشخیص عیب، معیار قضاوت ونحوه گزارش را برای کابل های ولتاژ زیاد وخیلی زیاد بیان می کند.

کابل های فشار قوی از تجهیزات بسیار حیاتی یک کارخانه می باشند. منظور از این استاندارد تشخیص خراب شدن عایق با آزمایش های جریان نشتی وتلفات عایقی ($tg \delta$) وتصمیم گیری در مورد استفاده یا عدم استفاده مجدد از کابل می باشد. این تشخیص شامل ارزیابی پارامترهای زیر برای کابل می باشد.

- مقاومت عایقی
- جریان نشتی
- شاخص پولاریزاسیون (PI)
- نسبت عدم توازن فازها
- ضریب تلفات عایقی $tg \delta$
- تغییرات تلفات عایقی $\Delta tg \delta$

۶-۲-۳-۱- تدارکات آزمایش

الف - آماده سازی برای عیب یابی وپیشگیری های ایمنی

- تاریخ وزمان عیب یابی را تعیین کنید.
- وضعیت سایت را بررسی نمائید.
- مقدمات ایمنی را فراهم نمائید.

ب - آماده سازی اندازه گیری ها در سایت

- مداری را که در سایت باید عیب یابی شود بررسی و منطقه کار را مشخص نمایید.
- از قطع بودن کلید اصلی مدار مورد آزمایش اطمینان حاصل کرده و یک پرچم قرمز نصب نمایید.
- تجهیزات اندازه گیری را نصب نمایید.

ج - احتیاطات در زمان آماده سازی تجهیزات

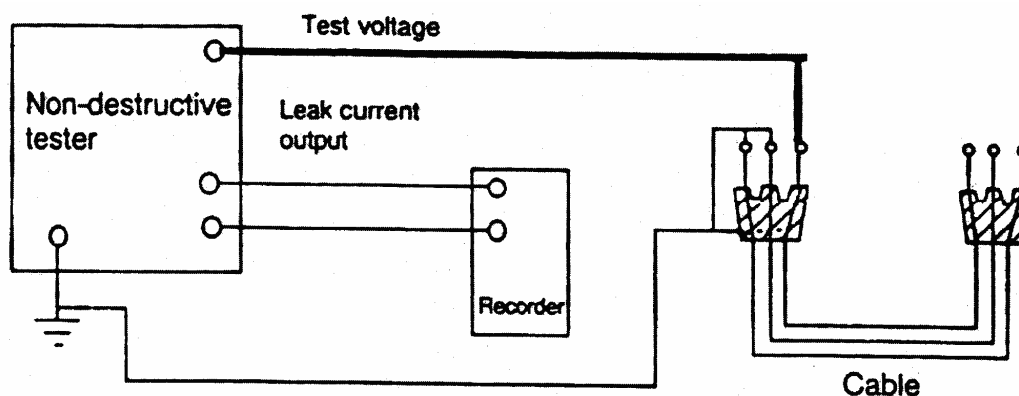
- برای وارد شدن به سایت مورد آزمایش از یک راهرو مشخص استفاده نمایید.
- قبل از دست زدن به مدار مورد نظر از زمین شدن تجهیزات جهت تخلیه و ارتینگ مناسب جهت کار اطمینان حاصل نمایید.

۶-۲-۳-۲- روش انجام آزمایش جریان نشتی DC

۶-۲-۳-۱- مقاومت عایقی

مقاومت عایقی بین هر فاز و زمین و بین فازها را با استفاده از دستگاه میگر ۱۰۰۰ ولتی برای مدت یک دقیقه قبل از اقدام به آزمایش جریان DC اندازه گیری نمایید.

اگر مقدار مقاومت عایقی درون محدوده ای که در جدول (۹) در ستون "مردود" برای کابل مورد نظر داده شده است قرار گرفت، از انجام آزمایشات اضافی جریان نشتی و تلفات عایقی $tg \delta$ پرهیز نمایید. مدار مربوط به آزمایش جریان نشتی DC در شکل (۲۷) نشان داده است.



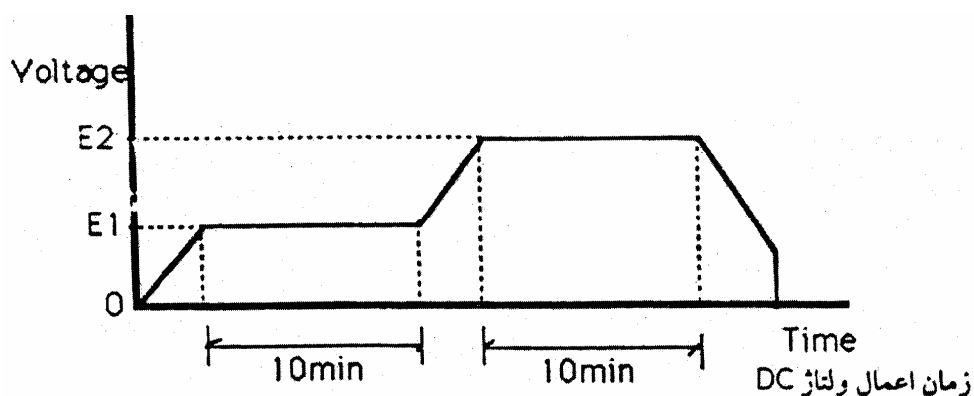
شکل (۲۷)

۶-۲-۳-۲- ولتاژ و زمان اندازه گیری

در جدول (۸) ولتاژهای DC که در هنگام تست به انواع کابلها اعمال می شود با ولتاژهای E_1 و E_2 نشان داده شده است. شکل (۲۸) نیز زمان استاندارد اعمال این ولتاژها را نشان می دهد.

جدول (۸)

سالهایی که کابل در سرویس است				
ده سال یا بیشتر		کمتر از ده سال		
ولتاژ نامی سیستم (KV)				ولتاژ اعمال شده
E_2	E_1	E_2	E_1	
3	1.5	5	3	3.3
6	3	10	6	6.6
10	5	17	10	11
20	10	35	20	22
30	15	55	30	33



شکل (۲۸)

۶-۲-۳-۳- احتیاطات در طول اندازه گیری

در طول اندازه گیری جریان نشتی باید احتیاطات زیر را انجام داد:

- سیستم زمین را محکم ببندید.
- دقت نمائید از اعمال ولتاژ غلط اجتناب گردد.
- ولتاژ را تدریجاً تا سطح مورد نظر بالا ببرید.
- ولتاژ منبع تغذیه در طول زمان آزمایش باید ثابت نگداشته شود.
- وقتی ولتاژ به کابل اعمال می شود کاملاً مواظب ترمینالهای دو طرف کابل باشید.
- قبل از اعمال ولتاژ به کابل، جریان نشتی دستگاه آزمایش را با ولتاژهای E_1 و E_2 اندازه گیری نمائید. (یعنی جریان نشتی را تنظیم کنید) و این مقادیر را از جریان نشتی کابل کم کنید.
- وقتی میزان جریان نشتی در زمان اعمال ولتاژ E_1 به میزان غیر معمول از مقادیر "مردود" که در جدول (۹) داده شده است بیشتر باشد، برای جلوگیری از احتمال شکست عایقی از اعمال ولتاژ E_2 به کابل خودداری نمائید.
- اگر در زمان اعمال ولتاژ، جریان نشتی مطابق شکل (۳۲) افزایش یافته و از مقدار داده شده در ستون "مردود" جدول (۹) بیشتر شود برای جلوگیری از احتمال شکست عایقی در کابل از اعمال ولتاژ خودداری نمائید.
- در کار اندازه گیری دقت نموده و دائماً مواظب تغییرات جریان نشتی باشید.
- در صورت بروز پرش جریان یا افزایش جریان نشتی، اندازه گیری را متوقف نمائید.
- قبل از دست زدن به مدار آزمایش از تخلیه کابل بوسیله زمین کردن اطمینان حاصل نمائید.

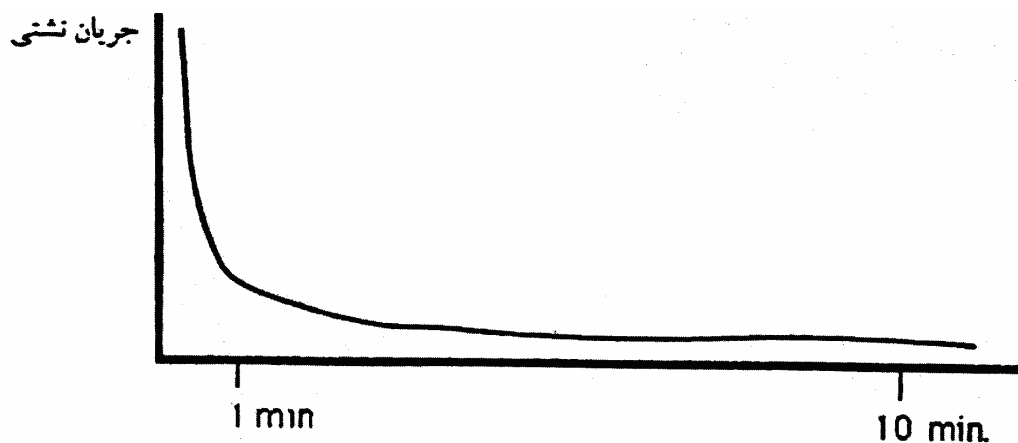
۶-۲-۳-۴- ثبت نتایج

پس از آنکه این آزمایش انجام شد باید نتایج ثبت گردد. برای نتایج اندازه گیری ها موارد زیر را ثبت و نگهداری نمائید.

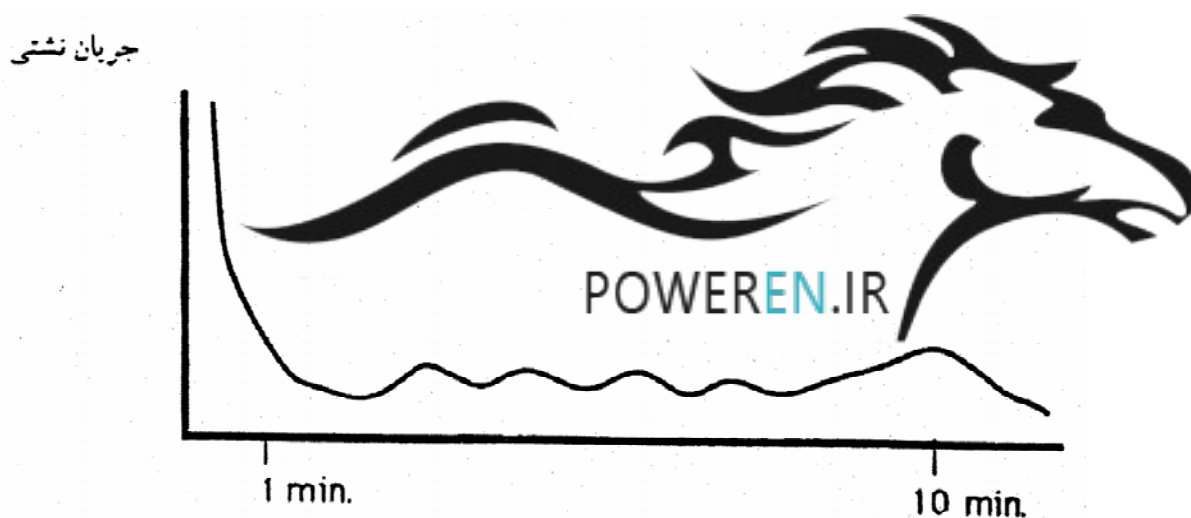
- مدار و منطقه اندازه گیری شده

- تاریخ اندازه گیری

- وضعیت آب وهوائی (وضع هوا -درجه حرارت -رطوبت)
 - نوع ، سطح ولتاژ وطول کابل
 - چگونگی آزمایش
 - میزان مقاومت عایقی قبل وبعد از انجام آزمایش
 - مقدار جریان نشتی با یک دقیقه فاصله به مدت ۱۰ دقیقه با اعمال ولتاژ E_2
- اطلاعات مربوط به آزمایش را برای مراجعه در اندازه گیریهای آتی نگهداری نمائید.
- در شکلهای (۲۹) و (۳۰) دو نمونه جریان نشتی اندازه گیری شده بر حسب مشخصه زمان برای حالتی که کابل سالم است نشان داده شده است.
- همچنین در شکلهای (۳۱) و (۳۲) دو نمونه جریان نشتی اندازه گیری شده بر حسب مشخصه زمان برای حالتی که کابل در معیوب است نشان داده شده است.

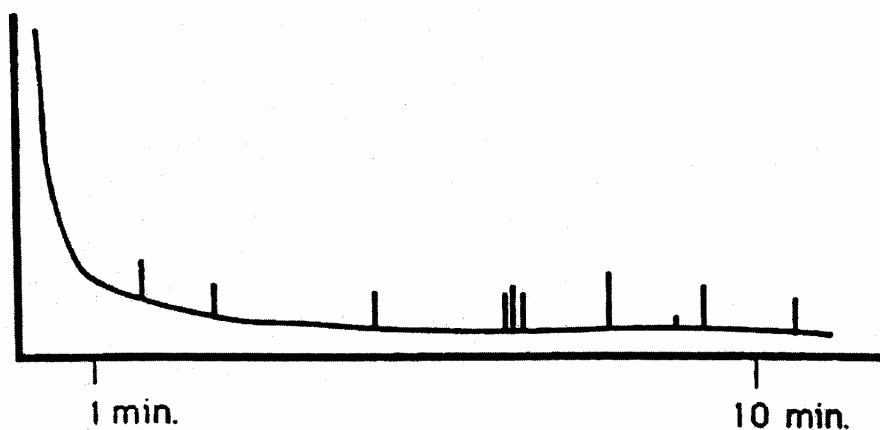


شکل (۲۹)

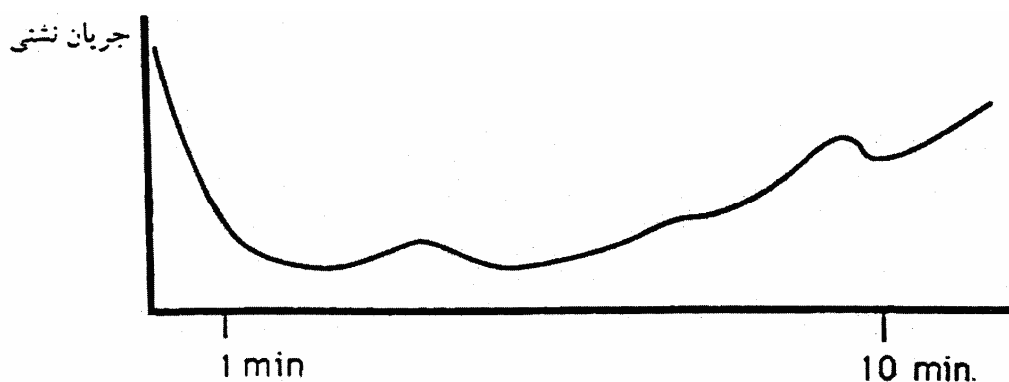


شکل (۳۰)

جریان نشتی



شکل (۳۱)



شکل (۳۲)

۵-۲-۳-۲-۶ - محاسبه مقادیر مشخصه

براساس اطلاعات ثبت شده در اندازه گیریهای که در قسمتهای قبل انجام شد، مقادیر مشخصه زیر محاسبه می شود.

الف - محاسبه شاخص پولاریزاسیون (PI)

مقدار (PI) از نسبت مقادیر حاصل از اعمال ولتاژ E_2 در زمان ۱۰ و ۱ دقیقه محاسبه می شود.

$$PI = \frac{\text{میزان جریان نشتی ده دقیقه پس از اعمال ولتاژ بر حسب میکرو آمپر}}{\text{میزان جریان نشتی یک دقیقه پس از اعمال ولتاژ بر حسب میکرو آمپر}}$$

لازم به ذکر است که مقدار مؤثر PI بایستی تا یک رقم اعشار محاسبه و رقم دوم اعشار باید در رقم اول گرد شود.

ب - محاسبه نسبت عدم توازن فازی

این نسبت بر اساس فرمولهای زیر و اعمال ولتاژ E_2 در ده دقیقه محاسبه می شود.

$$\text{میانگین مقاومت عایقی} = \frac{\text{حداقل مقاومت عایقی} - \text{حداکثر مقاومت عایقی}}{\text{در صد عدم توازن فازی}} \times 100$$

ولتاژ اعمال شده (KV)

$$\text{جریان نشتی پس از ده دقیقه اعمال ولتاژ (mA)} = \frac{\text{مقاومت عایقی (M}\Omega\text{)}}{\text{ولتاژ اعمال شده (KV)}}$$

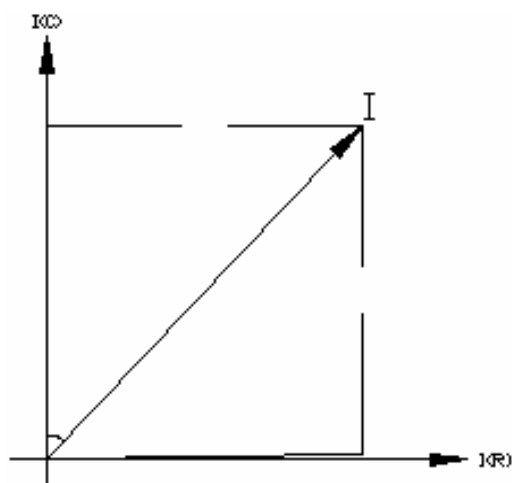
مقادیر حداکثر، حداقل و میانگین مقاومت عایقی با توجه به جریان نشتی پس از ده دقیقه اعمال ولتاژ به فازهای R و S و T می باشند.

ج- آزمایش $\tan \delta$

قبل از انجام این تست ابتدا با مفاهیم این تستها آشنا می شویم .

اگر یک عایق جامد را بین دو الکترود فلزی قرار دهیم یک خازن بوجود می آید ، اگر خازن کاملاً ایده آل باشد هیچگونه تلفات انرژی نخواهیم داشت .

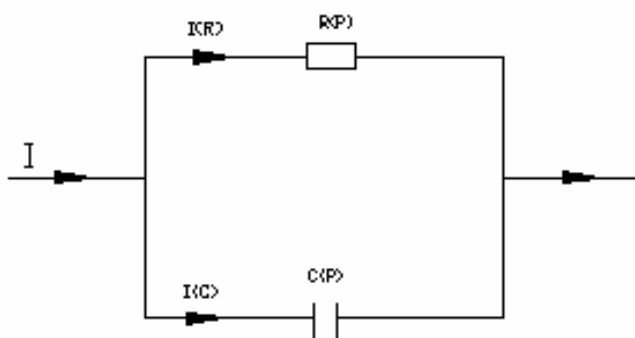
همواره در ولتاژ متناوب AC ، جریان 90° از ولتاژ جلوتر آن است . با توجه به آنکه خازنها (عایقها) ایده آل نیستند ، در نتیجه یک مقاومت اهمی R نیز وجود دارد و لذا اختلاف فاز جریان و ولتاژ آن کمتر از 90° شده و زاویه بین آنها به مقدار δ از 90° کمتر است (شکل ۳۳)



شکل (۳۳)

مدار معادل یک خازن با تلفات یعنی خازن واقعی را می توان به صورت شکل (۳۴) شبیه

سازی نمود .



شکل (۳۴)

$$I_C = jWC_p V$$

$$I_R = \frac{V}{R_p}$$

$$I = I_R + I_C = \frac{V}{R_p} + jWC_p V = \left(\frac{1}{R_p} + jWC_p\right)V$$

جریان I_R با ولتاژ V هم جهت است ولی جریان I_C عمود بر V است .

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{V / R_p}{WC_p V} = \frac{1}{WC_p R_p}$$

به $\tan \delta$ ضریب تلفات عایقی گویند ، علت این نام آن است که تلفات حرارتی عایق ، ضریبی از $\tan \delta$ است . در عایقها معمولاً $\tan \delta$ خیلی کوچک است و جریان I تقریباً با I_c برابر است . ضریب تلفات عایقی ، مشخص کننده مناسب بودن عایق است و بستگی به ابعاد عایق ندارد البته با تغییر ابعاد عایق ، ظرفیت C تغییر می کند ولی R هم به نسبت عکس آن تغییر کرده و $\tan \delta$ تقریباً ثابت می ماند .

در شکلهای (۳۵) و (۳۶) تصویر دو نوع از این دستگاه های تست نشان داده شده است.



2.5 kV and 12 kV Capacitance and Dissipation Factor Test Sets

شکل (۳۵)



High-Voltage Capacitance and Dissipation Factor Bridge

شکل (۳۶)

جهت انجام این تست مراحل زیر دنبال می شود.

۱- مدار آزمایش را مانند شکل (۳۷) ببندید.

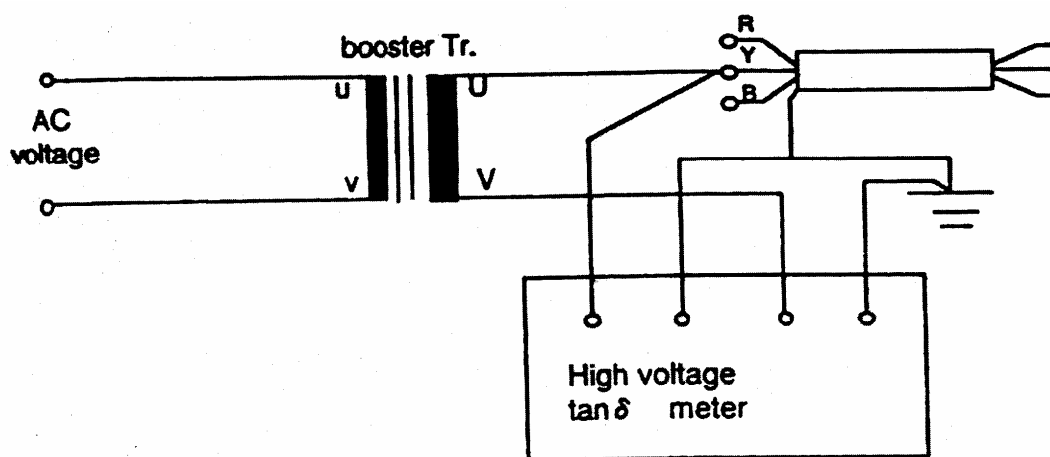
۲- میزان ظرفیت خازنی و $\tan \delta$ را به درصد در ولتاژهای مختلف تا ولتاژ نامی خوانده و ثبت نمایید.

۳- محاسبه تغییرات تلفات عایقی $\Delta \tan \delta$ طبق رابطه زیر:

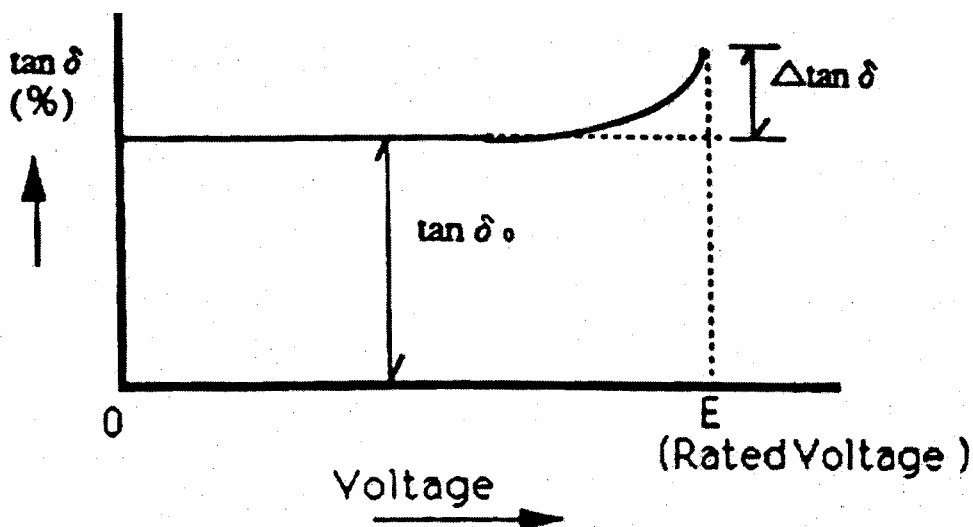
$$\Delta \tan \delta = \tan \delta - \tan \delta_0$$

$\tan \delta$ مقدار خوانده شده در ولتاژ نامی است.

$\tan \delta_0$ مقدار $\tan \delta$ ایستکه با توجه به تغییرات ولتاژ ثابت می ماند. این کمیتها در شکل (۳۸) نشان داده شده است.



شکل (۳۷)



شکل (۳۸)

مقاومت عایقی را بعد از آزمایش اندازه گیری کنید.

د : قضاوت

بر اساس مقادیر مشخصه محاسبه شده از نتایج اندازه گیری مثبت مقادیر جریان ناشی، در مورد معیار پذیرش یا رد کابل مورد نظر مطابق با جدول (۹) قضاوت می شود.

۱- چنانچه همه نتایج بدست آمده با ستون "قابل قبول" در جدول (۹) مربوط به نوع مورد نظر کابل مطابقت داشت باید دفعات عیب یابی را بر اساس تعیین جریان ناشی انجام شود.

۲- اگر تعدادی از نتایج حاصله با ستون "خطار" نوع کابل مورد نظر مطابقت داشت. در صورتیکه بقیه نتایج مطابق ستون "قابل قبول" جدول (۹) بود دفعات عیب یابی باید بر اساس تعیین $tg \delta$ انجام شود.

۳- اگر تعدادی از نتایج حاصله با اطلاعات ستون "مردود" جدول (۹) در مورد کابل مربوطه هماهنگی داشت در کوتاهترین زمان ممکنه بایستی نسبت به تعویض کابل اقدام نمود.

ه - دفعات عیب یابی

آزمایشات تشخیص عیب کابل بر اساس دفعات عیب یابی داده شده در جدول شماره (۱۰) انجام میگردد.

جدول (۹): معیار قضاوت

معیار قضاوت خرابی کابل								
کابل کراس لنیک			کابل لاستیکی			کابل کاغذی (کمربندی)		
مردود	اخطار	قابل قبول	مردود	اخطار	قابل قبول	مردود	اخطار	قابل قبول
کمتر از ۵۰۰	۵۰۰-۷۰۰	۷۰۰ یا بالاتر	کمتر از ۱۵	۱۵-۳۰۰	۳۰۰ یا بالاتر	کمتر از ۱۵	۱۵-۳۰۰	۳۰۰ یا بالاتر
مقاومت عایقی برحسب $M\Omega / Km$ بوسیله مگر ۱۰۰۰ ولتی								
کمتر از ۰/۳	۰/۳-۰/۵	۰/۵ یا بالاتر	کمتر از ۰/۳	۰/۳-۰/۵	۰/۵ یا بالاتر	کمتر از ۰/۳	۰/۳-۰/۵	۰/۵ یا بالاتر
مقاومت عایقی غلاف برحسب $M\Omega / Km$ بوسیله مگر ۱۰۰۰ ولتی								
۱۰ یا بیشتر	۱-۱۰	کمتر از یک	۱۰۰ یا بیشتر	۱۰-۱۰۰	کمتر از ۱۰	۱۵۰ یا بالاتر	۵۰-۱۵۰	کمتر از ۵۰
جریان نشتی برحسب $\mu A / Km$								
کمتر از ۱	۱-۱/۵	۱/۵ یا بالاتر	کمتر از ۱	۱-۱/۵	۱/۵ یا بالاتر	کمتر از ۱	۱-۱/۵	۱/۵ یا بالاتر
شاخص پولاریزاسیون (PI)								
-	۲۰۰ یا بیشتر	کمتر از ۲۰۰	-	۲۰۰ یا بیشتر	کمتر از ۲۰۰	-	۲۰۰ یا بیشتر	کمتر از ۲۰۰
تست عدم توازن فازها به درصد								
-	بیشتر از ۰/۴	کمتر یا مساوی ۰/۴	-	بیشتر از ۲	کمتر یا مساوی ۲	-	بیشتر از ۲	کمتر یا مساوی ۲
تلفات عایقی $tg\delta\%$								
-	بیشتر از ۰/۲	کمتر یا مساوی ۰/۲۵	-	بیشتر از ۰/۲۵	کمتر یا مساوی ۰/۲۵	-	بیشتر از ۰/۲۵	کمتر یا مساوی ۰/۲۵
تغییرات تلفات عایقی $\Delta tg\delta\%$								

جدول (۱۰): دوره زمانی آزمایش کابل

دوره زمانی بعد از خواباندن کابل			نتایج عیب یابی	نحوه قرار گرفتن کابل
کمتر از ۱۰ سال	بین ۱۰ تا ۱۵ سال	بین ۱۵ تا ۲۵ سال		
۱ سال	۳ سال	۵ سال	قابل قبول	داخلی (درون کانال یا سینی کابل محصور)
۶ ماه	۱ سال	یکسال	اخطار	
۱ سال	۱ سال	۵ سال	قابل قبول	خارجی (در سینی های رو باز)
۶ ماه	۶ ماه	یکسال	اخطار	

یک فرم گزارش در زیر نشان داده شده است.

فرم گزارش

عیب یابی عایق فشار قوی													
محل													
بازرسی در هوا () درجه حرارت °C رطوبت %													
در حضور													
بازرسی کننده													
تجهیزات بکار برده شده													
مشخصات کابل													
ولتاژ نامی			KV			نوع کابل							
سطح مقطع نامی			mm ²			طول کابل			m				
نتایج اندازه گیریها													
تست مقاومت عایقی			با مگر ۱۰۰۰ ولتی در مدت یک دقیقه							قبل از آزمایش MΩ			
										بعد از آزمایش MΩ			
آزمایش جریان نشی		زمان دقیقه		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
		ولتاژ اعمالی $E_2 = KV$	R										
			S										
			T										
DC		مقاومت عایقی		MΩ		پولاریزاسیون (PI)		تست عدم تعادل فازها					
آزمایش tg δ		ولتاژ اعمالی											
		ظرفیت μF											
		tg δ %											
		Δtg δ %											
ملاحظات													

۶-۲-۳-۲-۶- میزان ولتاژ اعمالی و حداقل مقاومت عایقی

اندازه گیری مقاومت عایقی قبل از برقرار کردن مشخص می کند که آیا وضعیت عایق برای کابلها و تجهیزات دیگر برقی مناسب است یا خیر. برای مقدار ولتاژ اعمالی و حداقل مقاومت عایقی مراحل زیر انجام می شود:

الف- انتخاب مناسب ولتاژ اندازه گیری مگر (براساس استاندارد VDE)

اندازه گیری مقاومت عایقی باید بوسیله یک میگر انجام شود. انتخاب نوع میگر بر اساس ولتاژ اندازه گیری در جدول (۱۱) آمده است.

جدول (۱۱)

ولتاژ نامی سیستم	ولتاژ مگر
کمتر یا مساوی ۵۰۰ ولت	۲۵۰ ولت
کمتر یا مساوی ۱۵۰۰	۶۲۵ ولت
کمتر یا مساوی ۴۵۰۰	۱۲۵۰ ولت
بیشتر از ۴۵۰۰	۲۵۰۰ ولت

ب- معیار حداقل مقاومت عایقی

در جدول (۱۲) حداقل مقاومت عایقی برای کابلها، ماشینهای الکتریکی، ترانسفورماتورها و کلیدخانه ها داده شده است.

جدول (۱۲)

موارد آزمایش	حداقل مقاومت عایقی	قسمت اندازه گیری شده
کابل کراس لینک XLPE	700MΩ	• فاز به فاز - فاز به زمین
ماشینهای دوار	100MΩ	• فاز به زمین
	20MΩ	• فاز به زمین
	1MΩ	• آرمیچر به زمین • سیم پیچ میدان به زمین • سیم پیچ میدان به آرمیچر
ترانسفورماتورها	200MΩ	• فاز به زمین
	100MΩ	• بین سیم پیچهای اولیه و ثانویه
	50MΩ	
کلیدخانه های فشار قوی	100MΩ	• فاز به فاز - فاز به زمین
کلید خانه های فشار ضعیف	50MΩ	• فاز به فاز - فاز به زمین

لازم به ذکر است که در جدول (۱۲) HV به ولتاژهای بالاتر از ۱ کیلو ولت اطلاق می شود.
برای مقاومت عایقی موتورهای جریان متناوب فشار قوی از فرمول زیر استفاده می شود:

$$R_i = K.U_n$$

که در آن R_i مقاومت عایقی بر حسب مگا اهم است. K ضریب تبدیل حرارتی و U_n ولتاژ نامی موتور بر حسب کیلو ولت است.

تغییرات مقاومت عایقی با درجه حرارت باید بر اساس جدول (۱۳) باشد.

جدول (۱۳)

ضریب K	درجه حرارت سیم پیچ بر حسب درجه سانتیگراد
۴۵	۲۰
۱۶	۲۵
۸	۴۵
۴	۵۵
۱	۷۵

حداقل مقاومت عایقی ترانسفورماتور که در جدول (۱۲) مشخص شده است باید برای ترانسفورماتورهای روغنی در ۴۰ درجه در نظر گرفته شود.

سوالات آموزشی فصل ششم:

- ۱- برای بازرسی کابل هایی که درون کانالهای بتونی قرار دارند چه باید کرد؟
- ۲- برای بازرسی در مواردی که کابل کشی ها در لوله اجرا شده است چه باید کرد؟
- ۳- عیوبی که ممکن است در کابل های فشار قوی و فشار ضعیف ایجاد شوند را نام ببرید.
- ۴- آزمایش تعیین مقاومت عایقی کابل به چه صورتی انجام می شود؟
- ۵- آزمایش کابل های فشار قوی در چند مرحله انجام می شود؟
- ۶- آزمایش تداوم هدایت الکتریکی و تعیین مقاومت عایقی کابل به چه صورت انجام می شود؟
- ۷- آزمایش فشار الکتریکی به چه صورت انجام می شود؟
- ۸- روش استاندارد تشخیص عیب کابل های ولتاژ زیاد شامل ارزیابی چه پارامترهایی می باشد؟
- ۹- روش انجام آزمایش جریان نشتی DC به چه صورتی است؟
- ۱۰- آزمایش $tg \delta$ چگونه انجام می شود؟
- ۱۱- برای تشخیص مقدار ولتاژ اعمالی و حداقل مقاومت عایقی چه مراحل باید انجام شود؟

فصل هفتم

نحوه بازرسی سیستم اتصال زمین

اهداف آموزشی فصل هفتم:

- ۱- آشنایی با سیستم اتصال زمین و مزایای آن
- ۲- شناخت اجزای سیستم اتصال زمین
- ۳- آشنایی با بازرسیهای ادواری سیستم اتصال زمین و مواقع انجام آن
- ۴- آشنایی با روشهای کاهش مقاومت زمین در مواقعیکه مقاومت زمین به اندازه کافی کم نباشد.
- ۵- آشنایی با درمان شیمیائی زمین

۷-۱- سیستم اتصال زمین

برای محافظت افراد در مقابل خطرات ناشی از برق گرفتگی، لازم است که کلیه دستگاههای صنعتی اعم از ثابت یا متحرک نظیر بدنه موتورها، ترانسفورماتورها، تابلوهای برقی، کلیدها و نظائر آنها به سیستم اتصال زمین متصل نمود. بدین منظور بدنه دستگاه از طریق کابلی مناسب به شبکه اتصال زمین مرتبط میگردد.

سیستم اتصال زمین متشکل از قطبهای زمین و شبکه میباشد. قطبهای زمین از مفتولها با لوله هائی با ابعاد گوناگون و یا صفحات مسی ساخته شده که در زیر زمین در عمق مناسب قرار میگیرند. جزئیات ساخت و نصب قطبها متفاوت بوده و در نقشه های اجرایی تعیین می شوند . گاهی از قطبهای از جنس روی یا آهن گالوانیزه برای الکترودها استفاده میشود.

شبکه اتصال زمین معمولاً متشکل از مدار بسته ای است که از سیم یا تسمه مسی یا مشابه آن در زیر زمین احداث شده و از طریق آن، دستگاههای صنعتی واحد به قطبهای زمین مرتبط می شوند .

۷-۲- بازرسی های فنی سیستم اتصال زمین در هنگام نصب

بازرسیهای فنی حین نصب سیستمهای اتصال زمین شامل بازرسیهای عینی و آزمایشات الکتریکی میباشد. در بازرسیهای عینی، پس از تطابق کار انجام شده با نقشه های اجرایی، وضعیت اتصال شبکه به قطبهای زمین و ماشین آلات، وضعیت عمومی چاهک قطبها، وضعیت پوشش روی اتصال شبکه به قطب زمین، اتصالات قابل رؤیت شبکه در طول مسیر آن باید بازرسی گردیده و نتایج آن در فرمهای مخصوصی که بدین منظور تهیه شده اند ثبت گردد. آزمایشات الکتریکی شامل آزمایش مقاومت قطب های زمین به زمین است که با دستگاه مخصوص تست مقاومت زمین^۱ انجام میپذیرد. مقاومت این قطبها بطور جداگانه باید از ۳ اهم کمتر باشد. همچنین آزمایش تداوم هدایت الکتریکی سیم سیستم اتصال زمین و آزمایش تعیین مقاومت اهمی دستگاهها نسبت به قطب زمین باید انجام پذیرد.

۷-۳- بازرسی فنی ادواری سیستم اتصال زمین

نظریه اهمیت سلامت سیستم اتصال زمین در حفظ ایمنی دستگاهها و پرسنل، بازرسیهای ادواری میباید بطور سالیانه در فصل تابستان یا اوائل پائیز اجراء گردد، چون در این فصل سطح آبهای زیر زمینی پائین بوده و مقاومت زمین بیشتر میباشد.

در این بازرسیها اقدامات زیر میباید انجام شود :

- کلیه اتصالات سیم های زمین به دستگاهها و تأسیسات میباید بررسی گردیده و فاقد زنگ زدگی بوده و تمیز باشند.
- سیم های اتصال زمین باید به دستگاهها مرتبط بوده و تحت هیچ شرایطی باز نشده باشند.
- شبکه اتصال زمین در هر واحد نباید قطع بوده و اتصال مدار باید کامل باشد.
- مقاومت الکتریکی قطبهای زمین نسبت به زمین و نیز مقاومت الکتریکی بین دستگاهها و تأسیسات نسبت به شبکه باید اندازه گیری شده و از میزان های ذکر شده بیشتر نباشند.
- اتصال شبکه به قطبها بازرسی گردیده و نباید دچار زنگ زدگی شده باشند.

۷-۴- طرز اصلاح مقاومت زمین

در مواقعیکه مقاومت زمین به اندازه کافی کم نباشد. به چند طریق میتوان آنرا کاهش داد:

- افزایش طول قطب ها یا الکترودها در داخل زمین
- استفاده از قطب های متعدد (افزایش تعداد قطبها)
- درمان شیمیائی زمین

۷-۴-۱- اثر اندازه قطب

همانطورکه می دانید، فرو بردن یک قطب طولانی تر در عمق بیشتری از زمین، مقاومت زمین را بخوبی کاهش میدهد. بطور کلی اگر طول قطب را دو برابر نمائیم مقاومت تاحدود ۴۰٪ کاهش می یابد.

۷-۴-۲- استفاده از قطب های متعدد

دو عدد قطب که با فاصله معین در زمین فرو برده شده باشند مسیرهائی موازی بوجود می آورند. بنابراین این دو قطب، دو مقاومت موازی می باشند که مقاومت زمین را کاهش میدهند.

۷-۴-۳- درمان شیمیائی زمین

درمان شیمیائی زمین موقعیکه نمیتوان قطب ها را در عمق زیاد تری در زمین فرو برد ، روش خوبی برای کاهش مقاومت زمین است. مثلاً در جائیکه تخته سنگهائی در زیر زمین قرار گرفته باشد از این روش استفاده میشود.

برای کاهش مقاومت زمین به این روش باید به اثرات خوردگی و زنگ زدگی احتمالی روی قطب ها توجه داشت. از این لحاظ سولفات منیزیم، سولفات مس و نمک طعام و ذغال مواد مناسبی می باشند. سولفات منیزیم کمترین اثر خوردگی را دارد، اما نمک طعام معمولی ارزانتر بوده و چنانچه در گودال حفر شده و در اطراف قطب ریخته شود همان کار سولفات منیزیم را انجام میدهد. مخلوطی از نمک طعام و ذغال نیز ترکیب مناسبی میباشد.

درمان شیمیائی زمین یک روش پایدار برای کاهش مقاومت زمین نیست. مواد شیمیائی در اثر بارندگی و زهکشی طبیعی زمین تدریجاً شستشو داده شده و از بین میروند. دوره تعویض مواد شیمیائی بر حسب مقدار خلل و فرج زمین متغیر بوده و ممکن است چند سالی بطول انجامد. همچنین درمان شیمیائی، تغییرات فصلی مقاومت را که بعلت مرطوب شدن و خشک شدن زمین ایجاد میشود کاهش میدهد. با وجود این، روش درمان زمین را تنها موقعی باید بکار برد که استفاده از قطب های عمیق یا متعدد عملی نباشد.



سوالات آموزشی فصل هفتم:

- ۱- سیستم اتصال زمین به چه منظور مورد استفاده قرار می گیرد؟
- ۲- اجزای یک سیستم اتصال زمین را نام ببرید.
- ۳- بازرسیهای ادواری سیستم اتصال زمین میباید در چه فصولی انجام گردد و چرا؟
- ۴- در بازرسیهای ادواری سیستم اتصال زمین چه اقداماتی باید انجام شود؟
- ۵- در مواقعه که مقاومت زمین به اندازه کافی کم نباشد، به چند طریق میتوان آنرا کاهش داد؟
- ۶- اگر طول قطب را دو برابر نمائیم مقاومت چقدر کاهش می یابد؟
- ۷- درمان شیمیائی زمین در چه مواقعی استفاده می شود؟
- ۸- برای کاهش مقاومت زمین به روش درمان شیمیائی زمین باید به چه نکاتی توجه نمود؟

فصل هشتم

روشهای بازرسی و تست ژنراتورها



اهداف آموزشی فصل هشتم :

- ۱- آشنایی با روش انجام تست مقاومت عایقی شینه های آرمیچر و میدان
- ۲- آشنایی با روش اندازه گیری ضریب پلاریزاسیون
- ۳- آشنایی با تست دی الکتریک ماشین تحت ولتاژ زیاد
- ۴- شناخت وسایل مورد نیاز جهت انجام تست دی الکتریک تحت ولتاژ زیاد
- ۵- آشنایی با تست دی الکتریک تحت ولتاژ زیاد AC و مزایای آن
- ۶- آشنایی با تست دی الکتریک تحت ولتاژ زیاد DC و مزایای آن
- ۷- آشنایی با تست استحکام عایقی و تست سیستم خنک کننده

در این فصل در مورد برخی از تست های معمول ژنراتور که در مراحل مختلف، اعم از موقع ساخت در کارخانه، یا در موقع نصب و قبل از بهره برداری، یا در موقع تعمیرات به عمل می آید، بحث خواهد شد.

۸-۱- تست مقاومت عایقی شینه های آرمیچر و میدان ژنراتور

هدف از انجام این تست آن است که ببینیم آیا عایقی که روی شینه مورد نظر را پوشانده است، می تواند در شرایط عادی وظیفه خود را به خوبی انجام داده و قسمتهای دارای ولتاژ سیم پیچی را از بدنه و نقاطی که دارای ولتاژ نیستند، عایق وایزوله کند.

باید توجه داشت که مرجعی که بتوان از روی آن حداقل مجاز مقاومت عایقی مربوط به یک ماشین را، بطور قطع و دقیق معین نمود، به گونه ای که در مقادیر کمتر از آن، وقوع اشکال و اتصالی در ماشین حتمی بوده و در مقادیر بیشتر از آن، امکان بهره برداری سالم را بشود تضمین نمود، وجود ندارد.

بعضی از عواملی که در عمر مفید عایقکاری شینه یک ماشین الکتریکی مؤثرند عبارتند از :

- روشی که در عایق کاری شینه مورد نظر بکار رفته است.
- عوامل مؤثر محیطی که ماشین در آن نصب شده است و یا شرایطی که در آن شرایط از ماشین بهره برداری می شود، مثل دمای محیط، وضعیت محیط از لحاظ در صد رطوبت، ذرات معلق در هوا مثل گرد و غبار، میزان پوشیده و ایزوله بودن محفظه ماشین از محیط آزاد بیرون، چگونگی رسیدگی و تعمیر و نگهداری ماشین، تعداد استارت ها و استپ های ماشین، تعداد ساعات بهره برداری و استراحت ماشین، میزان کهنگی عایق ها و تعداد ضربات و لتاژ بالایی که به عایقها اعمال می شود.

۸-۱-۱- روش انجام تست مقاومت عایقی شینه های آرمیچر و میدان

قبل از اندازه گیری مقاومت عایقی باید مقدماتی به شرح زیر را فراهم آورد تا عمل اندازه گیری با دقت و صحت انجام شده و در حین تست حادثه ناگواری رخ ندهد و آسیبی به کسی یا چیزی وارد نیاید.

اولاً باید هر گونه ارتباط الکتریکی را که بین سیم بندی مورد تست و سایر اجزاء و قسمتهای ماشین الکتریکی موجود است، قطع شود.

ثانیاً باید سایر سیم بندیها و ادوات الکتریکی مثل وسایل اندازه گیری و محافظتی را که ممکن است و لتاژ روی آنها بیفتد زمین شود.

مثلاً اگر بخواهیم مقاومت عایقی شینه های استاتور را تست کنیم، ارتباط سه فاز خروجی ژنراتور را از سایر قسمتها قطع می کنیم. ارتباط سه سر خروجی ژنراتور را نیز که تشکیل نقطه صفر داده و به زمین وصل می شوند، از زمین قطع می کنیم.

اگر هدف اندازه گیری مقاومت عایقی تک تک فازها باشد، باید:

- ارتباط سه فاز در نقطه مرکز ستاره از یکدیگر قطع شود.
- سیم بندی روتور زمین شود.
- RTD ها که معمولاً برای اندازه گیری دمای هسته و سیم پیچی آرمیچر بکار می روند زمین شود.

- یک سیم زمین برای تخلیه شارژهای الکترواستاتیک سیم بندی، بعد از انجام تست، حاضر کرده و در دسترس قرار می دهیم.
- فراهم نمودن سایر وسایل مورد نیاز برای انجام عمل اندازه گیری مثل میگر.

بنابر استاندارد IEEE-43 باید برای تست مقاومت عایقی از میگر با ولتاژ 500 VDC و 5000VDC استفاده شود. ولی در عمل برای اندازه گیری مقاومت عایقی سیم پیچی آرمیچر ژنراتورهای بزرگ، از میگر با رنج ولتاژ 1000VDC تا 5000VDC استفاده می شود. ولی برای اندازه گیری مقاومت عایقی سیم بندی روتور معمولاً میگر را در رنج ولتاژی برابر 500VDC قرار می دهند. در شکل (۳۹) یک نمونه میگر ۵ کیلو ولتی نشان داده شده است.



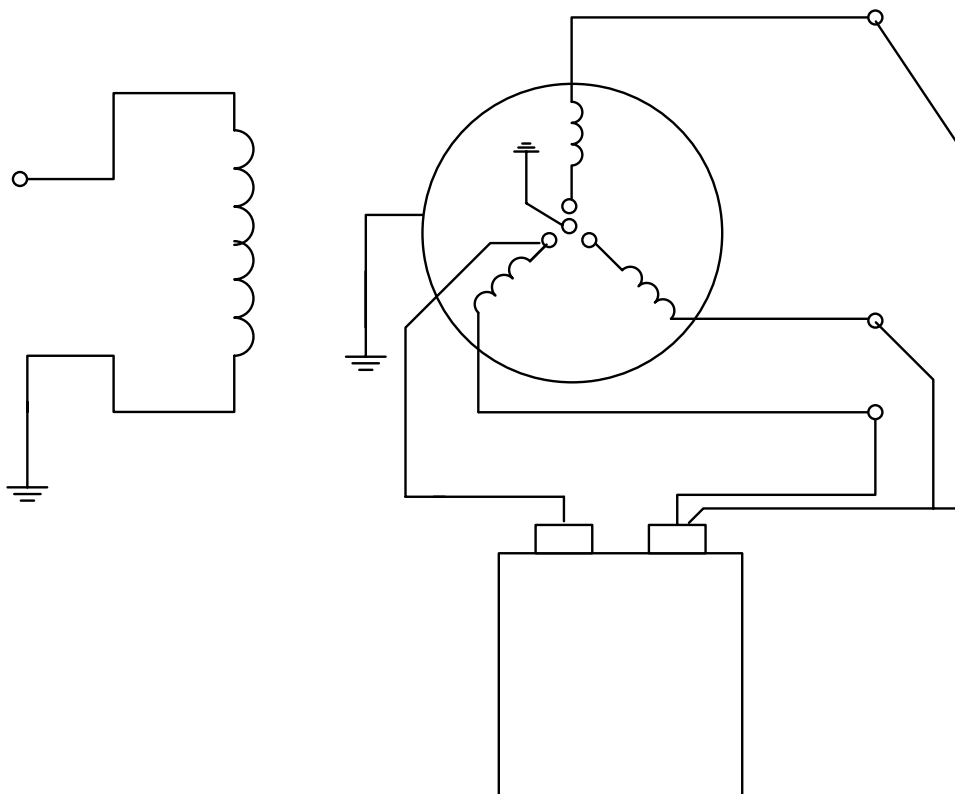
شکل (۳۹)

دستگاه میگر دارای ۳ عدد پروب شامل Line, Guard, Earth می باشد. از پروب Line برای تزریق ولتاژ و از پروب Earth برای برقراری حلقه Earth و یا منفی دستگاه استفاده می شود و از پروب Guard معمولاً جهت کاهش تأثیر ولتاژ دستگاه بر روی پوسته خارجی عایق و در مواقعی که نیاز به قرائت دقیق مقاومت عایقی می باشد استفاده می گردد. این پروب به پوسته خارجی عایق متصل می شود تا باعث خنثی سازی تأثیر ولتاژ دستگاه بر روی پوسته خارجی عایق گردد.

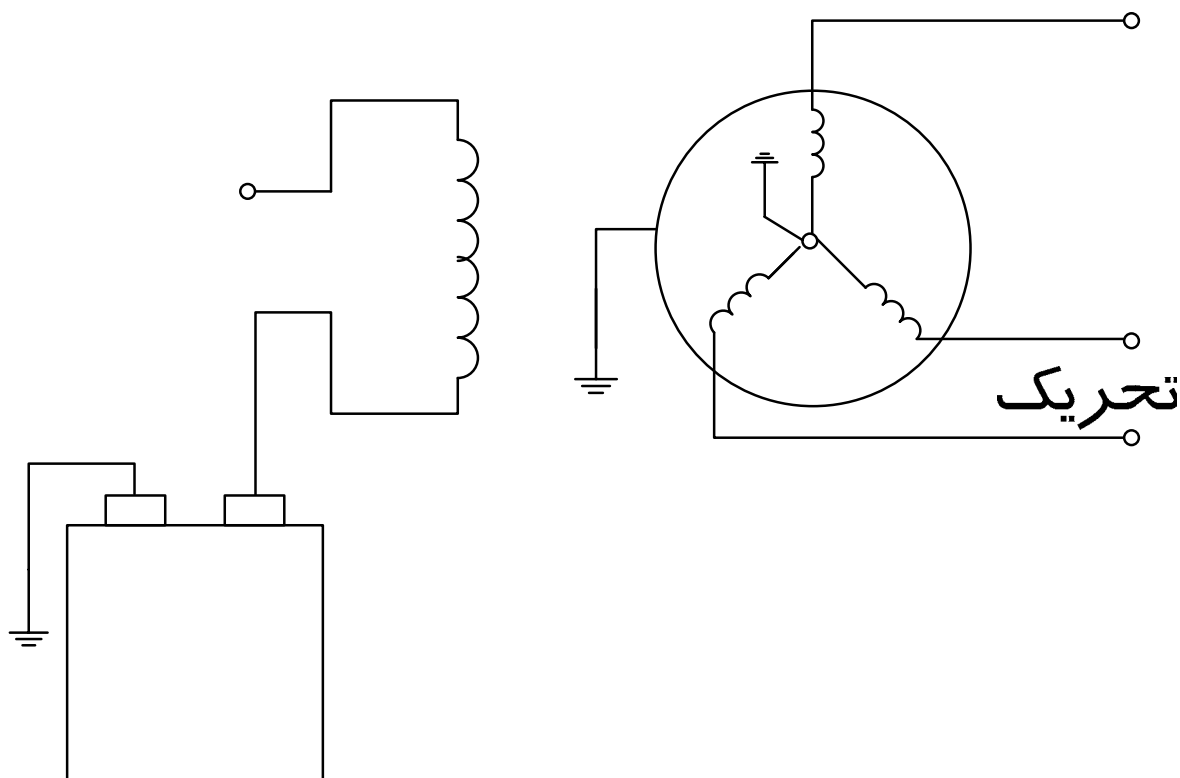
در مورد ژنراتور ، یک سیم میگر (سیم طرف زمین) را به بدنه (زمین) وصل کرده و سیم دیگر را به سیم پیچی مورد نظر وصل می کنیم. حالا میگر را روی رنج ولتاژ مناسب قرار داده و دسته آنرا به مدت یک دقیقه می چرخانیم یا اگر سوئیچ دارد، سوئیچ آنرا به مدت یک دقیقه بسته نگه می داریم تا ولتاژ تست در این مدت روی سیم بندی عایق اعمال شود. در پایان یک دقیقه، مقدار مقاومت عایقی را خوانده و به کمک سیم زمین، سیم بندی مورد تست را زمین می کنیم تا شارژ آن تخلیه شود.

تذکر:

بهتر است که میگر مورد استفاده، به محدود کننده جریان مجهز باشد تا در حالتی که مقاومت عایقی کم است، از وارد شدن آسیب به عایق سیم پیچی جلوگیری به عمل آید. شکلهای (۴۰) و (۴۱) طریقه اندازه گیری مقاومت های عایقی سیم بندیهای آرمیچر و میدان یک ژنراتور سنکرون را نشان می دهد.



شکل (۴۰)



شکل (۴۱)

۸-۱-۲- مبنای تست مقاومت عایقی سیم بندیهای ماشین

همانطور که گفته شد مبنا و مرجعی که بتواند برای حداقل میزان **مقاومت عایقی سیم بندیهای** یک ماشین مقدار دقیق و قطعی بدهد، وجود ندارد. ولی در اینجا با استفاده از مقادیری که در استانداردهای مختلف در مورد مقدار مقاومت عایقی سیم بندیهای ماشین ذکر شده است، مبنا و مرجعی بدست می آید که می توان گفت که اگر مقدار مقاومت عایقی سیم بندیها در یک ماشین، کمتر از یک دهم این مقادیر باشد، بعید است که بتواند بدون ایراد مورد بهره برداری قرار بگیرد.

بنا بر استاندارد IEC146 اگر مقدار مقاومت عایقی سیم بندیهای یک ماشین بر حسب مگا اهم، در فرمولهای زیر صدق کند، عایقهای ماشین **موزون** برای بهره برداری معمولی، در حد نسبتاً خوبی بوده و میتوان از آن بهره برداری نمود.

میکر 500 ولت

فرمول (الف)

ولتاژ نامی بر حسب ولت

$$M\Omega = \frac{\text{مقدار مقاومت عایقی بر حسب}}{1000 + \text{قدرت خروجی نامی بر حسب KW یا KVA}}$$

فرمول (ب)

سرعت نامی بر حسب rpm

$$M\Omega = \frac{\text{مقدار مقاومت عایقی بر حسب}}{0.5 + 2000 + \text{قدرت خروجی نامی بر حسب KW یا KVA}}$$

$$R_m = KV + 1$$

فرمول (ج)

که در فرمول (ج) R_m مقدار مقاومت عایقی سیم بندیهای استاتور و روتور ماشین، در دمای $40^\circ C$ بر حسب مگا اهم و KV مقدار ولتاژ نامی سیم بندی مورد تست بر حسب کیلو ولت می باشد.

می دانیم که دما در مقدار مقاومت عایقی تأثیر می گذارد، بطوریکه هرچه دمای عایق بیشتر باشد، میزان مقاومت اهمی آن (همان مقاومت عایقی) کمتر خواهد شد و به عکس هرچه دمای عایق کمتر باشد میزان مقاومت آن بیشتر می شود. (برخلاف هادیها)

لذا اگر بخواهیم نتایج بدست آمده از تست اندازه گیری مقاومت عایقی را با مقادیر استاندارد که از فرمول (ج) بدست می آید مقایسه کنیم، باید اگر دمای عایق در موقع اندازه گیری دمایی غیر از $40^\circ C$ بوده است، مقدار مقاومت عایقی بدست آمده در دمای زمان اندازه گیری R_t را ابتدا در ضریب مناسب K_t ضرب نموده و سپس آنرا با مقدار مقاومت عایقی که در فرمول (ج) برای دمای $40^\circ C$ بدست می آید مقایسه نمود. اگر بین R_t ، K_t و R_m رابطه زیر صدق کند عایق مزبور نسبتاً خوب است.

$$R_{40} = R_m = K_{t40}$$

$$K_{t40} = 10 \left(\frac{40 - t}{N} \right)$$

برای بدست آوردن مقدار K_{t40} در فرمول مربوطه، بجای مقدار دمای سیم بندی را بر حسب درجه سانتیگراد در موقع اندازه گیری مقاومت عایقی می گذاریم .
در رابطه فوق N عدد ثابتی است که بستگی به نوع کلاس مقاومت حرارتی عایق بکار رفته در سیم بندی مورد نظر دارد، مثلاً برای کلاس عایقی B مقدار N برابر ۶۰ بوده و برای کلاس عایقی A مقدار N برابر ۳۰ خواهد بود. R_t مقدار مقاومت عایقی اندازه گیری شده در دمای t درجه سانتیگراد بر حسب مگا اهم می باشد.

۸-۲- تست اندازه گیری ضریب پلاریزاسیون عایقهای شینه ها

از طریق اندازه گیری ضریب پلاریزاسیون که آنرا با $P.I$ نمایش می دهند، میتوان به کیفیت عایق سیم بندی از لحاظ میزان رطوبتی که جذب عایق شده پی برد.
ضریب پلاریزاسیون یک عایق سیم بندی، عبارتست از، نسبت مقدار مقاومت عایقی سیم بندی زمان ۱۰ دقیقه، بر مقدار مقاومت عایقی زمان یک دقیقه. یا به عبارت دیگر مقدار $P.I$ عبارتست از، نسبت مقدار جریان عبوری از عایق در زمان یک دقیقه بعد از اعمال مداوم ولتاژ ثابت، نسبت به مقدار جریان عبوری از عایق در زمان ۱۰ دقیقه بعد از اعمال مداوم ولتاژ ثابت تست.

از روی مقدار بدست آمده از طریق تست برای $P.I$ میتوان استنباط نمود که آیا وضعیت عایق از این لحاظ خوب است یا اینکه زیاد تر از حد مجاز رطوبت کشیده و نیاز به خشک کردن دارد.

۸-۲-۱- روش اندازه گیری ضریب پلاریزاسیون

روش انجام این تست بسیار شبیه به روش انجام تست اندازه گیری مقاومت عایقی سیم پیچی ماشین می باشد. مدار لازم جهت اندازه گیری $P.I$ نیز دقیقاً مثل مدار اندازه گیری مقاومت عایقی می باشد.

در اینجا نیز باید ابتدا تمام ارتباط های الکتریکی موجود بین سیم بندی مورد تست و سایر اجزاء را قطع نمود. وسیله اعمال ولتاژ تست، میگر می باشد. بعد از اینکه مدار لازم برای انجام تست بسته شد، میگر را به مدت ۱۰ دقیقه بطور مداوم وبا سرعت ثابت می چرخانیم یا اگر

سوئیچ دارد، سوئیچ آنرا به مدت ده دقیقه بسته نگه می داریم و در خلال این مدت در زمانهای مختلف (مثلاً در زمانهای ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰ و ۳۰۰ ثانیه) مقدار مقاومت عایقی سیم بندی را از روی میگر خوانده و یادداشت می کنیم. بدین ترتیب روند تغییرات مقاومت عایقی را خواهیم دید.

حال برای محاسبه P.I، مقدار مقاومت مربوط به زمان ۱۰ دقیقه را، بر مقدار مقاومت عایقی مربوط به زمان یک دقیقه، تقسیم می کنیم. خارج قسمت بدست آمده، مقدار P.I را نشان می دهد.

نکات احتیاطی لازم در انجام این تست نیز، شبیه موارد احتیاط در تست مقاومت عایقی می باشد، با این تفاوت که چون در اینجا مدت اعمال ولتاژ تست بیشتر می باشد (ده دقیقه) لذا بعد از انجام تست و قبل از هر گونه تماس با سیم بندی، باید ترمینالهای سیم بندی را به زمین وصل نمود تا شارژهای الکترواستاتیک ذخیره شده در سیم بندی، بطور کامل دشارژ شده و خطری متوجه پرسنل نشود. حال می توان وسایلی را که برای اندازه گیری P.I لازم بود، جمع کرده و ارتباطهای الکتریکی بین سیم بندی مورد تست و سایر اجزاء را که به خاطر انجام تست باز کرده بودید، دوباره بسته و آنها را به حالت اولیه خود برگردانید.

۸-۲-۲- مبنای اندازه گیری ضریب پلاریزاسیون P.I

در مورد ضریب پلاریزاسیون نیز همانند مقاومت عایقی نمی توان یک مقدار مینیمم مشخص را بیان نمود ولی $PI=1.5$ عدد نسبتاً خوب و رضایت بخشی در این مورد می باشد. جدول (۱۴) وضعیت عایق سیم بندی را از لحاظ جذب رطوبت نشان می دهد.

جدول (۱۴)

وضعیت عایق سیم بندی از لحاظ جذب رطوبت	خشک	عادی - معمولی	مرطوب
P.I	مقادیر بیش از ۲/۵	مقادیر بین ۱/۵ تا ۲/۵	مقادیر کمتر از ۱/۵

یعنی اگر مقدار P.I برای عایقهای یک سیم پیچی خیلی کمتر از ۱/۵ شود، عایق مزبور مرطوب بوده و لازم است که سیم بندی مورد نظر را به طریق مناسبی خشک نمود. بالا بودن غیر عادی و بیش از حد ضریب پلاریزاسیون هم مطلوب نیست. مثلاً در مورد عایقهای کهنه، زیاد بودن بیش از حد P.I ممکن است به علت شکنندگی عایق (بخاطر پیری) باشد.

۸-۳- تست $tg\delta$ و Capacitance

یکی از آزمایشات مهمی که می بایست در خصوص سیم پیچهای استاتور ژنراتور صورت گیرد انجام تست Capacitance و تست $tg\delta$ می باشد. در مورد مفاهیم این تستها قبلاً آشنا شدید. در خصوص سیم پیچهای استاتور ژنراتور می بایست توسط Disipation Factor Test & Capacitance Test مقدار $Tang\delta$ و Capacitance را اندازه گیری و با اعداد و ارقام تست شده در کارخانه سازنده مقایسه گردد.

۸-۴- تست دی الکتریک ماشین تحت ولتاژ زیاد

هدف از انجام این تست، اعمال ولتاژ زیاد به سیم بندی ماشین و سنجیدن توانایی و استقامت عایقهای سیم بندی، در مقابل اتصال کوتاه و ولتاژهای زیاد غیر عادی که به علل مختلف، مثل صاعقه و سوئیچینگ احتمال دارد روی آنها بیفتد می باشد. در این آزمایش، عایق را تحت ولتاژهای زیاد و ضربه ای قرار داده و توانایی آنرا در برابر تحمل این شرایط بررسی می کنند. باید توجه کرد که چون ولتاژ اعمالی جهت انجام تست دی الکتریک خیلی زیاد است، احتمال وقوع شکست عایقی زیاد است. خصوصاً اگر احتیاطها و دقت های لازم انجام نشود. به همین دلیل این تست فقط در صورت لزوم انجام می شود.

۸-۴-۱- وسایل مورد نیاز جهت انجام تست دی الکتریک تحت ولتاژ زیاد

قبل از وارد شدن به مطلب اصلی، به این نکته باید توجه کرد که این تست هنگامی روی سیم بندی و عایق آن، انجام می شود که سیم بندی، کامل و سالم و عایق آن نیز سالم باشد. یعنی قبل از انجام تست دی الکتریک باید مقاومت عایقی سیم بندی مورد نظر تست شود. مقدار این مقاومت باید در حد قابل قبولی بوده و سیم بندی و عایقهای آن کاملاً خشک و تمیز باشد. آنوقت می توان در صورت لزوم، تست دی الکتریک را انجام داد.

وسایل مورد نیاز جهت انجام این تست عبارتند از :

- **دستگاه تست :** منبعی که بتواند ولتاژ اعمالی مورد نیاز تست (AC یا DC) را در اختیار قرار دهد.
- **ابزار زمین کردن :** وسیله ای است که میتوان به کمک آن با دست، سیم زمین را به نقاط لازم اتصال داده و شارژ الکتریکی آن نقاط را به زمین تخلیه نمود. این وسیله که مانند یک عصا می باشد، باید برای ماکزیمم ولتاژ تست، بطور کامل عایق بندی شده و مطمئن و بی خطر باشد، تا سلامتی پرسنل ذیربط تأمین شود.
- **ترمو متر و رطوبت سنج:** برای اندازه گیری شرایط انجام تست از لحاظ دما و در صد رطوبت هوا.
- **میله زمین:** برای زمین کردن قسمتهای لازم
- **سیم زمین:** به طول کافی برای قسمتهای مختلف که باید زمین بشوند.

۸-۴-۲- مراحل مقدماتی انجام کار تست دی الکتریک

در مرحله اول باید هرگونه ارتباط الکتریکی را که بین سیم بندی مورد تست و سایر اجزاء برقرار می باشد قطع نمود. بدنه ماشین مورد تست و تمام سیم بندیها، غیر از سیم بندی مورد تست و همچنین تمام سیمها و وسایلی را که ممکن است، ولتاژ روی آنها بیفتد مانند R.T.D ها زمین می کنیم.

مثلاً اگر بخواهیم روی روتور تست دی الکتریک انجام دهیم، باید بدنه روتور، فازها، بدنه استاتور و R.T.D ها زمین شوند.

اگر بخواهیم تنها روی یک فاز آرمیچر، تست انجام دهیم، دو فاز دیگر، بدنه استاتور، R.T.D ها و سیم بندی تحریک باید زمین شود. بدنه دستگاه تست را نیز که ولتاژ تست را تأمین می کند باید زمین نمود. علاوه بر این، بدنه دستگاه تست را، به بدنه اتصال زمین شده ماشین مورد تست، نیز اتصال می دهیم. در اینجا خود دستگاه تست را مورد آزمایش قرار می دهیم. یعنی دستگاه تست را به منبع قدرت وصل کرده و خروجی آن را بررسی می کنیم، تا مطمئن شویم که خروجی دستگاه، یعنی ولتاژ ترمینالهای آن را می توان به دلخواه و کاملاً تحت کنترل افزایش و یا کاهش داد. حال تمام ترمینالهای مربوط به سیم بندی مورد تست را، که دارای ولتاژ نامی برابر هستند، به یکدیگر وصل می کنیم. در این مرحله میتوان مدار لازم جهت انجام تست را تکمیل کرد، و یک بار دیگر درستی تمام اتصالات را چک نمود.

اکنون دستگاه تست را روشن کرده و با نظارت بر دستگاههای اندازه گیری، ولتاژ خروجی دستگاه را روی صفر یا مینیمم مقدار خود تنظیم می کنیم. در این حالت، بریکر (کلید قدرت) واصل بین دستگاه تست و ترمینالهای سیم بندی مورد تست را، بسته و ولتاژ را بین این ترمینالها و زمین اعمال می کنیم. ولتاژ را آنقدر بالا می بریم تا به حد لازم و مورد نیاز برای انجام تست دی الکتریک، روی سیم بندی مربوطه برسد. سپس می گذاریم تا ولتاژ تست به مدت یک دقیقه، بر سیم بندی مورد نظر اعمال شود. در خلال این مدت، مقادیر و موارد لازم را از روی دستگاههای اندازه گیری یادداشت می کنیم. بعد از گذشت یک دقیقه ولتاژ اعمالی را کاهش داده، به مقدار صفر یا مینیمم مقدار ممکن می رسانیم و بریکر واصل بین دستگاه تست و سیم بندی مورد تست را باز نموده و دستگاه تست را خاموش می کنیم.

توسط ابزار زمین کردن، سیم اتصال زمین سیم بندی را از طریق مقاومت تخلیه، به زمین وصل می کنیم، سپس (بعد از زمین کردن اولیه) توسط یک اتصال خوب، سیم بندی را به بدنه ماشین که به زمین وصل است اتصال می دهیم و می گذاریم تا حداقل به مدت یک ساعت باقی بماند تا مطمئن شویم که دیگر، تمام انرژی های ذخیره شده در سیم بندی تخلیه شده است و خطری در بر ندارد.

بخاطر اهمیت موضوع، یکبار دیگر یادآوری می شود که اگر سیم بندی را بعد از انجام تست دی الکتریک، زمین نکنند، این سیم بندی بخاطر شارژهای الکترواستاتیک که روی آن

ذخیره شده است می تواند تا ساعتها بعد از انجام تست، همچنان خطرناک باشد و تنها باز کردن دستگاه تست از ترمینالهای سیم بندی، امکان خطر برای پرسنل ذیربط از بین نمی رود.

بعد از اینکه سیم بندی کاملاً تخلیه شد، می توانی یکبار دیگر مقاومت عایق سیم بندی را توسط میگر اندازه گرفت. بدین ترتیب تست دی الکتریک انجام شده است.

۸-۵- تست دی الکتریک تحت ولتاژ زیاد AC

نحوه انجام این تست به همان صورتی است که در فوق گفته شد. در اینجا کمی در مورد مقدار ولتاژ AC که باید به مدت یک دقیقه به ترمینالهای سیم بندی، جهت انجام تست دی الکتریک اعمال شود صحبت می شود.

لازم به تذکر است که مقادیری که در زیر خواهد آمد، ماکزیمم مقدار مؤثر (r.m.s) مجاز ولتاژهای AC جهت انجام تست دی الکتریک، برای حالات بهره برداری عادی از ماشین می باشد و این مقادیر نباید زیاده تر انتخاب شوند، مگر در حالت خاصی که در کاتالوگ ماشین مربوطه اجازه داده شده باشد. ماکزیمم مقادیر مؤثر مجاز ولتاژهای AC جهت انجام تست دی الکتریک، با توجه به نوع سیم بندی، ولتاژ نامی آن، نو یا کهنه بودن عایقهای سیم بندی و کامل بودن یا نبودن سیم بندی متغیر است.

ماکزیمم مقدار مؤثر مجاز ولتاژهای AC جهت انجام تست دی الکتریک در جداول (۱۵) و (۱۶) آمده است. این جداول با توجه به استاندارد های ASA تنظیم شده اند.

در این جداول، E ولتاژ نامی سیم بندی مورد نظر می باشد. اگر این سیم بندی از نوع AC باشد، E مقدار ولتاژ نامی خط به خط آن خواهد بود. در این جدول فرض بر این است که سیم بندی مورد تست، کامل و نو بوده و قبلاً مورد بهره برداری قرار نگرفته است. معمولاً وقتی ماشینی با سیم بندی های تکمیل شده تحویل می شود، در کارخانه، تحت این آزمایش قرار گرفته است.

جدول (۱۵)

نوع سیم بندی مورد تست دی الکتریک	ماکزیمم مقدار مؤثر ولتاژ AC مجاز، جهت تست دی الکتریک
سیم بندی میدان مربوط به ماشینهای سنکرون، غیر از سیم بندی اکسایتر	در هر صورت ولتاژ تست نباید کمتر از 1500V انتخاب شود.
همه سیم بندیهای AC دیگر، غیر از سیم بندی اکسایتر AC	ولتاژ نامی خط به خط سیم بندی $E = 2E + 1000$

اگر قبل از بهره برداری از ماشین بخواهیم دوباره آنرا تست کنیم، بهتر است که مقدار ولتاژ تست را معادل ۰/۷۵ مقادیر ذکر شده در جدول (۱۵) در هر مورد انتخاب نمائیم. اما اگر سیم بندی که می خواهیم روی آن تست دی الکتریک انجام دهیم، قبلاً مورد بهره برداری یا تست یا تعمیر قرار گرفته باشد، مقادیر لازم جهت ولتاژ تست را از جدول (۱۶) استخراج می کنیم.

جدول (۱۶)

نوع سیم بندی مورد تست دی الکتریک	ماکزیمم مقدار مؤثر ولتاژ AC مجاز جهت تست دی الکتریک
سیم بندیهای تحریک ژنراتور با ولتاژ نامی 125V سیم بندیهای تحریک ژنراتور با ولتاژ نامی 250V	ولتاژ 1000V
تمام سیم پیچی های AC دیگر	$E = 1.4E + 500$

۸-۶- تست دی الکتریک تحت ولتاژ زیاد DC

نحوه انجام تست دی الکتریک تحت ولتاژ زیاد DC نیز بسیار شبیه انجام تست دی الکتریک تحت ولتاژ AC می باشد. بنابر استاندارد ASA ماکزیمم ولتاژ DC مجاز جهت انجام تست دی الکتریک برای انواع سیم بندیها، ۱/۶ برابر ماکزیمم مجاز مقادیر مؤثر ولتاژهای AC است که در قسمت قبل گفته شد.

در موقع اعمال ولتاژ تست DC به سیم بندیها، بهتر است پلاریته مثبت به سیم بندی مورد تست و پلاریته منفی به زمین وصل شود. در اینجا هم ولتاژ تست را بطور پیوسته و سریع از صفر افزایش می دهیم تا به مقدار لازم برسد و حدود یک دقیقه این ولتاژ را اعمال می کنیم و مقادیر لازم را یادداشت کرده، ولتاژ را بطور پیوسته و نسبتاً سریع کاهش می دهیم تا به صفر (مینیمم مقدار) برسد.

در تست دی الکتریک با استفاده از ولتاژ DC لازم است که احتیاط بیشتری جهت حفاظت و سلامتی نسبت به حالتی که این تست را به کمک ولتاژ AC انجام می دهیم، بجا آورد. زیرا بعد از انجام تست، مقداری شارژ الکترواستاتیک در عایقها باقی می ماند، که ممکن است این پتانسیل خیلی دیر و به کندی تخلیه شود و در نتیجه خطر شوک الکتریکی تا چند ساعت بعد از اتمام تست، یعنی تا زمان تخلیه کامل، وجود خواهد داشت.

۸-۶-۱- مزایای انجام تست دی الکتریک تحت ولتاژ AC یا DC

تست دی الکتریک تحت ولتاژ بالای AC برای ماشینهایی که تحت ولتاژ AC بهره برداری می شوند، نسبت به تست این ماشینها تحت ولتاژ زیاد DC ارجحیت دارد. زیرا در این حالت بیشتر با حالات بهره برداری از ماشینهای AC تطابق و نزدیکی دارد،

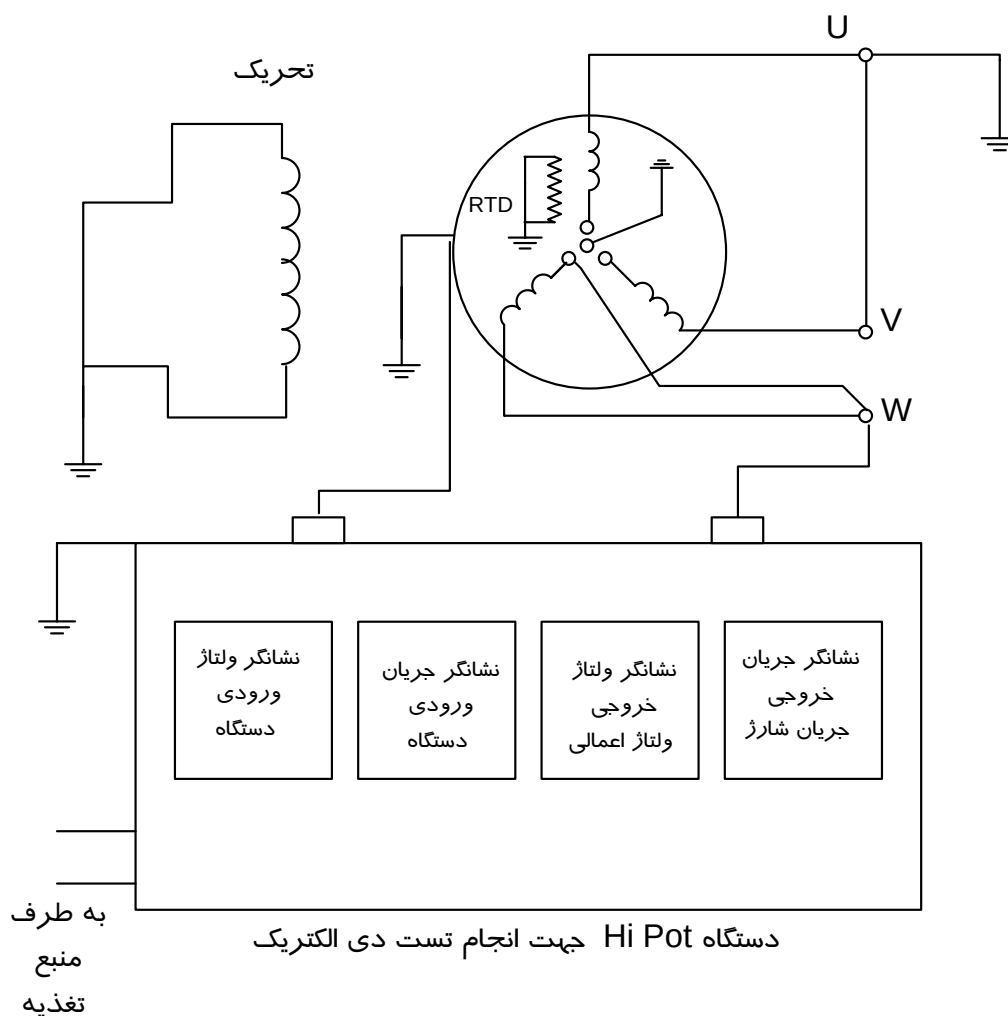
تست دی الکتریک با ولتاژ زیاد DC نیز دارای مزایای زیر است :

- عایقی که تحت ولتاژ زیاد DC تست می شود، در مقایسه با تست عایق تحت ولتاژ AC صدمه کمتری می بیند.
- پدیده وقوع شکست در عایق که بخاطر بالا رفتن بیش از حد ولتاژ اعمالی رخ می دهد را می توان در شرایط ولتاژ DC تا حدودی با ملاحظه جریان ناشی از عایق پیش بینی کرده و در نتیجه می توان قبل از وقوع شکست در عایق، تست را متوقف نمود. البته همیشه این طور نیست، زیرا وقوع تغییرات قابل توجه در بسیاری از پارامترها، مثل درصد رطوبت، درجه حرارت، کرونا و میزان تمیزی سیم بندی، باعث بوجود آمدن تغییرات قابل توجهی در مقدار جریان ناشی

می شود و اگر همه شرایط را یکجا در نظر نگیریم، ممکن است در تفسیر و برداشتی که از میزان جریان نشتی عایق می کنیم، دچار اشتباه شویم. لذا باید خیلی با احتیاط عمل کرد. زیرا با توجه به صحبت های فوق، گاهی ممکن است وقوع شکست در عایق، تحت ولتاژ زیاد DC بدون خبر و یکباره اتفاق بیافتد.

- مدت زمانی که برای تست با ولتاژ DC لازم است، در مقایسه با مدت زمان لازم جهت تست با ولتاژ AC کمتر است.
- ابزار لازم برای تست با ولتاژ DC کم حجم تر هستند.

در شکل (۴۲) یک مدار نمونه، برای انجام تست دی الکتریک روی سیم بندی های استاتور یک ژنراتور سنکرون نشان داده شده است.



شکل (۴۲)

۸-۷- اندازه گیری مقاومت اهمی سیم بندیهای آرمیچر ومیدان

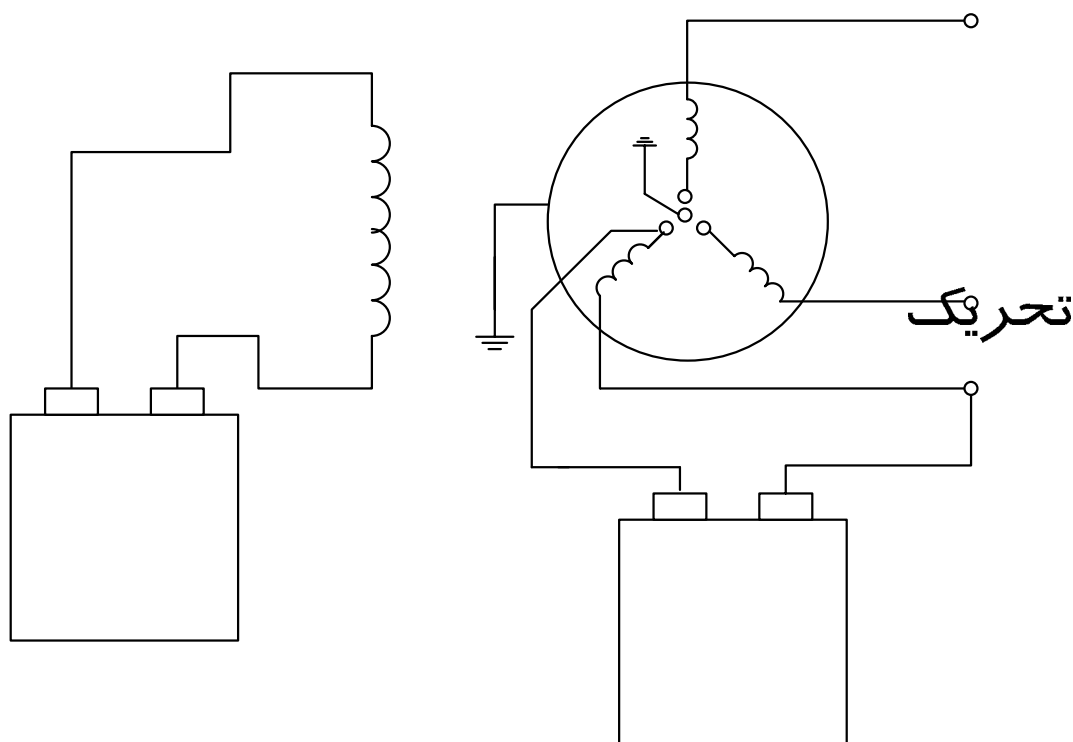
برای انجام این تست نیز ابتدا باید هرگونه ارتباط الکتریکی که بین سیم بندی مورد تست وسایر قسمتها موجود است را قطع نمود. سپس به کمک یک پل اندازه گیری دقیق، و یا توسط یک دستگاه اهم متر Low Resistance که تصویر آن در شکل (۴۳) آمده است مقاومت اهمی سیم بندی را از دو سر آن اندازه می گیریم.

باید دقت نمود که حتماً شرایط سیم بندی را در زمان تست، خصوصاً از لحاظ دمای سیم بندی در نظر گرفته ویادداشت کنیم. بهتر است که اندازه گیری مقاومت اهمی سیم بندیها، در زمانی که خنک هستند انجام شود.

شکل (۴۴) روش اندازه گیری مقاومتهای اهمی سیم بندیهای آرمیچر ومیدان یک ژنراتور را نشان می دهد.



شکل (۴۳): اهم متر دیجیتالی Low Resistance



شکل (۴۴)

۸-۷-۱- مقایسه نتایج بدست آمده از اندازه گیری مقاومت اهمی سیم بندی

معمولاً مقادیر مقاومت اهمی سیم بندیهای ماشین را، در شرایط معین از لحاظ دمای سیم بندی، در کاتالوگ مربوط به آن ماشین موجود است، ولی قبل از مقایسه نتایج بدست آمده از اندازه گیری، با مقادیری که در کاتالوگ ذکر شده است، باید مقادیر اندازه گیری شده را با استفاده از فرمول، تبدیل به مقادیر مربوط به شرایط معین ذکر شده در کاتالوگ نمود. تا مقایسه درست بوده و نتیجه مقایسه، گمراه کننده نباشد.

مثلاً اگر مقادیر داده شده در کاتالوگ برای دمای ۱۱۵ درجه سانتیگراد باشد، باید مقادیر بدست آمده از اندازه گیری در دمای تست را نیز تبدیل به این شرایط نمود.

به کمک این تست وجود پارگی در سیم بندی قابل تشخیص است. همچنین به کمک این تست می توان تا حدودی اگر بین رشته های هادی سیم بندی اتصال کوتاه رخ داده باشد، آنرا تشخیص داد.

۸-۸ - تست استحکام عایقی

در هنگام بازرسی های کامل از ژنراتور، گاهی یک تست استحکام عایقی در ولتاژی برابر $2/2$ برابر ولتاژ نامی، که برای مدت یک دقیقه اعمال می شود انجام می دهند که نحوه انجام آن بسیار شبیه تست دی الکتریک سیم بندی می باشد. قبل وبعد از انجام این تست مقاومت عایقی سیم بندی مورد تست را اندازه گرفته و با هم مقایسه می کنند تا معلوم شود که عایق توانسته است ولتاژ تست را تحمل کند یا اینکه آسیب دیده است.

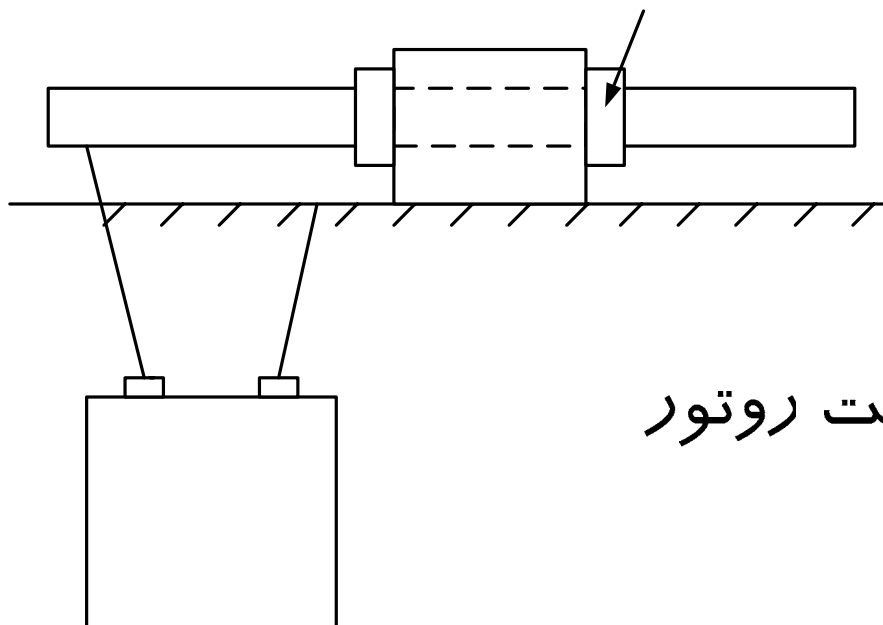
۸-۹ - اندازه گیری مقاومت عایقی یاتاقانها

معمولاً در موقع نصب یاتاقانهای ژنراتور ویا هنگام بازرسی آنها، مقدار مقاومت عایقی بین سطح هادی داخل یاتاقانها (باییت) و بدنه را توسط میگر اندازه می گیرند. میگر مورد استفاده می تواند روی رنج $100VDC$ تا $500VDC$ باشد.

شفت روتور را در جایی بیرون از ناحیه یاتاقانها، بنحوی زمین می کنند که جریان شفت روتور، که در اثر ولتاژ شفت پدید می آید، از طریق آن نقطه زمین شده، تخلیه شده و آسیبی به یاتاقانها بخاطر عبور جریان شفت وارد نشود. لذا در موقع اندازه گیری مقاومت عایقی یاتاقانهای ژنراتور، باید شفت روتور به کمک جک یا وسیله مناسب دیگر بالا نگهداشته شود، تا اشتباهی در نتیجه اندازه گیری رخ ندهد.

مدار این آزمایش در شکل (۴۵) نشان داده شده است.

از روی نتیجه بدست آمده از این تست، می توان فهمید که مقدار مقاومت عایقی یاتاقانها، در حد قابل قبول و معمول هست یا خیر.



شافت روتور

شکل (۴۵)

شناسی

۸-۱۰- تست سیستم خنک کننده

یکی از قسمتهای مهم در ماشینها که مورد تست واقع می شود، قسمت خنک کننده ماشینها می باشد. یکی از موارد تست در مورد سیستم های خنک کننده، تست نشت سیال خنک کننده به خارج می باشد که در مورد ماشینهای با سیستم خنک کننده مدار بسته و بیشتر در مورد ماشینهایی که با هیدروژن خنک می شوند به کار می رود.

برای این منظور فشار گاز هیدروژن (سیال خنک کننده) را به ماکزیمم مجاز خود می رسانند و آنگاه به کمک کف صابون در محل اتصالات و درزها، نشت گاز هیدروژن به خارج را چک می کنند. گاهی اوقات برای چک کردن وجود و عدم وجود نشتی در مسیر سیال خنک کننده

(گاز هیدروژن) از گاز فرئون ۱۲ یا ۲۲ استفاده می شود.

وسيله اندازه گیری

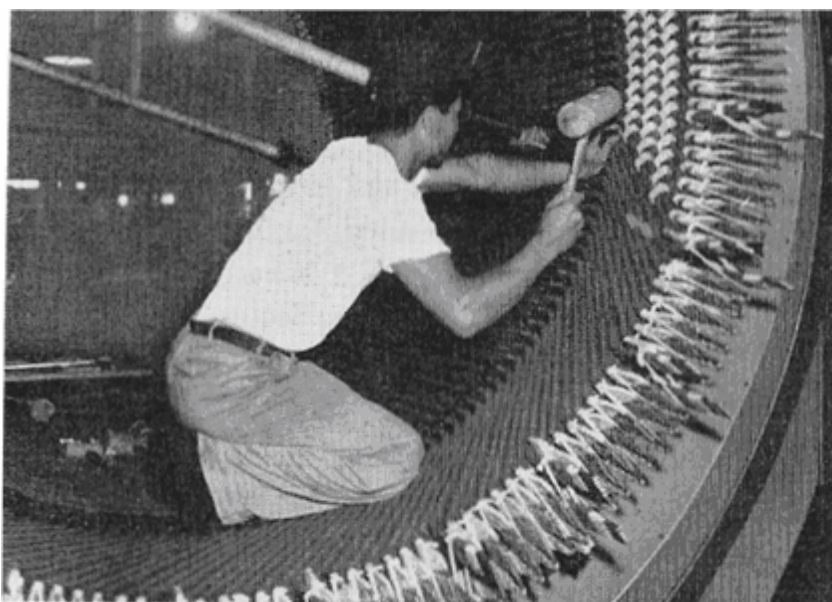
لازم به یاد آوری است که در ماشینهایی که دارای سیستم خنک کننده از نوع هیدروژنی می باشند، به خاطر نشت غیر قابل اجتناب گاز از قسمتهای مختلف، مثل پوسته ماشین و لوله های رابط، همیشه مقداری از گاز تحلیل رفته و مصرف می شود. ولی اگر مقدار این نشت طبیعی باشد، میزان گاز مصرفی که هر روز باید بطور مرتب به سیستم خنک کننده تزریق شود، حد معینی خواهد داشت، ولی اگر مقدار این گاز تحلیل رفته، که لازم است روزانه تزریق شود، تا فشار گاز هیدروژن و همچنین درجه خلوص آن ثابت بماند، بیشتر از حد معین شده باشد نشان

می دهد که حتماً از یک قسمتی، گاز بیشتر از حد معمول نشت می کند، که به کمک این تست میتوان آن نقطه را پیدا نمود و مشخص کرد.

۸-۱۱- بازدید از وضعیت گوه ها

معمولاً یکی از مواردی که در زمان نصب و یا زمان تعمیرات اساسی ژنراتورها می بایست مورد بازرسی قرار گیرد وضعیت گوه های نگهدارنده واقع در شیار های هسته استاتور ژنراتور می باشد .

بهتر است که هر ۸ سال یکبار رتور ژنراتور از درون استاتور بیرون کشیده شود و این گوه ها از نظر محکم بودن و عدم جابجایی از محل خود بازدید گردد . شکل (۴۶)



شکل (۴۶)

۸-۱۲- آزمایش های مورد نیاز رتور

۸-۱۲-۱- تست مقاومت عایقی

مقاومت عایقی سیم پیچی رتور ژنراتور می بایست قبل از راه اندازی توسط دستگاه میگر 250V.DC سنجیده شود .

با توجه به آنکه سیم پیچی رتور از نوع D.C می باشد و معمولاً ولتاژ تحریک ژنراتورها در محدوده 110V.DC الی 250V.DC بوده لذا مقاومت عایقی این قسمت توسط دستگاه میگر 250V.DC سنجیده شده که حداقل مقدار قابل قبول آن $2M\Omega$ می باشد.

۸-۱۲-۲- تست مقاومت اهمی

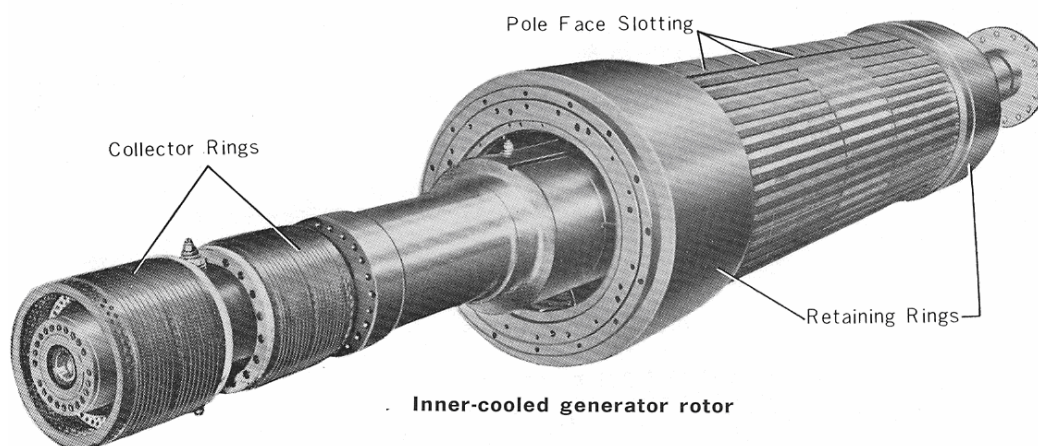
یکی از پارامترهایی که قبل از راه اندازی ژنراتور می بایست آزمایش گردد سنجش مقدار مقاومت اهمی سیم پیچی رتور می باشد .

مقدار مقاومت اهمی سیم پیچی رتور توسط دستگاه اهم متر Low Resistance سنجیده شده و مقدار آن با اعداد ارائه شده توسط سازنده مقایسه می گردد .

۸-۱۲-۳- تستهای غیرمخرب

با توجه به آنکه رتور ژنراتورهایی که با قطب صاف هستند مانند شکل (۴۷) در انتهای خود دارای حلقه های اصطکاکی می باشند و عدم وجود ترک و یا شکستگی در مقاطع این حلقه ها بسیار حائز اهمیت بوده به گونه ای که در صورت وجود هر گونه ترک و یا شکستگی جزئی در آن باعث ایجاد لرزش در زمان بهره برداری از ژنراتور می نماید که علت آن در واقع عدم برقراری کامل کوپل مغناطیسی می باشد .

معمولاً گروه بازرسی فنی توسط دستگاههای مربوطه ، بازرسی و یا ترک یابی قسمتهای مختلف رتور را انجام می دهند .



شکل (۴۷)

۸-۱۲-۴- تست دیودها

یکی از پارامترهایی که قبل از راه اندازی ژنراتور می بایست انجام شود اطمینان از سلامت دیودهای یکسو کننده واقع در مسیر جریان سیم پیچی رتور می باشد .

در ژنراتورهایی که تحریک آنها به صورت Dinamic می باشد عموماً ولتاژ AC از طریق دیودهای نصب شده بر روی رتور (این دیودها با رتور همواره در حال چرخش می باشد) به ولتاژ DC تبدیل شده و نهایتاً تحریک سیم پیچی رتور را برقرار می سازند .

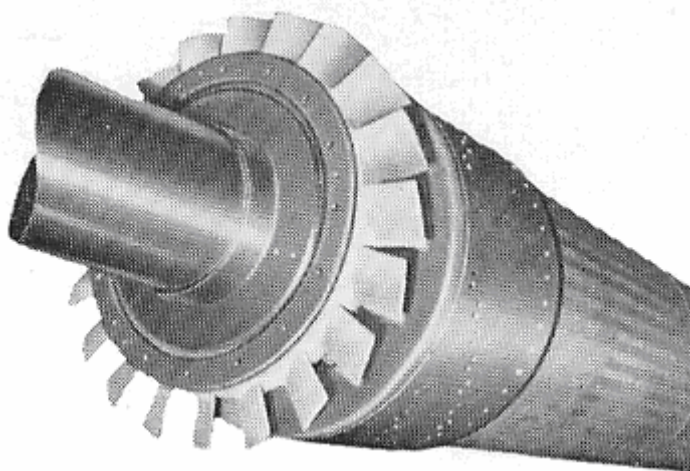
جهت تست این دیودها می بایست ابتدا اتصالات آنها جدا شده ، سپس توسط دستگاه اهم متر معمولی سلامت آنها تست گردد .

تست این دیودها به گونه ای است که یک دیود سالم می بایست در یک جهت مقاومت بی نهایت را نشان داده و در جهت دیگر می بایست مقاومت حدود 20Ω (بستگی به نوع دیود دارد) را نشان دهد .

۸-۱۲-۵- بازدید از پره های رتور

همانگونه که از شکل (۴۸) مشاهده می گردد معمولاً رتور ژنراتورها برای آنکه بتواند جریان هوا را در فاصله هوایی بین رتور و استاتور برقرار سازد در انتها و ابتدای رتور دارای پره هایی می باشد که بدین منظور نصب شده است .

یکی از بازدید هایی که می بایست صورت گیرد بازدید از این پره ها و اطمینان از محکم بودن و نصب صحیح و عدم وجود آلودگی و یا جرم اضافی بر روی این پره ها می باشد .



شکل (۴۸)

۸-۱۲-۶- تستهای مورد نیاز ذغال ها

در خصوص ژنراتورهایی که تحریک آنها به واسطه سیستم ذغال و حلقه اصطکاکی انجام می شود باید تجهیزاتی که به این قسمت مربوط می باشد را به طور کامل بازدید و تست نمود . مواردی که می بایست بازرسی گردد به قرار زیر است:

- الف) قسمت Brush Holder (جای ذغال ها) می بایست چک شده و Clearance آن با کولیس اندازه گیری و اعداد آن با اعداد ارائه شده توسط سازنده مقایسه گردد .
- ب) سطح ذغالها می بایست چک شده و از صاف بودن آنها و همچنین اندازه طول ذغالها اطمینان حاصل نمود .
- ج) فشار فنر قرار گرفته در پشت ذغال می بایست توسط فشارسنج تست گردیده که معمولاً این فشار باید بین 20Kg/m^2 الی 35Kg/m^2 تنظیم شده باشد .
- د) سطح حلقه های اصطکاکی می بایست بازدید شده و در صورت وجود هر گونه خراشیدگی و یا ناهمواری نسبت به برطرف نمودن آن توسط سمباده و یا دستگاه تراش اقدام نمود .

۸-۱۲-۷- اندازه گیری فاصله هوایی

یکی از پارامترهایی که در خصوص ژنراتورها می بایست تست گردد اندازه گیری فاصله هوایی ماشین رتور و ژنراتور می باشد. برای این منظور باید توسط فیلرهای مناسب ابتدا در حالت سکون رتور ، اندازه فاصله هوایی را در ساعتهای ۱۲ و ۳ و ۶ و ۹ اندازه گیری نموده و سپس رتور را به اندازه 90° در جهت ساعتگرد حرکت داده و مجدداً در ساعتهای ۱۲ و ۳ و ۶ و ۹ اندازه گیری نمود.

پس از اتمام اندازه گیریها اعداد و ارقام می بایست با اعداد ارائه شده توسط سازنده مقایسه گردد لازم به ذکر است که حداکثر تolerانس مجاز برای فاصله هوایی ژنراتورها $\pm 10\%$ می باشد.

۸-۱۳- تست نقطه ستاره ژنراتور

در ژنراتورهای با توانهای مختلف مرکز ستاره ژنراتورها به روشهای گوناگونی به زمین متصل می گردد .

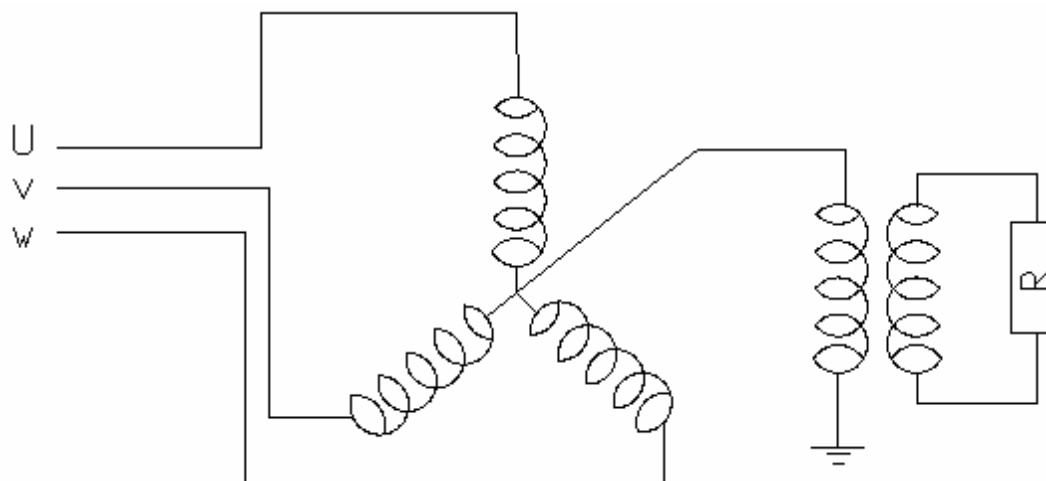
- در ژنراتورهای با توان کمتر از 7.5MW مرکز ستاره به صورت مستقیم به زمین متصل می گردد که در این نوع ژنراتورها می بایست فقط کابل ارتباطی توسط دستگاه میگر تست مقاومت عایقی گردد .

- در ژنراتورهای با توان بین 7.5MW تا 30MW جهت زمین کردن مرکز ستاره سیم پیچهای استاتور معمولاً از مقاومت واسطه استفاده می شود. در این حالت باید علاوه بر آنکه باید توسط دستگاه میگر تست مقاومت عایقی روی کابلهای رابط انجام داد، مقدار مقاومت مربوط به اتصال زمین مرکز ستاره را نیز توسط دستگاه اهم متر سنجیده و با مقدار مشخص شده روی پلاک ژنراتور مقایسه نماییم .

- در ژنراتورهای با توان بالاتر از 30MW برای زمین کردن مرکز ستاره ژنراتور از ترانسفورماتور پیترسون استفاده می نمایند بدین صورت که اتصال مرکز ستاره مانند شکل (۴۹) وارد اولیه ترانسفورماتور شده و سپس ثانویه ترانسفورماتور به یک مجموعه مقاومت که نسبت به زمین ایزوله می باشند متصل می گردد .

در نمونه های فوق می بایست پس از جداسازی اتصالات، ابتدا مقاومت عایقی کابلهای رابط توسط دستگاه میگر تست شده ، سپس مقدار مقاومت متصل به ثانویه ترانس اندازه گیری و با مقدار مشخص شده روی پلاک ژنراتور مقایسه شود و بعد از آن اولیه و ثانویه ترانس پیترسون نیز توسط دستگاه میگر تست مقاومت عایقی شده که حداقل مقدار قابل قبول آن نباید کمتر از 50MΩ باشد .





شکل (۴۹)

سوالات آموزشی فصل هشتم:

- ۱- عواملی که در عمر مفید عایقکاری شینه یک ماشین الکتریکی مؤثرند را نام ببرید.
- ۲- قبل از اندازه گیری مقاومت عایقی باید چه مقدماتی فراهم گردد.
- ۳- روش انجام تست مقاومت عایقی شینه های آرمیچر و میدان چگونه است؟
- ۴- ضریب پلاریزاسیون عایق سیم بندی را تعریف کنید.
- ۵- روش اندازه گیری ضریب پلاریزاسیون چگونه است؟
- ۶- هدف از انجام تست دی الکتریک ماشین تحت ولتاژ زیاد چیست؟
- ۷- وسایل مورد نیاز جهت انجام تست دی الکتریک تحت ولتاژ زیاد را نام ببرید.
- ۸- مراحل مقدماتی انجام کار تست دی الکتریک را ذکر کنید.
- ۹- تست دی الکتریک تحت ولتاژ زیاد AC چگونه انجام می شود؟
- ۱۰- تست دی الکتریک تحت ولتاژ زیاد DC چگونه انجام می شود؟
- ۱۱- مزایای انجام تست دی الکتریک تحت ولتاژ AC یا DC را نام ببرید.
- ۱۲- تست استحکام عایقی چگونه انجام می شود؟
- ۱۳- تست سیستم خنک کننده چگونه انجام می شود؟
- ۱۴- روش اندازه گیری فاصله هوایی ژنراتور را توضیح دهید.

فصل نهم

روشهای بازرسی

وتست ترانسفورماتورها

اهداف آموزشی فصل نهم:

- ۱- آشنایی با تست مقاومت عایقی
- ۲- آشنایی با تست مقاومت اهمی ترانسفورماتور
- ۳- آشنایی با آزمایش نسبت تبدیل
- ۴- بازدید از رله فشار ناگهانی
- ۵- آشنایی با تست مقاومت اتصال زمین
- ۶- آشنایی با تست روغن ترانسفورماتور
- ۷- آشنایی با تست گروه اتصال ترانسفورماتور
- ۸- آشنایی با تست عملکرد رله بوخلتز

۹-۱ تست مقاومت عایقی سیم پیچهای ترانسفورماتور

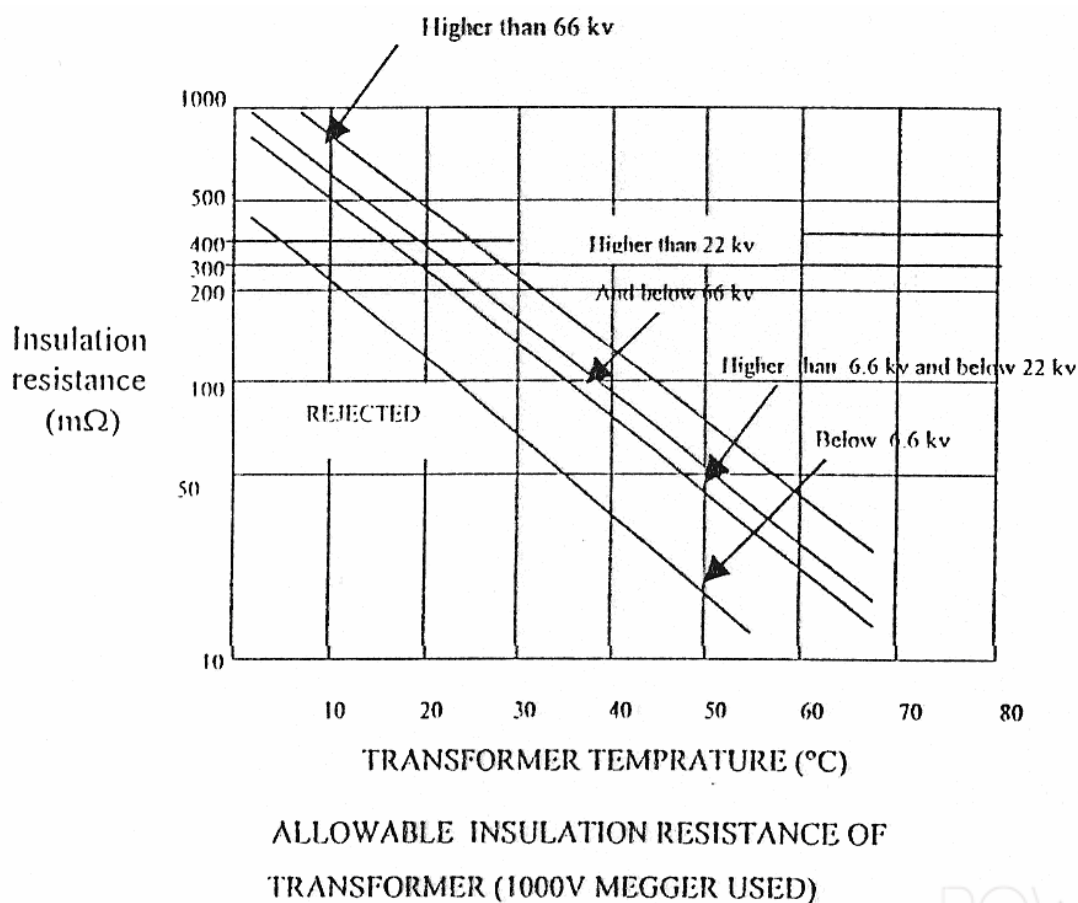
یکی از پارامترهایی که قبل از بهره برداری از ترانسفورماتور باید چک نمود وضعیت مقاومت عایقی سیم پیچها می باشد .

وضعیت عایقی سیم پیچهای اولیه و سیم پیچهای ثانویه هر ترانسفورماتور می بایست به صورت جداگانه توسط دستگاه میگر آزمایش شود. لازم به ذکر است که به هنگام انجام تست مقاومت عایقی سمت اولیه، حتماً باید سیم پیچهای سمت ثانویه توسط سیم Earth به زمین متصل گردیده تا از ایجاد ولتاژ القائی در ثانویه جلوگیری شود . این مسئله می بایست به هنگام انجام تست سیم پیچهای سمت ثانویه نیز رعایت گردد .

انجام تست مقاومت عایقی باید برای تمامی فازها صورت گیرد. در مورد ترانسفورماتورهایی که دارای اتصال ستاره می باشند می بایست قبل از انجام تست ابتدا اتصال مرکز ستاره به زمین را جدا نموده تا بتوان مقاومت عایقی را اندازه گیری نمود . انجام تست مقاومت عایقی ترانسفورماتورهای مختلف می بایست توسط دستگاه میگر با ولتاژهای زیر صورت گیرد .

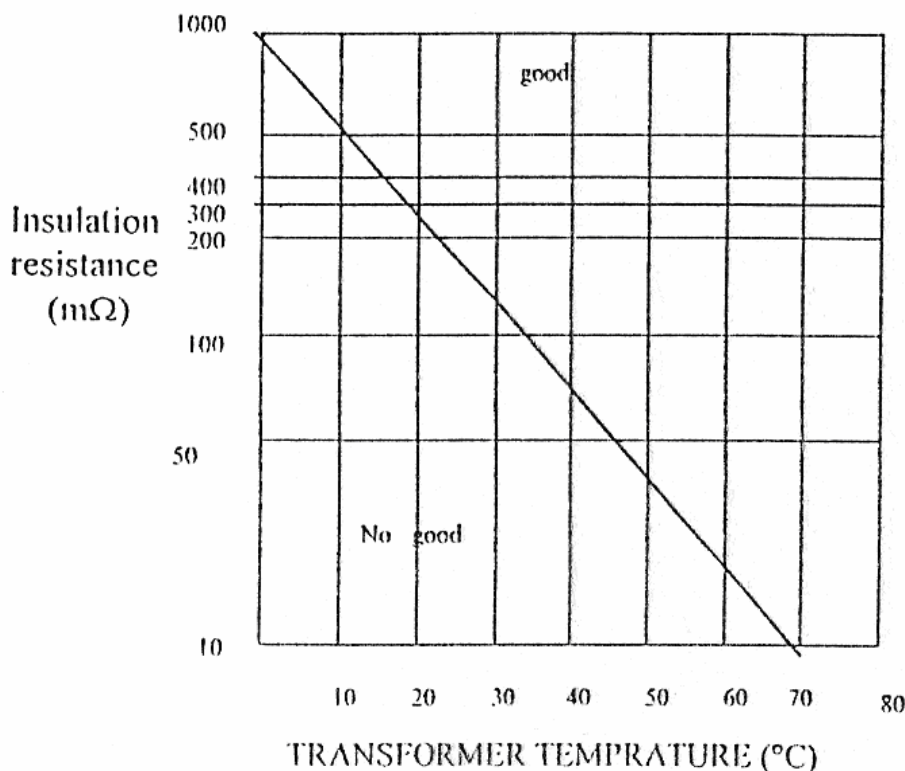
- ترانسفورماتورهای 400V توسط میگر 500V
- ترانسفورماتورهای 400V تا 1000V توسط میگر 1000V
- ترانسفورماتورهای 1000V تا 3000V توسط میگر 2500V
- ترانسفورماتورهای 3000V تا 6000V توسط میگر 5000V
- ترانسفورماتورهای 6000V به بالا توسط میگر 10000V

پس از انجام تست های مقاومت عایقی می بایست اعداد قرائت شده با نمودارهای شکل (۵۰) و (۵۱) مقایسه شده و مطلوب و یا نامطلوب بودن آن مشخص گردد .



شکل (۵۰)

((DISTRIBUTION TRANSFORMER))



TRANSFORMER INSULATION RESISTIVITY ALLOWANCE
VALUE (ACCORDING TO 1000V MEGGER)

شکل (۵۱)

۹-۲- تست مقاومت اهمی

یکی دیگر از پارامترهایی که می بایست قبل از راه اندازی ترانسفورماتور مورد آزمایش قرار گیرد انجام تست مقاومت اهمی ترانسفورماتور توسط دستگاه اهم متر Low Resistance می باشد.

ابتدا شش سر مربوط به سمت اولیه و ثانویه ترانسفورماتور سه فاز را از دیگر تجهیزات جدا می نماییم ، سپس اتصال مرکز ستاره ترانس را از زمین جدا می نماییم و بعد از آن مقاومت اهمی بین تک تک فازها را اندازه گیری نموده و با اعداد ارائه شده توسط سازنده مقایسه می کنیم .

۹-۳- تست نسبت تبدیل

یکی دیگر از آزمایشات مورد نیاز قبل از راه اندازی ترانسفورماتور آزمایش نسبت تبدیل می باشد که می بایست به صورت زیر انجام شود .

- کلید سمت اولیه و سمت ثانویه ترانسفورماتور را قطع می نمایم .
- به سمت اولیه ترانسفورماتور ولتاژ 110 V و 220 V و 380V و 660V را در چهار مرتبه اعمال نموده و در هر یک از دفعات ولتاژ را در ثانویه و توسط دستگاه ولتметр قرائت می نمایم .
- توسط رابطه $n = \frac{V_1}{V_2}$ نسبت تبدیل ترانسفورماتور را در چهار حالت محاسبه می نمایم. این نسبت تبدیل باید با نسبت تبدیل ارائه شده توسط سازنده یکسان باشد. در صورتی که ترانسفورماتور ما دارای تپ چنجر باشد می بایست این عملیات در تمامی موقعیتهای تپ چنجر انجام پذیرد .

۹-۴- بازدید از رله فشار ناگهانی

در ترانسفورماتورهای سه فاز صنعتی یک دستگاه حفاظتی به نام رله فشار ناگهانی بر روی ترانسفورماتور نصب شده است. این دستگاه در واقع مانند یک دیافراگم عمل می نماید بدین صورت که در مواقعی که درون ترانسفورماتور اتصال کوتاه شدیدی رخ می دهد و باعث می گردد به یکباره حجم روغن ترانسفورماتور در اثر تولید گازهای اضافی افزایش یابد با پاره شدن صفحه دیافراگم در اثر فشار روغن پشت آن ، روغن و گازهای موجود در ترانس با فشار به بیرون پاشیده شده و از انفجار ترانسفورماتور جلوگیری می نماید .

قبل از راه اندازی هر ترانسفورماتور در صورت وجود این دستگاه های حفاظتی بر روی آنها می بایست این قسمت به طور دقیق بازدید شده و از عدم وجود هر گونه قفل و یا مانعی که موجب عدم عملکرد صحیح آن شود اطمینان حاصل نمود .

۹-۵- بازدید از وضعیت فشار گاز نیتروژن

درون مخزن یک نوع از ترانسفورماتورهای سه فاز صنعتی علاوه بر روغن، گاز نیتروژن نیز تزریق شده و سیل می باشند که در واقع از گاز نیتروژن به عنوان خنک سازی استفاده می شود.

فشار گاز نیتروژن موجود در ترانس می بایست مطابق توصیه سازنده باشد که معمولاً در کتابچه این ترانسفورماتورها ارائه گردیده است.

۹-۶- تست مقاومت اتصال زمین

ترانسفورماتورهای صنعتی سه فاز با توان بالاتر از 200KVA در صورت آنکه اتصال سمت اولیه و یا ثانویه آنها به صورت ستاره باشد معمولاً مرکز ستاره آنها از طریق یک دستگاه مقاومت به زمین متصل می گردد.

یکی از پارامترهای مهم که قبل از راه اندازی ترانس می بایست چک گردد اندازه گیری مقاومت اهمی این دستگاه مقاومت توسط اهم متر می باشد که مقدار مقاومت اهمی اندازه گیری شده می بایست با اعداد ارائه شده در کاتالوگ سازنده مطابقت نماید.

۹-۷- بازدید ظاهری از قسمتهای مختلف ترانسفورماتور

قبل از راه اندازی هر ترانسفورماتور می بایست قسمتهای زیر به صورت کامل چک گردد.

- بازدید از مقره ها و بوشینگهای سمت اولیه و ثانویه از نظر عدم وجود هر گونه شکستگی و یا ترک و یا نشت روغن
- بازدید از کلیه قسمتهای بدنه ترانسفورماتور و رادیاتورهای آن از نظر تمیز بودن و عدم خوردگی و عدم نشت روغن
- بازدید از تپ چنجر ترانسفورماتور و اطمینان از قرار گرفتن آن در موقعیت صحیح خود.
- بازدید از فن های خنک کننده ترانس (در صورت وجود) و اطمینان از سلامت آنها

۸-۹- تست روغن ترانسفورماتور

جهت خنک سازی اکثر ترانسفورماتورهای صنعتی، سیم پیچهای اولیه و ثانویه درون یک مخزن که از روغن معدنی پر شده است قرار گرفته اند. یکی از پارامترهای مهم در خصوص ترانسفورماتورها بررسی وضعیت روغن ترانسفورماتور می باشد بدین صورت که معمولاً هر یک سال یکبار می بایست از روغن ترانسفورماتور نمونه گیری بعمل آمده و پارامترهای زیر بر روی آن آزمایش گردد.

- انجام تست ولتاژ شکست که حداقل معیار پذیرش آن برای ترانسفورماتورهای با عمر کمتر از ۳ سال 50KV و برای ترانسفورماتورهای با عمر بیشتر از ۳ سال 40KV می باشد.
- اندازه گیری چگالی در دمای 15°C که حداکثر مقدار قابل قبول آن 0.91g/cm^3 می باشد.
- اندازه گیری ویسکوزیته در دمای 40°C و 100°C که حداکثر مقدار قابل قبول آن به ترتیب $13\text{mm}^2/\text{sec}$ و $4\text{mm}^2/\text{sec}$ می باشد.
- اندازه گیری عدد اسیدی روغن که حداکثر مقدار قابل قبول آن $0.02\text{ m}^2\text{koh/g}$ می باشد.
- اندازه گیری مقدار "محتوای آب" که حداکثر مقدار قابل قبول آن 60PPM می باشد.
- اندازه گیری مقدار نقطه اشتعال که حداقل مقدار قابل قبول آن 140min می باشد.

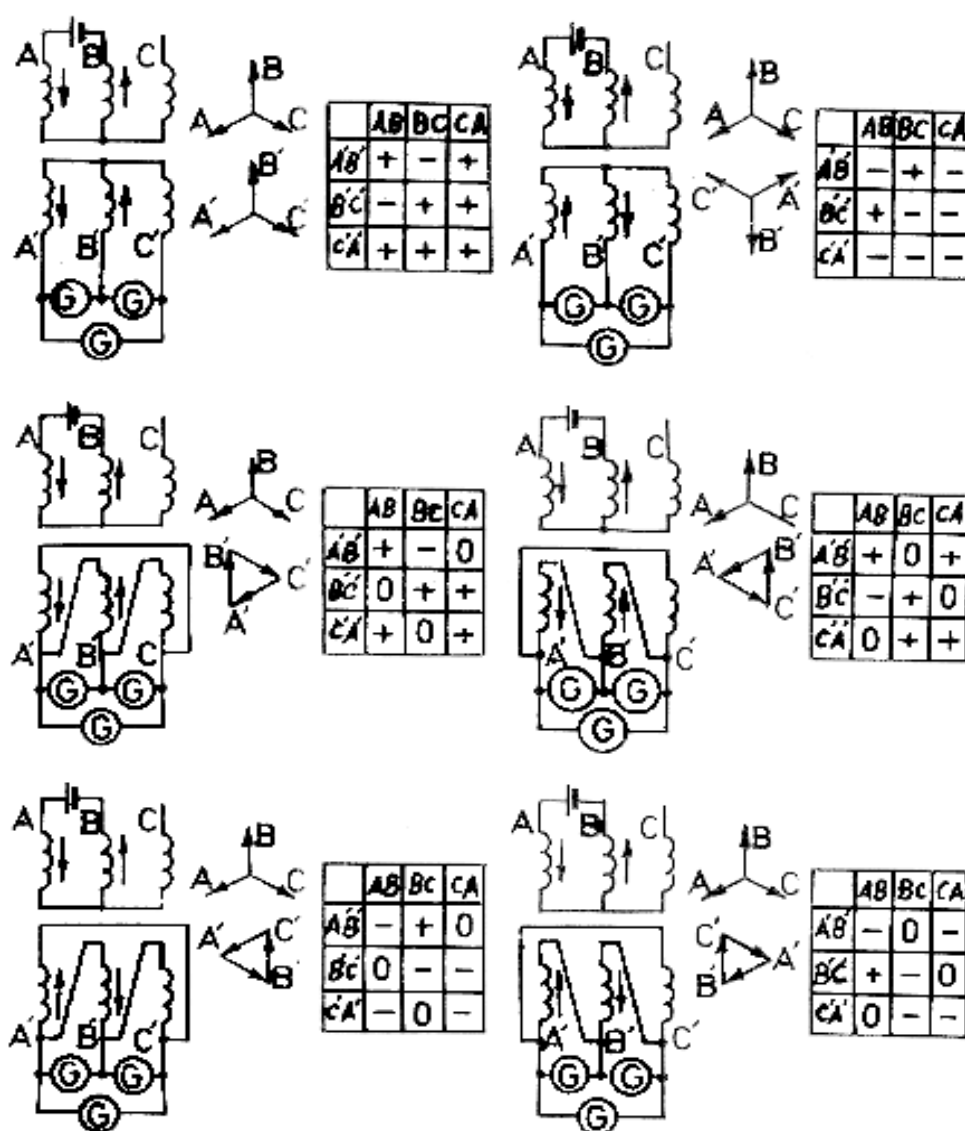
۹-۹- تست گروه اتصال ترانسفورماتور

یکی از آزمایشهایی که عموماً بعد از انجام تعمیرات بر روی سیم پیچی ترانسفورماتورها انجام می شود، انجام تست گروه اتصال ترانسفورماتورها می باشد که به قرار زیر است.

گروه اتصال در ترانسفورماتورهای سه فاز به روش پلاریته مطابق شکل (۵۲) صورت میگیرد. بدین طریق که سرهای خروجی B و A سیم پیچی فشارقوی (H.V) را از طریق یک کلید قطع و وصل به یک باتری با ولتاژ ۲ الی ۴ ولت وصل می کنیم.

سیم پیچ ثانویه یا فشار ضعیف را ($\bar{A}\bar{B}$, $\bar{B}\bar{C}$, $\bar{A}\bar{C}$) به میلی ولتمتری وصل نموده و جهت انحراف آن را به صورت (+۱) یا (-۱) مشخص می کنیم آزمایش را با اتصال سرهای BC و AC به باطری تکرار می کنیم. نتایج اندازه گیری را به صورت علائم در جدول یادداشت می کنیم.

انحراف عقربه را به راست به هنگام وصل جریان و به چپ در موقع قطع آن با علامت مثبت (+۱) و عکس حالات فوق را با علامت منفی (-۱) مشخص می کنیم. با توجه به جهت جریان و جداولی که بدست می آیند گروه اتصال در ترانسفورماتورها تعیین می شود.



شکل (۵۲)

۹-۱۰ - تست تجهیزات مربوط به حفاظت درجه حرارت

افزایش زمان اضافه بار سبب افزایش درجه حرارت در ترانسفورماتور شده و با افزایش درجه حرارت عمر عایقهای ترانسفورماتور کم می شود. گفته می شود که چنانچه افزایش درجه حرارت عایقها زیاد شود به ازاء افزایش 6°C عمر عایق نصف می گردد. در جدول (۱۸) اضافه بار و زمان تحمل ترانسفورماتورها نشان داده شده است.

جدول ۱۸: جدول اضافه بار و زمان تحمل ترانسفورماتورها

نسبت جریان ترانس به جریان نامی آن I/I_n	1.3	1.6	1.75	2	3
مدت تقریبی تحمل اضافه بار بر حسب دقیقه	120	45	20	10	1.5

مشاهده می گردد جریانهای بین $1/5$ تا ۲ برابر جریان نامی ترانس در مدت کوتاهی می تواند از آن عبور کند.

توصیه شده است که 98°C به عنوان حداکثر درجه حرارت مجاز سیم پیچها در نظر گرفته شود و چنانچه درجه حرارت به 140°C برسد عمر عایق $\frac{1}{100}$ عمر عادی آن می شود ولی چنانچه درجه حرارت حدود 80°C باقی بماند عمر عایق ۱۰ برابر خواهد شد. عمر تقریبی عایق ترانسفورماتورها با توجه به درجه حرارت سیم پیچها در بار کامل به صورت زیر تعیین شده است.

جدول (۱۹): عمر تقریبی عایق ترانسفورماتورها

درجه حرارت سیم پیچ	عمر عایق ترانسفورماتور
$100^{\circ}\text{C} \sim 110^{\circ}\text{C}$	حدود ۱۴ ماه
$100^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$	حدود ۹ ماه
$120^{\circ}\text{C} \sim 130^{\circ}\text{C}$	حدود ۴۲ روز
بالتر از 130°C	حدود ۲۵ روز

حال برای جلوگیری از افزایش بیش از حد درجه حرارت ترانسفورماتورها از رله هایی به نام رله حفاظت کننده درجه حرارت سیم پیچ ترانسفورماتور استفاده می شود .

اصولاً این رله دارای ۳ کنتاکت است که بین 20°C الی 150°C قابل تنظیم است که جهت راه اندازی فنهای خنک کننده ترانس در 40°C تنظیم می شود و جهت ارسال سیگنال آلارم بر روی 90°C تنظیم شده و برای از سرویس خارج کردن ترانسفورماتور بر روی 110°C تنظیم می گردد.

یکی از آزمایشهای مهم قبل از راه اندازی ترانسفورماتور چک نمودن عملکرد این رله از طریق حرارت دادن به سنسور آن در صورت امکان و همچنین چک نمودن کنتاکتهای خروجی رله مربوطه و مشاهده عملکرد آن می باشد که از طریق جامپر کردن کنتاکتها چک می گردد .

۹-۱۱- تست عملکرد رله بوخهلتز

در ترانسفورماتورها چنانچه اتصالاتی هایی از نوع اتصالاتی حلقه، فاز و یا اتصال زمین رخ دهد، بر اثر جرقه ایجاد شده در ترانسفورماتور گازی ایجاد می شود که این گاز حاصل شده به طرف مخزن روغن که روی تانک اصلی قرار دارد حرکت می کند .

بین مخزن ذخیره روغن و تانک اصلی ترانسفورماتور رله ای به نام رله بوخهلتز نصب شده که دارای دو شناور می باشد ، در این صورت چنانچه گازی در داخل ترانس ایجاد شود گاز حاصل در داخل رله بوخهلتز جمع شده و سبب می شود شناور بوخهلتز عمل کند و باعث ارسال سیگنال آلارم به اطاق کنترل گردد . اما اگر اتصالاتی شدید باشد و گاز حاصل نیز همراه با حرکت شدید روغن جابجا شود سبب می شود شناور دوم رله نیز عمل کند و با عمل آن کلید اصلی قطع شده و ولتاژ از روی ترانسفورماتور برداشته می شود .

یکی از قسمتهای مهمی که می بایست قبل از راه اندازی ترانسفورماتور تست گردد عملکرد این رله می باشد ، به علت آنکه تست این رله از طریق واکنش آن به حجم گاز در سایت تقریباً امکان پذیر نمی باشد ، لذا جهت حداقل تست مورد قبول ، می بایست کنتاکتهای فرمان آلارم و فرمان تریپ را از روی رله جامپر نموده و عملکرد آن را در اطاق کنترل و در ایستگاه مشاهده نمود .

سوالات آموزشی فصل نهم:

- ۱- نحوه انجام تست مقاومت عایقی سیم پیچهای ترانسفورماتور را بیان کنید .
- ۲- روش تست نسبت دور سیم پیچهای ترانسفورماتور را توضیح دهید .
- ۳- آزمایشهای مورد نیاز جهت تست روغن ترانسفورماتور را نام برده و مقادیر قابل قبول آن را بنویسید .
- ۴- روش اندازه گیری گروه اتصال ترانسفورماتور را توضیح دهید .

مراجع

- ۱- بازرسی فنی تجهیزات برقی - مجتمع فولاد اهواز
- ۲- جزوه تاسیسات برق مهندس درکی پور
- ۳- تاسیسات برق نوشته مسعود سلطانی

