فهرست

مقدمه ۵

فصل اول (آزمایشهای مربوط به ژنراتورها) ۶

۱-۱- اساس کار ماشین های سنکرون ۸

۱-۲- اساس کار ژنراتور سنکرون ۱۱

۱-۳ - حفاظت در برابر امواج ضربه ای ۱۲

۱-۴ - آزمایشهای مربوط به ژنراتورها ۱۳

۱-۴-۱- آزمایشهای مورد نیاز سیم پیچی STATOR ۱۳

۱-۴-۱-۱ - تست مقاومت عایقی ۱۳

۱-۴-۱-۲- تست Polarization Index ۱۶

۱-۴-۱-۳- تست مقاومت اهمی سیم پیچها ۱۷

۱-۴-۱-۴- تست Capacitance و tang δ ۱۸

۱-۴-۱-۵- بازدید از وضعیت کوه ها ۲۱

۱-۴-۲- آزمایش های مورد نیاز Rotor ۲۲

۱-۴-۲-۱- تست مقاومت عایقی ۲۲

۱-۴-۲-۲- تست مقاومت اهمی ۲۲

۱-۴-۲-۳- تستهای غیرمخرب ۲۳

۱-۴-۲-۴- تست دیودها ۲۳

۱-۴-۲-۵- بازدید از پره های رتور ۲۴

۱-۴-۳- تستهای مورد نیاز ذغال ها ۲۴

۱-۴-۴- اندازه گیری Air Gap ۲۵

۱-۴-۵- تست تجهیزات Star Point ژنراتور ۲۵

۱-۴-۶- تستهای مربوط به Arrester ۲۶

۱-۴-۷- تستهای مربوط به Capacitor ها ۲۶

فصل دوم (آزمایشهای مربوط به ترانسفورماتورها) ۲۸

۲-۱- انواع ترانسفورماتورها و اساس کار آنها ۳۰

۲-۱-۱- اساس کار ترانسفورماتورها ۳۱

۲-۲- آزمایشهای مربوط به ترانسفورماتورها ۳۲

۲-۲-۱- تست مقاومت عایقی سیم پیچها ۳۲
۲-۲-۲- تست مقاومت اهمی ۳۴
۲-۲-۳- تست نسبت تبدیل ۳۴
۲-۲-۴- بازدید از Suden Presur یا Rupcher Disk ۳۴
۲-۲-۵- بازدید از وضعیت فشار گاز نیتروژن ۳۵
۲-۲-۶- تست مقاومت اتصال زمین ۳۵
۲-۲-۷- بازدید ظاهری از قسمتهای مختلف ترانسفورماتور..... ۳۵
۲-۲-۸- تست روغن ترانسفورماتور ۳۶
۲-۲-۹- تست گروه اتصال ترانسفورماتور ۳۶
۲-۲-۱۰- تست تجهیزات مربوط به Temp .Protection ۳۷
۲-۲-۱۱-تست عملکرد رله بوخهلتز ۳۹

فصل سوم (آزمایشهای مربوط به الکتروموتورها)..... ۴۱

۳-۱ – الکتروموتورهای سه فاز القائی ۴۳
۳-۲- آزمایشهای مربوط به الکتروموتورها ۴۴
۳-۲-۱- تست مقاومت عایقی سیم پیچهای استاتور ۴۴
۳ -۲-۲- تست High Pot ۴۵
۳-۲-۳- تست Capacitance و Tangδ ۴۷
۳-۲-۴- بررسی وضعیت دمای بیرینگها ۴۸
۳-۲-۵- تست مقاومت اهمی سیم پیچها ۴۸
۳-۲-۶- تست جریان مصرفی..... ۴۹
۳-۲-۷- تست درجه حرارت سیم پیچهای الکتروموتور ۵۰
۳-۳- روشهای رطوبت زدایی الکتروموتورها ۵۱
۳-۴- بازدیدهای عمومی ۵۱

فصل چهارم (آشنائی با انواع سوئیچهای فشارقوی وضعیف) ۵۴

۴-۱ – کلیدهای فشارضعیف برای جریان متناوب ۵۶
۴-۱-۱- کلید دستی ۵۶
۴-۱-۱-۱- کلید دستی از نوع کلید تیغه ایی(چاقویی) ۵۶
۴-۱-۱-۲- کلید گردان ۵۷
۴-۱-۱-۳- کلید فیوز ۵۷
۴-۱- ۲-کلیدهای خودکار ۵۷

۴-۱-۲-۱- کلید خودکار با رله جریان زیاد و بار زیاد ۵۸
۴-۱-۲-۲- کلید خودکار با رله ولتاژ ۵۸
۴-۱-۲-۳- کلید خودکار با قطع کننده برگشت جریان..... ۵۹
۴-۱-۲-۴- کلید خودکار با رله جریان کم..... ۵۹
۴-۱-۳- کلید محافظ موتور..... ۵۹
۴-۱-۳-۱- کلید محافظ برای راه اندازی سبک..... ۵۹
۴-۱-۳-۲- کلید محافظ برای راه اندازی سنگین ۵۹
۴-۱-۴- کلید مغناطیسی یا کنتاکتور ۶۰
۴-۲- کلیدهای فشارقوی ۶۰
۴-۲-۱- کلید بدون بار (سکسیونر) ۶۱
۴-۲-۲- کلید قابل قطع زیر بار..... ۶۱
۴-۲-۳- کلید قدرت یا دیژنکتور..... ۶۲
۴-۲-۳-۱- کلید قدرت از نوع روغنی ۶۲
۴-۲-۳-۲-کلید هوایی (ACB –AIR CIRCUIT BREKER) ۶۳
۴-۲-۳-۳- کلید SF6 ..... ۶۴
۴-۲-۳-۴- کلید خلاء (VCB-VACUM CIRCUIT BREKER) ۶۴

فصل پنجم (کابلها) ۷۳
۵-۱- کابلهای فشار ضعیف ۷۵
۵-۲- کابلهای فشارقوی ۷۸
۵-۳- تعریف اتصالی کابل و انواع TYPE OF FAULT ۸۷
۵-۴- علل بروز اتصالی روی کابل ۸۷
۵-۴-۱- عیوب مربوط به تولید و نگهداری در انبار ۸۷
۵-۴-۲- عیوب مربوط به کابل کشی ۸۷
۵-۴-۳- عیوب مربوط به زمان بهره برداری ۸۸
۵-۵- گروه اتصالی ها ۸۹
۵-۵-۱- اتصالی سری SERIES FAULT ۸۹
۵-۵-۲- اتصالی نوع موازی PARALEL FAUL ۸۹
۵-۵-۳- گروه اتصال کوتاه SHORT CIRCUIT ۹۰
۵-۵-۴- گروه اتصالی های بریدگی BREAK ۹۱
۵-۵-۵- گروه اتصالی های کم مقاومت LOW RESISTANCE FAULT ۹۱
۵-۵-۶- گروه اتصالی های مقاومت بالا HIGH RESISTANCE FAULT ۹۲

۵-۵-۷- اتصالی های لحظه ای FLASHING FAULT ۹۲
۵-۵-۸- گروه اتصالی های مربوط به پوسته کابلSHEATH FAULT LOCATION ۹۲
۵-۵-۹- اتصالی در اثر رطوبت INGRESS OF MOISTURE ۹۳
۵-۵-۱۰- اتصالی های ناپایدار TRANSITORY FAULT ۹۳
۵-۵-۱۱- اتصالی های تخلیه جزییPARTIAL DISCHARGE FAULT ۹۳
۵-۵-۱۲- اتصالی های در اثر فشار بار COROSS TALK FAUL ۹۴
۵-۶- تعیین عمق کابل DEPTH OF THE CABLE ۹۴
۵-۷- مراحل انجام عملیات عمق یابی ۹۵
۵-۸- پیدا کردن مفصلهای روی کابل JOINT SEARCHING ۹۶
۵-۹- روش توئیست TWIST METHOD ۹۷
۵-۱۰- روش پیدا کردن مفصل در کابلی که فازهای سالم ندارد ۹۸
۵-۱۱- شناسایی یا تعیین کابل CABLE IDENTIFFICATION ۹۸
۵-۱۲- مراحل شناسایی کابل ۹۹
۵-۱۳- پیدا کردن محل اتصالی شیلد کابل عایق پلاستیکی ۱۰۱
۵-۱۳-۱- روش افت ولتاژ مستقیم DIRECT CURRENT ۱۰۱
۵-۱۳-۲- روش افت ولتاژ متناوب ATERNATIVE CURRENT ۱۰۳
۵-۱۴- عیب یابی پوسته کابلهای عایق پلاستیکی..... ۱۰۴

مراجع ۱۰۶

به نام خدا

مقدمه :

با توجه به آنکه در دنیای صنعت امروز مهمترین و اساسی ترین تجهیزات الکتریکی مورد استفاده عمدتا الکتروموتورها و ژنراتورها و کلیدها می باشد و هزینه خرید و نصب و راه اندازی این تجهیزات که معمولا ساخت کشورهای خارجی می باشد گران بوده است لذا یکی از مهمترین مسائلی که در صنعت می بایست به آن توجه نمود اطمینان از سلامت این تجهیزات قبل از راه اندازی و برق دار نمودن آنها می باشد که این مهم را در چهارچوب قوانین و استانداردهای بین المللی می بایست با دقت انجام داد.

در این جزوه سعی گردیده است ابتدا مختصر آشنایی با انواع ژنراتورها و الکتروموتورها و کابلهای فشارقوی و فشارضعف توضیح داده شود و سپس آزمایشهای که قبل از راه اندازی هر کدام از این تجهیزات مورد نیاز میباشد را با معرفی دستگاه های مورد نیاز توضیح دهیم.

لازم به ذکر می باشد که در فصل کابلها پس از معرفی انواع کابلها سعی گردیده بیشتر در خصوص مبحث بسیار مهم عیب یابی کابلها توضیح داده شود.

با تشکر

سامان درکی پور

مهرماه ۸٤

فصل اول

آزمایشهای مربوط به ژنراتورها

اهداف آموزشی فصل اول

۱- آشنایی با اساس کار ماشین های سنکرون

۲- آشنایی با اساس کار ژنراتورها

۳- آشنایی با روش حفاظت ژنراتورها در برابر امواج ضربه ای

٤- آشنایی با آزمایشهای مورد نیاز ژنراتورها

۱-۱) اساس کار ماشین های سنکرون

ماشین های سنکرون تحت سرعت ثابتی به نام سرعت سنکرون(Synchronous Speed) می چرخند و جزءِ ماشین های متناوب (AC) محسوب می شوند در این ماشین ها بر خلاف ماشین های القائی (آسنکرون) میدان گردان شکاف هوایی و رتور با یک سرعت که همان سرعت سنکرون است می چرخند . ماشین های سنکرون سه فاز بر دو نوع هستنند .

۱ـ ژنراتورهای سنکرون سه فاز یا الترناتورها

۲ـ موتورهای سنکرون سه فاز

امروزه ژنراتورهای سنکرون سه فاز ستون فقرات شبکه های برق را در جهان تشکیل می دهند و ژنراتورهای عظیم در نیروگاهها وظیفه تولید انرژی الکتریکی را به دوش می کشند .

موتورهای سنکرون در مواقعی بکار می روند که به سرعت ثابت نیاز داشته باشیم یکی از مزایای عمده ماشین های سنکرون این است که می تواند از شبکه توان راکتیو دریافت و یا به شبکه توان راکتیو تزریق نماید ماشین های سنکرون در واقع جزءِ ماشین های دو تحریکه محسوب می شوند زیرا سیم پیچ رتور آنها توسط منبع DC تغذیه می شود و از استاتور آن جریان AC می گذرد .

باید دانست ساختمان ژنراتور و موتور سنکرون سه فاز مشابه یکدیگر است فشارشکاف هوایی در این ماشین ها منتجه فشارهای حاصله از جریان رتور و جریان استاتور است .

در ماشین های القایی تنها عمل تحریک کننده جریان استاتور محسوب میشود زیرا جریان رتور بر اثر عمل القاءِ پدید می آید .

لذا موتورهای القایی همواره در حالت پس فاز مورد بهره برداری قرار می گیرند ، زیرا به جریان پس فاز راکتیوی نیاز داریم تا فشار در ماشین حاصل شود . اما در ماشین های سنکرون اگر مدار تحریک رتور ، تحریک لازم را فراهم سازد ، استاتور جریان راکتیو نخواهد کشید و موتور در حالت ضریب توان واحد کار خواهد کرد .

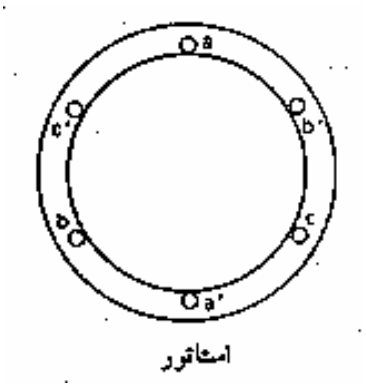
اگر جریان تحریک رتور کاهش یابد ، جریان راکتیو از شبکه به موتور سرازیر می شود تا به موتور جهت مغناطیس کنندگی ماشین کمک کند در این صورت موتور سنکرون سه فاز درحالت پس فاز کار خواهد نمود .

اگر جریان راکتیو پیش فاز از شبکه کشیده می شود تا با میدان رتور به مخالفت برخیزد در این صورت موتور در حالت پیش فاز کار می کند و توان راکتیو به شبکه می فرستد .

از مطالب فوق نتیجه می شود که با تغییر جریان تحریک (مدار رتور) که جریان DC است ، ضریب توان ماشین سنکرون سه فاز را می توان کنترل نمود .

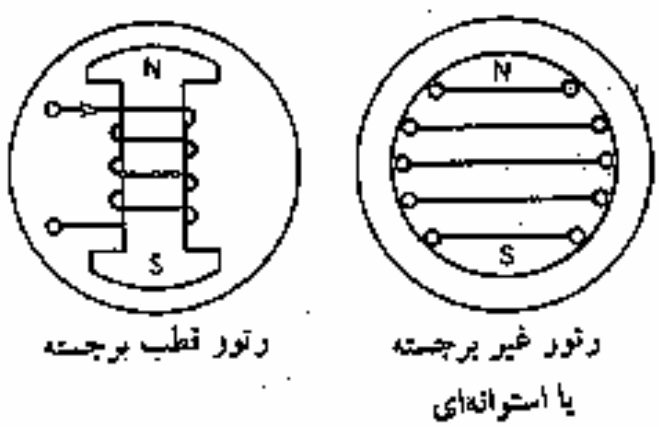
در این جا بهتر است قدری در مورد ساختمان ماشین های سنکرون سه فاز اعم از موتور و ژنراتور صحبت کنیم .

شکل (۱) شمای استاتور ماشین سنکرون را نمایش می دهد . درون شیارهای استاتور سیم پیچی سه فاز استاتور جا سازی شده است و استاتور در این ماشینها شبیه استاتور ماشینهای القائی است .



شکل ۱

در شکل (۲) شمای دو نوع رتور برای ماشینهای سنکرون نشان داده شده است .

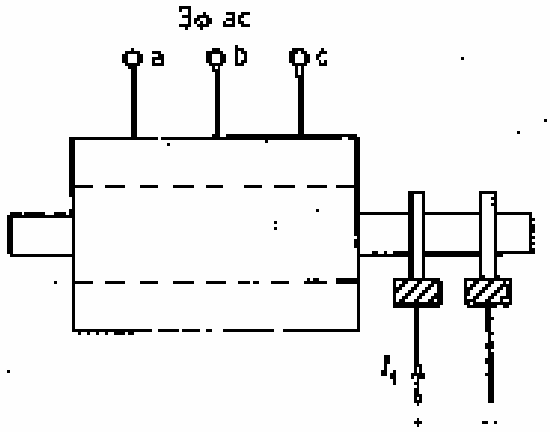


شکل ۲

۱)رتور با قطب برجسته (Salient Pole Rotor) که در آن برجستگی قطبها مشهود است و قطبها توسط سیم پیچی تحریک یا سیم پیچی میدان تحریک می شوند . واضح است که در این نوع ماشینها شکاف هوایی (فاصله بین رتور و استاتور) غیر یکنواخت است . در زیر قطبها شکاف هوایی کم و در میان قطبها شکاف هوایی زیاد می باشد .

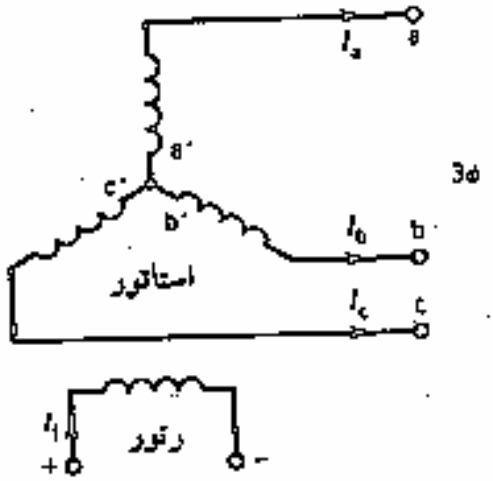
۲)رتور استوانه ای یا رتور غیر برجسته (No Salient Pole Rotor) که در این نوع ماشین ها شکاف هوایی درون ماشین کاملاً یکنواخت است و رتور به صورت یک استوانه نسبتاً کامل ساخته می شود .

شکل (۳) شمای بیرون ماشین سنکرون را نشان می دهد می بینیم از استاتور سه پایانه خارج شده که مربوط به سیستم سه فاز استاتور است . تغذیه جریان DC تحریک مربوط به رتور نیز از طریق حلقه های لغزان موجود برروی محور ماشین انجام می شود .



شکل ۳

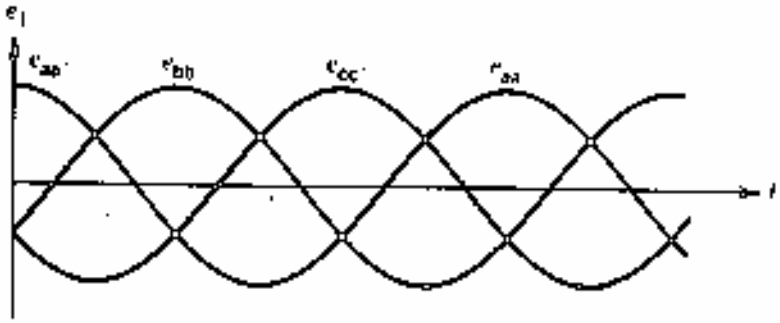
شکل (٤) وضعیت سیم پیچهای سه فاز استاتور و سیم پیچی تحریک را نمایش می دهد



شکل ۴

۲-۱) اساس کار ژنراتور سنکرون

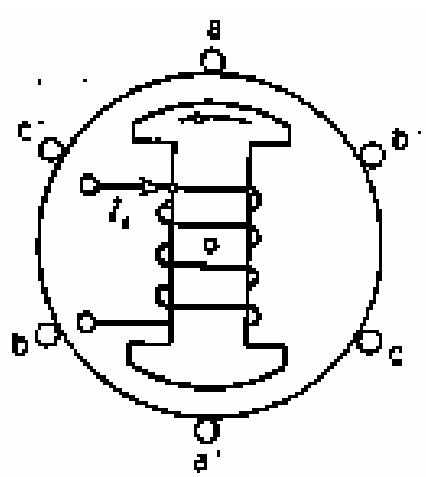
شکل (۵) را در نظر می گیریم و فرض می کنیم اگرجریان DC از سیم پیچی تحریک (رتور) بگذرد شاری با توزیع سینوسی در شکاف هوایی ایجاد می کند .



شکل ۵

حال اگررتور توسط محرک اولیه مثل موتور دیزل یا توربین یا موتور DC چرخانده شود ، یک میدان در سیم پیچهای گردان در شکاف هوایی حاصل می شود . به این میدان، میدان تحریک نیز اطلاق می گردد .

این میدان در سیم پیچهای سه فاز آرمیچر (aa َ , bb َ , cc َ) ، ولتاژ القاءِ می کند و این سه ولتاژ القایی در شکل (۶) نشان داده شده است .



شکل ۶

این ولتاژها از نظر دامنه با هم یکسان ، اما با هم ۱۲۰ درجه الکتریکی اختلاف فاز دارند . که به این ولتاژها نامهای زیر اطلاق می گردد

۱) ولتاژ القاءِ شده	**Induced Voltage**
۲) ولتاژ تولید شده	**Generate Voltage**
۱) ولتاژ داخلی	**Internal Voltage**
٤) ولتاژ تحریک	**Excitation Voltage**

گفتنی است که سرعت سنکرون (سرعت رتور) و فرکانس ولتاژهای القایی طبق رابطه زیر به هم مربوط می شوند .

N = 120 F/P

در رابطه اخیر ، N سرعت سنکرون بر حسب دور در دقیقه بوده و P تعداد قطبهای رتور است . مقدار مؤثر ولتاژ تحریک (E_f) نیز از رابطه زیر بدست می آید .

$$E_f = 4.44F\varphi_f \ NK_W$$

در رابطه اخیر ، φf شار هر قطب به خاطر جریان تحریک I_f تعبیر می شود ، N تعداد حلقه ها یا دورها در هر فاز بوده و Kw ضریب سیم پیچی نام دارد .

از روابط فوق می توان نتیجه گرفت که : $E_f \ \alpha \ n\varphi f$

می بینیم که ولتاژ تحریک (E_f) که همان ولتاژ القائی و یا ولتاژ داخلی یا ولتاژ تولید شده می باشد ، با شار تحریک و سرعت متناسب است . واضح است که شار تحریک (φ_f) نیز با جریان تحریک (I_f) تناسب دارد .

۱-۳) حفاظت در برابر امواج ضربه ای

ژنراتورها در برابر ولتاژهای خیلی زیاد ناشی از اتصال کوتاه و دیگر مسائل مشابه بسیار حساس می باشند . این امواج به عنوان یک منبع خطر به حساب می آید و بنابراین حفاظت در مقابل چنین سیستمی لازم و ضروری است .

در این خصوص نه تنها بایستی ژنراتور در برابر ضربه های الکتریکی وارده از هادیها به بدنه دستگاه استقامت داشته باشند بلکه فشار ولتاژی که روی دورهای یک سیم پیچ چند دوری قرار می گیرد محدود است و دامنه موجهای ولتاژ نیز بایستی کنترل شود تا از شکست الکتریکی عایق حلقه ها نسبت به هم و در نتیجه اتصال کوتاه آنها جلوگیری شود

این امواج ممکن است از یک سری نوسانات نامحدودی تشکیل شده باشند که یک طولی از آنها با دامنه نوسانی بالا و قسمتی دیگر با دامنه نوسانی کوتاه تشکیل شده اند و هر یک از آنها سبب خسارتهای زیان آوری روی ژنراتور خواهد شد .

یکی از روشهای حفاظت در برابر ضربه های ناگهانی استفاده از خازنها است که شیب تند موج اعمال شده به سیستم را کاهش داده و آنرا به یک سطح قابل قبول کاهش و اصلاح کند و آن کاهش دامنه تغییرات ولتاژ dv/dt به یک سطح قابل قبول و مناسب است .

اگر چه خازنها نمی توانند دامنه امواج را به خوبی محدود کنند لذا خازنها را همراه با برقگیر ، دیودهای سلیکونی و مقاومتهای غیرخطی مورد استفاده قرار می دهند . توجه شود که خازنها باید متناسب با امپدانس موج سیستم انتخاب شود .

معمولاً در عمل بهتر می باشد از خازنهایی با مشخصات زیر استفاده شود .

الف – خازنهای 0.5µF در سیستم های با رنج از 2.4kv تا 6.9kv

ب – خازنهای 0.25µF در سیستم های با رنج 11.5kv تا 13.8 kv

ج- خازنهای 0.125µF برای سیستم های فشارقوی

خازنها برروی ترمینال ژنراتور بسته می شود و برای هر فاز یک خازن و سر مشترک آنها به زمین متصل می شود .(اتصال ستاره)

جدول زیر لیستی از خازنها و حفاظت کننده های مورد استفاده در ماشین های دوار را به صورت خلاصه بیان می کند .

لیست خازنها و حفاظت کننده های مورد استفاده در ماشین های دوار

Machine Voltage Range(kv)	*Surge Capacitor Voltage Range(kv)*	*Capacitance (µf)*	*Arrester Grounded (kv r.m.s)*
0.65	*0.65*	*1.0*	*0.65/0.75*
2.4	*2.4*	*0.5*	*3.0*
4.16	*4.16*	*0.5*	*3.0*
4.8	*4.8*	*0.5*	*4.5*
6.9	*6.9*	*0.5*	*6.0*
11.5	*11.2*	*0.25*	*9.0*
13.8	*13.8*	*0.25*	*12.0*

جدول ۱

۱-۴) آزمایشهای مربوط به ژنراتورها

۱-۴-۱) آزمایشهای مورد نیاز سیم پیچی STATOR

۱-۴-۱-۱) تست مقاومت عایقی

مقاومت عایقی مربوط به عایق سیم پیچهای استاتور ، یکی از پارامترهای مهمی می باشد که همواره قابل توجه بوده و می بایست قبل از راه اندازی دستگاه اندازه گیری شود . اندازه گیری مقدار مقاومت عایقی سیم پیچهای استاتور با استفاده از دستگاه میگر Megger قابل اجراء می باشد .

در اشکال (۷)و (۸)و (۹) و (۱۰)و (۱۱) تصاویری از انـواع دسـتگاههای میگـر از سـازندگان معتبـر جهان ارائه گردیده است .

MEGGER®
S1-5010

- High specification 5 kV tester
- Automatic test sequences
- PC control and display option
- On-board results storage
- Heavy Duty, mains/battery operation
- User defined test procedures with software

Diagnostic Insulation Tester

شکل ۷

MEGGER®
S1-5001

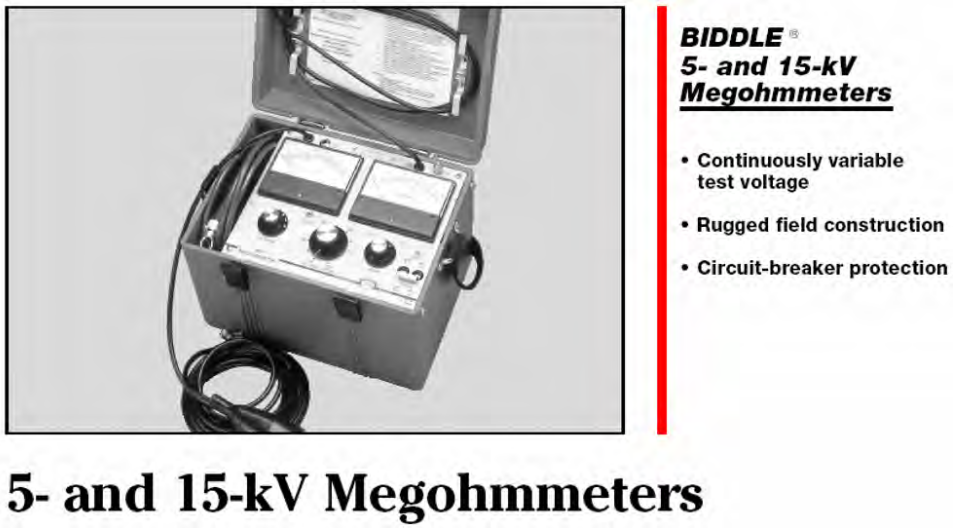
- Timer -controlled tester measures up to 5 TΩ
- Heavy duty current for capacitive tests
- Robust, field tester weatherproofed to IP54

5 kV Insulation Tester

شکل ۸

- Standard test voltages of 250 V, 500 V, 1000 V, 2500 V and 5000 V
- Programmable test voltages available in 50 volt steps from 250 to 1000 volts and 100 volt steps from 1000 to 5000 volts
- Automatic calculation of Dielectric Absorption and Polarization Index with no additional setup
- Improved ramp function (0 to 5000 V dc) for breakdown testing
- Measures resistances up to one teraohm
- Measures cable or insulation capacitance and leakage current
- Warning voltage function alerts the user that voltage is present and gives the voltage reading up to 600 V ac or dc
- Guard system eliminates the effect of surface leakage current on high-resistance measurements

شکل ۹



شکل ۱۰

شکل ۱۱

استفاده از دستگاه میگر بدین صورت می باشد که همانگونه که مشاهده می گردد این دستگاه دارای ۳ عدد پروب می باشد (Line, Guard, Earth) 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 در مواقعی که نیاز به قرائت دقیق مقاومت عایقی می باشد بدین گونه که جهت کاهش تأثیر ولتاژ دستگاه برروی پوسته خارجی عایق استفاده می گردد بدین صورت که این پروب را به پوسته خارجی عایق متصل نموده تا باعث خنثی سازی تأثیر ولتاژ دستگاه برروی پوسته خارجی عایق گردد .

مقاومت عایقی مربوط به سیم پیچهای یک ژنراتور را می بایست به صورت زیر اندازه گیری نمود .

الف) ابتدا اتصال مرکز ستاره سیم پیچهای استاتور را جدا نموده و ارتباط آن را با زمین قطع می نماییم .

ب) توسط دستگاه میگر مقاومت عایقی هر سه فاز W,V,U را نسبت به Earth می سنجیم و اعداد را یادداشت می نماییم .

ج) توسط دستگاه میگر مقاومت عایقی هر یک فازها را نسبت به فاز دیگر به صورت دو به دو ، می سنجیم (VW,UW,UV) و اعداد را یادداشت می نماییم .

تذکر ۱ : در زمان انجام تست مقاومت عایقی برروی هر یک و یا دو فاز می بایست فاز و یا فازهای دیگر جهت جلوگیری از ولتاژ القایی زمین گردد .

تذکر ۲ : پس از اتمام عملیات تست مقاومت عایقی می بایست توسط سیم Earth فاز تست شده را تخلیه الکتریکی نمود .

پس از سنجش مقاومت عایقی نتایج قرائت شده می بایست ملاک مطلوب و یا نامطلوب بودن وضعیت عایقی باشد .

حداقل مقاومت عایقی مورد قبول برای سیم پیچهای استاتور ژنراتور را می توان از طریق روابط زیر بدست آورد .

$Ri = V_{ll}(1000 + (kw))$ $\quad Ri = 20V_{ll}/(1000\ ۲ + kw)$

$Ri = (1/3\ r.p.m)/((kw) + 2000) + 0.5$

توجه شود که Ri همواره حداقل مقاومت عایقی قابل قبول بر حسب (MΩ) می باشد .

نکته : مقاومت عایقی همواره با درجه حرارت محیط رابطه معکوس دارد به گونه ای که در صورت افزایش درجه حرارت محیط مقاومت عایقی سیم پیچ کاهش می یابد و بهتر می باشد مقاوت عایقی سیم پیچها در درجه حرارتهای 30°C سنجیده شود .

۱-۴-۱-۲) تست Polarization Index

یکی از آزمایشهای مهم که می تواند به عنوان معیار سنجش وضعیت عایقی سیم پیچهای ژنراتور قرار گیرد انجام تست P.I می باشد .

در این آزمایش به صورت زیر اقدام می شود :

الف – فاز مورد نظر را ابتداءِ نسبت به زمین به مدت یک دقیقه به دستگاه میگر متصل و پس از گذشت یک دقیقه عدد مقاومت عایقی را از روی دستگاه قرائت می نماییم .

ب) در این مرحله فاز تست شده را توسط سیم Earth تخلیه الکتریکی می نماییم .

ج) در این مرحله مجدداً فاز مورد نظر را به دستگاه میگر متصل و بعد از گذشت ۱۰ دقیقه عدد مقاومت عایقی را قرائت می نماییم .

د) توسط رابطه $P.I = R_{1min} / R_{10min}$ عدد ضریب P.I را محاسبه می نماییم .

و) در صورت آنکه عدد P.I بزرگتر از 1.2 باشد عایق ما در حد مطلوب و در صورت آنکه کمتر از 1.2 باشد در حد غیر قابل قبول می باشد .

۱-۴-۱-۳) تست مقاومت اهمی سیم پیچها

یکی از آزمایشات دیگری که می بایست قبل از راه اندازی ژنراتور برروی سیم پیچهای استاتور صورت گیرد سنجش مقاومت اهمی سیم پیچها می باشد .

ابتداءِ مرکز ستاره سیم پیچها را جدا نموده به گونه ای که بتوان به راحتی به هر ۶ سر سیم پیچها (X,Y,Z,U,V,W) دسترسی داشت سپس توسط دستگاه اهم متر Low Resistance که تصویر آن در اشکال (۱۲) و (۱۳) آمده است می توان به راحتی مقدار مقاومت اهمی هر کدام از فازها را (ZW,YV,XU) اندازه گیری نمود .

ملاک پذیرش مقاومت اهمی سیم پیچهای استاتور در واقع مقایسه مقدار اندازه گیری شده با مقاومت عایقی ارائه شده توسط سازنده ژنراتور (اندازه گیری انجام شده در کارخانه سازنده) می باشد .

BIDDLE®
DLRO®

- Resolution to 0.1 μΩ on 599.9 μΩ range
- Standard accuracy of ±0.25%
- Digital readout

Digital Low Resistance Ohmmeters

شکل ۱۲

شکل ۱۳

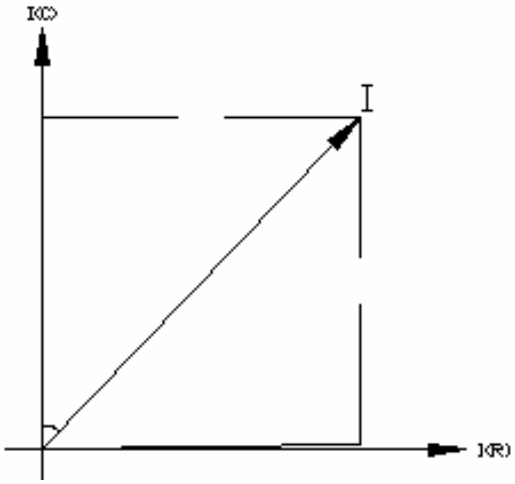
۱-۴-۱-۴) تست Capacitance و tang δ

یکی از آزمایشات مهمی که می بایست در خصوص سیم پیچهای استاتور ژنراتور صورت گیرد انجام تست Capacitance و تست Tang δ می باشد . ابتدا با مفاهیم این تستها آشنا می شویم .

ضریب تلفات عایقی (Tang δ) (Disipation Factor Test) و Capacitance عایقی

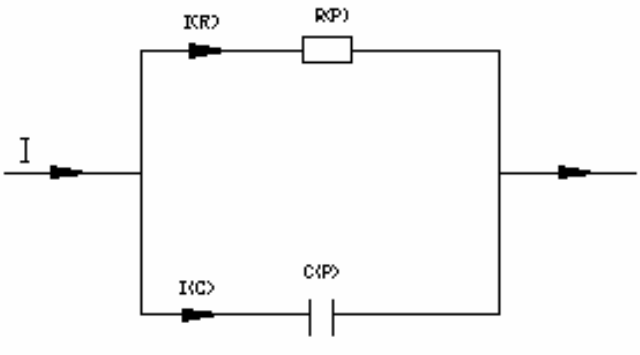
اگر یک عایق جامد را بین دو الکترود فلزی قرار دهیم یک خازن بوجود می آید ، اگر خازن کاملاً ایده آل باشد هیچگونه تلفات انرژی نخواهیم داشت .

همواره در ولتاژ متناوب AC ، جریان آن °90 جلوتر از ولتاژ آن است . با توجه به آنکه خازنها (عایقها) ایده آل نیستند ، در نتیجه یک مقاومت اهمی R نیز وجود دارد و لذا جریان و ولتاژ آن دارای اختلاف فاز کمتر از °90 می باشد و زاویه بین آنها به مقدار δ از °90 کمتر است (شکل ١٤)



شکل ١٤

مدار معادل یک خازن با تلفات را می توان به صورت شکل (۱۵) شبیه سازی نمود (خازن واقعی)



شکل ۱۵

$I_C = JWC_PV$
$I_R = V/R_P$
$I = I_R + I_C = V/R_P + JWC_PV = (I / R_P + JWC_P)\ V$

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

$$\text{Tang}\ \delta = \frac{V/R_P}{WC_PV} = \frac{I}{WC_PR_P}$$

به Tang δ ضریب تلفات عایقی گویند ، علت این نام آن است که تلفات حرارتی عایق ، ضریبی از Tang δ است . در عایقها معمولاً Tang δ 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 نماید ولی R هم به نسبت عکس آن تغییر می نماید و تقریباً Tang δ ثابت می ماند .

در خصوص سیم پیچهای استاتور ژنراتور می بایست توسط Disipation Factor Test & Capacitance Test مقدار Tang δ و Capacitance را اندازه گیری و با اعداد و ارقام تست شده در کارخانه سازنده مقایسه گردد .

در اشکال (۱۶) و(۱۷) و (۱۸) و (۱۹) تصویر دستگاه مورد نظر آمده است .

BIDDLE®
Capacitance and Dissipation Factor Test Sets

- Interference suppression circuits for testing in high-voltage switchyards
- Automatic balancing of dissipation factor
- Direct readout of capacitance, dissipation factor and watts dissipated
- Lightweight, compact design

2.5 kV and 12 kV Capacitance and Dissipation Factor Test Sets

شکل ۱۶

INSULATION POWER FACTOR (C&DF) TEST EQUIPMENT

MULTI-AMP®
Model CB-100

- Lightweight and portable
- 100 Hertz test frequency
- 28 volt test voltage
- Test selector switch
- Direct reading of capacitance and dissipation factor
- Perform tests in UST and GST configuration

Low-Voltage Capacitance and Insulation Power Factor Test Set

شکل ۱۷

MULTI-AMP®
Model CB-605

- Transformer ratio arm bridge circuit
- High-accuracy instrument
- Direct readings of capacitance and dissipation factor for 50 or 60 Hz
- Up to 70 A sample current
- Selectable standard capacitor values of 50, 100, 1000 pF

High-Voltage Capacitance and Dissipation Factor Bridge

شکل ۱۸

BIDDLE®
DELTA-2000

- Extremely easy to use, without any extensive hardware or software setup
- Designed to work in high interference switchyards of up to 765 kV
- Built-in capability for storing, printing and downloading test results
- Rugged and portable design for field and shop use

10 kV Automated Insulation Power Factor Test Set

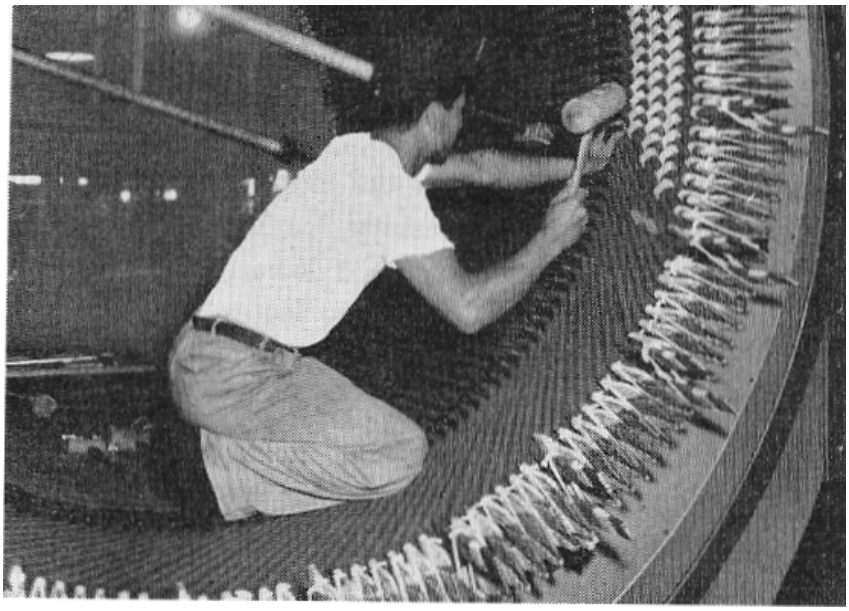
شکل ۱۹

۱-۴-۱-۵) بازدید از وضعیت گوه ها

معمولاً یکی از مواردی که در زمان نصب و یا زمان تعمیرات اساسی ژنراتورها می بایست بازدید گردد وضعیت گوه های نگهدارنده واقع در Slot های هسته استاتور ژنراتور می باشد .

بهتر می باشد که هر ۸ سال یکبار رتور ژنراتور از درون استاتور بیرون گشیده شود و این گوه ها از نظر محکم بودن و عدم جابجایی از محل خود بازدید گردد .

تصویر این قسمت در شکل (۲۰) آمد است .



شکل ۲۰

۱-۴-۲) آزمایش های مورد نیاز Rotor

۱-۴-۲-۱) 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 ۲ MΩ می باشد

در شکل (۲۱) و (۲۲) تصویر رتور یک ژنراتور آمده است .

شکل ۲۱

شکل ۲۲

۱-۴-۲-۲) تست مقاومت اهمی

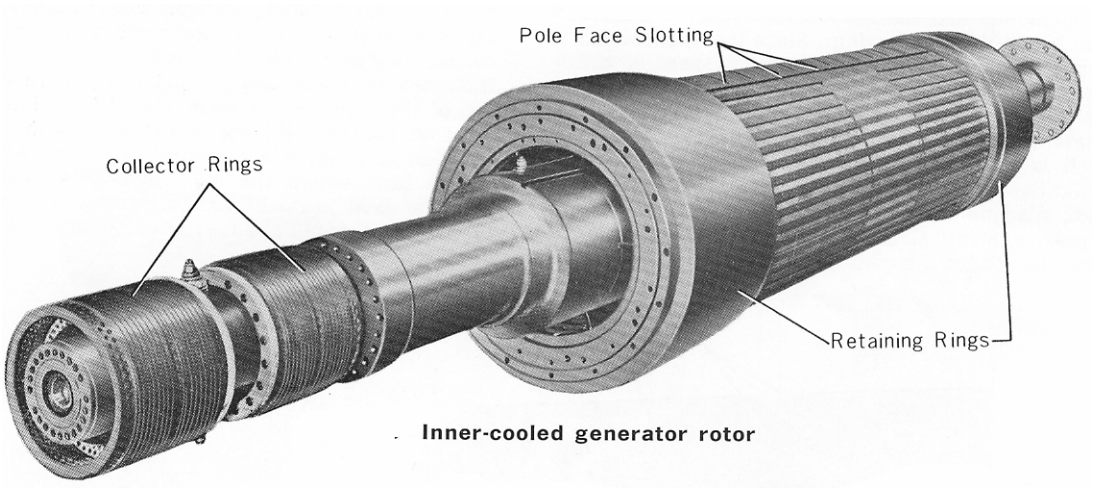
یکی از پارامترهایی که قبل از راه اندازی ژنراتور می بایست آزمایش گردد سنجش مقدار مقاومت اهمی سیم پیچی رتور می باشد .

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

۱-۴-۲-۳) تستهای غیرمخرب

با توجه به آنکه رتور ژنراتورها (معمولاً رتورهای قطب صاف) مانند تصویر ارائه شده در شکل (۲۳) در انتهای خود دارای حلقه های Short Circuit Ring 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 زمان بهره برداری از ژنراتور ایجاد لرزش می نماید که علت آن در واقع عدم برقراری کوپل مغناطیسی به طور کامل می باشد .

جهت چک نمودن و یا ترک یابی قسمتهای مختلف رتور معمولاً گروه بازرسی فنی توسط دستگاههای مربوطه این عمل را انجام می دهند .



شکل ۲۳

۱-۴-۲-۴) تست دیودها

یکی از پارامترهایی که قبل از راه اندازی ژنراتور می بایست انجام شود اطمینان از سلامت دیودهای یکسوکننده 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 برروی 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 .

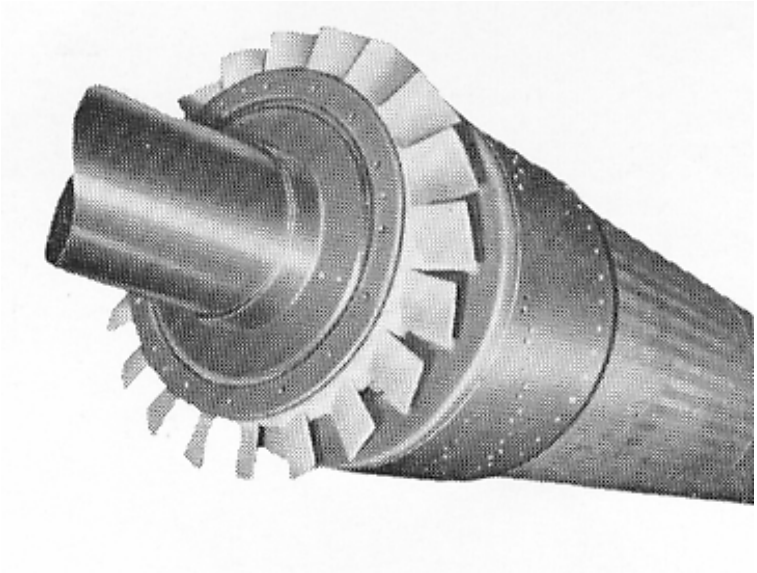
این دیودها می بایست ابتدا اتصالات آنها جدا شده ، سپس توسط دستگاه اهم متر معمولی سلامت آنها تست گردد .

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

۱-۴-۲-۵) بازدید از پره های رتور

همانگونه که در تصویر شکل (۲٤) 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 بوده و اطمینان از محکم بودن و نصب صحیح و عدم وجود آلودگی و یا جرم اضافی برروی این پره ها می باشد .



شکل ۲٤

۱-۴-۳) تستهای مورد نیاز ذغال ها

در خصوص ژنراتورهایی که تحریک آنها به واسطه سیستم ذغال و Slip Ring انجام می گیرد می بایست تجهیزاتی که به این قسمت مربوط می باشد را به طور کامل بازدید و تست نمود .

مواردی که می بایست چک گردد به قرار زیر است :

الف) قسمت Brush Holder (جای ذغال ها) می بایست چک شده و Clearence 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 $35\ Kg/m^2$ تنظیم شده باشد .

د) سطح Slip Ring ها 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 .

۱-۴-۴) اندازه گیری Air Gap

یکی از پارامترهایی که در خصوص ژنراتورها می بایست تست گردد اندازه گیری فاصله هوایی ماشین رتور و ژنراتور می باشد که برای این منظور می بایست توسط فیلرهای مناسب ابتدا در حالت سکون رتور ، اندازه Air Gap را در ساعتهای ۱۲و۳و۶و۹ اندازه گیری نموده و سپس رتور را به اندازه °90 در جهت ساعتگرد حرکت داده و مجدداً در ساعتهای ۱۲و۳و۶و۹ 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 تلرانس مجاز برای Air Gap ژنراتورها ۱۰٪ ± می باشد .

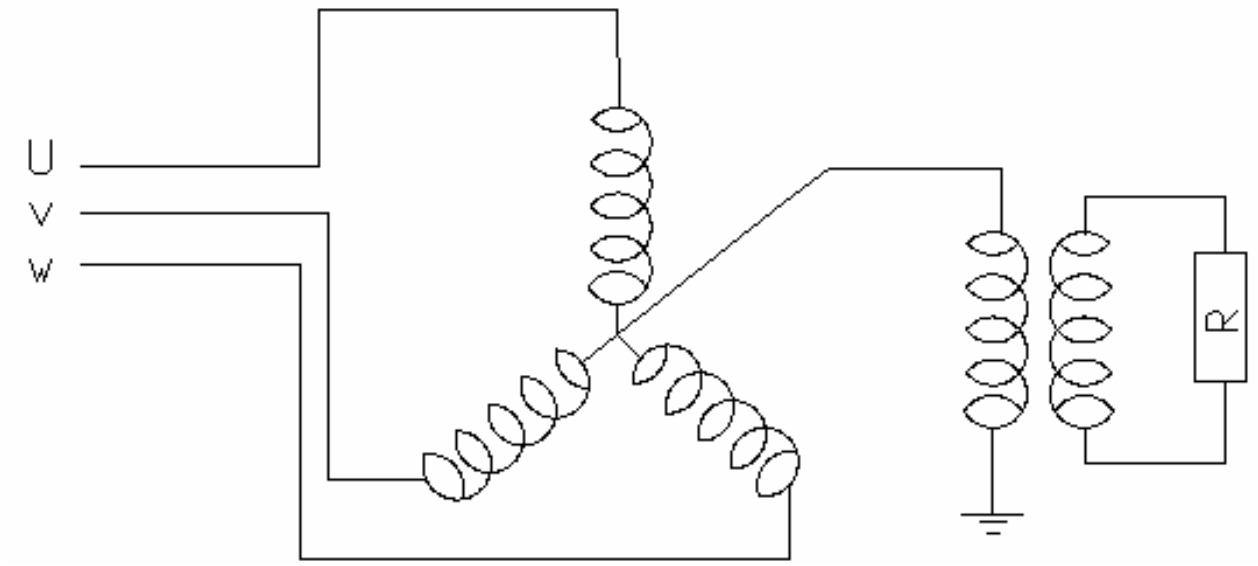
۱-۴-۵) تست تجهیزات Star Point ژنراتور

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

الف) 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 .

ب) در ژنراتورهای با توان بین 7.5MW تا 30MW جهت زمین کردن مرکز ستاره سیم پیچهای استاتور معمولاً از مقاومت واسطه استفاده می گردد که در این حالت میبایست علاوه بر آنکه کابلهای رابط را توسط دستگاه میگر تست مقاومت عایقی می نمائیم مقدار مقاومت مربوط به اتصال زمین مرکز ستاره را نیز توسط دستگاه اهم متر سنجیده و با NamePlate آن مقایسه نماییم .

ج) 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 وارد اولیه ترانسفورماتور شده و سپس ثانویه ترانسفورماتور به یک مجموعه مقاومت که نسبت به زمین ایزوله می باشند متصل می گردد . مانند شکل (۲۵)



شکل ۲۵

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 Name Plate 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 .

۱-۴-۶) تستهای مربوط به Arrester

همانگونه که در ابتدای این فصل توضیح داده شد معمولاً در خروجی ژنراتورها از Arrester استفاده شده است که برای تست آنها می توان ابتدا سیم اتصال زمین آنها را باز نموده و سپس توسط دستگاه میگر مقاومت عایقی آنها را که نباید کمتر از 20MΩ بوده نسبت به زمین اندازه گیری نمود .

۱-۴-۷) تستهای مربوط به خازنها

همانگونه که در ابتدای این فصل توضیح داده شد معمولاً در خروجی ژنراتورها از Capacitor ها استفاده شده است که برای تست آنها نیز می توان پس از جداسازی مرکز ستاره آنها و اتصال زمین مربوطه توسط دستگاه میگر ابتدا خازن را شارژ نموده و سپس توسط سیم اتصال زمین آن را تخلیه می نماییم یک خازن سالم باید به راحتی شارژ و تخلیه گردد .

توسط دستگاه Capacitance Tester می بایست ظرفیت خازن ها را نیز اندازه گیری نموده و با Name Plate مقایسه نمود .

سؤالات فصل اول

۱- اساس کار ژنراتورها را شرح دهید .

۲- تقسیم بندی ژنراتورها را بیان نمایید .

۳- نحوه انجام تست مقاومت عایقی برروی سیم پیچ استاتور ژنراتور را شرح دهید .

٤- علت استفاده از Capacitor و Arrester در خروجی ژنراتورها را بیان نمایید .

۵- نحوه انجام تست P.I در خصوص ژنراتورها را توضیح دهید .

۶- علت انجام تست Tangδو Capacitance را بیان نمایید .

۷- روش اندازه گیری Air GAP ژنراتور را توضیح دهید .

فصل دوم

آزمایشهای مربوط به ترانسفورماتورها

اهداف آموزشی فصل دوم

۱ـ آشنایی با اساس کار ترانسفورماتورها

۲ـ آشنایی با آزمایش های مورد نیاز ترانسفورماتورها

۲-۱) انواع ترانسفورماتورها و اساس کار آنها

در صنعت بنا به نوع نیاز استفاده از ترانسفورماتورها ، این تجهیزات به انواع مختلف دسته بندی می گردند که تقسیم بندی کلی آنها به قرار زیر است .

۱) ترانسفورماتورهای قدرت برای انتقال و توزیع انرژی الکتریکی

۲) ترانسفورماتورهایی که جهت تغذیه تأسیساتی مانند مبدلهای استاتیک (یکسوسازهای بخار جیوه و ایگنیترویکسوسازهای مجهز به نیمه هادیها و غیره) برا ی تبدیل جریان متناوب به دائم و دائم به متناوب بکار می رود .

۳) اتوترانسفورماتورها : جهت داشتن ولتاژهای متناوب قابل تنظیم و تغییر بین صفر ولت تا V ولت و کاربرد آن در راه اندازی موتورهای الکتریکی جریان متناوب است .

٤) ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ جهت انشعاب و اتصال وسائل اندازه گیری و حفاظتی

۵) ترانسفورماتورهای مخصوص برای تغذیه کوره های الکتریکی – ترانسفورماتورهای جوشکاری

۶) تنظیم کننده های القائی برای تنظیم و رگلاژ ولتاژ در شبکه های توزیع

ملاحظه می گردد که محدوده کاربرد ترانسفورماتور بسیار وسیع است در حالیکه پدیده اساسی در کار ترانسفورماتور و نحوه مطالعه آنها عملاً یک گونه و یکسان است به همین دلیل در این جزوه فقط به اساس کار ترانسفورماتورهای یک فازه و سه فازه پرداخته و در ادامه آن آزمایشات مورد لزوم جهت اطمینان از سلامت این ترانسفورماتورها را عنوان می نماییم .

۲-۱-۱) اساس کار ترانسفورماتورها

اساس کار ترانسفورماتورها بر القاءِ متقابل بین بوبین (سیم پیچی) که برروی یک مدار مغناطیسی (هسته آهنی) قرار دارند بنا نهاده شده است .

دو بوبین که از لحاظ الکتریکی جدا از هم ولی از لحاظ مغناطیسی بوسیله مسیری که دارای رلوکتانس L (مقاومت مغناطیسی) کوچکی است به هم مربوط می شوند .

البته در اتوترانسفورماتورها دو بوبین از لحاظ الکتریکی هم بهم مرتبط هستند اگر یکی از بوبین ها به منبع ولتاژ متناوب وصل شود یک فوران متناوب در هسته مورق برقرار می شود که بیشتر خطوط فوران از طریق هسته از درون حلقه های بوبین ها گذشته و خود را می بندد و با این عمل مبتنی به قانون فاراده تولید نیروی الکتروموتوری القائی متقابل می کند . اگر مدار بوبین دوم از طریق مثلاً مصرف کننده ای بسته شود جریانی در آن جاری شده و انرژی الکتریکی (کاملاً مغناطیسی) از بوبین اول به بوبین دوم انتقال می یابد . بوبین یا سیم پیچی که به منبع انرژی شبکه برق جریان متناوب وصل می شود آنرا سیم بندی اولیه و بوبین یا سیم پیچی که انرژی از آن گرفته می شود یعنی دوسری از آن که به طرف مصرف کننده رفته است سیم بندی ثانویه می نامند و همچنین سیم پیچ و یا بوبینی که به مدار با ولتاژ زیاد وصل شده باشد آنرا سیم پیچ طرف فشارقوی(H.V) و سیم پیچ دیگری را که به مدار یا ولتاژ پایین وصل شده باشد طرف فشار ضعیف (L.V) می گویند .

ترانسفورماتورهایی که ولتاژ سیم پیچی اولیه آنها از ثانویه کمتر باشد ، ترانسفورماتورهای افزاینده و ترانسفورماتورهایی که ولتاژ سیم پیچی اولیه آنها از ثانویه بیشتر باشد ترانسفورماتورهای کاهنده می نامند .

مطالب فوق را در مورد ترانسفورماتورها این گونه خلاصه می کنیم که ترانسفورماتور دستگاهی است که :

۱- قدرت الکتریکی متناوب را از یک مدار به مدار دیگر انتقال می دهد .

۲- انتقال قدرت بدون تغییر فرکانس صورت می گیرد .

۳- این عمل به طریقه القاءِ مغناطیسی صورت می گیرد .

٤- در حالی که دومدار دارای القای متقابل روی هم می باشند .

۵- مدارهای سیم پیچی اولیه و ثانویه می توانند یک فازه و یا چند فازه باشند در این صورت ترانسفورماتورها را یک فازه و یا چند فازه گویند که از همه مهمتر ترانسفورماتورهای سه فازه هستند .

۲-۲) آزمایشهای مربوط به ترانسفورماتورها

۲-۲-۱) تست مقاومت عایقی سیم پیچها

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

وضعیت عایقی سیم پیچهای اولیه و سیم پیچهای ثانویه هرترانسفورماتور می بایست به صورت جداگانه توسط دستگاه میگر آزمایش شود لازم به ذکر می باشد در خصوص ترانسفورماتورها می بایست به این نکته توجه نمود که به هنگام انجام تست مقاومت عایقی سمت اولیه حتماً می بایست 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 می بایست در خصوص تمامی فازها صورت گیرد و در مورد ترانسفورماتورهایی که دارای اتصال نوع ستاره می باشند می بایست قبل از انجام تست ابتداءِ 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 .

الف) ترانسفورماتورهای 400V توسط میگر 500V

ب) ترانسفورماتورهای 400V تا 1000V توسط میگر 1000V

ج) ترانسفورماتورهای 1000V تا 3000V توسط میگر 2500V

د) ترانسفورماتورهای 3000V تا 6000V توسط میگر 5000V

و) ترانسفورماتورهای 6000V به بالا توسط میگر 10000V

پس از انجام تست های مقاومت عایقی می بایست اعداد قرائت شده با نمودارهای شکل (۲۶) مقایسه گردد و مطلوب و یا نامطلوب بودن آن مشخص گردد .

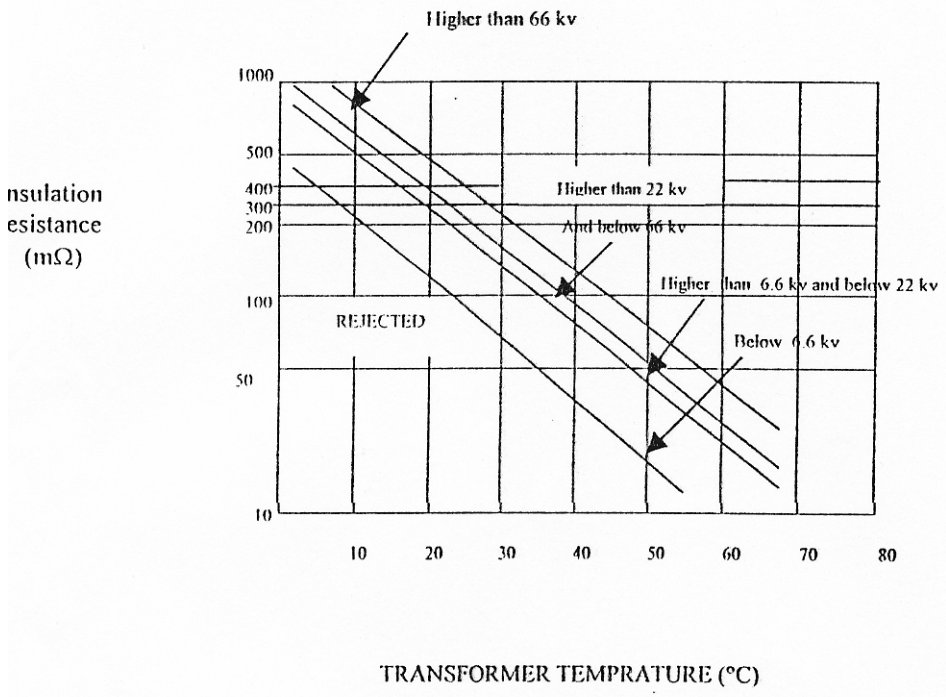


Fig1. ALLOWABLE INSULATION RESISTANCE OF TRANSFORMER (1000V MEGGER USED)

((DISTRIBUTION TRANSFORMER))

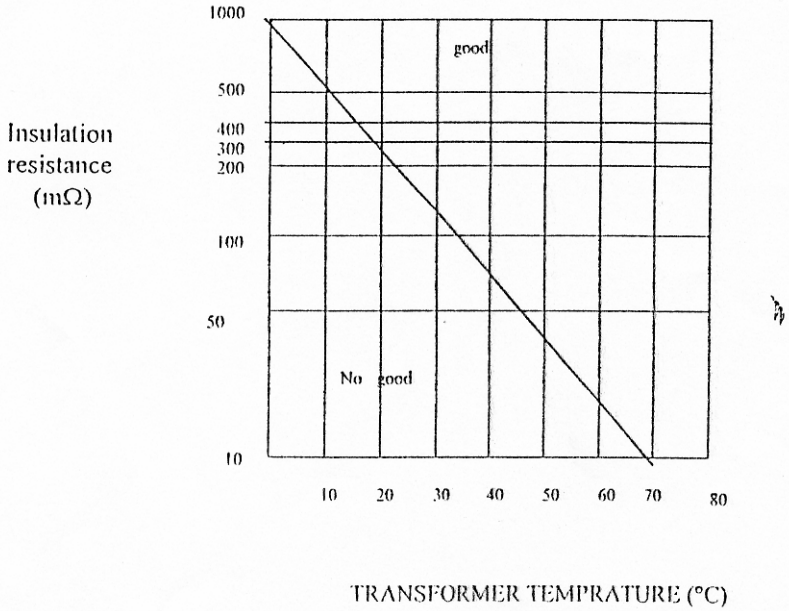


Fig2. TRANSFORMER INSULATION RESISTIVITY ALLOWANCE VALUE (ACCORDING TO 1000V MEGGER)

شکل ۲۶

۲-۲-۲) تست مقاومت اهمی

یکی دیگر از پارامترهایی که می بایست قبل از راه اندازی ترانسفورماتور مورد آزمایش قرار گیرد انجام تست مقاومت اهمی ترانسفورماتور بوده بدین صورت که توسط دستگاه اهم متر Low Resistance این آزمایش را انجام می دهیم .

ابتداءِ 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 .

۲-۲-۳) تست نسبت تبدیل

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

الف) کلید سمت اولیه و سمت ثانویه ترانسفورماتور را قطع می نماییم .

ب) به سمت اولیه ترانسفورماتور ولتاژ 110 V و 220 V و 380Vو660V را در چهار مرتبه اعمال نموده و در هر یک از دفعات ولتاژ را در ثانویه و توسط دستگاه ولتمتر قرائت می نماییم .

ج) توسط رابطه $n_2V_1/V=$ نسبت تبدیل ترانسفورماتور را در چهار حالت محاسبه نموده که می بایست این نسبت تبدیل ارائه شده توسط سازنده در صورتی که ترانسفورماتور ما دارای TapChanger باشد می بایست این عملیات در تمامی موقعیتهای TapChanger انجام پذیرد .

۲-۲-۴) بازدید از Rupcher Disk یا Suden Presur

در خصوص ترانسفورماتورهای سه فاز صنعتی یک دستگاه حفاظتی به نام Rupcher Disk و یا Suden Presur برروی ترانسفورماتور نصب شده که 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 عمل کردن این دستگاه (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 برروی 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 .

۲-۲-۵) بازدید از وضعیت فشار گاز نیتروژن

یکی از انواع ترانسفورماتورهای سه فاز صنعتی بدین گونه می باشد که درون مخزن آنها علاوه بر روغن گاز نیتروژن نیز تزریق شده و Seal می باشند و در واقع از گاز نیتروژن به عنوان خنک سازی استفاده می گردد .

فشار گاز نیتروژن موجود در ترانس می بایست مطابق توصیه سازنده باشد که در واقع این فشار گاز نیتروژن – دمای هوای محیط معمولاً در کتابچه این ترانسفورماتورها ارائه گردیده است که می بایست قبل از راه اندازی ترانسفورماتور از مناسب بودن فشار گاز نیتروژن اطمینان حاصل نمود .

۲-۲-۶) 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 .

۲-۲-۷) بازدید ظاهری از قسمتهای مختلف ترانسفورماتور

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

الف) بازدید از مقره ها و بوشینگهای سمت اولیه و ثانویه از نظر عدم وجود هر گونه شکستگی و یا ترک و یا نشت روغن

ب) بازدید از کلیه قسمتهای بدنه ترانسفورماتور و رادیاتورهای آن از نظر تمیزبودن و عدم خوردگی و عدم نشت روغن

ج) بازدید از Tap Chenger ترانسفورماتور و اطمینان از قرار گرفتن آن در موقعیت صحیح خود و جهت روان کاری آن بهتر است آن را چندین نوبت (در حالت خاموشی ترانس) بین Position های مختلف حرکت داده تا کنتاکتهای آن روان گردد .

د) بازدید از فن های خنک کننده ترانس (در صورت وجود) و اطمینان از سلامت آنها

۲-۲-۸) تست روغن ترانسفورماتور

اکثر ترانسفورماتورهای صنعتی جهت خنک سازی آنها ، سیم پیچهای اولیه و ثانویه درون یک مخزن که پرشده از روغن معدنی می باشد 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 برروی آن آزمایش گردد .

الف) انجام تست Break Down Voltage Test 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 .

ب) اندازه گیری Density در دمای 15°C که حداکثر مقدار قابل قبول آن $0.91g/cm^3$ می باشد .

ج) اندازه گیری Viscosity در دمای 40°C و 100°C که حداکثر مقدار قابل قبول آن به ترتیب $13mm^2$ /sec و $4mm^۲ / sec$ می باشد .

د) اندازه گیری Acid Number روغن که حداکثر مقدار قابل قبول آن $0.02\ m^2koh/g$ می باشد .

ن) اندازه گیری مقدار Water Content که حداکثر مقدار قابل قبول آن 60PPM می باشد .

و) اندازه گیری مقدار Flash Point که حداقل مقدار قابل قبول آن 140min می باشد .

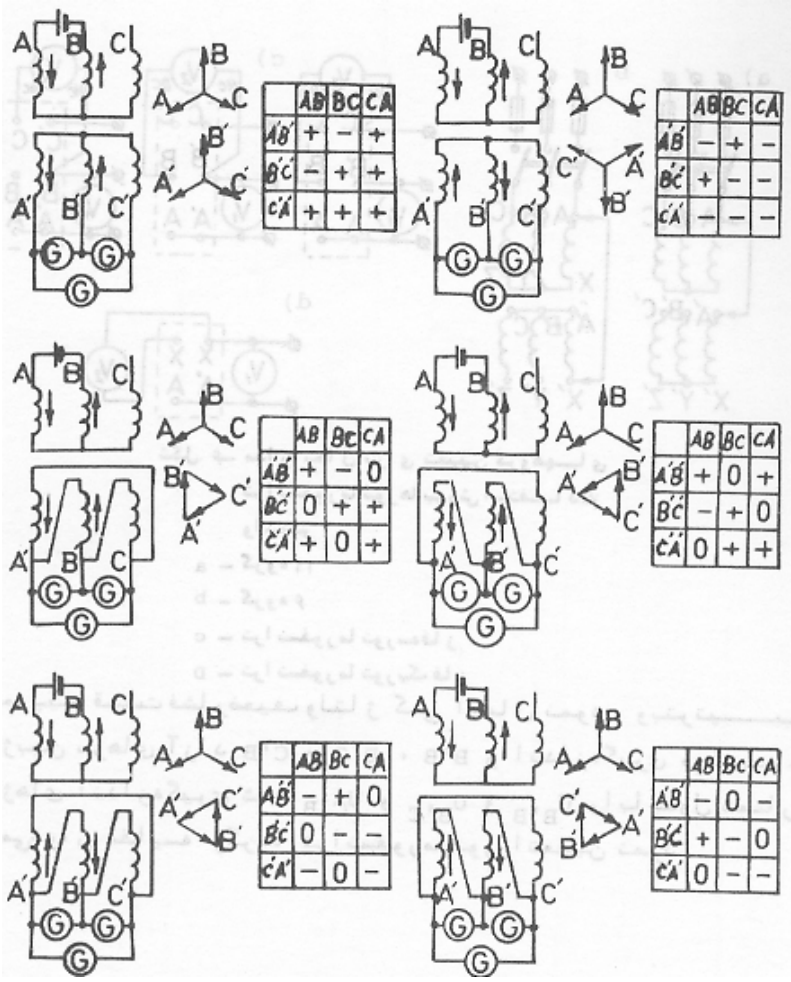
۲-۲-۹) تست گروه اتصال ترانسفورماتور

یکی از آزمایشهایی که در بعضی مواقع قبل از را ه اندازی ترانسفورماتور نیاز می باشد صورت گیرد (عموماً بعد از انجام تعمیرات برروی سیم پیچی ترانسفورماتورها) انجام تست گروه اتصال ترانسفورماتورها می باشد که به قرار زیر است .

گروه اتصال در ترانسفورماتورهای سه فاز به روش پلاریمتری مطابق شکل (۲۷) صورت میگیرد. بدین طریق که سرهای خروجی B و A سیم پیچی فشارقوی (H.V) را از طریق یک کلید قطع و وصل به باطری با ولتاژ ۲ الی ٤ ولت وصل می کنیم .

سیم پیچ ثانویه یا فشار ضعیف را ($A\acute{B}$, $B\acute{C}$, $A\acute{C}$) 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 ۲۷

۲-۲-۱۰) تست تجهیزات مربوط به Temp .Protection

در ترانسفورماتورهای سه فاز با افزایش بار ترانسفورماتور مقدار حرکت ایجاد شده در آن نیـز افزایش می یابد ، در زیر جدول اضافه بار و زمان تحمل ترانسفورماتورها نشان داده شده است .

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

جدول ۲

مشاهده می گردد جریان بین 1.5 تا ۲ برابر جریان نامی ترانس در مدت کوتاهی می تواند از آن عبور کند .

همانطور که قبلاً گفته شد 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 ازاءِ افزایش 6°C عمر عایق نصف می گردد .

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 ۱/۱۰۰ 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 عمر تقریبی عایق ترانسفورماتورها

درجه حرارت سیم پیچ	عمر عایق ترانسفورماتور
100°C ~ 110°C	حدود ١٤ ماه
100°C ~ 120°C	حدود ۹ ماه
120°C ~ 130°C	حدود ٤٢ روز
بالاتر از 130°C	حدود ۲۵ روز

جدول ۳

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 برروی 90°C تنظیم شده و برای از سرویس خارج کردن ترانسفورماتور برروی 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 Jumper کردن کنتاکتها چک می گردد .

۲-۲-۱۱) تست عملکرد رله بوخهلتز

در ترانسفورماتورها چنانچه اتصالی رخ دهد مانند اتصال حلقه هر فاز و یا اتصال حلقه و زمین و یا اتصال فاز فشارقوی و ضعیف در این صورت 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 Alarm به اطاق کنترل گردد . اما اگر اتصالی شدید باشد 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 Function Test 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 Alarm و فرمان Trip از روی رله Jumper نموده و عملکرد آن را در اطاق کنترل و در ایستگاه مشاهده نمود .

سؤالات فصل دوم

۱- اساس کار ترانسفورماتورها را توضیح دهید .

۲- نحوه انجام تست مقاومت عایقی سیم پیچهای ترانسفورماتور را بیان کنید .

۳- روش اندازه گیری Ratio Test سیم پیچهای ترانسفورماتور را توضیح دهید .

٤- آزمایشهای مورد نیاز جهت تست روغن ترانسفورماتور را نام برده و مقادیر قابل قبـول آن را بنویسید .

۵- روش اندازه گیری گروه اتصال ترانسفورماتور را توضیح دهید .

فصل سوم

آزمایشهای مربوط به الکتروموتورها

اهداف آموزشی فصل سوم

۱ـ آشنایی با اساس کار الکتروموتورها

۲ـ آشنایی با روش های رطوبت زدایی الکتروموتورها

۳- آشنایی با آزمایش های مورد نیاز الکتروموتورها

۳-۱) الکتروموتورهای سه فاز القائی

در یک موتور القایی سه فاز شکاف هوایی بین رتور و استاتور یکنواخت است .

هسته استاتور مورق (لایه به لایه) بوده و از فولاد مرغوب تهیه می شود . سطح داخلی استاتور حاوی شیارهایی است که سیم پیچی سه فاز درون آنها جا سازی می شود .

هسته رتور نیز مورق (لایه به لایه) بوده و از مواد فرومغناطیسی مرغوب ساخته شده است سطح خارجی رتور نیز شیاردار است و هادیهای رتور در آن جاسازی می شوند رتور موتورهای القائی سه فاز از نظر ساختمان بر دو نوع است .

الف) رتور سیم بندی شده که درون شیارهای رتور سیم پیچ مسی یا آلومینیومی جاسازی شده است .

ب) رتور قفسی سنجابی که درون شیارهای رتور میله های آلومینیومی یا مسی تعبیه شده است .

باید دانست در رتور قفس سنجابی میله ها از دو سمت توسط حلقه های انتهایی بهم متصل اند یا به عبارت دیگر میله ها از دو سمت اتصال کوتاه شده اند.

در رتور سیم بندی شده ، سیم پیچ رتور شبیه سیم پیچ استاتور بوده و یه فاز می باشد و درون شیارهای رتور تعبیه شده اند ، لذا در رتور سیم بندی شده با سه مجموعه سیم پیچ تکفاز مواجه هستیم و لذا شش پایانه برای سیم بندی رتور حاصل می شود . معمولاً کارخانه سازنده سه پایانه را درون ماشین به هم متصل ساخته و سه پایانه دیگر را از ماشین خارج می سازد و به سه حلقه لغزان (Slip Ring) برروی محور متصل می کند . برروی این سه حلقه لغزان سه جاروبک ساکن وجود دارد و توسط این جاروبکها می توان مدار رتور را به مدار دیگری از قبیل رئوستا جهت کنترل سرعت موتور متصل نمود . گفتنی است در رتورهای قفس سنجابی دیگر حلقه های لغزان وجود ندارد و هیچگونه پایانه ای از رتور خارج نمی شود سپس :

الف) در موتورهای قفس سنجابی فقط سه پایانه مربوط به استاتور از ماشین خارج می شود و به منبع ولتاژ AC وصل می گردد .

ب) در موتورهای با رتور سیم بندی شده شش پایانه از ماشین خارج می شود . سه پایانه مربوط به استاتور است که برق AC وصل می شود و سه پایانه مربوط به رتور بوده که به حلقه های لغزان وصل می گردند .

۳-۲) آزمایشهای مربوط به الکتروموتورها

۳-۲-۱) تست مقاومت عایقی سیم پیچهای استاتور

در خصوص الکتروموتورهای 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 الکتروموتورها برابر 1000OHMS بر ولتاژ کارکرد الکتروموتور می باشد که معمولاً جهت الکتروموتورهای 380V حداقل مقدار قابل قبول 3MΩ می باشد .

در خصوص الکتروموتورهای سنکرون تست مقاومت عایقی سیم پیچهای A.C مانند دیگر الکتروموتورها می باشد و لیکن 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 ۲MΩ می باشد .

حداقل مقدار قابل قبول مقاومت عایقی الکتروموتورها با توجه به ولتاژ کارکرد و توان الکتروموتور از روابط زیر بدست می آید .

$$Ri = \frac{20 \times Vn}{1000 + 2P}$$

Ri = مقاومت عایقی بر مبنای M.Ω

Vn = ولتاژ نامی کارکرد الکتروموتور برحسب ولت

P = توان الکتروموتور بر حسب KW

در خصوص الکتروموتورهای با توان کمتر از 110KW می بایست تست Dielectric Absorpti 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 وسپس 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 الکتروموتورهای با توان بیشتر از 110KW می بایست تست Polarization Index Test 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 . در شکل (۲۸) تصویر یک دستگاه میگر مشاهده می گردد .

MEGGER®
S1-5005

- Automated Insulation tester - P.I., Step Voltage & Dielectric Discharge
- Insulation Resistance to 5 TΩ
- Heavy Duty current for capacitive tests
- Robust, field tester

5 kV Insulation Tester

شکل ۲۸

۳ –۲–۲) تست Hi - Pat

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

طبق استانداردهای متفاوت میزان ولتاژ تزریقی به الکتروموتورها می بایست حداقل برابر ولتاژ کارکرد دستگاه به اضافه 1000 ولت باشد و زمان تزریق این ولتاژ به الکتروموتور می بایست برابر ۱ دقیقه باشد و پس از گذشت زمان ۱ دقیقه میزان جریان نشتی (Current Leakage) نباید از 1MA بیشتر باشد .

در اشکال (۲۹) و(۳۰) و(۳۱) و(۳۲) تصویر دستگاه Hi -Pat مشاهده می گردد .

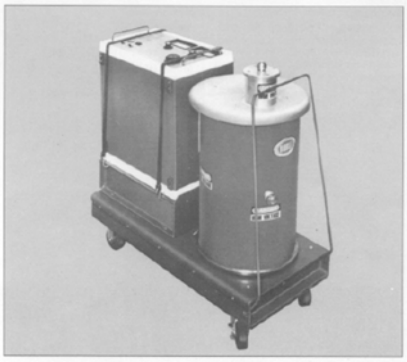
BIDDLE
AC and AC/DC High-Pot Testers

- Rapid production line testing to latest UL standards
- Extra safety features
- Rugged design for ease of portability

AC and AC/DC High-Pot Testers

شکل ۲۹

A.C./D.C. HIGH POTENTIAL TESTERS



BIDDLE
A.C. Dielectric Test Sets

- Permits ANSI A92 2 for tests on aerial bucket trucks
- 50 kV tap with doubled output current for ANSI A92 2 bucket liner testing
- Output current meter, with guard circuit, for ANSI A92 2 leakage current measurements

50/100 kV A.C. Dielectric Test Sets

شکل ۳۰

BIDDLE
5 and 15 kV DC Dielectric Test Sets

- Continuously variable test voltage
- Rugged field construction
- Compact and portable

5 and 15 kV DC Dielectric Test Sets

شکل ۳۱

MEGGER®
FT6/12 MK 2

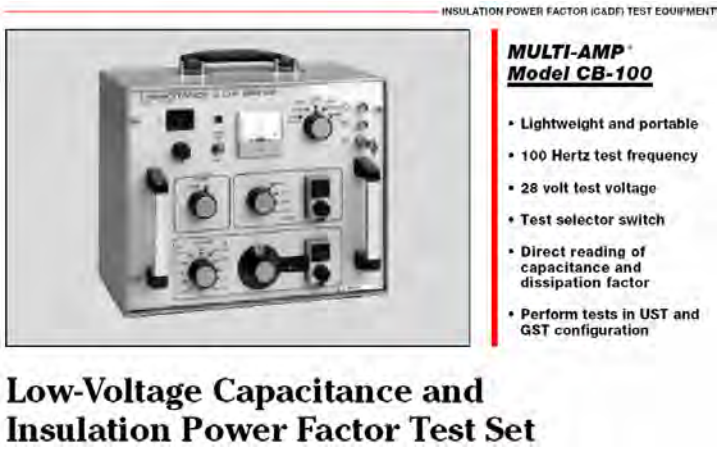
- Nondestructive testing
- Output voltages up to 6 kV a.c. and 12 kV d.c. continuously variable
- For safety, output current limited and displayed on a meter (in-phase and total current)

Breakdown, Leakage and Ionisation Tester

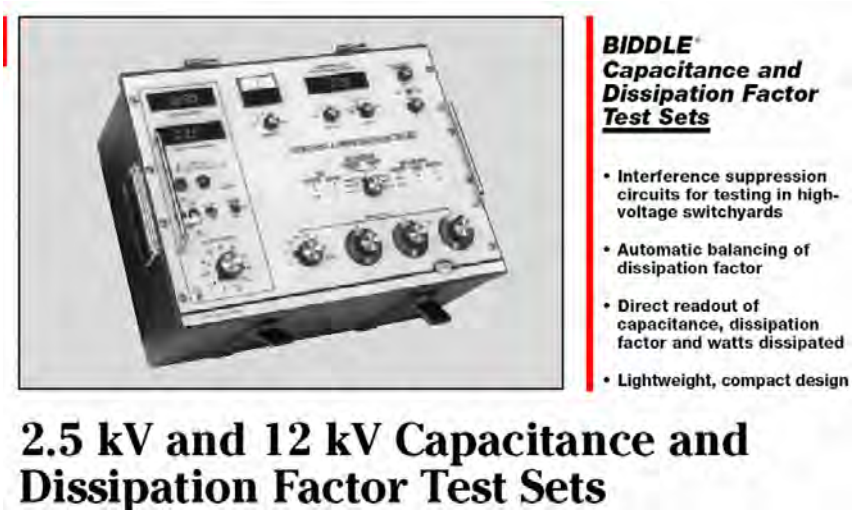
شکل ۳۲

۳-۲-۳) تست Capacitance و Tanδ

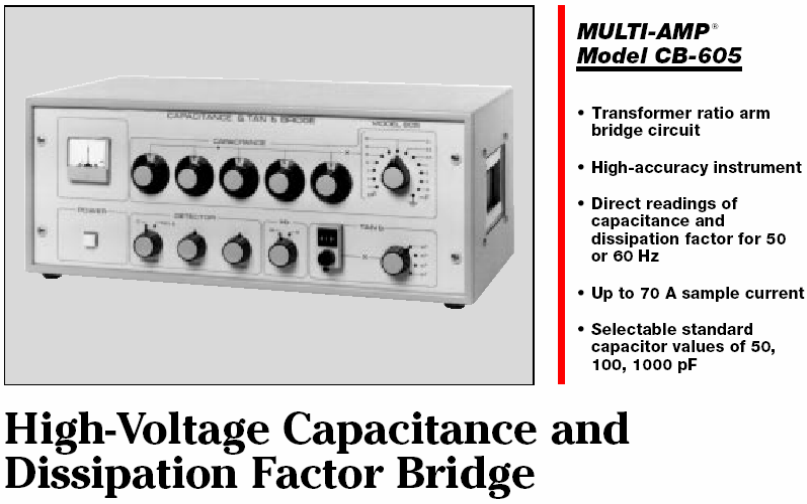
یکی دیگر از آزمایشهای که می بایست در خصوص الکتروموتورهای با ولتاژ بالاتر از 3000V انجام شود آزمایشهای اندازه گیری مقدار Capacitance و Tangδ می باشد که توسط دستگاه مخصوص خود که تصویر یک نمونه از آن در اشکال (۳۳) و (۳٤) و (۳۵) آمده است انجام خواهد شد .



شکل۳۳



شکل ۳٤



شکل ۳۵

مقادیر مجاز قابل قبول جهت پارامترهای فوق می بایست مطابق اعداد ارائه شده در کاتالوگ سازنده الکتروموتور باشد .

۳-۲-۴) بررسی وضعیت دمای بیرینگها

پس از راه اندازی الکتروموتور به صورت Free می بایست بعد از گذشت ۳۰ دقیقه و ۶۰ دقیقه و ۹۰ دقیقه توسط دستگاه ترمومتر که دو نمونه از آن در اشکال (۳۶) و (۳۷) آمده است دمای بیرینگ سرجلو (D.E) و دمای بیرینگ سرعقب (N.D.E) در سه مرحله اندازه گیری شود .

استاندارد حداکثر درجه حرارت مجاز الکتروموتورها 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 Sleev Bearing ها که روانکاری آنها توسط روغن انجام می گردد حداکثر برابر 95°C می باشد .

شکل ۳۶

شکل ۳۷

۳-۲-۵) تست مقاومت اهمی سیم پیچها

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

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

ب) در خصوص الکتروموتورهایی که امکان دسترسی به هر شش سر سیم پیچها ممکن باشد میبایست 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 (۳۷) تصویر دستگاه اهم متر Low Resistance ارائه شده است .

MULTI-AMP
Model M-400

- 100-ampere dc regulated output
- No batteries required
- Digital readout
- 0.1 μΩ resolution
- Four-terminal measurement
- Four selectable test currents

100 Ampere Digital Micro-Ohmmeter

شکل ۳۷

۳-۲-۶) تست جریان مصرفی

جریان مصرفی الکتروموتور می بایست در دو وضعیت Free و With Load اندازه گیری گردد . در خصوص الکتروموتورهای با ولتاژ بالاتر از 380V این عمل از طریق Metering نصب شده برروی تابلو تغذیه الکتروموتور انجام شده و در مورد الکتروموتورها 380V و کمتر توسط دستگاه Clamp Avo Meter که تصویر یک نمونه از آن در شکل (۳۸) آمده است انجام خواهد شد . جریان مصرفی الکتروموتورها در حالت Full Load می بایست جهت بهره برداری بهینه از الکتروموتور همواره حداقل 5% کمتر از جریان Full Load Current ارائه گردیده در Name Plate الکتروموتور باشد .

در حالت Free جریان مصرفی الکتروموتورهای 380V که اتصال آنها به صورت ستاره می باشد عموماً ۱/۶ الی ۱/۸ جریان Full Load Current الکتروموتور بوده و در مورد الکتروموتورهایی که اتصال آنها به صورت مثلث می باشد جریان مصرفی آنها عموماً می بایست ۱/۳ جریان Full Load Current باشد .

شکل ۳۸

۳-۲-۷) تست درجه حرارت سیم پیچهای الکتروموتور

پس از راه اندازی الکتروموتور با حداکثر بار نامی خود وگذشت حداقل ۳۰ دقیقه میبایست درجه حرارت سیم پیچی آن توسط دستگاه ترمومتر و یا آنکه توسط تجهیزات نشان دهنده درجه حرارت سیم پیچها (در صورت آنکه برروی الکتروموتور نصب شده باشد) اندازه گیری شود .

حداکثر درجه حرارت کارکرد سیم پیچهای یک الکتروموتور با کلاس عایقی سیم پیچهای بکار رفته در الکتروموتور مرتبط می باشد که طبق استاندارد دسته بندی کلاس عایقی سیم پیچها مطابق جدول(٤) است .

جدول 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

جدول ٤

۳-۳) روشهای رطوبت زدایی الکتروموتورها

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

چنانچه آلودگی سیم پیچها در بازرسی چشمی مشخص گردید می بایست نسبت به شستشوی سیم پیچها توسط هوای خشک و نفت کمپرس شده با فشار حداکثر 30PSI اقدام نمود .

در صورت آنکه مقاومت عایقی بدلیل ضعف عایقی کاهش پیدا کرده باشد می بایست بواسطه اسپری کردن شارلاک و یا وارنیش عایق ، نسبت به تقویت عایقی سیم پیچها اقدام نمود .

در صورت آنکه کاهش مقاومت عایقی بعلت رطوبت گرفتن سیم پیچها باشد می بایست به یکی از روشهای زیر عملیات رطوبت زدایی انجام شود :

الف) حرارت دادن سیم پیچها توسط Blower هوای گرم که در این حالت نباید درجه حرارت هوای خروجی از Blower بیشتر از درجه حرارت مجاز کلاس عایقی سیم پیچ باشد .

ب) استفاده از کوره (Oveen) که در این حالت رتور را از استاتور خارج نموده و استاتور را درون کوره قرار می دهند .

قابل ذکر می باشد که در این روش درجه حرارت کوره نباید از 80°C تجاوز نماید .

ج) استفاده از روش تزریق جریان که در این روش می بایست به سیم پیچی استاتور توسط یک منبع تغذیه جریان D.C برابر 90% جریان Full Load Current الکتروموتور تزریق نموده تادر 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 جهت این منظور عموماً از موتور جوش استفاده می گردد .

۳-۴) بازدیدهای عمومی

علاوه بر تستهای ذکر شده در قسمت ۳-۲ این فصل می بایست قبل از راه اندازی الکتروموتور موارد زیر نیز بررسی و بازدید گردد .

الف) بازدید از قسمتهای مختلف سیستم خنک کننده الکتروموتور مانند فن-پمپ روغن -کاور فن

ب) بازدید از کلیه قسمتهای بدنه موتور از نظر عدم وجود هر گونه ترک و یا شکستگی و یا خوردگی .

ج) بازدید از Terminal Box و دیگر قسمتهای موتور از نظر Seal (آب بندی) بودن آن

د) اطمینان از بالانس بودن رتور و تجهیزات دوار نصب شده برروی آن

ن) اطمینان از عدم وجود هر گونه ترک و یا شکستگی برروی رتور خصوصاً حلقه های اتصال کوتاه (Short Rings) رتور

سؤالات فصل سوم

۱- اساس کار الکتروموتورهای القائی سه فاز را توضیح دهید .

۲- روش تست مقاومت عایقی سیم پیچهای استاتور را توضیح دهید .

۳- روش انجام تست High Pot در خصوص یک الکتروموتور را بیان کنید .

٤- روش انجام تست مقاومت اهمی سیم پیچهای یک الکتروموتور را بیان کنید .

۵- مقادیر مجاز جریان مصرفی یک الکتروموتور را بیان نمایید .

۶- انواع کلاس عایقی سیم پیچهای الکتروموتور را نام برده و درجه حرارت های مجاز آن را بیان نمایید .

۷- روش های رطوبت زدایی الکتروموتورها را بیان نمایید .

فصل چهارم

آشنایی با انواع کابلهای فشار قوی و فشار ضعیف

اهداف آموزشی فصل چهارم

۱)آشنایی با انواع کلیدهای دستی فشار ضعیف

۲)آشنایی با انواع کلیدهای خودکار فشار ضعیف

۳)آشنایی با مهمترین انواع کلیدهای فشارقوی غیرقابل قطع زیر بار

٤) آشنایی با مهمترین انواع کلیدهای فشار قوی قابل قطع زیر بار

۴-۱)کلیدهای فشارضعیف برای جریان متناوب

در تاسیسات برق فشار ضعیف (ولت V<1000) برای قطع و وصل مدارهای مختلف الکتریکی و همچنین برای حفاظت سیمها ، تأسیسات و مصرف کننده های بزرگ از کلیدهای فشارضعیف مختلفی استفاده می شود که بر چهار دسته مهم : کلید دستی – کلید خودکار – کلید محافظ موتور – کلید مغناطیسی (کنتاکتور) تقسیم می شوند .

۴-۱-۱)کلید دستی

به کلید تیغه ایی (کلید چاقویی)- کلید گردان – کلید فیوز تقسیم می شود :

۴-۱-۱-۱)کلید دستی از نوع کلید تیغه ایی(چاقویی)

با تمام مزایایی که کلید خودکار نسبت به کلید تیغه ایی دارد ، این کلیدها نیز به علت سادگی و ارزانی بخصوص همراه با فیوز مورد استعمال زیادی دارد .

کلیدهای تیغه ایی در تاسیسات روباز برای جریانهای از ۱۰۰ تا ٤۰۰۰ آمپر و تا 1kv بکار برده می شود و دارای این مزیت است که اولا قطع کنتاکت های کلید حتی از فاصله نسبتاً زیاد نیز به آسانی آشکار می شود درضمن رساندن برق از یک شین به شین دیگر را میسر و ممکن میسازد این کلیدها بخصوص برای برق رسانی به موتورهای تکفاز و وسایل برقی جریان دایم نیز بسیار مناسب است ولی در موتورهای سه فاز بهتر است از کلید تیغه ایی استفاده نشود زیرا موتور در اثر سوختن یکی از فیوزها و دو فازه شدن ممکن است بسوزد .

کلید تیغه ای مخصوص جریان دایم علاوه بر تیغه اصلی جریان رسان دارای یک تیغه اتصال لحظه ای نیز می باشد که عمل آن قطع و پریدن جرقه در موقع قطع کلید است .

کلیدهای تیغه ایی مخصوص جریان متناوب سه فاز و تکفاز فاقد چنین تیغه اضافی می باشند زیرا این کلیدها جریان متناوب را فقط در زمان عبور جریان از صفر قطع می کنند .

کلیدهای مدرن امروزی طوری ساخته می شوند که تیغه و کنتاکت در یک امتداد قرار گیرند و ایجاد یک " خم " در مسیر جریان نکنند زیرا خم ها در جریان اتصال کوتاه ایجاد نیروی دینامیکی بسیار شدیدی در کلید می کنند که اغلب باعث بازشدن بی موقع کلید می شود در ضمن بخاطر بهتر کنتاکت کردن و بهتر خنک کردن تیغه ها و بالابردن استقامت الکتریکی کلید ، تیغه متحرک از چند چاقوی موازی ساخته می شود .

نکته ۱ : کلیدهای تیغه ای قادر به قطع جریان اتصال کوتاه نیستند و اگر در موقع عبور جریان اتصال کوتاه ، تیغه ازکنتاکت جدا شود جرقه بین دو کنتاکت مدتی ادامه یافته و باعث سوختن کلید می شود .

نکته ۲ : درموقع نصب کلید تیغه ایی باید دقت شود که همیشه جریان به کنتاکت ثابت وصل شود بطوریکه تیغه ها در موقع قطع کلید بدون ولتاژ باشند . از کلیدهای تیغه ایی می توان به عنوان کلید بار و یا کلید بدون بار در شبکه فشار ضعیف برق رسانی از یک تابلو به تابلوی دیگر استفاده کرد و در صورتی که کلید تیغه ایی فقط به عنوان کلید بدون بار استفاده شود فاقد محفظه جرقه گیر خواهد بود .

این کلیدها برای جریان نامی ۱۲۰۰۰ و جریان اتصال کوتاه 200 KA ساخته شده است .

نکته ۳ : از کلیدهای جریان (قطع و وصل) از راه دور این کلیدها از نوع جریان موتوری و یا کمپرس و فرمان از نزدیک (دستی اضطراری) ساخته شده است .

۴-۱-۲-۱)کلید گردان

این کلید که برای آمپرهای کم (تا 100A) ساخته می شود . یک کلید قابل قطع زیر بار است و به همین جهت هر یک از کنتاکتهای جریان رسان مربوط به یک قطب در یک محفظه عایق مخصوص بخود ، بطور انفرادی نصب شده است بطوریکه هر محفظه جرقه گیر با کنتاکتهای خود یک عنصر مستقل (یک کنتاکتور) را تشکیل می دهد و میتوان با نصب تعداد زیادی از این کنتاکت دهنده ها در مدارهای فرمان از آن به راحتی استفاده کرد .

۴-۱-۱-۳)کلید فیوز

بیشتر حوادث در شبکه فشار ضعیف که منجر به برق گرفتگی می شود مربوط به قوس الکتریکی است که در موقع تعویض فیوز (در آوردن فیوز زیر بار و یا جا انداختن آن در زیر جریان اتصال کوتاه) بوجود می آید لذا برای جلوگیری از خطراتی که در موقع تعویض فیوزها در شبکه فشار ضعیف پیش می آید بهتر و مناسب تر است که بجای کلید و فیوز از کلید فیوز استفاده شود .

نکته ۱ : در موقعی که جریان اتصال کوتاه شبکه یا مصرف کننده پشت فیوز خیلی زیاد باشد (تا 100KA) اجباراً باید بجای کلید و فیوز از کلید فیوز استفاده شود .

نکته ۲ : کلید فیوز نسبت به کلید خودکار ارزانتر و از نظر جاگیری و ابعاد کوچکتر است لذا مورد استفاده آن در تاسیسات برق فشار ضعیف و توزیع برق در کارخانجات ، روشنایی و پست های ترانسفورماتور و خطوط انتقال انرژی شعاعی و باز بسیار زیاد است .

۴-۲-۱)کلیدهای خودکار

به انواع کلیدهای زیر تقسیم می شود :

۱)با رله جریان زیاد و بار زیاد

۲)با رله ولتاژ کم
۳)با قطع کننده برگشت جریان
٤)با رله جریان کم

۴-۲-۱-۱)کلید خودکار با رله جریان زیاد و بار زیاد

این کلیدها درتأسیسات روشنایی ، برق صنعتی بخصوص برای حفاظت کابل و سیم و ماشین آلات صنعتی درمقابل بار زیاد و جریان اتصال کوتاه در طرف فشار ضعیف ترانسفورماتورهای محلی برای حفاظت ترانسفورماتور در مقابل خطرات خارجی (اتصال کوتاه و بار زیاد) بکار برده می شود .

رله بار زیاد در این کلید یک رله حرارتی (بی متال) است که ممکن است بطور مستقیم با جریان اصلی (تا 400A) و یا بطور سکوندر (غیرمستقیم) توسط جریان سکوندر ترانسفورماتور جریان تغذیه شود .

این رله در اثر تغییر شکل پیداکردن (خم شدن) باعث قطع کلید شود که منطقه کار این رله تا ۱/۲ برابر جریان نامی می باشد . برای حفاظت شبکه و تأسیسات سه فاز در مقابل بار زیاد از سه رله حرارتی بار زیاد استفاده می شود .

رله جریان زیاد کلید خودکار که بخصوص برای حفاظت سیستم ها در مقابل اتصال کوتاه بکار برده می شود یک رله الکترومغناطیسی قابل تنظیم تا چند برابر جریان نامی (مثلاً ۳-۲ برابر جریان نامی) است که با رله حرارتی بطور سری قرار دارد .

۴-۲-۲-۱) کلید خودکار با رله ولتاژ کم

این کلید علاوه بر قطع کننده های جریان زیاد و بار زیاد مجهز به یک رله ولتمتری (رله ولتاژ کم) نیز می باشد و مورد استفاده این کلید در محلی است که افت ولتاژ بیش از حد مجاز برای مصرف کننده های الکتریکی خطرناک باشد و یا اصولاً در موقع قطع ولتاژ شبکه ، ارتباط مصرف کننده ها با شبکه قطع گردد تا در موقع برگشت مجدد و غیرمترقبه ، ولتاژ موتورهای الکتریکی موجود در شبکه خودسرانه و بطور ناگهانی بکار نیافتند زیرا همانطور که می دانیم اغلب موتورها بخصوص موتورهای آسنکرون با روتور سیم پیچی شده احتیاج به یک راه اندازی صحیح دارند تا از سوختن آنها در موقع راه اندازی جلوگیری شود

برای جلوگیری از قطع بی موقع کلید در اثر تغییرات کوچک ولتاژ و تغییرات آنی و زودگذر اولاً نقطه کار رله ولتاژ کم در حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد ولتاژ نامی انتخاب می شود و در ثانی کلید مجهز به یک رله تأخیری نیز می باشد .

۴-۲-۱-۳) کلید خودکار با قطع کننده برگشت جریان

این کلید بهترین وسیله برای اتصال موازی ژنراتورهای DC و یک سری باطری است که بطور موازی روی شبکه واحد کار می کنند و باعث می شود که در اثر افت اختلاف سطح در یکی از ژنراتورها یا در یک ردیف از باطری ها جریان بر جهت عکس کشیده نشود و به اصطلاح ژنراتور موتوری کار نکند .

در این کلیدها علاوه بر رلهٔ جریان و بار زیاد یک رله مغناطیسی دیگری نصب شده که با تغییر جهت جریان فعال می شود و در شبکه های جریان متناوب این رله مغناطیسی دارای دو پیچک است که یکی با جریان اصلی و دیگری با جریان ناشی از اتصال ولتاژ (ولتاژ نامی شبکه) کار می کند و برحسب حاصل ضرب آنها وات کار می کند که آنرا رله واتمتری می گویند و در حالت موتوری شدن ژنراتور متناوب ، کلید باعث قطع خودکار مدار می گردد .

۴-۲-۱-۴) کلید خودکار با رله جریان کم

این کلیدها برای شارژ باطری بکار برده می شوند و در این کلید از یک بوبین مغناطیسی استفاده شده که جریان شارژ باطری از آن می گذرد و باعث نگهداشتن کلید میشود و به محض اینکه جریان شارژ باطری به علت پرشدن باطری قطع شد ، مغناطیس نگهدارنده وسیله قطع کلید بطور خودکار را فراهم می سازد .

۴-۱-۳) کلید محافظ موتور

کلید محافظ موتور یک نوع بخصوص از کلید خودکار با قطع کننده جریان زیاد است و میتواند جریان راه اندازی را در زمان راه اندازی تحمل کند بدون اینکه باعث قطع کلید شود .

انواع کلید محافظ موتور

برای راه اندازی سبک – برای راه اندازی سنگین

۴-۱-۳-۱)کلید محافظ برای راه اندازی سبک

این کلید جریان راه اندازی موتور را در صورتیکه از ۵ جریان نامی آن تجاوز نکند تا ۳۰ ثانیه نگه می دارد .

۴-۱-۲-۳)کلید محافظ برای راه اندازی سنگین

این کلید جریان راه اندازی موتور را در صورتیکه از ۱۰ برابر جریان نامی آن تجاوز نکند به مدت ٤ ثانیه نگه می دارد و لذا دیده می شود که این کلید در شرایط مشکلتری از کلید خودکار

معمولی با رله جریان زیاد کار می کند . برای شرایط مشکلتر راه اندازی می توان از یک قطع کننده حرارتی ثانویه که برروی ترانسفورماتور جریان اشباع شده بسته می شود استفاده کرد . در چنین کلیدی جریان ثانویه و بدلیل اشباع نمی تواند از یک حد معینی تجاوز کند و در نتیجه می توان در موقع راه اندازی موتور تا ۶ برابر جریان نامی را با زمان تأخیر در قطع در حدود ٤٠ ثانیه بدست آورد بدون اینکه رله حرارتی آن وظیفه حفاظت موتور را در مقابل بار زیاد از دست بدهد .

در کلید حفاظت موتور نیز مثل کلید خودکار برای حفاظت در مقابل بار زیاد از ۳ رله حرارتی قابل تنظیم و برای حفاظت در مقابل اتصال کوتاه و جریان زیاد از سه رله الکترومغناطیسی با قطع سریع استفاده می شود .

۴-۱-۴) کلید مغناطیسی یا کنتاکتور

کلید مغناطیسی عبارتست از کلید با فرمان از دور و بدون نگهدارنده مکانیکی (فنر و چفت و بست نگهدارنده) این کلید فقط تا موقعی که از الکتروموتورمغناطیس نگهدارنده آن جریان عبور می کند بسته است و به محض قطع جریان یا ولتاژ ، کلید خودبخود مدار را قطع می کند و باز می شود . کلیدهای مغناطیسی بر دو نوع هستند : هوایی و روغنی و در هر دو حالت می توان کلید را با قطع کننده بی متال حرارتی مجهز کرد و بعنوان کلید محافظ موتور از آن استفاده نمود . بی متال در موقع عبور جریان زیاد باعث قطع برق الکترومغناطیس نگهدارنده می شود و در نتیجه کنتاکت ها از هم رها می شوند .

چون کنتاکتورها بر خلاف کلید محافظ موتور فاقد قطع کننده جریان زیاد (رله اتصال کوتاه) می باشند باید برای حفاظت در مقابل جریان زیاد اتصال کوتاه با فیوز مجهز و تکمیل شوند .

کنتاکتورها بر اساس قطع و وصل زیاد و متوالی (۱۰ تا ۱۵ میلیون قطع و وصل) ساخته شده اند لذا دارای قدرت قطع زیاد نیستند لذا قطع جریان اتصال کوتاه به عهده فیوز گذاشته می شود .

۲-۴) کلیدهای فشارقوی

انواع کلیدهای فشارقوی براساس نوع و اهمیت کاربرد آنها به شرح زیر می باشد :

۱)کلید بدون بار یا سکسیونر

۲) کلید قابل قطع زیر بار یا سکسیونر قابل قطع زیر بار

۳) کلید قدرت یا دیژنکتور

۴-۲-۱) کلید بدون بار (سکسیونر)

سکسیونر وسیلهٔ قطع و وصل سیستم هایی است که تقریباً بدون جریان هستند بعبارت دیگر سکسیونر قطعات و وسایلی را که فقط زیر ولتاژ هستند از شبکه جدا می سازد : تقریباً بدون بار بدین معنی است که میتوان به کمک سکسیونر جریانهای L پاسیتیو مقره ها ، ماشینها و تأسیسات برقی و کابلهای کوتاه و همینطور جریان ترانسفورماتور ولتاژ را نیز قطع نمود و یا حتی ترانسفورماتورهای کم قدرت را با سکسیونر قطع کرد .

علت بدون جریان بودن سکسیونر در موقع قطع یا وصل ، مجهز نبودن سکسیونر بوسیله جرقه خاموش کن است لذا بطور کلی می توان گفت که عمل قطع و وصل سکسیونر باید بدون جرقه یا با جرقه ناچیزی صورت گیرد . بر حسب این تعریف در صورتیکه از سکسیونر جریان عبور کند ولی در موقع قطع اختلاف پتانسیل بین دو کنتاکت آن ظاهر نشود قطع سکسیونر بلامانع است . همینطور وصل سکسیونری که بین دو کنتاکت آن تفاوت پتانسیلی موجود نباشد گرچه به محض وصل باعث عبور جریان گردد نیز مجاز خواهد بود .

سکسیونر وسیله ای است برای ارتباط کلید قدرت بر شین و یا هر قسمت دیگری از شبکه که دارای پتانسیل است و طبق قوانین متداول الکتریکی جلوی هر کلید قدرتی از 1KV به بالا و یا در هر دو طرف در صورتیکه آن خط از دو طرف پتانسیل می گیرد سکسیونر نصب می گردد .

چنانکه می دانیم سکسیونرها باید در مقابل حرارت ناشی از عبور جریان عادی و اسمی و جریان اتصال کوتاه ، کوتاه مدت و نیروی دینامیکی جریان اتصال کوتاه و بخصوص جریان ضربه ایی استقامت کافی داشته باشد و در حالت باز باید عایق خوب و مطمئن برای پتانسیل بین تیغه و کنتاکت ثابت هر فاز و با زمین باشد و مشخصات مهم یک سکسیونر که گویای مشخصات فنی و استقامت الکتریکی و دینامیکی آن می باشد عبارتند از :

۱) ولتاژ نامی U_n

۲)جریان نامی I_n

۳) جریان اتصال کوتاه ضربه ای مجاز I_s

٤)جریان اتصال کوتاه . کوتاه مدت I_{th} (معمولاً بمدت ۱ تا ۳ ثانیه)

۴-۲-۲) کلید قابل قطع زیر بار

بعلت اینکه در بیشترشبکه ها و پست های کوچک ، کلید قدرت و سکسیونر و وسایل اضافی مربوط به چفت و بست آنها مبالغ زیادی از مخارج و هزینه کل تاسیسات را شامل می گردد و به علت اینکه در اغلب موارد نصب کلید قدرت با مزایای قطع و وصل سریع آن حتماً لازم و ضروری نیست کلید سکسیونر قابل قطع زیر بار طرح و ساخته شد . کلید فشار قوی قابل قطع

زیر بار در ضمن اینکه باید وظیفه یک سکسیونر را انجام دهد یعنی در ضمن برداشتن ولتاژ یک قطع شدگی قابل رویت و مطمئن در مدار شبکه فشارقوی بوجود آورد باید قادر باشد مانند یک دیژنکتور ، قدرتهای کوچک الکتریکی را نیز قطع کند لذا هر سکسیونر قابل قطع زیر باری باید دارای وسیله ایی برای قطع فوری جرقه باشد .

سکسیونر قابل قطع زیر بار اصولاً دارای قدرت وصل بسیار زیاد است و می تواند جریانهای با شدت ۲۵-۷۵ کیلو آمپر را بخوبی وصل کند ولی قدرت قطع آن کم و از ٤۰۰ تا ۱۵۰۰ آمپر یعنی در حدود جریان نامی آن تجاوز نمی کند لذا برای قطع جریان اتصال کوتاه ساخته نشده و مناسب نمی باشد در نتیجه در صورتی می تواند قابل قطع زیر بار در شبکه فشارقوی مورد استفاده قرار گیرد که این کلید مجهز به قطع کننده جریان اتصال کوتاه گردد کرد و یا اینکه جریان اتصال کوتاه شبکه از قدرت قطع کلید تجاوز نکند و یا از فیوز فشارقوی قدرت زیاد که در 6-20 KV دارای قدرت قطع حدود MVA ٤۰۰ استفاده کرد و جریان اتصال کوتاه را در همان مراحل ابتدائی قطع کند .

سکسیونر قابل قطع زیربار فقط برای قطع جریان نامی شبکه مناسب است و جریان اتصال کوتاه را فیوز قطع می کند نه کلید . خاموش کردن جرقه می تواند توسط دمیدن هوا و یا روغن انجام شود .

۲-۴-۳) کلید قدرت یا دیژنکتور

دیژنکتور کلیدی است که می تواند در موقع لزوم جریان عادی شبکه و در موقع بروز خطا جریان اتصال کوتاه و جریان اتصال زمین و یا هر نوع جریانی با هر اختلاف فازی را سریع قطع کند کلیدهای قدرت و یا دیژنکتورها در انواع مختلفی ساخته میشوند که مهمترین آنها به قرار زیر است :

۱)روغنی ۲) هوایی ۳) گاز SF6 (هگزا فلورید گوگرد) ٤) خلاء

۲-۴-۳-۱) کلید قدرت از نوع روغنی

این کلید در سالهای ۱۹۱۰ تا ۱۹۲۵ از متداولترین کلیدهای فشارقوی با قدرت زیاد بود ولی امروزه توسط کلیدهای مدرن دیگری جایگزین شده اند .

در این کلیدها در درجه اول از روغن بعنوان عایق استفاده می شود لذا هر چه فشار الکتریکی شبکه بیشتر باشد حجم روغن داخل کلید نیز زیادتر می گردد بطوریکه وزن روغن در کلید روغنی 220KV نزدیک به ۲۰ تن می رسد و همچنین حجم زیاد روغن یکی از بزرگترین معایب آنها بخصوص در موقع آتش سوزی است .

در این کلید برای خاموش کردن جرقه از مکانیسم خاصی استفاده نشده لذا جرقه در اثـر ازدیـاد طول باید از بین برود لذا کنتاکت های آن طوری ساخته شده اند که جرقه در دو منطقه شـروع شده و با یک حرکت قطع کلید ، مدار جریان آن قطع مـی شـود و بـدین جهـت ایـن کلیـد از دو کنتاکت ثابت که به انتهای دو مقره عبور نصب شده تشکیل گردیده و تیغه متحرکـی کـه توسـط اهرم عایقی فرمان می گیرد ارتباط بین دو کنتاکت ثابت را فراهم می کند .

در موقع قطع کلید و جداشدن تیغه از کنتاکت ، تراکم جریان در یک نقطه ازکنتاکـت هـا بقـدری زیاد می شود که باعث شروع جرقه در آن محل می گردد .در اثر حرارت شدید جرقـه ، روغـن تجزیه شده و ایجاد گاز می نماید که بصورت حبابی اطراف جرقه را می پوشاند با جداشـدن هـر چه بیشتر تیغه از کنتاکت ثابت و طویل شدن جرقه ، حباب گازی نیز بزرگتر می شود و در ضمن اینکه مقداری از حرارت جرقه صرف بخارکردن و تجزیه روغن می شود در اثـر ازدیـاد بـیش از حد طول جرقه ، قوس شکسته و جرقه خاموش می شود . چون حجم حباب گاز بستگی بـه شـدت جرقه و شدت جرقه مستقیماً به شدت جریانی دارد که کلید قطع می کند لذا بایـد فـضای خـالی بالای روغن متناسب با شدت جریان اتصال کوتاه شبکه باشد و در صورتیکه شـدت جریـان اتـصال کوتاه به حدی باشد که جرقه قبل از رسیدن سطح روغن به زیر درپوش منبـع خـاموش نـشود ، امکان ترکیدن منبع در اثر ازدیاد فشار داخلی بسیار زیاد است .

در موقع قطع کلید ، حباب های گازی که در محفظه احتراق ایجاد می شود به محض خارج شـدن میله از محفظه با سرعت بطرف خارج کشیده شده و در قطع سریع جرقه موثر واقع می شود .

۲-۴-۲-۳) کلید هوایی (ACB –AIR CIRCUIT BREKER)

در کلید هوایی اولاً برای خاموش کردن جرقه و خارج کردن ایون ها (دیونیزه کردن) و خنک کردن جرقه از هوای سرد تحت فشار استفاده می شود و در ثانی این تنها کلیدی است که قدرت خاموش کنندگی آن مستقل از جریان است و فقط تابع هوای کمپرس شده است که قبلاً در یک منبع ذخیره شده و با فشار ثابت و مقدار ثابت برای هر شدت جریانی بداخل محفظه احتراق هدایت می شوند لذا این کلیدها برخلاف کلیدهای دیگر که خود وسیله خاموش کردن جرقه را بوجود می آورند دارای زمان قطع بسیار کوتاهی هستند در کلیدهای هوایی کنتاکت ثابت معمولاً بصورت قیف ساخته می شود که در داخل آن کنتاکت میله ایی متحرک جای می گیرد و با تماس با آن کلید بسته می شود .

در موقع قطع کلید ، کنتاکت میله ایی از کنتاکت ثابت جدا شده و بـین ایـن دو کنتاکـت ابتـدا در هوای ساکن موجود در محفظه ، جرقه ایجاد می شود . فاصله این دو کنتاکت باید به حدی باشـد که پس از خاموش شدن جرقه فاصله هوایی دو کنتاکت استقامت الکتریکی کافی برای ولتاژ شـبکه

را داشته باشد لذا وقتی قوس ، طول مناسب را پیدا کرد میله متحرک از حرکت باز ایستاده و هوای فشرده توسط بازشدن سوپاپ مربوطه به محل جرقه راه پیدا می کند و باعث میشود که جرقه پس از اولین یا دومین موج به محض صفر شدن جریان قطع شود.

جریان هوا تا موقعی ادامه می یابد که محفظه احتراق کاملاً از گازهای ایونیزه شده پاک شده باشد در این موقع سوپاپ دریچهٔ مخزن هوا را می بندد و میلهٔ کنتاکت دهنده تا انتهای مسیر خود پایین آمده و فاصلهٔ لازم برای اختلاف سطح شبکه را پیدا می کند .

در این کلیدها چون ماده خاموش کننده از خارج هدایت می شود و باید کلید و متعلقات آن تحت مراقبت و کنترل شدید باشند و لازم است هر سال یا حداقل بعد از ۳۰۰۰ قطع و وصل آنرا سرویس و روغن کاری نمود و پس از ۱۰۰۰۰ قطع و وصل باید بکلی آنرا جدا کرده و بعضی از قسمتهای متحرک آنرا تعویض و مرمت نمود .

۲-۴-۳-۳) کلید SF6

در این نوع کلید از گاز SF6 بعنوان ماده خاموش کننده جرقه و عایق بین دو کنتاکت نگهدارنده ولتاژ استفاده شده است .

گاز SF6 الکترونهای آزاد را جذب می کند و ایجاد ایون منفی بدون تحرک می نماید در نتیجه مانع ایجاد ابر بهمنی الکترونها که باعث شکست عایق و ایجاد جرقه می شود می گردد بطوریکه استقامت الکتریکی گاز SF6 به ۲ تا ۳ برابر استقامت الکتریکی هوا می رسد این گاز از نظر شیمیایی کاملاً با ثبات است و میل ترکیبی آن خیلی کم و غیرسمی می باشد و تقریباً ۵ برابر هوا وزن دارد و در مقابل حرارت زیاد نیز پایدار و غیر قابل اشتعال است و دارای قابلیت حرارتی بسیار زیاد میباشد لذا علاوه بر اینکه در خاموش کردن جرقه بسیار موثر است عایق بسیار با ارزشی نیز می باشد .

طرز استفاده از این گاز در کلیدها فشار قوی عموماً بر مبنای انژکسیون گاز متراکم شده SF6 به محل قوس الکتریکی (محفظه احتراق) است .

از این کلیدها برای فشار 170KV و جریان قطع 40KA و جریان نامی 4000A نیز ساخته شده فرمان قطع و وصل این کلید معمولاً هیدرولیکی می باشد .

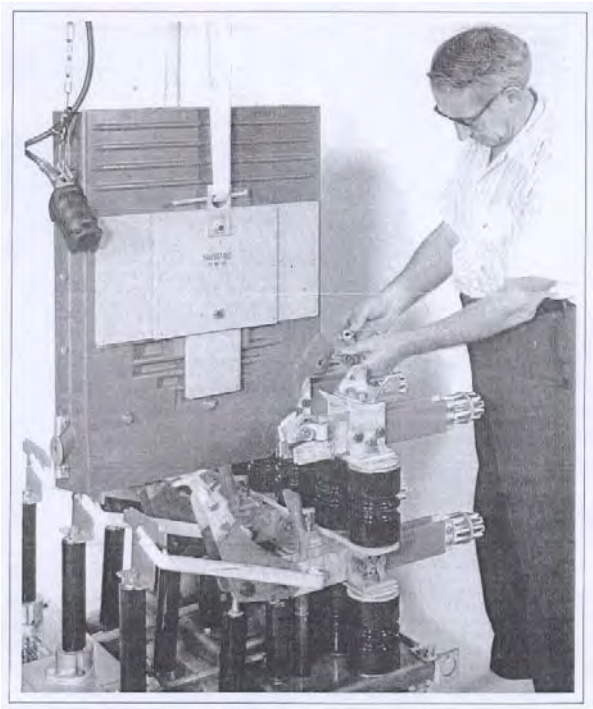
۴-۲-۳-۴) کلید خلاء (VCB-VACUM CIRCUIT BREKER)

همانطورکه میدانیم اصولاً الکترونهای آزاد (حامل های باردار) باعث هدایت جریان در فلزات و ایجاد قوس الکتریکی در عایق ها می شوند لذا در خلاءِ کامل چون هیچ عنصری وجود ندارد که

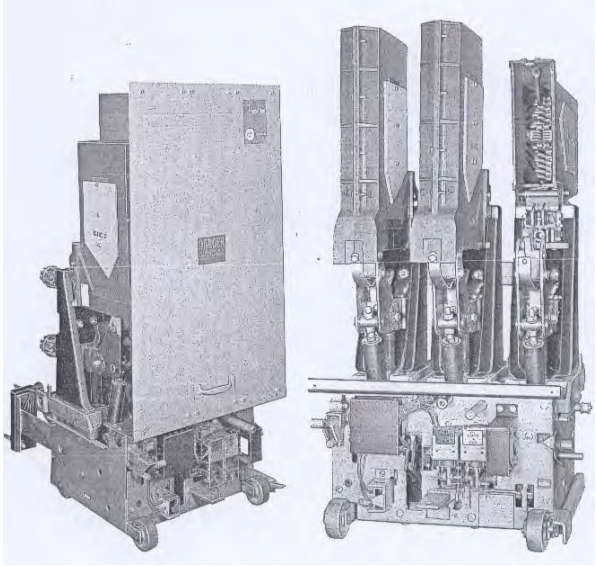
حامل الکترونها باشد . باید جدا شدن دو کنتاکت فلزی جریان دار بـه احتمـال قـوی بـدون ایجـاد جرقه انجام شود . زیرا کنتاکت های این نوع کلیدهای فشار قوی در خلاءِ از هم جدا می شوند .

بعلت فشار خیلی کم داخل کپسول کلید (در حدود 10^{-9} Bar) فاصله دو کنتاکت کلیـد خـلاءِ در حالت قطع برای فشار 30KV خیلی کم و حـدود 20 m/m اسـت و زمـان جرقـه از ۶ میلـی ثانیـه تجاوز نمی کند .

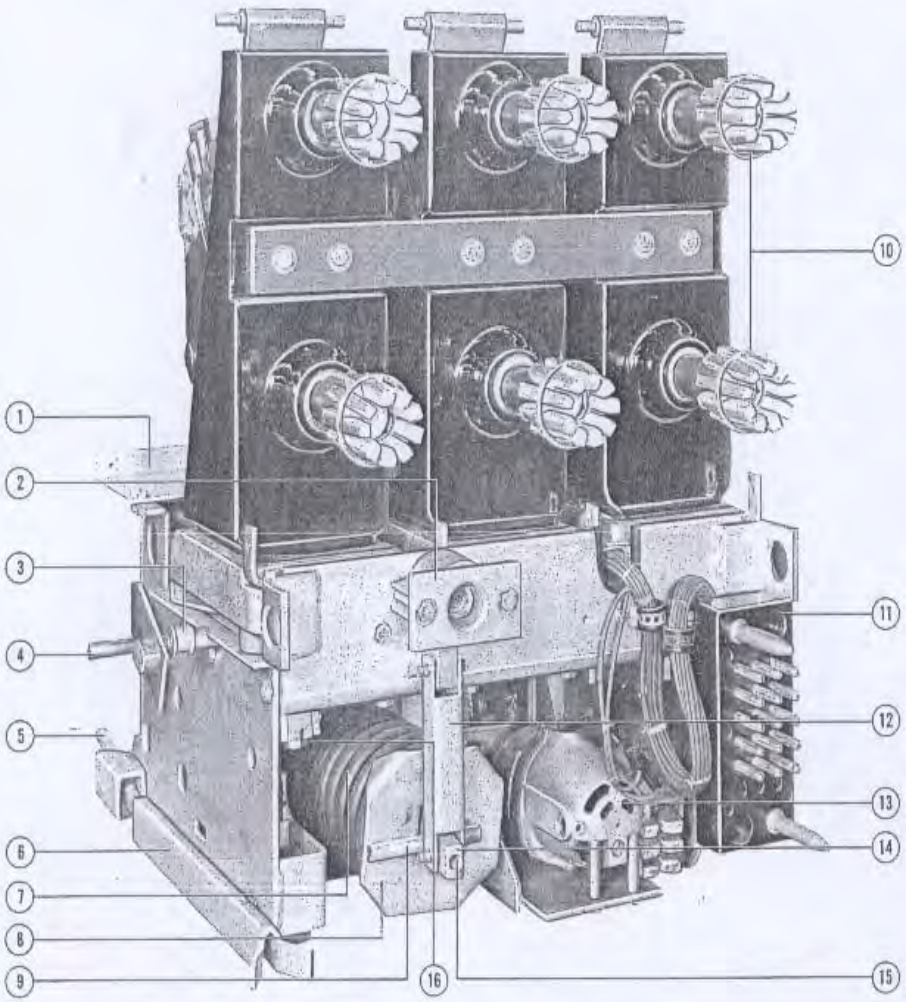
در ادامه این فصل تصاویری از یک نمونه کلید ٤٠٠٠ ولتـی از نـوع Vacum Circuit Breaker نشان داده شده است .



شکل ۳۹

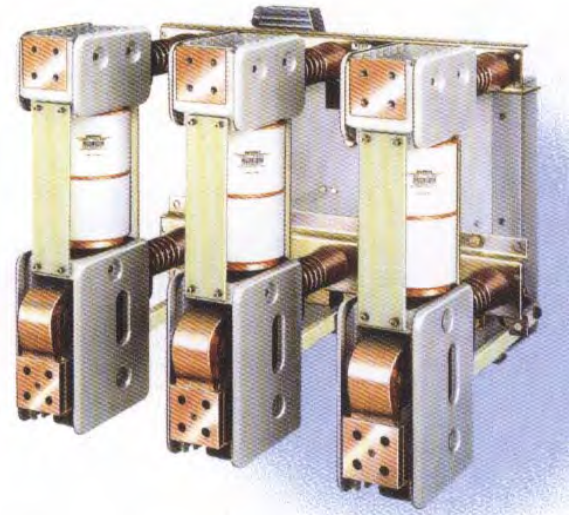


شکل ٤٠

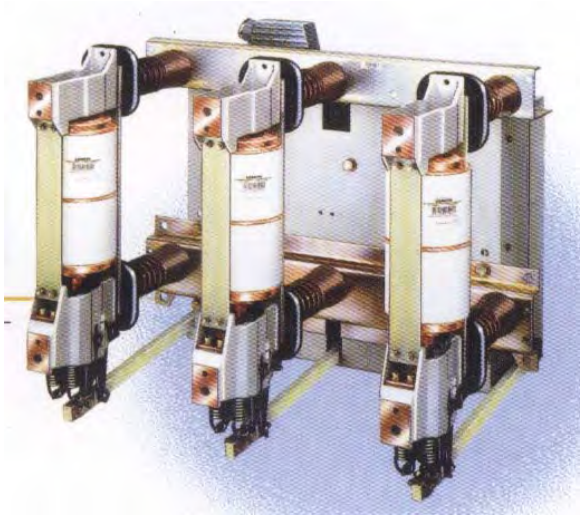


1. Barrier Mounting Plate
2. Levering Device Nut
3. Shutter Operating Roller
4. MOC Switch Operating Pin and Indicator Bracket
5. Rail Latch
6. Rail Guide
7. Closing Spring
8. Closing Spring Retainer Plate
9. Closing Spring Retainer Pin
10. Disconnecting Finger Clusters, 1200 Amp
11. Secondary Contact Block
12. Closing Spring Idler Link
13. Spring Charge Motor
14. Connecting Rod
15. .50-13 Tapped Hole
16. Puffer Piston Adjustment

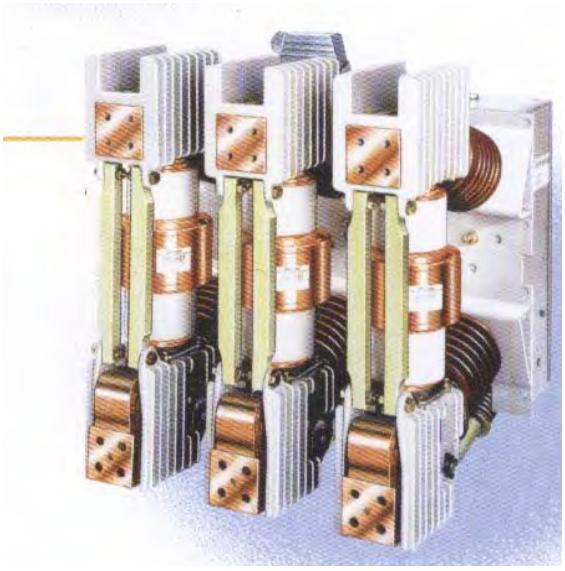
شکل ۴۱



شکل ۴۲

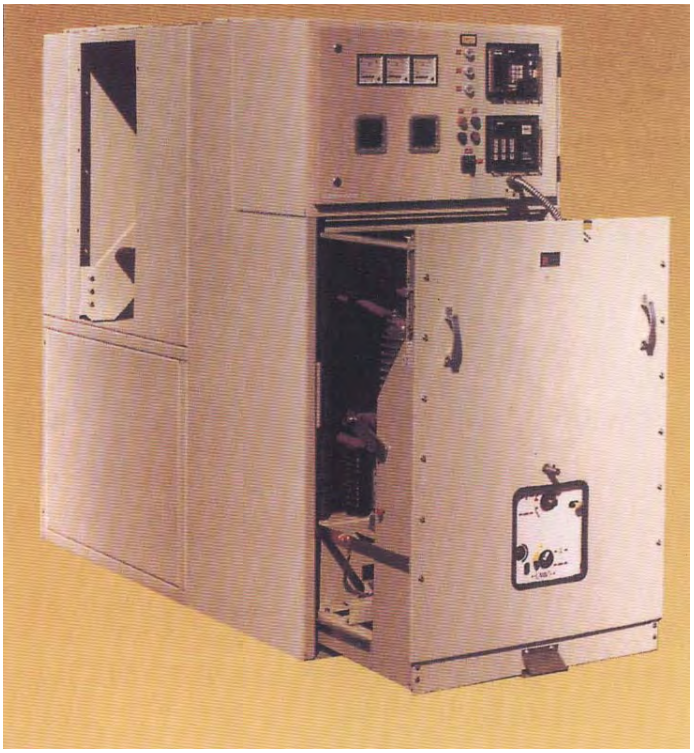


شکل ۴۳



شکل ۴۴

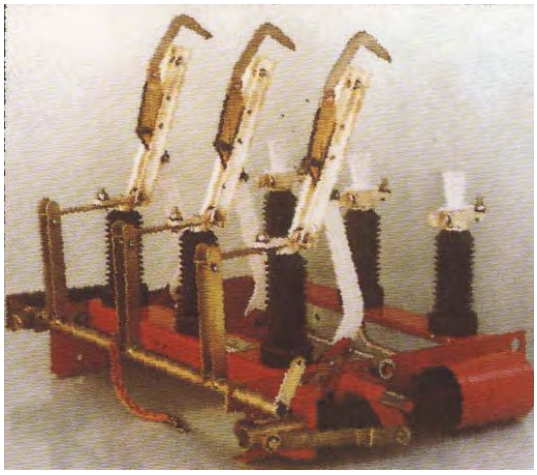
شکل ۴۵



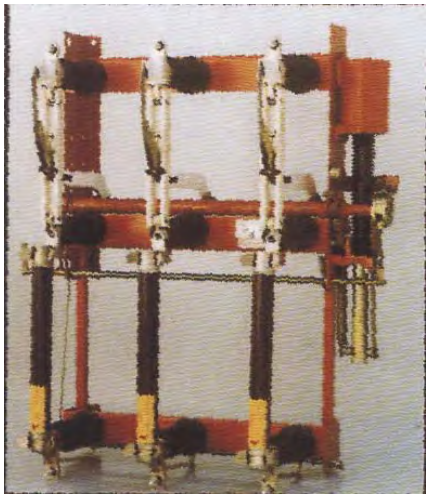
شکل ٤٦

شکل ٤٧

شکل ۴۸

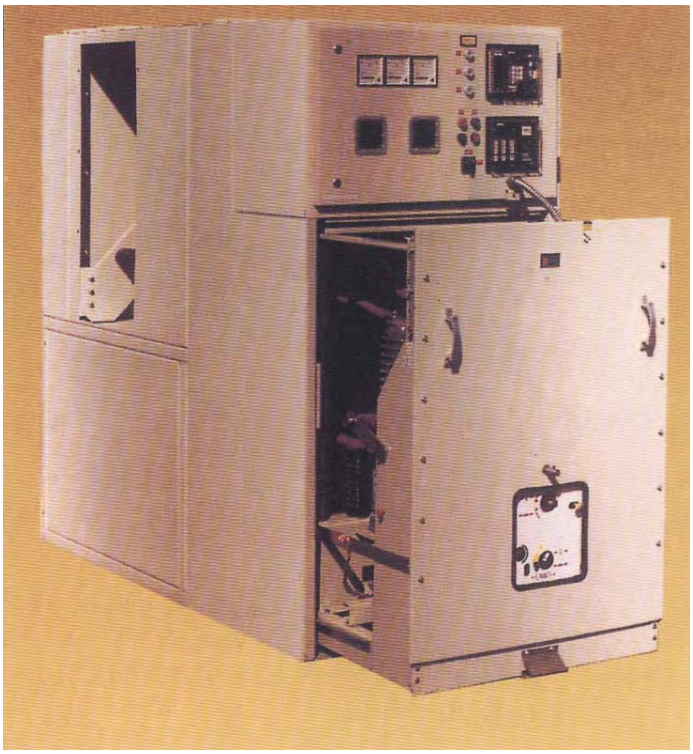


شکل ۴۹

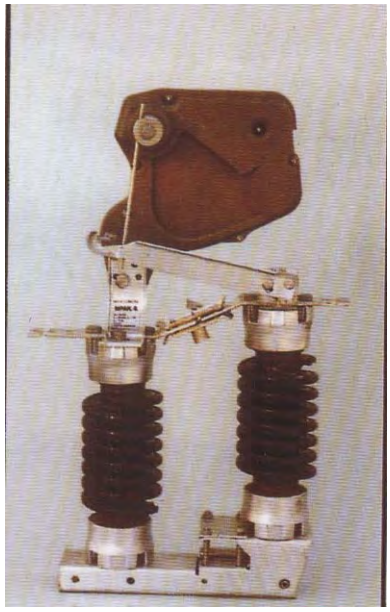


شکل ۵۰

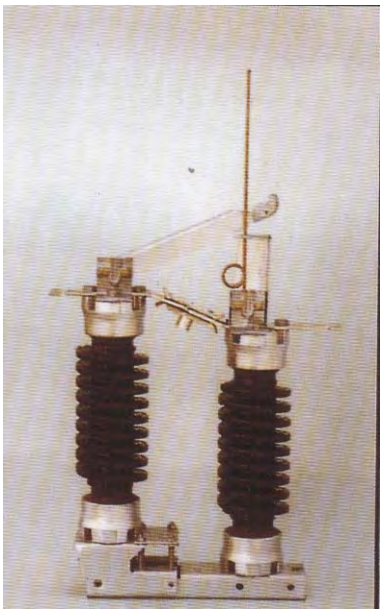
شکل ۵۱



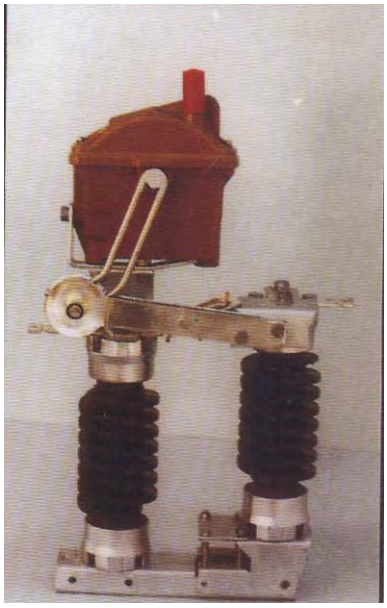
شکل ۵۲



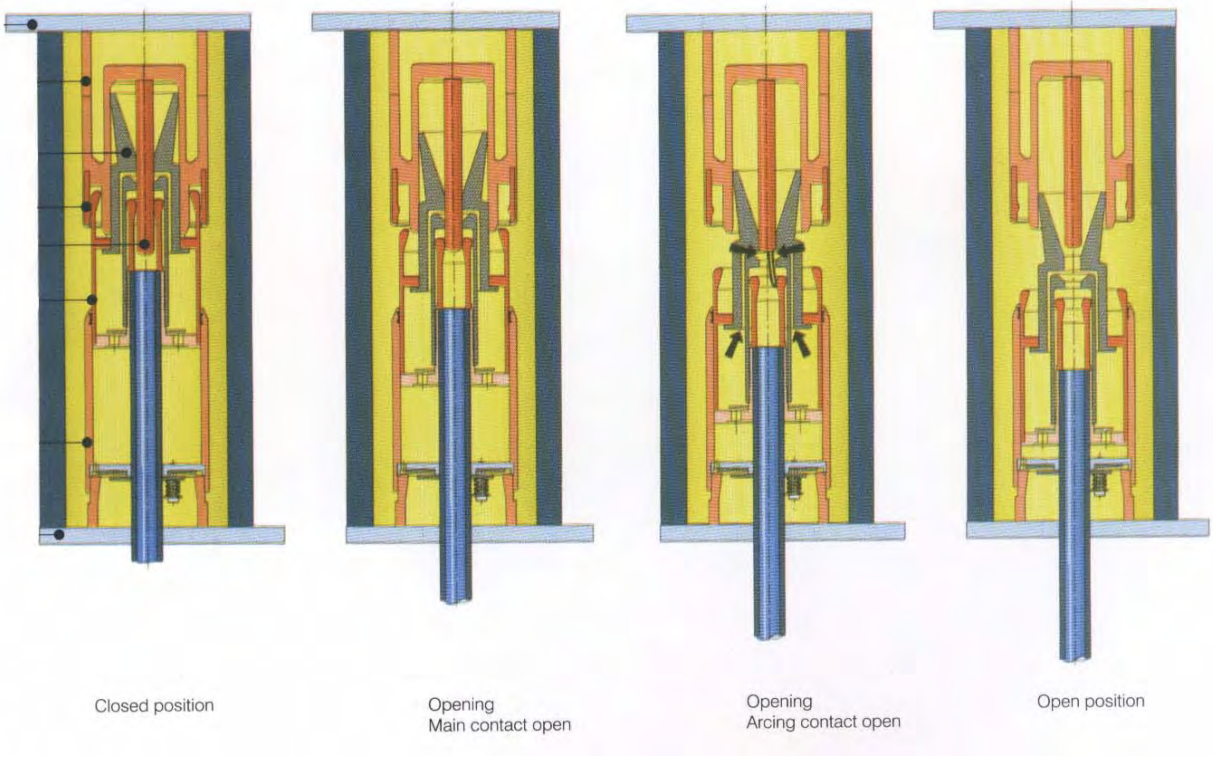
شکل ۵۳



شکل ٥٤



شکل ٥٥



شکل ٥٦

سؤالات فصل چهارم

۱)انواع کلیدهای فشار ضعیف از نوع دستی را نام ببرید .

۲)انواع کلیدهای فشار ضعیف از نوع خودکار (اتوماتیک) را نام ببرید .

۳)کلید محافظ فشار ضعیف را نام برده و ساختمان آن را تشریح نمایید .

٤)کلید خودکار فشار ضعیف ازنوع جریان زیاد و بار زیاد را تشریح نمایید .

۵)کلید فشار ضعیف مغناطیسی (کنتاکتور) را تشریح نمایید .

۶)سه نمونه از کلیدهای فشار قوی را نام ببرید .

۷)کلید فشارقوی نوع خلاءِ را تشریح نمایید .

۸)کلید فشارقوی نوع SF6 را تشریح نموده و مزیت استفاده ازگاز SF6 را بیان کنید .

۹)کلید فشار قوی از نوع روغنی را شرح دهید .

فصل پنجم

کابلها

اهداف آموزشی فصل پنجم

۱)آشنایی با انواع کابلهای فشار ضعیف

۲)آشنایی با استاندارد شناسایی انواع کابلهای فشار ضعیف

۳) آشنایی با ساختمان انواع کابلهای فشارقوی

٤) آشنایی با انواع اتصال کوتاه کابلها

۵) آشنایی با روشهای عیب یابی کابلها

۶) آشنایی با چگونگی روش عمق یابی کابلها

۷) آشنایی با چگونگی یافتن محل Joint کابل

کابلهای فشار ضعیف و فشار قوی

کابلهای موجود در صنایع عموماً به دو دسته کلی فشار قوی و فشارضعیف تقسیم بندی می شوند با توجه به ولتاژ کارکرد کابلهای فوق الذکر ، معمولاً کابلهایی که جهت مصرف در ولتاژهای تا ۱۰۰۰ ولت استفاده می شوند را کابلهای فشار ضعیف و کابلهایی که برای مصرف در ولتاژهای بالاتر از ۱۰۰۰ ولت طراحی و ساخته می شوند را کابلهای فشار قوی می نامند .

۵-۱) کابلهای فشار ضعیف

برای برق رسانی به نقاط مختلف از سیمها و کابلها استفاده می شود که در ساختمان آنها فلزات هادی جهت حمل جریان برق به نقاط مورد نظر و عایقهای مناسب به منظور جلوگیری از نشت جریان به نقاط دیگر به کار گرفته می شود .

یک هادی با روکش عایق ، سیم روکش دار یا سیم عایق دار نامیده می شود و در صورتیکه چند هادی عایق بندی شده در داخل یک غلاف مشترک قرار گیرند ، این مجموعه کابل نامیده میشود، در برق رسانی هوایی از سیمهای بدون روکش استفاده می شود که سیم لخت نامیده میشوند ، در این قسمت به شرح ساختمان سیمهای عایقدار و کابلها می پردازیم .

از بین فلزاتی که بعنوان هادی در ساختمان سیمها و کابلها مورد استفاده قرار می گیرند مس از همه معمولتر است و معمولاً از مس با درجه خلوص بالاتر از ۹۹/۵ درصد استفاده می شود تا از فعل و انفعالات شیمیایی ناخالصیها جلوگیری بعمل آید .

مس در درجه حرارت ۲۰ درجه سانتیگراد مقاومت مخصوصی برابر $۱/۷۲٤ \times ۱۰^{-۸}$ اهم بر متر در مقابل جریان مستقیم از خود نشان می دهد ، علاوه بر داشتن مقاومت الکتریکی کم مس در مقابل اثرات جوی مقاوم است و دارای استحکام مکانیکی مطلوب است و به سهولت می توان آنرا به اشکال مختلف درآورد .

فلز دیگری که به این منظور استفاده می شود آلومینیوم است که مقاومت مخصوص آن ۱/۶۵ برابر مس است و وزن مخصوص آن سه برابر کمتر از مس است و قیمت آن نیز کمتر است ولیکن عوامل جوی مانند رطوبت برروی آن عوامل سوءِ نظیر خوردگی می گذارد و در اثر اکسیده شدن آن اکسید آلومینیوم که جسمی عایق است حاصل می شود و بدلیل استحکام مکانیکی و معایب فوق الذکر معمولاً جهت هادی ها از آلومینیوم کمتر استفاده می شود .

البته در سالهای اخیر برای رفع مشکلات ناشی از حساسیت آلومینیوم به عوامل جوی مانند رطوبت ، سیمهای آلومینیومی را به جدار نازکی از مس مجهز می کنند . این سیمها سیمهای آلومینیومی با جدار مس (Copperclad) نام دارند .

برای عایق کردن سیمها و کابلها از کاغذ ، کاغذ آغشته به روغن ، لاستیک طبیعی ، لاستیک مصنوعی و پلاستیک استفاده می شود .

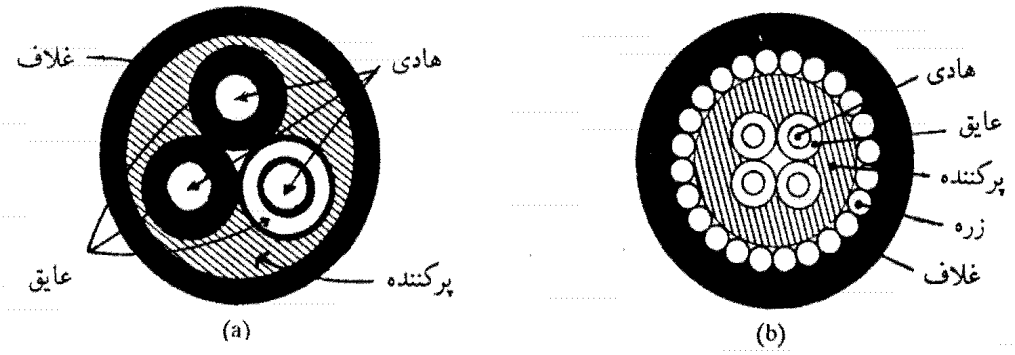
کاغذ اولین عایقی بود که مورد استفاده قرار گرفت و به علت خصوصیات بسیار خوبی که دارد امروزه نیز جزءِ لاینفک کابلهای فشار قوی می باشد ولی در فشار ضعیف به علت غیر اقتصادی بودن کمتر استفاده می شود .

لاستیک طبیعی و مصنوعی نیز در عایق بندی کابلها کمتر استفاده می شود زیرا لاستیک به سهولت می سوزد ، در نور آفتاب و گرما ترک می خورد و به سهولت رطوبت جذب می کند .

درسالهای اخیر پلاستیکهای متعددی جهت عایق بندی کابلها استفاده شده که اهم آنها کلروپلی وینیل (p.v.c) می باشد که دارای استحکام مکانیکی خوب و قابلیت انعطاف بوده و به سهولت نمی سوزد و رطوبت جذب نمی کند و لیکن بدلیل آنکه در درجه حرارت بالا نسبتاً کمی ذوب می شود معمولاً در حین کار می بایست درجه حرارت آن از ۷۰ درجه سانتیگراد تجاوز نکند .

کابلهای فشارضعیف (تا ۱۰۰۰ ولت) امروزه کلاً با استفاده از هادی مس و عایق PVC ساخته می شوند . در محلهایی که خطر ضربات مکانیکی کم باشد از کابل بدون زره و در محلهایی که خطر صدمات مکانیکی زیاد است از کابل دارای زره محافظ (آرمر) استفاده می شود .

درشکل (۵۷) برای نمونه مقاطع دو کابل زره دار و بدون زره نمایش داده شده است .



مقاطع دو کابل سه سیمه (a) بدون زره، (b) با زره محافظ

شکل ۵۷

به طوریکه در شکل مشخص است هر یک از هادی ها از عایق P.V.C پوشانده شده است ، در شکل هادی ها با مقطع دایره ای نشان داده شده ، لیکن در بسیاری موارد آنها را تقریباً به شکل قطاعی از دایره می سازند که رأس آن در مرکز کابل و قاعده آن به موازات سطح خارجی قرار می گیرد . هادیهای عایق بندی شده به هم تابیده میشوند و در صورتیکه مطابق شکل نمونه دایره شکل باشند با استفاده از پرکننده P.V.C شکل مجموعه را به صورت دایره در می آورند .

در صورتیکه هادیها قطاعی اختیار شده باشد مجموعه خود به خود تقریباً دایره شکل میگردد و در این صورت به جای پرکننده آنها را در نوار پلاستیک می پیچند .

در کابل بدون زره با کشیدن غلاف P.V.C به روی کابل کا رخاتمه می یابد لیکن در کابل دارای زره محافظ (آرمر) ، به منظور افزایش استحکام مکانیکی زرهی از سیم فولاد گالوانیزه به دور کابل تابیده می شود و سپس غلاف P.V.C روی آن کشیده می شود که غلاف علاوه بر ایجاد استحکام مکانیکی از نفوذ آب به داخل کابل و از اثرات فعل و انفعالهای شیمیایی برروی کابل جلوگیری می کند . در کابل با عایق کاغذی که نسبت به رطوبت بسیار حساس است از غلاف فلزی از جنس سرب یا آلومینیوم استفاده می شود .

در کابلهای چهارسیمی که در شبکه های توزیع سه فاز (سه فاز و نوترال) مورد استفاده قرار می گیرند نظر به اینکه جریان سیم نوترال معمولاً از جریان فازها خیلی کمتراست سیم نوترال را با مقطعی درحدود نصف مقطع سیم فازها در نظر می گیرند .

در استاندارد آلمانی که در ایران معمول شده است ساختمان کابلها با حروف الفباءِ مشخص می شود . در این روش حرف اول جنس هادی را مشخص می کند ، N علامت مس و NA علامت آلومینیوم است . حرف دوم عایق سیمها را مشخص می کند ، Y علامت پلاستیک و G علامت لاستیک و در صورتی که حرفی وجود نداشته باشد عایق کاغذی مورد نظر است .

قسمت بعد معین کننده نوع زره می باشد که B مشخص کننده سیمهای فولادی و GB معین کننده سیم فولاد گالوانیزه است ، بالاخره قسمت آخر جنس روپوش خارجی را مشخص می کند و در آن A معین کننده الیاف گیاهی (جوت) می باشد در زیر علائم چند کابل ولتاژ ضعیف ذکر گردیده است .

NYY : کابل با هادی مس ، عایق و غلاف پلاستیک

NAYY : کابل به هادی آلومینیوم ، عایق و غلاف پلاستیک

NGG : کابل با هادی مس ، عایق و غلاف لاستیک

NAGG : کابل با هادی آلومینیوم ، عایق و غلاف لاستیک

NYYGB : کابل با هادی مس ، عایق و غلاف پلاستیک و زره فولاد گالوانیزه .

۵-۲)کابلهای فشارقوی

کابلهای فشارقوی برای فشار الکتریکی از یک کیلو ولت تا ٤٠٠ کیلو ولت جریان متناوب طراحی و ساخته می شوند . چنانچه در آینده انتقال انرژی در محدودهٔ وسیعتری تحت فشار الکتریکی دائم انجام می گیرد ، بدون شک ساختمان کابلهایی برای فشار الکتریکی تا ۱۲۰۰ کیلو ولت مراحل پیشرفته تری را پشت سر خواهد گذاشت .

طراح و تهیه کابلهای فشارقوی تقریباً از سالهای ۱۸۸۰ آغاز گردید و کابلهای ابتدایی با عایق بندی توسط جوت وگوتا پرشا انجام میگرفت و آنگاه گام بعدی تکامل صنعت کابلهای فشارقوی برداشته شدکه با آن پوششی از لایه نازک سرب برروی کابل کشیده شده و درز آن تحت فشار بسته شد

ساختمان کابلهای ((کاغذ-روغن)) که در آن کاغذ کابل در روغن غوطه می خورد در ساختمان کابلهای فشارقوی تنها گامی تکاملی نبود بلکه نقطه عطفی بود که راهگشای ساختن سریع کابلهای فشارقوی شد .

استفاده از پوشش سربی (غلاف سربی) درکابلهای فشارقوی ((کاغذ-روغن)) آنرا از نفوذ رطوبت محفوظ نگاه می دارد و اجازه میدهد که کابلهای فشارقوی برای فشار الکتریکی بیشتر از ۳۰ کیلوولت ساخته شود . همراه با این پیشرفت های تکاملی در صنعت کابل ، ساختن کابلهای فشارقوی و جریان قوی از لاستیک نیز مرسوم شد . عایقبندی کابل بکمک لاستیک در حینی که از قابلیت خمش و نرمش خوبی برخوردار است در مقابل تخلیه ناقص الکتریکی یا تشکیل ازن (Ozon) سخت آسیب پذیر است . بنابراین در مقابل کابل ((کاغذ-روغن)) بسیار کم دوامتر خواهد بود کابلهای لاستیکی تا فشار الکتریکی ۳۰ کیلو ولت ساخته می شوند . تا سال ۱۹۱۰ کابلهای تهیه شده طبق استاندارد تا فشار الکتریکی ۱۰ کیلوولت بود ، در حالیکه در همین سالها فشار الکتریکی شبکه های هوایی تا حدود ۱۰۰کیلوولت ارتقاءِ یافته بود . افزایش ضخامت عایق نشان داد که تنها قادر نیست پاسخگوی فشارهای الکتریکی بزرگ باشد زیرا که افزایش بیش از حد ضخامت سبب سرعت بخشیدن به روند کهنگی و ضعف عایق کابل می شد .

در سالهای ۱۹۲۰ به بعد طی یک سلسله آزمایشات ثابت شد که وجود حبابهای گاز در داخل عایق و تخلیه الکتریکی برروی سطح کاغذ اثرات بسیار نامطلوبی باقی می گذاشت که در سالهای بعد با بهتر خشک کردن کاغذ و روغن و خلاءِ کردن آنها توانستند کابلهای ۳۵ کیلوولتی را تهیه کنند .

تحقیقات و آزمایشات زیادی تا سالهای ۱۹۲۵ در زمینه تهیه کابل برای فشار الکتریکی ۱۱۰ کیلوولت ادامه داشت و به علت وجود حبابهای گاز در داخل کاغذ و بین لایه های کاغذ سرب به نتیجه مطلوب نمی رسید تا از سالهای ۱۹۳۰ به بعد با تهیه کابلهای روغنی تهیه کابل ۱۱۰ کیلو ولت میسر گردید ، در چنین کابلهایی کاغذ کابل که از نوع کاغذ کابل ترانسفورماتور بود ، با

روغنی دارای غلظت کم آغشته شد و در داخل کابل ، کانالی برای جریان یافتن روغن تعبیه شد و در طول کابل درهر ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ متر محلی برای نصب ظروفی محتوی روغن در نظر گرفته شد که فشار داخلی کابل را ثابت نگاه می داشت و از این راه مانع باقی ماندن حبابهای گاز در داخل کابل می شد این فشار در حدود ۳ اتمسفر بود .

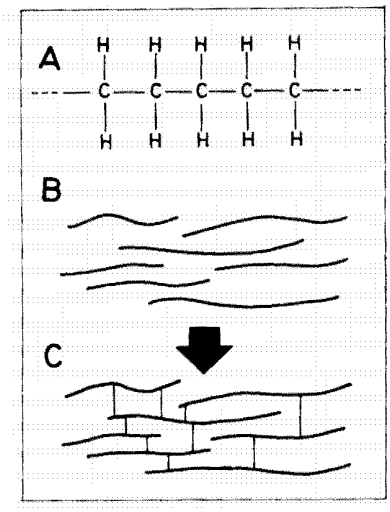
بکار بردن روغن با غلظت کم خود سبب مشکل شدن ساخت کابل ((کاغذ-روغن)) می شد درحالیکه مونتاژ و نصب کابل نیز مشکلتر خواهد بود .

از سال ۱۹۲۸ به بعد نیز تحقیقاتی در مورد بکارگرفتن گاز در عایقبندی کابلهای فشارقوی انجام گردید و نهایتاً تمامی عایق کابل فشارقوی ، تحت فشارگازی خنثی قرار گرفت و در سالهای ۱۹۳۰ تا ۱۹۳۲ نمونه هایی از کابلهای فشارقوی تحت فشار گاز ساخته شد بعلاوه کابلهایی با عایق کاغذ میشناسیم که در داخل لوله فولادی قرار میگیرندکه تحت فشارگاز و یا روغن واقع شده است .

در سی و پنج سال اخیر تاکنون با طرح و ساختمان کابلهای از عایق ترموپلاستیک بخش بزرگی از کابلهای فشارقوی(تا حد ۲۰کیلوولت) از نوع اخیر تهیه می شود و با تکامل مشخصه حرارتی و الکتریکی این عایقها ، چه در نوع پلی وینیل کلراید(P.V.C) و چه در نوع پلی اتیلن آن ، امید میرود که در آینده کابلهای ترموپلاستیک جایگزین قسمت مهمی از انواع کابلهای دیگر شود . با توجه به خواص بسیار خوب الکتریکی ماده پلی اتیلن اقداماتی جهت رفع نقص این ماده که نرم شدن و تغییر شکل آن در درجه حرارت بالا و خواص ضعیف مکانیکی آن بود صورت گرفت .

از سال ۱۹٤۸ این کوششها متمرکز به روی ولکانیزه کردن پلی اتیلن بود تا اینکه در حوالی سال ۱۹۶۰ ماده کراس لینک پلی اتیلن (XLPE) ساخته شد و موجب تحول عظیمی در صنعت کابلهای فشارقوی گردید .

در شکل (۵۸) مرحله A ساختمان مولکول پلی اتیلن را نشان می دهد ، مرحله B چگونگی قرارگیری مولکولها در داخل ماده را مشاهده می نمایید در این حالت چون مولکولها آزادی تحرک دارند لذا در درجه حرارتهای بالا ماده به راحتی تغییر شکل می دهد .



شکل ۵۸

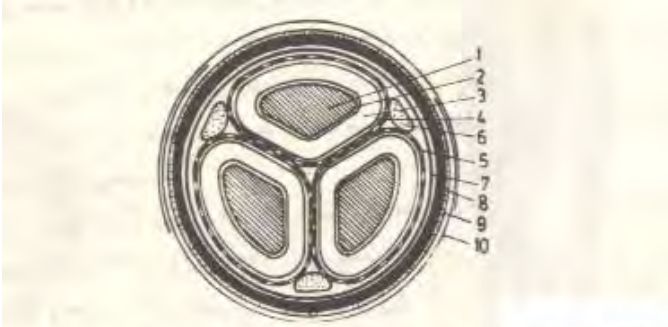
برای جلوگیری از این تحرک و افزایش خواص مکانیکی و حرارتی آن ، مولکولها را در عرض توسط باند شیمیایی به یکدیگر اتصال می دهند (کراس لینک کردن) ، این اتصال سه بعدی مولکولها را در داخل ماده تشکیل شبکه ای فشرده را میدهد (مرحله C) ماده ای را که به این طریقه ساخته می شود، کراس لینک پلی اتیلن می نامند که مخفف آنرا XLPE و یا PEX می نویسند .

ماده XLPE خاصیت ترموپلاستیسیته را از دست می دهد و بخصوص ماده را غیر قابل ذوب می سازد ماده XLPE دارای مقاومت حرارتی ، استقامت مکانیکی و خواص شیمیایی بهتر از پلی اتیلن است .

با توجه به مطالب ذکر شده در ادامه تصاویر چند نمونه از انواع کابلهای فشارقوی نشان داده شده است .

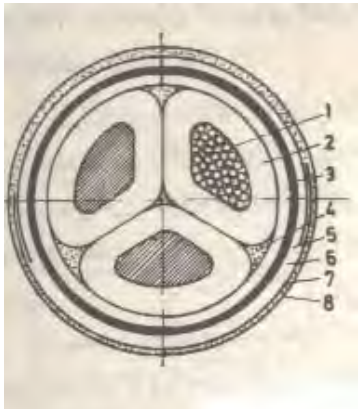
کابل ۴۰ کیلوولتی روغنی با کانال روغن درهادی.

شکل ۵۹



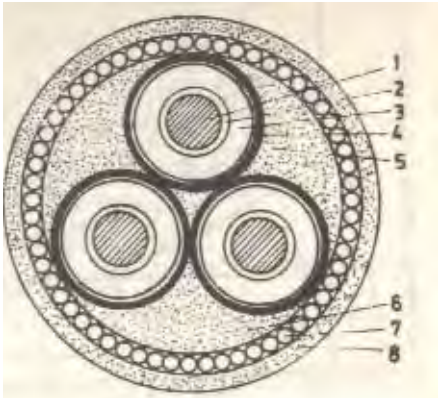
کابل قطاعی ۳۵ کیلوولتی که هرهادی دارای پوشش مسی است وهر سه رشته هادی دارای غلاف سربی مشترکی می‌باشند.
۱- هادی، ۲-کاغذ نیمه هادی، ۳- نوارکاغذ (کاغذ غوطه خورده درمایع عایق)، ۴-کاغذ نیمه‌هادی، ۵- پوشش مشبك مسی، ۶- عایق پرکننده فضای خالی، ۷- نوارفلزی، ۸-غلاف سربی، ۹-کاغذغوطه خورده درمایع عایق، ۱۰- نوارفولادی سفیدکاری شده

شکل ۶۰



کابل سه رشته قطاعی کمربندی ۱۰ کیلوولتی ۱-هادی‌قطاعی، ۲-عایق روی هادی(کاغذ غوطه خورده در عایق مایع) ۳- عایق مشترك (کاغذ غوطه خورده در عایق مایع) ۴- عایقهای پرکننده فضای خالی، ۵- غلاف‌سربی، ۶-کاغذ والیاف غوطه خورده‌درعایق‌مایع،۷-تسمه به‌عنوان باندپیچیده شده دورکابل (باند فولادی سفید شده به قطر ۰/۸ میلیمتر) ۸- پوشش عایقی خارجی

شکل ۶۱



کابل سه‌رشته سه‌غلافی (کابل زیرآب) ۱-هادی باسطح‌مقطع گرد، ۲-کاغذ نیمه هادی، ۳-عایق‌دورهادی، ۴-کاغذ نیمه هادی، ۵-غلاف‌سربی، ۶-عایق‌پرکننده فضای خالی ۷-سیمهای فولادی سفید شده با روی، ۸- پوشش‌خارجی‌الیافی

شکل ۶۲

کابل ۴۰کیلوولتی روغنی با لوله‌های ویژه روغن‌که درفضای خالی زیرعایق کابل تعبیه‌شده است.

شکل ۶۳

کابل ۶۶کیلوولتی پهن بانوار برنزی خارجی ۱ تا ۳ نوارکاغذی، ۴- پوشش‌سربی، ۵- پوشش هادی شده، ۶- نوار برنزی ۷- نوار برنزی اکوردئونی، ۸- سیمهای‌برنزی برای‌باندپیچ‌کابل

شکل ۶۵

قطعه‌کابل‌گازی ۱۱۰کیلوولتی تحت فشارخارجی

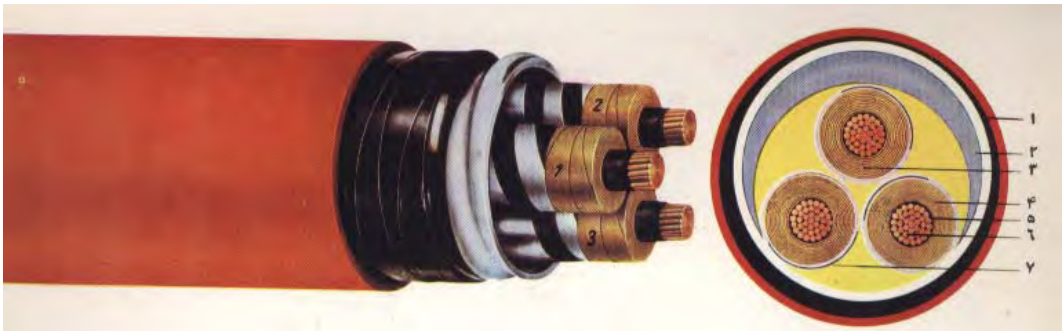
شکل ٦٦

کابل روغنی ۵۰ تا ۳۸۰کیلوولتی روغنی
۱- پوشش حفاظتی بـا غلاف ترموپلاستیک، ۲- نوارفلزی، ۳- غلاف سربی، ۴- نوار آلومینیومی، ۵- عایق‌کاغذی، ۶-کاغذ نیمه هادی، ۷- لوله هادی مسی، ۸-کانال روغن

شکل٦٧

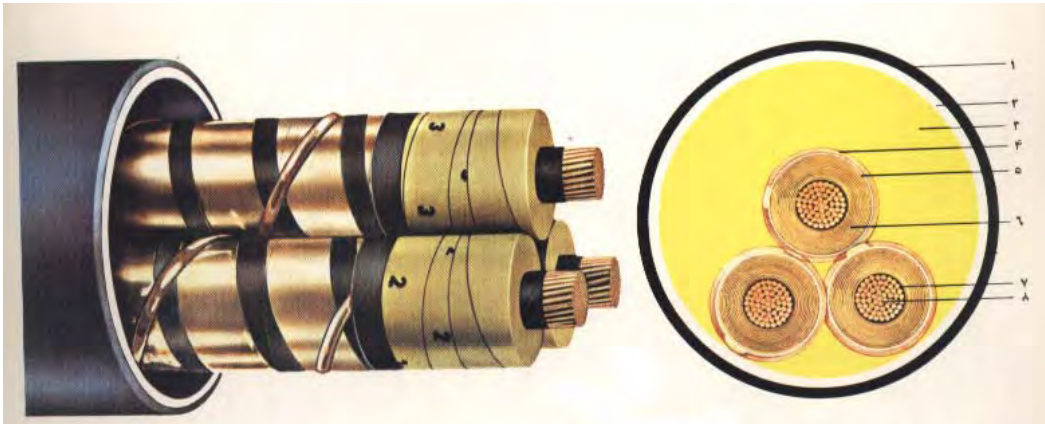
کابل روغنی سه رشته قطاعی ۵۰ تا ۶۶کیلوولتی
۱- پوشش حفاظتی باغلاف ترموپلاستیك، ۲- پوشش فولادی، ۳- نوار فلزی، ۴- غلاف سربی، ۵-نوارآلومینیومی وکاغذ، ۶-نوارکاغذی، ۷-کاغذنیمه‌هادی، ۸- هادی، ۹-روغن

شکل ۶۸



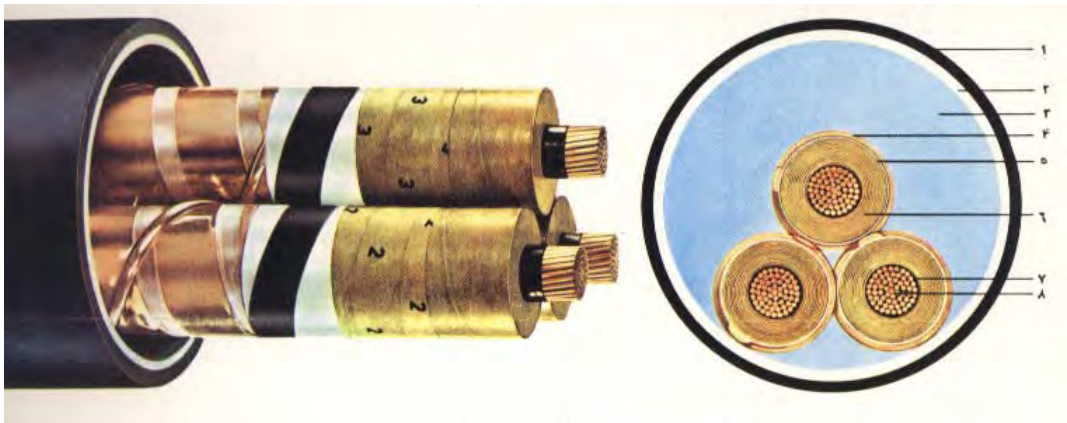
کابل روغنی سه رشته‌گرد ۳۰ تا ۶۶کیلوولتی
۱- پوشش حفاظتی باغلاف ترموپلاستیك، ۲- غلاف‌آلومینیومی، ۳-نوارآلومینیوم وکاغذ
۴- عایق‌کاغذ، ۵-کاغذ نیمه هادی، ۶- هادی، ۷- روغن

شکل ۶۹



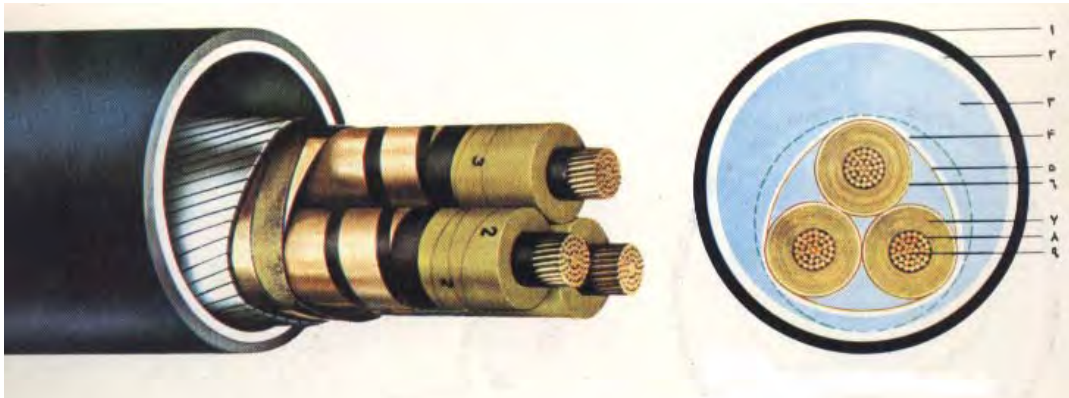
کابل روغنی ۱۱۰ تا ۳۳۰کیلوولتی
۱- غلاف حفاظتی پلی اتیلن، ۲- لوله فولادی، ۳- روغن، ۴- سیم فلزی (مس)، ۵- نوار مسی وکاغذ نیمه هادی، ۶- عایق‌کاغذ، ۷-کاغذ نیمه هادی(گرافیتی)، ۸- هادی مسی یا آلومینیومی

شکل ۷۰



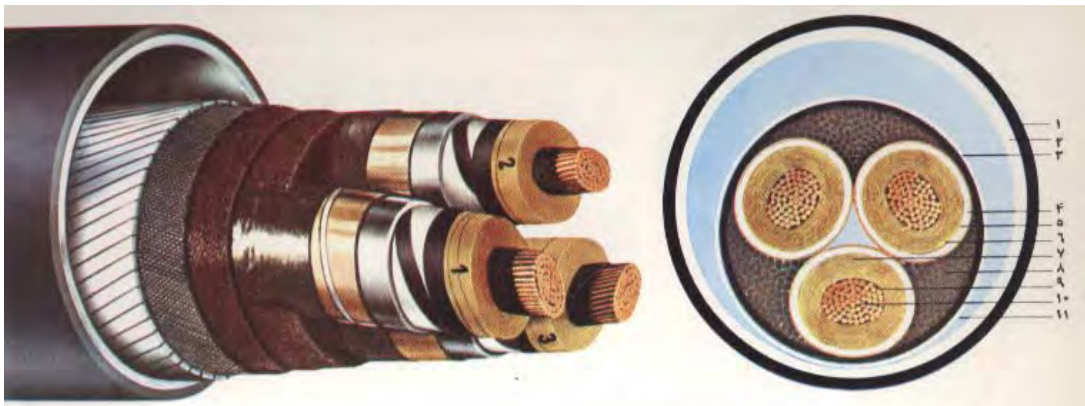
کابل ۱۱۰ کیلوولتی تحت فشار گاز
۱- پوشش خارجی از پلی‌اتیلن، ۲- لوله فولادی، ۳- گاز ازت، ۴- سیم مسی حفاظتی
۵- نوار مسی و کاغذ نیمه هادی، ۶- عایق کاغذ، ۷- کاغذ نیمه هادی، ۸- هادی از مس یا آلومینیوم.

شکل ۷۱



کابل ۱۱۰ کیلوولتی تحت فشار گاز
۱- پوشش خارجی از پلی‌اتیلن، ۲- لوله فولادی، ۳- گاز ازت، ۴- غلاف فولادی، ۵- نوارمسی، ۶- نوارمسی و کاغذ نیمه‌هادی، ۷- کاغذ عایق، ۸- کاغذ نیمه هادی، ۹- هادی مسی یا آلومینیومی.

شکل ۷۲

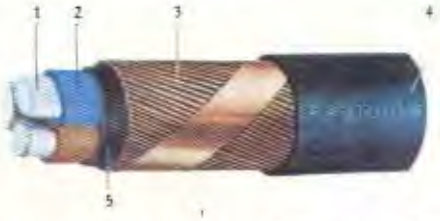


کابل ۱۱۰ کیلوولتی گازی تحت فشار خارجی
۱- پوشش خارجی از پلی‌اتیلن، ۲- لوله فولادی، ۳- غلاف فولادی، ۴- نوارمسی و غلاف نازک عایقی، ۵- غلاف سربی، ۶- نوار آلومینیومی، ۷- عایق کاغذی، ۸- عایق پرکننده فضای خالی، ۹- کاغذ نیمه هادی، ۱۰- هادی، ۱۱- گاز ازت.

شکل ۷۳

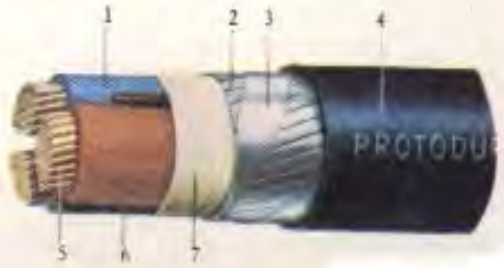
کابل چهاررشته مسی افشان با پوشش داخلی وخارجی ازمواد ترموپلاستیک
۱- عایق ترموپلاستیک، ۲- پوشش مشترک PVC، ۳- هادی مسی، ۴- باند مشترک

شکل ۷٤



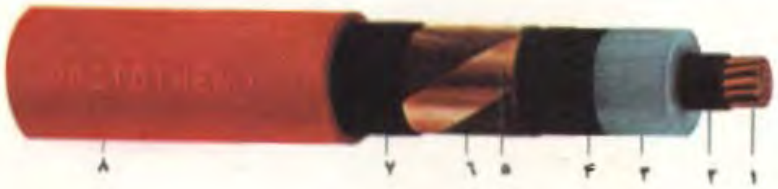
کابل سه رشته آلومینیومی با غلاف مسی و نوار دورآن
۱-هادی آلومینیومی، ۲- عایق پلی وینیل کلرید، ۳-پوشش حفاظی مسی، ۴-پوشش PVC، ۵- عایق پرکننده فضای خالی دور رشته‌ها

شکل ۷۵



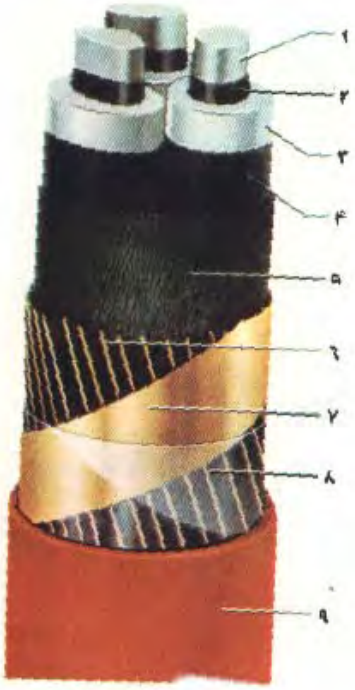
کابل سه رشته مسی افشان باغلاف فولادی وپوشش خارجی ترموپلاستیک
۱- عایق PVC، ۲- پوشش فولادی، ۳- نوار فلزی، ۴- غلاف PVC، ۵- هادی مسی، ۶- نوار عایقی پرکننده فضای خالی، ۷- نوارمشترک

شکل ۷٦



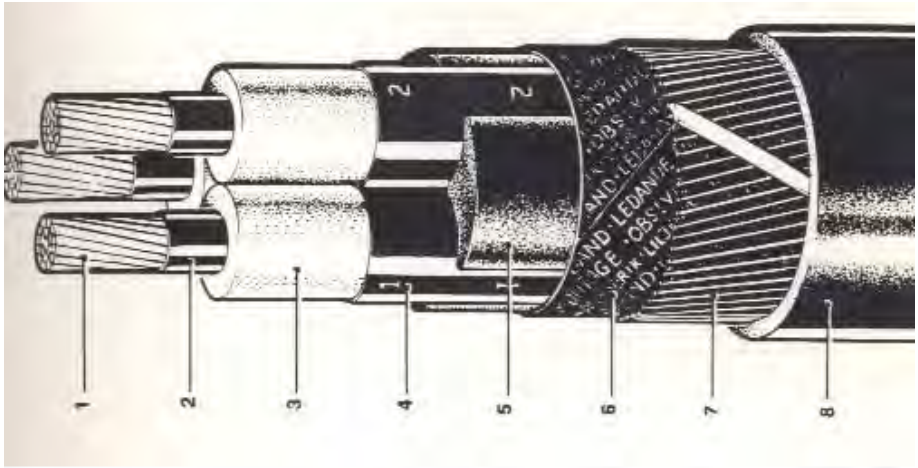
ساختمان کابل ۲۰ و ۳۰ کیلوولت گراس لینک پلی اتیلن
۱- هادی، ۲- نیمه هادی داخلی، ۳- عایق گراس لینک پلی اتیلن، ۴- نیمه هادی خارجی، ۵- نوار گرافیتی، ۶- زره مسی، ۷- نوار، ۸- غلاف خارجی از پی وی سی

شکل ۷۷



کابل سه رشته ۵/۸/۱۰ kV با هادی قطاعی و عایق پلی اتیلن
۱- هادی آلومینیومی یا مسی، ۲- لایه هادی داخلی، ۳- عایق مرکب تهیه شده برمبنای پلی اتیلن، ۴- لایه هادی خارجی، ۵- پوشش مشترک خارجی، ۶- پوشش فلزی از سیمهای مسی، ۷- نوار مسی، ۸- لایه نازک عایق، ۹- پوشش خارجی از پلی وینیل کلرید

شکل ۷۸



کابل ۲۰ کیلوولت ۳ رشته با مقطع ۱۲۰ میلیمتر مربع
۱- هادی گرد پرس شده، ۲- نیمه هادی داخلی، ۳- عایق کراس لینک پلی اتیلن، ۴- نیمه هادی خارجی، ۵- پرکننده، ۶- نوار، ۷- زره مسی، ۸- غلاف

شکل ۷۹

۵-۳) تعریف اتصالی کابل و انواع TYPE OF FAULT

برحسب تعریف هر گونه نقص ، ضعف ، بریدگی و یا تناقض و ناهمگنی بین فازها Cores که کارایی کابل را تحت الشعاع قرار دهد با لفظ اتصالی و یا عیب نامیده می شود . عیوب کابل می تواند در اثر عوامل مختلف و به اشکال متفاوت ، در زمانهای گوناگون روی کابل حادث شود که در ذیل به برخی موارد آن اشاره شده است .

۵-۴) علل بروز اتصالی روی کابل

عیوب بوجود آمده روی کابل را می توان به سه دسته مختلف تقسیم بندی کرد :

۵-٤-۱) عیوب مربوط به تولید و نگهداری در انبار

۵-٤-۲) عیوب مربوط به زمان کابل کشی

۵-٤-۳) عیوب مربوط به زمان بهره برداری

۵-۴-۱) عیوب مربوط به تولید و نگهداری در انبار

عیوب مربوط به تولید و نگهداری در انبار ، همانطوریکه از نام آن پیدا است در زمان تولید اتفاق می افتد . یعنی به رغم تمامی کنترلهایی که انجام میشود ممکن است بعلت نقص یکی از ماشین آلات تولید کننده کابل ، نقایصی روی آن بروز کنند ، البته درصد این عیوب نسبت به سایر عیوب دیگر بسیار ناچیز است . در زمان حمل و نقل و نگهداری کابل در انبار شدت آسیبهای وارده به کابل بیش از زمان تولید است که در این زمینه می توان به پرت شدن قرقره کابل از روی ماشین نگهداری کابل در زیر نور مستقیم خورشید ، قراردادن کابل در محیطهای روباز و در زیر برف و باران ، آزاد رها کردن سرکابل پس از بریدن مقداری از کابل به خصوص کابلهای روغنی و نظایر آنها اشاره کرد .

۵-۴-۲) عیوب مربوط به کابل کشی

عیوب مربوط به کابل کشی بیشتر در اثر عدم رعایت قوانین مدون کابل کشی روی کابل حادث میشود و مسئول مستقیم آن مجری طرح است عیوب این مرحله می تواند در اثر موارد زیر بوجود آید .

- قرار گرفتن کابل در عمق نامناسب
- کمبود رطوبت نسبی زمین
- شیب بیش از اندازه کابل (به خصوص در کابلهای روغنی)
- خم های خارج از استاندارد در محل پیچش کابل

- قرار گرفتن مستقیم کابل کنار جوی آب
- عدم استفاده از ماسه نرم (ماسه بادی) در زیر و روی کابل
- عدم استفاده از ماشین وینچ ، خرک ، جوراب کابل کشی و لوازم مربوط به کابل کشی در زمان قرار دادن کابل در زیر خاک
- عدم رعایت فواصل کابلها از یکدیگر
- نصب خارج از استاندارد اتصالات مربوط به کابل
- فشار وارده به یک ناحیه از کابل در اثر عبور وسایل نقلیه سنگین

همانطوری که مشاهده می شود در این مرحله آسیب پذیری کابل بیش از زمان تولید است و هر یک ا زموارد یاد شده به تنهایی می تواند کابل را دچار عیب کند و از عمر مفید آن در زمان بهره برداری بکاهد . از این رو لازم است عملیات کابل کشی که تأمین کننده سلامت اولیه کابل است در سطح استاندارد اجراءِ شود .

۵-۴-۳) عیوب مربوط به زمان بهره برداری

- عبور جریان اضافی از کابل
- فشار وارده به یک نقطه از کابل و تغییر حالت فیزیکی عایق
- عبور ولتاژ بیش از تحمل عایق کابل
- نفوذ مستقیم رطوبت به داخل کابل
- برخورد اشیای مکانیکی با کابل
- تخریب پوسته کابل به وسیله موش یا موجودات دیگر
- اصلاح تخریب کننده موجود در خاک

البته عوامل دیگری نیز وجود دارد که می تواند سبب اتصالی کابل شود اما چون هدف ما شناخت شیوه های یافتن محل اتصال است ضرورتی در ذکر آنها در این جا احساس نمی شود .

۵-۵) گروه اتصالی ها

۵-۵-۱) اتصالی سری SERIES FAULT

بر حسب تعریف به اتصالی به وجود آمده روی یک یا چند فاز که هیچ گونه ارتباطی با هم برقرار نکرده اند ، عیب سری می گویند . معروفترین نوع اتصال سری بریدگی فازها یا Break نام دارد

R _____RF_____
S_____
T_____

شکل ۸۰

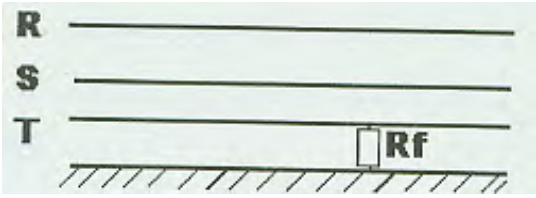
توجه : حروف RF مخفف کلمه Resistance Of Fault یا مقاومت نقطه اتصال است به گونه ای که در شکل (۸۰) مشاهده می شود یک فاز کابل قطع شده است و هیچگونه تماسی با دیگر هادیها و پوسته کابل برقرار نشده است .

۵-۵-۲) اتصالی نوع موازی PARALEL FAUL

به طور کلی به هر نوع عیبی که بین فازها یا فاز با پوسته کابل Sheath اتفاق می افتد اتصال نوع موازی می گویند . عیوب موازی روی کابل اشکال متفاوتی دارند که مرسومترین آنها به قرار زیر است :

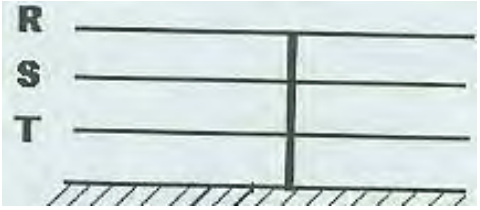
- اتصالی فاز با فاز (شکل ۸۱)
- اتصالی فاز با شیلد (پوسته) (شکل۸۲)
- اتصالی فاز با پوسته و خاک (شکل ۸۳)
- اتصالی فازها با هم و با پوسته (شکل۸٤)
- اتصالی فازها با هم و با پوسته و خاک (شکل۸۵)

شکل ۸۱



شکل ۸۲

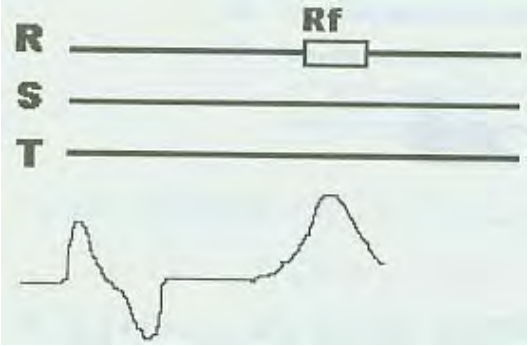
شکل ۸۳



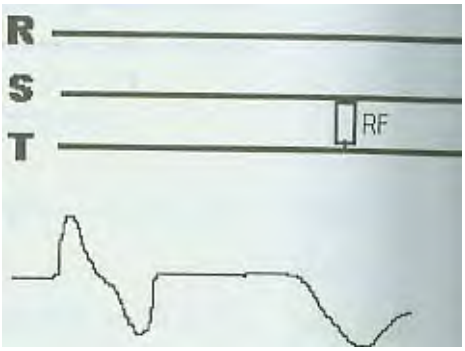
شکل ۸٤

شکل ۸۵

توجه داشته باشید علت اصلی طبقه بندی اتصالی به دو صورت سری و موازی در انتظارات شکل رفلکس مثبت و منفی موج حاصل از آنها روی دستگاه رفلکس امواج LMG است لازم به توضیح است که همواره شکل موج مربوط به نقطه اتصال سری ، رفلکس مثبت (شکل ۸۶) و اتصال موازی رفلکس منفی (شکل ۸۷) خواهد بود .



شکل ۸٦



شکل۸۷

۵-۵-۳) گروه اتصال کوتاه SHORT CIRCUIT

در فرآیند عیب یابی به اتصالهایی که مقدار مقاومت اهمی آنها در حد فاصل صفر تا ۱۰ اهم قرار دارد اتصال کوتاه گفته می شود . جهت پیدا کردن محل اتصالی آنها شیوه ها و روشهای

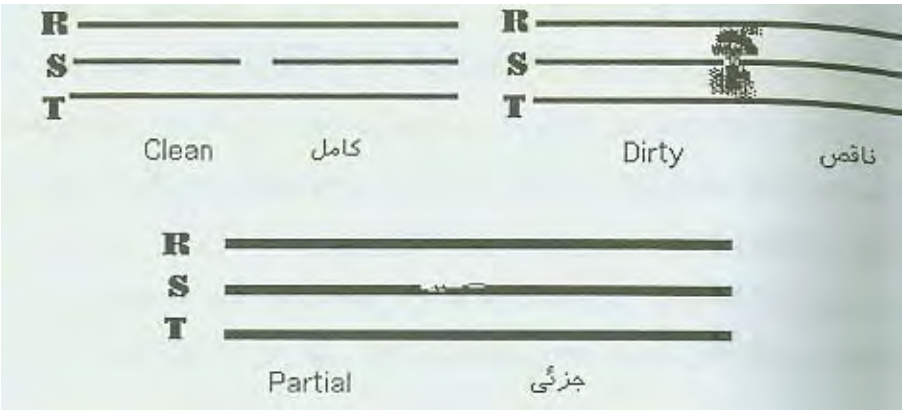
مختلفی وجود دارد . عمل اتصال کوتاه در روی کابلها می تواند بین دو فاز ، فاز با پوسته کابل ، فاز با پوسته و خاک اتفاق افتد . اگر اتصال کوتاه صرفاً بین پوسته و خاک روی دهد عیب یابی آن تحت عنوان عیب یابی پوسته کابل نام گذاری می شود .

SHEATH FAULT LOCATION

روش پیدا کردن این گونه اتصالیها با روش های معمول در عیب یابی کابل تفاوت دارد .

۵-۵-۴) گروه اتصالی های بریدگی BREAK

عمل بریدگی می تواند تنها روی یک فاز و یا در روی تمامی فازها واقع شود . مرسوم ترین بریدگیهای مربوط به کابل اکثراً در داخل مفصل ها اتفاق می افتد و کمتر دیده شده این عمل در وسط کابل روی دهد و هیچگونه تماسی با هادی های دیگر و پوسته کابل را برقدار نسازد .
بریدگی می تواند به شکل کامل Clean Break و یا به صورت جزیی Partial Break و یا به صورت بریدگی ناقص Dirty Break در روی کابل اتفاق افتد . (شکل ۸۸)



شکل ۸۸

در بریدگی کامل فاز کاملاً قطع میشود و هیچگونه تماسی با هادی های دیگر ندارد اما در بریدگی ناقص قوس حاصل از آرک الکتریکی سبب می شود بوسیله پل مقاومتی کربنی به وجود آمده از تجزیه عایق فاز ، فاز بریده با هادی های دیگر ارتباط برقرار کنند . در بریدگی جزیی به بخشی از هادی کابل صدمه وارد می شود که مقدار آن تنها با عمل اندازه گیری مقاومتی با فاز سالم تعیین می گردد .

۵-۵-۵) گروه اتصالی های کم مقاومت LOW RESISTANCE FAULT

در عملیات عیب یابی به اتصالی هایی که مقاومت اهمی آنها کمتر از ۱۰ برابر امپدانس کابل باشد (RF>10Z) اتصالی کم مقاومت گفته می شود .

این گروه از اتصالی ها تقریباً بین ۶۰ تا ۷۰ درصد اتصالیهای کابل های شبکه توزیع را تشکیل می دهند ، و تقریباً عملیات یافتن محل عیب آنها یکسان است و اکثر عیب یابها به راحتی می توانند محل این گونه اتصالیها را پیدا کنند .

۵-۵-۶) گروه اتصالی های مقاومت بالا HIGH RESISTANCE FAULT

اگر در عمل اندازه گیری مقاومت نقطه اتصال بیش از ۱۰ برابر امپدانس کابل باشد در آن صورت این گونه اتصالی ها در این گروه قرار می گیرند (RF>10Z) .

عیب یابی محل این گونه اتصالی ها اکثراً با روشهای بهره برداری ترکیبی از دستگاههای عیب یاب امکان پذیر است و انجام آن با روشهای متداول مشکل و در بعضی موارد غیرممکن است .

۵-۵-۷) اتصالی های لحظه ای FLASHING FAULT

اگر مقاومت نقطه اتصال صدها برابر امپدانس کابل باشد (RF>100Z) به آن اتصالی های لحظه ای می گویند این گونه عیوب در ولتاژهای معمولی بروز نمی کند اما به محض افزایش ولتاژ خود را نشان می دهند . تجربه نشان داده شده است که در کابلهای فشار ضعیف اتصالیهای لجظه ای هرگز بروز نمی کند اما در کابلهای فشار متوسط و فشار قوی پدیده اتصالی لحظه ای بسیار زیاد است . مهمترین مسئله در عیب یابی این گونه عیوب زمانی است که عیب یاب به محل مراجعه می نماید و پس از آزمایش کابل با ولتاژ تعریف شده هیچ گونه آثاری از عیب مشاهده نمی کنند اما پس از برقراری جریان بلافاصله یا در یک دوره مشخص دوباره کابل قطع می شود .

۵-۵-۸) گروه اتصالی های مربوط به پوسته کابل SHEATH FAULT LOCATION

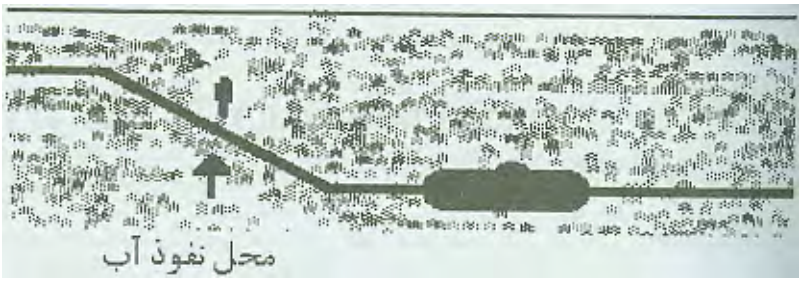
پوسته کابل در واقع کار حفاظت فازها را در مقابل رطوبت بعهده دارد و اولین لایه آسیب پذیر است و اهمیتی خاصی دارد . در کابلهای فشارقوی پوسته محافظ روغن و یا گاز در حال عبور از کابل می باشد و سوراخ شدن آن سبب نشت مواد ازکابل خواهد شد .

در کابلهای فشارقوی بعلت اهمیت حجم جریان قابل انتقال و قیمت تمام شده بالا ، سوراخ شدن پوسته با آلارم های مختلف همراه است که به محض وقوع ، عملیات عیب یابی آن آغاز می شود اما در کابل های فشار متوسط و ضعیف این امکانات وجود ندارد و ممکن است صدها نقطه پوسته در اثر رطوبت سوراخ شده باشد و تا کامل نشدن اتصالی ، کسی متوجه آن نشود .

۵-۵-۹) اتصالی در اثر رطوبت INGRESS OF MOISTURE

بعضی از افراد عیب یاب اتصالهایی که در اثر رطوبت در کابل بوجود می آید را با این عنوان می شناسند . تجربه نشان داده که به طور معمول محل نفوذ رطوبت و آب در کابل همواره دورتر از محلی بوده که عیب در آن جا رویت شده است .

به طور مثال در مسیرهای شیب دار که اتصالی در داخل مفصل پیدا شده ، عامل (سوراخ) تجمع آب در مفصل چندین متر دورتر از خود مفصل بوده است . (شکل۸۹)



شکل ۸۹

۵-۵-۱۰) اتصالی های ناپایدار TRANSITORY FAULT

همانطوری که از نام این اتصالی ها مشخص است این گونه عیوب معمولاً ناپایدار بوده ، با از بین رفتن عامل اتصال از روی شبکه محو می شوند .

اتصالی های ناپایدار به نام اتصالی طوفان نیز شهرت دارند که با نزدیک شدن میدانها خطوط به یکدیگر حادث می شوند و بعد از اتمام طوفان از بین می روند . در تعیین محل عیب این گونه عیوب می توان از منحنی زمان سوختن فیوز استمداد گرفت اما هرگز ثابت نشده که این عیوب پایدار بمانند .

۵-۵-۱۱) اتصالی های تخلیه جزیی PARTIAL DISCHARGE FAULT

این گونه اتصالی ها معمولاً در شبکه فشار متوسط و فشارقوی بروز می کند و محل آنها نقاطی است که عایق کابل تا حدودی صدمه دیده است . عمل تخلیه جزیی معمولاً در دوره های مشخص به وقوع می پیوندد و آن قدر تکرار می شود تا به صورت یک فرایند کامل درآید . این پدیده در کابلهای PE و XLPE به خاطر استفاده از بخار آب و هیدروژن که بنام پدیده آب درختی یا WATER TREE مشهور است بیشتر مشاهده می شود .

۵-۵-۱۲) اتصالی های در اثر فشار بار COROSS TALK FAULT

این عیب در کابلهای مخابراتی روی می دهد و هیچگاه در کابلهای برق دیده نشده است علت پیدایش این عیب در کابلهای مخابراتی شدت ترافیک مکالمات و یا ارسال اطلاعات بیش از حد از طریق کابل است .

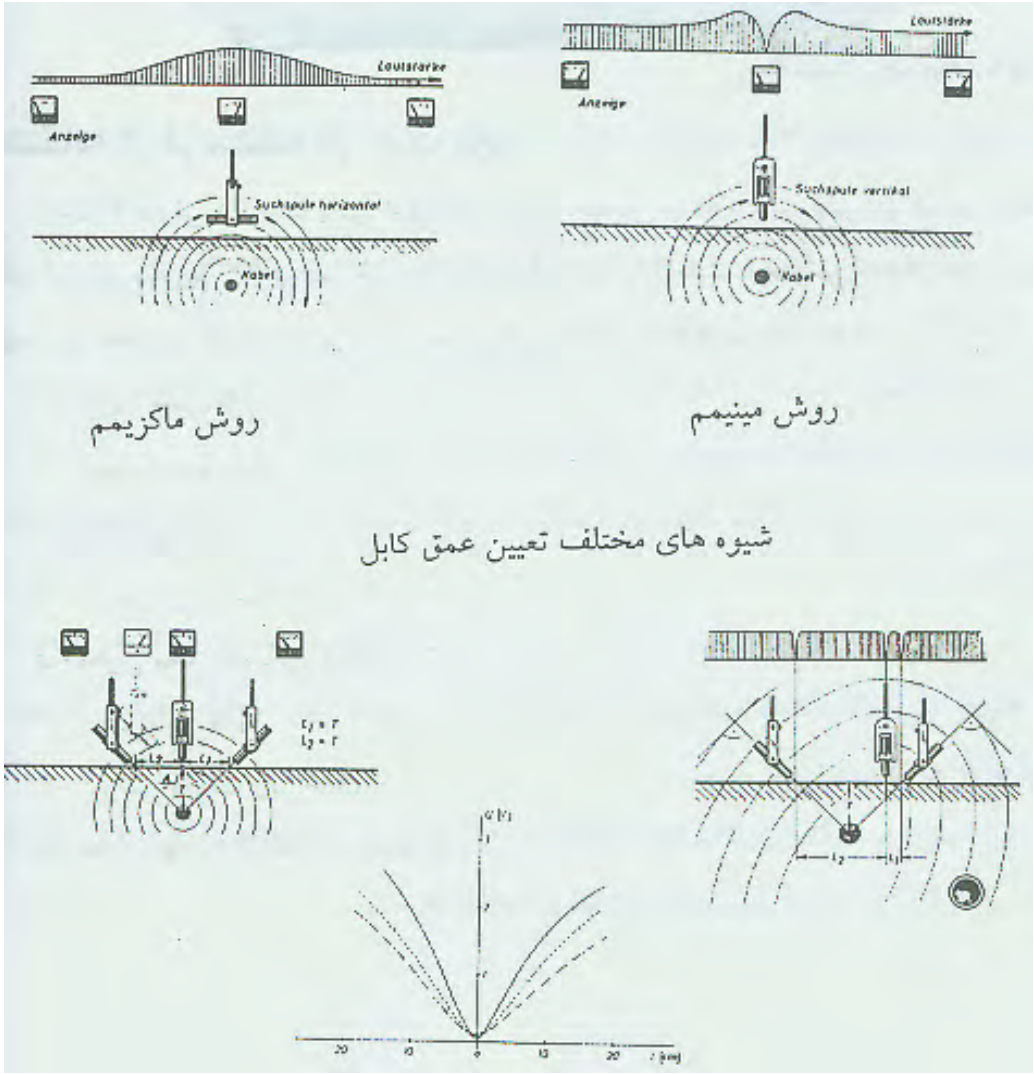
زمانی که اتصال به شکل COROSS TALK در می آید سبب می شود یک زوج از سیم های کابل اصوات و یا اطلاعات زوج دیگر مجاور خودش را دریافت کنند که در اصطلاح به آن خط روی خط افتادن می گویند و علت اصلی آن عامل کوپلینگ است که سبب شکست زوج ها شده و در انتقال TRANS POSITION اطلاعات مشکلاتی رخ داده است .

۵-۶) تعیین عمق کابل DEPTH OF THE CABLE

فعالیتهایی که جهت مشخص کردن عمق کابل انجام می شود تعیین عمق کابل نام دارد برای انجام عملیات عمق یابی لازم است ابتدا به یکی از دو روش مینیمم یا ماکزیمم مسیر دقیق کابل را پیدا کرده و سپس عصای مسیریاب (کویل مسیریابی) را تحت زاویه ٤٥ درجه قرار داده و دقیقاً از محل قرارگرفتن کابل در زیر خاک آن را در دو جهت عمود بر امتداد کابل روی سطح زمین حرکت داده تا به نقطه ماکزیمم سیگنال صوتی برسیم . (شکل ۹۰)

بعد از اتمام این عمل دو طول مشخص شده روی سطح زمین مقدار عمق کابل را نشان می دهد. برای این منظور کافی است از رابطه زیر استفاده کنید :

$L_x = (L_1 + L_2) / 2$



شکل ۹۰

۵-۷) مراحل انجام عملیات عمق یابی

۱- مسیر دقیق کابل را مشخص کرده علامت گذاری کنید .

۲- عصای مسیریاب را تخت زاویه ٤٥ درجه قرار دهید .

۳- نوک عصای مسیریاب را در نقطه مینیمم و یا ماکزیمم قرار داده و به دو طرف کابل حرکت دهید تا صدای سیگنال به حداکثر مقدارش برسد آن دو نقطه را نسبت به نقطه مبنا اندازه گیری کرده از رابطه ریاضی بالا عمق واقعی کابل را پیدا کنید .

توجه :

الف) با یک بار اندازه گیری در یک جهت نیز می توان عمق کابل را پیدا کرد اما اگر این کار از دو طرف انجام شود دقت کار اندازه گیری بیشتر خواهد بود .

ب) چون تشخیص دقیق سیگنال ماکزیمم از طریق گوش کمی مشکل است عملیات را به صورت چشمی VISUAL از طریق انحراف عقربه گیرنده انجام دهید .

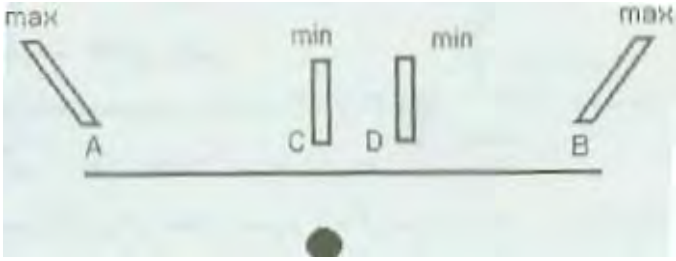
پ) گاهی اوقات بعلت اختلاف حاصل در میدانهای الکتریکی بجای داشتن یک نقطه مینیمم در مبنای اندازه گیری ، ما شاهد دو نقطه هستیم در این صورت مقدار عمق واقعی از رابطه زیر پیدا می شود . به این روش اندازه گیری در اصطلاح روش آسانسوری LIFTING METHOD یا بالابری می گویند .

همانطوری که در شکل ۹۱ مشاهده میشود به رغم قرار داشتن کابل در نقطه C تا نقطه D هیچگونه تغییری در دامنه سیگنال مشاهده نمی شود .

علت این امر آن است که امواج به صورت دوایر متحدالمرکز منتشر نمی شود و دلیل آن هم اختلال موجود در میدانهای الکتریکی در اثر نویز یا دیستورشن DISTORTIONS است .

شکل ۹۱ نحوه محاسبه ریاضی برای این مدل عمق یابی را نشان می دهد .

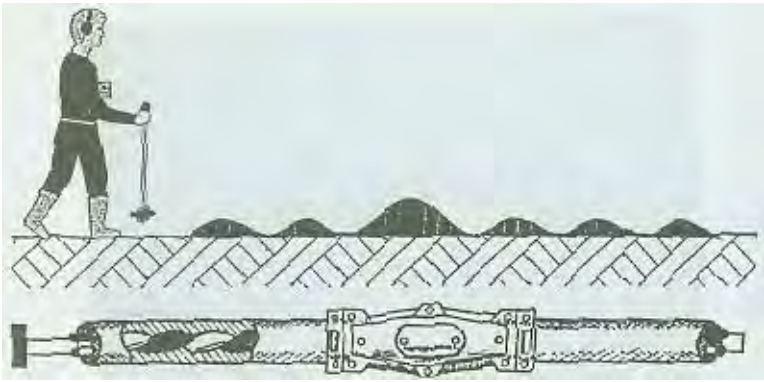
$L_x = CD \times AB$



شکل ۹۱

۵-۸) پیدا کردن مفصلهای روی کابل JOINT SEARCHING

فازهای داخل کابل به دور یکدیگر پیچیده می شوند از این خاصیت در عملیات تعیین مفصل و شناسایی کابل با روش توئیست بهره برداری می گردد . (شکل ۹۲)

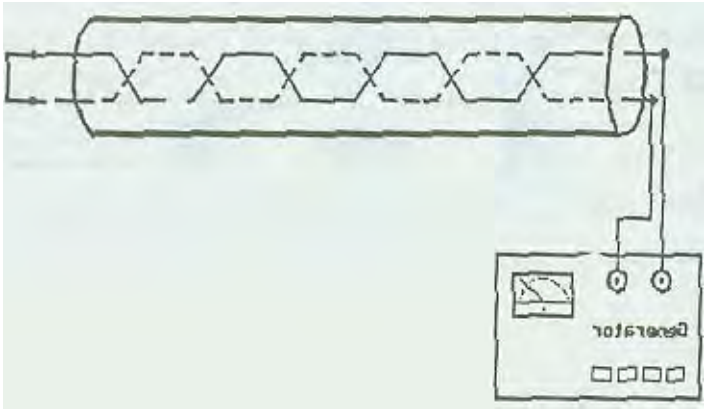


شکل ۹۳

۵-۹) روش توئیست TWIST METHOD

برای پیداکردن مفصل های دور کابل لازم است انتهای دوفاز انتخاب شده اتصال کوتاه شود و سپس خروجی فرستنده صوتی به همین دوفاز SHORT END متصل گردد . این روش ارتباط بین فرستنده و کابل را روش توئیست می نامند .

چون گام فازها یک شکل است ، دامنه تکرار سیگنالها یکنواخت تکرار میشود و به محض قرار گرفتن روی مفصل تغییراتی در دامنه سیگنال ایجاد می گردد که در شکل ۹٤ نشان داده شده است .



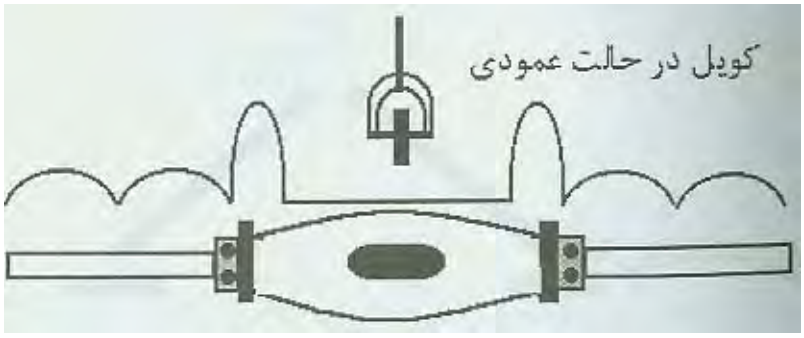
شکل ۹٤

توجه

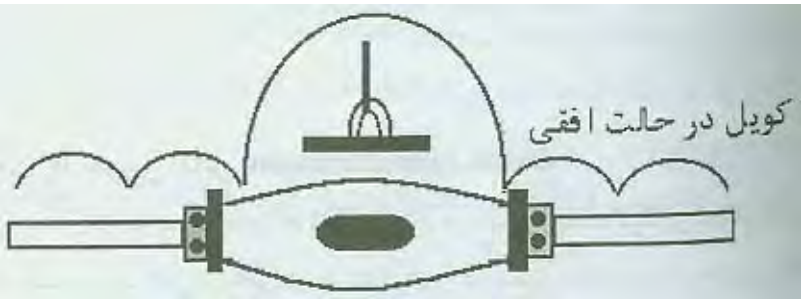
الف) سیگنال توئیست تنها در روی امتداد واقعی کابل قابل دریافت است بنابراین در زمان استفاده از روش توئیست لازم است در ابتدای کار ، مسیر حقیقی کابل تعیین شود

ب) عمل پیدا کردن مفصل و تعیین کابل تنها با روش توئیست جواب صد در صد مثبت خواهد بود .

پ) در زمان مفصل یابی نحوه قرار گرفتن عصای مسیریاب در امتداد سیگنال های توئیست تعیین کننده نوع تغییرات سیگنال است که در شکل۹۵ و شکل ۹۶ نمایش داده شده است .



شکل ۹۵

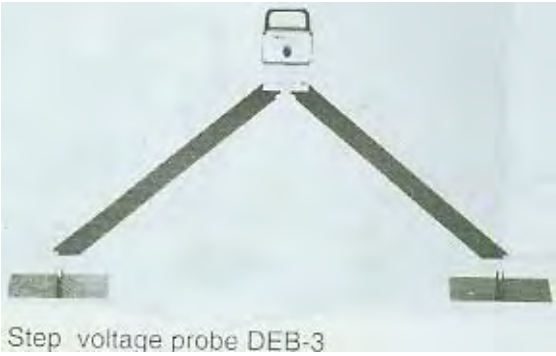


شکل ۹۶

۵-۱۰) روش پیدا کردن مفصل در کابلی که فازهای سالم ندارد

حتماً تا به حال متوجه شده اید که تعیین مفصل کابل تنها با روش توئیست قابل اجـرا اسـت ، حـال فرض کنید فاز سالمی جهت عملیات مفصل یابی وجود ندارد . در این گونه موارد کافی است یکی از خروجی های فرستنده را به پوسته کابل (شیلد) و دیگری را در خاک فرو کنیـد . بـدین طریـق مدار ارسال موج و برگشت آن کامل شود اکنون با استفاده از صفحات خـازنی DEB روی مـسیر کابل حرکت کنید تا این دستگاه وجود مفصل را به شما نشان دهد .

شانس موفقیت شما در این روش زمانی است کـه پوسـته در هـیچ نقطـه سـوراخ نباشـد و تنهـا پوسته مفصل با خاک ارتباط برقرار کرده باشد . (شکل۹۷)

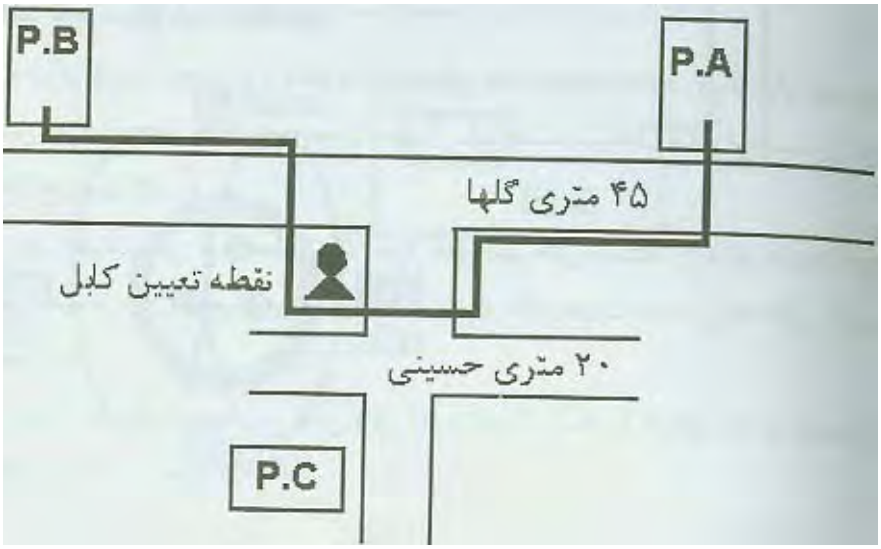


شکل۹۷

۵-۱۱) شناسایی یا تعیین کابل CABLE IDENTIFFICATION

فرض کنید در فاصله پیتهای A و B موجود در شبکه ، پست دیگری به نام C ایجـاد شـده و شـما قصد دارید کابل ارتباطی پوست فوق را در پست جدید ورود و خروج کنیـد ، تـا هـر سـه پـست برق به حالت رینگ درآید .

برای این منظور مسئول شبکه از شما می خواهد که در این کابـل ارتبـاطی نقطـه ای را مـشخص کنید تا بریده شود سپس از حفاری در محل از قبل تعیین شده تعداد زیادی رشته کابل پیـدا مـی شود که مشخص نیست کابل ارتباطی کدام یک از آن ها است . بنابراین از واحد عیب یـابی کابـل تقاضا می شود این کابل ارتباطی را شناسایی کند . (شکل۹۸)



شکل ۹۸

۵-۱۲) مراحل شناسایی کابل

۱- کابل ارتباطی بین دو پست را بی برق کرده سپس از اتصال زمین و تخلیه انرژی الکتریکی آن از یک طرف دو فاز را به هم اتصال کوتاه کنید .

۲- از پست دیگر توسط اهم متر دو فاز اتصال کوتاه را پیدا و به خروجی فرستنده صوتی وصل کنید .

۳- پس از انتخاب فرکانس فرستنده را روشن کرده عملیات تطبیق امپدانس را انجام دهید .

٤- در محل حفاری شده میکروفون تعیین کابل را با همان فرکانسی که جهت فرستنده کاربر انتخاب کرده است به گیرنده متصل نماید .

۵- این میکروفون را دور تمامی کابلهای رویت شده ۳۶۰ درجه کامل بگردانید و تغییرات در دامنه سیگنال و عقربه دستگاه گیرنده را یادداشت کنید .

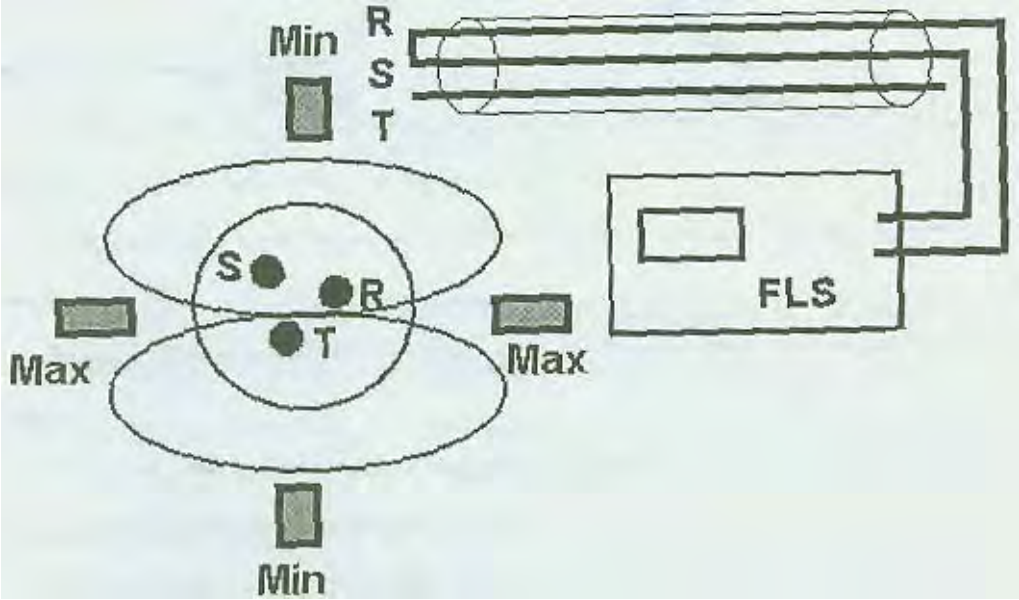
۶- از میان تغییرات رویت شده اگر کابل مورد نظر شما این خواص را داشته باشد همان کابل مورد نظر است .

۷- دو سیگنال ماکزیمم و سیگنال مینیمم روبروی هم نشان می دهد این کابل در حال حاضر به فرستنده شما اتصال دارد .

۸- پس از کسب نتیجه ازبند شماره ۷ باید این بار میکروفون خود را یک بار هم در امتداد کابل حرکت دهید . در این وضعیت حتماً باید دامنه سیگنال توئیست را در امتداد کابل دریافت کنید .

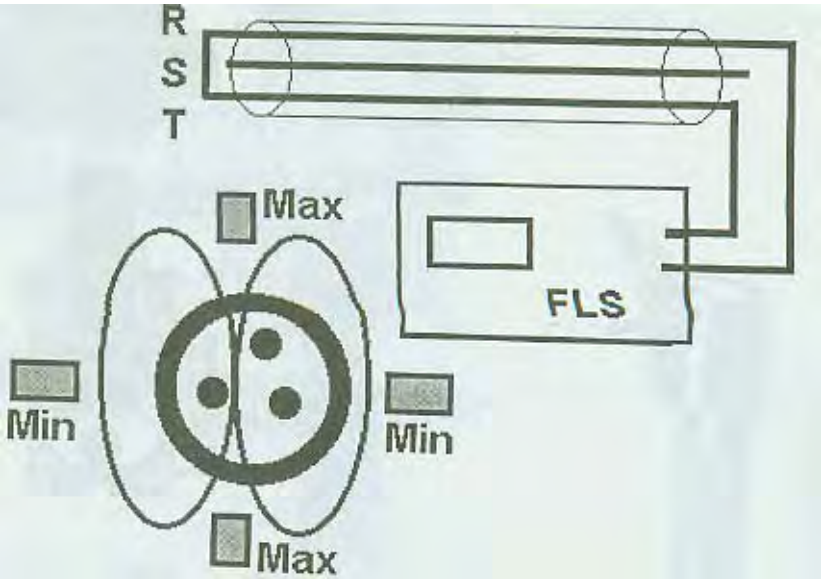
۹- برای اطمینان بیشتر از صحت کار خود جای سیم های فرستنده را با فازهای داخل کابل تغییر دهید . در این وضعیت موقعیت نقاط مینیمم و ماکزیمم نسبت به پوسته کابل تغییر پیدا خواهد کرد .

۱۰- پس از اطمینان از شناسایی کامل کابل از مسئولان شبکه می خواهید که در حضور شما ارتباط این کابل را قطع کنند . (شکل ۹۹)



شکل ۹۹

با تغییر جای فازها تغییرات زیر(شکل ۱۰۰) به وجود می آید .



شکل ۱۰۰

توجه داشته باشید بریدن کابل به وسیله کلنگ ، اره آهن بر و لوازم دیگر خارج از استاندارد ایمنی است و اگر در ضمن بریدن کابل احیاناً هادی برق دار باشد خطر مرگ و سوختگی صد در صد خواهد بود . لازم است بدانید قبل از پیدایش تفنگ کابل ، اکیپهای تعمیراتی با استفاده از یک تیغه بسیار تیز که در روی پوسته کابل جاسازی می کردند و با پرتاب جسمی سنگین از چندین متر دورترروی تیغه ، کابل را قطع می کردند ، اما هیچگاه کلنگ را جهت بریدن کابل بکار نمی بردند .

۵-۱۳) پیدا کردن محل اتصالی شیلد کابل عایق پلاستیکی

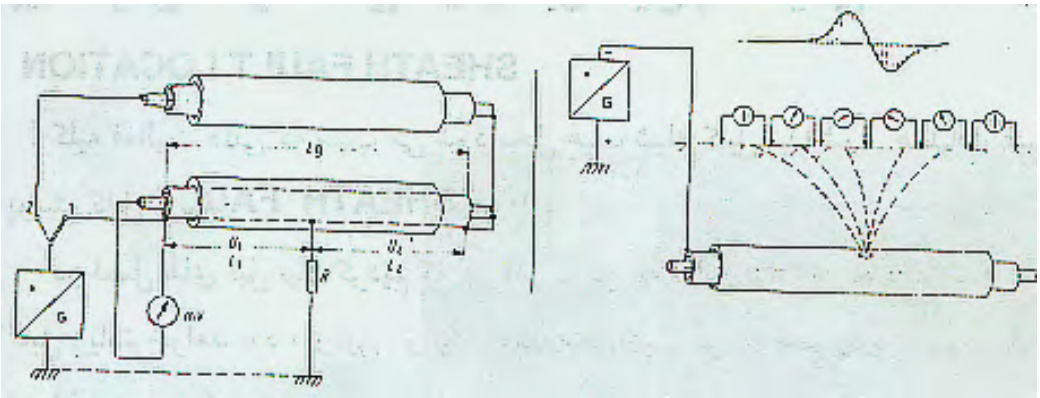
SHEATH FAULT LOCATION

کلیه فعالیتهایی که سبب می شود محل عیب شیلد کابل پیدا شود عملیات عیب یابی پوسته کابل SHEATH FAULT نام دارد .

هر قدر به پوسته کابل بیشتر بها داده شود ، عمر مفید کابل زیادتر خواهد بود ، از این رو پیداکردن محل عیب پوسته همواره با دو روش زیر قابل اجرا است و هر گونه عیوب شیلد کابل را می توان تنها با یکی از این دو روش مشخص کرد .

۵-۱۳-۱) روش افت ولتاژ مستقیم DIRECT CURRENT

در این روش از یک دستگاه کابل سوز با قدرت دوکیلو وات استفاده می شود و خروجیهای دستگاه مطابق شکل ۱۰۱ به پوسته کابل و یک فاز سالم جهت مقایسه و بدست آوردن اندازه محل عیب متصل می گردد .



شکل ۱۰۱

عملیات اندازه گیری در دو مرحله مختلف انجام می شود .

محاسبه طول نقطه عیب

توجه داشته باشید کار اندازه گیری محل عیب از طریق رفلکتور عملی نیست ، و جهت محاسبه اندازه طول نقطه عیب لازم است از روش اندازه گیری بطریقه دستگاه پل استفاده شود .

مطابق شکل مدار ، اگر ولتاژ کابل سوز را بین شیلد و خاک تزریق کنیم ، در آن صورت جریان از طریق شیلد عبور کرده و از طریق محل عیب وارد خاک می شود و مدارش را با کابل سوز کامل می کند .

در حالت اول که ولتاژ بین شیلد و خاک اعمال می شود میلی ولتمتر دستگاه مقدار افت ولتاژ U_1 را اندازه گیری می کند . این مقدار افت ولتاژ مربوط به اندازه طول نقطه معیوب تا دستگاه است .

حال اگر دستگاه اندازه گیری را بین فاز و شیلد قرار دهیم (ولتاژ از طریق یک فاز سالم اتصال دار افت ولتاژ مربوط به کوتاه شده با فاز دیگری که شیلد آن معیوب است به نقطه شیلد می رسد) در این حالت ولتاژ U_1 و U_2 و مقدار جریانی که از نقطه معیوب وارد خاک می شود اندازه گرفته خواهد شد ، بنابراین با در اختیار داشتن مقدار دو افت ولتاژ و رابطه زیر می توانیم طول محل عیب را به دست آوریم .

L_X طول نقطه عیب

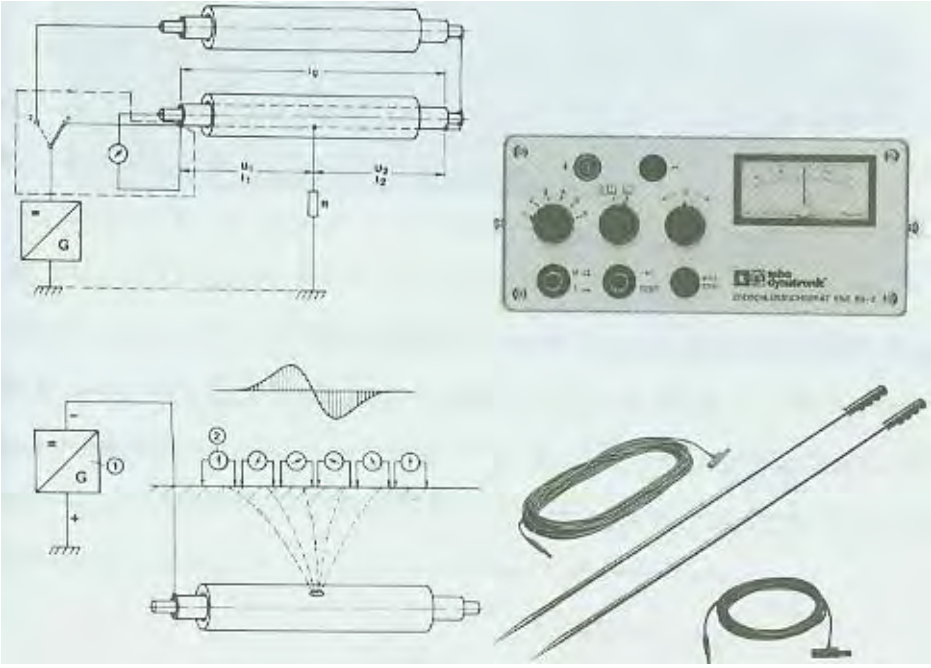
L_g کل طول کابل

U_1 افت ولتاژ قسمت اول

U_2 افت ولتاژ قسمت دوم

$$L_X = L_g * (U_1 /(U_1 + U_2))$$

اکنون با در اختیار داشتن طول محل اتصالی به کمک یک دستگاه میلی ولتمتر حساس همواره با دو میله فلزی نوک تیز ، در نزدیکی اندازه به دست آمده میله های فلزی را در دو طرف کابل داخل خاک کرده و جریانهای گردابی پراکنده شده در خاک را اندازه گیری می کنیم . منحنی تغییرات مقادیر جریان دریافت شده نقطه عیب را کاملاً مشخص می کند ، به ترتیبی که در شکل ۱۰۲نشان داده شده است .



شکل ۱۰۳

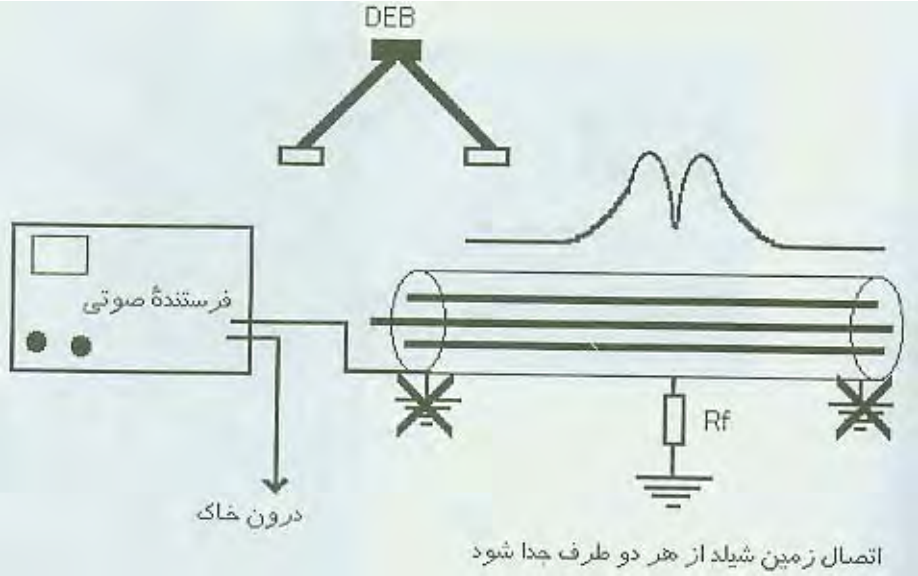
۵-۱۳-۲) روش افت ولتاژ متناوب ATERNATIVE CURRENT

در این روش جریان متناوب فرستنده صوتی از طریق شیلد عبور کرده و از محل سوراخ شیلد وارد خاک می گردد . در این حالت مدار فرستنده صوتی بوسیله جریانهایی که از طریق خاک بوسیله سیم دوم فرستنده جمع آوری می شود کامل می گردد .

امواج منتشر شده در نقطه سوراخ شیلد ایجاد میدانهای الکتریکی می کند که به وسیله دستگاه DEB این میدانها قابل دریافت و تقویت توسط گیرنده می باشد . به طوریکه هر گاه دستگاه در روی نقطه دقیق عیب قرار گیرد حداقل دامنه سیگنال روی گیرند و صفحه نمایش تغییرات آن مشاهده خواهد شد . (شکل ۱۰٤)

توجه

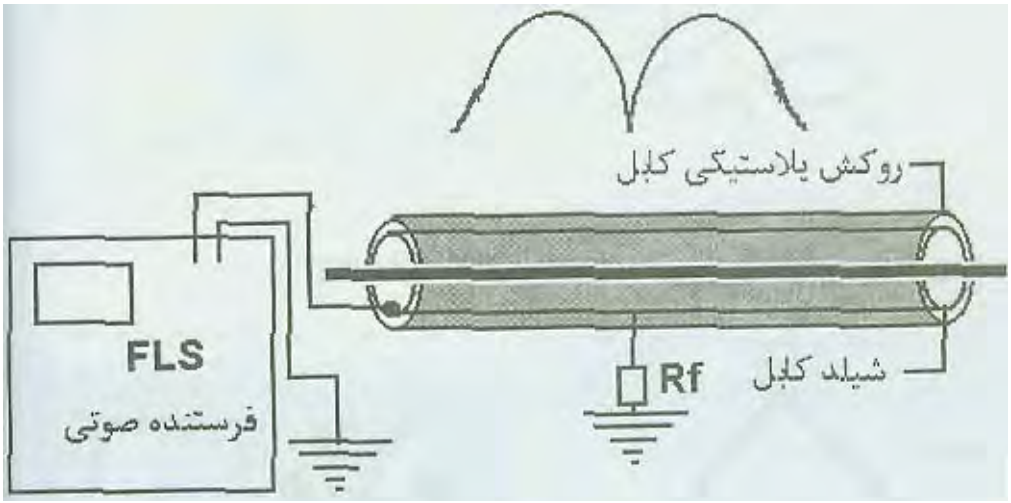
در عیب یابی پوسته کابل لازم است ارتباط دو طرف شیلد از سیستم اتصال زمین حتماً جدا شود . در غیر اینصورت امکان عیب یابی شیلد هرگز وجود نخواهد داشت .



شکل ۱۰٤

۵-۱۴) عیب یابی پوسته کابلهای عایق پلاستیکی

در این حالت پس از عملیات اندازه گیری محل عیب ، دستگاه فرستنده صوتی را به پوسته و خاک متصل می کنیم و در محل عیب این تغییرات در دامنه سیگنال ها به وسیله دستگاه DEB متصل به گیرنده را مشاهده خواهیم کرد . (شکل ۱۰۵)



شکل ۱۰۵

سؤالات فصل پنجم

۱)ساختمان کابلهای فشار ضعیف را شرح داده و یک نمونه از مقطع کابل فشار ضعیف را ترسیم نمایید .

۲) نوع کابلهای فشار ضعیف با علامت اختصاری زیر را تشریح نمایید .

NYYGB ,NAGG ,NAYY,NYY

۳)کابل فشار قوی نوع ((کاغذ –روغن)) را تشریح نموده و مقطع یک نمونه از این کابلها را ترسیم نمایید .

٤)معایب استفاده از عایق لاستیکی در کابلها را توضیح دهید .

۵) مزیت استفاده ا زماده XLPE در عایق کابلها را توضیح دهید .

۶) مقطع یک نمونه کابل XLPE را ترسیم نمایید.

۷) انواع اتصال کوتاه کابلها را نام ببرید.

۸) روشهای عیب یابی کابلها توضیح دهید .

۹) یکی از روشهای عمق یابی کابلها توضیح دهید .

۱۰) یکی از روشهای یافتن محل Joint کابل توضیح دهید .

مراجع :

۱) ماشینهای الکتریکی تألیف : دکتر پ-س- سن

۲)ترانسفورماتورهای سه فازه تألیف : دکتر مطلبی

۳) عیب یابی ماشینهای الکتریکی تألیف : مهندس مسعود سلطانی

٤) اصول عیب یابی کابلهای زیر زمینی تألیف : مهندس هاشم دلاوری

۵) کلیدهای صنعتی تألیف : مهندس جعفر بلند

۶) کاتالوگ کابلهای فشارقوی ساخت شرکت Simense

۷) کاتالوگ محصولات شرکت AVO

۸) کاتالوگ ژنراتورهای شرکت MITSUBISHI

۹) کاتالوگ محصولات شرکت FLUK

۱۰) کاتالوگ کلیدهای ساخت شرکت Westing House