www.powerengineering.blogfa.com

با مراجعه به وبلاگ ما از آخرین کتاب ها، نرم افزارها، مطالب آموزشی و ...

در ارتباط با مهندسی برق استفاده نمایید.

http://powerengineering.blogfa.com

مهندسی برق

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineering.blogfa.com

.1.مقدمه

واژه SCADA از ترکیب کلمات Supervisory Cortrol And Data Acquisition به معنی کنترل نظارتی و جمع آوری اطلاعات بوجود آمده است. کنترل نظارتی یا کنترل متمرکز (Supervisory Cortrol) به صورت اعمال کنترلی روی یک وسیله خاص برای تأیید عملکرد آن در جهت صحیح (برنامه ریزی شده از پیش) تعریف می شود.

ولی عموماً کنترل نظارتی در مورد سیستم هایی بکار می رود که عمل کنترل، از فاصله دور صورت می گیرد.

طبیعی است کنترل یک وسیله یا سیستم بدون داشتن اطلاعات دقیق از وضعیت آن ناممکن است، بنابراین کنترل نظارتی همیشه با یک سیستم جمع آوری اطلاعات (Acquisition Data) توأم است.

در اصطلاح هر جا که یک مرکز کنترل (Master Station = MS) از تعدادی پایانه دوردست (Remote Tarminal Unit = RTU) مطابق شکل (1-1) اطلاعات (Data) دریافت کند و به آنها فرمانهایی (Command) نیز بدهد، یک سیستم SCADA وجود خواهند داشت.

کاربرد سیستم SCADA از مراکز ساده به یک MS و یک RTU مانند اتاق کنترل یک نیروگاه تا مراکز پیشرفته کنترل شبکه های برق (دیسپاچینگ) می باشد.به عنوان مثال می توان از شبکه های لوله کشی گاز و نفت، آب و فاضلاب، شبکه های حمل و نقل و... نام برد.

امروزه عصر اطلاعات است و اداره ی همه امور به اطلاعات و تحلیل آنها بستگی دارد.سیستمهای SCADA امروزه سهم بسیار حساسی در بهره برداری از صنایع پیشرفته بر عهده دارند و می توانند جانشین شایسته ای برای سیستمهای کنترل فرآیند قدیمتر مانند کنترل توزیع شده (DCS)، کنترل کننده های منطقی قابل برنامه ریزی (PLC) یا ثباتهای توالی وقوع اطلاعات باشند.

با توجه به پیچیدگی بیش از اندازه شبکه های قدرت و بهم پیوستگی آنها بیش از هر زمان نیاز به وجود سیستم های مدرن کامپیوتری مدیریت انرژی (Energy Management System = EMS) به منظور حفظ و نگهداری اقتصادی شبکه، احساس می شود.

گفته می شود که در آینده ی نزدیک یک سازمانهایی که در زمینه ی اطلاعات و تحلیل اطلاعات تخصص و فعالیت دارند، صنعت و اقتصاد کشورها را قبضه خواهند کرد.

از آنجا که صنعت برق از صنایع پایه ای کشور است و نیروگاهها و شبکه های انتقال و توزیع در کشور همانند قلب و رگهای بدن می باشند، اهمیت فعالیت در این زمینه محرز می گردد.

www.powerengineering.blogfa.com

1,4. اطلاعات مبادله شده بین پایانه ها و مرکز کنترل

1- Status (اطلاعات دیجیتال): مانند وضعیت بریکرها، آلارمها وضعیت ژنراتورها (ON/OFF) و... که دسته ای از این اطلاعات برای تعیین وضعیت به دو بیت احتیاج دارند (Double Indication مثل وضعیت بریکرها که می تواند باز یا بسته یا خارج از سرویس باشد (3 وضعیت و 2 بیت) و دسته ای دیگر مثل آلارمها فقط 2 حالت داشته و به یک بین نیازمند ند (Single Indication . اطلاعات Status عموماً با سرعت حدود 2 تا 3 ثانیه یکبار برای مرکز ارسال می شوند.

2- Measurand (اطلاعات آنالوگ): مانند وات و وار خطوط، ولتاژ باسها و غیره که در 12 بیت یا 2 بایت یا گاهی بیشتر ارسال می شوند.این اطلاعات با سرعتی کمتر از اطلاعات Status مرکز فرستاده می شوند.

بمنظور یک آشنایی عمومی، در اینجا بعضی از اطلاعاتی که بین پست و نیروگاه از یک طرف و مرکز دیسپاچینگ (تولید و انتقال) از طرف دیگر مبادله می شود را ذکر می نماییم:

الف- پست:

الف-1) اطلاعاتی که پست به مرکز می فرستد:

Status : وضعیت بریکرها و سکسیونرها، تپ چنجرها، آلارمهای پست و... .

Measurand : ولتاژ باس، وات و وار خطوط، قرائت های انرژی، وضعیت مقایر مبنا (Set Points) مثل مقادیر مبنای تپ چنجرها و کمپانساتورها و... .

الف-2) کنترلهای مرکز روی پست:

تغییر وضعیت بریکر و سکسیونر، بالا و پایین بردن تپ چنجر، تغییر در کمپانساتورها.

ب- نیروگاه:

ب-1) اطلاعاتی که نیروگاه به مرکز می فرستد:

Status : وضعیت بریکرها، وضعیت واحد، وضعیت واحد کمکی، آلارمهای واحد و... .

Measurand : وات و وار واحد، ولتاژ واحد، مقدار مبنا برای بار واحد، قرائت انرژی، میزان پتانسیل آب سد برای نیروگاه و... .

ب-2) کنترلهای مرکز روی نیروگاه:

پالسهای Raise/ Lower به گاورنر برای تغییر مبنای فرکانس،

www.powerengineering.blogfa.com

1,6. اجزای سیستم های SCADA

با توجه به شکل (1-1)، سیستم SCADA را می توان مشتمل بر سه جزء اساسی زیر دانست:

الف- مرکز کنترل (MS): شامل کامپیوتر و تجهیزات جانبی آن است و جهت دریافت مرتب اطلاعات و انجام پردازشهای لازم با اجرای برنامه های On-Line و اعمال فرمانهای کنترلی استفاده می شود و جزء اصلی یک سیستم SCADA است.

ب- واحد پایانه ای دوردست (RTU): پایانه های دوردست جهت جمع آوری اطلاعات از پست و نیروگاه و ارسال اطلاعات مورد نیاز برای مرکز در مجاورت این مراکز ساخته می شود، بر حسب نوع پایانه پردازشهای انجام شده در آن روی اطلاعات متفاوت است.

ج- سیستم های ارتباطی (Communication Systems): تجهیزات مسیرهای ارتباطی بین MS و RTU می باشد که از طریق کانالهای مخابراتی و بر مبنای پروتکلهای انتخاب شده صورت می گیرد.

اجزای فوق به همراه اطلاعات مربوط شان در شکل (3-1) به صورت تفصیلی آمده است.همچنین سطوح کاری سیستم SCADA در شکل (4-1) دیده می شود.

در این پژوهش نخست در بخش اول مسائل مربوط به اجزای سیستم های SCADA شامل مرکز کنترل (فصل 2)، پایانه های دوردست (فصل 3) و سیستم های ارتباطی (فصل 4) مورد بررسی قرار گرفته و سپس در بخش دوم مسائل مربوط به بهره برداری از سیستم های SCADA شامل معیارهای ارزیابی سیستم SCADA (فصل 5) به همراه بررسی چند نمونه سیستم اسکادای موجود (فصل 6)، طرح و سازماندهی اسکادی برق (فصل 7) مورد بررسی قرار گرفته و در پایان به نتیجه گیری و مطالبی در مورد چشم انداز سیستم های SCADA (فصل 8) پرداخته می شود.این بررسی را می توان مطابق ساختار درختی شکل (5-1) در نظر گرفت.

2. مرکز کنترل

2,1. مقدمه

مهمترین قسمت یک سیستم SCADA تجهیزات مرکز آن (Master Terminal Equipment = MTE) می باشد. کیفیت این تجهیزات تأثیر بسزایی در قیمت، سرعت، قابلیت گسترش و اطمینان پذیری سیستم دارد.تقریباً در تمامی سیستم های SCADA تجهیزات

www.powerengineering.blogfa.com

کامپیوتری در مجاورت اتاق کنترل نصب شده و آنچه معمولاً MTE خوانده می شود ترکیب کلیه تجهیزات و کامپیوتر است.

مسائل مربوط به MTE شامل دو بخش نرم افزار و سخت افزار است.آنچه در اینجا بررسی می گردد، اجزای اصلی MTE و قسمتهای مشترک سیستمهای SCADA است که توسط پیمانکاران متعدد طرح گردیده اند.

(بدون پرداختن به جزئیات و یا بررسی سیستم های خاص).البته در صورت لزوم به پاره ای از جزئیات و تفاوتهای موجود بین این سیستم ها نیز اشاره شده است.

در یک نگرش کلی از دید مرکز کنترل دیاگرام شماتیک SCADA را می توان مطابق شکل (1-2) در نظر گرفت.

در این شکل ارتباطات کامپیوتر با اجزاء دیگر مشخص شده است.البته چنان که شرح آن می رود کلیه اجزاء مهم بصورت افزونه (Redundant) می باشند تا سیستم از قابلیت اطمینان بالاتری برخوردار باشد.

مغز سیستم SCADA کامپیوتر آن است.این کامپیوتر نرم افزارهای اسکادا را در خود داشته و با کمک آنها کلیه اعمال سیستم را هدایت می کند.

این نرم افزارها مسؤول اعمالی نظیر جمع آوری اطلاعات و کنترل، برقراری رابطه انسان و ماشین (مثل نمایش اطلاعات شبکه بر روی میمیک و صفحات تلویزیونی)، جمع آوری آمار و تهیه گزارشهای مربوط و... می باشند.

در یک سیستم SCADA اطلاعات می بایستی از پایانه های دوردست (RTU) برای مرکز کنترل مخابره گردد تا مرکز به کمک آنها سیستم را راهبری و همچنین فرمانهای خود را به پایانه ها ارسال نماید.

بنابراین یکی از اجزاء لاینفک هر سیستم SCADA کنترلهای مخابراتی آن (Communication Interface Unit = CIU) هستند که امکان ارتباط فوق را بوجود می آورند.

طبیعی است نظارت بر فعالیت کنترلرهای مخابراتی بعهده کامپیوتر اصلی است.در اغلب موارد یک کامپیوتر دیگر به نام پردازنده پیشینه (Front End Processor = FEP) برای انجام این وظیفه به پیکربندی افزوده می شود.

در این قسمت معمولاً یک کنترلر مخابراتی برای یک یا چند پایانه تخصیص می یابد تا سرعت سیستم را با استفاده از تکنیک پردازش موازی (Parallel Processing) بالا برد.طبیعی است کامپیوتر برای انجام عملیات خود به دستگاههای جانبی نیاز دارد.

این دستگاهها شامل حافظه (از انواع مختلف)، کنسولهای اختصاصی (dedicated) برای راه اندازی و غیره می باشد.

www.powerengineering.blogfa.com

از آنجا که در کلیه سیستم های SCADA که تاکنون طرح شده اند تصمیم گیری نهایی بر عهده انسان می باشد، لذا می بایست کامپیوتر اطلاعات را بسرعت و با الگوی مناسب در اختیار اپراتور قرار دهد تا بتوان بموقع در جریان تحولات سیستم قرار گرفته و تصمیم مناسبی اتخاذ نمود.

همین طور کامپیوتر می بایست فرمانهای کنترلی اپراتور را بموقع به پایانه ها ارسال نماید و پاسخ آنها (Acknowledge) را بازگرداند.

واسطه ارتباطی انسان و ماشین (Man Machine Interface = MMI) جهت برقراری ارتباط مناسب بین اپراتورها و کامپیوتر در نظر گرفته شده است.

هر اپراتور دو یا سه صفحه تلویزیونی (Cathode Ray Tube = CRT) مقابل خود دارد که می تواند اطلاعات سیستم را به اشکال مختلف روی آنها ببیند.

همچنین اپراتور دارای یک صفحه کلید(Keyboard) و یک تراکربال (Tracker ball) است که به کمک آنها مورد مناسب برای نمایش اطلاعات روی CRT را انتخاب و نیز فرمانهای لازم را صادر می کند.

علاوه بر اینها دستگاههای چاپگر، وقایع مهم شبکه نظیر آلارمها را جهت بایگانی ثبت می کنند.

در ادامه این فصل مطالب فوق به صورت کامل تر شرح داده خواهند شد.

2,2. سخت افزار مرکز کنترل

سیستم های SCADA بر حسب کاربرد دارای پیکره بندی های مختلفی می باشند.قسمت مشترک پیکره بندی سیستم های SCADA بکار رفته در شبکه های قدرت مطابق شکل (2-2) می باشند که سخت افزار مرکز کنترل را تشکیل می دهند.اجزای این قسمت در زیر تشریح می گردند.

2,2. سیستم های کامپیوتر

از آنجایی که قابلیت اطمینان در سیستم های کنترل کامپیوتری و بخصوص سیستم های SCADA از اهمیت فوق العاده برخوردار است، لذا بایستی طراحی سیستم به گونه ای باشد که خرابی یکی از اجزاء آن منجر به از کار افتادن کل سیستم نشود.بدین جهت ضروری است اجزای مهم سیستم از جمله کامپیوتر به صورت افزونه (redundant) در نظر گرفته شود.

در این طرح برای کامپیوتر اصلی در حال کار (On-Line HOST) کامپیوتر دیگری بعنوان رزرو در نظر گرفته شده است که در صورت از کار افتادن کامپیوتر در حال کار وظیفه آنرا به عهده می گیرد.

از آنجایی که عمل شروع بکار دوباره (Restart) در کامپیوترها معمولاً مدت زمان نسبتاً زیادی طول می کشد، جهت جلوگیری از ایجاد وقفه در امر کنترل، کامپیوتر رزرو روشن بوده و بصورت Stand-By HOST کار می کند.

www.powerengineering.blogfa.com

در این حالت کامپیوتر رزرو کلیه اطلاعات شبکه را همزمان با کامپیوتر در حال کار دریافت نموده ولی دخالتی در امر راهبری سیستم نمی نماید (غیر از موارد خاصی نظیر تست پایانه ها).

هر کامپیوتر دارای یک حافظه اصلی و چند حافظه جانبی می باشد.حافظه اصلی عموماً از نوع ROM و RAM بوده و حافظه جانبی از نوع دیسک، نوار مغناطیسی و... می باشد.

برای راه اندازی (Initial Program Loading = IPL) کامپیوتر یک کنسول شامل CRT و جعبه کلید اختصاصی برای هر کامپیوتر در نظر گرفته شده است.

این اجزاء جانبی در کامپیوترهای پیشینه (FEP) که بعداً توضیح داده می شوند نیز موجود است.

در بعضی از سیستم هایی که یک حافظه مشترک جهت ارتباط بین کامپیوترها وجود دارد،کامپیوترها از این طریق می توانند اطلاعات و پیغام های خود را بسرعت مبادله نماید.

2,2,2. رابطه انسان و ماشین

2,2,2,1. میمیک (MIMIC)

2,2,2,2.کنسولها

کنسولها به دو دسته تقسیم می شوند:

1- کنسول مهندسی (Engineerig Console):

کنسول مهندسی به منظور طراحی دیاگرام تک خطی و سایر مشخصات پستهایی که همراه با گسترش شبکه اضافه می شوند و نیز ایجاد تغییراتی در دیاگرام پستهای موجود بکار گرفته می شود.

علاوه بر این، تغییر در برنامه های مربوط به نحوه نمایش اطلاعات نیز بوسیله این کنسول انجام می شود.

در هر مرکز دیسپاچینگ عموماً یک کنسول مهندسی موجود است.تغییر مشخصه های موجود نقاط در پایگاه اطلاعاتی و همچنین اضافه نمودن نقاط جدید توسط این کنسول انجام می شود.

2- کنسول دیسپاچر (Dispatcher Console):

این کنسول بمنظور کنترل شبکه در اختیار اپراتور قرار دارد.در هر مرکز دیسپاچینگ به تعداد اپراتورها کنسول وجود دارد.

عموماً کنسول مهندسی می تواند وظایف کنسول دیسپاچر را نیز انجام دهد.در مراکز دیسپاچینگ بمنظور ایجاد تمرکز فکری بیشتر اپراتورها عموماً شبکه تحت کنترل به چند قسمت تقسیم شده و نظارت بر هر قسمت را یک دیسپاچر انجام می دهد.

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineering.blogfa.com

طبیعی است این تقسیم بندی فقط در حد دیسپاچرها بوده و می توان با هر کنسول کلیه شبکه را نیز کنترل نمود.

از آنجا که برای هماهنگی دیسپاچرها و ارتباط با AOC وجود یک ابتدا یک پایانه را انتخاب کرده و اطلاعات لازم برای ارسال را در کنترلر مخابراتی آن پایانه قرار می دهد و در مدتی که این کنترلر مشغول ارسال این اطلاعات برای پایانه می باشد (از طریق Modem) کامپیوتر ارتباط خود را با این کنترلر قطع نموده و بسراغ کنترلرهای پایانه های بعدی می رود.

کنترلرها هر پایانه در صورت آماده شدن پاسخ آن پایانه بوسیله یک پیغام وقفه (Interrupt) کامپیوتر را مطلع می نماید و سپس کامپیوتر سرویس مناسب را در اختیار آن کنترلر قرار می دهد بدین ترتیب با استفاده از مجموعه ای از کنترلر مخابراتی که وظیفه ذخیره و تبدیل اطلاعات پارالل به سریال و بالعکس، سنکرونیزاسیون، تایمینگ و تشخیص وقوع خطای مخابراتی را دارند می توان به زمان پاسخگویی بسیار کوتاهتری دست یافت.

در بحث فوق تدریجاً فرض شد که به تعداد پایانه ها کنترلر وجود دارد که در اغلب موارد چنین است.

در بعضی سیستمها نیز یک کنترلر به 2، 4 و گاهی حتی 8 پایانه سرویس می دهد که طبیعتاً زمان پاسخگویی سیستم را افزایش می دهد.اصل Redundancy در مورد کنترلرهای مخابراتی نیز رعایت شده است.

3. پایانه های دوردست

3,1. مقدمه

پایانه های دوردست در یک سیستم SCADA وظیفه جمع آوری اطلاعات و ارسال آنها به مرکز و نیز دریافت و اجرای فرمانهای کنترلی صادر شده از مرکز را بر عهده دارند.

بنابراین طبیعتاً یکی از مهمترین قسمتهای هر پایانه مجموعه ای است که می بایست این مجموعه وسیع اطلاعات را اندازه گیری نموده و در قالب طیفی از جریان و ولتاژهای فشار ضعیف در اختیار قسمتهای پردازش کننده قرار دهد.

پس از آن قسمتهای پردازش کننده بر مبنای قابلیتهای پایانه (درجه هوشمندی) اطلاعات جمع آوری شده را پردازش نموده و با پروتکلی خاص برای مرکز می فرستند.

ضمن اینکه فرمانهای مرکز هم مسیری عکس مسیر فوق را پیموده و در پایانه اجرا می شوند.

www.powerengineering.blogfa.com

3,2. سیستمهای داده گیری

3,2,1. جمع آوری اطلاعات آنالوگ و دیجیتال

از آنجا که در ایستگاههای یک شبکه قدرت (نیروگاه و پست) تعداد اطلاعات زیاد بوده و انواع مختلفی نیز دارد، محورها و وسایل اندازه گیری مختلفی نیز در آنها بکار می رود.این محورها خروجی خود را به یک یا چند کابینت بنام Marshaling Rack (MR) می دهد.

همچنین تمام نقاط کنترلی نیز به MR اتصال می یابند بنابراین با اتصال پایانه به MR می توان به تمام نقاط قابل کنترل و همچنین تمامی نقاط قابل اندازه گیری دسترسی یافت.

یکی از عوامل مهم در انتقال سیگنالها بین نقاط قابل اندازه گیری از سطح پست یا نیروگاه به MR مسئله نویز می باشد.

در یک محیط دارای خطوط و ترانسها و دژنکتورهای ولتاژ بالا، نویزهایی با دامنه بسیار زیاد وجود دارد لذا حتماً باید در این مرحله مسئله حفاظت سیم های حامل سیگنال بوسیله شیلد کردن آنها و همچنین حفاظت مدارهای اندازه گیری کمک مدارهای حفاظتی مناسب برای حذف نویزهایی با دامنه زیاد در نظر گرفته شود.

حال به بررسی چگونگی اندازه گیری پارامترهای مختلف در یک ایستگاه و یا اعمال فرمانهای به قسمتهای گوناگون می پردازیم.

جمع آوری اطلاعات آنالوگ

چنانچه در مقدمه ذکر شد این اطلاعات مانند ولتاژ و جریان خطوط، درجه حرارت ترانس و... دارای ماهیتی آنالوگ است.

هر یک از مقادیر فوق ابتدا توسط سنسورهای مخصوص بخود در محل اندازه گیری شده و تبدیل به ولتاژ AC حدود 115 V می گردند و سپس به MR متصل می شوند.

بدیهی است استفاده از ولتاژهای زیاد برای انتقال سیگنالهای اندازه گیری شده بمنظور جلوگیری و کاهش اثر نویز می باشد.بنابراین مقادیر موجود در MR ولتاژهای حدود 115 VAC بوده و مقدار دامنه آنها بطور خطی و یا غیر خطی متناسب با یک کمیت اندازه گیری شده تغییر می کند.

برای تبدیل ولتاژهای AC فوق به سیگنال DC که اندازه آن نشان دهنده مقدار کمیت اندازه گیری شده بوده و توسط مدارهای الکترونیکی پایانه قابل اندازه گیری باشد، از مبدلهایی استفاده می شود این مبدلها در واقع پایانه را از سیستم قدرت ولتاژ بالا ایزوله می کنند و خروجی آنها ولتاژ و جریان مستقیمی است که مقدار آن حدود چند ده ولت یا میلی آمپر می باشد.

www.powerengineering.blogfa.com

مجموعه این مبدلها را HVI (High Voltage Inter Posing) نامند.ورودی این مبدلها طوری طرح می شود که قابل اتصال به خروجی سنسورهای نصب شده در محل باشد معمولاً ولتاژ ورودی آنها در حدود 115 VAC و جریان ورودی نیز بین 0 تا 5A می باشد.البته ورودی این مبدلها قادر به تحمل ولتاژ و جریان لحظه ای بیشتر در اثر القاء نویز نیز هستند.

مقادیر آنالوگ جمع شونده

در برخی از کمیات آنالوگ زمان نیز مؤثر است بعنوان مثال انرژی تولید شده توسط یک واحد نیروگاه یا مصرف شده در یک پست از این گونه اند.

معمولاًسنسورهای که برای اندازه گیری اینگونه کمیات استفاده می شوند دارای خروجی بصورت پالس هستند بطوری که پریود پالسها متناسب با معکوس مقدار کمیت اندازه گیری شده می باشد.

مثلاً یک نوع سنسور که برای اندازه گیری انرزی بکار می رود می تواند در خروجی خود پالسهایی با پریود متناسب با معکوس توان لحظه ای تولید نماید به این ترتیب با جمع نمودن تعداد پالسهای فوق در یک مدت زمان معین (مثلاً یک ساعت) و اعمال ضرائب مناسب می توان مقدار انرژی را بر حسب کیلو وات ساعت یا مگاوات ساعت بدست آورد.

پالسهای فوق الذکر با دامنه ولتاژ بالای DC (48 V) از محل اندازه گیری به داخل MR هدایت می گردد.

وضعیتها

اندازه گیری وضعیتها (اطلاعات دیجیتال) یکی از مهمترین مسائل در پایانه های دوردست می باشد.و ضعف دژنکتورها و سکسیونرها و... که ماهیت دیجیتال دارند از این دسته اند.این وضعیتها توسط کلیدهایی که بصورت مکانیکی از طریق رله ها و یا دژنکتورها و سکسیونرها باز و بسته می شوند اندازه گیری می گردند.

در شکل (1-3) نمای ساده ای از یک کلید بریکر سه فاز و یک مورد استفاده برای تعیین وضعیت آن توسط سیستم SCADA رسم شده است.

همانگونه که در شکل فوق مشخص است برای تشخیص باز یا بسته بودن کلید فوق باید ولتاژی از طریق پایانه راه دور و یا باتری های موجود در پست یا نیروگاه (معمولاً در هر پست یا نیروگاه برای تغذیه وسایل مختلف اندازه گیری و کنترل، منبع مولد ولتاژ بالای مستقیم و همچنین باتریهایی برای تثبیت ولتاژ فوق هنگام قطع برق نصب می گردند.

همینطور پایانه راه دور نیز دارای منبع مولد ولتاژ مستقیم و باتریهایی برای تولید و تثبیت ولتاژ DC مورد استفاده توسط مدارات داخلی خود می باشد) به یکطرف کلید فوق اعمال شده و

www.powerengineering.blogfa.com

سپس با اندازه گیری جریان در طرف دیگر وضعیت باز و بسته بودن کلید اندازه گیری می شود.در حالتی که ولتاژ مستقیم فوق توسط پایانه راه دور تأمین گردد اتصال می شود.

در حالتی که ولتاژ مستقیم فوق توسط پایانه راه دور تأمین گردد اتصال حاصل را اصطلاحاً Dry Contact گویند که به لحاظ اعمال ولتاژهای پایین حساسیت بیشتری به نویز دارد.در بعضی موارد از منابع تغذیه موجود در پست یا نیروگاه نیز استفاده می شود که اتصال حاصل را Wet Contact نامند و به دلیل استفاده از ولتاژهای بالاتر حساسیت کمتری به نویز خواهند داشت.

در روشهای اندازه گیری گفته شده این ایراد اساسی وجود داشت که در صورت قطع سیم های رابط بین کلید و MR همواره کلید توسط سیستم قطع تلقی می شود که این امر گهگاه بسیار خطرناک می باشد.

از طرف دیگر هنگام باز یا بسته شدن کلید نوسانات (bounce) زیادی بوجود می آید که در نمونه برداریهایی که با سرعت بالا انجام می شود موجد اشکال خواهد بود بدلایل فوق استفاده از کلیدهایی مطابق شکل (2-3) موسوم تر است.

در این روش باز و بسته نمودن کلید با اندازه گیری جریان موجود روی دو سیم انجام می شود به این ترتیب اگر یکی از سیم ها قطع شده باشد بلافاصله مشخص می گردد و این مسئله نمی تواند ایجاد خطا در امر اندازه گیری وضعیت فوق توسط سیستم کنترل بنماید.

از سوی دیگر مسئله bouncing هم با این روش بهتر می شود.بنابراین وضعیت کلید با دو بیت مشخص می گردد که چنانکه در مقدمه بدان اشاره شد این قبیل داده ها را Double Indication گویند.

فرمانهای کنترل

سیستم های کنترل و جمع آوری اطلاعات شبکه برق باید قابلیت قطع یا وصل دژنکتورها، سکیونرها، تغییر تپ ترانسها و نیروگاهها را داشته باشد.

در تمام این موارد باید سیگنالهای کنترلی پایانه راه دور بطریقی به اجزاء قابل قطع و وصل متصل گردند.دستگاههایی که توسط این سیستم کنترل می شوند غالباً از ولتاژهای بالا 48 یا 125 یا 250 ولت DC که توسط باتریهای موجود در پست تأمین می گردد و یا ولتاژ 120 ولت یا 220 ولت AC که برای مصارف عمومی تأمین می گردد برای فرمان گرفتن استفاده می کنند و جریانی در حدود 10 تا 20 آمپر برایکار خود نیاز دارند، لذا برای اعمال فرمانها توسط پایانه راه دوربه این دستگاهها نیز به مدارهای واسطه مناسبی می باشد.

این ارتباط معمولاً از طریق رله های الکترومکانیکی که فرمان کنترل آنها با استفاده از مدارات ترانزیستوری و یا با استفاده از رله تریستور از طریق پایانه راه دور اعمال می شود، برقرار می گردد.این رله ها معمولاً جریان حدود 25 آمپر و ولتاژ 240 ولت را تحمل کند.

www.powerengineering.blogfa.com

3,3. سخت افزار پایانه

3,3,1. تجهیزات پایانه های دوردست

به منظور جمع آوری و ارسال اطلاعات از ایستگاهها (بطور مثال پست یا نیروگاه در شبکه برق) به مرکز کنترل، از تجهیزات الکترونیکی استفاده می شود که به آنها پایانه های دوردست می گویند.

بطور کلی این تجهیزات شامل دو قسمت مجزای پایانه دوردست (RTU Module) و تجهیزات واسطه (High Voltag Interposing = HVI) بوده که در محل ایستگاهها نصب می شوند و از طریق ترمینالهای واسطه در کابینت های مارشالینگ راک (MR) با ترمینالهای موجود در کابینت های کنترل به تجهیزات مربوط به آن ایستگاه متصل می شوند.

اطلاعات آنالوگ و دیجیتال، از طریق ترانسفورمر جریان (CT) و ترانسفورمر ولتاژ (PT) و کنتاکتهای سیم کشی شده در داخل کابینت ترمینالها جمع آوری می شوند.

این اطلاعات از طریق کابلهایی از مارشالینگ راک به کابینت واسطه (HVI) آورده می شوند.

این کابینت بطورکلی شامل یک سری رله های کنترل و تعدادی مبدل کمیات الکتریکی، از قبیل توان و ولتاژ به جریانهای متناسب، می باشد.مقادیر خروجی این مبدلها که بصورت جریان آنالوگی بوده وارد تجهیزات RTU می شود.

فرمانهای آمده از مرکز نیز در خروجی RTU ظاهر شده که این نیز به نوبه خود رله کنترلی را که در کابینت HVI برقرار می کند.کنتاکتهای این رله نیز به نوبه خود رله کنترلی را در کابینت HVI برقرار می کند.

کنتاکتهای این رله نیز به منظور کنترل دستگاهی در ایستگاه، بطور مثال باز و بسته کردن یک کلید، به کار می رود.

مقادیر تغییر وضعیت و آلارم های ایستگاه نیز که از طریق کنتاکتهای بدون برق در ایستگاه ایجاد می شوند بوسیله ولتاژی که از طریق RTU برای آنها ایجاد می شود بطور مستقیم از طریق RTU دریافت می شوند.

RTU خود یک دستگاه کاملاً الکترونیکی و مدولار می باشد و انواع جدید آن دارای ریز پردازنده می باشد.واحدهای مختلف آن شامل کارتهای الکترونیکی، پروسسور، ورودی و خروجی، مودم، کنترولر و اینترفیس می باشد.

هر کدام از کارتها وظایفی مستقل و مربوط به خود را دارند.بطور مثال از سری کارتهای ورودی و خروجی، کارت ورودی آنالوگ، مقادیر میلی آمپر خروجی از مبدل را در ورودی خود و بر روی یک مقاومت بسیار دقیق دریافت کرده و پس از عبور از یک تبدیل کننده آنالوگ به دیجیتال آنها را تبدیل به سیگنال های دیجیتالی می کند.

www.powerengineering.blogfa.com

چون هر کارت می تواند به تعدادی از سیگنالهای آنالوگ متصل شود اطلاعات آنها با روش Scan دریافت می شود.

کارتهای دیجیتالی ورودی نیز مقادیرتغییر وضعیت و آلارمها را از طریق کنتاکتهای داخل ایستگاه دریافت کرده و اطلاعات را بصورت دیجیتالی آماده برای ارسال به مرکز می نماید.

کارتهای خروجی دیجیتالی نیز می توانند رله فرمان را در کابینت HVI برقرار نماید.کلیه اطلاعات دریافتی یا ارسالی در حافظه RTU نگهداری شده و در مواقع پاسخ به مرکز کنترل بصورت یک سری تلگرام که شامل بیت های آدرس، سنکرونیزاسیون، چک و اطلاعات خام است ارسال می شوند.

اطلاعات که همگی صورت بیت های سریال و صفر و یک می باشند وارد فرستنده مودم شده و بصورت مدولاسیون PSK یا FSK بر روی باند مشخصی از فرکانس مدوله می شوند.سرعت ارسال اطلاعات باند مورد استفاده را مشخص می نماید.

این اطلاعات سریال از طریق کانال مخابراتی که می تواند میکروویو یا PLC و یا انواع دیگر از ارتباطات باشد به مرکز ارسال می شوند.

ارتباط مرکز و پایانه بر اساس رابطه فرمانده / فرمانبر می باشد بدین معنی که پایانه فقط در صورت درخواست از طرف مرکز جواب می دهد و خود به تنهایی و مستقل قادر به ارسال اطلاعات به مرکز نمی باشد، بر روی باند مربوط به اطلاعات نیز می توان مکالمات تلفنی یعنی صدا را نیز انتقال داد.

یعنی از طریق ارتباط پایانه و مرکز می توان دارای یک خط تلفنی مستقیم بین مرکز و ایستگاه شد.این نوع تلفن را (Dispatch Telephone System = DTS) می نامند.تغذیه تجهیزات فوق از طریق شارژر و باتری بطور دائم تأمین می شود.

باتریها بطور معمول می توانند مصرف تجهیزات را تا 8 ساعت پس از قطع برق اصلی بر عهده بگیرند.پایانه ها دارای یک دستگاه سیمولاتور مخصوص بخود به منظور تست و پیدا نمودن عیوب احتمالی می باشد.

3,3,2. ساختار داخلی پایانه

شمای کلی یک پایانه در شکل (3-3) رسم شده است.همانگونه که از شکل پیداست قسمت داخلی پایانه را اصطلاحاً RTU گویند حال آنکه ما تاکنون کل مجموعه را RTU خوانده ایم.این دوگانگی در اصطلاح در عمل نیز وجود دارد.

همانگونه که در شکل (3-3) مشخص است مقادیر اندازه گیری شده آنالوگ (AI) پس از عبور از مبدلهای HVI و وضعیتهای دیجیتال (DI) مستقیماً وارد RTU می شوند.ضمناً فرمانهای

www.powerengineering.blogfa.com

کنترلی (DO) نیز پس عبور از HVI به سیستم اعمال می گردد در این قسمت به خود RTU می پردازیم.

ذکر این نکته لازم است که AI و DI پیش از ورود به قسمتهای لاجیکی از مجموعه ای از فیلترها (محدود کننده debouncer و...) عبور می کنند تا به RTU صدمه نزنند.ویژگیهای این فیلترها خود بحث مفصلی داشته که در اینجا از ذکر آن خودداری می کنیم.

ساختار داخلیRTU مطابق شکل (4-3) است.

در شکل (4-3) مقادیر آنالوگ جمع شونده (Pulse Counter) از سایر مقادیر آنالوگ متمایز شده اند.منظور از I/O های دیگر در این شکل دستگاههایی مشابه پنلهای تعمیراتی (که وضعیت بعضی دستگاههای ایستگاه را نشان می دهد) و احیاناً CRT یا میمیک موجود یا نیروگاه است.

همانگونه که مشخص است مقادیر آنالوگ از A/D عبور می کنند.در شکل (4-3) مشخص است که قسمت اساسی RTU قسمت منطقی مشترک (RTU Common Logic) است.

این قسمت در واقع مغز متفکر سیستم پایانه راه دور بشمار می رود.تمامی اطلاعات بوسیله این قسمت از بردهای اتصال دهنده جانبی جمع آوری شده و با فرمت مناسب از طریق مدم (Modem) برای مرکز ارسال می گردد و تمامی فرمانهای ارسال شده از مرکز کنترل توسط این قسمت با استفاده از مدارات واسطه دریافت شده و پس از کشف رمز بوسیله بردهای جانبی اجرا می گردند.

پیش از آنکه استفاده از میکروپروسسورها در صنعت متداول گردد و در سالهای قبل از دهه 80 میلادی، این قسمت با استفاده از مدارات لاجیکی و کاملاً بصورت سخت افزاری ساخته می شد.پایانه هایی از این دست قابلیت انعطاف کمی داشته و غیر هوشمند خوانده می شوند.

اما با پیشرفت روزافزون میکروپروسسورها و افزایش کارآیی و قابلیت اطمینان آنها در پایانه های دوردست جدید معمولاً این قسمت میکروپروسسور ساخته می شود.این نوع پایانه ها را هوشمند می نامند.

در شکل (5-3) نمای کلی یک قسمت منطقی مشترک که با استفاده از میکروپروسسور ساخته شده و در واقع خود یک میکرو کامپیوتر کوچک می باشد را مشاهده می کنید.این سیستم دارای یک باس میکرو کامپیوتر برای ارتباط قسمتهای مختلف داخلی قسمت منطقی مشترک است و یک باس خارجی هم برای اتصال بردهای جانبی وجود دارد.

در این سیستم یک پروسسور وظیفه ارتباط با مرکز کنترل و ارسال و دریافت پیامها و کشف رمز و یافتن خطا را بر عهده دارد.پروسسور اصلی می تواند از طریق باس میکرو کامپیوتر با پروسسور دیگر و همچنین حافظه ها و مدارات جانبی تعبیه شده برای ارتباط با باس اتصال نقاط (خارجی) تبادل اطلاعات نماید.

www.powerengineering.blogfa.com

در صورت لزوم می توان وسایل جانبی نظیر صفحه کلید و صفحه نمایش دهنده هفت قطعه ای (7-segment) و یا چاپگر را از طریق مدارات جانبی تعبیه شده برای این منظور (Peripheral IF/S) به سیستم متصل نمود.

4.ارتباطات

چنان که پیش از این اشاره شد کارآیی و عملکرد صحیح سیستم SCADA وابسته یک ارتباط دقیق و با امنیت بالا بین مرکز کنترل و پایانه هاست.این ارتباط را سیستم مخابراتی فراهم نموده و در این فصل بدان خواهیم پرداخت.

4,1. روشهای انتقال اطلاعات

برای انتقال اطلاعات از پایانه های دوردست به مراکز کنترل از روشهای مختلفی جهت برقراری ارتباط استفاده می شود که به صورت عمده می توان به دو روش زیر اشاره نمود

ظرفیت کانال انتقال، توپولوژی شبکه و امکانات مخابراتی موجود و ویژگیهای آماری شبکه (احتمال خرابی و کنترل) آرایش های مخابراتی مختلفی استفاده می شود.

4,3,1. آرایش نقطه به نقطه: (Point-to-Point)

در این نوع آرایش یک کانال مخابراتی برای هر پایانه در نظر گرفته می شود بطوری که مرکز کنترل برای ارتباط با هر پایانه یک کانال مخصوص بخود دارد.البته ذکر این نکته لازمست که از لحاظ فیزیکی دو کانال مربوط به دو پست می توانند روی یک خط فشار قوی (در PLC) ولی در دو فرکانس متفاوت قرار داشته باشند که ما در اینجا آنرا دو کانال فرض می کنیم به بیان دیگر مراد از تخصص یک کانال برای هر پایانه آنست که مرکز می تواند با استفاده از CIU ارتباطش با RTU را بطور همزمان برقرار کند و همینطور چون پیامهای RTU ها جداگانه ارسال می شود نیازی به آدرس کردن پایانه ها نبوده و بیتهای آدرس حذف می کرد.

ارتباط نقطه ای با توجه به تعداد پایانه هایی که بهر CIU متصل می شود بدو صورت تقسیم می شود.

بهر CIU تنها یک RTU متصل می شود: این روش بسیار مناسب بوده و قابلیت اطمینان فراوانی ایجاد می کند.در واقع این نوع آرایش بهترین آرایش ممکن بوده و در غالب سیستم های جدید از آن استفاده می شود.

به هر CIU بیش از یک RTUها متصل شود: این روش عموماً بدلیل صرفه جویی در وسائل الکترونیکی و پائین آوردن قیمت تجهیزات مرکز کنترل و یا عدم کارآیی و سرعت کامپیوتر مرکز انجام می گیرد.طبیعتاً از آنجا کهCIU برای ارتباط با پایانه های متصل بخود نیاز به مالتی پلکس زمانی (TDM) دارد، این ارتباط حالت سریال داشته و پاسخ زمانی افزایش می یابد.

www.powerengineering.blogfa.com

در مواردی که محدودیت در کانالهای مخابراتی وجود ندارد بایستی برای دستیابی به پاسخ زمانی مناسب سرعت ارسال را چند برابر نمود مثلاً اگر سرعت ارسال برای آرایش نقطه ای نوع اول، 200 بیت در ثانیه بدست آید در نوع دوم چنانچه به هر CIU، 3 پایانه متصل باشد این سرعت را می بایست به 600 بیت در ثانیه رساند البته عموماً این عدم محدودیت وجود نداشته و استفاده از این تکنیک پاسخ زمانی را بالا می برد بنابراین بهتر است حتی الامکان از آن استفاده نشود.

چنانچه در شبکه ای امکان برقراری ارتباط نقطه ای بین کلیه ی پایانه ها و مرکز کنترل موجود باشد این آرایش از هر لحاظ بهتر است ولی گهگاه به دلائل مخابراتی چنین ارتباطی میسر نمی باشد.

4,3,2. آرایش Party-Line :

هرگاه برقراری ارتباط نقطه ای بین کلیه پایانه ها و مرکز کنترل ممکن نبود یا نیاز به کانالهای مخابراتی با قیمت گزاف داشت مسئله آرایش Party-Line مطرح می گردد.

در این آرایش چند پایانه از یک کانال مخابراتی برای ارتباط مرکز استفاده می کنند و مرکز نیز برای ارتباط با آنها می بایست آنها را آدرس نماید بدین ترتیب هر پایانه با چک کردن بیتهای آدرس در پیغام، پیام مربوط به خود را دریافت می کند طبیعی است در صورت استفاده از چنین آرایشی کلیه پایانه هایی که از یک کانال مخابراتی استفاده می کنند در مرکز نیز به یک CIU وصل می شوند بدلائل مخابراتی برقراری ارتباط همزمان مرکز با این پایانه ها منتفی بوده و نیازی به بیش از یک CIU نخواهد داشت.

اگر فرض کنیم که سرعت ارسال محاسبه شده برای آرایش نقطه به نقطه جهت تأمین زمان پاسخگویی مناسب سیستم 200 بیت در ثانیه باشد، در آرایش Party-Line (چنانچه هر 3 پایانه مثلاً دارای یک کانال مخابراتی باشند) برای حفظ همین زمان پاسخگویی در بدترین شرایط می بایست سرعت ارسال را 600 بیت در ثانیه فرض نمود اما اصولاً چنین عملی کاملاً اشتباه است زیرا در صورت وجود 600 بیت در ثانیه کانال مخابراتی می بایست آنرا به 3 کانال جداگانه 200 بیت در ثانیه تفکیک نمود و آرایش را بصورت نقطه به نقطه در آوریم.

به تعبیر دیگر Party-Line تنها برای صرفه جویی در پهنای باند بکار می آید اگر سرعت ارسال در این حالت سه برابر شود این صرفه جویی انجام نخواهد شد.

در این مثال چنانچه سرعت ارسال را همان 200 بیت در ثانیه فرض کنیم،در بدترین حالت زمان پاسخگویی 3 برابر افزایش می یابد اما از آنجایی که در بسیاری موارد کانال مخابراتی اشغال نبوده احتمال وقوع چنین حالتی (بدترین حالت) ناچیز است و بنابراین بطور متوسط زمان پاسخگویی کمتر از 3 برابر افزایش می یابد.

www.powerengineering.blogfa.com

مقدار دقیق این افزایش تابعی از احتمال وقوع خرابی، انجام کنترل در شبکه بوده و برای تعیین آن از محاسبات آماری استفاده می شود.

از آنچه گفتیم می توان نتیجه گرفت که آرایشParty-Line با استفاده از غیر همزمانی ارتباط پایانه ها با مرکز، پهنای باند کانال مخابراتی را کاهش می دهد ولی بهمان نسبت پاسخ زمانی را بالا می برد.

همانطور که پیش از این گفته شد با استفاده از محیطهای مخابراتی جدید امروزه اغلب از آرایش نقطه به نقطه استفاده می شود.

4,40. سیستم ها و محیط های مخابراتی

همانطور که پیش از این گفتیم اطلاعات مخابره شده بین مرکز کنترل و پایانه ها اطلاعاتی دیجیتال و باینری است.

این مجموعه ی اطلاعات در ابتدا با یک تکنیک مدولاسیون دیجیتال ماهیت آنالوگ یافته و سپس یک مدولاسیون آنالوگ روی آنها اعمال شده تا بسهولت ارسال شوند.

مدولاسیون دیجیتال عموماً FSK (Frequency Shift Keying) می باشد بدین ترتیب که برای داده ی یک، سینوسی با یک فرکانس و برای داده ی صفر سینوسی با فرکانس دیگر ارسال می شود مثلاً در یک نمونه عملی برای حالت صفر، سینوسی با فرکانس دیگر ارسال می شود مثلاً در یک نمونه عملی برای حالت صفر، سینوسی با فرکانس 2100 Hz = 200+2900 و برای حالت یک سینوسی با فرکانس 2700 Hz = 200-2900 ارسال می گردد.

پهنای باند در مدولاسیون FSK بیش از همه به سرعت ارسال (bitrate) و پس از آن به فرکانسهای ارسالی در حالت یک و صفر بستگی دارد ولی عموماً از استانداردی مطابق جدول (1-4) برای تعیین پهنای باند استفاده می گردد البته گاهی با تغییر پهنای باند کانالهای ارسالی روی خطر تعبیه می دهند.

حال برای ارسال این اطلاعات از محیطهای مختلف مخابراتی نظیر خط تلفن اختصاصی (Leased (Power Line Carrier) PLC, Line) ، رادیو و مایکروویو، کابل زیرزمینی (پیلوت)، فیبر نوری و ماهواره استفاده می شود.

4-3- ایزولاتور (مقره)

مقره ها نگهدارنده ی قسمت هایی از تاسیسات الکتریکی هستند که نسبت به زمین دارای اختلاف سطح کمتری می باشند.

لذا مقره ها باید از یک استقامت مکانیکی و الکتریکی خاصی برخوردار باشند تا بتوانند علاوه بر نیروهای مختلف مکانیکی (فشار، کشش، خمش) و الکترو دینامیکی که به آنها وارد می

www.powerengineering.blogfa.com

شود، در نامناسب ترین شرایط (باران- مه – شبنم و آلودگی) فشار الکتریکی وارده را نیز تحمل کنند.

بدین جهت پایداری و انتقال بدون وقفه انرژی الکتریکی تا حدود زیادی بستگی به انتخاب و مراقبت صحیح ایزولاتورها دارد.

استقامت مکانیکی ایزولاتورها بستگی به جنس و ضخامت عایق و استقامت الکتریکی آن بستگی به جنس و طول و شکل مقره دارد.

مقره ها و پایه های عایقی اکثراً از چینی و نوعی مقره ها از شیشه ساخته می شوند.حتی در این دهه ی آخر از مواد مصنوعی (صمغ مصنوعی، آرالدیت و...) نیز در شرایط خاصی استفاده شده است.

کلیه ی ایزولاتورهای چینی دارای پوششی از لعاب شیشه می باشند.لعاب علاوه بر اینکه استقامت مکانیکی ایزولاتور را تا حدودی بالا می برد، باعث صیقلی شدن سطح خارجی ایزولاتور نیز می گردد.

در نتیجه قدرت چسبندگی ذرات خارجی مثل گرد و خاک و دوده به آن کم می شود و در اثر باد و باران نیز بسادگی تمیز و شسته می شود.رنگ لعاب معمولاً تیره (قهوه ای سوخته) می باشد تا از شبنم روی آن جلوگیری شود.

تجربه و آزمایشات متعدد نشان داده که اگر استقامت الکتریکی عایق خیلی بزرگتر از استقامت الکتریکی هوای اطراف آن باشد، با ازدیاد ولتاژ قبل از اینکه در داخل مقره جرقه زده شود همیشه جرقه در اطراف سطح جانبی عایق بین دو الکترود ظاهر می گردد.

این شکست الکتریکی خارج از عایق را شکست جنبی عایق می نامند.در شکل (1-4) شکسن جنبی یک ایزولاتور 110 kv نشان داده شده است شکست جنبی را می توان چنین توجیه کرد که روی سطوح خارجی ایزولاتور بعلت وجود اجسام خارجی مثل رطوبت، گردد.

خاک، دوده و غیره یک جریان خزنده ای متناسب با قابلیت هدایت این اجسام از سطح جانبی مقره عبور می کند.

تلف حرارتی این جریان باعث بخار شدن قشر آب شده و ذرات باردار بخار در داخل حوزه ی الکتریکی کشیده می شوند و باعث شکست خارجی عایق می گردند.

توسط فرم دادن به ایزولاتور و ایجاد برآمدگی هایی در سطح ایزولاتور می توان تا و لتاژ معینی از چنین شکستی جلوگیری کرد.

چترهای اطراف ایزولاتور باعث می شوند که قسمت هایی از ایزولاتور از آب باران مصون بماند و قشرهای آب در طول ایزولاتور بصورت مقطع ظاهر شوند و در نتیجه جریان خرنده به مقدار قابل ملاحظه ای کوچک می شود و اختلاف سطح لازم برای شکست جنبی بالا می رود.

این چترها در مه و شبنم تاثیر چندانی ندارند، زیرا با وجود مه و شبنم تمامی مقره ها و حتی زیر چترها نیز نمناک می شود.

www.powerengineering.blogfa.com

در این شرایط تنها تاثیری که روی اختلاف سطح جرقه گذاشته می شود این است که در هر حال بخاطر طویل شدن فاصله ی بین دو الکترود در روی سطح جانبی مقره جریان خزنده کوچک می شود و باعث می شود که اختلاف بسطح شکست الکتریکی تا حدودی بالا رود.

به همین جهت مه و شبنم و گرد و خاک در شکست الکتریکی جنبی موثرتر از باران می باشند.ضمناً باران اغلب شستشو دادن و تمیز کردن ایزولاتور نیز می گردد.

برای اینکه اثر کثافات و اجسام خارجی روی ایزولاتور را به حداقل برسانند و خطر شکست خارجی را کمتر کنند از تعداد زیادی چتر با لبه های بلند استفاده می شود که در نتیجه مسیر تخلیه طویل تر شده و جریان خزنده در طول ایزولاتور کوچک می شود.

4-4- انواع ایزولاتورها

مقره ها را می توان به دو دسته ی کلی تقسیم نمود که عبارتند از مقره های ثابت و مقره های آویزان.

مقره های ثابت توسط پیچ هایی به دکل های چوبی یا فلزی محکم می شوند و برای ولتاژهای تا 35 KV ساخته می شوند.این مقره ها به ایزولاتور دلتا معروف هستند.

مقره های آویزان برای ولتاژهای زیادتر ساخته می شوند و به سه دسته تقسیم می شوند که عبارتند از:

ایزولاتور بشقابی.

ایزولاتور توپر.

ایزولاتور بلند.

ایزولاتور بشقابی از سه قسمت: بشقاب چینی، کلاهک فولادی و میله ی آویز تشکیل شده اند.بشقاب چینی در یک طرف دارای یک برآمدگی نیمه کروی است که در داخل کلاهک فلزی قرار می گیرد.

ارتباط کلاهک و بشقاب چینی به کمک سیمان مخصوصی انجام می شود.روی بشقاب صیقلی و لعاب داده شده اشت و داخل بشقاب علاوه بر سوراخی که برای نصب میله ی آویز پیش بینی شده دارای شیارهایی برای بالا بردن شکست جنبی ایزولاتور نیز می باشد.

میله ی آویز شبیه دسته هاون می باشد و از فولاد ساخته شده است و بتوسط رینگ فلزی در داخل سوراخ بشقاب آویزان می شود.

در فشارهای قوی برای اینکه طول ایزولاتور افزایش یابد می توان چند عدد مقره را توسط کلاهک وسیله ی آویز به یکدیگر متصل کرد.

بزرگترین عیب ایزولاتور بشقابی در قابل شکست الکتریکی داخلی بودن آن است که برای رفع این عیب ایزولاتور توپر ارائه شد.

www.powerengineering.blogfa.com

در ایزولاتور توپر که به آن ایزولاتور دوچتری نیز می گویند فاصله ی بین کلاهک و میله ی آویز نسبت به ایزولاتور بشقابی خیلی زیادتر است بدین جهت در این ایزولاتور قبل از اینکه شکست خارجی بوجود آید شکست داخلی تقریبا محال خواهد بود.

در فشار قوی همانطور که گفته شد باید چند عدد ایزولاتور بشقابی یا توپر به هم زنجیر شوند، در نتیجه برحسب ولتاژ شبکه در طول زنجیر ایزولاتور تعدادی قطعات فلزی هادی (میله ی آویز و کلاهک) وجود دارد و علاوه بر اینکه زنجیر را سنگین می کند باعث تخلیه ی الکتریکی و جرقه پی در پی نیز می گردد.

برای برطرف کردن این نقیصه ایزولاتور بلند ساخته شد.ایزولاتور بلند فاقد قطعات فلزی است و هر کدام به تنهایی شامل چندین چتر می باشند و برای اختلاف سطح زیاد ساخته می شوند.

بعنوان مثال می توان در شبکه ی 60 xr بجای چهار عدد ایزولاتور بشقابی و یا دو عدد ایزولاتور توپر فقط یک عدد ایزولاتور بلند بکار برد.

ایزولاتور بلند از ایزولاتورهای بشقابی و توپر در فشار مساوی سبکتر است و بدین جهت حمل و نقل و نصب آن آسان تر و ارزانتر می باشد.

مثلا یک ایزولاتور بلند 110 kr در حدود 25 kg وزن دارد در صورتیکه اگر برای همین ولتاژ از ایزولاتور بشقابی استفاده شود هفت عدد بشقاب لازم است که وزن آنها به 43 kg می رسد.

برای ولتاژهای خیلی زیاد نیز می توان این ایزولاتورها را به زنجیر کشید و آویزان کرد.ایزولاتور بلند مطلقا قابل شکست الکتریکی داخلی نیست.

اما از آنجا که این ایزولاتورها تحت کشش زیر قرار می گیرند و استقامت کششی چینی زیاد خوب نیست، بعضی اوقات نیروهای کششی غیرقابل پیش بینی یا داشتن نقص فنی مثل ترک های مویی و حباب هوایی و غیره باعث شکستن ایزولاتور می شود و در موقع شکسته شدن چون سیم با زمین تماس پیدا می کند به همین علت هنوز از ایزولاتورهای بشقابی و توپر زنجیر شده در انتقال انرژی بیشتر استفاده می شود.

زیرا در ایزولاتورهای بشقابی و توپر با صدمه دیدن و شکسته شدن یک یا دو بشقاب سیم فشار قوی با زمین تماس پیدا نمی کند و مقره های سالم سیم را نگه می دارند.

5-4- تقسیم ولتاژ در ایزولاتورهای زنجیره ای

یک ایزولاتور از نظر الکتریکی مثل یک خازن می ماند، بطوریکه کلاهک فولادی و میله ی آویز فولادی دو الکترود خازن را تشکیل می دهند و چینی بین آنها عایق بین در جوشن.

بدین ترتیب زنجیری از ایزولاتورهای بشقابی بصورت چندین خازن سری با ظرفیت های مساوی c در می آید و اختلاف سطح الکتریکی کل باید بطور مساوی روی خازن های با ظرفیت مساوی یعنی بین بشقابها تقسیم شود.

www.powerengineering.blogfa.com

اما چون بین مرشینها و دکل پایانه ی فلزی که ایزولاتور به آن متصل است نیز اختلاف سطح وجود دارد بنابراین خازنهایی نیز بین هر کلاهک و دکل تشکیل می شود.

اگر ظرفیت این خازنها را با c' نشان دهیم (می توان آنها را برابر فرض کرد) برای ایزولاتور آویزان می توان نوشت: $k \quad \frac{c'}{c}$

برای یک ایزولاتور زنجیره ای نسبت فوق مشخص است و در حدود 0.2 تا 0.05 می باشد.

$$0.2 \geq k \geq 0.05$$

حال یک زنجیر را با شش عضو که دارای $k = 0.2$ است در نظر می گیریم و برای ساده شدن محاسبات بجای مقاومت دی الکتریکی ازمقاومت اهمی آن استفاده می کنیم،لذا می توان نوشت نسبت ظرفیتها مثل عکس نسبت مقاومتها است و بعبارت دیگر:

$$\frac{C'}{C} = \frac{R}{R'} = K = 0.2 \qquad (4\text{-}6)$$

از آنجا که افت ولتاژ در مقاومتهای سری شده بستگی به نسبت مقاومتها دارد می توان مقاومت R را بطور دلخواه انتخاب کرد و ما برای ساده شدن محاسبات R را برابر یک اهم فرض کرده که در اینصورت افت ولتاژ هر یک از عضوها برابر با شدت جریانی می شود که از آن عضو عبور می کند.

محاسبات را با فرض اینکه جریان I1= 10A باشد از اولین عضو در الکترود A شروع می کنیم در اینصورت افت اختلاف سطح در روی اولین عضو عبارت است از:

$$U1 = I1.R = 10 \times 1 = 10$$

از دومین عضو جریان (I1+i1) عبور می کند.جریانi1 برابر است با:

$$i_1 = \frac{U_1}{R'} = \frac{K.U_1}{R} = \frac{0.2 \times 10}{1} = 2A$$

در اینصورت:

$$I_2 = 10 + 2 = 12A$$

$$U_2 = I_2 R = 12 \times 1 = 12\,r$$

$$i_2 = \frac{U_1 + U_2}{R'} = \frac{K(U_1 + U_2)}{R} = \frac{0.2(10 + 12)}{1} = 4.4\,A$$

$$I_3 = I_2 + i_2 = 12 + 4.4 = 16.4\,a, U_3 = 16.4\,r$$

$$i_3 = \frac{0.2(U_1 + U_2 + U_3)}{R} = \frac{0.2(10 + 12 + 16.4)}{1} = 7.68\ A$$

$$I_4 = I_3 + i_3 = 16.4 + 7.68 = 24.5\,A, U_4 = 24.08\,r$$

و به همین ترتیب محاسبات را ادامه می دهیم و افت اختلاف سطح های هر شش عضو را پیدا می کنیم،مجموع این ولتاژها برابر است با ولتاژ زنجیر (UAB)

$$U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 + U_6 = U_{AB}$$

$$10 + 12 + 16.4 + 24.1 + 36.6 + 56.4 = 155.5r$$

www.powerengineering.blogfa.com

و یا اگر UB را برابر 100 فرض کنیم،درصد افت اختلاف سطح های جزء برابر می باشد با:

6.4+7.7+10.5+15.5+23.5+36.2=100%

این اعداد نشان می دهند که اختلاف سطح کل روی اعضاء زنجیر بطور مساوی و یکنواخت تقسیم نمی شوند.البته متذکر می شویم که چنانچه K مقدار کمتری را دارا باشد این تفاوت اختلاف پتانسیلها کمتر خواهد بود.

ضمناً دیده می شود که هر چه تعداد بشقابها زیادتر باشد توزیع ولتاژ غیر یکنواخت تر می باشد.بعنوان مثال برای زنجیر 10 عضوی با کمترین مقدار K (0.05) افت اختلاف سطح های زیر بدست می آید.

4.9+5.1+5.6+6.4+7.5+9+10.9+13.4+16.6+20.6=100%

برای یکنواخت تر کردن افت ولتاژها روشهای زیادی پیشنهاد شده که یکی از آنها بزرگترین انتخاب کردن ظرفیت ایزولاتورهای نزدیک به سیم می باشد.

بطور کلی می توان گفت که هر چه طول زنجیر بیشتر باشد تقسیم ولتاژ نامتعادل تر می شود و اعضای نزدیک به سیم همیشه دارای اختلاف سطح بیشتری می گردند و به همین جهت باید ایزولاتورهای بشقابی برای تحمل این ولتاژ در نظر گرفته و ساخته شوند.

تمرین

اختلاف پتانسیل موجود در طول هر واحد مقره را برای یک زنجیره ی ایزولاتور شامل 4 واحد مقره ی یکسان مربوط به یک خط هوایی پیدا کنید در صورتیکه می دانیم ولتاژ بین هادی و زمین برابر 60 کیلو ولت و ظرفیت هر واحد مقره پنج برابر ظرفیت قسمتهای فلزی بین مقره ها نسبت به زمین می باشد.

6-4- روشهای توزیع مساوی ولتاژ در طول زنجیره ی مقره

روشهایی که جهت رسیدن به این هدف وجود دارند عبارتند از:

کنترل K

درجه بندی کاپاستیانس واحدهای مقره

کاربرد حفاظ استاتیکی یا حلقه ی محافظ

لعاب هادی

www.powerengineering.blogfa.com

4-6-1- کنترل K

دیدیم که کاهش K سبب یکنواخت تر شدن توزیع ولتاژ در طول عمر زنجیره ی ایزولاتور می شود.برای این منظور باید ظرفیت بین قسمتهای فلزی مقره ها و زمین نسبت به ظرفیت واحدهای مقره حتی الامکان کوچک گردد.یکی از روشهای ممکن برای نیل به این هدف کاربرد دکلهایی با بازوهای بلند است.

اما آشکار است که طول بازوها با توجه به مسائل مربوط به استقامت مکانیکی و گرانی هزینه نمی تواند از حد معینی بلندتر باشد.

4-6-2- درجه بندی کاپاستیانس واحدهای مقره

از آنچه گذشت مشخص است که اگر کاپاستیانس پایین ترین واحد مقره را بتوان افزایش داد و بترتیب کاپاستیانس واحدهای متوالی سمت بالای زنجیر مقره را کمتر کرد، ولتاژ روی واحدهای پایینی کاهش یافته و بر روی واحدهای بالاتر افزایش خواهد یافت.

با تنظیم صحیح کاپاستیانس واحدهای مقره می توان توزیع ولتاژ در طول زنجیر را کاملا یکنواخت کرد.

واضح است که برای درجه بندی کاپاستیانس واحدهای مقره آنچنان که ولتاژ کاملا بر روی واحدهای مختلف رنجیره ی مقره یکنواخت گردد، باید تمام واحدهای مقره در طول یک زنجیره متفاوت باشند که این امر منجر به گرانی هزینه ی خط خواهد شد.

در عمل استفاده از یک یا دو واحد مقره ی بزرگتر (دارای کاپاستیانس بیشتر) در قسمت های پایین زنجیره ی مقره (نزدیک هادی) و بکار بردن واحدهای یکسان و مشابه برای بقیه طول زنجیره منجر به نتیجه ای رضایت بخش می شود.

4-6-3- کاربرد حفاظ استاتیکی یا حلقه ی محافظ

در این روش بمنظور توزیع یکنواخت ولتاژ یک حلقه ی فلزی در اطراف واحد پایینی مقره قرار گرفته و به هادی خط متصل است.

این حلقه سبب افزایش کاپاستیانس بین قسمتهای فلزی زنجیره و هادی خط می شود.در عمل رسیدن به یک توزیع ولتاژ برابر با استفاده از این روش غیرعملی است.اما با بکار بردن حلقه ی فوق بهبود قابل ملاحظه ای حاصل می شود.

بعنوان مثال آزمایشات بر روی یک زنجیره ی نمونه با 14 واحد مقره نشان داد که ولتاژ اعمال شده روی واحد پایینی با کاربرد حلقه ی محافظ از 18.3% کل ولتاژ به 11.8% کل ولتاژ در طول زنجیره کاهش می یابد.

www.powerengineering.blogfa.com

حلقه ی محافظ فلزی در ضمن بعنوان شاخک هوایی در قسمت پایینی زنجیره ی ایزولاتور مورد استفاده قرار می گیرد و در هنگام تخلیه ی الکتریکی ناشی از ازدیاد ولتاژ با برقراری فوس الکتریکی بین شاخک هوایی و حلقه ی محافظ مانع تشکیل جرقه در سطح مقره می شود.

4-6-4- لعاب هادی

چنانچه هر کدام از کاپاستیانسهای واحدهای یک زنجیر مقره را بتوان با یک مقاومت موازی کرد، بطوریکه اثر خازنی در مقایسه با جریان مقاومتی ناچیز باشد، توزیع غیر یکنواخت ولتاژ در طول زنجیره ی ایزولاتور ناشی از اثر کاپاستیانس واحدهای مقره نسبت به زمین بطور محسوسی اصلاح خواهد شد و با کمک مقاومتهای مزبور توزیع یکنواخت تری در طول زنجیره ی مقره نتیجه خواهد شد.

این عمل را می توان با پرسش ایزولاتورها بوسیله ی یک لعاب که دارای هدایت کمی باشد (مقاومت موازی، کاپاستیانس) انجام داد.

کاربرد عملی این روش بخاطر اینکه تهیه چنین لعابی که بتواند خاصیت خود در زمان طولانی حفظ نماید امری بسیار مشکل است و نیز به خاطر تلف انرژی الکتریکی زیاد محدود مانده است.

4-7- حفاظت ایزولاتور در مقابل جرقه

در سیم های انتقال انرژی اغلب اختلاف سطح های زیادی بصورت امواج بسیار در اثر قطع و وصل بی موقع کلیدها و یا اثرات جوی بوجود می آید که باعث جرقه زدن بین دو سر ایزولاتور می شود.

این جرقه ها و هر جرقه ی دیگری که در اثر کثیف شدن مقره و یا- آلوده بودن هوا بوجود می آید حرارت کلاهک فلزی مقره را بخصوص در پایه ی جرقه بشدت بالا می برد و چون مقاومت حرارتی چینی زیاد نیست اغلب باعث ترکیدن مقره می شود.

در ضمن حرارت شعله ی جرقه باعث ذوب کردن لعاب شیشه ای روی ایزولاتور نیز می گردد.

برای حفاظت ایزولاتور در مقابل جرقه از وسایلی بنام جرقه گیر استفاده می شود.جرقه گیرها قطعات فلزی هستند که علاوه بر اینکه مانع شروع جرقه از کلاهک ایزولاتور می شوند تا حدودی باعث تقسیم بهتر اختلاف سطح روی ایزولاتور نیز می گردند.

بخصوص ایزولاتورهای بلند که در مقابل جرقه بسیار حساس هستند و باید حتماً با جرقه گیر مناسبی مجهز شوند.

جرقه گیرها با اشکال مختلف: شاخه ای، حلقه ای و سبدی ساخته می شوند.جرقه گیر شاخه ای باید طوری نصب شود که در موقع جرقه زدن چکه های قطعات ذوب شده روی سیم انتقال انرژی نریزد.

www.powerengineering.blogfa.com

4-8- استقامت الکتریکی مجاز ایزولاتور

کشورهای مختلف مطابق با قوانین الکتریکی خود حداقل استقامت الکتریکی ایزولاتورها را بشرح زیر تعیین کرده اند.

در استاندارد IEC $U_U^{\mathfrak{t}} = 1.05(2U + 10)[KV]$

در استاندارد VDE (آلمان) $U_U^{\mathfrak{t}} = 1.1(2U + 10)[KV]$

در استاندارد SEV (اطریش) $U_U^{\mathfrak{t}} = 0.85(2U + 10)[KV]$

در روابط فوق $U_U^{\mathfrak{t}}$ عبارتست از حداقل اختلاف سطح جرقه ای زیر باران و U عبارتست از اختلاف سطح شبکه،براساس روابط فوق اختلاف سطح جرقه ای زیر باران نسبت به اختلاف سطح شبکه (4-7) رسم شده است.

در این شکل a طبق استاندارد IEC , b براساس استاندارد SEV , C طبق استاندارد , d VDE استاندارد VDE برای شرایط سخت تر و e طبق قوانین ایتالیایی و f طبق قوانین کشورهای انگلیسی می باشد.

4-9- آشنایی با پدیده ی تخلیه ی جوی

بروز طوفانهای موضعی در شرایط جوی مناسب یونیزه گشتن مولکولهای بخار آب و مولکولهای تشکیل دهنده ی ابرها را سبب گردیده، بارهای الکتریکی مثبت و منفی حاصل در آنها را تقسیم و متراکم می سازد.

قطرات حامل بارهای مثبت در یک طرف و بارهای منفی در طرف دیگر ابرها انباشته گشته و ابرها با در قطب مثبت و منفی پدید آورده و اصطلاحاً آنها را پلاریزه می سازند.

ایجاد دو قطب مثبت و منفی شدت میدان الکتریکی را در حد فاصل آنها بوجود آورده و انباشته گشتن هر چه بیشتر بارها، شدت میدان الکتریکی را بطور مداوم افزایش می دهد.

با تراکم بارها در ابر و قطبی شدن آنها بارهای الکتریکی در سطح زمین القاء گشته و شدت میدان الکتریکی را در حد فاصل بین ابر و زمین ظاهر می کند.

در صورت تجاوز شدت میدان از شدت میدان مقاوم هوا و قابل قبول ابرها، قوس و تخلیه ی الکتریکی در داخل ابرها، بین ابرها و بین ابرها و زمین روی می دهد.

با بروز قوس بارهای الکتریکی مثبت و منفی انباشته شده در دو طرف ابر یا ابر و زمین بسوی یکدیگر جریان یافته، با یکدیگر جمع شده، همدیگر را خنثی ساخته و مولکولهای کامل را پدید می آورند.

این عمل به تخلیه ی بارهای الکتریکی موسوم است.

www.powerengineering.blogfa.com

با تخلیه ی بارها از شدت میدان کاسته گردیده، قوس خفه گشته و تخلیه ی بارها قطع می گردد.محل تخلیه ی بارها و محل بروز قوس به فاصله ی زمانی چند میلی ثانیه یونیزه و هادی گشته و با خفه گشتن قوس مسیر فوق مجدداً و یونیزه گشته و از خاصیت دی الکتریک کامل برخوردار می گردد.

در مورد علت اصلی یونیزه گشتن ابرها و انباشته شدن بارهای الکتریکی در ابر نظرات گوناگونی ارائه شده که معتبرترین آنها تشکیل بارهای الکتریکی در پی اصطکاک ابرها با یکدیگر و با لایه های در حال جابجایی هوا می باشد.

برجهای فلزی خطوط انتقال انرژی با ارتفاع 30 تا 50 متر و سیم های فاز آنها، بهترین و مناسبترین وسیله جهت انتقال بارهای الکتریکی به زمین را تشکیل می دهند.

از آنجا که تخلیه ی جوی بارهای الکتریکی بر سیم های فاز مشکلات عمده ای در بهره برداری شبکه های انتقال انرژی را موجب می گردد باید پیش بینی های لازم جهت مقابله با این پدیده صورت گیرد.

از جمله این پیش بینی ها نصب سیم زمین می باشد که در قسمت های بعد توضیح داده خواهد شد.

10-4- انواع مختلف اضافه ولتاژها در شبکه

کلیه ی اضافه ولتازهای ظاهر شده در شبکه را می توان برحسب منبع بروز یا مشکل آنها تقسیم بندی کرد.تقسیم بندی آنها برحسب موج و نحوه ی تغییرات آنان به شرح زیر صورت می پذیرد:

اضافه ولتاژهای موجی

اضافه ولتاژهای موقت

اضافه ولتاژهای موجی نیز به دو دسته اند: الف- اضافه ولتاژهای ناشی از رعد برق. ب- اضافه ولتاژهای گذرا ناشی از قطع و وصل کلیدها.

1- اضافه ولتاژهای موجی

این اضافه ولتاژها بصورت موج اضافه ولتاژ در شبکه ظاهر گشته و با سرعتی نزدیک به سرعت نور در طول هادیها منتشر می گردند.

موج در طی انتشار خود در طول هادی تغییر شکل داده و بتدریج در طول خط مستملک می گردد.

این اضافه ولتاژها از طریق دو منبع گوناگون در شبکه ظاهر می گردند که بشرح آنان خواهیم پرداخت.

www.powerengineering.blogfa.com

1- الف- اضافه ولتاژهای رعد و برق

اضافه ولتاژهای موجی رعد و برق در پی تخلیه ی جوی الکتریکی بر قسمتهای مختلف شبکه ظاهر می گردند.

چون منبع بروز این اضافه ولتاژها عامل خارج از شبکه می باشد اضافه ولتاژهای خارجی نیز نامیده می شوند.

با تخلیه ی جوی الکتریکی بر شبکه بارهای الکتریکی انباشته شده در ابرها و در فضاء از طریق کانال یونیزه تشکیل شده در فضا، به صورت قوس مرئی رعد و برق در قسمتهای مختلف شبکه تخلیه گشته و اصطلاحاً به تخلیه ی جوی الکتریکی موسوم می باشد.

تخلیه ی بارهای الکتریکی جوی، موجبات افزایش ولتاژ را بطور لحظه ای در محل تخلیه فراهم ساخته، ولتاژ موجی با سرعت نور در طول هادیهای فاز منتشر گشته و اضافه ولتاژهای موجی تخلیه ی جوی را پدید می آورند.

ولتاژ تا مقدار حداکثر خود U_{max} در فاصله زمانی T_d موسوم به زمان پیشانی موج افزایش یافته و سپس با شیب محدود کاهش می یابد.نسبت $\frac{U_{max}}{T_d}$ به عنوان سرعت افزایش در زمان پیشانی موج موسوم بوده و بر حسب کیلو ولت بر میکرو ثانیه بیان می گردد.

سرعت افزایش اضافه ولتاژهای رعد و برق بین 500 تا 5000 کیلو ولت بر میکرو ثانیه متغیر می باشد.

تخلیه ی جوی بر خطوط انتقال ممکن است بر یکی از قسمتهای زیر رخ دهد:

1- شیم های فاز 2- سیم های زمین 3-برجها

تخلیه ی جوی مستقیم بر سیم های فاز به منزله تزریق قابل توجه بارهای الکتریکی با سرعت چندین کیلو آمپر بر میکرو ثانیه در فاصله زمانی چند میکرو ثانیه می باشد.

به علت فرکانس بسیار بالای موج، تخلیه ی در هر فاز، بلافاصله به طور همزمان ولتاژهای مشابه را در دو فاز دیگر القاء می کند.موج حاصل از تخلیه ی جوی از محل تخلیه به سوی در انتهای خط منتشر می گردد.

چون فاصله ی ایزولاسیون فاز و زمین در محل زنجیر مقره حداقل می باشد لذا قوس در طول زنجیر مقره بوجود می آید.

با بروز قوس اتصالی فاز به زمین بوجود آمده و قطع رله های محافظتی را بدنبال خواهد داشت.بهرحال با بروز قوس بارهای الکتریکی تخلیه ی جوی به زمین تخلیه می گردند.

تخلیه بر سیم های زمین: سیم های زمین از جنس فولاده بوده و مستقیماً به بدنه ی برجها متصل می باشند.

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineering.blogfa.com

بارهای الکتریکی ناشی از تخلیه ی جوی در طول سیم های زمین منتشر شده و با رسیدن به محل برجها از طریق بدنه ی فولادی آنها به زمین منتقل می گردند بدون اینکه فواصل ایزولاسیون خط و شرایط بهره برداری را منتقل سازند.

البته در مواردی که دامنه ی ولتاژهای القاء شده در سه فاز از ولتاژ قابل تحمل ایزولاتورها بیشتر باشد بروز قوس در زنجیر مقره را نیز سبب می گردد.

تخلیه ی جوی مستقیم بر بدنه ی برجها: این تخلیه معمولا بر نقطه راس برج صورت می گیرد و با توجه به اتصال مستقیم برجها به زمین موج حاصل از تخلیه ی جوی به سهولت به زمین منتقل می گردد.

در این موارد موج حاصل از تخلیه ی جوی به سه قسمت تقسیم می شود.حدود 95% آن از طریق بدنه ی برج به زمین منتقل می گردد و 15% دیگر در دو جهت در طول سیم های زمین منتشر گردیده و از طریق بدنه ی برجهای بعدی به زمین منتقل می گردد.

با توجه به مراتب فوق تخلیه ی جوی بترتیب بر قسمتهای زیر مطلوب می باشد.1- برجها 2- سیم های زمین و در آخر سیم های فاز.

از آنجا که ظهور تخلیه ی جوی بر خطوط انتقال اجتناب ناپذیر می باشد لذا برای تست انواع عایقها و دستگاههای الکتریکی این ولتاژ در آزمایشگاهها تولید شده و مقره ها و سایر تاسیسات بوسیله ی آن تست می شوند.

1- ب- اضافه ولتاژهای گذرا

از قطع و وصل کلیدها و رژیم گذرای ظاهر شده در آنان نتیجه شده و به صورت موج در شبکه ظاهر می گردد.

این اضافه ولتاژها از نظر شکل و تغییرات لحظه ای خود کاملاً مشابه اضافه ولتاژهای موجی تخلیه ی جوی می باشند تفاوت عمده در زمان پیشانی و زمان استهلاک یا کاهش دامنه ی موج بوده، بعنوان مثال سرعت افزایش دامنه ی این اضافه ولتاژها به حدود چندین کیلو ولت بر میکرو ثانیه بالغ می گردد.

چون این اضافه ولتاژها از عوامل و تجهیزات داخلی شبکه ناشی می گردند لذا به اضافه ولتاژهای داخلی موسوم می باشند.

منبع بروز این اضافه ولتاژها رژیم های گذرای ظاهر شده در شبکه بوده، خصوصیات آنها بستگی کامل به کمیات و مشخصات الکتریکی شبکه و رژیم های گذرای آنان خواهد داشت.

این اضافه ولتاژها را می توان به دسته های کلی زیر تقسیم نمود:

www.powerengineering.blogfa.com

اضافه ولتاژهای گذرا ناشی از بروز عیب در خطوط انتقال انرژی.
اضافه ولتاژهای گذرا ناشی از قطع کلید خطوط.
اضافه ولتاژهای گذرا ناشی از قطع و وصل جریانهای خازنی.
اضافه ولتاژهای گذرا ناشی از قطع و وصل جریانهای القایی با مقدار کم.
اضافه ولتاژهای گذرا ناشی از کار دستگاههای وصل عدد اتوماتیک.

در زمینه ی فوق مختصراً توضیحاتی در زیر آورده شده است که از نظر شما می گذرد.دانشجویان علاقمند به اطلاعات بیشتر می توانند به کتب مختلف در این زمینه مراجعه کنند.

1- ب - 1- اضافه ولتاژهای گذرا ناشی از بروز عیب در خطوط انتقال انرژی: علاً بروز عیب توام با اضافه ولتاژها گذرا و موقت می باشد (در مورد اضافه ولتاژهای موقت بعداً توضیح داده می شود) دامنه ی اضافه ولتاژهای کلی در محل عیب از جمع اضافه ولتاژهای موقت و گذرا نتیجه می گردد.

رژیم گذرا ناشی از بروز عیب در خط در طی چند سیکل بتدریج مستملک شده ولی اضافه ولتاژ فرکانس 50 تا رفع عیب باقی خواهند ماند.

ساده ترین و عملی ترین راه کاهش این اضافه ولتاژها نصب راکتور شنت در خط می باشد.

1- ب - 2- اضافه ولتاژهای گذرا ناشی از قطع کلید خطوط: اضافه ولتاژهای گذرا ناشی از قطع کلید خطوط یکی از مهمترین و معمولترین موجهای اضافه ولتاژ گذرا می باشند که در شبکه ها ظاهر می گردند.

با توجه به درصد بالای قطع و وصل کلید خطوط نسبت به سایر کلیدهای واقع در نقاط دیگر شبکه، این اضافه ولتاژها از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشند.

قطع کلیدها ممکن است در زیر بار و یا در هنگام برقراری جریان عیب روی دهد که در هر دو حالت قطع کلید توام با موجهای اضافه ولتاژ گذرا می باشند که در طول خطوط انتقال و شبکه منتشر می گردند.

انتشار این امواج اضافه ولتاژ در طول خط از نظر ایزولاسیون خط اهمیتی نداشته، ولی از نظر تجهیزات موجود در خط نظیر راکتورهای شنت و یا ترانسفورماتورهای انتهایی بسیار خطرناک خواهد بود.

1- ب - 3- اضافه ولتاژهای ناشی از قطع و وصل جریانهای خازنی: قطع و وصل کلیدها هنگامی که به منظور وصل و یا جدا کردن تجهیزات با خاصیت خازنی خالص صورت می پذیرد، با شارژ و شارژ خازن همزمان با تغییر جهت ولتاژ در هر نیم پریود همراه می باشد.

همچنین اختلاف فاز کامل 950 بین جریان مدار و ولتاژ تغذیه بر دشواری قطع جریان می افزاید.

www.powerengineering.blogfa.com

از آنجا که خطوط بی بار انتقال انرژی با ولتاژ بالا دارای خاصیت خازنی می باشند هنگامی که توسط کلیدهای واقع در یکی از در انتها برق دار می شوند، شرایط مناسب جهت بروز اضافه ولتاژهای گذرا با دامنه ی فوق العاده را فراهم می سازند.

دامنه ی ولتاژ بستگی کامل به مقدار جریان خازنی خط خواهد داشت.برای مقابله با این اضافه ولتاژها استفاده از کلیدهای مخصوص (کلیدهایی که دارای مقاومت موازی با کنتاکتها می باشند) مفید می باشد.

همچنین نصب راکتور شنت به منزله بار راکتیو قابل ملاحظه، بار خازنی، خط را خنثی ساخته و از افزایش ولتاژ تا حد زیادی جلوگیری می کند.

1- ب - 4- اضافه ولتاژهای گذرا ناشی از قطع و وصل جریانهای القایی با مقدار کم: قطع جریانهای اندوکتیو با مقدار کم در هنگام قطع کلید تغذیه ی ترانسفورماتورهای بی بار و رآکتورهای شنت در خطوط انتقال انرژی روی می دهد.

تجهیزات فوق در هنگام بی باری، جریان مغناطیس کننده ی ناچیزی را دریافت می نمایند که با ولتاژ تغذیه اختلاف فاز داشته و 950 از آن عقب تر می باشد.

رژیم ناشی از قطع جریان فوق معمولا با پدیده ی خاص بنام پدیده برش جریان همراه می باشد.

پدیده ی برش جریان از توانایی فوق العاده ی کلید ناشی می شود.توانایی کلید سبب می شود که خفه گشتن قوس قبل از لحظه ی صفر جریان روی می دهد که این امر سبب بروز قوسهای مجدد دیگری می شود.

ولتاژ حاصل از بروز این قوسها بصورت موج اضافه ولتاژ گذرا در شبکه منتشر می گردد.دامنه ی این ولتاژ به لحظه ی خفه گشتن قوس قبل از لحظه ی صفر جریان بستگی دارد.

این اضافه ولتاژها نیز با نصب مقاومت موازی در کلید قطع و وصل راکتور و ترانسفورماتور و محافظت راکتورها توسط برق گیرها بنحو موثری کاهش می یابد.

1- ب - 5- اضافه ولتاژهای گذرا ناشی از کار دستگاههای وصل مجدد اتوماتیک: ظهور اضافه ولتاژهای رعد و برق یا قطع و وصل خطوط انتقال انرژی قوسهای اتفاقی گذرا را در زنجیر مقره برجها سبب می گردد.

بروز این قوسها بصورت اتصالی فاز به زمین ظاهر می گردد.با بروز این قوسها رله های محافظتی خط بکار افتاده، کلید خط را در یک انتها و یا هر دو انتها قطع می نمایند.

قوس حاصل از زنجیر مقره بلافاصله بعد از قطع کلیدها و برداشتن ولتاژ خفه گشته و خط آماده بهره برداری می گردد.بطوری که خط می تواند بفاصله ی کوتاهی (0.55-15) پس از قطع مجدداً وصل شود.

www.powerengineering.blogfa.com

وظیفه دستگاههای وصل مجدداً اتوماتیک همانطور که از نامش پیداست وصل خط بصورت اتوماتیک پس از خفه گشتن قوس می باشد.

قطع و وصل متوالی و سریع خطوط با ظهور اضافه ولتاژهای گذرا همراه می باشد.کنترل این اضافه ولتاژها توسط کنترل لحظه ی وصل کلید، نصب راکتور شنت و مقاومت موازی با کلیدها میسر می باشد.

1- اضافه ولتاژهای موقت

اضافه ولتاژهای موقت افزایش ولتاژ فرکانس 50 را شامل می گردند.افزایش ولتاژ اسمی فرکانس 50 در پی تغییر شکل شبکه حاصل می گردد.

چون عامل بروز این اضافه ولتاژها تغییرات روی داده در شبکه و تجهیزات موجود در آن می باشد.لذا در ردیف اضافه ولتاژهای داخلی محسوب می گردند.

اضافه ولتاژهای موقت مستقیما از شرایط قطع و وصل کلیدها و رژیم گذرای ظاهر شده در آن ناشی نشده، بلکه از تغییر حاصل در شبکه بدنبال قطع و وصل کلید نتیجه می گردند، به عنوان مثال قطع خطوط اصلی شبکه با ظهور ولتاژ موقت در انتهای آنان همراه است.

بروز عیوب فاز به زمین و یا دو فاز به زمین، با افزایش ولتاژ فازهای سالم همراه می باشد.

همانطور که گفته شد فرکانس این اضافه ولتاژها 50 بوده و تا رفع عیب ادامه خواهد داشت.ضمناً این اضافه ولتاژها فاقد کیفیت موجی می باشند.

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineering.blogfa.com

با مراجعه به وبلاگ ما از آخرین کتاب ها، نرم افزارها، مطالب آموزشی و ...

در ارتباط با مهندسی برق استفاده نمایید.

http://powerengineering.blogfa.com

مهندسی برق

www.powerengineering.blogfa.com