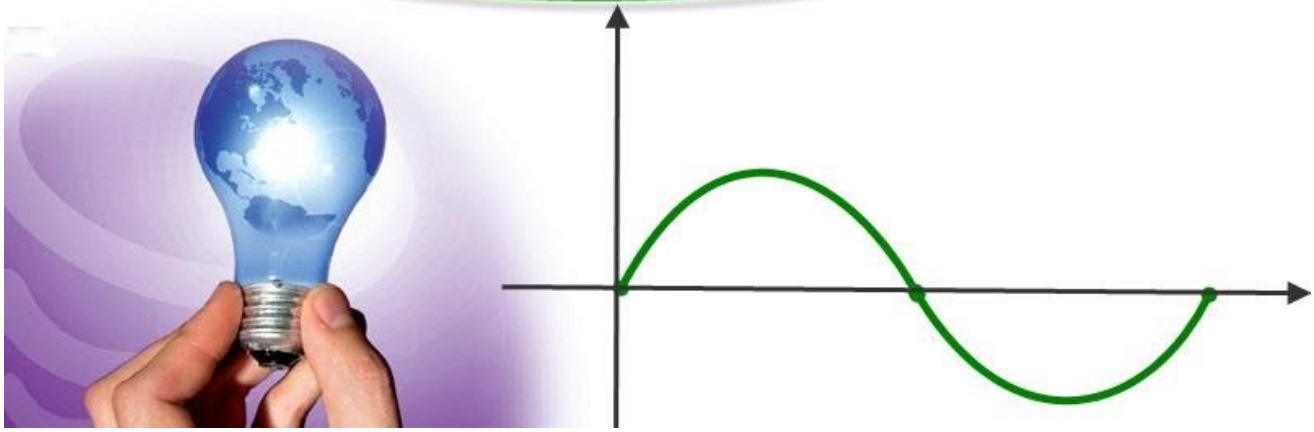
برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بسم الله الرحمن الرحیم



برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

# بررسی کلید زنی درشبکه های فشار قوی

WikiPower.ir

برای خرید فایل word این پروژه اینجا کلیک کنید.

( شماره پروژه = ۲۶۶ )

پشتیبانی : ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل اول

## ۱ـ۱ـ تعریف ایزولاسیون در تأسیسات الکتریکی:

ایزولاسیون به زبان فرانسه به معنی جدا یا دور نگهداشتن بوده، معادل لاتین آن Isulation می‌باشد، این کلمه از زبان فرانسه در زبان فارسی وارد شده است.

کلمه ایزولاسیون در صنعت برق به معنی جدا کردن یا دور نگهداشتن هادیهای تحت ولتاژ از یکدیگر و از زمین بکار می‌رود. با دور نگهداشتن فازها از یکدیگر و از زمین ایزولاسیون را ایجاب کرده، سطح ایزولاسیون یا عایق‌بندی شبکه فزونی می‌یابد، در خطوط انتقال انرژی عایق‌بندی بیشتر با افزایش فاصلهٔ هوایی ایزولاسیون هادیها و در تجهیزات فشار قوی نظیر ترانسفورماتورها با پیش‌بینی ماده ایزوله بیشتر در عایق‌بندی سیم‌پیچها همراه می‌باشد. تجاوز ولتاژ شبکه از مقدار اسمی خود و ظهور ولتاژهای لحظه‌ای موجی با دافعه بالا، بیش از ولتاژ دی‌الکتریک ماده ایزوله، بروز قوس در آن را به صورت اتصالی فازـفاز و یا فازـزمین سبب می‌گردد، تجاوز ولتاژ از مقدار اسمی خود، به اضافه ولتاژ در شبکه مرسوم می‌باشد، ظهور اضافه ولتاژها در شبکه اجتناب ناپذیر بوده، احتمال بروز قوس در ایزولاسیون و ماده ایزوله همواره موجود می‌باشد، کاهش درصد بروز قوسها و اتصالها، مستلزم آشنایی کامل با اضافه ولتاژها، انواع مختلف آنان، شرایط ظهور و نحوه تاثیر در ایزولاسیون می‌باشد، با آشنایی با نحوهٔ ظهور

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اضافه ولتاژها انتخاب مشخصات مناسب شبکه و تجهیزات موجود در آن امکان‌پذیر می‌گردد. آنچنانکه دامنهٔ اضافه ولتاژها به حداقل ممکن محدود گردیده، هزینهٔ ایزولاسیون تا حد امکان تقلیل یابد.

## ۲ـ۱ـ خصوصیات ایزولاسیون شبکه:

ولتاژ دی‌الکتریک ماده ایزوله واقع بین فازها و فازها با زمین، متناسب با دامنه و درصد بروز اضافه ولتاژها انتخاب می‌گردد، برای این کار مقدار درصد و شکل اضافه ولتاژها در شرایط گوناگون کار شبکه نظیر قطع و وصل کلیدها، افزایش و کاهش بارهای اکتیو و راکتیو، وارد و خارج گشتن واحدهای تولیدی و غیر تعیین می‌گردد، ولتاژ دی‌الکتریک سیستم ایزولاسیون با عایق‌بندی شبکه، بر اساس درصد و دامنهٔ اضافه ولتاژهای ظاهر شده انتخاب می‌گردد.

خصوصیات ایزولاسیون یا عایق‌بندی شبکه در نقاط مختلف و تجهیزات گوناگون متفاوت از یکدیگر می‌باشد، در پاره‌ای از تجهیزات نظیر ترانسفورماتورها، راکتورها و غیره ولتاژ دی‌الکتریک ماده ایزوله محدود بوده، دامنه و درصد اضافه ولتاژها لازم است تا حد مناسب کاهش یابد، در پاره‌ای دیگر ولتاژ دی‌الکتریک ماده ایزوله بالا بوده، احتمال بروز قوس تحت تأثیر اضافه ولتاژها ناچیز می‌باشد، در برخی از تجهیزات نظیر ترانسفورماتور کابلها، راکتورها و غیره، بروز قوس در ماده ایزوله غیرقابل قبول بوده در برخی دیگر نظیر خطوط هوایی، شاخکهای برق‌گیر و مقره‌ها، بروز قوس امری عادی و کاملاً قابل قبول است. استفاده از مواد ایزوله گوناگون با خصوصیات ایزولاسیون متفاوت، انتخاب ولتاژ دی‌الکتریک را بیش از پیش دشوار می‌سازد. تعیین ولتاژ دی‌الکتریک مناسب و مشترک، آنچنانکه بهره‌برداری شبکه علی‌رغم ظهور اضافه ولتاژها با دامنه‌های گوناگون با حداقل قطعی و بروز قوس همراه گردد، اصطلاحاً «سطح ایزولاسیون» خوانده می‌شود.

همچنانکه خواهیم دید، سطح ایزولاسیون شبکه در قبال انواع گوناگون اضافه ولتاژها متفاوت بوده، با توجه به خصوصیات اضافه ولتاژها انتخاب می‌گردد، در این فصل انواع مختلف اضافه ولتاژهای ظاهر شده در شبکه را مورد مطالعه قرار می‌دهیم.

### مفهوم اضافه ولتاژهای قطع و وصل:

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در هنگام قطع و وصل کلیدها و وارد و خارج کردن تجهیزات و دستگاه‌های فشارقوی نظیر ترانسفورماتورها، خازن‌ها، راکتورها یا جدا کردن قسمتهای مختلف شبکه از یکدیگر، ولتاژ شبکه بطور موقت و برای کوتاه مدت از مقدار اسمی و تعیین شدهٔ خود تجاوز کرده و ایزولاسیون شبکه را در نقاط مختلف آن تحت تأثیر قرار دارد، شرایط بروز قوس در آنان به منزلهٔ اضافه ولتاژ محسوب گردیده و لازم است از بروز آن در شبکه جلوگیری شود. اضافه ولتاژهای ناشی از قطع و وصل کلیدها به اضافه ولتاژهای قطع و وصل مرسوم می‌باشند، به منظور جلوگیری از بروز قوس در ماده ایزوله لازم است سطح ایزولاسیون شبکه با توجه به دامنه اضافه ولتاژهای ظاهر شده در شبکه انتخاب گردد. به همین علت شناخت درصد و دامنه اضافه ولتاژها حائز اهمیت فراوان می‌باشد، در ولتاژهای $U_n \leq ۲۲۰$ KV دامنهٔ اضافه ولتاژهای قطع و وصل محدود بوده، احتمال بروز قوس در آن تحت تأثیر این اضافه ولتاژها ناچیز می‌باشد. در ولتاژهای بالا ۴۰۰ـ۷۵۰ KV $U_n \geq$ دامنه و درصد بروز اضافه ولتاژهای قطع و وصل بطور قابل توجه افزایش می‌یابد، آنچنانکه طرح سیستم ایزولاسیون تجهیزات شبکه و خطوط انتقال انرژی تنها با انجام پیش‌بینی‌های خاص جهت کاهش دامنه اضافه ولتاژها امکان اضافه ولتاژها امکان‌پذیر می‌گردد.

## ۳ـ۱ـ انواع مختلف اضافه ولتاژها در شبکه:

کلیه اضافه ولتاژهای ظاهر شده در شبکه بر حسب شکل و یا منبع بروز خود تقسیم‌بندی می‌شوند. تقسیم‌بندی آنان بر حسب شکل موج و نحوه تغییرات آنان به شرح زیر صورت می‌پذیرد:

### ۱ـ اضافه ولتاژهای موجی:

این اضافه ولتاژها به صورت «موج اضافه ولتاژ» در شبکه ظاهر گشته، با سرعتی نزدیک به سرعت نور در طول هادیها منتشر می‌گردند، موج در طی انتشار خود در طولهای تغییر شکل داده، دامنهٔ آن با سرعت ثابت بر حسب کیلو ولت بر میکرو ثانیه افزایش می‌یابد، اضافه ولتاژهای موجی با سرعت افزایش دامنه، فرکانس و زمان پیشانی خود مشخص می‌گردند، اضافه ولتاژهای موجی از طریق دو منبع گوناگون زیر شبکه ظاهر می‌گردند.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

**الف ـ اضافه ولتاژهای رعد و برق:** منبع ظهور این اضافه ولتاژها تخلیه جوی بر خطوط انتقال ایستگاه‌ها و تجهیزات موجود در شبکه بوده، به اضفه ولتاژهای رعد و برق مرسوم می‌باشند، چون منبع بروز این اضافه ولتاژها، عامل خارج از شبکه می‌باشد، اضافه ولتاژهای خارجی External Overvoltage نامیده می‌شوند.

**ب ـ اضافه ولتاژهای قطع و وصل:** منبع ظهور این اضافه ولتاژها، ظهور این اضافه ولتاژها عوامل داخلی شبکه نظیر کلیدها، ترانسفورماتورها و غیره می‌باشند، لذا به اضافه ولتاژهای داخلی مرسوم می‌باشند.

**۲ـ اضافه ولتاژهای موقت: Temporary Overvoltage**

اضافه ولتاژهای موقت افزایش ولتاژ شبکه و تجاوز آن را از مقدار اسمی فرکانس ۵۰ شامل می‌گردند. افزایش ولتاژ اسمی شبکه تا بیش از مقدار اسمی آن، برای مدت طولانی ادامه نیافته، با توجه به پیش‌بینی‌های صورت گرفته در شبکه در فاصله زمانی معیین مقدار اسمی خود را باز می‌یابد.

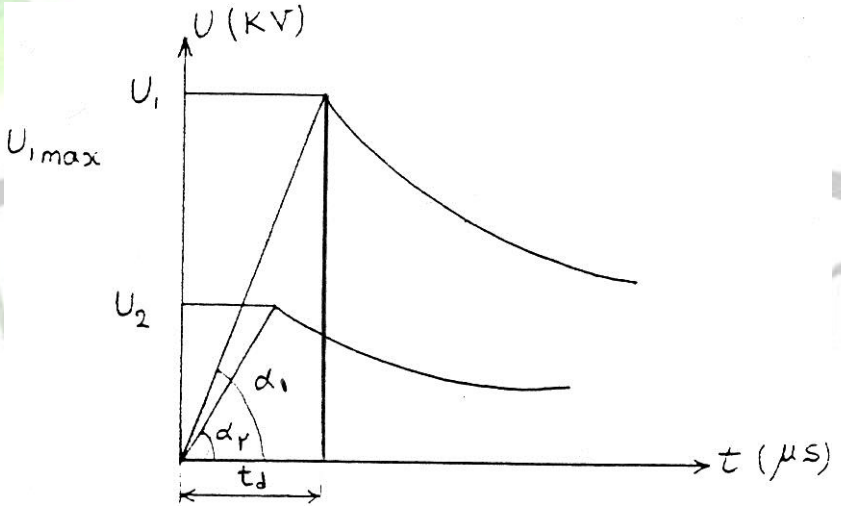
به عنوان مثال در فاصله زمانی برقراری جریان عیب و یا در فاصله زمانی بی‌باری خط ولتاژ شبکه از مقدار اسمی خود تجاوز کرده یا بصورت اضافه ولتاژ موقت ظاهر می‌گردد.

بعلت کوتاهی فاصله زمانی و موقتی بودن اضافه ولتاژ، افزایش ولتاژ به ترتیب فوق اصطلاحاً به «اضافه ولتاژ موقت» مرسوم می‌باشد. همچنانکه اشاره گردید، اضافه ولتاژهای موقت تا رفع علت اصلی بروز آنان و یا بکار افتادن تجهیزات اتوماتیک کنترل ولتاژ ادامه می‌یابد اضافه ولتاژهای موقت معمولاً در پی تغییر شکل شبکه ظاهر می‌گردند، تغییر شکل شبکه به علل زیر روی می‌دهند. بروز عیب، قطع و وصل خطوط، جدا گشتن بارهای اکتیو و راکتیو عمده، وارد و خارج گشتن ترانسفورماتورها، راکتورها، مانور غلط در شبکه، تنظیم نابجای دستگاه‌های کنترل ولتاژ ترانسفورماتورها و ژنراتورها و غیره، همچنین بروز برخی پدیده‌ها در شرایط خاص نظیر پدیده‌های رزنانس و فرورزونانس، موجبات ظهور اضافه ولتاژهای موقت را فراهم می‌سازد.

**۴ـ۱ـ اضافه ولتاژهای رعد و برق یا اضافه ولتاژهای خارجی:**

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اضافه ولتاژهای موجی رعد و برق در پی تخلیه جوی الکتریکی بر قسمتهای مختلف شبکه، بارهای الکتریکی انباشته در ابرها و در فضا، از طریق کانال یونیزه تشکیل شده در فضا، بصورت قوس مرئی رعد و برق، در قسمتهای مختلف شبکه تخلیه بارهای الکتریکی جوی، موجبات افزایش ولتاژ را بطور لحظه‌ای در محل تخلیه فراهم ساخته، ولتاژ موجی با سرعت نور در طول هادیهای فاز منتشر گشته، اضافه ولتاژهای موجی تخلیه جوی را در شبکه پدید می‌آورد. تغییرات ولتاژ حاصل از تخلیه جوی الکتریکی بر طبق منحنی شکل (۱ـ۱) بوده ولتاژ تا مقدار حداکثر خود $U_{max}$ در فاصلهٔ زمانی $T_d$ مرسوم به زمان پیشانی موج افزایش یافته سپس با شیب محدود کاهش می‌یابد، نسبت $U_{max}/T_d$ بعنوان: «سرعت افزایش» در زمان پیشانی موج مرسوم بوده بر حسب کیلوولت بر میکرو ثانیه بیان می‌گردد، سرعت افزایش موج نسبت منحنی موج را در فاصله زمانی پیشانی موج نشان داده می‌شوند.




**شکل (۱ـ۱)**

اضافه ولتاژهای موجی رعد و برق حداکثر سرعت افزایش را در میان انواع مختلف اضافه ولتاژهای موجی دارا می‌باشند، سرعت افزایش آنان در حدود ۵۰۰ـ۵۰۰۰ کیلو ولت بر میکروثانیه متغییر می‌باشد، به منظور برآورد ولتاژ دی‌الکتریک مواد ایزوله و فواصل هوایی ایزولاسیون در قبال ولتاژهای موجی تخلیه جوی، از ولتاژ موجی تخلیه جوی استاندارد استفاده می‌شود. فواصل هوایی ایزولاسیون و سایر مواد ایزوله با ولتاژ موجی استاندارد مورد آزمایش قرار می‌گیرند، در هنگام آزمایش زمان پیشانی و زمان دم موج در مقادیر استاندارد تعیین شده ثابت نگهداشته شده، دامنه ولتاژ موجی به منظور تعیین حد بروز قوس در

ماده ایزوله افزایش داده می‌شود، بدین ترتیب سرعت افزایش موج استاندارد بروز قوس برای ماده ایزوله یافته می‌شود.

عکس‌العمل مواد ایزوله و فواصل‌هوایی به ولتاژهای‌موجی تخلیه جوی به سرعت افزایش آنان بستگی دارد، به همین علت عکس‌العمل آنان در قبال ولتاژهای موجی با سرعت افزایش محدود نظیر اضافه ولتاژهای قطع و وصل کاملاً متفاوت می‌باشد.

با افزایش ولتاژ اسمی شبکه از تأثیر این اضافه ولتاژها در مواد ایزوله و فواصل هوایی ایزولاسیون کاسته می‌گردد، بعنوان مثال پیش‌بینی‌های بعمل آمده جهت مقابله با اضافه ولتاژهای موجی تخلیه جوی در ایستگاه‌ها با ولتاژ ۵۰۰ کیلو ولت بطور نسبی کم هزینه‌تر از پیش‌بینی‌های مشابه در ایستگاه‌های ۲۳۰ کیلو ولت می‌باشد.

## ۵ـ۱ـ اضافه ولتاژهای قطع و وصل:

اضافه ولتاژهای قطع و وصل به صورت موج در شبکه ظاهر گردیده از نظر شکل و تغییرات لحظه‌ای خود کاملاً مشابه ولتاژهای موجی تخلیه جوی می‌باشند. تفاوت عمده در زمان پیشانی و زمان استهلاک یا کاهش دامنه موج بوده، سرعت افزایش دامنه اضافه ولتاژهای موجی قطع و وصل به حدود چند کیلو ولت بر میکروثانیه بالغ می‌گردد. چون این اضافه ولتاژها از عوامل و تجهیزات داخلی شبکه ناشی می‌گردد. لذا به اضافه ولتاژهای داخلی مرسوم می‌باشند. اضافه ولتاژهای موجی قطع و وصل در پی قطع و وصل کلیدها و رژیم گذرای ظاهر شده در آنان نتیجه گردیده لذا اضافه ولتاژهای گذرا «Transient Overvoltage» نیز نامیده می‌شوند، بدین ترتیب منبع بروز این اضافه ولتاژها، رژیمهای گذرای ظاهر شده در شبکه بوده خصوصیات اضافه ولتاژها بستگی کامل به کمیات و مشخصات الکتریکی شبکه و رژیمهای گذرای آنان خواهد داشت، بعنوان مثال قطع و وصل کلیدها با ظهور ولتاژ استقرار در طی رژیم گذرای کلید همراه بوده ولتاژ استقرار گذرا بصورت اضافه ولتاژ موجی قطع و وصل یا اضافه ولتاژ گذرا در طول هادی‌های شبکه منتشر می‌گردد. به همین علت کمیات و مشخصات الکتریکی شبکه منجمله نوع دستگاه‌های مورد قطع و وصل، نوع کلید، مدت برقراری رژیم گذرا و غیره بطور گسترده و مؤثر سرعت افزایش و دامنه اضافه ولتاژهای موجی قطع و وصل را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اضافه ولتاژهای موجی قطع و وصل ممکن است مستقیماً از شرایط قطع و وصل کلید و رژیم گذرای ظاهر شده در آن ناشی نشده، بلکه از تغییر شکل حاصل در شبکه بدنبال قطع و وصل کلید نتیجه گردند، بعنوان مثال قطع خطوط اصلی شبکه با ظهور اضافه ولتاژ موقت در انتهای آنان همراه می‌باشد. اضافه ولتاژ موقت علی‌رغم استهلاک رژیم گذرای تحت تأثیر بار خازنی خط تا هنگامی که هادیها تحت ولتاژ واقع می‌باشند ادامه می‌یابد. نمونه دیگر بروز پدیدهٔ رزنانس در پی قطع و وصل کلیدها می‌باشد، بروز این پدیده ظهور اضافه ولتاژهای موقت فرکانس ۵۰ را سبب می‌گردد، این اضافه ولتاژها که در پی قطع و وصل کلیدها، دامنه ولتاژهای موجی قطع و وصل را فزونی می‌بخشد.

## ۶ـ۱ـ اضافه ولتاژهای موقت:

اضافه ولتاژهای موقت افزایش ولتاژ فرکانس ۵۰ شبکه را شامل می‌گردند. افزایش ولتاژ اسمی فرکانس ۵۰ شبکه در پی تغییر شکل شبکه حاصل می‌گردد. چون عامل بروز این اضافه ولتاژها تغییرات روی داده در شبکه و تجهیزات موجود در آن می‌باشند، لذا در ردیف اضافه ولتاژهای داخلی تقسیم‌بندی می‌گردند، افزایش ولتاژ فرکانس ۵۰ شبکه با اضافه ولتاژ موقت به طرق گوناگون در شبکه کنترل شده کاهش داده می‌شوند.

اضافه ولتاژهای موقت ممکن است در پی تغییر بار تدریجی شبکه (رژیمهای گذرای استاتیک) و یا تغییرات ناگهانی کمیات شبکه (رژیمهای گذاری دینامیک) نتیجه گردند. اضافه ولتاژهای موقت ناشی از تغییر بار شبکه و رژیمهای گذرای استاتیک، نظیر بارگیری تدریجی ژنراتورها و یا قطع و وصل کلیدها با اطلاع قبلی، توسط رگولاتورهای ولتاژ، دستگاه‌های تنظیم ولتاژ ترانسفورماتورها، وارد و خارج کردن راکتورهای ثبت و تنظیم تحریک دستی ژنراتورها قابل کنترل بوده، دامنه اضافه ولتاژ به تدریج کاهش یافته، ولتاژ شبکه به مقدار اسمی خود نزدیک می‌گردد. اضافه ولتاژهای موقت ناشی از تغییرات سریع و دینامیک شرایط بهره‌برداری شبکه نظیر قطع ناگهانی خطوط اصلی و ارتباطی شبکه با بار فوق‌العاده، قطع ناگهانی ترانسفورماتورهای انتقال و غیره، قابل کنترل نبوده، احتمال تهید ایزولاسیون و بروز قوس در آنان موجود می‌باشد. در این حالت ولتاژ اسمی شبکه افزایش یافته، از ولتاژ فرکانس ۵۰ قابل تحمل ایزولاسیون شبکه تجواز می‌نماید.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بطور کلی شرایط بروز این اضافه ولتاژها به شرح زیر می‌باشد:

- کاهش ناگهانی بار شبکه در پی قطع و وصل کلیدها در ابتدا و یا انتهای خطوط فشار قوی.
- بروز عیب فاز به زمین و یا دو فاز به زمین، بروز این عیب با افزایش ناگهانی ولتاژ در فازهای سالم همراه می‌باشد.
- بروز رزنانس در قسمتهای قطع شده و جدا گشته از شبکه.
- اشباع هسته مغناطیسی ترانسفورماتورها و راکتورها.

بطور خلاصه اضافه ولتاژهای موقت از قطع و وصل کلیدها و رژیمهای گذرای حاصل در آن ناشی نشده، بلکه از تغییـر شکل شبکه در پی قطع و وصل کلیدها نتیجه می‌گردن، این اضفه ولتاژها فاقد کیفیت موجی بوده، تا برگشت شبکه به مقادیر اسمی خود ادامه خواهند داشت. به همین علت به اضافه ولتاژهای موقت یا Temporary Overvoltage مرسوم می‌باشند.

## ۷ـ۱ـ سطح ایزولاسیون شبکه در قبال اضافه ولتاژهای مختلف:

عکس‌العمل ایزولاسیون شبکه در قبال انواع مختلف اضافه ولتاژها گوناگون می‌باشد. اضافه ولتاژهای حاصل از شبکه از نظر خصوصیات خود به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱ـ اضافه ولتاژهای رعد و برق با فرکانس چندین مگاهرتز و زمان پیشانی بسیار کوتاه در حدود چند میکرو ثانیه. سرعت افزایش دامنه این موجها به حدود چند صد کیلوولت بر میکروثانیه بالغ می‌گردد.

۲ـ اضافه ولتاژهای قطع و وصل‌گذرا با فرکانس چندین کیلوهرتز و زمان پیشانی کوتاه در حدود چندمیلی‌ثانیه، سرعت افزایش این موجها به حدود چند صد کیلو ولت بر میلی‌ثانیه تغییر می‌نماید.

۳ـ اضافه ولتاژهای موقت با فرکانس ۵۰ و یا نزدیک به آن.

ایزولاسیون شبکه در قبال سه نوع اضافه ولتاژی فوق دارای عکس‌العملهای متفاوت می‌باشد.

بعنوان مثال در یک ردیف زنجیر مقره که در قبـال ولتاژ سینوسی فرکانس ۵۰ فاز ـ زمین تا ۲۴۵ کیلوولت مقاومت کرده، در خط با ولتاژ اسمی ۴۰۰ کیلوولت بکار می‌رود، موجهای اضافه ولتاژ رعد و برق تا دامنهٔ ۹۰۰ کیلوولت و اضافه ولتاژهای قطع و وصل تا دامنهٔ ۶۵۰ کیلوولت را تحمل می‌نماید. چنانکه مشاهده می‌شود، ولتاژ دی‌الکتریک زنجیر مقره به طول معین به ازای اضفه ولتاژها با خصوصیات مختلف

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

کاملاً متفاوت می‌باشد. همچنان که مشاهده گردیده زنجیر مقره با ولتاژ دی‌الکتریک ۲۴۵ کیلوولت (برای ولتاژ فرکانس ۵۰)، موج اضافه ولتاژ قطع و وصل با دامنهٔ ۶۵۰ کیلوولت با زمان پیشانی چندین میلی‌ثانیه را تحمل می‌نماید. علت آن زمان کوتاه پیشانی موج می‌باشد.

ولتاژهای دی‌الکتریک به سطح ایزولاسیون شبکه مرسوم می‌باشند. بر طبق آن در هر ردیف ولتاژ اسمی، سطح ایزولاسیون استاندارد پیشنهاد گردیده است. این سطح سه ولتاژ دی‌الکتریک مختلف را شامل می‌گردد. این سه ولتاژ حداکثر مقاومت دی‌الکتریک ایزولاسیون شبکه را به ازای اضافه ولتاژهای رعد و برق، اضافه ولتاژهای قطع و وصل و ولتاژ فرکانس ۵۰ نشان می‌دهند.

۱ـ سطح ولتاژ دی‌الکتریک مقاوم در مقابل اضافه ولتاژهای رعد و برق که اصطلاحاً به Lightning Impulse Withstand Level مرسوم بوده با L.I.W.L. نشان داده می‌شود.

۲ـ سطح ولتاژ دی‌الکتریک در قبال اضافه ولتاژهای قطع و وصل که اصطلاحاً به Switching Impulse Withstand Level مرسوم بوه، با S.I.W.L. نشان داده می‌شود.

۳ـ حداکثر ولتاژ فرکانس ۵۰ قابل تحمل ایزولاسیون تجهیزات برای مدت یک دقیقه، ولتاژهای دی‌الکتریک استاندارد مربوط به مقادیر فوق برای استاندارد I.E.C. در جدول (۱ـ۱) داده شده‌اند.

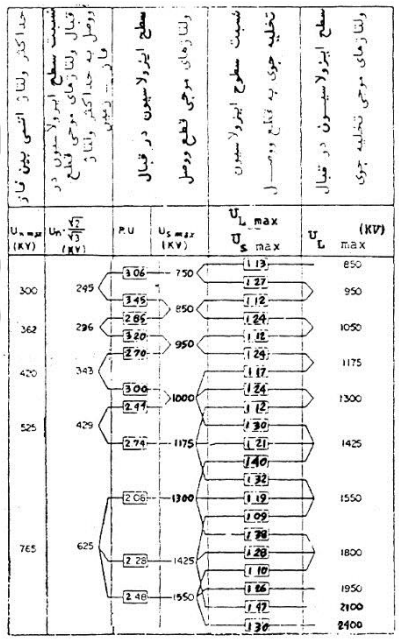
بر طبق این جدول ستون ۱ حداکثر ولتاژ استاندارد فرکانس ۵۰ یا $U_{max}$ اشاره شده در بند ۳، ستون ۲ حداکثر ولتاژ فاز به زمین آن را مشخص می‌سازد.

$$U_{p.h.max} = U_m \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$$

ستون ۴ مقایر S.I.W.L. و ستون ۶ مقادیر S.I.W.L. برای ولتاژهای قطع و وصل و چهار سطح ایزولاسیون L.I.W.L. برای اضافه ولتاژهای رعد و برق تعیین گردیده‌اند. متناسب با شرایط محیط و مشخصات شبکه می‌توان یکی از مقادیر استاندارد داده شده در جدول فوق را انتخاب کرد.

بعنوان مثال برای مناطق با حداکثر درصد رعد و برق، بالاترین مقدار L.I.W.L. و با مقدار محدود آن حداقل L.I.W.L. انتخاب می‌گردد.

## ۱-۱- جدول ۱-۱



بر طبق جدول فوق برای شبکه با ولتاژ اسمی بین فاز معادل $U_l = ۴۰۰$ کیلوولت، افزایش ولتاژ فرکانس ۵۰ تا ۴۲۰ کیلوولت قابل قبول بوده و ایزولاسیون شبکه لازم است از توانایی کافی ولتاژ فوق برخوردار باشد. مقاومت دی‌الکتریک سیستم ایزولاسیون شبکهٔ فوق به ازای اضافه ولتاژهای قطع و وصل یکی از دو مقدار ۹۵۰ یا ۱۰۵۰ کیلوولت و به ازای اضافه ولتاژهای رعد و برق یکی از ۴ مقدار ۱۰۵۰، ۱۱۷۵، ۱۳۰۰، ۱۴۲۵ کیلوولت را می‌تواند دارا گردد. چنانکه سطح اضافه ولتاژهای مقاوم برای اضافه

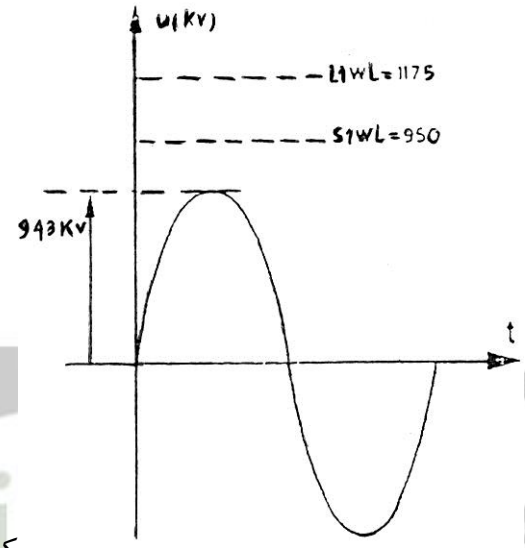
برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ولتاژهای قطع و وصل معادل۱۱۷۵ کیلوولت انتخاب گردند، این دو مقدار به‌ترتیب بعنوان سطوح ایزولاسیون شبکه ۴۰۰ کیلوولت در قبال اضافه ولتاژهای قطع و وصل و اضافه ولتاژهای رعد و برق خوانده شده به شرح زیر نوشته می‌شوند:

S.I.W.L.=۹۵۰

L.I.W.L.=۱۱۷۵

دو سطح ایزولاسیون فوق طبق شکل (۲ـ۱) نشان داده می‌شوند.




**شکل (۲ـ۱)**

مقدار حداکثر ولتاژ فاز به زمین معادل $U_{p.h.max} = \frac{}{\sqrt{3}} \times$ کیلوولت می‌باشد.

سطح ولتاژ مقاوم فرکانس ۵۰ با خط $U_{50}$ =۳۴۳ کیلوولت نشان داده شده است. این خط حداکثر ولتاژ قابل قبول فرکانس ۵۰ را برای ایزولاسیون شبکه فوق نشان می‌دهد. سطح ایزولاسیون شبکه در قبال اضافه ولتاژهای قطع و وصل با امتداد $U_{S.I.W.L.} = 950KV$ و سطح ایزولاسیون شبکه در قبال اضافه ولتاژهای موجی تخلیه جوی با امتداد $U_{S.I.W.L.} = 950KV$ مشخص گردیده است.

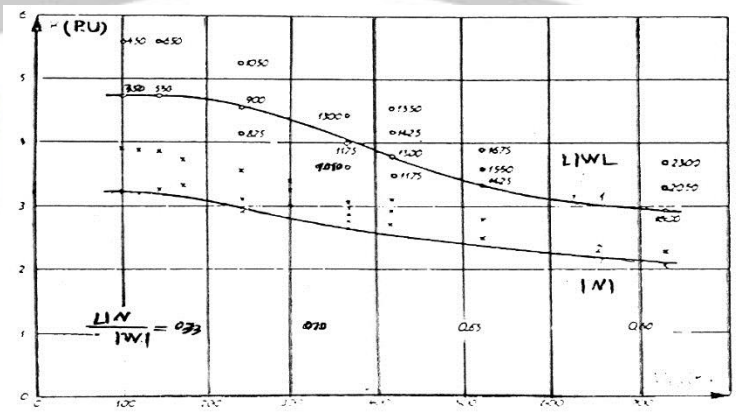
بر طبق شکل فوق حداکثر اضافه ولتاژهای قطع و وصل با دامنهٔ ۹۵۰ کیلوولت، ضریب دامنه P.U. k=۳/۴۳ ، قابل قبول ایزولاسیون شبکه می‌باشند، چنانچه دامنهٔ اضافه ولتاژهای موجی قطع و وصل و یا رعد و برق از مقادیر فوق تجاوز نمایند، ایزولاسیون شبکه ولتاژ دی‌الکتریک کافی در قبال ولتاژهای موجی عرضه نساخته، بروز قوس و اتصالی در ماده ایزوله حتمی خواهد بود.

در چنین شرایطی لازم است پیش‌بینی‌های مخصوص به منظور کاهش دامنه اضافه ولتاژها تا حدود سطوح ایزولاسیون S.I.W.L. و L.I.W.L. صورت گیرند. بعنوان مثال هنگامی‌که دامنه موجهای اضافه ولتاژ

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

قطع و وصل از سطح ولتاژهای استاندارد تجاوز نمایند، لازم است تا با نصب مقاومت موازی با کلید، و یا کاهش شرایط خازنی دامنهٔ موجها کاهش داده شوند، و یا در هنگامی که دامنهٔ موجهای اضافه ولتاژ رعد و برق از سطح ولتاژ مقاوم .S.I.W.L تجاوز می‌نمایند می‌توان تا نصب سیم زمین، کاهش زاویهٔ حفاظت خط، انتخاب برق‌گیرهای مناسب و غیره دامنهٔ این موجها و احتمال ظهور آنان را در شبکه کاهش داد.

در شکل(۳ـ۱) سطح ولتاژهای قطع و وصل (.S.I.W.L) و رعد و برق (.L.I.W.L) بر حسب مقادیر مختلف ولتاژ اسمی شبکه نشان داده شده‌اند. نقاط داده شده با ضربدر سطح اضافه ولتاژهای قطع و وصل و نقاط نشان داده شده با دایره سطح اضافه ولتاژهای رعد و برق را برای ولتاژهای اسمی ۷۳۰، ۵۲۵، ۴۲۰، ۲۳۰ کیلوولت مشخص می‌نمایند. در این شکل می‌توان تغییرات سطح ایزولاسیون را نسبت به ولتاژهای اسمی تعیین کرد. برطبق آن با افزایش ولتاژ اسمی شبکه فاصلهٔ بین سطح ولتاژهای .S.I.W.L و .L.I.W.L کاهش می‌یابد. این امر به منظور کاهش هزینه ایزولاسیون در ولتاژهای بالای انتقال صورت گرفته است. در ولتاژهای بالا، همچنین دو سطح ایزولاسیون .S.I.W.L و L.I.W.L به یکدیگر نزدیک می‌گردند.



برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل (۳ـ۱)

۱-۱-۱- فصل دوم

## ۱-۱-۲- ۱ـ۲ـ بررسی انواع آلودگی‌ها

طراحی ایزولاسیون خارجی سیستمهای انتقال EHV و UHV عموماً با اضافه ولتاژی کلیدزنی تعیین می‌شود و در بعضی موارد اضافه ولتاژهای ناشی از رعد و برق تعیین کننده می‌شود. بطور کلی ایزولاسیون تعیین شده در شرایط بالا برای حالت ولتاژ نامی سیستم در شرایط تغییر و غیرآلوده و حتی رطوبتی نیز کافی خواهد بود. مقاومت ایزولاسیون در این حالت معمولاً بیش از دو برابر ولتاژ اعمال شده خواهد بود.

اما در بهره‌برداری از سیستمهای انتقال گزارشات متعددی از ایجاد جرقه و قطعی‌های بدون وجود اضافه ولتاژهای ناشی از رعد و برق و کلیدزنی وجود دارند. این گونه جرقه‌ها معمولاً در شرایط رطوبتی مانند مه و شبنم و بعلت آلودگی سطح مقره‌های سیستم اتفاق می‌افتد. این پدیده نه فقط در عملکرد خود ایزولاسیون مقره‌های خطوط و یا بوشینگ در بستها مؤثر است، بلکه همچنین در هر نوع وسیله با سطح عایقی مانند برق‌گیر نیز تأثیر دارد. با توسعه شبکه‌های برق، مشکلات ناشی از پدیده آلودگی آشکارتر شده و با بالا رفتن ولتاژ سیستم افزایش می‌یابد.

جرقه‌های ناشی از آلودگی در سیستمهای انتقال در اثر ذرات موجود در هوا که روی مقره توزیع می‌گردد ایجاد می‌شود. این ذرات از منابع طبیعی مانند دریا و گرد و خاک کویری و یا بوسیلهٔ منابع صنعتی، کشاورزی و فعالیتهای ساختمانی است که مواد آلوده کننده متعددی ایجاد می‌کند، که البته در شرایط خشک مسئله‌ای ایجاد نمی‌کنند. ولی بمحض رطوبتی شدن شرایط محیط با هادی شدن لایه رسوب شده و روی سطح مقره جرقه ایجاد می‌کنند. این جرقه اغلب در یک زمان کوتاه جرقه بعدی را نیز بدنبال دارد.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

گزارشاتی در مورد عدم ریکلوزینگ موفق رله‌ها بعد از جرقه ایجاد شده در اثر آلودگی خطوط انتقال ارائه شده است. در بعضی موارد نیز ریکلوزینگ موفق بعد از مدتی تاخیر در قطعی ایجاد شده امکان‌پذیر بوده است و در موارد خاصی نیز جرقه‌های متوالی اتفاق افتاده و بناچار خط بی‌بار گردیده است. اینگونه قطعی‌ها بخصوص در خطوط انتقال مناطق آلوده سنگین و در فصل شرجی و رطوبتی معمول است. البته بعد از گذشت شرایط رطوبتی و خشک شدن سطح مقره، دوباره مقره مقاومت عایقی خود را باز می‌یابد. ولی احتمال ایجاد جرقه باقی می‌ماند مگر اینکه سطح مقره بطور طبیعی و یا با سیستم مکانیکی تمیز شود. بهر حال سیستمهای قدرت که دچار جرقه‌های ناشی از آلودگی می‌شوند معمولاً قطعی‌های مکرر و متناوب دارند.

برای مثال در مقالات منتشره توسط IEEE تا اواخر دهه ۱۹۵۰ قطعی‌های ناشی از رعد و برق بیشترین اولویت را داشته است. بعد از دهۀ ۱۹۶۰ اضافه ولتاژهای ناشی از کلیدزنی نسبت به صائقه اهمیت بیشتری پیدا کرده در دهه ۱۹۸۰ در بسیاری از مناطق از جمله آمریکا، کانادا، ژاپن، خاورمیانه و آفریقای جنوبی مسئلۀ آلودگی مورد توجه بیشتری قرار گرفت.

بطور مثال در نواحی صنعتی کانادا در خط ۲۳۰ و ۱۱۵ کیلوولت که از این ناحیه عبور می‌کند ٪۷۰ـ۵۰ قطعی‌های ناشی از آلودگی مقره‌ها و بالا رفتن رطوبت هوا بوده است در مصر ٪۸۲ ـ ۸۰ از قطعی‌های ۲۲۰ کیلوولت که از مناطق خشک و کویری عبور می‌کنند ناشی از پدیده آلودگی می‌باشد. در آفریقای جنوبی که دارای سواحل وسیع و آب و هوایی که در بیشتر مناطق با دوره هوای خشک و طولانی و بدنبال آن شرایط شرجی مشخص می‌شود بهیچ وسیله مصون از قطعی‌های شبکه برق ناشی از آلودگی نمی‌باشد. خطوط انتقال در این کشور که از مناطق آلوده عبور می‌کند بطور کلی (Vender-Insulated) هستند و این می‌تواند ناشی از عوامل زیر باشند:

الف) عدم بررسی‌های محلی کافی در مرحله طراحی و تعیین مشخصات مقره مناسب علیرغم کاربرد روش و دستورالعمل بین‌المللی.

ب) انتخاب ایزولاسیون فقط بر اساس فاصله خازنی مورد نیاز بدون توجه به پروفیل آن

ج) توسعه صنایع بزرگ در حوالی خطوط موجود که موجب تغییر شرایط محیطی شده است.

در کشور خودمان نیز گزار و آمار زیادی در مورد آلودگی مقره و قطعی، شکستگی مقره ناشی از آن وجود دارد. بخصوص در مورد بعضی از خطوط ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت جنوب که از خطوط استراتژیک شبکه انتقال بوده و منابع عمده تولید انرژی برق را به مراکز عمده توزیع و مصرف کشور وصل می‌کنند. بعلت ویژگی‌های مختلف از نظر تنوع و شدت آلودگی بهره‌برداری و قابلیت اعتماد از این خطوط را دچار اشکال ساخته است.

بعنـوان نمونه خط ۴۰۰ کیـلوولت کـارون ـ امید یه با داشتن ۲۳ مقره نوع fog (v شکل) و دوبار شستشو سالانه مقره‌های آلوده، متوسط تعداد قطعی‌های ناشی از آلودگی مقره‌ها بیش از ۶۰ درصد کل قعطیهای سالانه و بخصوص بین ساعات ۱۲ شب تا ۶ صبح در ماههای شهریور تا آذر بوده و تعداد شکستگی مقره‌ها نیز ۲۵۰ تا ۳۰۰ عدد گزارش شده است.

در خط ۲۳۰ کیلوولت کازرون ـ بوشهر بیش از ٪۷۰ قطعی‌های سالاته ناشی از آلودگی مقره بخصوص در ماه‌های شهریور و مهر بوده است.

و یا در خط ۲۳۰ کیلوولت بعثت ـ اراک بیش از ٪۶۰ قطعی‌های سالانه بعلت آلودگی مقره گزارش شده است.

بعلت اهمیت مسئله آلودگی کمیته‌های مطالعاتی متعددی در IEEE و CIGRE و... جهت بررسی مسائل آلودگی سیستمهای قدرت و تأمین بهره‌برداری مطمئن از آن و تعیین روشهای طراحی مناسب و دقیق‌تر برای سیستمهای جدیدتر بر اساس تجربیات بدست آمده بوجود آمده است.

بعضی از این مطالعات نشان داده است که مقاومت و ولتاژ جرقه ناشی از آلودگی یک زنجیره مقره برای ولتاژهای بالا (EHV) تابع غیرخطی از طول زنجیره است. یعنی در سطوح ولتاژهای فشار قوی بالاتر در مقایسه با ولتاژهای پایین تعداد مقره بیشتری لازم است.

البته این بررسی و تعیین رابطه غیرخطی ولتاژ جرقه مقره بعنوان تابعی از طول زنجیره در سالهای اخیر مطرح شده است. اهمیت این مسئله وقتی روشن‌تر می‌شود که اگر در ولتاژهای رده UHV با تعبیه وسایل محدود کننده اضافه ولتاژهای موجی و گذرای ناشی از کلید زنی در حد پایین نگه داشته شود در اینصورت آلودگی مهمترین عامل در طراحی ایزولاسیون و نوع و تعداد مقره نهایتاً تعیین فاصله هوایی هادی

تا بدنه برج خواهد بود که در صورتی که تعداد مقره مورد نیاز زیاد باشد اثرات اقتصادی و طرح و ابعاد و شکل مناسب برج مطرح خواهد بود.

جدول (۱ـ۲) انواع آلودگی و شرایط مختلف جوی را که در آمریکا ایجاد قطعی کرده‌اند نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود بیشتر قطعی‌ها ناشی از آلودگی‌های مختلف صنعتی می‌باشد. این‌جدول همچنین شرایط جوی حاکم در موقع قطعی سیستم را نشان می‌دهد، مه، شبنم، باران ریز، رطوبت نسبی (۷۲٪) شرایط جوی حاکم بوده‌اند. ترکیب شبنم و مه شدیدترین شرایط بخار آب اشباع در هوا کافیست.

### ۱-۱-۲-۱- ۲ـ۲ـ پدیده آلودگی:

در قرن ۱۸ وقتی پدیده الکتریسیته بعنوان موضوع اصلی بسیاری از تحقیقات در زمینه برق‌دار بودن اجسام فلزی آویخته از ریسمان ابریشمی بود، ملاحظه گردید که هر نوع آلودگی ناشی از ذرات ابریشم همراه با رطوبت یا مواد خارجی دیگر منجر به توقف اثرات مربوط به اجسام برقدار شده مانند جذب یا دفع اجسام سبک می‌شود. بنابراین حتی در زمانهایی که تصور می‌شد که الکتریسیته یک نوع مایع خیلی رقیق که خواص آن با خواص سایر مایعات که همه با آن آشنایی دارند متفاوت است. مسئله آلودگی عایقها مشاهده و مطرح گردیده بود اما در آن زمان قابل درک نبود که ۲۰۰ سال بعد این شکست عایقی ناشی از یک لایه‌های سطحی می‌تواند نتایج حاد و مشکلات جدی و در محدود کردن آن بسیار آورد.

نظر به اینکه آلودگی هوا عملاً در اثر وجود ذرات ریز (نمکها، خاکسترهای صنعتی، گرد و غبار و...) در هوا و تماس آنها با سطح خارجی مقره‌ها باعث کاهش کیفیت عایقی سطوح خارجی مقره‌ها در ولتاژهای عمدتاً با فرکانس نامی می‌گردد ابتدا لازم است مبحث آلودگی هوا بعنوان منشأ آلودگی مقره‌ها مورد بررسی قرار گیرد.

### ۳ـ۲ـ تعریف آلودگی هوا Air Pollution:

تعریف آلودگی هوا توسط انجمن مشترک آلودگی هوا و کنترل آن The Engineers Joinicoun Cilin Air Pollution and Its Control بصورت زیر بیان شده است:

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

آلودگی هوا یعنی وجود یک یا چند آلوده‌کننده مانند گرد و غبار، فیوم‌ها، گازها، میست، بو، دود و بخارات در هوای‌آزاد با کیفیتها، ویژگی‌ها، میست، بو، دود و بخارات در هوای آزاد با کیفیتها، ویژگی‌ها و زمان ماند که برای زندگی انسان، گیاه یا زندگی حیوانات خطرناک و برای اجسام و اشیاء و تجهیزات مضر باشد و یا بطور غیرقابل قبول مخل استفاده راحت از زندگی و امکانات و تسهیلات موجود در جامعه گردد.

### ۱-۱-۲-۲- ۴ـ۲ـ تعاریف لازم در مبحث آلودگی:

تعاریف زیر توسط انجمن مهندسین برای آزمایش و موارد (ASIM) بیان شده است.

- آئروسل (Aerosol): پراکندگی ذرات میکروسکوپی جامد یا مایع در محیط گازی است مانند دود، مه و یا میست.
- غبار (Dust): اصطلاحی است که بطور نامشخص به ذرات جامدی که غالباً از کلوئید هستند و قادرند موقتاً در هوا و یا گازی دیگر به حالت تعلیق درآیند اطلاق می‌شود. ذرات غبار تمایلی به چسبندگی ندارند مگر اینکه تحت تأثیر نیروی الکتریسیته ساکن قرار گیرند. دیفیوز (منتشر) نمی‌شوند اما تحت تأثیر وزن رسوب می‌کنند. در اثر نیروهای فیزیکی وارده از اجرام بزرگتر مشتق می‌شوند.
- قطره (Droplet): ذره کوچک مایع دارای اندازه و وزن مخصوصی که در شرایط سکون سقوط کند اما ممکن است در شرایط توربولانس به صورت معلق بماند.
- خاکستر فرار (Fly Ash): ذرات بسیار کوچک خاکستر که در اثر احتراق‌مواد سوختنی وارد جریان گاز دودکش می‌شوند، ذرات خاکستر ممکن است حاوی ذرات ناقص سوخته باشند. این اصطلاح اختصاصاً به خاکستر موجود در گازهای حاصل از دیگهای بخار که با استفاده از مشعلهای مختلف کار می‌کنند اطلاق می‌شود.
- مه (Fog): اصطلاح نامشخصی است که برای بیان وجود ذرات قابل رویت که در حالت پراکندگی بصورت مایع هستند بکار می‌رود. تشکیل آنها معمولاً مستلزم تراکم است. در هواشناسی به پراکندگی ذرات آب یا یخ گفته می‌شود.
- فیوم (Fume): ذرات جامدی هستند که در اثر تراکم حالت گازی و معمولاً بعد از تبخیر مواد ذوب شده و غالباً توأم با یک واکنش شیمیایی مانند اکسیداسیون تولید می‌شوند. فیوم‌ها به یکدیگر جذب

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

می‌شوند و یا گاهی بهم می‌پیوندند. این اصطلاح بطور عامیانه برای اشاره به انواع آلوده‌کننده‌هاست و در بسیاری از قوانین و مقررات برای توصیف هر آلوده کننده‌ای که دارای اثرات نامطلوبی است بکار می‌رود.

- گاز (Gas): یکی از سه حالت توده جسم است که شکل و حجم مستقل ناشته و تمایل به انبساط نامحدود دارد.
- میست (Mist): اصطلاح نامشخصی است که به ذرات بزرگ مایع با پراکندگی کم غلظت اطلاق می‌شود. در هواشناسی پراکندگی دقیق قطرات آب با تراکم و اندازه کافی برای نشست را میست می‌گویند.
- ذره (Particle): جز کوچک مجزا از توده یک ماده جامد یا مایع ذره نامیده می‌شود.
- دود (Smoke): ذرات کوچک آئروسل است که حاصل احتراق ناقص می‌باشند که عمدتاً متشکل از کربن و سایر مواد قابل احتراق هستند.
- دوده (Soot): اجتماع ذرات کربن اشباع شده که با مواد قیری آمیخته‌اند و اصولاً در اثر احتراق ناقص مواد کربن‌دار بوجود می‌آیند.
- بخار (Vapor): شکل گازی موادی است که در حالت عادی بصورت مایع یا جامد وجود دارند.

WikiPower.ir

## ۳ـ انواع آلودگی مقره‌ها:

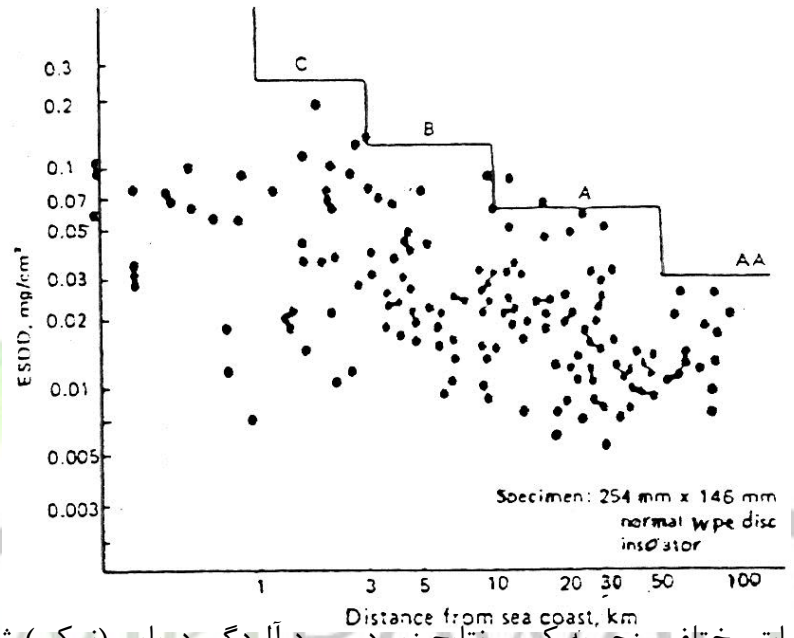
پس از شناخت عوامل آلودگی هوا به طبقه‌بندی انواع آلودگی مقره‌ها می‌پردازیم. بطورکلی چهار نوع آلودگی مقره کلاسه‌بندی شده است که عبارتند از: ۱ـ آلودگی دریایی (نمکی) ۲ـ آلودگی صنعتی ۳ـ آلودگی صحرایی ۴ـ انواع دیگر شامل خاکسترهای آتشفشانی، آلودگی کشاورزی، آلودگی ناشی از کارخانجات سیمان.

همچنین باید در نظر داشت در شرایط باد شدید، طوفانهای شن و شرایط ویژه دیگر، آلودگی بسرعت روی سطح مقره تجمع می‌کند که این نوع آلودگی را آلودگی سریع (Rapid Pollution) و تجمع تدریجی آلودگی روی سطح مقره‌ها را آلودگی معمولی (Ordinary Pollution) می‌نامند. ذیلاً به تشریح انواع مختلف آلودگی مقره‌ها می‌پردازیم:

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## ۱ـ۳ـ آلودگی دریایی (Marine Pollution)

در اثر تبخیر آبهای دریاها و اقیانوسها و وزش بادهای ساحلی که عمدتاً رو به خشکی می‌باشند و همراه با باران نیستند این نوع آلودگی سریع بر روی مقره‌ها می‌نشیند باید توجه داشت که فاصله خط انتقال از ساحل مهمترین عامل در میزان آلودگی است که روی مقره تجمع می‌کند. شکل (۲ـ۲) ارتباط بین فاصله از ساحل دریا و میزان E500 را در یک دوره آزمایش یک ماهه نمایش می‌دهد.




**شکل (۲ـ۲)**

انجام آزمایشات مختلف منجر به کسب نتایج زیر در مورد آلودگی دریایی (نمکی) شده است:

Iـ در دوره‌های طولانی مقدار تجمع آلودگی روی مقره‌های برجهای کشتی کمتر از مقره‌های برجاهی آویزان است و این کاهش به نصف هم می‌رسد.

IIـ در مورد مقره‌های برجهای کشتی بایستی دقت شود که حتی‌المقدور سمت پایینی مقره بسمت دریا نباشد.

IIIـ زنجیره مقره‌های آویزی V شکل در حدود ۸۰ درصد مقره‌های شکل آلودگی را جذب می‌کنند.

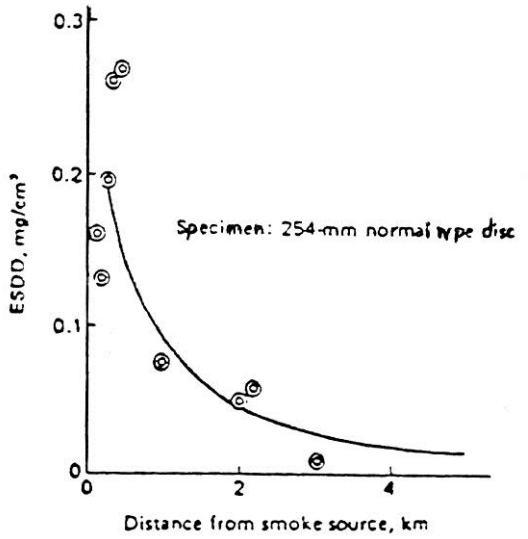
### ۱-۱-۲-۳- ۲ـ۳ـ آلودگی صنعتی

در سالهای اخیر با توسعه و بالا رفتن تعداد کارخانجات سطح مقره‌ها در مناطق صنعتی در زمان کوتاهی طی واکنش مه ـ دود و یا فتوشیمیایی از یک لایه مواد ذغالی، دوده و ... پوشیده می‌شود. این نوع

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

آلودگی که به آلودگی صنعتی معروف است باعث کاهش استقامت الکتریکی و ایجاد قوس الکتریکی در دو سر مقره و یا کروناى شدید آن می‌گردد. یک تفاوت اساسی این نوع آلودگی با سایر انواع آلودگی در اینست که در مواقعی که سطح مقره با ذرات خارجی مثل فلزات، دوده و گرافیت پوشیده شده باشد (آلودگی صنعتی) قوس الکتریکی سطحی در هوای خشک نیز پدید می‌آید در حالیکه موادی مانند نمک، خاک و سایر مواد (فقط در مواقع بالا رفتن رطوبت نسبی، نم‌نم باران، مه و... پدید آمدن قوس الکتریکی سطحی می‌شوند.

میزان تجمع ESDD در آلودگی صنعتی نیز در ارتباط با فاصله از منبع آلودگی می‌باشد. شکل (۳ـ۲) بیانگر این موضوع است.




**شکل (۳ـ۳) یک نمونه از رابطه بین DD**

## ۳ـ۳ـ آلودگی صحرایی (کویری):

معمولاً میزان ESDD در آلودگی صحرایی بزرگتر از نواحی است که آلودگی نمکی دارند. بطور کلی در نواحی صحرایی مقدار کمی از آلودگی در اثر باران، شبنم و باد پاک می‌شوند. بنابراین گاهی اوقات مقار زیادی آلودگی روی سطح مقره تجمع پیدا می‌کند. بخصوص وقتی یک منطقه کویری نزدیک دریا باشد با سخت‌ترین نوع آلودگی مواجه خواهیم بود. زیرا تجمع زیاد NSDD (در حدود $۱ \, {}^{mg}/_{cm^2}$) مانع از شستشوی ESDD می‌گردد.

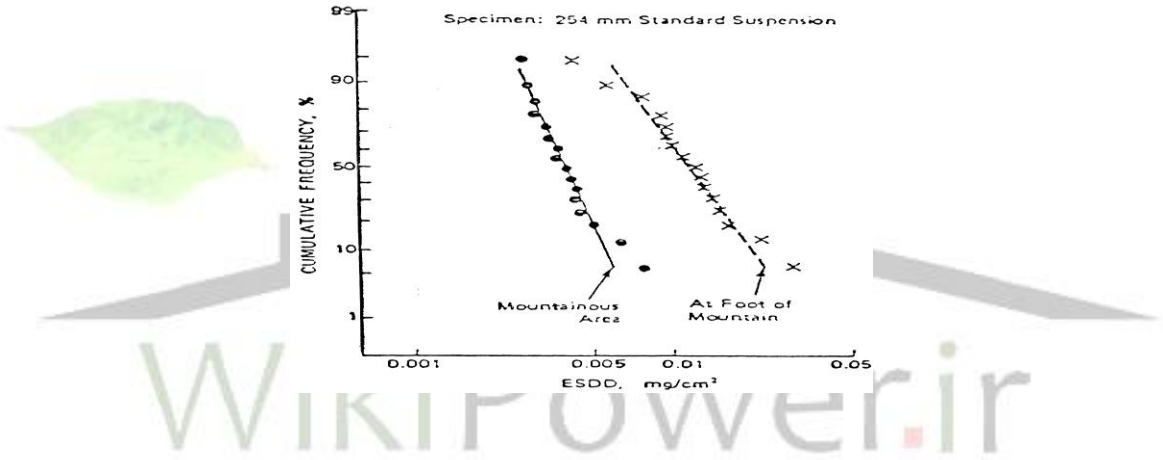
مواد متشکله آلودگی صحرایی بطور تیپیکال عبارتند از Nacl، $CaSO_4$ و CasCO3 که بسیار هادی می‌باشند.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## ۴ـ۳ـ آلودگی گرد و غبار:

این نوع آلودگی در اثر باد و پراکنده شدن ذرات خاک روی مقره بوجود می‌آید. معمولاً میزان ESDD روی مقره مقدار کمی را نشان می‌دهد. یک نمونه از میزان ESDD بدست آمده در اینگونه نواحی در شکل (۴ـ۲) نشان داده شده است.

باید در نظر داشت که نمک محلول در این نوع آلودگی معمولاً با سولفات کلسیم مشخص می‌شود. البته ترکیب مواد و آلوده بسته به مناطق مختلف فرق می‌کند در بعضی از مناطق میزان سولفات کلسیم به ٪۷۰ـ۳۰ نیز می‌رسد.




**شکل (۴ـ۲)**
**مقادیر بدست آمده از اندازه‌گیری ESDD در آلودگی ناشی از گرد و غبار**

## ۵ـ۳ـ انواع دیگر :

انواع دیگر آلودگی عبارتند از آلودگی ناشی از کارخانجات سیمان، آلودگی حاصل از کودها و سوزاندن پس مانده‌های کشاورزی و نیز آتش‌سوزی جنگلها و...

لازم به توضیح است همانگونه که در مبحث آلودگی صنعتی ذکر شد دود ناشی از فعالیتهای صنعتی و نیز گاه‌ها طی واکنش مه ـ دود یا فتوشیمیایی سطح مقره‌ها را آلوده می‌کند در صورتیکه آلودگی ناشی از کارخانجات سیمان صرفاً نشستن غبار سیمان بر روی مقره‌هاست. لذا علیرغم اینکه تولید سیمان یک فرآیند صنعتی است آلودگی ناشی از آن در طبقه‌بندی مجزا از آلودگی سنعتی قرار می‌گیرد.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل سوم :

***تأثیر آلودگی بر روی ایزولاسیون خط***

## ۱ـ۳ـ عیوب توأم با قوس الکتریکی Arc Fault

بطور کلی اشکالات موجود در خطوط ابتدا باعث ایجاد یک قوس الکتریکی می‌گردد. که این عیوب بدلایل زیر اتفاق می‌افتد:

۱ـ نزدیک گشتن فازها (بعلت باد)

۲ـ تخلیه جوی

۳ـ آلودگی محیط

۴ـ اضافه ولتاژهای قطه و وصل

۵ـ شکستگی مقره

در خطوط انتقال هادیهای سه‌فاز بصورت معلق با فاصله‌های مشخص آویزان می‌باشند. بنابراین این دو فاصله هوایی (فاصله ایزولاسیون) تعریف می‌کنیم.

۱ـ فاصله ایزولاسیون با زنجیره مقره

۲ـ فاصله ایزولاسیون بدون زنجیره مقره

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اگر یک فاصله هوایی که هیچ جسم خارجی ما بینش نیست مقره قرار دهیم ولتاژ دی‌الکتریک بصورت قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا می‌کند. چون این مقره در اثر رطوبت و آلودگی یک لایه آلودگی روی آن را میپوشاند و باعث جاری شدن سطحی می‌شود که رفته رفته قوس ایجاد می‌کند. به همین علت وجود مقره باعث می‌شود که ولتاژ دی‌الکتریک پایین بیاید.

این یکی از اشکالات عمده است که آلودگی محیط روی مقره اثر می‌گذارد که روی آن صحبت می‌کنیم.

- بطور کلی یک زنجیر یا ستون مقره، در سه حالت استاندارد ولتاژ دی‌الکتریک تعریف می‌شود:

۱ـ در شرایط کاملاً خشک، که در این حالت ولتاژ دی‌الکتریک آن برابر ولتاژ دی‌الکتریک هواست.

۲ـ در شرایط کاملاً خیس ولی تمیز

۳ـ لایه سطحی همراه با رطوبت

لایه تشکیل شده روی مقره تا هنگامیکه خشک است از مقاومت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است، که هیچ جریانی را عبور نمی‌دهد. پس در حالت خشک هیچ مسئله‌ای نداریم. ولی اگر لایه سطحی رطوبت جذب کند و تبدیل به خمیر مانند شود، بطور ناگهانی قابلیت هدایت الکتریکی پیدا می‌کند و باعث عبور جریان سطحی می‌شود و تولید اشکال می‌کند.

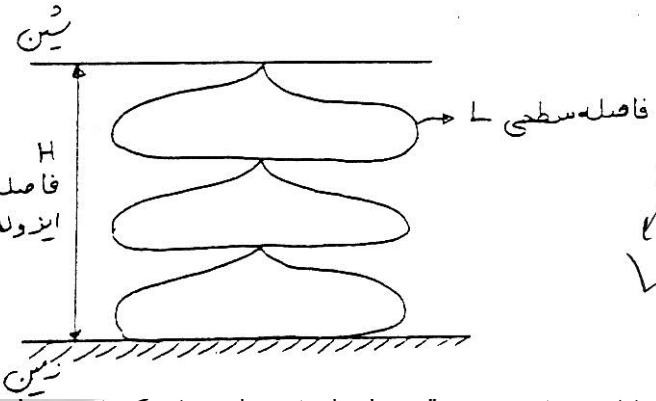
وقتی که لایه رطوبت جذب می‌کند به آن الکترولیت گویند (یا محلول نمک ایجاد شده است که هادی می‌باشد).

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

**ESDD = Equivalent Sait Deposite Density**

محلول نمک معادل یا درصد نمک معادل = ESDD

مقره‌ای که روی آن را لایهٔ آلوده پوشانده است اگر رطوبت جذب کند. جریانی در حدود میلی‌آمپر برقرار می‌شود که به این جریان، جریان سطحی لایه گوییم. فاصله‌ای را که جریان طی می‌کند روی سطح خارجی مقره است که فاصله سطحی یا طول (L) می‌نامیم.




هنگامی که جریا L > E
کرده،
جریان زیادی برقرار می
نیست
جریان کمی عبور می‌کن
سطح

مقره ایجاد می‌شود که خودبخود خفه می‌شود یعنی قوس ایجاد شده باعث خشک شدن رطوبت ان می‌گردد و جریان سطحی از بین می‌رود.

مدتی که هوای اطراف مقره رطوبتش بالا می‌رود معمولاً مدت کمی است و در ساعات مشخصی از روز است. مثلاً در صبحها بصورت شبنم، و این قوسهای بوجود آمده خودبخود خفه می‌شوند.

حال اگر بر اثر عوامل طبیعی مقره شسته نشود لایه بمراتب ضخیم‌تر شده و اگر رطوبت هوا زیاد شود به دلیل اینکه لایه آلوده بهتر تشکیل شده است از قوسهایی زده خواهد شد که طول آنها رفته رفته افزایش می‌یابد و جریان زیادتری عبور می‌کند در این حالت قوس دیگر خفه نمی‌شود. زیرا طولش زیاد شده است و دیگر نمی‌تواند اثر خشک کنندگی داشته باشد و بمراتب قوس می‌خزد و جریان بالاتر رفته تا جایی که قوس کامل زده می‌شود و دوباره مقره خشک می‌شود. و بعد از چند دقیقه دوباره همین موارد پدید می‌آید. پس اگر در مناطقی در پریودهای مشخصی از زمان، رله‌ها عمل می‌کنند اشکال از آلودگی مقره‌ها می‌باشد.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- **مقره خیس:** در این حالت مقره شسته شده و لایه ندارد ولی زیر رطوبت قرار گرفته است (مقره خیس است ولی تمیز).
- **مقره رطوبی:** که رطوبت همراه با لایه آلوده است به این ترتیب جریانی که از لایه سطحی عبور می‌کند دائماً در حال تغییر است. قوسهای موضعی اشکالی ایجاد نمی‌کند. ولی قوس کامل، ایزولاسیون خط را مختل می‌کند. این دو حالت بستگی به جریان سطحی دارد که می‌توان این جریان را حساب کرد.

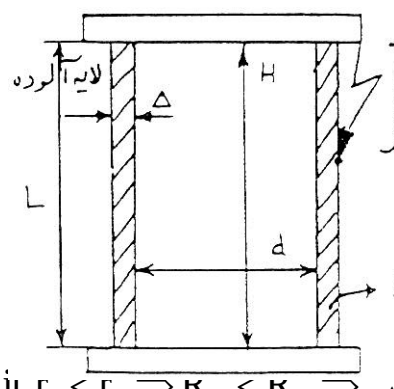
اگر این جریان از حد مشخصی کمتر باشد قوسها خفه می‌شود و اگر جریان از حد مشخصی بیشتر شود قوسها خفه نمی‌شوند، این جریان قابل محاسبه است و بستگی به یک سری پارامتر دارد. این جریان حد سطحی که با $I_c$ نمایش می‌دهند اگر در مقاومت لایه ضرب کنیم ولتاژی بدست می‌آید که اگر تقسیم بر ارتفاع مقره کنیم شدت میدان رطوبتی مقره را می‌دهد.

$$E_B = \frac{I_C.R_P}{H} \quad (^{KV}/_{cm})$$

حال اگر ولتاژی روی مقره باشد شدت میدان ناشی از این ولتاژ باید کمتر از $E_B$ باشد تا قوس بوجود نیاید چون اگر بیشتر باشد $I > I_C$ شده و قوس موضعی خفه نمی‌شود. بلکه قوس کامل ایجاد می‌شود.

## ۲ـ۳ـ شرایط بروز قوس در مقرهٔ آلوده:

اگر فرض شود که مقره سطحش صاف است و دو برش فلز قرار دارد.




$$D - D \quad r_1 l_1 + r_a l_a$$

$l_a, r_a$ قوس موضعی $+ r_a) l_a$

$R_P, r_P = \frac{R_P}{L}$ قوس مو

$r_a < r_P \Rightarrow K_\Sigma < K_P \Rightarrow$ قوس موضعی گسترش می‌یابد

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

حد مرزی $if\ \ r_a = r_P$

تبدیل قوس موضعی به قوس کامل در شرایط مناسب بطور نامشخص و با سرعت حدود ۵۰ متر بر ثانیه رفته رفته روی سطح مقره انجام می‌گیرد.

## ۳ـ۳ـ جریان سطحی مرزی یا جریان حد:

رابطه ولت و آمپر قوس $U = AI^{-n}$

n ضریب ثابت مربوط به قوس که از ۱ کمتر است $r_a = \frac{U}{I} = AI^{-(n+1)}$ مقاومت قوس که از ۱ کمتر است.

$$R_P = \frac{\rho l}{\pi d \Delta} = \frac{l}{\gamma \pi d \Delta}$$

که در آن داریم:

هدایت سطح لایه: $\gamma$

ضخامت لایه آلوده: $\Delta$

قطر مقره: $d$

$$r_P = \frac{R_P}{L} = \frac{I}{\gamma \pi d \Delta}$$

و در حالت حد مرزی داریم:

$$r_a = r_P \Rightarrow AI^{-(n+1)} = \frac{I}{\gamma \pi d \Delta}$$

$$I^{n+1} = A\gamma \pi d \Delta \Rightarrow$$

جریان سطحی مرزی $I_C = (A\gamma \pi d \Delta)$

اگر قطر مقره یعنی d زیاد باشد قوس زودتر انجام می‌گیرد پس بایستی سعی کرد تا حد امکان قطر مقره را کاهش داد. اگر قطر مقره کمتر از ۴ سانتیمتر باشد دیگر احتیاجی به افزایش سطح مقره نیست ولی در اینجا چون قطر مقره کم است مقاومت مکانیکی مقره نیز کم است برای افزایش مقاومت مکانیکی

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بایستی قطر مقره را افزایش داد که این عمل باعث کاهش $R_P$ می‌گردد. برای رفع این مشکل بایستی L را افزایش داد که در عمل ظاهری مقره را توسط کنگره کردن افزایش می‌دهند.

## ۴ـ۳ـ شدت میدان رطوبی:

شدت میدان رطوبی از مشخصات مقره‌هاست که رابطه آن بصورت زیر است:

$$E_B = \frac{I_C R_P}{H}$$

بجای $I_C$ معادل آنرا قرار می‌دهیم:

$$E_B = \frac{\sqrt[(n+1)]{l}}{(\gamma \pi d \Delta)^{\frac{n}{n+1}}} \cdot \frac{L}{H}$$

نسبت $\frac{L}{H}$ را ضریب فاصله سطحی مقره گویند و با $K_h$ نمایش می‌دهند پس در مقرهٔ استوانه‌ای $L = H$ است پس ضریب فاصله سطحی $K_h = 1$ می‌باشد. در مقره با برجستگی $L > H$ است پس در نتیجه $K_h = \frac{L}{H} > 1$ می‌باشد. پس هرچه $K_n$ بزرگتر باشد بهتر است.

در انتخاب مقره‌ها بایستی $E < E_B$ باشد تا تحمل مقره زیاد باشد برای افزایش $E_B$ بایستی نسبت $\frac{L}{H}$ را افزایش داد پس هرچه $\frac{L}{H}$ بزرگتر باشد بهتر است.

پس همیشه بایستی شدت میدانی که روی مقره در اثر ولتاژ فشار قوی ایجاد می‌شود (E) از شدت میدان رطوبی ($E_B$) کمتر باشد تا در اثر افزایش رطوبت و آلودگی، قوس سریعاً انجام نگیرد. برای افزایش نسبت بایستی برآمدگی‌های روی مقره را بلندتر کرد با این کار افزایش یافته و می‌توان H را نیز تا حدی کاهش داد پس $\frac{L}{H}$ افزایش می‌یابد در عمل چون مقره‌ها از چینی می‌باشد نمی‌توان طول این برآمدگیها را از یک حد افزایش داد چون مقاومت مکانیکیش کاهش می‌یابد. در عمل نسبت $\frac{L}{H}$ بین ۱/۸ تا ۲/۵ می‌باشد.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

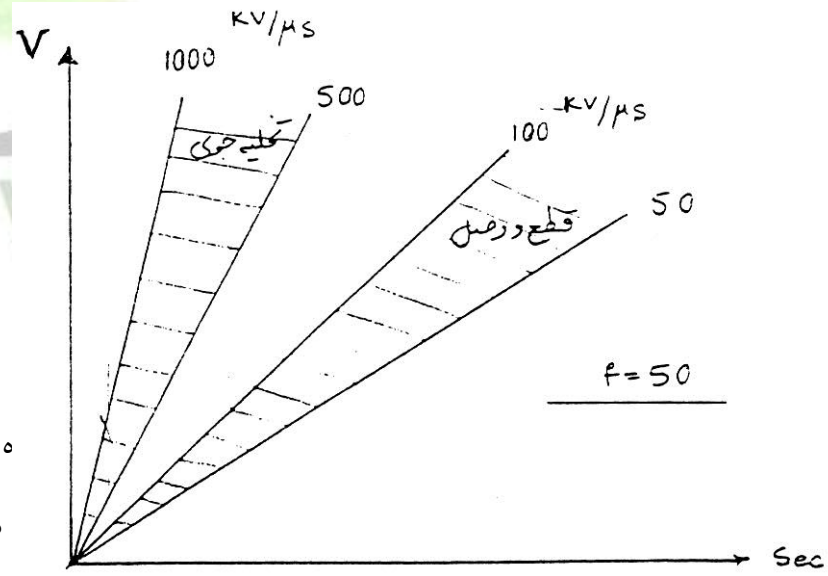
$۱/۸ < K_h < ۲/۵$

برای انتخاب مقره‌ها بایستی L را از رابطه $L = 1.15 x U_n x (^{mm}/_{KV})$ محاسبه نمود و سپس از روی جداول مقره‌ها نسبت $\frac{L}{H}$ را با معلوم بودن L بدست آورده و با داشتن L می‌توان طول زنجیر مقره (H) را محاسبه نمود.

در خطوط انتقال حالت ایده‌آل حالتی است که فاصله با زنجیر مقره با فاصلهٔ با زنجیر مقره برابر باشد. بطوریکه اگر ٪۲۰ از فاصله ایزولاسیون در خط انتقال کم شود حدود ٪۴۰ از هزینه کاسته می‌شود.

**۵ـ۳ـ تأثیر انواع اضافه ولتاژهای روی مقره تمیز و مقره با لایه آلوده:**

نمایش نواحی ولتاژهای موجی تخلیه جوی و قطع و وصل و فرکانس ۵۰ در منحنی ولت ثانیه بصورت زیر می‌باشد.

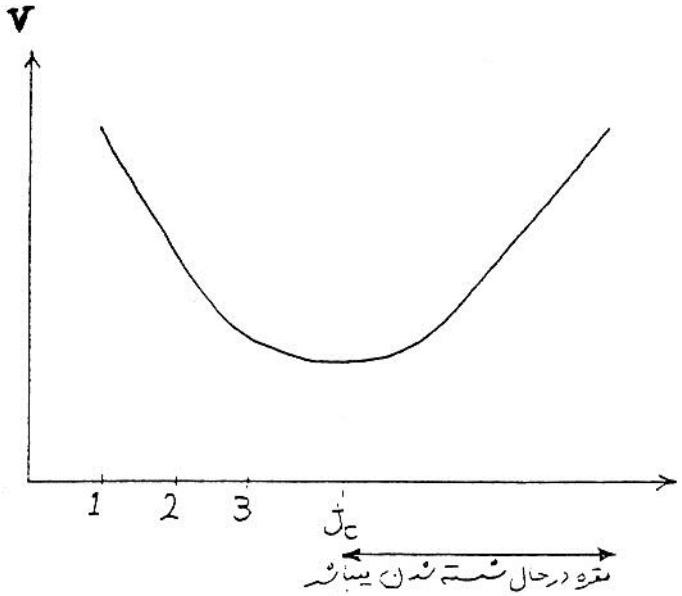



- **اثر ولتاژ ت** ه است یکسان است چون مجال خشک شدن رطوبت نمی‌دهد پس ولتاژ تخلیه جوی روی مقره تمیز و آلوده تأثیرش یکسان است. در قبال ولتاژ تخلیه جوی منحنی ولت ثانیه در فاصلهٔ هوایی همان منحنی ولت ثانیه با زنجیر مقره (حتی می‌تواند با لایه آلوده باشد) می‌باشد.
- **اثر ولتاژ موجی قطع و وصل:** در فرکانس ۵۰ در مقرهٔ آلوده بالاخره قوس کامل ایجاد می‌شود ولی در ولتاژ تخلیه جوی، آلودگی مقره بی‌تأثیر است، ولتاژ موجی قطع و وصل تأثیرش روی مقره کثیف

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ما بین دو حالت قبل است یعنی در بعضی مواقع ممکن است قوس ایجاد شود و در بعضی مواقع ممکن است ایجاد نشود. پس تأثیر ولتاژ موجی قطع و وصل بستگی به آلودگی مقره و رطوبت محیط دارد.

۶ـ۳ـ تأثیر شدت بارندگی روی ولتاژ دی‌الکتریک مقره کثیف در قبال ولتاژ موجی قطع و وصل:

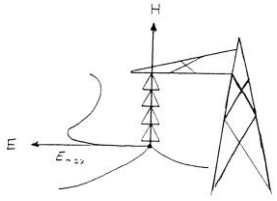



منحنی وجی قطع و وصل را نمایش ی‌الکتریک را دارد که این شدت بارندگی بحرانی گویند و با JC نمایش می‌دهند.

- در یک زنجیره مقره در اثر ولتاژ موجی فرکانس ۵۰ ابتدا قوس موضعی ایجاد شده و با سرعت $^{m}/_{s}$ ۵۰ به قوس کامل تبدیل می‌شود و در اثر ولتاژ موجی قطع و وصل ابتدا قوس موضعی ایجاد شده و سپس با سرعت $10^{5}\ ^{m}/_{s}$ خیلی سریع به قوس کامل تبدیل می‌شود (البته با مهیا بودن شرایط برای ایجاد قوس).

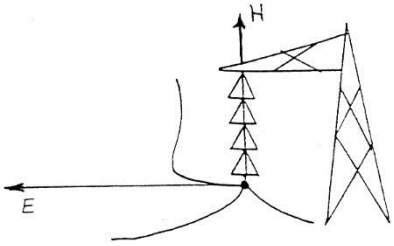
## ۷ـ۳ـ توزیع شدت میدان الکتریکی در طول زنجیر مقره تمیز و زنجیر مقره با لایه آلوده:

توزیع شدت میدان الکتریکی و ولتاژ در طول زنجیر مقره تمیز (یا فاصله هوایی بدون زنجیر مقره) یکنواخت نیست بلکه نزدیک به هادی شدت میدان و ولتاژ زیاد در وسط کم و در نزدیکی برج حد متوسط است.



برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

توزیع شدت میدان الکتریکی در زنجیر مقره با لایه آلوده بدلیل برقرار بودن جریان در لایه آلوده تقریباً یکسان است.




در مقره تمیز وجود شدت میدان حداکثر ( $E_{max}$ ) عوارض زیر را دنبال دارد:

۱ـ بروزکرونا، کرونا در مجاور هادی تحت ولتاژ شدیدتر می‌شود.

۲ـ صدمه به تجهیزات مجاور هادی مثل روغن و مقره‌های نزدیک به هادی تحت ولتاژ.

۳ـ کاهش ولتاژ دی‌الکتریک هوا.

که البته راه حل عملی برای یکنواخت کردن توزیع شدت میدان در طول زنجیر مقره نصب شاخکهای برقگیر می‌باشد که وظیفه حفاظت مقره‌ها را در قبال اضافه ولتاژها را نیز بعهده دارد.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱,۱,۲,۳,۱,۱,۱ فصل چهارم

## ۱ـ طراحی ایزولاسیون در شرایط کلیدزنی Switching Surge Criteria :

یکی از مفاهیم پر استفاده در آمار و احتمالات مفهوم تنش و قدرت Stress-Strength می‌باشد این واژه که باید از پدیده‌های مکانیکی و سازه‌ای الهام گرفته شده باشد، کاربردی در همه زمینه‌ها پیدا کرده و بر اساس تجربیات و نتایج آزمایشات منحنی‌های توزیع تنش و قدرت برای هر نوع سیستم قابل تعریف می‌باشد و هدف مهندس طراح از بکارگیری این منحنی‌های توزیع مشخص نمودن میزان مقاومت و قدرت یک سیستم در مقابل تنش‌های وارده به ازای درجه اطمینان مشخصی خواهد بود.

مثلاً برای انتخاب مقطع هادی بر اساس تداخل رادیویی، منحنی توزیع قدرت از سیگنال ایستگاه رادیو ومنحنی توزیع تنش از تداخل رادیویی خط انتقال بدست می‌آید و با فرض سیگنال به نویز ۲۴dB می‌توان احتمال اینکه تداخل رادیویی به اضافه ۲۴dB بیشتر از قدرت سیگنال رادیویی باشد محاسبه گردد، (لازم به یادآوری می‌باشد که هر دو منحنی توزیع نرمال یا گوس می‌باشد) همچنین در زمینه برنامه‌ریزی تولید، تنش را بار پیک روزانه و قدرت را تولید قابل بهره‌برداری در نظر می‌گیرند.

WikiPower.ir

## نرخ جرقه کلیدزنی Switching Surge Flashover Rate

در اینجا برای محاسبه احتمال و نرخ جرقه ناشی از کلیدزنی در هماهنگی ایزولاسیون منحنی تنش را اضافه ولتاژ ناشی از کلیدزنی Switching Over Voltage و منحنی قدرت را مشخصه الکتریکی ناشی از اعمال ولتاژ ضربه Switching Impulse به ایزولاسیون خط منظور می‌نمایند.

توزیع تنش معمولاً از بررسی نتایج Transient Network Analysis (TNA) و یا برنامه دیجیتال کامپیوتر بدست می‌آید. امروزه دو روش برای آنالیز نتایج TNA و بدست آوردن توزیع تنش اضافه ولتاژهای کلیدزنی وجود دارد. با این ترتیب که اگر توزیع تنش از حداکثر اضافه ولتاژ هر مورد کلیدزنی تشکیل شود

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

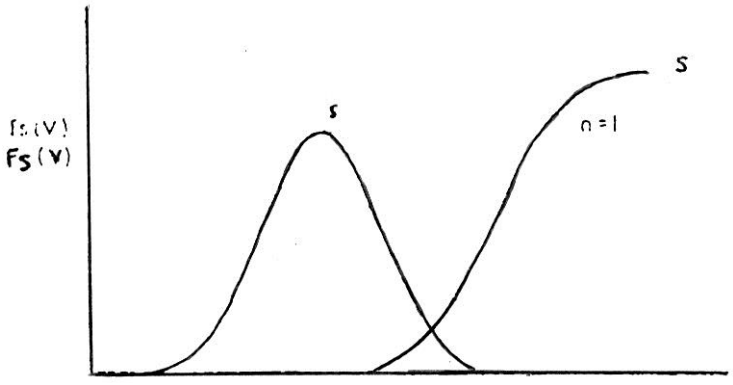
روش Maximum Case Peaks بکار رفته است و اگر توزیع تنش از کلیه ماکزیمم اضافه ولتاژهای هر سه فاز در هر مورد تشکیل شود. از روش Maximum Phase Peaks استفاده شده است.

در این جزوه از روش اول که بیشتر در آمریکا معمول است استفاده می‌گردد و در صورتیکه از روش دوم که بیشتر در اروپا مرسوم است استفاده شود باید احتمالات بدست آمده از روش و فرمولهای این جزوه در ضریب ۳ ضرب شود.

در مطالعات TNA معمولاً ۲۰۰ نوبت عمل بستگی کلید بطور اتفاقی برای بدست آوردن توزیع اضافه ولتاژ کلیدزنی لازم است و در هر نوبت ولتاژ فاز به زمین هر فاز در محل کلید و چهار نقطه در امتداد خط انتقال مربوطه اندازه‌گیری می‌شود. باین ترتیب بر اساس روش اول Max.Case Peaks ۲۰۰ عدد ولتاژ ماکزیمم مربوط به هر نوبت و بر اساس روش دوم (Maximum Phase Peaks) ۶۰۰ عدد ولتاژ ماکزیمم مربوط به هر نوبت و فاز جزء اطلاعات بدست آمده برای تهیه توزیع تنش می‌باشد.

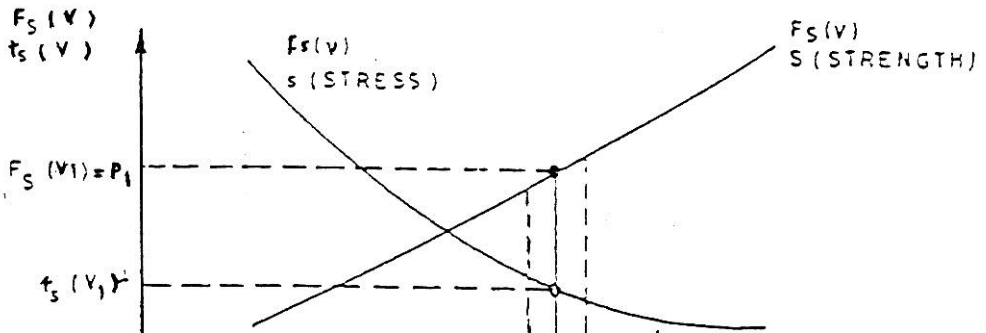
توزیع تنش می‌تواند از نوع نرمال و یا مقادیر فرین Extreme Value باشد و همچنین مقدار آن در طول خط برای هر برج تغییر خواهد کرد. توزیع قدرت از جزئیات مشخصه ایزولاسیون خط و در آزمایشگاه بدست می‌آید با تقریب خوبی از نوع نرمال و برای یک برج فرض می‌شود ولی اثرات تعداد برجهای هر خط باید در محاسبات منظور شود.

حال برای شروع یک برج با یک توزیع تنش مطابق شکل ۱ در نظر می‌گیریم که در آن توزیع قدرت برای یک برج (N=۱) از نوع نرمال و توزیع تنش یک توزیع عمومی می‌باشد.




**شکل (۱)**

اگر قسمتی از (شکل ۲) ملاحظه می‌شود که



برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

**شکل (۲)**

احتمال اتفاق افتادن اضافه ولتاژی (SOV) معادل $V_1$ برابر $f_S(V_1)dV$ و احتمال جرقه در صورت وجود $V_1$ (یعنی احتمال کمتر بودن قدرت S نسبت به $V_2$ عبارتست از:

(زیرا توزیع نرمال Cumulative می‌باشد)

$$(۱)\quad P(FO/V_1)=\int_{-\infty}^{V_1} FS(V)dV = FS(V_1)=P_1$$

به این ترتیب احتمال اتفاق همزمان دو مورد فوق یعنی اضافه ولتاژی معادل $V_1$ عبارت از حاصلضرب احتمالهای این دو اتفاق مستقل خواهد بود.

$$(۲)\quad dp = f_S(V_1)dV \times F_S(V_1)$$

(احتمال جرقه در صورت* (احتمال اتفاق $V_1$)= احتمال جرقه برای $V_1$ وجود $V_1$).

و برای بدست آوردن احتمال کل جرقه از رابطهٔ (۲) برای کلیه مقادیر اضافه ولتاژ (تنش V) روی منحنی‌های مربوطه انتگرال گرفته می‌شود.

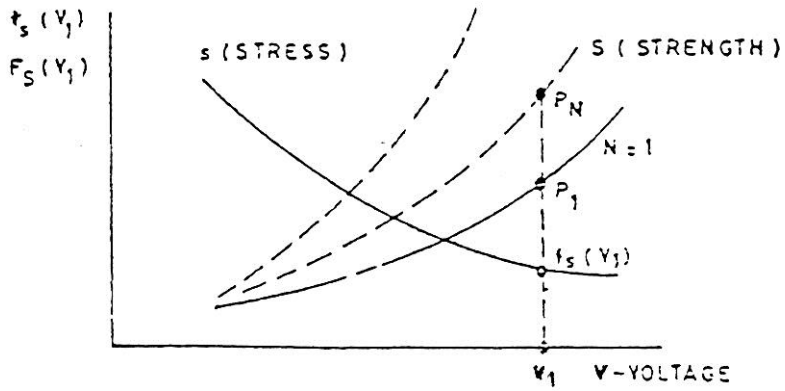
$$(۳)\quad PF=\int_{-\infty}^{+\infty} f_S(V_1)\left[\int_{-\infty}^{V} F_S(V)dV\right]dV = \int_{-\infty}^{+\infty} F_S(V)\times P_V\ dV$$

که $P_V$ احتمال جرقه به ازای تنشهای V می‌باشد (انتگرالهای روی منحنی $F_S(V)$)

رابطه (۳) برای احتمال جرقه در روی یک برج می‌باشد و برای تعداد N برج باید احتمال جرقه حداقل روی یک برج که معادل یک منهای احتمال عدم جرقه می‌باشد محاسبه شود.

احتمال جرقه حداقل یک برج از N برج $P_N = 1-(1-P_1)N = 1-q_1$

که احتمال جرقه و $q_1$ احتمال عدم جرقه روی یک برج می‌باشد (شکل ۳)



برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

و رابطه (۳) برای تعداد برج بصورت زیر در می‌آید:

$$(۵)\quad P_f = \int_{-\infty}^{+\infty} f_S(V) \times (1-q^N)dV$$

که $q$ احتمال عدم جرقه یک برج می‌باشد.

رابطه(۵) با فرض یکسان بودن توزیع تنش در کلیه برجها و نتیجتاً متساوی الاحتمال بودن اتفاق جرقه در آنها می‌باشد و در غیر اینصورت $q^N$ تبدیل به حاصلضرب احتمالات عدم جرقه برجهای مختلف خواهد شد. ( $q_1, q_2, \dots, q_N$ ) البته در عمل خط را به قطعاتی که هر کدام شامل ده برج باشند تقسیم می‌کنند و در هر قطعه توزیع تنش و SOV منظور می‌شود.موارد دیگری که باید در رابطهٔ (۵) در نظر گرفت بشرح زیر است:

۱ـ معمولاً در توزیع تنش تعداد LSV پلاریته مثبت و منفی یکسان فرض می‌شود و از آنجایی که ایزولاسیون در مقابل پلاریته منفی قوی‌تر بوده و لذا پلاریته مثبت بحرانی می‌باشد می‌توان از احتمال جرقه ناشی از پلاریته منفی صرفنظر کرده و نتیجتاً احتمال جرق کل در ضریب ۰/۵ ضرب می‌شود.

۲ـ حداقل اضافه ولتاژ (SOV) یک P.U. حداکثر ولتاژ فاز به زمین خط E خواهد بود.

۳ـ حداکثر اضافه ولتاژ برای طراحی $S_2 = S_0 + 2\sigma_S$ منظور می‌شود که عبارت است از اضافه ولتاژی که احتمال اتفاق اضافه ولتاژی بیش از آن حدود ۲٪ خواهد بود ( $S_0$ مقدار میانه و $\sigma_S$ انحراف از مرکز SOV می‌باشد) با توجه به مراتب فوق رابطهٔ (۵) بشکل زیر در می‌آید.

$$(۶)\quad P_F = \tfrac{1}{2} \int_{E}^{S_2} f_S(V)[1 - \frac{N}{1-1} q_i]dv$$

برای استفاده عملی از رابطه (۶) منحنی‌های کاربردی عمومی بر حسب نوع توزیع تنش (SOV) و ضرایب تصحیح مربوطه لازم است که برای روشن شدن مطلب طی مثال زیر کاربرد منحنی‌های عمومی شماره ۴ و ۵ و ۶ و ضرایب تصحیح مربوطه توضیح داده می‌شود.

مثال ۱: برای یک خط ۴۰۰ کیلوولت با توزیع اضافه ولتاژ از نوع نرمال با مشخصات با توجه به

$$MAX.SCV.Factir = 2.2pu.$$

جدول (۱)

- نسبت انحراف از مرکز به مقدار میانه $S/S_0 = 0.06$

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- نسبت اضافه ولتاژ انتها به ابتدای خط $S_R / S_S = 1.2$
- توزیع قدرت ایزولاسیون با مشخصات (توزیع نرمال) $CFO = 0.05/$ و کاهش ناشی از شرایط مرطوب (باران) ۵٪ از CFO خشک می‌باشد. خط دارای ۷۵۰ برج با زنجیره‌های V شکل و از ارتفاع یک کیلومتر نسبت به سطح دریا (A=۱ km) عبور می‌کند.

فاصله هوایی مجاز (Strike Distance "S") برای نرخ جرقه کلیدزنی (SSFOR) ۰/۰۱ در شرایط رعد و برق را بدست می‌آوریم.

$$CFO = -\frac{(V3/S2)S_2}{(TCF)(VPCF)(SCF)(0.95)(0.85)(RAD)^n} \quad (۷)$$

از این رابطه CFO در شرایط خشک و پلاریته مثبت بدست می‌آید. ضرایب (۰/۹۵) و (۰/۸۵) به ترتیب برای تبدیل شرایط مرطوب به خشک (۰/۰۵ کاهش CFO) و تبدیل ($V_3 = CFO - 3\sigma$) به CFO می‌باشد. (TCF)

ضریب تصحیح تعداد برج، (VPCF) ضریب تصحیح نسبت اضافه ولتاژ انتها و ابتدای خط و (SCF) ضریب تصحیح نسبت $\sigma / CFO$ می‌باشد که از منحنی‌های عمومی (۵ و ۶) بدست می‌آیند. نسبت $V_3 / S_2$ از منحنی عمومی (۴) بر حسب SSFOR=۰/۰۱ و RAD و n نیز از روابط زیر

(در شرایط رعد و برق) (A) RAD =۰/۹۹۷-۰/۱۰۶ (۸)

(S) n =۱/۱۲-۰/۱۲ (۹)

(m) ۱ < S < ۶

بدست می‌آید.

از منحنی ۴ $S_2 = 400 \times \sqrt{2}/\sqrt{3} \times 1.05 \times 2.2 \approx 755KV$

$V_3 / V_2 = 1.013$

از منحنی ۶ TCF = ۰/۹۹۳

VPCF = ۱/۰۴۲

از منحنی ۵ SCF – ۱/۰

منحنی‌های ۴ برای $\sigma / CFO$ = ۵٪ می‌باشد.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

RAD = ۰/۸۹۱

$CFO_e$ = ۱۰۰۰ KV

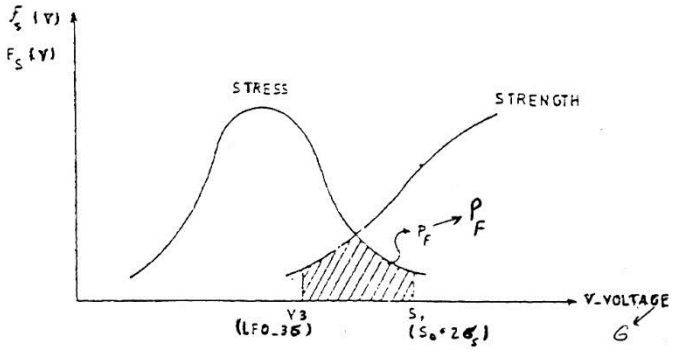
(۱۰) $S = \dfrac{7.3}{\dfrac{3830}{CFO_e} - 1} = 2.58m \qquad N = 0.81$ پس از سه بار سعی و خطا

CFO = ۱۰۰۶ KV

S = ۲/۶۰ M

از مثال فوق ملاحظه می‌گردد که احتمال جرقه با واژه نرخ جرقه کلیدزنی (SSFOR) بر حسب جرقه‌های ناشی از ۱۰۰ اضافه ولتاژ کلیدزنی و یا ۱۰۰ نوبت کلیدزنی جایگزین شده است و این مشابه واژه نرخ صاعقه می‌باشدکه بر حسب تعداد جرقه در ۱۰۰ کیلومتر از خط در سال است. این روش محاسبه به روش اشاره شده در جزوه اول بسیار نزدیک بوده و در اینجا $S_2$ بجای $E_m$ بکار گرفته ده و این باعث کم اثر شدن نسبی ضرایب تصحیح SCF، VPCF، TCF (تغییرات ناچیز SCF قابل صرفنظر می‌باشد) می‌گردد. اصولاً نرخ جرقه کلیدزنی (SSFOR) بوسیله ولتاژهای دو انتهای توزیع برای توزیع اضافه ولتاژ کلیدزنی و مشخصه جرقه عایق تعیین می‌گردد لذا پارامتر اصلی همان نسبت $V_3/s_2$ خواهد بود شکل (۷).

منحنی‌های ۴ به ازای $\sigma_S / S_0$ های مختلف همگی در حدود SSFOR = ۰/۰۱ تقاطع دارند لذا می‌توان نرخ جرقه کلیدزنی خط را معادل ۰/۰۱ حد مناسبی جهت طراحی منظور نمود و از آنجا مقادیر نظیر فاصله هوایی مجاز «S» و قدرت ایزولاسیون آن ($S_2$) را بازای ماکزیمم تنش ناشی از اضافه ولتاژ محاسبه نمود.




**شکل (۷)**

- **نرخ قطعی طوفان Strom Outage Rate**

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

روش دیگر برای بررسی آنالیز و محاسبه فاصله هوایی Strike Distance بر اساس یک نرخ جرقه مشخص، منظور نمودن نرخ قطعی طوفان و یا تعداد عمل کرد غیرموفق ریکلوزر می‌باشد که عبارت از حاصلضرب نرخ جرقه کلیدزنی (SSFOR) در نرخ جرقه صاعقه بر حسب جرقه در سال خواهد بود در این روش موارد زیر در نظر گرفته می‌شود.

۱ـ صاعقه باعث یک جرقه روی خط می‌شود.

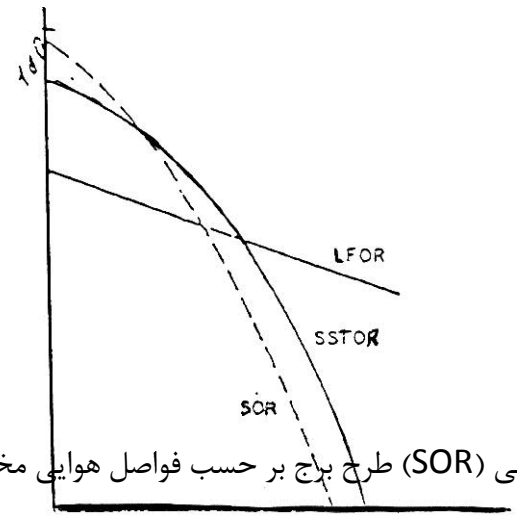
۲ـ اتصالی ناشی از جرقه موجب باز شدن کلیدها می‌گردد.

۳ـ با دوباره بسته شدن کلیدها (ریکلوز) تولید اضافه ولتاژ کلیدزنی می‌گردد.

۴ـ از اضافه ولتاژ کلیدزنی جرقه تولید می‌شود.

۵ـ کلیدها از جرقه حاصل باز شده و قفل می‌گردند.

منحنی نرخ قطعی طوفان (SOR) را می‌توان بر حسب فاصله هوایی و قطعی در ۱۰۰ سال مطابق شکل (۸) رسم کرد. باین ترتیب که ابتدا منحنی نرخ جرقه کلیدزنی (SSFOR) و منحنی نرخ جرقه صاعقه (LFOR) بر حسب فاصله هوایی رسم شده و سپس به ازای یک فاصلهٔ هوایی مشخص حاصلضرب دو منحنی مذکور را بدست آورده و نتیجتاً منحنی SOR رسم می‌گردد (جرقه صاعقه باعث کلیدزنی و اضافه ولتاژ ناشی از آن می‌شود که صورت و مخرج کسرها حذف خواهند شد و جرقه کلیدزنی روی ۱۰۰ سال همان قطعی در ۱۰۰ سال خواهد بود. SOR = SSFOR * LFOR (۱۱)




**شکل (۸)**

از موارد کاربرد این منحنی (SOR) طرح برج بر حسب فواصل هوایی مختلف و مقایسه اقتصادی آنها با یکدیگر می‌باشد. بطوریکه محور x منحنی فوق می‌تواند بر حسب ریال بر کیلومتر خط مدرج گردد.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

**روش محاسبه و طرح بر اساس کلیدزنی:**

با توجه به مراتب گذشته در مورد نحوه کاربرد مفهوم (STFE SST STRENGTH) و احتمال جرقه کلیدزنی ملاحظه می‌گردد که لازمست مشخصات توزیع تنش و قدرت معین باشند (از آنالیز TNA و آزمایشات ایمبالس) توزیع قدرت (Strength Distribution) از نوع نرمال ← با انحراف از مرکز معادل $\sigma$=۵٪ و مقدار میانه (Mean) =CFO برای یک ایزولاسیون (یک برج) منظور می‌گردد و از میان توزیعهای مقادیر فرین (Extreme Value)، نرمال و وایبال (Weibull)، توزیع نرمال نیز جهت تنش (Stress Distribution) انتخاب می‌گردد. این توزیع نیز دارای مقدار میانه $\mu = S_0$ و انحراف از مرکز (Standard Deviation) معادل $\sigma_S$=۱۰٪ می‌باشد و ماکزیمم اضافه ولتاژ ناشی از کلیدزنی معادل $S_2 = S_0 + S\sigma_S$ که احتمال داشتن اضافه ولتاژی ناشی از کلیدزنی بیش از آن حدود ۲ درصد خواهد بود (و اصولاً $S_2$ آسانتر و دقیق‌تر از $S_0$ بدست می‌آید) شکل ۹.

حال احتمال جرقه یک برج برای اضافه ولتاژ V از رابطه زیر بدست می‌آید

$$P(V) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{V} \exp -1/2\left(\frac{x - CFO}{\sigma}\right)^2 dx \quad (۱۲)$$

و اگر

$$z = \frac{x - CFO}{\sigma} \Rightarrow dx = \sigma dz \quad (۱۳)$$

$$P(V) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{y} \exp -z^2/2 dz \quad , \quad y = \frac{V - CFO}{\sigma} \quad (۱۴)$$

جدول (۲) مقدار P(V) (احتمال جرقه) را بر حسب مقادیر مختلف y از صفر تا ۴/۵- نشان می‌دهد در صورتیکه مقدار y مثبت باشد می‌توان از رابطهٔ

$$1 - F(-y) = F(y) \quad (۱۵)$$

مقدار P(V) برای y مثبت را که از ۰/۵ بزرگتر است از جدول (۲) بدست آورد با توجه به جدول مذکور ملاحظه می‌گردد که با تقریب خوبی می‌توان از P(V) در مقادیر $|y|$ بزرگتر از ۴ صرفنظر کرد.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

رابطه (۱۳) احتمال جرقه بازای یک مقدار مشخص اضافه ولتاژ (تنش) می‌باشد و در صورتیکه تغییرات اضافه ولتاژ در طول خط (توزیع تنش) و چگالی توزیع تنش را با F(V) از نوع نرمال نشان دهیم:

احتمال اتفاق اضافه ولتاژ $P(V)=\frac{1}{\sigma S\sqrt{2\pi}}\exp-(\frac{V-S_0}{\sigma S})^{2}/_{2}$ (۱۶)

حال اگر اضافه ولتاژی با مشخصات F(V) به ایزولاسیونی با مشخصات رابطه (۱۲) اعمال شود احتمال جرقه (یا احتمال کمتر بودن قدرت ایزولاسیون از تنش اضافه ولتاژ) عبارت خواهد بود از:

(حالت خصوصی رابطه (۳)) $P=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{y}\exp-\frac{z^2}{2}dz$ (۱۷)

$$y=\frac{S_0-CFO}{\sqrt{\sigma^2+\sigma_S^2}} \quad (۱۸)$$

و بازای مقادیر مختلف y از جدول (۲) مقدار نظیر P (احتمال جرقه) بدست می‌آید.

مثال ۲

۱,۱,۲,۳,۱,۱,۱,۱,۱

جدول (۳)

٪

$S=S_0+۲\sigma_S=۲/۲$ P.U.

$$\frac{2.2}{S_0}=1+2\times0.1\Rightarrow S_0=1.83\Rightarrow\sigma_S=0.1\times1.83=0.183$$

$$CFO=2.5\ P.U.$$

$$\sigma=5\%\Rightarrow\sigma=0.05\times2.5=0.125$$

$$Y=\frac{(1.83-2.5)}{\sqrt{(0.125)^2+(0.183)^2}}=-3.023$$

و از جدول (۲) مقدار نظیر P(V) یعنی احتمال جرقه برای اضافه ولتاژی با مشخصات فوق روی ایزولاسیونی با مشخصات CFO و $\sigma$ معادل ۰/۰۰۱۲۰ برای هر نوبت کلیدزنی می‌باشد.

مثال فوق را می‌توان برای احتمال جرقه ۰/۰۱ و CFO ایزولاسیون مربوطه بدست آورد.

از جدول (۲)

P(V) = ۰/۰۱

y = -۲/۳۲۸

$$-2.328=\frac{1.83-CFO}{\sqrt{\sigma^2+(0.183)^2}}$$

CFO = ۲/۳۴ CFO

CFO = ۲/۳۴ P.U.

$$CFO=2.34\times400\times1.05\times\sqrt{2}/\sqrt{3}=803KV$$

**اثر تعداد برجها :**

رابطه (۱۷) برای احتمال جرقه روی یک برج بدست آمده در صورتیکه تعداد برجها N باشد و اضافه ولتاژی معادل F(V) به آنها اعمال شود احتمال اینکه حداقل جرقه روی یکی از برجها داشته باشیم از رابطه (۱۹) بدست می‌آید:

$$(۱۹)\quad P=\int_0^{\infty}F(V)(1-P(V))^N)dv$$

که F(V) از رابطه (۱۶) و P(V) از رابطه (۱۲) جایگزین شده و رابطه زیر حاصل می‌شود (مشابه رابطه (۵)):

$$(۲۰)\quad P=\int_0^{\infty}\frac{1}{\sigma_S\sqrt{2\pi}}\exp\frac{-1}{2}(\frac{V-S_0}{\sigma_S})^2\{1-(1-P(V)^N\}dv$$

استفاده از رابطه فوق با منحنی‌های کاربردی شکل شماره ۱۰، معرفی پارامتر

$$R=\frac{CFO}{S_2}\quad \text{به ازای}\quad \sigma_S=5\%,10\%,15\%,\ \sigma=5\%$$

و تعداد مختلف برج آسانتر خواهد بود. شکل ۱۰ ترکیب منحنی‌های شکل۴ و منحنی ضریب تصحیح تعداد برج شکل ۶ می‌باشد که بازای $S_r/S_S$ =۱ رسم شده و برای منظور نمودن نسبت مذکور می‌توان از منحنی مربوطه در شکل ۵ استفاده نمود.

**اثرات ناشی از شرایط جوی:**

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ضرایب تصحیح مربوط به چگالی نسبی هوا (RAD) رطوبت نسبی (HCF) از روابط زیر بدست آمده و منظور می‌گردند. اگر FSO مربوط به شرایط قبل استاندارد را با $CFO_n$ و در شرایط استاندارد با $CFO_S$ نشان دهیم برای تبدیل شرایط مذکور به یکدیگر خواهیم داشت.

$$CFO_n = \left(\frac{RAD}{HCF}\right)^n CFO_S \quad (۲۱)$$

نسبت $\frac{RAD}{HFC}$ از رابطه تجربی (۲۲) برحسب ارتفاع از سطح دریا "A" کیلومتر بدست می‌آید:

$$\frac{RAD}{HCF} = 1.035 - 0.147 \quad (A) \quad (۲۲)$$

و n نیز که مربوط به شکل فاصله هوایی و پلاریته مثبت اضافه ولتاژ کلیدزنی می‌باشد برای فواصل هوایی برج از رابطهٔ (۹) بدست خواهد آمد. لازم به تذکر است که در شرایط بارانی (مرطوب) از ضریب HCF استفاده نمی‌شود و فقط CFO شرایط بارانی نسبت به شرایط خشک ۵٪ کاهش داده می‌شود و فقط ضریب‌چگالی نسبی هوا مستقلاً از رابطهٔ تجربی (۸) بکار گرفته می‌شود.

اثرات ضرایب تصحیح فوق در فواصل هوایی بصورت زیر می‌باشند:

$$S_n = S_S\left(\frac{1}{RAD \times HCF}\right) \quad (۲۳)$$

که $S_S$ و $S_n$ بترتیب فواصل هوایی در شرایط استاندارد و غیر استاندارد می‌باشند.

- **یادآوری :**

۱ـ بر اساس آزمایشات انجام شده در پروژه فشار قوی EPRI قدرت ایزولاسیون زنجیره‌های "I" حدود ۵٪ کمتر از زنجیره "V" شکل می‌باشد زیرا زنجیره‌های "I" در امتداد کوتاهترین فاصلهٔ هوایی برای بسته شدن جرقه قرار می‌گیرند در صورتیکه وجود زنجیره‌های "V" تغییری در قدرت ایزولاسیون فاصلهٔ هوایی نمی‌دهد و لذا می‌توان قدرت فاصلهٔ هوایی را با طول زنجیره مقره‌های "V" یکسان گرفت ولی برای احراز از هر گونه اشتباه و داشتن حریم اطمینان بیشتر جهت بدست آوردن طول مقره در کلیه موارد، فواصل هوایی را بمیزان ۵٪ افزایش می‌دهیم.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲ـ برای فواصل هوایی کمتر از ۶ متر و موجهای ضربه‌ای با پیشانی ۵۰۰ μsec فاصلهٔ هوایی فاز بیرونی (در برجهای یکمداره که کله گربه‌ای، فازهای طرفین و در برجهای دو مداره عمودی، کلیه فازها) دارای قدرت ایزولاسیونی به میزان ۶٪ بیشتر نسبت به فاز وسط (پنجره) می‌باشند. از این مطلب در محاسبه تعداد مقره برجهای یک مداره جهت حفظ تعداد یکسان مقره در فازها صرفنظر می‌شود ولی در محاسبه فواصل هوایی و تعداد مقره برجهای دو مداره بر حسب مورد قابل اعمال می‌باشند.

۳ـ در جداول ۴ و ۵ از این مثأله (بند ۲) صرفنظر شد و نتیجتاً اعداد فوق در کاربردهای مذکور دارای ضریب اطمینان بیشتری هستند. همچنین نتایج جداول مذکور با دقت کافی برای زنجیره‌های "I" نیز قابل استفاده می‌باشند.

۴ـ فواصل هوایی فاز به فاز ناشی از کلیدزنی با رعایت ملاحظات مربوط به انحراف و نوسان زنجیره مقره و حداقل ابعاد باز و بدنه برح خود به خود تأمین می‌گردند، و از بحث در این مورد خودداری می‌گردد.

## اثر باد در محاسبه فواصل هوایی :

زنجیره‌های "V" شکل در اثر وزش باد دارای حداقل انحراف بوده و نوسان هادی در محدوده برج (ورودی و خروجی برج) تأثیر چندانی در فاصله هوایی تأمین شده نخواهد داشت ولی برای زنجیره‌های "I" شکل فاصله هوایی در اثر انحراف زنجیره ناشی از وزش باد به دهنه بادگیر کاهش یافته و این مسأله باید با محاسبه زاویه انحراف W.ND SPEED-SWING ANGLE و تأمین فاصلهٔ هوایی مربوطه منظور گردد.

رابطه زیر بر اساس نتایج آزمایشات مختلف برای زاویه انحراف بدست آمده است:

$$tga = 1.138\times10^{-4}(D/W)\times(H/V)V_1^{1.6} \quad (۲۴)$$

- نسبت قطر هادی به سانتیمتر بر وزن یک متر هادی به کیلوگرم:
- نسبت دهانه بادگیر (افقی) به دهانه وزن (عمودی) H/V

$$V_1 = V_0(h_1/h_0)^b \quad b=۰/۱۴ \quad (۲۵)$$

- متوسط سرعت باد عمود بر دهانه بادگیر بر حسب کیلومتر $V_1$ در ارتفاع متوسط هادی( $h_1$ )

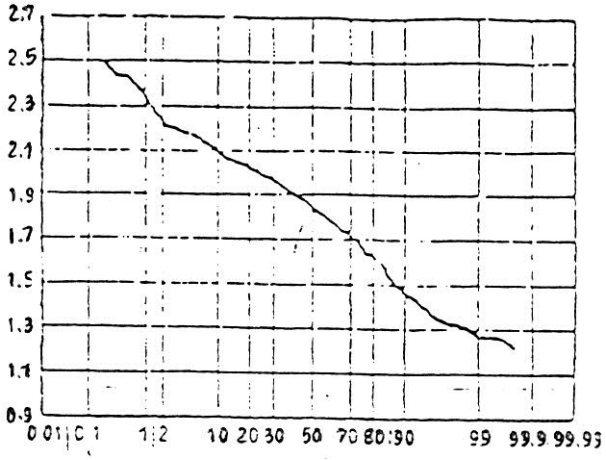
برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- متوسط سرعت باد عمود بر دهانه بادگیر بر حسب کیلومتر در ساعت $V_0$ در ارتفاع اندازه‌گیری شده $(h_G = 10m)$
- ارتفاع متوسط هادی $h_C$ ارتفاع هادی در برج، tcw فاصله هوایی هادی h تا زمین در حداکثر شکم (متر)

$$h_1 = h_C - 2/3(hc - hcw) \quad (۲۶)$$

رابطه فوق برای هادی تکی می‌باشد ولی با توجه به منحنی‌های شکل (۱۲) که با رابطه (۲۴) منطبق می‌باشند ملاحظه می‌گردد که رابطه مذکور با تقریب خوبی قابل استفاده برای هادی‌های چند باندل نیز می‌باشند. منحنی‌های شکل ۱۲ برای نسبت $H/V = 1$ و دهانه ۳۰۰ متر تهیه شده ولی برای دهانه‌های بیشتر از ۱۵۰ متر نیز با تقریب خوبی بکار می‌رود.

حال با توجه به شکل (۱۳) فاصله هوایی (S) بدست آمده از رابطه (۲۳) و جدول ۵ پس از انحراف مقره به میزان زاویه انحراف (a) باید تأمین گردد که از اینجا طول بازو برای شرایط کلیدزنی بدست می‌آید. لازم به یادآوری می‌باشد برای ولتاژ ۴۰۰ کیلوولت فقط شرایط کلیدزنی تعیین کننده بوده و فاصله هوایی بدست آمده بیش از فاصله هوایی ناشی از شرایط برخورد صاعقه می‌باشد ولی در مورد ولتاژ ۲۳۰ کیلوولت کنترل زاویه انحراف و فاصله هوایی ناشی از شرایط برخورد صاعقه نیز ضروری می‌باشد. با توجه به آمار موجود و توصیه استاندارد (ANSI) بادی معادل ۸۰ کیلومتر در ساعت (تقریباً معادل 6PSF) را می‌توان سرعت باد متوسط در ارتفاع ۱۰ متری از زمین ($V_0$) برای محاسبه زاویه انحراف زنجیره مقره (در صورت عدم دسترسی به آمار دقیق‌تر باد) منظور نمود که ۱۰۰درصد این سرعت باد برای محاسبات شرایط کلیدزنی و ۶۰درصد سرعت مذکور برای محاسبات شرایط رعد و برق بکاربرده می‌شود. برای تأمین فاصله هوایی مربوط به شرایط ولتاژ قدرت از حداکثر باد طراحی برج در هر منطقه (فعلاً ۱۶۰ و یا ۱۴۴ کیلومتر در ساعت) استفاده خواهد شد.



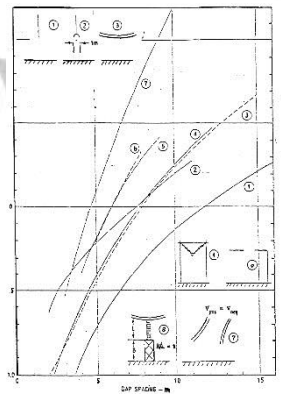

**شکل (۹)**

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

Table 2
FLASHOVER PROBABILITY $P(V)$ VERSUS STANDARD VARIABLE $Y = (V - CFO)/\sigma$

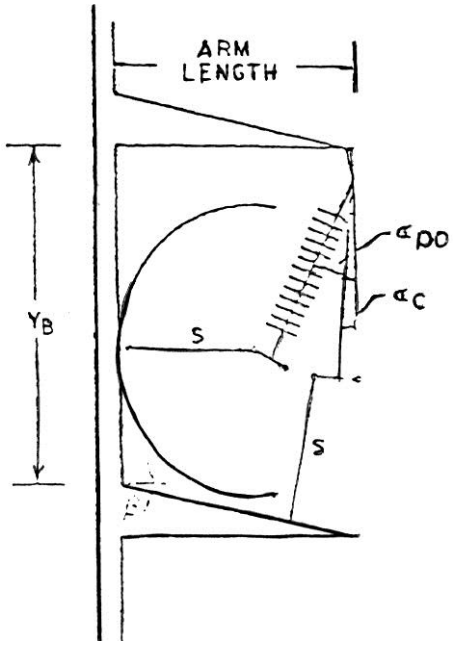
| Y | P(V) | Y | P(V) |
|---|---|---|---|
| 0 | 0.5 | -2.3 | 0.0107 |
| -0.1 | 0.460 | -2.4 | 0.00820 |
| -0.2 | 0.421 | -2.5 | 0.00621 |
| -0.3 | 0.382 | -2.6 | 0.00466 |
| -0.4 | 0.345 | -2.7 | 0.00347 |
| -0.5 | 0.309 | -2.8 | 0.00256 |
| -0.6 | 0.274 | 2.9 | 0.00187 |
| -0.7 | 0.242 | -3.0 | 0.00135 |
| -0.8 | 0.212 | -3.1 | 0.000908 |
| -0.9 | 0.184 | -3.2 | 0.000667 |
| -1.0 | 0.159 | -3.3 | 0.000483 |
| -1.1 | 0.136 | -3.4 | 0.000337 |
| -1.2 | 0.115 | -3.5 | 0.000233 |
| -1.3 | 0.0968 | -3.6 | 0.000159 |
| -1.4 | 0.0808 | -3.7 | 0.000108 |
| -1.5 | 0.0668 | -3.8 | 0.000072 |
| -1.6 | 0.0548 | -3.9 | 0.000048 |
| -1.7 | 0.0446 | -4.0 | 0.000032 |
| -1.8 | 0.0359 | -4.1 | 0.000021 |
| -1.9 | 0.0287 | -4.2 | 0.000013 |
| -2.0 | 0.0005 | -4.3 | 0.000000 |
| -2.1 | 0.0078 | -4.4 | 0.000008 |
| -2.2 | 0.0039 | -4.5 | 0.000003 |

جدول (۲)



برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل (۱۰)




شکل (۱۱)

## ۲ـ طراحی ایزولاسیون در شرایط رعد و برق Lighting Impulse Criteria :

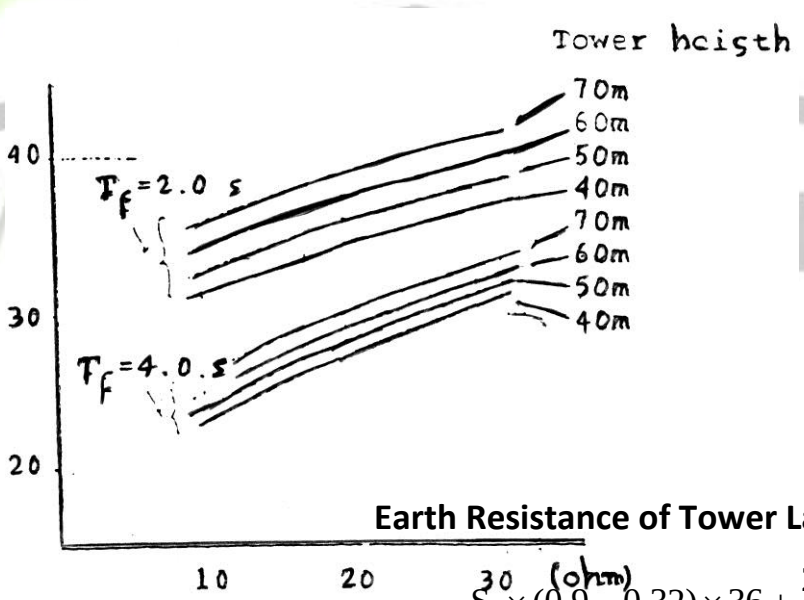
همانطور که در جزوه اول هماهنگی ایزولاسیون توضیح داده شده است برخورد صاعقه به خطوط انتقال بعنوان یک پدیده اضافه ولتاژ خارجی تلقی می‌شود. اصابت صاعقه به خطوط یا مستقیماً به هادی می‌باشد که Shielding Failure نامیده شده و احتمال رخداد آن در قسمتی از این بخش بررسی می‌گردد و یا صاعقه به سیم محافظ هوایی برخورد می‌کند که می‌تواند موجب پدیده جرقه برگشتی Back Flash Over گردد. در مکانیزم جرقه برگشتی از شکل موجی اضافه ولتاژ صاعقه استفاده شده در هنگام تخلیه جریان ناشی از اصابت صاعقه از طریق برج به زمین امکان افزایش ولتاژ بین بازو و هادی به میزان بیش از ولتاژ جرقه زنجیره مقره بوده و در این صورت Back Flash Over اتفاق خواهد افتاد.

در بررسی شرایط برخورد صاعقه به خطوط اصولاً اثرات ناشی از اصابت روی خطوط (عملکرد خط در مقابل رعد و برق) مورد مطالعه قرار می‌گیرد زیرا اثرات مربوطه قابل شبیه‌سازی در آزمایشگاه می‌باشند و این مطالب در قسمتی از این بخش (مثال ۵) بطور کامل تشریح شده است.حال در این قسمت روش ساده دیگری برای طراحی فقط بر اساس Back Flash Over با ذکر مثال ۴ توضیح داده می‌شود. در این

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

روش با فرض تعداد قطعی خط در ۱۰۰ کیلومتر در سال بعنوان عملکرد خط تعداد مقره مورد نیاز و فاصلهٔ هوایی مربوطه محاسبه می‌گردد، و این عکس روش محاسبه عملکرد خط می‌باشد که در آن با فرض تعداد مقره و فاصله هوایی بدست آمده از شرایط کلیدزنی، عملکرد خط در مقابل صاعقه بررسی می‌گردد و کاربرد آن معمولاً برای ولتاژهای بیش از ۲۳۰ کیلوولت می‌باشد که شرایط کلیدزنی در آن حاکم است، و روش ساده شده زیر برای ولتاژهای ۲۳۰ کیلوولت و پایین‌تر بیشتر بکار می‌رود.

لازم به یادآوری می‌باشد که روش توضیح داده شده در جزوه اول نیز که مبتنی بر کتاب D و T می‌باشد علیرغم اینکه در آن اثر ولتاژ ۵۰ هرتز منظور نشده ولی با دقت کافی برای خطوط ۲۳۰ کیلوولت نیز کاربرد دارد.




شکل (۱۲): Earth Resistance of Tower Lag

$$V_{50} = \frac{S_i \times (0.9 - 0.32) \times 36 + \frac{2}{3} \times 230 \times 1.1}{1.31/1.1}$$

فاصله هوایی شاخک برقگیر

INS : ۱۸۵۲/۱۴۶ ۱۳ Units (۱۴۶*۲۵۴)

که در صورت استفاده از شاخک برقگیر Arcing Horn به تناسب ارتفاع شاخک باید یک یا دو مقره به تعداد فوق افزوده شود.

همانطور که ملاحظه می‌گردد در این روش اثر ولتاژ ۵۰ هرتز (E) منظور شده ولی تعداد روزهای رعد و برق و صاعقه (M,IKL) پارامترهای تعیین کننده هستند و دانستن آمار دقیق آنها بسیار مهم خواهد بود. پارامتر دیگر مقاومت پای برج می‌باشد که در صورت لزوم برای رسیدن به تعداد مقره و فاصله هوایی مناسب ۱۰ تا ۲۰ اهم قابل تنظیم می‌باشد، عملکرد خط بنابر اهمیت خط انتقال در سیستم بوده و برای خطوط ۴۰۰ کیلوولت حداکثر ۱ قطعی در ۱۰۰ کیلومتر در سال و برای خطوط ۲۳۰ کیلوولت بین ۱ تا ۲ قطعی در ۱۰۰ کیلومتر در سال بر حسب تشخیص مهندس طراح انتخاب می‌گردد خواهد بود.

- **روش محاسبه عملکرد خطوط انتقال در مقابل رعد و برق:**

در اینجا روش محاسبه دو نقطه‌ای (Two Point) عملکرد خط در مقابل رعد و برق همراه با یک مثال عددی برای یک برج دو مداره نشان داده شده است. در این روش موارد زیر در نظر گرفته شده است:

۱ـ فقط یک نوع شکل موج بکار برده شده است. بیشتر قطعی‌های ناشی از رعد و برق از طریق Back Flash Over بوسیله صاعقه‌های با شدت جریان ۸۰KA و بالاتر ایجاد می‌شود و زمان پیشانی موج فاصله بین ۱/۸ µs تا ۲ در عمل بیشتر مشاهده شده است. بنابراین در این روش شکل موج یا زمان پیشانی ۲ و با دم افقی مطابق شکل۱۷، ۶ میکروثانیه در نظر گرفته شده است.

۲ـ در این روش اثر موج برگشت از برجهای مجاور نیز در نظر گرفته شده است، انعکاس از برجهای مجاور ولتاژ ایجاد شده در سر برج را بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد. این برگشت موج بوسیله جریانهای کرونا اعوجاج پیدا می‌کند و سرعت انتشار آن با اثرات کرونا و مقاومت کم می‌شود.

(سرعت حدود ۰/۹C که $C = ۳۰۰\ m/\mu s$ سرعت انتشار نور است)

بنابر این اگر فاصله برج مجاور ۳۰۰ متر باشد زمان موج برگشتی به برج مورد اصابت صاعقه حدود ۳/۲ µs خواهد بود.

۳ـ ولتاژ مقره و جریان بحرانی صاعقه با توجه به شکل منحنی Volt-Time مقره (شکل ۱۳ و ۱۴). برای زمانهای ۲ µs و ۶ µs محاسبه شده و هرکدام کمتر بود بعنوان جریان بحرانی واقعی برای محاسبات بعدی بکار خواهد رفت (فرض می‌شود جریان بحرانی صاعقه باعث تماس و نفوذ ولتاژ مقره به منحنی ولت ـ زمان می‌شود قبل از نقطه ۶ µs اتفاق می‌افتد و بعد از این زمان بحالت افقی در می‌آید) با

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

انتخاب این دو نقطه زمانی روابط مربوط به محاسبات ولتاژ بطور قابل ملاحظه‌ای ساده می‌شود (روش دو نقطه‌ای)

ولتاژ جرقه مقره در ۲μs $(V_1)_2 = 820W\ (KV)$ (۳۱)

ولتاژ جرقه مقره در ۶μs $(V_1)_6 = 585W\ (KV)$ (۳۲)

طول زنجیره مقره (m): W

۴ـ در این روش از اثر جرقه‌های بعدی صرفنظر شده است چون اثر جرقه‌های بعدی در یک صاعقه از جرقه اول شدیدتر نخواهد بود.

۵ـ ولتاژ ۵۰ هرتز Power Frequency با توجه به اختلاف زاویه بین فازهای مختلف، در قطعی ناتشی از رعد و برق بعلت افزایش ولتاژ در دو سر ایزولاسیون خط مؤثر بوده و در این روش در نظر گرفته شده است.

$$(I'_{cn})_m[\frac{(V_1)_m - V_{on}\sin(\theta_n - \alpha_n)}{(V_{sn})m}](I_{cn})_m \quad (۳۳)$$

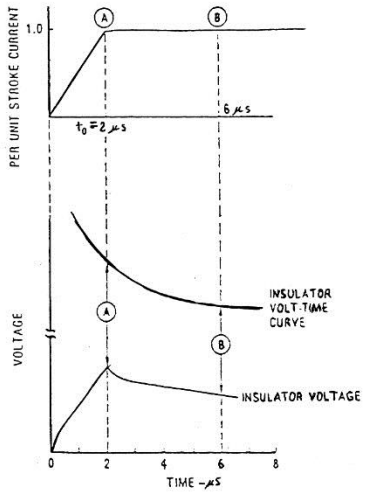
که $(I_{cn})_m$ جریان صاعقه لازم برای ایجاد جرقه در مقره n در زمان $\mu s$ با وجود ولتاژ ۵۰ هرتز که $V_{on}$ ولتاژ پیک فاز به زمین فاز n، $\theta_n$ زاویه ولتاژ لحظه‌ای و $\alpha_n$ زاویه فازی مربوط به فاز n (صفر یا ° ۱۲۰- و یا ° ۱۲۰+)، $(V_I)_m$ ولتاژ مقاومت جرقه مقره برای mμs (برای ۲μs معادل ۸۲۰ w کیلوولت و برای ۶μs برابر ۵۸۵ w کیلوولت و w طول زنجیره مقره می‌باشد).

۶ـ احتمال وقوع جرقه مستقیماً از منحنی‌های احتمال صاعقه تعیین می‌شود بدین‌ترتیب که بعد از محاسبه جریان بحرانی صاعقه (با در نظر گرفتن اثر ولتاژ ۵۰هرتز) احتمال وقوع جریان صاعقه معادل یا بالاتر از این‌مقدار مستقیماً از منحنی توزیع احتمال شکل ۱۹ (منحنی Anderson-Eriksson) بدست می‌آید.

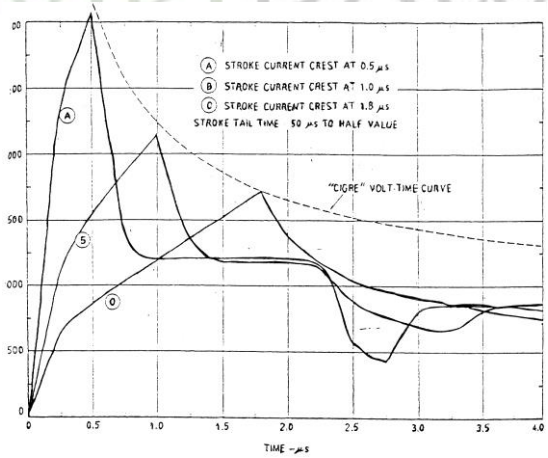
۷ـ در این روش قطعی ناشی از اصابت مستقیم صاعقه به هادی (Shielding Failure) نیز بحساب آمده است. تعداد این قطعی‌ها برای فازهای دو طرف حط (بیرونی) محاسبه می‌شود و مجموع این مقادیر تعداد فازهای دو طرف خط (بیرونی) محاسبه می‌شود و مجموع این مقادیر تعداد کل قطعی ناشی از Shielding Failure خواهد بود.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۸ ـ در صورتیکه میزان عملکرد خط (نرخ قطعی) در مناطق رعد و برق بیش از حد طراحی و مورد نظر باشد می‌توان با تغییرات در تعداد مقره‌ها (افزایش طول زنجیره مقره)، زاویه حفاظت سیم محافظ هوایی (در جهت کم کردن نرخ Shielding Failure و یا حفاظت کامل)، کاهش مقاومت پای برج به نرخ قطعی طراحی نزدیک شد.




۱-۲- شکل (۱۳)



برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

**شکل (۱۴)**

فصل پنجم

## محاسبات ایزولاسیون :

برای محاسبات ایزولاسیون یک خط انتقال نیرو بایستی ابتدا محاسبات ایزولاسیون را بر اساس آلودگی محیط انجام داد و سپس محاسبات بر اساس رعد و برق و فرکانس قدرت کلیدزنی را در مورد ایزولاسیون طراحی شده چک کرد.

### ۱ـ محاسبه ایزولاسیون بر اساس آلودگی محیط:

قدم اول تعیین درجه آلودگی محیط می‌باشد که از استاندارد (I.E.C-SIS) می‌توانیم استفاده کنیم. این استاندارد سطح آلودگی محیط را به چهار دسته: ۱ـ سبک، ۲ـ متوسط، ۳ـ سنگین، ۴ـ خیلی سنگین تقسیم‌بندی کرده است و مناطقی را که شامل این چهار دسته می‌شوند تفکیک نموده و حداقل فاصله خزشی ویژه هر کدام از نواحی را با واحد( $mm/KV$ ) مشخص کرده است.

در این پروژه آلودگی از نوع چهارم یعنی خیلی سنگین می‌باشد و حداقل فاصلهٔ خزشی ویژه طبق استاندارد (I.E.C-815) برابر ( $mm/KV$ ) ۳۱ می‌باشد.

مرحله بعد محاسبه حداقل فاصله خزشی مورد نیاز (طول سطحی زنجیر مقره) می‌باشد که با توجه به رابطه زیر تعیین می‌گردد.

$$L = 1.15 \times U_n \times (mm/KV)$$

که در آن:

L: حداقل فاصله خزشی مورد نیاز (mm)

$U_n$ : ولتاژ نامی خط (KV)

پس با توجه به رابطه فوق حداقل فاصلهٔ خزشی مورد نیاز برابر است با:

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$L = 1.15 \times 400KV \times 31mm/KV = 14260mm$$

پس از محاسبه L می‌توان تعداد مقره‌های لازم جهت بوجود آوردن این فاصله خزشی را از رابطه زیر محاسبه کرد.

که در آن $n = \frac{L}{L_1}$

n : تعداد مقره‌ها

$L_1$: فاصله خزشی مربوط به ۱ مقره

پس ابتدا بایستی نوع مقره را انتخاب کرد و سپس از روی جدول با توجه به نوع مقره فاصله خزشی آن را بدست آورد.

انتخاب مقره مناسب قطعیهای ناشی از آلودگی را کاهش می‌دهد. استفاده از مقره نوع Fog راه حل عملی و مناسبی برای مقابله با آلودگی مقره است این نوع مقره با فاصلهٔ خزشی تا ۱۵۰٪ مقره استاندارد عملکرد بهتری نسبت به مقره استاندارد دارد هر چند که فاصله خزشی تنها عامل مؤثر در کاهش اثرات آلودگی مقره نمی‌باشد. لذا ما در این پروژه از مقره نوع Fog با مشخصه 330 x-170 استفاده می‌کنیم. که عدد سمت چپ ارتفاع مقره و عدد سمت راست فاصله خزشی مقره می‌باشد.

**۲ـ طراحی ایزولاسیون بر اساس رعد و برق Lightning Surge :**

برای جلوگیری از احتمال وقوع هرگونه جرقه اصولاً طرحی غیراقتصادی است و در عمل سعی می‌شود که طراحی طوری محاسبه شود که احتمال وقوع جرقه تا حد ممکن پایین باشد.

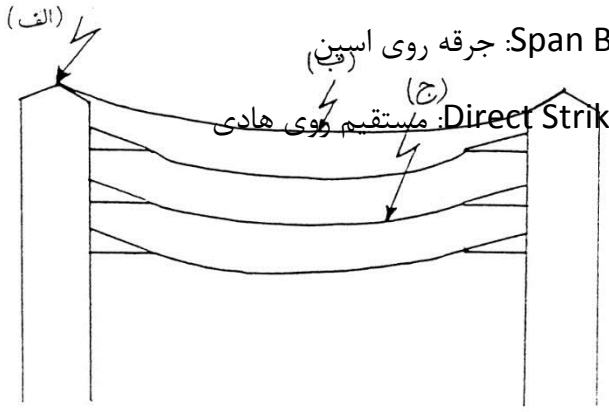
- برای بررسی ایزولاسیون بر اساس رعد و برق بایستی موارد ذیل را بررسی نمود.

**۱ـ وقوع جرقه ناشی از رعد و برق را به سه قسمت زیر تقسیم‌بندی می‌کنند:**

الف) Steel Tower Back Flash Over: جرقه روی برج

ب) Span Back Flash Over: جرقه روی اسپن

ج) Direct Strike to Conductor: مستقیم روی هادی



برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

از آنجا که خطوط انتقال عموماً دارای سیم محافظ هوایی هستند و بخصوص در مورد خطوط با دو سیسم محافظ هوایی بدلیل پایین بودن مقدار امپدانس موجی (Surge) سیم محافظ و کوپلینگ بهتر با سیم هادی و تأیر آن در کاهش مقدار ولتاژ موجی ایجاد شده در سیم محافظ و همچنین با انتخاب زاویه Shielding محافظ و کنترل فاصله بین هادی و سیم محافظ در وسط اسپن چندان نیازی به بررسی عملکرد خط در برابر حوادث (ب) و (ج) نمی‌باشد.

اصولاً برای کاهش احتمال وقوع قطعی ناشی از رعد و برق در سیستم انتقال و بالا بردن قابلیت اطمینان آن علاوه بر سیم محافظ هوایی و انتخاب تعداد کافی مقره، کاهش مقاومت زیر پایه برج و تعبیه شاخک برقگیر (Arcing Horn) در زنجیر مقره مؤثر خواهد بود.

**۲ـ احتمال اصابت صاعقه:**

یکی از پارامترهای مهم در طراحی ایزولاسیون خط برای رعد و برق احتمال برخورد صاعقه در مسیر خط می‌باشد و از آنجا که بین IKL(Iso Kranic Level) تعداد روزهای توأم با رعد و برق در سال) و احتمال قطعی برق رابطه مستقیم وجود دارد لذا در طراحی ایزولاسیون باید موقعیت جغرافیایی و شرایط جوی مسیر خط را در نظر گرفت.

**۳ـ احتمال وجود جریان با دامنه ماکزیموم برای وقوع جرقه در اصابت صاعقه روی خط:**

Graph A یک نمونه از منحنی احتمال چنین جریان جرقه رعد و برق را که با بررسی‌های آماری در ژاپن تهیه شده نشان می‌دهد (منحنی صفحه بعد).

برای بدست آوردن احتمال جرقه صاعقه روی‌خط انتقال Number of outage/100 km/year هر جریانی که از این گراف بدست می‌آید در تعداد صاعقه ضرب می‌شود.

Probability of Lightning Strikes to T/L = m (Total Number of Lightning Strike) X Probability of Strike Current (%).

**۴ـ تعداد جرقه صاعقه روی خط:**

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

گراف B که توسط مرکز تحقیقات قدرت ژاپن Japan Central Research Institute تهیه شده احتمال قطعی خط ناشی از اصابت صاعقه را برای جریانهای مختلف نشان می‌دهد. جریانهای با دامنه بالا احتمال وقوع کمتر داشته و به همان نسبت احتمال قطعی خط کمتری ایجاد می‌کند. این گراف برای IKL= $^{s}/_{year}$ و ارتفاع مشخص برای برج تهیه شده و برای سایر مقادیر IKL و ارتفاع برج می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود.

h: ارتفاع متوسط برج

$$m = 43\sqrt{\frac{h}{25}} \times \frac{(IKL)}{32.5}$$

## ۵ـ جرقه ناشی از صاعقه و حفاظت خط:

تعیین جریان صاعقه: زمانی که جرقه صاعقه به سیم محافظ برج می‌رسد اختلاف پتانسیل بین سیم محافظ و هادی و یا بین برج هادی ایجاد می‌شود در صورتیکه این جریان از ولتاژ ایستادگی خط تجاوز کند موجب جرقه در خط و یا در زنجیر مقره خواهد شد و این جریان از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$I_{LT} = \frac{(K_0/\alpha)V_{50} - \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}Em}{(k-c)z_t}$$

$I_{LTY}(KA)$: جریان صاعقه که ایجاد جرقه می‌کند.

$V_{50}(KV)$: ولتاژ احتمال ۵۰٪ جرقه برای شکل موج استاندارد ۱/۲*۵۰ $\mu s$

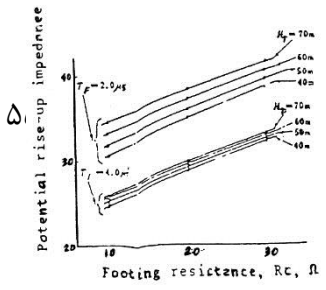
$$V_{50}(KV) = 0.550z + 80$$

$z(m)$: horn gap فاصله بین دو شاخک

$E_m(KV)$: بالاترین ولتاژ سیستم

$Z_T(\Omega)$: امپدانس موجی برج مقدار $Z_T$ نسبت به ارتفاع برج، مقاومت زمین برج، تعداد سیم محافظ هوایی، فاصله در وسط اسپن بین هادی و سیم محافظ و شکل موج جریان جرقه بستگی دارد. شکل زیر این نسبتها را نشان می‌دهد.

۵



برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

C: ضریب کوپلینگ بین سیم هادی بالایی و سیم زمین که طبق اندازه‌گیری در حدود ۰/۲ است.

$K_0$: ضریب تصحیح شکل موج که برای ۵۰*۱/۲ تا S ۵۰*۲ برابر ۱/۳۱ در نظر گرفته می‌شود.

$\alpha$ : ضریب تصحیح ارتفاع که برای کمتر از m ۱۰۰۰ از سطح دریا برابر ۱/۱ و برای بیشتر از m ۱۰۰۰ از سطح دریا از رابطه زیر بدست می‌آید:

K: ضریب توزیع پتانسیل در بدنهٔ برج که برابر ۰/۹ ضریب پتانسیل بازوی بالایی برج نسبت به پتانسیل سر برج فرض می‌شود عموماً این ضریب سر نسبت مستقیم با ارتفاع برج مقاومت $[\Omega]$ ۱۰ دارد.

**۶ـ احتمال اصابت مستقیم صاعقه به برج:**

از آنجا که تعداد قطعی خط را با انتخاب مقدار $I_{LT}$ و احتمال وجود جریان توأم با جرقه در گراف A می‌توان بدست آورد تعداد صاعقه روی برج را می‌توان نصب تعداد کل رعد و برق در نظر گرفت و با فرض نسبت $\frac{1}{1}$ تعداد صاعقه روی برج به تعداد صاعقه روی سیم محافظ (هر چند که به نظر می‌رسد احتمال اصابت صاعقه به سیم محافظ بیشتر از اصابت آن به سر برج می‌باشد ولی بعلت بلند بودن برج بیشتر صاعقه‌ها توسط برج گرفته می‌شود.)

$$\text{Probaility of lightning strikes to towe} = \frac{\text{Number of outage}/100\,^{km}/_{year}}{(43\sqrt{\frac{h}{25}} \times \frac{IKL}{32.5})/2}$$

با توجه به موارد ذکر شده حال می‌خواهیم عملکرد دو سطح ایزولاسیون برای یک خط انتقال با مشخصاتی که در این پروژه داده شده است را با فرض احتمال $1\,\text{outage}/100\text{km}/\text{year}$ بررسی کنیم.

در این پروژه مفروضات زیر را در نظر می‌گیریم:

$$E_n = 100KV$$
$$E_m = 400 \times 1.05 = 420KV$$

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$IKV = 45\ day/year$

$h = 40m$

$span = 350m$

Footing Resistance = ۲۰ Ω

$W_f = 2 \times 50\mu s$

ارتفاع از سطح دریا < ۱۰۰۰m

♦ **حل :**

۱ـ تعداد کل صاعقه روی خط انتقال: ۱,۲,۱,۱,۱,۱,۱,۱,۱

$$m^1 = 43 \times \sqrt{\frac{40}{25}} \times \frac{45}{32.5} = 75.3/100\ km/year$$

در اینجا چون طول خط ۱۰۰km است از تعداد کل صاعقه روی خط انتقال برابر است با:

در سال $m' = 75.3$

۲ـ احتمال اصابت صاعقه به برج:

$$\text{Probility of strikes to tower} = \frac{1(outage/100km/year)}{m/2} = ۲/۷٪$$

۳ـ جریان صاعقه: با توجه به گراف A و احتمال اصابت صاعقه به برج جریان صاعقه بدست می‌آید که در اینجا ۸۰ KA بدست آمده است.

۴ـ ولتاژ $V_{50}$ : با انتخاب $Z_T = 35\Omega$ از منحنی شکل ۶ـ۸ و $E_m = 420KV$ و $K = 1.31$ داریم:

$$V_{50} = \frac{80(0.9-0.3) \times 35 + \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times 420}{1.31/1.1} = 1700\,KV$$

با محاسبه $V_{50}$ می‌توان horn gap را و توسط آن ارتفاع زنجیر مقره را حساب کرد بطوریکه داریم:

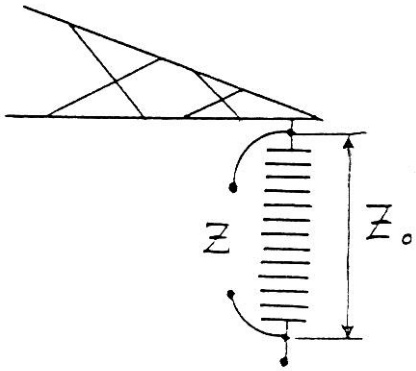
$$V_{50} = 0.55\Xi + 80 \Rightarrow \Xi = 2045[mm]$$

که $\Xi$، horn gap می‌باشد.

♦ **طرح و انتخاب Arcing Horn :**

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

این وسیله جهت حفاظت مقره در برابر جرقهٔ ناشی از ولتاژهای ضربه‌ای در دو طرف یا یکطرف زنجیر مقره نصب می‌گردد که علاوه بر محافظت زنجیره مقره وظیفه یکنواخت کردن توزیع پتانسیل (یا شدت میدان) را نیز بعهده دارد که فاصله بین شاخکها یعنی (Arcing horn) یا Ξ توسط $V_{50}$ بدست می‌آید. و این فاصله z را بایستی طوری انتخاب کرد که جرقه بین شاخکها زده شود که معمولاً بین z و $z_0$ رابطه زیر برقرار است




$$\frac{z}{z_0} = 0.75 \approx 0.85$$

که z را از رابطه $V_{50}$ می‌توان بدست آورد و توسط رابطه فوق می‌توان ارتفاع زنجیر مقره را محاسبه نمود. بطوریکه در اینجا خواهیم داشت:

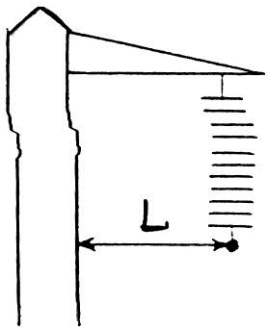
$$z_0 = \frac{z}{0.85} = \frac{2945}{0.85} = 3465mm$$

با توجه به اینکه در اینجا از مقره با طولهای ۳۳۰*۱۷۰ استفاده شده است لذا تعداد مقره‌ها بصورت زیر بدست می‌آید:

$$N = \frac{3465}{170} = 2038 \Rightarrow n = 21$$

مشاهده می‌شود که تعداد مقره‌ها در هر زنجیر ۲۴ عدد از محاسبات بر اساس رعد و برق بدست آمده است و با توجه به اینکه آلودگی مهمترین فاکتور تعیین کننده ایزولاسیون است لذا آن تعداد مقره‌های بدست آمده از محاسبات بر اساس آلودگی محیط از تعداد مقره‌های بدست آمده توسط رعد و برق بیشتر است لذا رعد و برق نمی‌تواند خللی در شبکه ایجاد کند.

- **محاسبه فاصله هوایی لازم تا برج یعنی فاصله ایزولاسیون بدون زنجیره مقره:**




برای محاسبه این فاصله از رابطه زیر استفاده می‌کنیم

$$L = 1.115\,z + 21 = 3305mm$$

**۳ـ طراحی ایزولاسیون بر اساس کلیدزنی:**

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

همانطور که می‌دانیم برای تعیین سطح ایزولاسیون و تعداد مقره در خطوط ۴۰۰ کیلوولت شرایط کلیدزنی مهمترین عامل تأثیرگذارنده می‌باشد اصولاً در محاسبات ایزولاسیون ناشی از اضافه ولتاژ کلیدزنی دو روش معمول می‌باشد. روش اول نیمه احتمالی و یا (Deterministic) و روش احتمالی Probablistic. روش اول که نسبتاً ساده و متداول است برای ولتاژهای ۶۳ و ۱۳۲ کیلوولت کاربرد داشته و مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش با نتایج بدست آمده از مطالعات و آنالیز حالت‌گذرای سیستم حداکثر مقدار اضافه ولتاژ کلیدزنی (EM) انتخاب می‌شود. باین ترتیب ساده‌ترین راه حل مساوی قرار دادن این مقدار با مقاومت ایزولاسیون سیستم یعنی ولتاژ ایستادگی کلیدزنی ($V_3$) می‌باشد. که ($V_3$) عبارت‌استاز ولتاژی که بمیزان سه انحراف از معیار (Standard, Deviation) کمتر از ولتاژ بحرانی جرقه ( CFO, Critical Flash Overvoltage) می‌باشد که احتمال جرقه در ولتاژ CFO و ۵۰٪ خواهد بود. بنابراین با فرض اضافه ولتاژ کلیدزنی ۲/۲ P.U. و با در نظر گرفتن شرایط منطقه خواهیم داشت:

$$E_m = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times 1.15 \times 400 \times 2.2 = 826.29KV$$

$$CFO(50\%) = \frac{E_m}{1-3\sigma\%} = 972.111\ KV$$

با فرض $\sigma$=٪۵ (انحراف از مرکز توزیع نرمال ایزولاسیون) خواهیم داشت:

CFO = ۹۷۲/۱۱۱ KV

با اعمال ضرایب تصحیح برای شرایط خاص منطقه بشرح زیر مقدار CFO در شرایط واقعی بدست خواهد آمد.

برای تأثیر دادن اثر رطوبت در مقدار CFO، ضریب ۱/۰۴ را در نظر می‌گیرند.

- **تغییرات چگالی نسبی هوا (RAD, Relative Air Density) :**

در گرمترین ساعات روز به میزان ۳٪ ایزولاسیون را کاهش می‌دهد. و ضمناً ارتفاع و چگالی نسبی هوا نیز تأثیراتی را باقی می‌گذارند.

$$CFO_N = \frac{CFO_S \times 1.03}{RAD^n \times 0.96}$$

$$RAD = 0.997 - 0.106(A)$$

A: ارتفاع از سطح دریا

$$RAD = 0.997 - 0.166 = 0.891$$

برای $1 < S < \sigma$ $\quad n = ۱/۱۲-۰/۱۲ (S)$

برای $S < 1$ $\quad$ اختیاری S = ۴

$$CFO_{n1} = 1122.949 \qquad n = 1.12 - 0.12(4) = 0.64$$

$$S_1 = \frac{7.3}{\frac{3880}{CFO} - 1} = 2.9732$$

$$n_2 = 1.12 - 0.12(2.9732) = 0.7632$$

$$RAD^n = 0.791 \qquad 0.7632 = 0.91568$$

$$CFO_{n2} = \frac{972.111 \times 1.03}{0.9156 \times 0.96} = 1139.1472$$

$$S_2 = \frac{7.3}{\frac{3880}{CFO_{n2}} - 1} = 3.0339$$

$$n_3 = 1.12 - 0.12(3.0339) = 0.7559$$

$$RAD^n = 0.981^{0.7059} = 0.9164$$

$$CFO_{n3} = \frac{972.111 \times 1.03}{0.9164 \times 0.96} = 1138.1428$$

$$S_3 = \frac{972.111 \times 1.03}{\frac{3880}{1138.1428} - 1} 3.03$$

$$n_4 = 1.12 - 0.12(3.03) = 0.7563$$

$$RAD^n = 0.891^{0.7563} = 0.9164$$

$$CFO_{n4} = \frac{972.111 \times 1.03}{0.9164 \times 0.96} = 1138.1428 KV$$

$$S_4 = \frac{7.3}{\frac{3880}{1138.1428}} = 3.03 m$$

فاصله هوایی بر حسب میلی‌متر بصورت زیر بدست می‌آید:

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳/۰۸ * ۱۰۰۰ = ۳۰۳۰ mm

و با توجه به مقره انتخابی در این پروژه و ضریب اطمینان ۰/۸۵ تعداد مقره بصورت زیر بدست می‌آید:

$$n = \frac{3030}{0.85 \times 170} = 20.968 \approx 21$$

## ۴ـ طراحی ایزولاسیون بر اساس فرکانس قدرت Power Ferquency :

تعیین حداکثر اضافه ولتاژ جریان متناوب در فاز سالم ناشی از اتصال فاز به زمین جهت تأمین حداقل فاصلهٔ هوایی لازم هادی از بدنهٔ برج ضروری است.

با توجه به‌شرایط پروژه این اضافه ولتاژ با رابطه و پارامترهای زیر تعیین می‌شود:

$$V_W = E_n \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times o.v.f \times f.f \times H.f \times c.f \times 1/RAD$$

$E_n = 400KV$

ضریب حداکثر ولتاژ $O.V.F = 1.15$

ضریب اتصال فاز به زمین (سیستم صد در صد زمین شده) $f.f = 140$

ضریب تصحیح رطوبت هوا $H.f = 1.04$

ضریب آلودگی $c,f = 1.20$

$RAD = 891$

$$V_W = 400 \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times 1.15 \times 1.4 \times 1.04 \times 1.2 \times \frac{1}{0.891} = 736.504KV$$

$$CFO = \frac{V_W}{1-3\sigma\%} = \frac{736.507}{1-3\times 0.05} = 866.479KV$$

همانطور که از منحنی صفحه بعد مشخص است فاصله هوایی horn gap spacing ۱/۶۲۵ متر دیده می‌شود که چون از فاصله هوایی حالت کلیدزنی کمتر است با انتخاب فاصله هوایی حالت کلیدزنی مشکلی پیش نخواهد آمد.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- **انتخاب مقره :**

تعریف مقره (Insolator): مقره در خطوط هوایی بعنوان عایق باید دارای خصوصیاتی از جمله مقاومت مکانیکی جهت نگهداری هادی تحت بدترین شرایط از نظر بارگذاری، مقاومت عایقی مناسب تحت بدترین شرایط جوی و کار سیستم را دارا باشد. مقره باید طوری انتخاب شود که از شکست ولتاژ و نشت جریان (Leakage) جلوگیری کند.

- **شکست ولتاژ خط می‌تواند از راه‌های مختلف اتفاق بی‌افتد.**

الف) تخلیه الکتریکی بصورت جرقه از طریق هوای اطراف مقره (Fleash Over).

ب) از طریق رسوب نشسته روی سطح مقره ناشی از آلودگی یا رطوبت

ج) از طریق ماده عایق روی خود مقره (سوراخ شدن یا پنجر شده مقره (Puncture))

- **نشست جریان از سه طریق زیر می‌تواند صورت گیرد:**

الف) تخلیه جوی مداوم از طریق هوا (کُرونا)

ب) بصورت تلفات دی‌الکتریک از طریق عایق مقره

ج) بصورت نشت سطحی بوسیله مواد آلوده و رطوبت نشسته روی سطح مقره تشدید می‌شود و این بدترین مسئله برای مقره می‌باشد.

- **مواد عایق که در ساخت مقره بکار می‌روند:**

۱ـ چینی: Porcelain

۲ـ شیشه سخت شده: Toughened glass

۱ـ نوع چینی: برای تهیه این عایق از مواد زیر استفاده می‌شود:

رس ۴۵٪ فلدسپات ۲۵٪ کوارتز ۲۵٪

که البته این درصدها بسته به موارد استفاده و خواص مورد نیاز متغیر است. مثلاً برای بالا بردن مقاومت مکانیکی عایق درصد کوارتز و برای خواص عایق بهتر درصد فلدسپات و برای مقاومت بیشتر در برابر حرارت درصد رس را افزایش می‌دهند.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

از معایب این نوع عایق اینست که وقتی ولتاژهای ضربه‌ای (Poncture) که این پدیده بیشتر در قسمت عایق بین cap و pin بوده بطوریکه قابل تشخیص باشد.

۲ـ نوع شیشه سخت شده: که بعد از شکل دادن شیشه بطور ناگهانی با دمیدن هوا خنک می‌شوند به این ترتیب قسمت بیرونی شیشته سخت شده در حالی که قسمت داخلی آن حرارت خود را از دست نداده است در نتیجه این‌کار قسمت داخلی بعد از خنک‌شدن تحت کشش و قسمت‌بیرونی تحت فشار خواهد بود. مقره شیشه‌ای دارای شکنندگی بیشتر نسبت به‌مقره چینی در مقابل ضربات‌مکانیکی است و مقاومت مکانیکی با زمان تحمل نیرو کاسته می‌شود. مقاومت آندر مقابل تغییر ناگهانی درجه حرارت (طوفان همراه با باران بعد از آفتاب) نسبت به مقره چینی کمتر است.

- **انواع مقره مورد استفاده در خطوط انتقال:**

۱ـ مقره نوع PIN: از این نوع مقره در خطوط ۲۰KV استفاده می‌شود (شکل ۱۴ـ۸ «الف»).

۲ـ مقره نوع پست (Post): در پستها بعنوان مقرهٔ اتکایی بکار می‌رود و این نوع مقره عملاً Corona free می‌باشند (شکل ۱۴ـ۸ «ب»)

۳ـ مقره دیسک یا Suspension: این مقره متداولترین نوع در خطوط انتقال می‌باشد و از نظر اتصال یا بصورت ball and socket می‌باشد شکل (۱۴ـ۸ (a) و (b)) که البته نوع دوم آن بدلایل زیر مورد استفاده بیشتری دارد:

الف) بسادگی باز و بسته می‌شود.

ب) برای مواقع تعمیر خط تحت بار (hot-line) مناسب می‌باشد

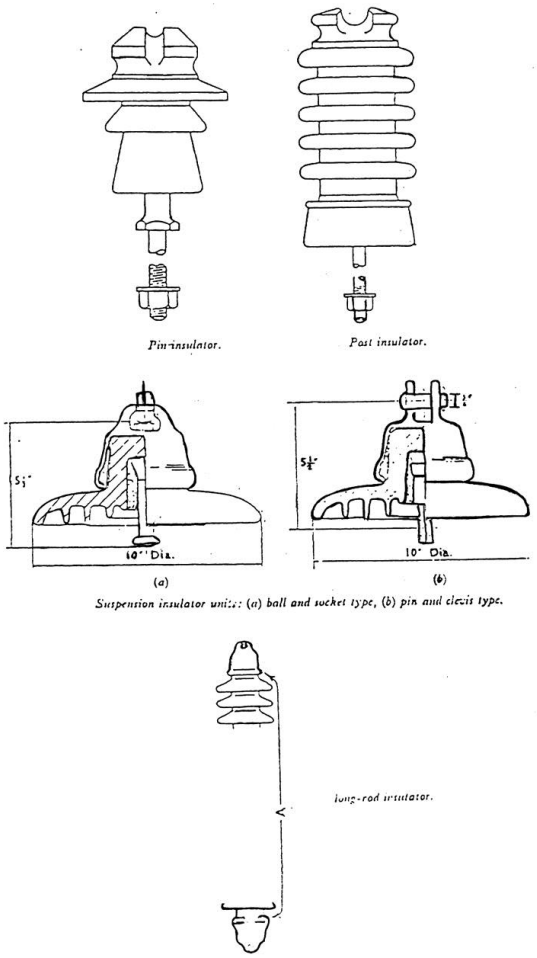
ج) پارازیت کمتری ناشی از کرونا دارد.

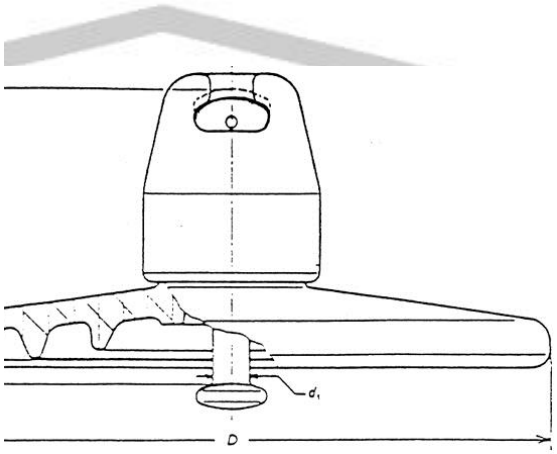
کلاهک cap که در سر مقره قرار می‌گیرد از آهن نرم گالوانیزه یا از فولاد چکش خوار با عملیات حرارتی ساخته می‌شود از آنجا که نیروی مکانیکی وارد به PIN از سر محدب آن به سه قسمت عایق و سیمان مقره منتقل شده و بعد به cap می‌رسد این قسمت از cap نسبت به سایر قسمتهای آن ضخامت داشته و در نتیجه مقاومت مکانیکی بیشتری دارد آن قسمت از سر PIN که در داخل عایق قرار می‌گیرد جهت توزیع یکنواخت نیروی مکانیکی به شکل منحنی ساخته می‌شود (شکل a ۱۵ـ۸).

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بطور کلی قسمت عایق که در زیر cap قرار می‌گیرد مهمترین بخش مقره در مقابل نیروی مکانیکی و الکتریکی است (شکل b ۱۵ـ۸) زیرا توزیع ولتاژ و تنش مکانیکی در این قسمت شدید بوده و بیشتر پنچری چینی در این قسمت اتفاق می‌افتد.

۴ـ مقره Long-rod: این مقره استفاده کمتری نسبت به نوع سر cap کاملاً مقاوم است و بدنه چینی آن به‌خلاف نوع Suspension تحت اثر نیروی کششی ناشی از انبساط سیمان قرار ندارد. بعلت طولانی بودن مسیر پنچری این نوع مقره و تشخیص هر نوع عیب داخلی در مراحل تولید توسط آزمایشات الکتریکی نیز ممکن نخواهد بود لذا بوسیلهٔ آزمایشات حرارتی و آلتراسونیک (Ultra sonic) معایب آن کنترل می‌شود.



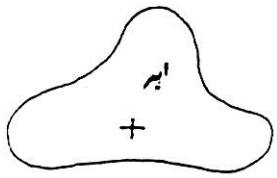

**شکل (۱)**

**سیم محافظ :**

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سیم محافظ یک هادی است که به موازات هادی‌های اصلی خط انتقال در قسمت بالایی دکل نصب می‌شود و در نقاط متعدد در طول خط به زمین وصل می‌شود. سیم محافظ در خط انتقال جهت مقابله با بارهای القایی در اثر ابرهای باردار و تخلیه الکتریکی ناشی از رعد و برق بکار می‌رود.

مکانیسم حفاظت خط توسط سیم محافظ مختصراً از این قرار است که چنانچه یک ابر باردار مثلاً مثبت در قسمت بالای بخشی از خط انتقال قرار داشته باشد، در قسمتهایی از خط انتقال واقع در قسمت زیرین ابر بار منفی القاء خواهد شد. بار القاء شده در بخشی از هادی خط که در زیر ابر قرار دارد بیشتر از قسمتهای دورتر خط تأمین می‌گردد. ابتدا حالتی را در نظر می‌گیریم که خط فاقد سیم محافظ باشد، بدیهی است چنانچه ابر دارای بار مثبت باشد در قسمت زیرین ابر در سیم محافظ و در زمین توده‌ای از بارهای منفی انباشته خواهد شد (شکل ۱).




**شکل (۱) اثر سیم زمین**

اما اساساً در این حالت پتانسیل خط بخاطر پتانسیل مثبت ابر بالای آن نسبت به زمین مثبت خواده بود و اگر ایزولاسیون خط ایده‌آل باشد در صورتی که تغییری در میزان بار و محل ابر ایجاد نشود شرایط فوق تغییر نخواهد کرد. اما بعلت جریان نشتی تدریجی در طول ایزولاتوریک جریان دائمی و کند بارهای مثبت از هادی به زمین تا زمانی ادامه خواهد داشت که پتاسیل خط نزدیک زمین گردد.

لازم به تذکر است که این تغییرات بدلیل هدایت نشتی خیلی کم ایزولاتورهای سالم فوق‌العاده کند بوده و نزدیک دن پتانسیل خط به پتانسیل زمین به زمان زیادی نیاز دارد. حال چنانچه به دلیل مثلاً تخلیه الکتریکی بین ابر مزبور و طبقات بارهای جمع شده در هادی زیر خط بطور ناگهانی آزاد شوند امکان تخلیه

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سریع آنها به زمین وجود نخواهد داشت و ممکن است باعث افزایش ناگهانی ولتاژهای هادی نسبت به زمین و در نتیجه وقوع تخلیه الکتریکی بین هادی و بدنه و یا ایجاد موج سیار گردد.

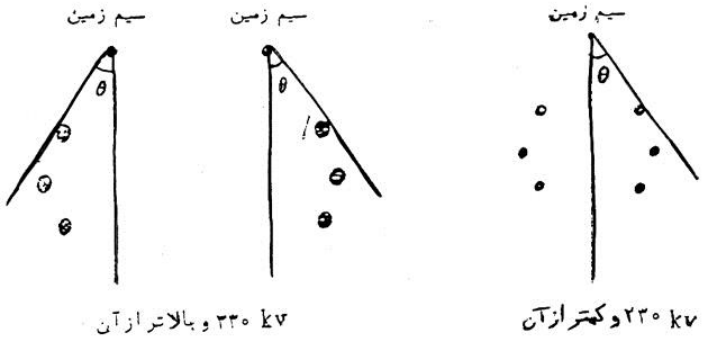
حال حالتی را بررسی می‌کنیم که سیم زمین در قسمت بالای هادی خط قرار داشته باشد. در این حالت ابر دارای بار مثبت هم در سیم زمین و هم در هادی خط بطور همزمان بارهای منفی القاء خواهد کرد. اما واضح است که پتانسیل سیم زمین تغییری نخواهد کرد و پتانسیل هادی خط نیز به دلیل جریان نشتی بتدریج بسمت پتاسیل زمین میل خواهد کرد. بدیهی است که به دلیل حضور سیم زمین شدت میدان الکتریکی بر روی هادی خط تضعیف خواهد شد در نتیجه بار القاء شده بر روی هادی مزبور کمتر از حالت قبلی خواهد بود و بالطبع ولتاژ القاء شده در هادی مزبور نسبت به حالت بدون سیم زمین کمتر بوده، احتمال شکست الکتریکی کاهش می‌یابد و چنانچه تخلیه الکتریکی در ابر صورت گیرد بار القاء شده بر روی سیم زمین سریعاً به زمین جریان خواهد یافت و چون بار القاء شده بر روی هادی اصلی کمتر از حالت قبل می‌باشد واضح است که اگر موج سیار در هادی ایجاد شود دارای دامنه کمتری نسبت به حالت قبل خواهد بود. از طرف دیگر پس از این که سیم زمین بار منفی خود را از دست می‌دهد در اثر القاء توسط بارهای منفی هادی اصلی دارای مقداری بار مثبت خواهد شد، که این امر خود سبب کاهش شدت میدان الکتریکی بین هادی‌های اصلی و زمین می‌گردد و احتمال تخلیه از طریق قوس الکتریکی کمتر شده و دامنه موج سیار نیز کاهش می‌یابد. بطور خلاصه دیدیم که سیم زمین کاهش میزان ازدیاد ولتاژ روی هادی اصلی خواهد شد.

همچنین از آنجای که سیم زمین در قسمت بالایی خط نصب می‌شود احتمال برخورد مستقیم صاعقه با هادی اصلی خط کاهش می‌یابد.

حفاظت هادی‌های اصلی توسط سیم زمین هنگامی که سیم زمین درست در بالای هادی اصلی باشد بهتر خواهد بود اما این امر سبب می‌شود که در صورت تخلیه ناگهانی بار مکانیکی شامل برف و یخ هادی با دامنه زیاد نوسان کرده و در اثر نزدیک شدن بیش از حد هادی اصلی به سیم زمین اتصالی در خط ایجاد گردد. از طرف دیگر با توجه با مسائل اقتصادی کاربرد سیم زمین به تعداد هادی‌های اصلی هر هط امری غیرممکن و پرهزینه به نظر می‌رسید لذا با در نظر گرفتن یک یا دو سیم زمین در بالای هر خط هنگام طراحی اکتفا می‌شود. زاویه‌ای را که خط قائم ما بر مرکز سیم با خطی که مرکز سیم را به مرکز هادی

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

کناری وصل می‌کند، زاویه حفاظت می‌نامند(شکل ۲) و هر چه این زاویه کوچکتر باشد حفاظت بهتر خواهد بود.




**شکل (۲)**

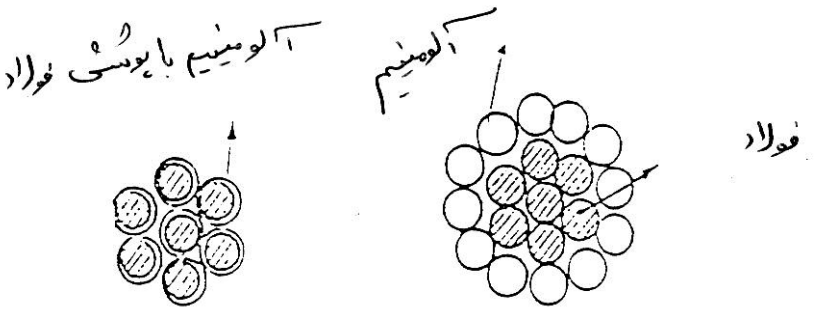
شکل (۲) کاربرد یک یا دو سیم زمین برای حفاظت خطوط انتقال در بررسی‌های تجربی بر روی خطوط موجود زاویه حفاظت ۳۰ بعنوان زاویه اپتیمم در نظر گرفته شده است و برای ولتاژهای بیشتر بهتر است که مقدار کمتری برای آن انتخاب شود.

از طرفی لازم است که مقاومت بین سیم زمین و زمین حتی‌الامکان کوچک باشد، بدین منظور در پایه‌های چوبی و سیمانی سیم مزبور در نقاط متعددی در طول خط توسط تسمه‌های هادی به زمین مربوط می‌شود.

## طراحی و انتخاب نوع سیستم زمین :

قطر سیم زمین تأثیر چندانی بر درجه حفاظت ندارد، ولی در طراحی و انتخاب هادی مزبور داشتن مقاومت الکتریکی کم مطلوبست اما از آنجایی که افزایش قطر هادی مزبور سبب گرانی آن می‌شود بهتر است که با کاهش مقاومت پایه، های با قطر کمتری را انتخاب نموده، اما توجه به این مطلب ضروری است که تشکیل برف و یخ روی سیم زمین سریعتر بوده و مقدار بیشتری را دارا می‌باشد در حالی که بعلت گرم شدن هادی‌های اصلی در اثر جریان برق، یخ روی آنها دیرتر تشکیل می‌شود و زودتر از بین می‌رود، بهمین دلیل سیم زمین باید حتی‌الامکان در مقایسه با دیگر هادی‌های خط دارای مقاومت مکانیکی بیشتری باشد و لذا انتخاب آن عمدتاً با توجه به نیروهای مکانیکی صورت می‌گیرد.

برای این منظور از هادی‌های آلومینیومی با پوشش فولاد و یا هادی‌های آلومینیوم فولاد با استقامت زیاد استفاده می‌شود (شکل ۳).



برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

**شکل (۳) : هادیهای بکار رفته برای سیم زمین**

مشخصات تعدادی از هادی‌های مزبور که در خطوط انتقال بکار می‌روند در این صفحه خواهند آمد.

محاسبات مکانیکی سیم زمین مشابه محاسبات مکانیکی مربوط به هادی‌های اصلی خط می‌باشد.

- **مشخصات سیم زمین:**

تیپ

نام کد

جنس ماده

مساحت کل بر حسب

قطر خارجی برحسب

سیم‌پیچی‌ها (شماره و قطر سیمها)

حد نیروی کشش نامی برحسب

مقاومت در بر حسب اهم بر کیلومتر

وزن هادی بر حسب کیلوگرم بر کیلومتر

طول هادی روی هر قرقره بر حسب متر

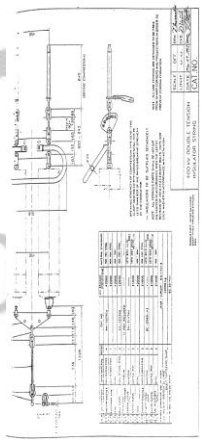
WikiPower.ir

**ظرفیت خطوط انتقال انرژی :**

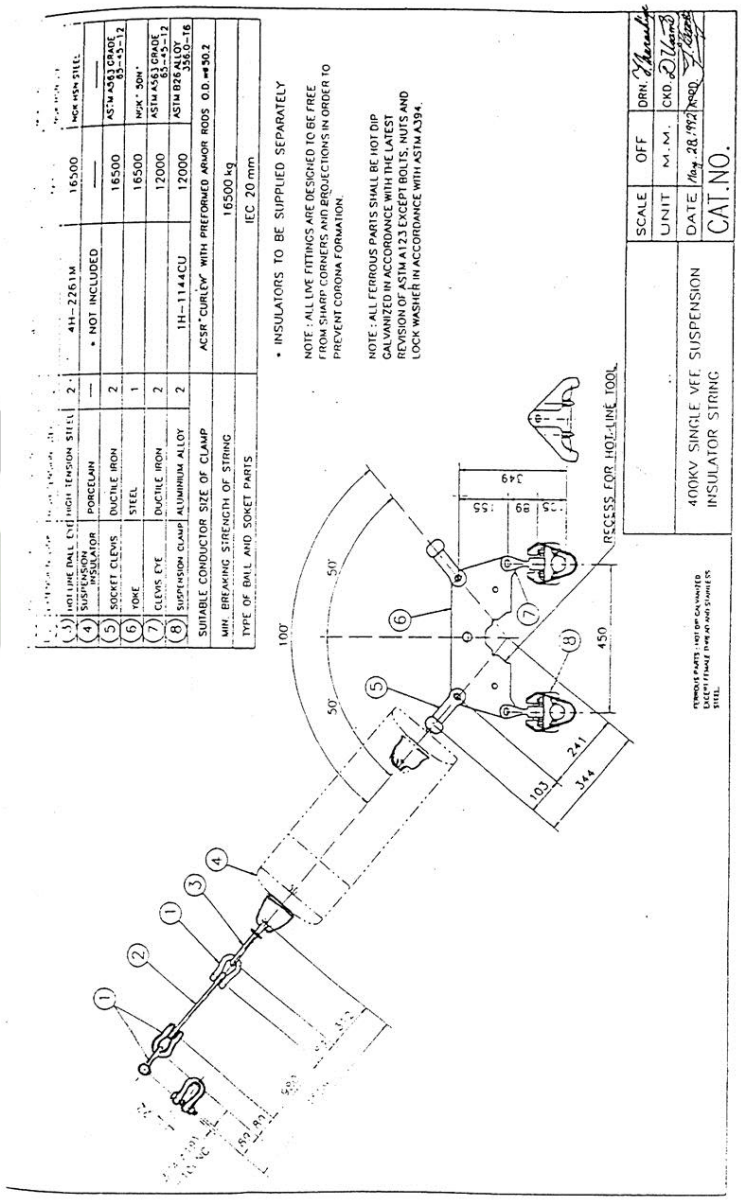
ظرفیت خطوط انتقال انرژی و قدرتی که می‌توانیم انتقال بدهیم در محدودهٔ خاصی می‌باشد. در یک ژنراتور چنانچه جریان بیش از حد شد رله Overload مانع افزایش جریان می‌شود. بخاطر همین در

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ترانسفورماتورها و ژنراتورها و موتورها رله Overload قرار می‌دهیم، ولی در یک خط انتقال چون آمپر آن در فاصله‌ای وسیع در ۲۴ ساعت تغییر می‌کند مثلاً در نیمه شب مینیمم مقدار خود و در اول غروب پیک بار داریم که ممکن است یک خط تا دو برابر جریان نامی‌اش در پیک، جریان عبور کند. پس برای چنین خطی رله Overload نمی‌توان گذاشت زیرا نمی‌توان گذاشت زیرا نمی‌توان برای آمپری آن را تنظیم کرد. ولی برای فیدرهای ۲۰ کیلوولت رله Overload قرار می‌دهند زیرا جریان در این کابلها چنانچه از حدی زیاد شود کابل داغ می‌گردد پس در فیدرهایی که بوسیلهٔ کابل تغذیه می‌شوند رله Overload ختماً قرار می‌دهند.



برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه




- **بررسی‌های لازمه برای محاسبه ظرفیت انتقال خط :**

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

**۱ـ بررسی ولتاژ در انتهای خط** (که اضافه ولتاژش بیش از حد مجاز نشود).

بین ولتاژ و جریان ابتدا و انتهای خط انتقال روابط زیر حاکم است که به روابط تلگرافیک خط معروفند.

- روابط تلگرافیک خط

ولتاژ ابتدای خط $U_1 = U_2 \cos\lambda + I_2 z_0 \sin\lambda$

ولتاژ انتهای خط $I_1 = I_2 \cos\lambda + \frac{U_2}{z_0}\sin\lambda$

که در آن: $z_0 = \sqrt{\frac{L}{c}}$ $\lambda = \frac{\omega L}{V}$ طول موج خط

سرعت موج (سرعت نور): $V$

در حالت بی‌باری داریم:

$$U_1 = U_2 \cos\lambda \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{\cos\lambda}$$

مثلاً برای یک خط با مشخصات زیر داریم:

$$U_1 = 400KV \qquad L = 500km$$

$$U_2 = \frac{U_1}{\cos\lambda} \qquad \cos\lambda = \cos\frac{2\pi f \times 500}{300000} = 0.85$$

$$U_2 = \frac{400}{0.85} \Rightarrow U_2 = 470.6\ KV$$

در انتهای هر خط فشار قوی یک سری تجهیزات وجود دارد که این تجهیزات بایستی بتوانند این اضافه ولتاژ را تحمل نمایند. پس طول خط را بایستی طوری انتخاب کرد تا ولتاژ انتهای خط آسیبی به تجهیزات نرساند پس توسط این روش می‌توانیم طولهای مجاور را توسط جدولی به نمایش در آوریم.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

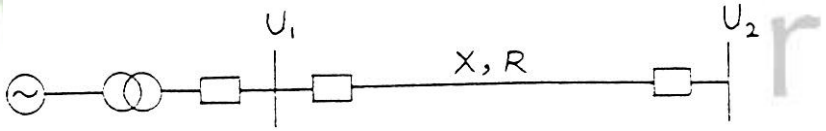
- **طول مجاز از نظر ولتاژ قابل قبول در خط**

| ولتاژ اسمی | طول مجاز از نظر ولتاژ قابل قبول در خط | طول مجاز با نصب راکتور |
|---|---|---|
| ۶۳_۱۳۲ KV | ۵۰۰ Km | -- |
| ۲۳۰_۴۰۰ KV | ۴۰۰ Km | -- |
| $U_n$ > ۴۰۰ KV | ۳۰۰ Km | ۶۰۰ Km |

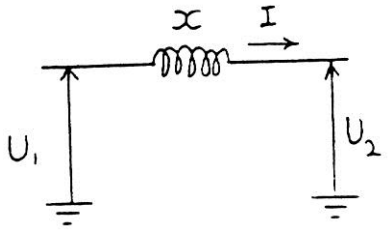
حال اگر بخواهیم طول خط را افزایش دهیم و برای اینکه اضافه ولتاژ در انتهای خط از حد مجاز تجاوز نکند بایستی اضافه ولتاژ را توسط یک راکتور شنت خنثی کرد. پس با قرار دادن راکتور شنت می‌توانیم طول خط را تا حدودی بالاتر ببریم.

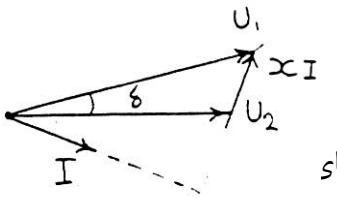
## ۲ـ افت ولتاژ:

در خطوط با ولتاژ پایین افت ولتاژ از مقاومت اهمی R ناشی می‌شود در حالیکه در خطوط با ولتاژ بالاتر از ۶۳ کیلوولت چون راکتانس خط نیز زیاد است علاوه بر R مقدار X=LW را نیز داریم:

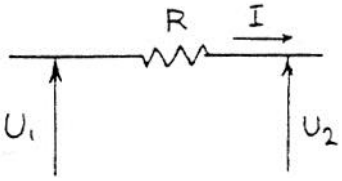



در ولتاژهای بالا R در مقابل X قابل صرفنظر کردن است.

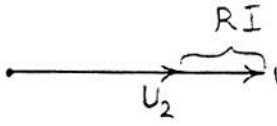



در ولتاژهای




، ولتاژ ابتدا




در ولتاژ

و انتهای خط زاویه بوجود می‌آید حال اگر جریان بار افزایش یابد طول بردار I زیاد شده و در نتیجه XI نیز افزایش می‌یابد پس مقدار $\delta$ به جریان بار وابسته است به همین خاطر زاویه را از زاویه بار می‌نامند.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

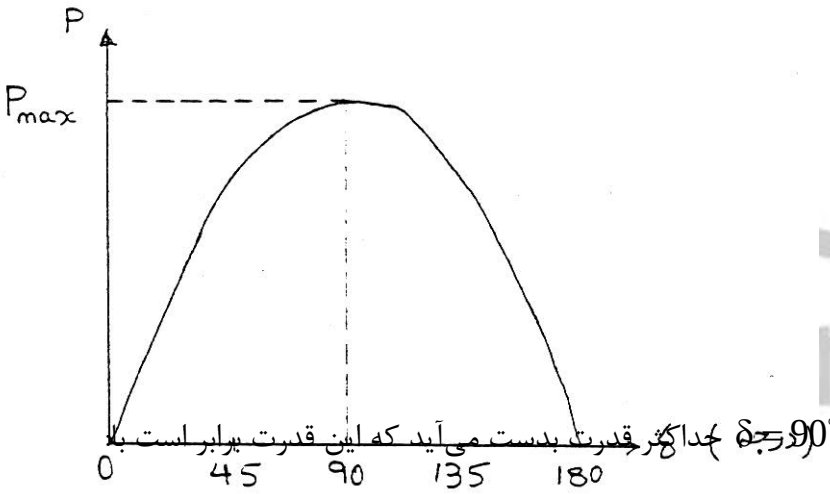
در خطوط فشار ضعیف X خط را می‌توانیم صرفنظر کنیم. فقط اگر جریان از ۲۰۰۰A تجاوز کرد آنگاه X خط را نیز بایستی حساب کرد.

پس بین ولتاژ ابتدا و انتهای خط زاویه بار $\delta$ را داریم و می‌توان این ولتاژها را با ولتاژهای تولیدی در داخل سیم‌پیچ ژنراتور (نیروی محرکه القایی) و ولتاژ خروجی ژنراتور مشابه در نظر گرفت پس در خطوط قدرت انتقالی یک خط را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$P = UI\cos\phi$$

$$P = \frac{U_1 U_2}{X}\sin\delta$$

- **رابطه بین قدرت انتقالی با زاویه بار :**

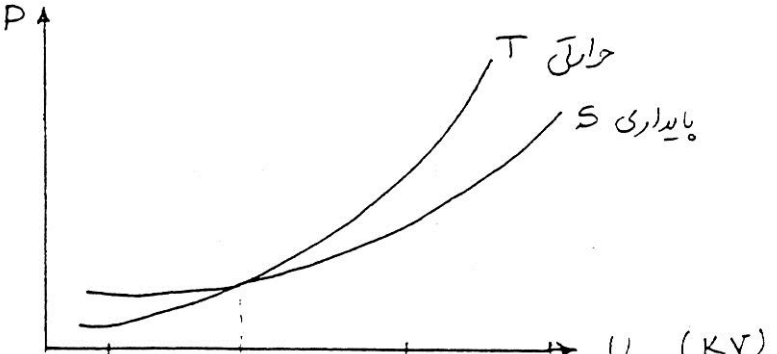



به ازای $\delta = 90^\circ$ حداکثر قدرت بدست می‌آید که این قدرت برابر است با

$$P = P_{MAX} = \frac{U_1 U_2}{X}$$

به این قدرت «حد پایداری استاتیکی» می‌گویند. حال اگر مقاومت اهمی خط را نیز در نظر بگیریم، بین ولتاژ ابتدا و انتهای خط یک اختلاف ولتاژ RI داریم که به مقدار ماکزیمم این اختلاف ولتاژ «حد حرارتی قدرت» گویند که این حد حرارتی در ولتاژهای پایین نیز ظاهر می‌شود.

منحنی حد پایداری استاتیکی و حد حرارتی قدرت را برای ولتاژهای مختلف می‌توانیم رسم کنیم:



برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مثلاً در ولتاژ ۲۳۰KV مقدار حد پایداری کمتر از حد حرارتی است پس می‌توانیم نتیجه بگیریم که قبل از اینکه به حد حرارتی برسیم به حد پایداری رسیده‌ایم (یعنی به نقطه ماکزیمم منحنی $p-\delta$ رسیده‌ایم) حال اگر از حد پایداری بخواهیم بالاتر برویم خط ناپایدار می‌شود با این حساب ما هیچوقت به حد حرارتی نمی‌رسیم پس می‌توان نتیجه گرفت که در خط ۲۳۰KV حرارت ایجاد شده توسط جریان عبوری نمی‌تواند مشکلی ایجاد کند.

اگر یک خط ناپایدار شود از شبکه قطع می‌شود حال اگر بعنوان مثال این خط با یک خط دیگر پارالل باشد، چون این خط قطع شده است بار روی خط دیگر می‌افتد از طرفی خط دیگر تحمل اضافه بار را نخواهد داشت پس این خط نیز قطع می‌شود و از شبکه خارج می‌شود. پس در خطوط اگر یک خط ناپایدار شود کلیه خطوط نیز قطع می‌شود این عمل زنجیره‌ای شبکه‌ها می‌گویند.

اگر در یک خط بطور ناگهانی یک اضافه بار اضافه شود بطوریکه یک توان خط از ماکزیمم بیشتر شود و خط ناپایدار شود و خط ناپایدار شود به‌چنین پدیده‌ای «ناپایداری دینامیکی» گویند. حال اگر جریان رفته‌رفته بار افزایش یابد و قدرت بخواهد از قدرت ماکزیمم بیشتر شود خط ناپایدار می‌شود به چنین پدیده‌ای «ناپایداری‌استاتیکی» گویند. در خطوط انتقال مقدار تقریب زاویه بار $\delta = 30^{\circ}$ می‌باشد.

- **حفاظت خط در برابر عیوب موقتی:**

عیوبی که در خطوط ایجاد می‌شود بصورت قوس ظاهر می‌شود که قوس خود شامل ایجاد اتصالی می‌گردد. پس بایستی رله‌ها را طوری انتخاب کرد که تا قبل از اینکه قوس به اتصالی کامل تبدیل شود شبکه را از مدار جدا کند تا اینکه به تجهیزات صدمه وارد نگردد.

به این‌عیوب که اتصالی توأم با قوس است Arc fault گویند که انواع آن در فصول گذشته بررسی شد.

در تخلیه جوی وقتیکه جریان قوس به جریان اتصالی نزدیک شد رله دیستانس عمل کرده و فرمان قطع کلید را صادر می‌کند. پس ولتاژ از روی زنجیر مقره برداشته می‌شود. بنابر این قوس خفه می‌شود و

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

می‌توان مجدداً کلید را وصل کرد برای انجام چنین عملی سعنی وصل مجدد شبکه از یک رله بنام Recloser استفاده می‌شود که پس از ۰/۲ sec فرمان وصل مجدد را صادر می‌کند (۰/۲ ثانیه زمانی است که قوس کاملاً از زنجیره مقره پاک می‌شود) به این مدت زمان $\Delta t$ =Time Delay گویند که در اینجا $t_{min} < \Delta t < t_{max}$ می‌باشد که در آن لحظه قطع کلید و $\Delta t_{max}$ فاصله زمانی لازم جهت اینکه خط از حالت پایداری خارج نشود.

اگر یک عیب دائمی در خط ایجاد شود (مثل اتصالی) پس از اینکه رله Recloser فرمان وصل مجدد داد چون عیب هنوز برطرف نشده دوباره رله دیستانس فرمان قطع کلید را می‌دهد و Recloser دوباره فرمان وصل مجدد را صادر می‌کند که معمولاً در خطوط برای ۱ یا ۲ مرحله رله را طراحی می‌کنند. وصل مجدد می‌تواند برای هر سه فاز انجام گیرد در صورتیکه فقط روی یک فاز Arc بوجود آمده است به چنین سیستمی وصل مجدد سه فازه گویند.

اگر بخواهیم وصل مجدد بصورت تکفاز انجام گیرد بعلت اینکه اولاً رله باید فاز معیوب را تشخیص دهد و اینکه فرمان به کلید همان فاز را بدهد (در اینجا هر کلید بایستی یک مکانیزم عمل کنندهٔ جدا داشته باشد) پس گران‌تر از حالت وصل مجدد سه فاز در می‌آید.

- در خطوط ۴۰۰ KV و قدرت زیاد در سیستم وصل مجدد سه فاز دو اشکال بوجود می‌آید:

۱ـ کاهش فاصله زمانی قطع کلید از نظر پایداری ( $\Delta t_{max}$ به $\Delta t_{min}$ خیلی نزدیک می‌شود و یا حتی کمتر می‌شود)

۲ـ افزایش دامنه اضافه ولتاژها.

اگر در یک شبکه‌ای که یکی از فازهایش توسط قوس روی زنجیر مقره به اتصالی تبدیل شده است و ماه هر سه فاز را با هم قطع کنیم در وصل مجدد فاز معیوب ولتاژ خازنیش توسط قوس به زمین منتقل شده است و اشکالی بوجود نمی‌آورد ولی دو فاز دیگر یک ولتاژ در اثر خاصیت خازنی ذخیره دارند و در وصل مجدد باعث بروز اضافه ولتاژ در فازهای سالم می‌گردد.

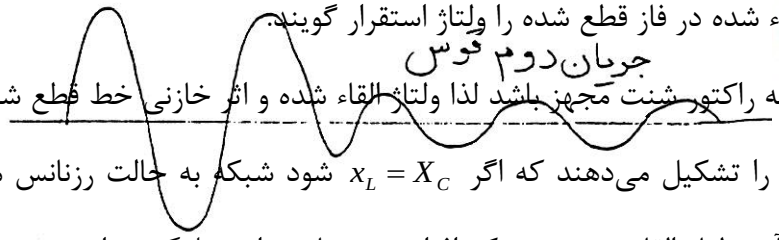
از طرفی در کلید مربوط به فاز معیوب جریان اتصالی برقرار است و این کلید براحتی جریان اتصالی را قطع می‌کند ولی دو کلید دیگر که تحت جریان بار هستند برای قطع آنها در کلید Restrike بوجود می‌آید.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اگر خط از دو طرف تغذیه شود و قوس روی یکی از فازها بوجود آید کلیدهای هر دو طرف بایستی قطع شوند و برای وصل مجدد در فازهای سالم بخاطر اثر خازنی یک اضافه ولتاژ روی خط ظاهر می‌شود که این اضافه ولتاژ بطرف دیگر رفته و چون کلید طرف دیگر باز است دامنه اضافه ولتاژ دو برابر می‌شود و بر می‌گردد و وقتیکه به زنجیر مقره رسید باعث بروز قوس می‌گردد که این بروز قوس روی فاز سالم انجام گرفته است.

برای جلوگیری از بروز چنین اشکالاتی در ولتاژهای بالای ۴۰۰KV وصل مجدد بصورت تکفاز انجام می‌گیرد که در این روش نیز یک اشکال جدید بوجود می‌آید که در زیر بررسی می‌کنیم:

پس از اینکه قوس در یکی از فازها انجام گرفت و همان فاز قطع گردید و دو فاز دیگر وصلند در فازی که قطع شده یک ولتاژ توسط دو فاز سالم دیگر روی خط قطع شده القاء می‌شود که این ولتاژ القایی باعث می‌شود که قوس از بین نرود و یک جریان توسط ولتاژ القایی توسط قوس جاری می‌شود که به این جریان، جریان دوم قوس می‌گویند.




و این ولتاژ القاء شده در فاز قطع شده را ولتاژ استقرار گویند.

که اگر شبکه به راکتور شنت مجهز باشد لذا ولتاژ القاء شده و اثر خازنی خط قطع شده و سیم پیچ راکتوریک مدار بسته را تشکیل می‌دهند که اگر $x_L = X_C$ شود شبکه به حالت رزنانس می‌رود که اگر چنین حالتی بوجود آید ولتاژ القاء شده به شبکه افزایش می‌یابد برای جلوگیری از بروز چنین اشکالی از راکتورهای چهار بازوئی استفاده می‌کنند که بازوی چهارم در حالت عادی توسط یک کلید اتصال کوتاه شده است و در اثر بروز عیب این کلید باز می‌شود و بازوی چهارم در مدار آمده و اثر خازنی خط قطع شده را خنثی می‌کند (از بین می‌برد) پس اشکال فوق دیگر بوجود نمی‌آید.

- **انتخاب هادی :**

عوامل مهم در تعیین و انتخاب هادی عبارتند از:

۱ـ ولتاژ خط

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲ـ عامل اقتصادی

۳ـ قدرت انتقالی

۴ـ اتصال کوتاه و حد پایداری

۵ـ ظرفیت حرارتی و جریان مجاز در گرمترین شرایط جوی محیط

- **انتخاب هادی از نظر ولتاژ خط :**

با مشخص بودن ولتاژ ۴۰۰ کیلوولت برای خط انتقال سیمهایی که وزارت نیرو برای این سطح از ولتاژ استاندارد کرده سیمهای Curlew و Martin می‌باشد بنابراین این باید یکی از این دو سیم را بعنوان هادی خط انتخاب کرد. برای این منظور دو سیم را از نظر اقتصادی با هم مقایسه می‌کنیم.

WikiPower.ir

- **انتخاب هادی از نظر اقتصادی:**

منظور از تعیین مقطع اقتصادی برای سیم، پیدا کردن مقطعی است که هزینهٔ اجرای پروژه به ازاء آن کمترین مقدار خود را داشته باشد. برای انتخاب این مقطع از معادله کلون استفاده می‌شود.

$$c = a + b_S + d/s$$

a ـ هزینه ثابت

$b_S$ ـ هزینه مربوط به سیم

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$d/s$ ـ هزینه تلفات

c ـ هزینه کل

همانطور که دیده می‌شود مربوط به هادی با سطح مقطع هادی‌ها نسبت مستقیم و هزینه تلفات با سطح مقطع نسبت عکس دارد.

اکنون از رابطه مزبور بر حسب s مشتق می‌گیریم و جهت مینیم کردن هزینه کل، آنرا برابر صفر قرار می‌دهیم.

$$\frac{dc}{ds} = b - \frac{d}{s^2} = 0 \Rightarrow S = \sqrt{d/b}$$

ـ محاسبهٔ b :

با توجه به جدول (۶ـ۱) در ردیف هادیهای Curlew و Martin و با در نظر گرفتن سطح مقطع و وزن واحد این دو سیم چگالی آنها بدست می‌آید. با در نظر گرفتن سطح مقطع و وزن واحد این دو سیم چگالی آنها بدست می‌آید.

$$D = 3.35 \, {kg}/{km-mm^2}$$

w ـ وزن یک کیلومتر هادی $W = 3D \times L \times S = 3 \times 3.35 \times 1 \times S = 10.05$

با توجه به قیمت هر کیلوگرم هادی آلومینیوم فولاد برابر ۳۰۰۰ ریال و نرخ بهره ۸۰٪ و استهلاک ۳٪ خواهیم داشت:

$$b_S = 3000 \times 0.11 \times 10.05s = 3316.5s$$

$$b = 3316.5$$

ـ محاسبه d :

هزینه مربوط به تلفات انرژی شامل سه قسمت می‌باشد.

### ۱ـ۲ـ۲ـ۱ ـ هزینه سوخت مربوط به افت انرژی

الف) محاسبات افت قدرت

این محاسبه برای ۱km از خط انجام می‌گیرد.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$P = 3RI^2 \qquad I = \frac{P}{\sqrt{3}U\cos Q}$$

$$P = 3\rho\frac{1}{s}[\frac{P^2}{3U^2\cos^2\phi}] = \frac{\rho}{s}(\frac{P}{U\cos\phi})^2$$

ب) محاسبه افت انرژی سالیانه:

با توجه به اینکه ضریب بار در بولتن آماری صنعت برق ایران مربوط به سه ماهه آخر سال ۱۳۷۱ برابر ۶۲٪ ذکر شده در این محاسبات نیز همین مقدار در نظر گرفته می‌شود. ضریب بار Load Factor در حقیقت درصد مصرف، مصرف‌کننده می‌باشد و در یک منحنی بار در ساعات مختلف شبانه روز مقدار سطح زیر منحنی (مقدار مصرف) به مقدار پیک بار است. در نتیجه ساعاتی از سال که قدرت عبور می‌نماید برای مقدار متوسط ضریب بار ۶۲٪ برابر می‌شود با:

$$h = 24 \times 365 \times 0.62 = 5431.2 \text{ hours}$$

بنابر این افت انرژی سالیانه برابر می‌شود با :

$$w = ۵۴۳۱/۲ \times \Delta P$$

حال هزینه سوخت مربوط به افت انرژی را بدست می‌آوریم:

اینکه هر متر مکعب آن ۹۵۰۰ کالری انرژی گرمایی تولید می‌کند و راندمان نیروگاه بخاری ۳۵٪ است و قیمت هر متر مکعب گاز طبیعی ۸ ریال می‌باشد و از طرفی چون هر کیلووات ساعت برابر ۸۶۴ کیلوکالری است بنابراین انرژی تولیدی یک متر مکعب گاز طبیعی برابر می‌شود با:

$$9500/864 = 11\text{KWh}$$

چون راندمان نیروگاه ۳۵٪ است قیمت سوخت ۱KWh برابر است با:

$$\frac{8}{11} \times \frac{1}{0.35} = 2 \text{ Rial}/\text{KWh}$$

**۲ـ هزینه نصب نیروگاه:**

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در حال حاضر قیمت نیروگاه بخار بین ۵۰۰ تا ۷۰۰ دلار بر کیلووات ساعت می‌باشد که در محاسبات،

میانگین آن ۶۰۰ را بکار می‌بریم در نتیجه هزینه نصب ۱KWh برابر می‌شود با:

$$600\times 0.11/(24\times 365\times 0.62)=0.012\$$$

با توجه به نرخ رسمی دلار برابر ۱۰۰۰ ریال در اینصورت هزینه نصب ۱KWh بدست می‌آید:

$$0.012\times 1000=12\text{Rial}$$

**۳ـ هزینه نگهداری و بهره‌برداری:**

این هزینه معمولاً ۲۵٪ هزینه سوخت در نظر گرفته می‌شود.

$$0.25\times 2=0.5\ \text{Rial/KWh}$$

حال هزینه کل جهت تولید ۱KWh محاسبه می‌شود.

$$C=0.5+2+12=14.5\ \text{Rial/KWh}$$

اکنون با قرار دادن مقادیر معلوم P=۴۸۰MW، U=۴۰۰KV، $\cos\phi=$۰/۹، $\Omega-\text{mm}^2/\text{kmg}$

ρ=۳۳

$\Omega-\text{mm}^2/\text{kmg}$ ۳۳ هزینه افت انرژی سالیانه بدست می‌آید.

$$\frac{d}{s}=14.5\times 5431.2\times 33/s\times 1/(0.9)^2\times(480{,}000{,}000/400{,}000)^2\times 1/1000$$

$$d=4620140800$$

حال با مشخص بودن b و d سطح مقطع اقتصادی سیم را می‌توان پیدا کرد.

$$S=\sqrt{d/b}=1180\,\text{mm}^2$$

با مراجعه به جداول (۶ـ۱) ملاحظه می‌شود. سیمی با چنین مقطعی وجود ندارد و لذا باید برای انتقال انرژی هادی هر فاز را باندل نمود.

بنابراین مقطع بدست آمده را برای باندل دو سیمه نصب می‌کنیم.

$$1180/2=590\text{mm}^2$$

که با مراجعه به جدول (۶ـ۱) هادی Curlew با سطح مقطع ۵۹۱/۲ انتخاب می‌شود.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

**انتخاب هادی با توجه به قدرت انتقالی:**

جریان عبوری از خط برابر است با:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos\phi}$$

$$I = \frac{480,000,000}{3 \times 400,000 \times 0.9} = 770\,A$$

چون خط باندل دو سیمه است از این رو جریان هر هادی نصف جریان خط می‌باشد.

$$I/_2 = 770/2 = 385A$$

هادی Curlew این جریان را براحتی از خود عبور می‌دهد زیرا جریان نامی این سیم با توجه به جدول (۶ـ۱) برابر ۱۰۶۰ آمپر می‌باشد.

**انتخاب هادی از نظر اتصال کوتاه Saort Circuit :**

مقطع لازم برای سطح اتصال کوتاه شبکه از رابطه زیر حساب می‌شود:

$$A = \frac{\sqrt{t} \times I}{K}$$

I: جریان اتصال کوتاه بر حسب آمپر

t: زمان اتصال کوتاه بر حسب ثانیه (حداکثر یک ثانیه در نظر می‌گیرند)

k: ضریب ثابت که بری هادی‌های ACSR برابر ۸۵ است.

A: سطح مقطع بر حسی میلیمتر مربع

در خطوط ۴۰۰KV ماکزیمم جریان اتصال کوتاه را برابر ۴۰KA در قطع اسمی ۴۰KA نصب می‌شوند.

$$A = \frac{\sqrt{1} \times 40,000}{85} = 470.6mm^2$$

بنابر این این سیم ۵۹۱/۲ با مقطع ۵۹۱/۲ میلیمتر مربع قادر به EW تحمل شرایط اتصال کوتاه خواهد بود.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

**انتخاب هادی با توجه به ظرفیت حرارتی و جریان مجاز:**

تبادل انرژی حرارتی بین هادی و هوای مجاور به دو طریق انجام می‌پذیرد:

الف) پخش حرارتی از طریق جابجایی

ب) تشعشع

جریان مجاز برای هر هادی طبق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$RI^2 = (W_C + W_r)A$$

I: جریان بر حسب آمپر

R: مقاومت AC در یک متر از هادی در حرارت مورد نظر

$W_C$: چگالی حرارتی جابجایی

$W_r$: چگالی تبادل حرارتی از طریق تشعشع

A: سطح جابجایی هادی بر حسب $cm^2/m$

$$W_C = \frac{0.018 \times \sqrt{PV}}{T\sqrt{D}}$$

P: فشار نسبی هوا بر حسب اتمسفر

V: سرعت باد بر حسب $m/s$

D: قطر هادی بر حسب میلیمتر

T: درجه حرارت متوسط سیم و هوا به درجه کلوین

$$T = \frac{T_a + T_C}{2}$$

$T_a$: درجه حرارت محیط بر حسب کلوین

$T_C$: درجه حرارت سیم بر حسب کلوین

$$W_r = 5.73[(\frac{T_c}{1000})^4 - (\frac{T_a}{1000})^4]$$

**۴ـ ضریب تشعشع:**

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

برای جسم سیاه $\varepsilon = 1$

برای هادی کار کرده $0.5 < \varepsilon < 0.9$

برای هادی نو و صاف و صیقلی $\varepsilon = 0.2$

محاسبات مربوط به ظرفیت حرارتی سیم در ماکزیمم دمای محیط صورت می‌گیرد.

با فرض اینکه ماکزیمم درجه حرارت سیم ۶۵ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شده است از این مقدار ۴۰ درجه سانتیگراد مربوط به دمای محیط می‌باشد

$$T_a = 40 + 243 = 3/3[ok]$$
$$T_C = 65 + 273 = 338[ok]$$

بنابر این ظرفیت حرارتی سیم را طوری انتخاب می‌کنیم تا درجه حرارت هادی از ۶۵ درجه تجاوز نکند. در این شرایط سرعت باد صفر بوده و فشار هوا در منطقه برابر ۰/۸۲ اتمسفر می‌باشد.

از جدول (۶ـ۱) قطر هادی Curlew را بر ۳۱/۶۵mm و مقاومت DC در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد برابر ۰/۰۶۱۸ می‌باشد.

$$=۰/۰۶۸\,\Omega/km$$

ابتدا مقاومت DC هادی در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد را بدست می‌آوریم:

$$R_{t^2} = R_{t^1}[1+\alpha(t_2 - t_1)]$$

$R_{t^1}$ ـ مقاومت هادی در درجه حرارت $t_1$ برحسب سانتیگراد در جریان DC

$R_{t^2}$ ـ مقاومت هادی در درجه حرارت $t_2$ برحسب سانتیگراد در جریان DC

- ضریب حرارتی هادی$(1/^\circ C)$ که برای هادیACSR برابر۰/۰۰۴۰۳ می‌باشد.

$$R_{60} = R_{50}(1 + 0.0(1 + 0.00403(65 - 60)) = 0.0655\,\Omega/km$$

**اثر جریان متناوب :**

$$R_{ac} = K\,R_{ac}$$

$R_{ac}$ ـ مقاومت AC در فرکانس شبکه بر حسب شبکه بر حسب $\Omega/mile$

$R_{ac}$ ـ مقاومت DC

K ـ ضریب اثر پوستی که تابعی از مقدار x بوده و از جدول (۲ـ۶) بدست می‌آید.

R ـ مقاومت DC برحسب $\Omega/mile$

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

F ـ فرکانس متناوب بر حسب هرتز

- پرمابلیته Permeability که برای مواد غیرمغناطیسی برابر ۱ می‌باشد.

$$R_{ac} = 0.0655 \times 1.609 = 0.1054 \Omega/\text{mile}$$

$$x = 0.063598\sqrt{(1\times 50)/0.1054} = 2.229$$

با توجه به جدول (۲ـ۶) مقدار K را بصورت زیر پیدا می‌کنیم:

| K | X |
|---|---|
| ۱/۱۱۱۲۶ | ۲/۲ |
| ۱/۱۳۰۶۹ | ۲/۳ |

$$\Delta x = 2.3 - 2.2 = 0.1$$

$$\Delta k = 1.13069 - 1.11126 = 0.01943$$

$$2.229 - 2.2 = 0.029$$

| Δk | Δx |
|---|---|
| ۰/۰۲۹۴۳ | ۰/۱ |
| ۰/۰۰۵۶۳= ? | ۰/۰۲۹ |

WikiPower.ir

k =۱/۱۱۱۲۶+۰/۰۰۵۶۳=۱/۱۱۶۹

$$R_{ac} = 1.1169 \times 0.1054 = 0.1177 \Omega/\text{mile} = 0.0000732 \Omega/\text{m}$$

۱,۲,۲,۱,۱,۱,۱,۱,۱ **محاسبه سطح جابجایی هادی در طول یک متر :**

$$A = D\pi \times 100 = 994.3 \text{cm}^2/\text{m}$$

$$V = 0 \Rightarrow W_C = 0$$

Emissivity of Conductor = 0.9

$$W_r = 5.7 \times 0.9[(\frac{338}{1000})^4 - (\frac{313}{1000})^4] = 0.0177$$

$$I = \sqrt{[(W_C + W_r)A]/R}$$

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$I = \sqrt{[(0 + 0.0177)/994.3]/0.0000732} = 490A$$

جریان مجاز برای هر فاز

$$I_{ph} = 490 \times 2 = 980A$$

با توجه به جریان هر فاز که برابر ۷۷۰ آمپر می‌باشد ملاحظه می‌گردد که این جریان پایین‌تر از حد عبور آن از خط بلامانع است.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

منابع :

۱. جزوات و گزارشات تهیه شده توسط شرکت مشانیر
۲. جزوات و گزارشات تهیه شده توسط توانیر
۳. رعد و برق و خطوط انتقال انرژی الکتریکی مهندس طهماسبقلی شاهرخشاهی
۴.اضافه ولتاژهای قطع و وصل مهندس طهماسبقلی شاهرخشاهی

WikiPower.ir