پلتفرم اختصاصی
مهندسی کنترل

https://controlengineers.ir

https://t.me/controlengineers

https://www.instagram.com/controlengineers.ir

اختصاصی مهندسی کنترل
controlengineers.ir
@controlengineers

وزارت علوم تحقیقات و فناوری

موسسه آموزش عالی پویش

طراحی پست های فشار قوی

تهیه و گردآوری: وحید اسدزاده

controlengineers.ir

اختصاصی مهندسی کنترل
controlengineers.ir
@controlengineers

مقدمه :

تامین انرژی با مقیاس در سطح توزیع از طریق نیروگاه های محلی و کوچک نه تنها اقتصادی نبوده، بلکه دراکثر موارد از نقطه نظرهای مختلف غیر عملی نیز می باشد. از طرف دیگر احداث نیروگاههای بزرگ امروزه در نقاط خاص قابل توجه بوده که عمدتا از مراکز مصرف دور بوده اند. برای انتقال قدرتهای زیاد درفواصل طولانی ($P = \frac{V_1 V_2}{X} \sin\delta$) به منظور کاهش تلفات، لازم است ولتاژ تولیدی نیروگاه ها افزایش یافته و سپس از نقاط مصرف طی مراحلی بنحوی که برای مصرف کنندگان قابل استفاده باشد برای تبدیل این ولتاژها و هم چنین به منظور اتصال نقاط مختلف شبکه به یکدیگر از ایستگاههایی استفاده می شود که به **پست برق** معروف اند.

سطوح ولتاژ استاندارد:

- سطح انتقال: **132 kV**، **230 kV**، **400 kV**، **750 kV** و **1000 kV**
- سطح توزیع: **63 kV**، **20 kV**، **11 kV**، **33 kV** (در خوزستان)، **6 kV**، **0.4 kV** (**380V**)

پست های فشار قوی را با سطح بالاترین ولتاژ نامگذاری می کنند.

مطالبی که در طرح پست حائز اهمیت می باشد به شرح ذیل اند:

۱. **انواع پستها**
۲. **اجزا تشکیل دهنده پست ها به طور کلی و تاسیسات وابسته**
۳. **استانداردهای و مشخصات فنی**
۴. **پارامترهای مهم در طراحی پست و انتخاب و تجهیزات**
۵. **شینه و انواع شینه بندی**
۶. **دیاگرام تک خطی**
۷. **نحوه استقرار فیزیکی تجهیزات در پست**
۸. **مشخصات فنی و نحوه انتخاب تجهیزات پست ها**
۹. **سیستم زمین**
۱۰. **سازه های پست ها و آشنایی با قسمت های ساختمانی**
۱۱. **انتخاب و طراحی سیستم های تغذیه مستقیم و متناوب**
۱۲. **سیستم روشنایی**

controlengineers.ir

اختصاصی مهندسی کنترل
controlengineers.ir
@controlengineers

انواع پستها

- ✓ پستهای نیروگاهی (بالا برنده ولتاژ): Step-up Substations
- ✓ پستهای توزیع (کاهنده ولتاژ): Distribution Substations
- ✓ پستهای کلیدزنی: Switching Substations

۱- پستهای نیروگاهی:

ولتاژ تولیدی ژنراتورها بعلت محدودیت هایی که در ساخت آنها وجود دارد محدود بوده (6.6^{kV}، 13^{kV}، 30^{kV}) و برای انتقال توان های زیاد به فواصل طولانی لازم است که ولتاژ آنها افزایش یابد. بنابراین در نیروگاه های بزرگ که از مراکز مصرف دور می باشند، لازم است پست هایی به منظور تبدیل ولتاژ به ولتاژ بالاتر (که مقدار آن بستگی به فاصله و قدرت انتقالی دارد) احداث گردند.

۲- پست های توزیع:

ولتاژ بالا، جهت مصرف باید در حد مطلوبی کاهش یابد. این کاهش از طریق پست های توزیع صورت می گیرد ولی باید دانست که کاهش ولتاژ از مقدار خیلی زیاد به مق دار خیلی کم از طریق پست توزیع با قدرت کم اقتصادی نیست. بنابراین لازم است که ولتاژ زیاد در چند مرحله کاهش داده شود (در نسبت تبدیل زیاد نصب راکتور سری الزامی است.

۳- پست های کلیدزنی:

در این پست ها هیچگونه تبدیل ولتاژ انجام نمی شود. کارشان ارتباط خطوط مختلف شبکه به یکدیگر می باشد و به عنوان یک گره در شبکه الکتریکی می باشند.

اختصاصی مهندسی کنترل
controlengineers.ir
@controlengineers

تقسیم بندی از نظر وضعیت فضای استقرار تجهیزات:

- ✓ پست های باز (بیرونی): Outdoor Substation
- ✓ پست های بسته (داخلی): Indoor substation

معمولاً تمام تجهیزات (در بعضی مواقع به جز ترانسفورماتور) در فضای بسته قرار می گیرد.

Indoor substation

Outdoor Substation

پست های باز (Outdoor) خود بر چند نوعند:

- ✓ پست های معمولی:

Conventional

- ✓ پست های گازی:

Gas Insulated (GIS)

- ✓ پست های هوایی:

Pole Mounted

Gas Insulated

Conventional

Pole mounted

اختصاصی مهندسی کنترل
controlengineers.ir
@controlengineers

پست های بسته (Indoor) خود بر چند نوعند:

- ✓ پست گازی: Gas Insulated (GIS)

در بعضی مناطقی که بعللی از قبیل کمبود جا و یا آلودگی بیش از حد (مناطق ساحلی) که ممکن است این پست ها خود از نوع روزمینی و یا زیر زمینی باشند.

- ✓ پست معمولی: Conventional

Gas Insulated

Conventional

پست های سیار: Mobile Substation

این نوع پست ها با ظرفیت کم و در ولتاژهای بالا به صورت موقت می توانند جایگزین یک پست دائمی شوند. تجهیزات این پست ها که معمولا به صورت **GIS** می باشند به همراه یک دستگاه ترانسفورماتور روی یک یا چند دستگاه تریلی نصب گردیده و به سادگی می تواند انتقال داده شود. این پست ها به صورت موقت به صورت **T** به یک خط فشار قوی متصل می شوند.

controlengineers.ir

اختصاصی مهندسی کنترل
controlengineers.ir
@controlengineers

اجزای تشکیل دهنده پست ها و شرح کلی آنها

- سوئیچگیر Switchgear
- ترانسفورماتور قدرت و ترانسفورماتور های زمین و یا تغذیه داخلی
- سیستم های جبران کننده (راکتور و یا خازن)
- تاسیسات جنبی الکتریکی مانند سیستم روشنایی محوطه، سیستم حفاظتی در مقابل رعد و برق
- ساختمان کنترل
- تاسیسات جنبی ساختمانی مانند ساختمان نگهبانی، اتاق دیزل، انبار، پارکینگ و غیره
- سیستم زمین و فونداسیون پست

۱– سوئیچگیر

به مجموعه ای از تجهیزات فشار قوی که عمل ارتباط فیدرهای مختلف باس بار و یا قسمت های مختلف باس بار را به یکدیگر در یک سطح ولتاژ معین متصل می کنند، سوئیچگیر می گویند. مثلاً در پست $400^{kV}/230^{kV}/63^{kV}$ سه سوئیچگیر 400^{kV}، 230^{kV}، 63^{kV} وجود دارد.

هر سوئیچگیر معمولاً از اجزای زیر تشکیل می شود.

الف) باس بار (شین)، مقره، اسکلت فلزی، سیم، لوله کلمپ و اتصالات

ب) کلید فشار قوی (دژنکتور): **Circuit Breaker**

ج) سکسیونر (جداکننده) **Disconnect Switch**

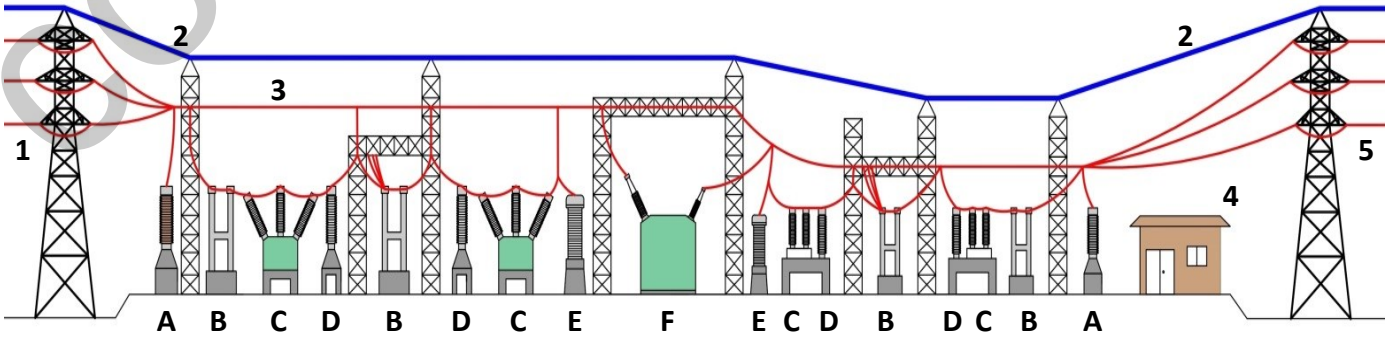
د) ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ **Current And Voltage Trans**

ه) تله موج: **Line Trap**

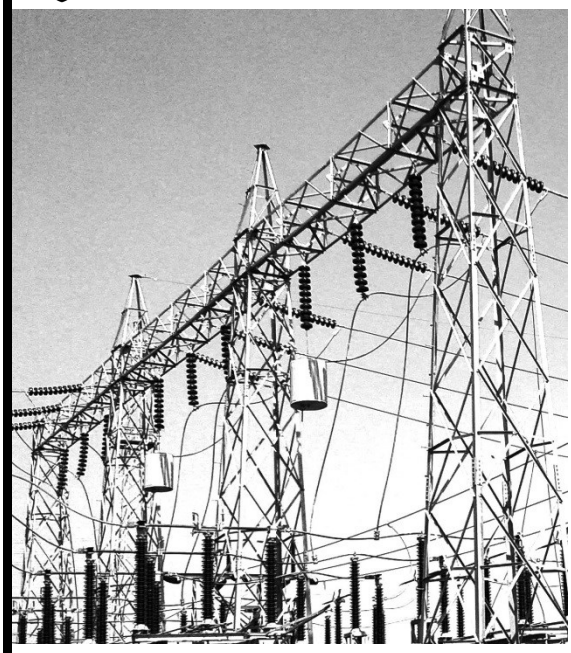
و) برقگیر: **Lightening Arrester**

۱) خط انتقال اولیه
۲) سیم گارد
۳) خط هوایی
۴) اتاق کنترل
۵) خط انتقال ثانویه

A) ترانس اندازه گیری ولتاژ
B) سکسیونر
C) دژنکتور
D) ترانس اندازه گیری جریان
E) برقگیر
F) ترانسفورماتور قدرت اصلی



اختصاصی مهندسی کنترل
controlengineers.ir
@controlengineers



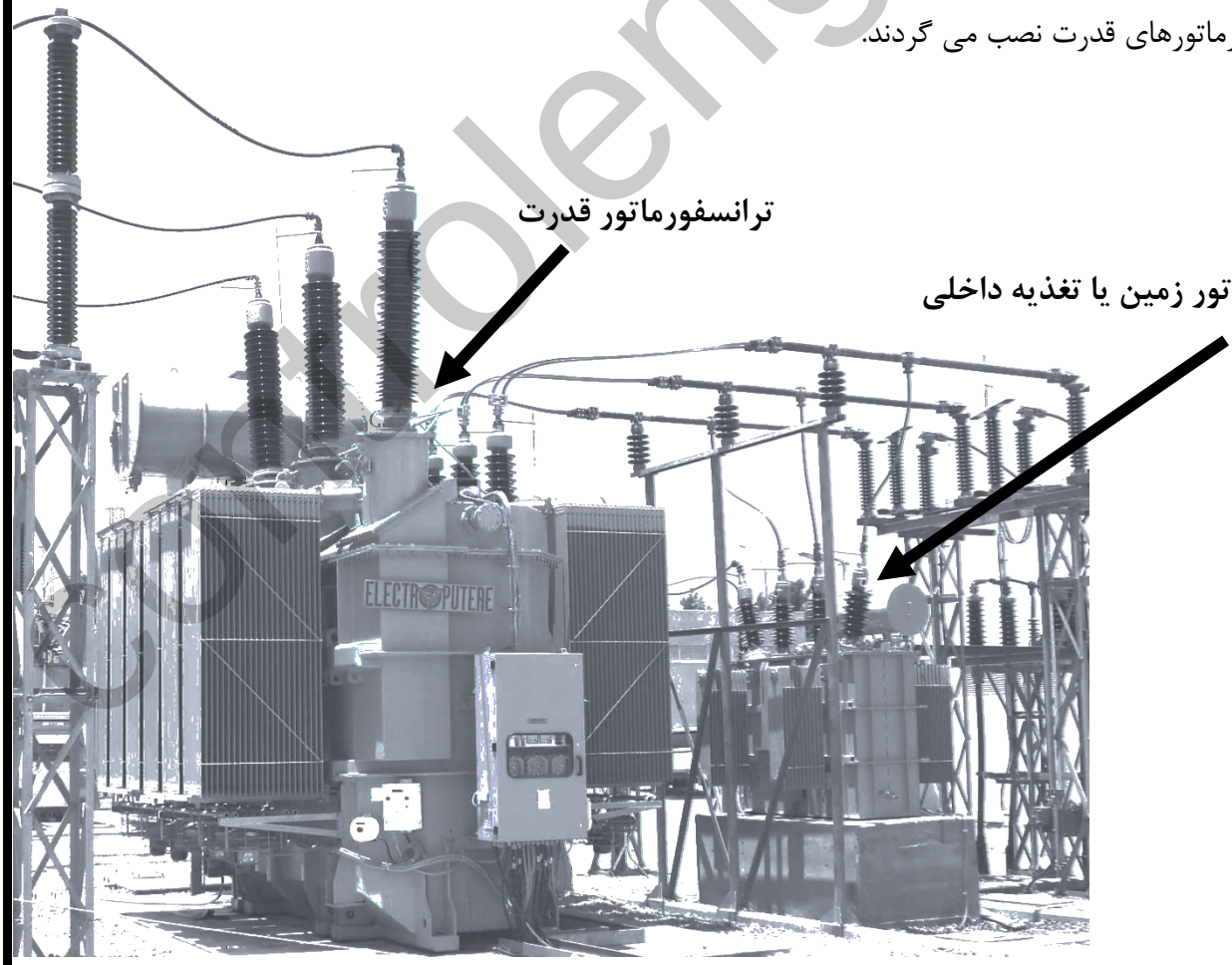
بی Bay:

معمولاً سوئیچگیرها از قسمت های مشابه متصل به هم تشکیل می شوند که به هر قسمت **Bay** می گویند که معمولاً به هر بی یک یا دو فیدر متصل می شود.

۲– ترانسفورماتور قدرت و

ترانسفورماتور های زمین و یا تغذیه داخلی:

در پستهای تبدیل ولتاژ دستگاههای اصلی تبدیل ولتاژ، ترانسفورماتورهای قدرت می باشد که در بین دو سوئیچگیر با سطح مختلف ولتاژ قرار میگیرد. ترانسفورماتورهای زمین برای ایجاد نقطه نوترال مصنوعی در خروجی ترانسفورماتورهای قدرت (که معمولاً به صورت Δ می باشند) استفاده می گردد. به لحاظ اقتصادی در چنین مواقعی ترانسفورماتور تغذیه داخلی هم به صورت یک سیستم پیچ ثانویه در ترانسفورماتور زمین ترکیب شده و به این ترتیب ترانسفورماتور زمین و تغذیه داخلی به صورت واحد ساخته می شود که معمولاً در نزدیکی ترانسفورماتورهای قدرت نصب می گردند.



اختصاصی مهندسی کنترل
controlengineers.ir
@controlengineers

۳–سیستم های جبران کننده (راکتور و یا خازن)

معمولاً جهت کنترل ولتاژ، بهبود پایداری، تصحیح ضریب قدرت و همچنین افزایش ظرفیت انتقال در بعضی از نقاط شبکه لازم است سیستم های تولید کننده و یا مصرف کننده بار راکتیو نصب گردند. این تجهیزات عبارتند از: راکتورهای موازی، خازنهای موازی ویا سری، جبرانسازهای سنکرون و یا سیستمهای جبران بار تریستوری

راکتورها: در یک خط طویل بدون بار بدلیل خاصیت خازنی خط انتقال، ولتاژ در انتهای خط گاهی به **2 pu** می رسد که جهت خنثی نمودن خاصیت خازنی، در انتهای خط راکتورها بصورت شنت کلید می شوند. این راکتورها با تکنولوژی پیشرفته ای ساخته شده و دارای ضریب قدرت پایینی ($\cos\varphi$ حدود ۰/۱) می باشند. (بصورت سلف واقعی) راکتورها به صورت ستاره بسته می شوند و در حفاظتشان از رله دیفرانسیل استفاده می شود.

راکتورها موازی ثابت
- ۱- قابل قطع و وصل
- ۲- غیر قابل قطع و وصل: در هنگام پرباری $\cos\varphi$ شبکه را خراب می کند

خازن های شنت: جهت اصلاح ضریب توان و تزریق توان راکتیو به شبکه مورد استفاده قرار می گیرد.

خازن های سری: جهت کاهش راکتانس خط و افزایش توان انتقالی خط ($P=\frac{V_1V_2}{X}\sin\delta$) استفاده می شوند. این ادوات تشدید زیر سنکرون می نمایند که باید این مشکل برطرف شود.

خازن های موازی/سری ثابت
- ۱- قابل قطع و وصل
- ۲- غیر قابل قطع و وصل

خازن های موازی/سری ثابت

دارای هسته

بدون هسته

راکتورها موازی ثابت

controlengineers.ir

اختصاصی مهندسی کنترل
controlengineers.ir
@controlengineers

۴– تاسیسات جنبی الکتریکی:

- سیستم روشنایی محوطه به منظور دید اپراتور در شب

- سیستم شیلدینگ یا حفاظت از رعد و برق با استفاده از گانتری (Gantry)

Gantry: دکلهایی هستند که در ابتدا و انتهای پست ها قرار گرفته و خطوط گارد مانند چتری تجهیزات پست را از برخورد صاعقه محافظت می کنند.

۵– ساختمان کنترل:

کلیه دستگاه های اندازه گیری پارامترها، وسایل حفاظت وکنترل تجهیزات پست اعم از سوئیچگیرها و یا ترانسفورماتورهای قدرت و زمین و سیستم های جبران کننده، ازطریق کابلها از محوطهٔ بیرونی پست به داخل ساختمان کنترل ارتباط می یابد. همچنین سیستم های اندازه گیری از طریق کابل های زیر زمینی و سیستم های تغذیه جریان مستقیم و متناوب در داخل ساختمان کنترل قرار دارند. همچنین سیستمهای تغذیه جریان متناوب و مستقیم (DC،AC) در داخل ساختمان کنترل قراردارند. این ساختمان دارای تأسیسات مورد نیاز جهت کار اپراتور می باشد که از قسمت های زیر تشکیل شده است:

الف) اتاق فرمان: کلیه تابلوهای فرمان در آن قرار دارد که محل استقرار اپراتورها نیز می باشد و این اتاق معمولاً باید به گونه ای باشد که از این اتاق اپراتور نسبت به تجهیزات بیرونی دید کامل داشته باشد.

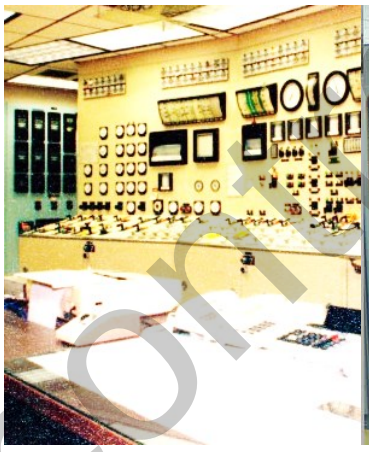
ب) اتاق رله: در این اتاق کلیه رله ها و وسائل حفاظتی که مستقیماً نبایستی در دسترس اپراتور باشد وجود دارد.

ج) باطریخانه: کلیه باطری های موجود جهت تغذیه DC در این اتاق قرار دارد.

د) تاسیسات جنبی وابسته: مانند اتاق استراحت، انبار،آشپزخانه، دستشوئی و غیره

باطریخانه

اتاق رله



اتاق فرمان

۶– تاسیسات جنبی:

تاسیساتی هستند که بسته به موقعیت پست بایستی در نظر گرفته شوند که شامل: اطاق نگهبانی، اطاق دیزل، پارکینگ، انبار، تعمیرگاه، ساختمان های اداری و غیره.

controlengineers.ir

اختصاصی مهندسی کنترل
controlengineers.ir
@controlengineers

استانداردهای مهم در طراحی پست

به منظور هماهنگی بین سازندگان و مصرف کنندگان مختلف از بوجود آمدن تنوع بسیار در طراحی، از سالها قبل موضوع استاندارد نمودن در زمینه ایجاد تاسیسات مطرح بوده است.

۱- استاندارد **IEC** — **International Electrotechnical Commission**

۲- استاندارد **ANSI** — **American National Standards Institute**

۳- استاندارد **IEEE** — **Institute of Electrical and Electronics Engineers**

این استاندارد بیشتر در کشورهای امریکا و کانادا مورد استفاده قرار می گیرد.

۴- استاندارد آلمانی **DIN** — **Deutsches Institut für Normung** (German Institute for Standardization)

در کشور ایران اکثر پست ها بر طبق استاندارد طراحی شده اند.

پارامترهای مهم در طراحی پست ها و انتخاب تجهیزات

شرایط محیط:

- حداکثر درجه حرارت محیط:

حداکثر و متوسط درجه حرارت محیط حائز اهمیت بوده و در طراحی دستگاهها و وسایل و لوازم از نقطه نظر تحمل حرارت و ایزولاسیون مورد توجه قرار گرفته می‌شود. معمولا ترانسفورماتورهای قدرت که دارای عایق روغنی می‌باشند مقدار ماکزیمم درجه حرارت روغن $100°C$ است که در طراحی ترانس مقدار $40°C$ درجه از جهت محیط و $60°C$ درجه آن مقدار مجاز حداکثر افزایش درجه حرارت روغن می‌باشد. درجه حرارت پایداری همیشه مقدار ثابت و مشخص بوده و در صورتی که مقدار درجه حرارت محیط بالا رود به همان نسبت بایستی در طراحی دستگاه مقدار حرارت ایجاد شده ناشی از تحت تانسیون قرار گرفتن دستگاهها و عبور جریان از آنها کاهش یابد.

- حداقل درجه حرارت محیط:

حداقل درجه حرارت محیط نیز در طراحی دستگاههای یک پست بایستی مورد توجه قرار گیرد. و بایستی دستگاهها بتوانند در حداقل درجه حرارت نیز به راحتی کار کنند. جامد شدن مایعات در درجه حرارت پائین از نکاتی است که باید به آن توجه گردد و همچنین در کلیدهای **SF6** و یا در پستهای **G.I.S** در اثر کاهش درجه حرارت، فشار گاز پائین آمده و خاصیت عایقی کاهش می‌یابد که باید به آن توجه کرد.

controlengineers.ir

اختصاصی مهندسی کنترل
controlengineers.ir
@controlengineers

- ارتفاع از سطح دریا:

با افزایش ارتفاع از سطح دریا که باعث کم شدن دانسیته هوا می گردد مقدار ولتاژ شکست برای یک فاصله مشخص کمتر شده و همچنین تبادل حرارت بین دستگاه ها و محیط اطراف کندتر می گردد.

طبق استاندارد **IEC** در ارتفاعهای بالاتر از ۱۰۰۰ متر (ارتفاع مبنا) به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع باید یک درصد به ایزولاسیونها و خاصیت عایقی تجهیزات اضافه گردد. همچنین طبق استاندارد **IEC** یک ترانس قدرت به ازاء هر ۵۰۰ متر افزایش ارتفاع، ۳٪ از مقدار حداکثر افزایش درجه حرارت مجاز ترانس (توان قابل بهره برداری) کاسته می‌شود.

- ضخامت یخ:

برای تجهیزاتی که در هوای آزاد نصب می شود مقدار یخ ایجاد شده در زمستان در محاسبات و انتخاب نوع دستگاه ها و استقامت مکانیکی پایه ها و اتصالات در نظر گرفته می شود.

عملکرد بدون اشکال و به موقع سکسیونرها و کلیدها در شرایط وجود یخ بایستی مورد توجه قرار گیرند. در طراحی ضخامت یخ معمولاً مقدار ۲۰ میلیمتر و چگالی آن ۹٪ در نظر گرفته می شود.

- سرعت باد:

مقدار سرعت باد در محل طراحی پست، جهت طراحی استقامت مکانیکی دستگاه ها، پایه ها، باسبارها و کلمپها مورد توجه باید قرار گیرد. مقدار حداکثر باد در ارتفاع ۱۰ متر بالاتر از سطح زمین پست در نظر گرفته می شود.

- زلزله:

در محاسبات تحمل مکانیکی دستگاه ها، پایه ها و ساختمان ها و طراحی فونداسیون آنها بایستی پارامتر زلزله مورد توجه قرار گیرد. برای محل هایی با شدت زلزله بالا از لاستیک و یا فنر و یا انواع دیگر لرزه گیر استفاده می شود.

- مقدار باران و رطوبت هوا:

مقدار باران در تعیین ارتفاع و نوع ایزولاتورها و مقره ها و فواصل بین دستگاه ها و فاصله بین فاز به زمین و فازها تاثیر دارد. آزمایش اضافه ولتاژ، با فرکانس معمولی تحت شرایط باران با مقدار ولتاژ خواسته شده انجام می شود.

در استاندارد امریکایی این آزمایش برای 5^{mLit} باران در دقیقه و به مدت ۱۵ ثانیه انجام می شود. در استاندارد **IEC** مدت آزمایش برابر یک دقیقه است. (۱ تا ۱/۵ میلی لیتر در دقیقه)

controlengineers.ir

اختصاصی مهندسی کنترل
controlengineers.ir
@controlengineers

- مقدار آلودگی هوا

مقدار آلودگی هوا که شامل گرد و خاک، املاح و دود کارخانجات به همراه رطوبت نسبی هوا می‌باشد از نکات مهمی است که سطح ایزولاسیون خارجی دستگاهها و شکل و ابعاد مقره‌ها را تعیین می‌کند در پستهای معمولی که در هوای آزاد نصب می‌گردند (پستهای باز) جهت عایق نمودن تجهیزات نسبت به زمین و همچنین عایق نمودن ترمینالهای کلید فشار قوی از مقره‌های چینی (پرسیلین) و یا شیشه ای در بعضی از موارد ممکن است از مواد پلاستیکی استفاده گردد.

- فاصله خزش: Creepage Distance

کوتاهترین فاصله بر روی سطح بیرونی در سر یک مقره را اصطلاحاً فاصله خزش می نامند. در طراحی پست هر چه مقدار آلودگی هوا بیشتر باشد باید مقره ها و دستگاه ها فاصله خزش بیشتری داشته باشند.

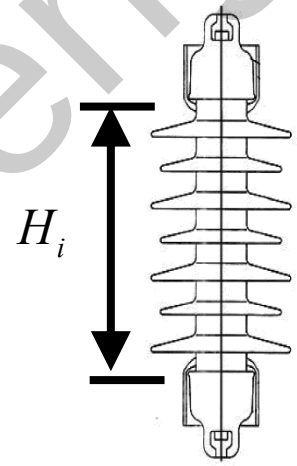
استاندارد **IEC** به طور کلی آلودگی هوا را به چهار نوع تقسیم نموده و برای هریک مقدار فاصله خزش را برای یک کیلو وات ولتاژ به شرح زیر تعیین نموده است:

- محیط با آلودگی کم (سبک) $16\,mm/kV$
- محیط با آلودگی متوسط $20\,mm/kV$
- محیط با آلودگی زیاد (سنگین) $25\,mm/kV$
- محیط با آلودگی خیلی زیاد (خیلی سنگین) $31\,mm/kV$

فاصله خزش

$$\frac{L}{H_i} \simeq 2$$

ارتفاع ایزولاسیون



- تعداد صاعقه:

تعداد روزهای بارانی و طوفانی در مدت یکسال که امکان رعد و برق وجود دارد بایستی در منطقه محل احداث پست مشخص شده و در طراحی سیستم حفاظت پست مانند سیم گارد (Shield Wire) و انتخاب سطح عایقی تجهیزات به منظور تحمل اضافه ولتاژهای ناشی از صاعقه مورد استفاده قرار گیرد.

controlengineers.ir