# فصل اول

## شاخص های مهم در طراحی یک پست فشار قوی

**۱ –۱ . مسائلی که در طرح یک پست فشار قوی باید مد نظر قرار گیرند**

**۱-۱-۱ .** پست فشار قوی باید طوری طرح و ساخته شود که بتوان عملیات لازم در پست را که عبارتند از مراقبت ، نظارت ، فرمان قطع و وصل کلیدها ، خارج کردن لوازم و اسباب و ادوات الکتریکی ، تمیز کردن شینها و مقره ها به راحتی و بدون هیچ مشکلی انجام داد .

**۱-۱-۲ .** فواصل قطعات زیر ولتاژ نسبت به هم و نسبت به قطعات زمین شده بدنه از یک حداقل مجازی کمتر شود ، بزرگ انتخاب کردن این فواصل در ضمن اینکه از نظر الکتریکی محاسن چندانی ندارد باعث بزرگ شدن تاسیسات و سطح زیربنا نیز می گردد که مسلما مقرون به صرفه نخواهد بود .

**۱-۱-۳ .** متصدیان پست دچار برق گرفتگی و برق زدگی در اثر برخورد جرقه و یا در اثر تماس با قطعات زیر ولتاژ نشوند . بیشتر جرقه ها و قوسهای الکتریکی در اثر قطع بی موقع سکسیونرها بوجود می آید که علاوه بر اینکه در طرح غلط مستقیما باعث برق گرفتگی شخص قطع کننده کلید می گردد پیشروی آن در امتداد شین ها نیز خساراتی به ادوات برقی تاسیسات وارد می سازد.

با توجه به شرایط فوق هر کشوری برای تاسیس و ساختمان پست های فشار قوی دارای ضوابط و قوانین جدول و مشخصی است مثلا در آلمان پستهای فشار قوی با توجه به ضوابط و شرایطی که VDE0101 تعیین کرده است ساخته می شوند .

البته در موقع طرح یک پست فشار قوی باید به موارد ذیل نیز توجه داشت .

**اولا :** سطح زیر بنا به حداقل ممکن برسد البته بدون اینکه در فضای لازم بین دستگاه ها و فواصل آنها صرفه جویی شده باشد بلکه منظور از بکارگیری حداقل فضا برای نصب تاسیسات پست فشار قوی ، جلوگیری از هرگونه فضای خالی و تلف شده و بدون استفاده است . بدون اینکه به

راهروها و محوطه لازم برای مونتاژ ، ترانسپورت و سرویس لطمه وارد شود . بدیهی است که سطح زیر بنا بستگی به سطح و قدرت اتصال کوتاه شبکه و حتی انتخاب نوع تجهیزات و شینها دارد .

**ثانیا :** همیشه امکان توسعه پست در نظر گرفته شود ، منظور از توسعه در نظر گرفتن فضای خالی برای توسعه پست بدون نصب دستگاه ها و ادوات رزرو و ذخیره می باشد زیرا بنظر نمی رسد که بتوان آینده نگری درستی داشت .

**ثالثا :** روشنایی پست در حدود ۲۰۰-۱۵۰ لوکس تامین گردد .

**رابعا :** در مورد پستهایی که دستگاه ها و وسایل آن شامل شین و سیم و ترانسفورماتور و مقره و کلیدها و قفسه های فرمان و غیره در محوطه باز نصب می شوند و تحت تاثیر تمامی عوامل جوی از قبیل حرارت ، شبنم ، باران ، برف ، باد ، طوفان و حتی گرد و غبار و آلودگی شدید قرار می گیرد باید از کیفیت خاصی برخودار باشند .

کلیدها باید به نحوی انتخاب شوند که بتوان آنها را در بدترین شرایط جوی براحتی بکار انداخت مسلما یک کلید سکسیونر تیغه ای پوشیده از برف و یخ زده را نمیتوان به سرعت و به سادگی باز کرد ولی کلید سکسیونر گردان بار یخ زده را به آسانی از خود دور می کند .

شینها و نقاط اتکای آنها یعنی مقره ها و پایه ها باید در مقابل تغییرات درجه حرارت و عوامل جوی پایدار و مقاوم باشند بار برف را تحمل کنند و در اثر سرمای شدید خیلی کشیده نشوند و در درجه حرارت زیاد و زیر اشعه خورشید در حدود ۸۰ C درجه زیاد شل و آویزان نگردند.

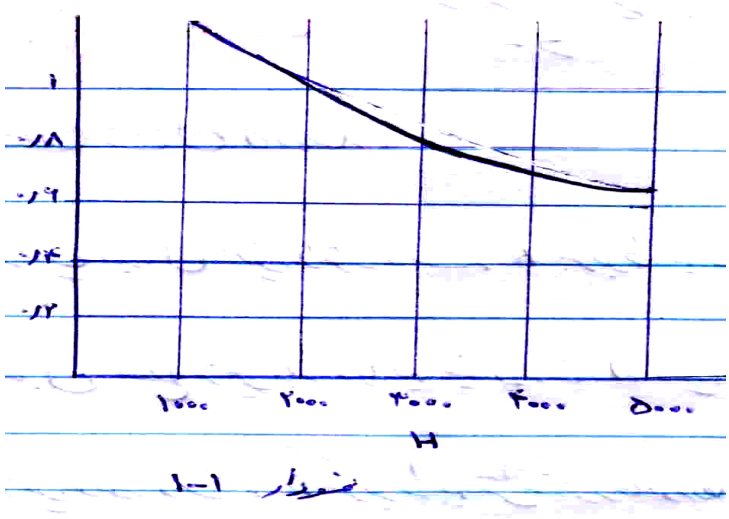
در سیم های آلومینیومی باید توجه داشت که در محل اتصال و ارتباط آنها با فلزات دیگر مثل برنز و مس بخصوص در موقع مرطوب شدن ایجاد کروزیون الکترولیتی نکند لذا باید حتما از بست ها و ترمینالهای مخصوص ( بستALCU ) استفاده شوند . دکلها و قفسه های فرمان و تمام وسایل

فولادی دیگر نیز در مقابل زنگ زدگی و خوردگی و پوسیدگی حفظ شوند . در داخل قفسه های فرمان باید هوا جریان داشته باشد بدون اینکه قطرات آب باران در آن نفوذ کند .

اگر تغییرات درجه حرارت و رطوبت هوا بحدی باشد که باعث عرق کردن و مرطوب شدن داخل قفسه های فرمان می گردد باید داخل قفسه های فرمان را با سیم های حرارتی ۱۰۰ تا ۲۵۰ وات بر متر مکعب گرم نگه داشت این سیم های حرارتی باید به طور دایم و یا حداقل در مواقعی که قفسه زیر بار نیست و خود به خود در اثر عبور جریان گرم نمی شود به برق وصل باشد .

تهیه و نصب وسائل فشار قوی ( طول ایزولاتورها و فاصله شینها و غیره ) باید با توجه به ارتفاع محل نصب از سطح دریا صورت گیرد . زیرا همان طور که می دانیم استقامت الکتریکی عایق بین دو نقطه زیر فشار بستگی به خواص هوای اطراف آن دارد چون تراکم هوا در ارتفاعات کم است . این اثر در ارتفاعات از ۱۰۰۰ متر به بالا کاملا محسوس است از این جهت برای تعیین فاصله عایقی در ارتفاعات از ضریبی به اسم K استفاده می کنند . نمودار (۱-۱) این ضریب را بر حسب ارتفاع از سطح دریا نشان می دهد .

به طور تقریبی میتوان گفت که استقامت الکتریکی عایق در هر صد متر اضافه ارتفاع در حدود ۱/۵٪ کم می شود .



نمودار ۱-۱

یعنی عایق دستگاه ها در موقع آزمایش تحمل فشار در آزمایشگاه که حتما در ارتفاع کمتری از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته اند باید تحمل و استقامت الکتریکی بیشتری از آنچه استاندارد شده است داشته باشند یا اینکه از دستگاه هایی که برای ولتاژ بیشتری ساخته شده اند استفاده کرد . بدین معنی که پس از بدست آوردن ضریب بلندی K اختلاف سطح نامی را بر این بلندی تقسیم کرده و اختلاف سطح نامی جدید را بدست می آوریم . دستگاه های الکتریکی را با در نظر گرفتن اختلاف سطح جدید انتخاب می کنیم .

برای پست ۲۳۰ کرج که ارتفاع آن از سطح دریا ۱۸۰۰ متر است ضریب K به صورت زیر می باشد .

۱۸۰۰ − ۱۰۰۰ = ۸۰۰

۸۰۰ / ۱۰۰ = ۸

۸ × ۱/۵ = ۱۲ > K = ۱۰۰ − ۱۲ = ۸۸

جدول (۱) استقامت الکتریکی دستگاه های الکتریکی فشار قوی را در سریهای مختلف نشان می دهد. در این جدول ایزولاتور دسته A مربوط به فاصله باز بین تیغه سکسیونر و سیکونر قابل قطع زیربار و پایه فیوز و فاصله سیمها و شینهای شبکه با یکدیگر می باشد و ایزولاتور دسته D مربوط به ترانسفورماتورها بوده و ایزولاتور دسته F مربوط به ایزولاتورها و پایه های دستگاه های فشارقوی و ترانسفورماتورهای جریان می باشد .

| | ولتاژ دائمی مجاز | ولتاژهای ضربه‌ای موج برشی دنباله | | | ارسترکتر نامسیل | | ضربه‌ای | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $U_m$ kV | A kV | D kV | F kV | kV | kV | kV | mm |
| 3 N | 3,6 | 25 | 16 | 21 | 13 | 45 | 52 | - |
| 3 S | 3,6 | 25 | 16 | 21 | 13 | 40 | 46 | - |
| 6 N | 7,2 | 35 | 22 | 27 | 26 | 60 | 70 | 60 |
| 6 S | 7,2 | 35 | 22 | 27 | 26 | 50 | 58 | 50 |
| 10 N | 12 | 45 | 28 | 35 | 40 | 75 | 85 | 85 |
| 10 S | 12 | 45 | 28 | 35 | 40 | 60 | 70 | 60 |
| 15 N[1]) | 17,5 | 60 | 38 | 45 | 60 | 95 | 110 | 115 |
| 15 S | 17,5 | 60 | 38 | 45 | 60 | 75 | 85 | 85 |
| 20 N | 24 | 75 | 50 | 55 | 80 | 125 | 145 | 155 |
| 20 S | 24 | 75 | 50 | 55 | 80 | 95 | 110 | 115 |
| 25 N[2]) | 27,5 | 90 | 60 | 65 | 100 | 145 | 170 | 180 |
| 25 S | 27,5 | 90 | 60 | 65 | 100 | 125 | 145 | 155 |
| 30 N[3]) [10]) | 36 | 100 | 70 | 75 | 120 | 170 | 195 | 220 |
| 30 S | 36 | 100 | 70 | 75 | 120 | 145 | 170 | 180 |
| 45 N | 52 | 145 | 95 | 105[4]) | 175 | 250 | 290 | 305 |
| 45 S | 52 | 145 | 95 | 105[4]) | 155 | 190 | 220 | 240 |
| 60 N | 72,5 | 190 | 140 | 140 | 235 | 325 | 375 | 400 |
| 60 S | 72,5 | 190 | 140 | 140 | 205 | 250 | 290 | 330 |
| 110 NE | 125 | 250 | 185 | 185 | 330 | 450 | 520 | 650 |
| 110 SE | 125 | 250 | 185 | 185 | 306 | 375 | 430 | 530 |
| 110 N | 125 | 310 | 230 | 230 | 415 | 550 | 630 | 750 |
| 110 S | 125 | 310 | 230 | 230 | 375 | 450 | 520 | 650 |
| 150 NE | 170 | 370 | 275 | 275 | 450 | 650 | 750 | 830 |
| 150 SE | 170 | 370 | 275 | 275 | 408 | 550 | 630 | 700 |
| 150 N | 170 | 440 | 325 | 325 | 565 | 750 | 860 | 1000 |
| 150 S | 170 | 440 | 325 | 325 | 510 | 650 | 750 | 900 |
| 220 NE | 250 | 535 | 395 | 395 | 660 | 900 | 1040 | 1210 |
| 220 SE | 250 | 535 | 395 | 395 | 612 | 750 | 860 | 1100 |
| 220 N | 250 | 620 | 460 | 460 | 825 | 1050 | 1200 | 1450 |
| 220 S | 250 | 620 | 460 | 460 | 750 | 900 | 1040 | 1350 |
| 380 NE | 420 | 900 | 630 | 680[5]) | 1110 | 1425 | 1640 | 2300 |
| 380 SE | 420 | 900 | 630 | 680[5]) | 1020 | 1300 | 1500 | 2100 |

جدول ۱

**۱ –۲ . نکاتی در نصب ادوات فشار قوی در یک پست باید به آن توجه داشت**

دستگاه ها و ادوات فشار قوی از قبیل شین ها ، مقره ها ، کلیدها ، ترانسفورماتورهای اندازه گیری و غیره به طریقی در یک پست نصب می شوند که :

**۱-۲-۱ .** استقامت مکانیکی (تنش ) پایه ها و ایزولاتورها کافی برای تحمل تمامی نیروهایی که ممکن است در اثر جریان اتصال کوتاه ضربه ای بوجود می آید باشد .

**۱-۲-۲ .** تماس سهوی اشخاص با دستگاه ها و ادوات زیر فشار غیر ممکن باشد.

**۱-۲-۳ .** در مقابل نیروی دینامیکی و حرارت ناشی از جریانهای نامی و اتصال کوتاه پایدار و ثابت باشد .

**۱-۲-۴ .** متصدیان پستهای فشار قوی و کارگرانی که بنحوی با پست در تماس هستند از برخورد جرقه قوس الکتریکی در امان باشند .

از ایجاد جرقه اتصال کوتاه در پست فشار قوی شاید هیچگاه نتوان بطور مطابق جلوگیری کرد این جرقه ها در درجه اول توسط قطع و وصل بی موقع کلیدها بوجود می آیند بخصوص سکسیونرهایی که فاقد چفت و بست مکانیکی یا الکتریکی ( اینترلاک ) با دیژنکتور مربوطه می باشند و در درجه دوم جرقه در اثر شکست جنبی اختلاف سطح بین دو سر ایزولاتورها زده می شود . این جرقه ها در اثر کثیف شدن ایزولاتورها و یا در اثر بالا رفتن ولتاژ ( امواج سیار ) و یا عدم انتخاب صحیح مقره ها بوجود می آید .

موارد دیگر شامل آیتمهای ذیل می باشد .

**۱-۲-۵ . نصب دستگاه ها**

دستگاه ها باید بر روی ایزولاتورها و پایه هایی نصب شوند که ازجنس چینی ساخته شوند و دارای لعاب شیشه ای قهوه ای رنگ یا تیره باشند . در مناطق با هوای آلوده و کثیف و یا مناطق اطراف کارخانجات بخصوص کارخانجاتی که با ذغال سنگ کار می کنند و دودزا هستند و همچنین مناطق با مه غلیظ بهتر است از مقره های با جریان خزنده طولانی ( ۲/۶ Cm/Kv و بزرگتر ) استفاده شود . سکسیونرها و دیژنکتورها و ترانسفورماتورهای اندازه گیری در ارتفاعی از سطح زمین نصب می شوند که به نرده و حفاظ احتیاج نداشته باشند به طوریکه فاصله قسمت زمین شده این دستگاه ها از زمین نباید از ۲۳۰۰ میلی متر کمتر باشد . در کنار هر خط خروجی یک قفسه فرمان ( تابلوی فرمان ) قرار می گیرد . این تابلو شامل کلیه وسایل و کلیدهای مربوط به فرمان از محل و ترمینالهای لازم و وسایل خبری و نشان دهنده است .

**۱-۲-۶ . نصب ترانسفورماتور**

ترانسفورماتورها معمولا در روی فوندانسیونی به ارتفاع ۸۰۰ میلی متر از سطح زمین نصب می شوند و به خاطر صرفه جویی ممکن است از چاله روغن استفاده نشود ولی اگر لازم باشد که چاله روغن برای ترانسفورماتورها حفر شود ابعاد چاله ها از هر طرف در حدود ۵۰۰ میلی متر بزرگتر از ابعاد ترانسفورماتور در نظر گرفته می شود در ضمن به خاطر خطر آتش سوزی بهتر است که ترانسفورماتورها دور از یکدیگر نصب شوند و در صورتیکه این امکان وجود نداشته باشند در ترانسفورماتور باید توسط دیوارهای بتونی ضد حریق از یکدیگر جدا شوند .

**۱-۲-۷ . شین ها و هادی ها**

برای شین ها و ارتباط بین شین ها و کلیدها و دیگر وسایل الکتریکی در پست فشار قوی از سیم و یا لوله استفاده می شوند .

شین های سیمی از مس و آلومینیوم و یا از آلوفولاد است . در جریان زیاد و یا در موقعی که سکسیونر قیچی ای استفاده می شود شین های سیمی به صورت دوبل و یا دو رشته ای کشیده می شوند . نیروهای کششی شینهای سیمی خیلی کم و در حدود یک دوم تا یک سوم نیروی کششی سیم های انتقال انرژی انتخاب می شود تا از نصب دکلهای خیلی بزرگ و سنگین جلوگیری شود نیروی کشش سیمهای مسی در انتقال معمولا $۱۹\ Kg/mm^2$ و سیم های آلومینیومی در انتقال $۸\ Kg/mm^2$ انتخاب می شوند . در ضمن در انتخاب نیروی کششی تغییرات شکم سیم در درجه حرارتهای مختلف بارهای مختلف موثر است سطح مقطع سیم مسی در پستهای فشار قوی $۳۰۰\ mm$ مربع و بالاتر در نظر گرفته می شود . شین های لوله ای مسی یا آلومینیومی هستند و از لوله های فولادی بندرت استفاده می شود جنس شینهای لوله ای در پست کرج آلومینیومی می باشد .

در پست فشار قوی تا $۱۰۰\ kv$ لوله هایی به قطر $۳۰\ mm$ و در $۲۲۰\ kv$ به جهت کم کردن تلفات کرونا لوله های به قطر ۵۰ میلی متر کافی است . نکته مهم اینکه در موقع شین کشی یا سیم کشی باید مقدار شکم سیم یا لوله محاسبه شود در شین های لوله ای این شکم بستگی به بار یخ و وزن خود لوله دارد بار یخ به طور تقریبی برابر $0.8\sqrt{d}\,Kg/m$ است که در آن d قطر لوله بر حسب میلی متر است . پس بار یخ در پست کرج با توجه به اینکه قطرخارجی لوله با مس برای $۵۰\ mm$ است عبارتست از $0.8\sqrt{50} = 5.656\,Kg/m$

### ۱-۲-۸ . کانال و کانال کشی

در پست فشار قوی کلیه کابلها و لوله های هوای فشرده و کابلهای فرمان و اندازه گیری و حفاظت و غیره در کانال به اسم کانال کابل قرار می گیرند . کانالهای اصلی که به اطاق فرمان و موتور خانه منتهی می شوند در پستهای بزرگ بقدری عمیق انتخاب می شوند که بتوان براحتی در آن عبور کرد . کابلها و لوله ها در دو طرف دیوار کانال نصب می شوند این کانالها همه دارای درپوش جداشدنی هستند . به همین دلیل عرض کانالها نباید از یک متر تجاوز کند . عمق کانال بستگی به تعداد کابلها و سیم ها و لوله ها دارد . در ضمن کانالها طوری ساخته می شوند که آب در کانال جمع نشود . کانالهای اصلی به تابلوهای فرمان از محل راه دارند و از این تابلوها با کانالهای فرعی به دیژنکتورها و ترانسفورماتورهای اندازه گیری و سکسیونرها راه پیدا می کنند درپوش کانال ها باید قدری بلندتر از سطح زمین انتخاب شود تا در موقع ریزش شدید آب زیاد بداخل کانال نفوذ نکند.

### ۱-۲-۹ . سطح زمین در پست

قبل از نصب تجهیزات بهتر است استقامت زمین از نظر خاک شناسی و سطح آب زیر زمین مشخص گردد سطح زمین زیر تاسیسات پست با چمن و یا با سنگ ریزه و شن پوشانده می شود . در بعضی از کاتالوگهای مربوط به پستهای کشوهای اروپایی سطح زمین با چمن نیز دیده می شود . اگر کف پست فشار قوی با سنگ ریزه مفروش گردد باید اولا قابلیت نفوذ رطوبت در زمین خوب باشد ثانیا ضخامت سنگ ریزه ها در حدود ۳۰ سانتی متر باشد تا مانع سبز شدن علف و گیاهان هرز در زمین پست فشار قوی گردد .

### ۱-۲-۱۰ . نرده کشی

در داخل پست فشار قوی اگر پایه های دستگاه های فشار قوی در ارتفاع ۲۳۰۰ میلی متر از زمین قرار گرفته باشد احتیاج به نصب نرده و درب فلزی و توری و خلاصه هیچگونه وسایل ایمنی و حفاظتی تماسی نیست . اما در صورتیکه دستگاهی بر حسب ساختمان آن به اجبار در ارتفاع کمتری از ۲۳۰۰ میلی متر نصب شود ( مثلا یک دیژنکتور ) در این موقع آن دستگاه باید توسط نرده فلزی با حداقل ارتفاع ۱۸۰۰ میلی متر و یا حفاظ دیواری یا توری به ارتفاع ۱۰۰۰ میلی متر محافظت و محصور گردد.

### ۱-۳ . پارامترهای مهم در طراحی پستها و اثرات آنها

با توجه به اینکه پستهای فشار قوی جزئی از شبکه الکتریکی بهم پیوسته اند بایستی در طراحی آنها به پارامترهایی از سیستم که روی خصوصیات و مشخصات تجهیزات پست موثر می باشد توجه نمود و از طرفی با توجه به اینکه تجهیزات پستها تحت تاثیر شرایط محیطی که در آن قرار دارند می باشند.

لذا از اساسی ترین کارهای قبل از طراحی ، گردآوری و تجزیه تحلیل اطلاعات مبدا جهت طراحی پست می باشد .

این اطلاعات به دو قسمت عمده تقسیم می شوند .

الف- اطلاعات محیطی ENVIROMENTAL INFORMATION

ب- اطلاعات الکتریکی SYSTEM INFORMATION

**۱-۳-۱ . اطلاعات محیطی**

این اطلاعات عمدتاً بصورت آماری مـی باشـد و از طریـق تجزیـه تحلیـل نتـایج بدسـت آمـده از ایستگاههای مختلف هوا شناسی زلزله سنجی و غیره بدست می آید .

**۱-۳-۱-۲ . درجه حرارت**

معمولاً میزان گرمی و یا سردی هوای محیط را بـا معرفـی چنـدین شـاخص حرارتـی مـی تـوان مشخص نمود که این شاخصها طبق استاندارد های بین المللی به شرح زیر است :

الف ) درجه حرارت حداکثر ب) درجه حرارت حداقل

ج) متوسط روزانه

اصولاً اکثر تجهیزات فشار قوی پستها ، تحت شرایط کار عادی و یا خطا حرارت زا بوده و بنابراین برای اینکه قسمتهای مختلف این تجهیزات و بخصوص عایقها تحت تنش های حرارتی غیر مجاز قرار نگرفته و بعبارت دیگر با ایجاد یک پایداری حرارتی در طراحی سیـستمهای انتقـال حـرارت و ایجـاد پایداری حرارتی مناسب می بایستی از یک طرف عوامل ایجاد کننده حرارت را مورد بررسی قرار داده و از طرف دیگر محیط مجاور دستگاه از نظر حرارتی مورد توجه قرار داد و مسائل مربوط بـه پایـداری حرارتی و اثر درجه حرارت های محیط در این طراحی ها در بخش طراحی مشخصات فنی تجهیـزات مورد بررسی قرار خواهد گرفت .

درجه حرارت حداقل محیط نیز در طراحی تجهیزات مشخصات فنی مواد حائز اهمیت مـی باشـد زیرا هر استگاه بایستی بتواند در این درجه حرارت به راحتی انجام وظیفه نموده و یا شروع بـه انجـام وظیفه نماید.

جامد شدن مایعات در درجه حرارتهای پائین و یا مایع شدن گازها ، تغییر خواص فیزیکی و الکتریکی بعضی مواد بکار برده شده از جمله گاز SF6 کاهش فشار در اثر تقلیل درجه حرارت بسیاری از مواد بایستی در طراحی تجهیزات پست مورد توجه دقیق قرار گیرد .

مثلاً روغن های عایق در کلاسها ی مختلف وجود دارد که هر یک برای درجه حرارت حداقل خاصی کاربرد داشته و بنابراین انتخاب روغنی نا مناسب از این نظر می تواند کار تجهیزات را مختل نماید .

**۱-۳-۱-۳ . ارتفاع از سطح دریا**

با افزایش ارتفاع از سطح دریا دانستید هوا کاهش یافته و از یک طرف خاصیت عایقی آن کم شده و از طرف دیگر تبادل حرارت بین دستگاهها و محیط اطراف کند تر می گردد که بایستی این موارد در طراحی سیستم های عایقی خارجی و همچنین تعادل و پایداری حرارتی در نظر گرفته شود .

فرمول تجربی زیر ضریب تصحیح ولتاژ شکست هوا و یا بعبارت دیگر ضریب تصحیح سطوح عایقی خارجی دستگاهها را برای ارتفاع های $HS \geq ۱۰۰۰$ نشان می دهد .

$$K=\frac{1}{1+1.25\times10^{-4}(HS-1000)}$$

فرمول فوق موید این مساله است که برای هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع۱/۲۵٪ سطوح عایقی خارجی کاهش می یابد . امروزه استانداردIEC این در صد را برای هر صد متر در انتخاب سطوح عایقی و فواصل هوایی ۱٪ یقین نموده است .

در آزمایشات ولتاژ شکست هوا (اندازه گیری دامنه ولتاژ فشار قوی ) در فاصله بین دو گوی الکتریکی از فرمول تجربی

$$K = 0.386\frac{H}{273+T}$$

که در آن $H$ : فشار هوای محیط بر حسب میلیمتر جیوه

T : درجه حرارت محیط بر حسب درجه سانتیگراد

K : ضریب تصحیح

فرمول فوق بیانگر این است که خاصیت عایقی هوا علاوه بر فشار به درجه حرارت نیز بستگی دارد .

**۱-۳-۱-۴ . سرعت باد**

اصولاً باد بوسیله سرعت آن مشخص می گرددو فشار زیاد که بوسیله انرژی جنبشی آن ایجاد می گردد برابر است با $P = \frac{1}{2} P V^2$

P جرم مخصوص حجمی هوا که در حرارت ۱۵ درجه سانتیگراد و فشار ۱ اتمسفر معادل ۱/۲۲ کیلو گرم بر متر مکعب می باشد . به این ترتیب فرمول محاسبه فشار باد بر حسب کیلو گرم نیرو بر متر مربع به شرح زیر خواهد بود که در آن vبر حسب متر در ثانیه می باشد .

$$p= \frac{v2}{16}$$

معمولاً سرعت باد در ارتفاعهای مختلف متفاوت بوده و با توجه به ارتفاع متوسط پستها حداکثر سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متر از سطح زمین تعیین و در محاسبات در نظر گرفته می شود برای ارتفاعات بیشتر از رابطه استفاده می شود .

$$= v10 \ . \ (\frac{h}{10}) \ 0.95 \ Vh$$

طبق مطالعه ای که از آمارهای هواشناسی استخراج می گردد در اکثر نقاط ایران حداکثرسرعت باد کوتاه مدت ۴۰ متر در ثانیه و نقاط خلیج فارس و استان خوزستان به حداکثر ۴۵ متر در ثانیه ممکن است برسد .

**۱-۳-۱-۴-۱ . در نظر گرفتن نیروهای ناشی از باد روی تجهیزات**

برای هر برج یا تجهیزات و پایه هـای مـورد اسـتفاده در پـست نیروهـای ناشـی از بـاد از فرمـول زیراستفاده می شود .

$$Q = 0.625 \cdot C. \ A V^2$$

که در آن

$Q$ : نیروی ایجاد شده توسط باد به نیوتن

$V$ : سرعت باد بد حسب متر در ثانیه

$A$ : سطح موثر دستگاه بر حسب متر مربع

$C$ : ضریب مربوط به شکل دستگاهها و جهت باد که برای دستگاههای با اعضای تخـت ۱/۶ تـا ۲ و برای اعضای با مقطع گرد ، بین ۷٪ تا ۱/۵ متغیر می باشد .

برای محاسبه نیروی وارده توسط باد به سیستم های هوایی از رابطه زیر استفاده می شود .

$$Q = 0.625 \ V^2 \cdot C. D. R. \sin^2\varphi$$

$D$ : قطر هادی به متر

$C$ : ۱ برای هادیهای با قطر بیشتر از ۱۵ میلیمتر

$R$ : ضریب کاهش اثر باد بخاطر اینکه تند باد تمام طول اسپن را نمی پوشاند .

$R = 1$ اگر طول اسپن کمتر از ۱۰۰ متـر ، $R = 0.6$ طـول اسـپن بزرگتـر از 300 متـر و برای اسپنهای بین ۱۰۰ و ۳۰۰ از طریق انتر پلاسیون خطی بین دو مقدار مزبور ، مقدار $R$ محاسبه می گردد

$\varphi$ زاویه بین جهت وزش باد و سیم هوایی

**۱-۳-۱-۵ . زلزله**

زلزله از عوامل دیگر محیطی است که در طراحی پستها نقش مهمی دارد . تجهیزات و پایه های آنها بایستی به نحوی طراحی گردند که موقع بروز زلزله بتواند نیروهای وارده را تحمل نموده و ضمناً ارتعاشات آنها را در حد معقولی کنترل گردد و در محاسبات فونداسیونها و نحوه فیکس نمودن تجهیزات روی فونداسیون ها مقدار زلزله در نظر گرفته می شود وعموماً شدت زلزله در محیط پست بصورت ضریبی از شتاب ثقل در نظر گرفته می شود .

**۱-۳-۱-۶ . مقدار یخ بندان**

در طراحی پستها و بخصوص برای تجهیزات بیرونی OUT DOOR بایستی مقدار یخ ایجاد شده در زمستان بر روی تجهیزات و وسایل و همچنین اطراف سیمها هادیها و شینه ها در نظر گرفته شده و نوع دستگاهای و همچنین استقامت مکانیکی تجهیزات و پایه ها و اتصالات به نحوی انتخاب گردد که از این نظر مناسب باشد .

مقدار برروی سیم ها یکی از پرامترهای مهم درمحاسبه و طراحی استقامت مکانیکی پایه ها و محاسبات کششی در سیمها می باشد . علاوه برای آن عملکرد بدون اشکال و به موقع تجهیزاتی مانند سکسیونرها و کلیدها در شرایط وجود یخبندان در قسمتهای متحرک دستگاهها از اهمیت خاصی برخوردار می باشد .

بر اساس مطالعات انجام شده در ایران ضخامت یخ ۲ سانتیمتر و در هر دو حالت ( تند باد و یا بدون باد ) با چگالی وزن ۹ / ۰ گرم بر سانتیمتر مکعب در نظر گرفته می شود .

**۱-۳-۱-۷ . مقدار آلودگی هوا**

مقدار آلودگی هوا که شامل گردو غبار املاح در هوا و دود کارخانجات به همراه رطوبت سنج هـوا می باشد . در تعیین سطح ایزولاسیون خارجی دستگاهها و شکل ابهاد مقـره هـا دارای اهمیـت مـی باشد .

استانداردهای بین المللی برای تنوع زدائی در طراحی تجهیزات برای آلودگی های مختلـف محـیط را از نظر آلودگی به چند دسته محدود تقـسیم مـی کننـد از جملـه در اسـتاندا رد IEC – 71- 2 آلودگی هوا به چهار دسته تقسیم بندی می شود و طول فاصله خزش به ازای ۱ KV ولتاژ نامی بـه شرح زیر است :

الف- محیط با آلودگی کم مقدار ۱۶mm به ازای ۱ KV ولتاژ نامی

ب- محیط با آلودگی متوسط مقدار ۲۰ mm به ازای ۱ KV ولتاژ نامی

ج- محیط با آلودگی زیاد مقدار ۲۵ mm به ازای ۱ KV ولتاژ نامی

د- محیط با آلودگی خیلی زیاد مقدار ۳۱ mm به ازای ۱ KV ولتاژ نامی

**۱-۳-۱-۸ . مقدار باران و میزان رطوبت هوا**

مقدار باران و میزان رطوبت هوا در تعیین فاصـله خزنـدگی و سـطوح حفاظـت شـده مقـره هـا و همچنین ازتفاع مقره ها و فواصل هوائی موثر می باشد .

مقدار باران نیز در نقاط مختلف متناوب بوده که در استاندارد های بین المللی یک حد مشخـصی برای آزمایش دستگاهها در شرایط بارانی و برای مدت مشخصی در نظر گرفتـه مـی شـود کـه طبـق استاندارد IEC شدت باران معادل ۱ تا ۱/۵ میلیمتر در دقیقه و برای آزمایش ئور مدت یـک دقیقـه در نظر گرفته می شود .

در استاندارد آمریکایی ANSI شدت باران ۵ میلیمتر در دقیقه و مدت آزمایش ۱۰ ثانیه در نظر گرفته می شود .

**۱-۳-۱-۹ . تعداد روزهای رعد و برق دار**

تعداد روزهایی که در سال که احتمال دعد و برق از حد کشخص بیشتر می باشد را سطح کرونیک می گویند . این پارامتر در محاسبات سیستم های حفاظت از صاعقه مستقیم در پستها نقش دارد .

**۱-۳-۲ . اطلاعات الکتریکی**

این اطلاعات در حدی که بوسیله طراح سیستم و یا مطالعات فاز ۱ محاسبه و یا پیش بینی گردیده بایستی جمع آوری و مورد استفاده قرار گیرد . لازم به توضیح است که در موارد خاص ممکن است در مرحله طرح پست نیاز به اطلاعات سیستمی باشد که قبلاً مورد مطالعه و پیش بینی و یا محاسبه قرار نگرفته در چنین صورتی می بایستی مطالعات مزبور به هر شکل ممکن انجام گرفته و اطلاعات مورد نظر جمع آوری و مورد استفاده قرار گیرد .

**۱-۳-۲-۱ . ولتاژ نامی**

انتخاب ولتاژ نامی سوئیچگیرها که عیناً معادل ولتاژهای پست در مرحله طرح سیستم انجام گرفته و به طور کلی با پارامترهای مختلفی از قبیل موقعیت پست در شبکه مقدار قدرت قابل تبدیل جهت انتقال و یا توزیع ، فاصله انتقال و یا شعاع منطقه توزیع افت ولتاژ مجاز دانسیته توزیع بار و بیماری از شرایط دیگر بستگی دارد. آنچه باید بدان اشاره کرد این است که ولتاژهای نامی طبق

استاندارد ؟؟ در محدوده های مختلفی استاندارد گر دیده است . و در واقع در هر کشور کـه از شـبکه سراسری برخوردار می باشد. ولتاژ نامی مشخصی وجوددارد .

درایران ولتاژهای نامی انتخاب شده استاندارد بر حسب ولت به شرح زیر می باشد.:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ولتاژ نامی | 220/380 V | 20KV | 63KV | 132KV | 230KV | 400KV |
| ولتاژ حداکثر | | 24KV | 72.5KV | 145KV | 245KV | 420KV |

### ۱-۳-۲-۲ . ولتاژ حداکثر تجهیزات UM

این ولتاژ ها معمولاً طبق استانداردIEC متناسب با ولتاژ نامی انتخاب شـده بنـابراین بـرای هـر ولتاژ نامی انتخاب شده مقدار مربوطه از استاندارد IEC انتخاب می گردد. وهمانطور می دانیم عـایق تجهیزات بر اساس این ولتاژ طراحی می گردد، به نحوی که به طور دائمی بتواند این ولتـاژ را تحمـل نماید .

### ۱-۳-۲-۳ . جریان نامی RATED CURRENT

جریان نامی یک دستگاه به طور کلی عبارت است از جریان مؤثری است کـه از یـک دسـتگاه بـه طور مداوم می تواند تحت شرایط کار مشخص شده برای آن دستگاه عبـور نمایـد. در یـک پـست فشار قوی معمولاً سعی می شود در صورتیکه که از نظر اقتصادی قابل توجیـه باشـد تجهیـزات را بـا جریان نامی مشابه انتخاب نموده . زیرا این کار باعث می گردد تا تجهیزات یکنواخت شده و نیـاز بـه لوازم یدکی کمتر شود.

### ۱-۳-۲-۴ . جریان اتصال کوتاه

تجهیزات پستها علاوه بر اینکه در شرایط عادی جریانهایی که حداکثر معادل جریان نامی آنها خواهد بود را از خود عبور می دهند. در شرایط غیر عادی می بایستی بتواند جریانهای بسیار زیادی که در اثر خطاهای مختلف در سیستم پیش می آید از خود عبور دهند. لذا تجهیزات می بایستی فقط برای مدت کوتاهی جریانهای اتصال کوتاه را تحمل نمایند. بنابراین در طراحی پستها می بایستی مطالعات اتصال کوتاه در سیستم انجام گرفته و حداکثر جریانهای اتصال کوتاه را در نقاط مختلف پست تعیین نمود. معمولاً سطوح اتصال کوتاه تجهیزات از مقادیر استاندارد به نحوی انتخاب می گردد که بیشتر از سطوح محاسبه شده و نزدیک به آنها باشد .

### ۱-۳-۲-۵ . فرکانس نامی

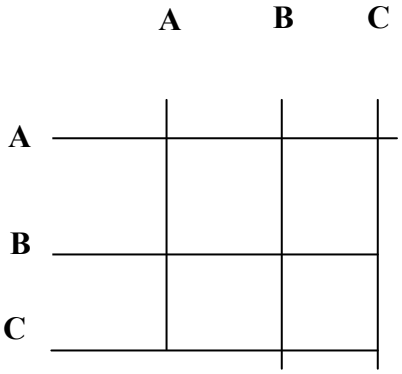
مقادیر استاندارد شده فرکانس در استاندارد ۵۰ و ۶۰ هرتز می باشد و دنیا نیز از این دو فرکانس طبیعت می نمایند. کار اکثر تجهیزات ساخته شده وابستگی به فرکانس سیستم نداشته و عمدتاً در هر دو فرکانس کار می نمایند ولی بعضی از تجهیزات مثلاً ترانسفورماتورهای قدرت می توانند بر اساس یک فرکانس مشخص طرح و ساخته شوند. لذا در هنگام سفارش تجهیزات پست باید فرکانس سیستم مشخص گردد.

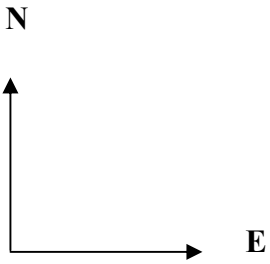
### ۱-۳-۲-۶ . سیستم اتصال فازها و گروه برداری

اصولاً تولید و انتقال انرژی در شبکه به صورت سه فاز انجام می گیرد و پستهای فشار قوی به صورت سه فاز ساخته می شوند. جهت سهولت در تشخیص فازها از یکدیگر معمولاً فازها در طرح یک پست نام گذاری می شوند. در سیستم ایران کد گذاری مختلفی متداول می باشد که عبارتند از :

(R,S,T) (A,B,C) (R,Y,B) (U,V,W) (0,4,8)

ولی از نظر استاندارد IEC کد گذاری (U.V.W) برای ترانسفورماتورهای قدرت توصیه شده و از نظر کل سیستم و به خصوص در نقشه ها و دیاگرام های حفاظتی کد گذاری عددی (0.4.8) مناسب تر بوده . ترتیب نام گذاری فازها روی باس بارها و فیدرها ( در مورد پستهای معمولی ) استاندارد به خصوص در کشور ما نداشته ولی عموماً سعی می شود به ترتیب از شمال به جنوب ویا غرب به شرق نام گذاری انجام گیرد.




عدد برداری در واقع مصرف میزان اختلاف فاز در فازهای هم نام دو شبکه با ولتاژهای مختلف نسبت به یکدیگر می باشد و از آنجائیکه در شبکه های به هم پیوسته بایستی شرط موازی کردن یا اتصال دو قسمت مختلف از شبکه به هم همواره برقرار باشد. در انتخاب گروه برداری ترانسفورماتورهای یک پست بایستی وقت کافی به عمل آید. لذا رابطه برداری بین شبکه هایی که به پست مزبور متصل می گردند بایستی تعیین و در انتخاب گروه برداری ترانسفورماتورها مورد استفاده قرار گیرند.

**۱-۳-۲-۷ . اضافه ولتاژهای موقت و گذرا**

تجهیزات پست علاوه بر اینکه به طور دائم بایستی ولتاژهای نامی و ولتاژهای حداکثر کار را تحمل نمایند بایستی بتوانند اضافه ولتاژهایی را که در سیستم به وجود می آیند نیز برای مدت مشخصی تحمل نمایند لذا در طراحی تجهیزات می بایستی سطوح عایقی INSULATION آنها را تعیین نموده و برای این کار بایستی یک هماهنگی عایقی براساس اضافه ولتاژهای قابل پیش بینی در سیستم و وسایل حفاظتی به کار گرفته شده انجام داد. اما آنچه مسلم بایستی اضافه ولتاژهای

قابل پیش بینی در سیستم از قبیل اضافه ولتاژهای ناشی از رعدوبرق و کلید زنی و همچنین اضافه ولتاژهای موقت مورد محاسبه و پیش بینی قرار گرفته و بر اساس آن سطوح عایقی تجهیزات را انتخاب نمود.

## ۱-۴ . شرایط محیطی والکتریکی پست کرج

### ۱-۴-۱ . شرایط محیطی

حد اکثر ارتفاع از سطح دریا: ۱۸۰۰ متر

حد اکثر درجه حرارت محیط: ۳۸ درجه سانتیگراد

حد اقل درجه حرارت محیط: ۱۶- درجه سانتیگراد

حد اکثر درجه حرارت میانگین روزانه: ۲۸ درجه سانتیگراد

حد اکثر سرعت باد: ۴۰ m /s

حد اکثر میزان رطوبت نسبی روزانه وماهانه به ترتیب: ۹۵٪ و ۹۰٪

بار یخ : متوسط و به ضخامت ۲۰ mm و وزن مخصوص ۰,۹

شدت زلزله : خط نسبی زلزله متوسط وبا شدت ۰,۲۲۵ g

میزان آلودگی هوا : سبک( ۲۰ mm به ازای یک کیلو ولت)

### ۱-۴-۲ . شرایط الکتریکی

ولتاژ نامی: ۲۳۰ اولیه

حد اکثر ولتاژ نامی: اولیه ۲۴۵ kv ثانویه ۷۲/۵ kv

توان نامی: حد اقل 220 MVA حد اکثر 260 MVA

جریان نامی : حد اکثر جریان نامی عبوری از فیدر خروجی پست و جریان ثانویه می باشد که برابر با ۱۴۶۶ A می باشد .

لازم به توضیح است که این میزان با توجه به شرایطی حاصل شده که ولتاژ ثانویه ترانس ۶۳ kv وترانس در توان نامی خود یعنی 160 MVA کار می کند .

فرکانس نامی : ۵۰ هرتز

توان نامی وتعداد ترانسها :۲ عدد ، هر کدام 160 MVA

امپدانس درصد ترانسها :۱۶٪ برای هر کدام

جریان اتصال کوتاه:

| ولتاژ(kv) | سطح اتصال کوتاه سه فاز | | سطح اتصال کوتاه تک فاز | |
|---|---|---|---|---|
| | KA | MVA | KA | MVA |
| ۲۳۰ | ۲۰,۹۳۰ | ۸۳۳۸ | ۱۴,۸۶۸ | ۵۹۲۳ |
| ۶۳ | ۱۴,۴۱۵ | ۱۵۷۳ | ۲,۳۳ | ۲۵۵ |