

مبانی طراحی و تجهیزات پست‌های فشار قوی

سهراب فیروزی‌فر
محمد سعید فیروزی‌فر



انتشارات جاودان خرد

سرشناسه	: فیروزی فر، سهراب، ۱۳۳۸-
عنوان و نام پدیدآور	: مبنای طراحی و تجهیزات پست‌های فشار قوی / سهراب فیروزی فر، محمد سعید فیروزی فر.
مشخصات نشر	: مشهد: جاودان خرد، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	: ۴۶۴ ص: جدول.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۶۰۳۰-۶۷-۱
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: برق -- پست‌ها -- طرح و ساختمان
موضوع	: فشار قوی (برق)
موضوع	: برق نیرو - انتقال
شناسه افزوده	: فیروزی فر، محمدسعید، ۱۳۶۸-
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۰ م۲ ف/TK۱۷۵۱
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۱۲۶
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۴۶۵۹۴۹

انتشارات جاودان خرد

نام کتاب: مبنای طراحی و تجهیزات پست‌های فشار قوی

تألیف: سهراب فیروزی فر - محمد سعید فیروزی فر

مدیر تولید و ناظر چاپ: بابک کاشی چی

صفحه‌آرایی: توکلی ۶۶۹۶۶۹۷

شمارگان و نوبت چاپ: اول ۱۳۹۰ - ۱۰۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۶۰۳۰-۶۷-۱

بهاء: ۱۰۵۰۰ تومان

کلیه حقوق برای ناشر محفوظ می‌باشد. هرگونه استفاده به هر شکل بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است. متخلفان به موجب قانون حمایت از حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

مراکز پخش: تهران - خیابان انقلاب - مقابل دانشگاه تهران - پلاک ۱۲۱۲ - انتشارات گوتنبرگ

تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۱۳۹۹۸

مشهد - خیابان احمد آباد - مقابل محتشمی - انتشارات جاودان خرد ۰۵۱۱-۸۴۳۴۵۲۷

فهرست

۱۳	فصل اول - پیش گفتار.....
۱۴	مقدمه:.....
۱۵	۱-۱- پیشگفتار:.....
۲۰	فصل دوم - مبانی طراحی.....
۲۱	۱-۲- معیارهای اساسی در طراحی پست‌های فشار قوی.....
۲۳	۲-۲- مراحل طراحی پست:.....
۲۳	۱-۲-۲- ضرورت احداث پست:.....
۲۳	۲-۲-۲- تعیین محل پست فشار قوی:.....
۲۶	۳-۲- زمین و ابعاد پست‌های فشار قوی.....
۲۶	۱-۳-۲- بطور نمونه پست فوق توزیعی ۶۳/۲ کیلو ولت.....
۳۰	۴-۲- مبانی طراحی و استاندارد مشخصات عمومی پست:.....
۳۰	۱-۴-۲- انتخاب محل زمین پست:.....
۳۳	۲-۴-۲- ظرفیت پست و تعداد فیدرهای ترانس:.....
۳۴	۳-۴-۲- تعداد و نوع فیدرهای ورودی و خروجی:.....
۳۵	۴-۴-۲- شینه بندی:.....
۳۷	۵-۴-۲- لی اوت (Layout) پست و نحوه استقرار تجهیزات:.....
۳۷	۶-۴-۲- ظرفیت جریانی فیدرها، تجهیزات و باس بارها:.....
۳۸	۷-۴-۲- سطوح اتصال کوتاه:.....
۳۸	۸-۴-۲- سیستم‌های جبران راکتیو:.....
۴۱	۵-۲- استاندارد طراحی بهینه پست‌ها:.....
۴۳	۱-۵-۲- طبقه بندی شرایط آب و هوایی و محیطی:.....

فصل سوم - آرایش‌ها و چیدمان باس‌بارها.....	۴۹
۱-۳- مقدمه.....	۵۰
۲-۳- انواع مختلف شینه بندیها.....	۵۰
۱-۲-۳- شینه‌بندی ساده.....	۵۰
۲-۲-۳- شینه‌بندی ساده جدا شده.....	۵۵
۳-۲-۳- شینه‌بندی باس‌بار دویل (شکل (۲-۳)).....	۵۶
۴-۲-۳- شینه‌بندی دو کلیدی (شکل (۳-۳)).....	۵۷
۵-۲-۳- شینه‌بندی ۱/۵ کلیدی (شکل (۴-۳)).....	۵۸
۶-۲-۳- شینه‌بندی اصلی و انتقالی (شکل (۵-۳)).....	۵۹
۷-۲-۳- شینه‌بندی دویل با سکسیونرهای بای پاس (شکل (۶-۳)).....	۶۰
۸-۲-۳- شینه‌بندی حلقوی.....	۶۱
۳-۳- طراحی چیدمان.....	۶۳
۴-۳- فاصله عایقی.....	۶۴
۵-۳- باسبارها.....	۶۵
فصل چهارم - کلیدهای جداکننده (سکسیونرها).....	۶۶
۱-۴- مقدمه.....	۶۷
۱-۱-۴- سکسیونرهای سه ستونه.....	۶۹
۲-۱-۴- سکسیونرهای دو ستونه (نشان داده شده در شکل (۳-۴)).....	۷۱
۲-۴- بهره‌برداری.....	۷۲
۳-۴- کنترل.....	۷۲
۴-۴- کلیدهای فرعی (مدارات کمکی).....	۷۲
۵-۴- کنتاکت‌های قبل از وصل و بعد از قطع (کنتاکت جرّقه).....	۷۲
۶-۴- شاخک‌های جرّقه‌گیر.....	۷۲
۷-۴- اینترلاک.....	۷۳
۱-۷-۴- اینترلاک مکانیکی.....	۷۴
۲-۷-۴- اینترلاک الکتریکی.....	۷۸
۸-۴- انتخاب ظرفیتهای نامی و سایر موارد.....	۷۹
۱-۸-۴- ولتاژ نامی.....	۸۰
۲-۸-۴- سطح عایقی نامی.....	۸۰
۳-۸-۴- فرکانس نامی.....	۸۰
۴-۸-۴- جریان نامی.....	۸۰
۵-۸-۴- ماکزیمم زمان قابل تحمل عبور جریان اتصال کوتاه.....	۸۰

۸۱-۶-۸-۴- نرخ فشار مخزن هوای فشرده شده..... ۸۱

۸۱-۷-۸-۴- ولتاژ نامی بهره برداری برای تجهیزات یا مدارات کمکی..... ۸۱

فصل پنجم - ترانسفورماتور ولتاژ و جریان ۸۳

۸۴-۱-۵- ترانسفورماتورهای ولتاژ..... ۸۴

۸۴-۲-۵- دسته بندی ترانسفورماتورهای ولتاژ..... ۸۴

۸۴-۱-۲-۵- ترانسفورماتورهای ولتاژ نوع مغناطیسی..... ۸۴

۸۶-۲-۲-۵- ترانسفورماتورهای ولتاژ نوع خازنی..... ۸۶

۸۷-۱-۲-۲-۵- ترانسفورماتور ولتاژ نوع خازن کوپلاژ..... ۸۷

۸۹-۲-۲-۲-۵- ترانسفورماتور ولتاژ خازنی نوع بوشینگی..... ۸۹

۸۹-۳-۵- مشخصات ترانسفورماتورهای ولتاژ..... ۸۹

۹۰-۱-۳-۵- ولتاژ ثانویه نامی..... ۹۰

۹۱-۲-۳-۵- خروجیهای نامی..... ۹۱

۹۲-۳-۳-۵- کلاس دقت..... ۹۲

۹۲-۱-۳-۳-۵-..... ۹۲

۹۲-۲-۳-۳-۵-..... ۹۲

۹۳-۳-۳-۳-۵-..... ۹۳

۹۳-۴-۳-۳-۵- ترانسفورماتورهای ولتاژ دومنظوره..... ۹۳

۹۳-۴-۳-۵- فاکتورهای ولتاژ مجاز..... ۹۳

۹۴-۵-۳-۵- سطوح عایقی مجاز..... ۹۴

۹۶-۴-۵- انتخاب کلاس دقت..... ۹۶

۹۶-۵-۵- ولت آمپر ثانویه نامی..... ۹۶

۹۷-۶-۵- انتخاب بین ترانسفورماتورهای ولتاژ مغناطیسی و ترانسفورماتورهای ولتاژ خازنی..... ۹۷

۱۰۰-۱-۶-۵- رفتار گذرا..... ۱۰۰

۱۰۲-۷-۵- اصول تئوری و بهره برداری ترانسفورماتورهای جریان..... ۱۰۲

۱۰۴-۸-۵- مقادیر نامی و انتخاب شان..... ۱۰۴

۱۰۸-۹-۵- تعاریف..... ۱۰۸

۱۰۹-۱۰-۵- تفاوت میان ترانسفورماتورهای نوع حفاظتی و نوع اندازه گیری..... ۱۰۹

۱۰۹-۱-۱۰-۵- ترانسهای اندازه گیری..... ۱۰۹

۱۱۰-۲-۱۰-۵- ترانسهای حفاظتی..... ۱۱۰

۱۱۱-۱۱-۵- ساختار ترانسهای جریان..... ۱۱۱

۱۱۱-۱-۱۱-۵- ترانس جریان نوع میله ای..... ۱۱۱

۱۱۳-۱۲-۵- ترانسفورماتورهای جریان با چند نسبت تبدیل..... ۱۱۳

۱۱۳	۵-۱۳- ترانسفورماتورهای چند هسته‌ای
۱۱۴	۵-۱۴- انتخاب ترانسفورماتور جریان
۱۱۴	۵-۱۴-۱- تعداد ثانویه
۱۱۶	۵-۱۴-۲- انتخاب ولت آمپر ثانویه نامی
۱۱۹	۵-۱۴-۳- ترانسفورماتورهای جریان مورد نیاز برای حفاظت دیفرانسیل
۱۲۱	۵-۱۴-۴- نیازمندیهای ترانسفورماتور جریان برای حفاظت دیستانس
۱۲۳	۵-۱۴-۵- ضریب حد دقت
۱۲۳	۵-۱۴-۶- شدت جریان اتصال کوتاه عبوری زمان کوتاه

فصل ششم - کلیدهای قدرت

۱۲۶	۶-۱- مقدمه
۱۲۹	۶-۲- مبانی عملکرد
۱۳۳	۶-۳- توسعه کلیدها
۱۳۴	۶-۴- انواع کلیدها و ویژگیهای ساختاری آنها
۱۳۴	۶-۴-۱- کلیدهای نوع تمام روغنی
۱۳۸	۶-۴-۲- کلید کم روغن (نیمه روغنی)
۱۴۲	۶-۴-۳- کلیدهای هوا فشرده
۱۴۶	۶-۴-۴- کلیدهای SF6
۱۴۹	۶-۵- مکانیزم عملکرد
۱۵۰	۶-۵-۱- عملکرد دستی
۱۵۰	۶-۵-۲- عملکرد سلونوئیدی
۱۵۱	۶-۵-۳- عملکرد موتوری
۱۵۱	۶-۵-۴- مکانیزم فنری موتور دار
۱۵۲	۶-۵-۵- عملکردهای بادی
۱۵۳	۶-۶- مقادیر نامی استاندارد کلیدها و انتخاب آنها
۱۵۴	۶-۶-۱- ولتاژ نامی
۱۵۴	۶-۶-۲- سطح عایقی نامی
۱۵۷	۶-۶-۳- فرکانس نامی
۱۵۷	۶-۶-۴- جریان نامی
۱۵۷	۶-۶-۵- جریان نامی قطع اتصال کوتاه (قدرت قطع کلید)
۱۵۸	۶-۶-۵-۱- انتخاب جریان اتصال کوتاه کلیدها
۱۶۴	۶-۶-۶- رابطه بین مقادیر مجاز
۱۶۴	۶-۶-۷- ولتاژ گذرای بازگشتی مجاز هنگام بروز خطای پایانه

- ۱۷۰-۶-۸- جریان مجاز وصل اتصال کوتاه.....
- ۱۷۱-۶-۹- توالی عملکرد مجاز (سیکل وظیفه).....
- ۱۷۱-۶-۱۰- جریان نامی کوتاه مدت.....
- ۱۷۲-۶-۱۱- ویژگی‌های نامی مربوط به خطای خطوط کوتاه.....
- ۱۷۳-۶-۱۲- جریان مجاز قطع شارژ خط.....
- ۱۷۳-۶-۱۳- جریان مجاز قطع ناهمفاز.....
- ۱۷۳-۶-۱۴- جریان مجاز قطع شارژ کابل.....
- ۱۷۴-۶-۱۵- جریان مجاز قطع بانک خازنی منفرد.....
- ۱۷۴-۶-۱۶- جریان‌های مجاز قطع سلفی کوچک.....
- ۱۷۴-۶-۱۷- ولتاژ تغذیه مجاز تجهیزات مربوط به بستن و.....
- ۱۷۵-۶-۱۸- فشار مجاز منبع هوای فشرده/ گاز هنگام عملکرد یا قطع.....
- ۱۷۵-۶-۱۹- فرکانس نامی تغذیه مدارهای کمکی.....
- ۱۷۵-۶-۲۰- سایر مشخصات.....
- ۱۷۷-۶-۷- واژگان مرتبط با کلیدها- ولتاژ جرعه و ولتاژ بازگشتی.....
- ۱۷۸-۶-۱- ولتاژ جرعه.....
- ۱۷۸-۶-۲- ولتاژ بازگشتی.....
- ۱۷۸-۶-۳- ولتاژ جرعه ذاتی.....
- ۱۷۹-۶-۴- نرخ خیزش ولتاژ جرعه (R.R.V).....
- ۱۷۹-۶-۵- ولتاژ جرعه اوج.....
- ۱۷۹-۶-۶- ضریب دامنه ولتاژ جرعه.....
- ۱۷۹-۶-۷- فرکانس طبیعی.....
- ۱۸۴-۶-۸- عملکردهای ویژه.....
- ۱۸۴-۶-۱- جداسازی ترانسفورماتورهای بدون بار.....
- ۱۸۷-۶-۲- خطاهای پیش رونده.....
- ۱۸۷-۶-۳- جداسازی خطوط بدون بار.....
- ۱۸۹-۶-۴- کلید زنی.....
- ۱۹۰-۶-۵- جریان‌های خطای خطوط کوتاه یا کیلومتری.....

فصل هفتم - برقگیر و هماهنگی عایقی..... ۱۹۴

- ۱۹۵-۷-۱- مقدمه.....
- ۱۹۵-۷-۲- ساختار برقگیر.....
- ۱۹۵-۷-۲-۱- برقگیر کربید سیلیکون (SIC).....
- ۱۹۶-۷-۲-۲- برقگیر اکسید فلزی (MO).....
- ۱۹۷-۷-۳- عایق پوشش برقگیر.....

۱۹۹	۴-۷- بکارگیری ترکیبی برقگیرها.....
۱۹۹	۵-۷- اصول عملکرد و بهره‌برداری برقگیرهای اکسید فلزی.....
۲۰۴	۶-۷- طراحی ساختمان برقگیر اکسید فلزی.....
۲۱۳	۷-۷- چیدمان برقگیرهای اکسید فلزی.....
۲۱۴	۷-۷-۱- انتخاب ولتاژ عملکرد پیوسته و ولتاژ نامی.....
۲۱۸	۷-۷-۲- انتخاب جریان تخلیه نامی.....
۲۱۹	۷-۷-۳- انتخاب کلاس تخلیه خط.....
۲۲۳	۷-۷-۴- انتخاب و بررسی سطوح حفاظت.....
۲۲۴	۷-۷-۵- انتخاب پوشش برقگیر.....
۲۳۰	۷-۷-۶- شرایط کار.....
۲۳۰	۷-۸- مثال.....
۲۳۷	فصل هشتم - ترانسفورماتور قدرت.....
۲۳۸	۸-۱- مقدمه.....
۲۴۰	۸-۲- ترانسفورماتور سه فاز در مقایسه با ترانسفورماتورهای تک‌فاز.....
۲۴۶	۸-۳- اتوترانسفورماتور.....
۲۴۹	۸-۴- سیم‌پیچ ثالثیه (کارکردها و مقادیر نامی).....
۲۵۰	۸-۴-۱- ظرفیت گرمایی سیم‌پیچ ثالثیه.....
۲۵۰	۸-۵- نیاز به وجود تپ در سیم پیچ.....
۲۵۳	۸-۶- تجهیزات اضافی.....
۲۵۴	۸-۷- روش‌های خنک‌کنندگی.....
۲۵۶	۸-۸- روغن عایقی (مشخصه‌ها و مراحل خشک کردن در محل).....
۲۵۸	۸-۹- رطوبت‌گیری از روغن (خشک کردن).....
۲۵۸	۸-۹-۱- خشکاندن توسط گرمای داخلی.....
۲۵۹	۸-۹-۲- خشک کردن بوسیله عملیات گرمایشی بیرونی.....
۲۵۹	۸-۹-۳- خشک کردن توسط به گردش درآوردن روغن داغ.....
۲۶۰	۸-۹-۴- شرایط لازم در مدت خشک کردن.....
۲۶۱	۸-۱۰- عملکرد موازی ترانسفورماتورهای سه فاز.....
۲۶۷	۸-۱۱- مقادیر نامی و انتخاب آن.....
۲۶۹	۸-۱۲- مقایسه قیمت ترانسفورماتور.....
۲۷۸	فصل نهم - تابلوهای حفاظت و کنترل.....

۲۷۹	۱-۹- انواع تابلوهای کنترلی
۲۸۱	۲-۹- رله‌های حفاظتی و کمکی
۲۸۱	۱-۲-۹- اصول عملکرد
۲۸۲	۲-۲-۹- انواع ساختارهای عمل کننده
۲۸۳	۳-۲-۹- مشخصه‌های عملکرد رله‌ها
۲۸۴	۴-۲-۹- زمان عملکرد
۲۸۵	۵-۲-۹- نیازمندی‌های یک سیستم حفاظتی
۲۸۸	۳-۹- طرح‌های حفاظتی
۲۸۹	۴-۹- ترانسفورماتورهای قدرت
۲۹۰	۱-۴-۹- رله فشار روغن و گاز (بوخلتز)
۲۹۲	۲-۴-۹- حفاظت جریان زیاد و خطای اتصال زمین نامحدود
۲۹۴	۳-۴-۹- طرح حفاظت اتصال زمین متعادل (محدود)
۲۹۶	۴-۴-۹- حفاظت بدنه در مقابل نشتی
۲۹۷	۵-۴-۹- رله دیفرانسیل
۳۰۲	۶-۴-۹- طرح کامل حفاظت یک ترانسفورماتور
۳۰۶	۵-۹- حفاظت فیدر
۳۰۸	۶-۹- حفاظت خط انتقال
۳۰۸	۱-۶-۹- حفاظت دیستانس
۳۰۹	۱-۱-۶-۹- رله امپدانسی
۳۱۴	۲-۱-۶-۹- رله راکتانیسی
۳۱۴	۳-۱-۶-۹- رله‌های دیستانس نوع مهو
۳۱۵	۴-۱-۶-۹- انتخاب بین انواع رله دیستانس شامل رله‌های امپدانسی، راکتانیسی و مهو
۳۱۷	۲-۶-۹- حفاظت پایلوت
۳۱۸	۳-۶-۹- حفاظت پایلوت سیم
۳۳۱	۴-۶-۹- رله دیفرانسیل
۳۳۲	۷-۹- حفاظت باس بار
۳۳۳	۱-۷-۹- حفاظت نشتی بدنه
۳۳۴	۲-۷-۹- حفاظت دیفرانسیل
۳۳۴	۱-۲-۷-۹- حفاظت دیفرانسیل جریانی
۳۳۹	۲-۲-۷-۹- حفاظت دیفرانسیل ولتاژ
۳۴۱	۸-۹- حفاظت بانک خازنی
۳۴۱	۹-۹- حفاظت ترانسفورماتورهای زمین
۳۴۲	۱۰-۹- حفاظت ترانسفورماتور مصرف داخلی

فصل دهم - خازن‌های موازی	۳۴۴
۱-۱۰- مقدمه:	۳۴۵
۱-۱۰-۲- تجهیزات توان راکتیو	۳۴۶
۱-۱۰-۳- ساخت خازن‌های موازی	۳۴۹
۱-۱۰-۴- تعیین ظرفیت نامی بانک خازنی مورد نیاز	۳۵۱
۱-۱۰-۵- مکان	۳۵۳
۱-۱۰-۶- اتصال بانک خازنی	۳۵۳
۱-۱۰-۷- حفاظت	۳۵۶
۱-۱۰-۸- برخی از محاسبات مهم	۳۶۱
۱-۱۰-۸-۱- بانک با اتصال ستاره زمین شده	۳۶۱
۱-۱۰-۸-۲- بانک خازنی ستاره زمین نشده	۳۶۵
۱-۱۰-۹- مسایل و مشکلات خاص و شرایط بهره برداری از خازن‌های موازی	۳۷۰
۱-۱۰-۹-۱- جریان هجومی	۳۷۰
۱-۱۰-۹-۲- راکتور برای محدود کردن جریان هجومی	۳۷۲
۱-۱۰-۹-۳- هارمونیک‌ها	۳۷۵
۱-۱۰-۹-۴- ضربه‌های مجدد در بریکرها	۳۷۷
۱-۱۰-۹-۵- تخلیه	۳۷۸
۱-۱۰-۹-۶- سیستم تهویه	۳۷۹
۱-۱۰-۹-۷- ولتاژهای عملکرد	۳۸۰
۱-۱۰-۹-۸- کلیدهای کنترل خازن	۳۸۰
۱-۱۰-۹-۹- کنترل خودکار خازن‌ها	۳۸۱
۱-۱۰-۱۰- تست خازن‌ها	۳۸۳
فصل یازدهم - اتصال زمین یا ارت	۳۸۴
۱-۱۱- مقدمه	۳۸۵
۱-۱۱-۲- زمین کردن نوترال	۳۸۵
۱-۱۱-۳- اتصال زمین مستقیم	۳۸۷
۱-۱۱-۲-۲- زمین کردن با مقاومت	۳۹۲
۱-۱۱-۳-۲- اتصال زمین با راکتانس (سیستم زمین راکتانسی)	۳۹۴
۱-۱۱-۴- اتصال زمین از طریق سیم پیچ جلوگیری کننده از جرقه	۳۹۵
۱-۱۱-۳- ترانسهای زمین	۳۹۸
۱-۱۱-۴- تعریف ولتاژ گام، ولتاژ تماس و ولتاژ انتقالی	۴۰۱

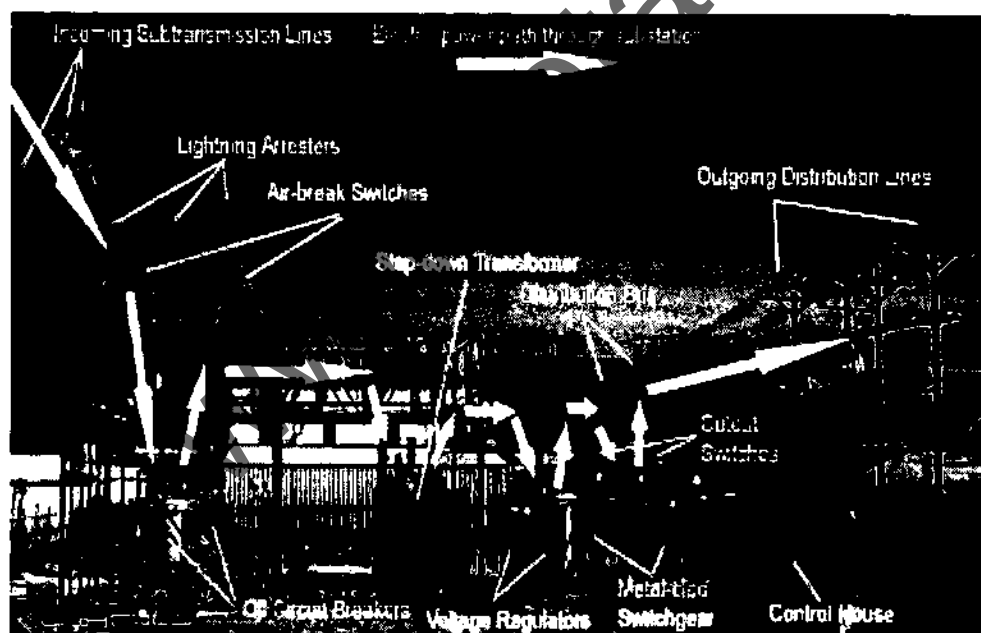
۴۰۴	۵-۱۱- طراحی شبکه اتصال زمین (یا زمین کردن)
۴۰۴	۵-۱۱-۱- جریان خطای زمین
۴۰۵	۵-۱۱-۲- مقاومت مخصوص خاک
۴۰۵	۵-۱۱-۳- زمان رفع خطا
۴۰۶	۵-۱۱-۴- مساحت تحت پوشش پست
۴۰۶	۵-۱۱-۲- قدم بعدی جهت طراحی عبارتست از:
۴۰۷	۵-۱۱-۱-۲- اندازه رسانا
۴۰۹	۵-۱۱-۲-۲- آرایش مقدماتی هادیها
۴۱۰	۵-۱۱-۳-۲- طول هادی مورد نیاز برای کنترل گرادیان ولتاژ
۴۱۲	۵-۱۱-۴-۲- محاسبه مقاومت سیستم اتصال زمین
۴۱۴	۵-۱۱-۳- کنترل طراحی
۴۱۴	۵-۱۱-۳-۱- حداکثر افزایش پتانسیل شبکه
۴۱۴	۵-۱۱-۲-۳- ولتاژ خانه و ولتاژ تماس
۴۱۵	۵-۱۱-۳-۳- پتانسیل گام در پیرامون
۴۱۶	۵-۱۱-۴-۳- پتانسیل های منتقل شده
۴۱۶	۵-۱۱-۳-۵- جریان خطای دائمی
۴۱۷	۱۱-۶- حصار
۴۱۸	۱۱-۷- دستورالعمل های کلی برای نصب شبکه زمین

۴۲۰	فصل دوازدهم - تجهیزات کمکی
۴۲۱	۱۲-۱- مقدمه
۴۲۱	۱۲-۲- تغذیه D.C
۴۲۲	۱۲-۱-۲- باتری ها
۴۲۶	۱۲-۲-۲- سایر متعلقات
۴۲۶	۱۲-۲-۳- تجهیزات شارژ
۴۲۶	۱۲-۲-۱- شارژ اولیه
۴۲۷	۱۲-۲-۲- شارژ سریع
۴۲۷	۱۲-۲-۳- شارژ جزئی
۴۲۹	۱۲-۴-۲- تابلوی توزیع D.C
۴۳۰	۱۲-۵-۲- اتاق باتری
۴۳۱	۱۲-۳- دستگاه های تصفیه روغن
۴۳۲	۱۲-۴- روشنایی پست
۴۳۳	۱۲-۵- تجهیزات خاموش کننده آتش

فصل سیزدهم - پست‌های GIS	۴۳۶
۱-۱۳ - مقدمه	۴۳۷
۲-۱۳ - کاهش ابعاد پستها با استفاده از ایزولاسیون گاز	۴۳۸
۳-۱۳ - ساختمان تجهیزات نصب در تاسیسات GIS	۴۳۹
۱-۳-۱۳ - قطعات و اتصالات جانبی شینه‌های GIS	۴۴۱
۲-۳-۱۳ - جنبه‌های استفاده از پست‌های گازی	۴۴۲
۳-۳-۱۳ - مزایای عمومی استفاده از پست‌های GIS و مقایسه با پست‌های معمولی	۴۴۳
۴-۱۳ - ظهور گاز SF6 در صنعت برق	۴۴۴
۵-۱۳ - خواص اساسی گاز SF6	۴۴۶
۱-۵-۱۳ - خواص الکتریکی SF6	۴۴۶
۲-۵-۱۳ - خواص فیزیکی SF6	۴۴۷
۳-۵-۱۳ - خواص شیمیایی گاز SF6	۴۴۸
۴-۵-۱۳ - خاصیت انتقال حرارتی گاز SF6	۴۴۸
۵-۵-۱۳ - رفتار SF6 تحت تاثیر قوس الکتریکی	۴۴۸
۶-۱۳ - مقایسه SF6 با انواع دیگر عایقها	۴۴۹
۱-۶-۱۳ - عایق‌های گازی	۴۴۹
۲-۶-۱۳ - عایق‌های مایع	۴۴۹
۷-۱۳ - نصب و راه اندازی پست‌های GIS	۴۵۰
۸-۱۳ - تجربه‌های تعمیراتی پست‌های GIS	۴۵۱
۹-۱۳ - بررسی جنبه‌های اقتصادی پست‌های GIS	۴۵۱
۱۰-۱۳ - عوامل موثر در انتخاب پست‌های GIS	۴۵۲
۱۱-۱۳ - بررسی تاثیر ولتاژ در هزینه پست‌های GIS	۴۵۳
۱۲-۱۳ - تاثیر گاز SF6 در اثر پدیده گلخانه‌ای کره زمین	۴۵۶
۱-۱۲-۱۳ - تشکیل لایه اوزن	۴۵۷
۲-۱۲-۱۳ - پدیده اثر گلخانه‌ای	۴۵۷
۳-۱۲-۱۳ - وضعیت اوزن در لایه میانی جو	۴۵۷
۱۳-۱۳ - تعمیر و نگهداری تاسیسات GIS	۴۵۸
۱-۱۳-۱۳ - مقایسه عیوب در پست‌های GIS و معمولی	۴۵۹
۲-۱۳-۱۳ - عوامل موثر در بروز اشکالات پست‌های GIS	۴۶۰
۳-۱۳-۱۳ - نظارت اندازه گیری و کنترل مداوم تجهیزات GIS	۴۶۲

فصل اول

پیش گفتار



مقدمه:

از مهمترین عوامل مؤثر در ارتقای سطح دانش استادان، کارشناسان و دانشجویان و صنعت برق وجود منابع آموزشی، از جمله کتاب تخصصی می باشد این کتاب به عنوان در دسترس ترین منابع آموزشی، در صورتی می تواند به افزایش دانش فنی کمک کند که بر پایه نیازهای شناخته شده در صنعت تهیه شده باشد.

اصولاً در طراحی یک پست ابتدا مشخصات عمومی پست که عمدتاً در ارتباط با اتصالات الکتریکی منطقه شرایط محیطی، بار مورد نیاز و ویژگی های آن محدودیت موجود در رابطه با فضا و محل مورد نیاز و بعضاً محدودیت زمانی در رسیدن به بهره برداری می باشد باید مورد توجه قرار گیرند. طراحی یک پست زمانی می تواند موفقیت آمیز باشد که ضمن توجه به موارد فوق الذکر از قابلیت اطمینان، انعطاف پذیری، استمرار کاری و بهره وری ساده با حداقل هزینه ممکن برخوردار باشد.

نقش پست ها در انتقال و توزیع انرژی الکتریکی

در ابتدای پیدایش الکتریسیته منابع تولید و مصرف در کنار یکدیگر بودند و به همین علت انرژی الکتریکی پس از تولید، مسافت کوتاهی را تا مصرف کننده طی می نمود ولی با افزایش مصرف سرانه و رشد جمعیت و وابستگی کلیه فعالیتهای اجتماعی به این انرژی، دیگر تولید این انرژی در مقیاسهای کوچک و در کنار مصرف کننده ها قابل توجه نبود و از نظر اقتصادی هم مقرون به صرفه نبود لذا احداث نیروگاههای بزرگ در نقاطی خاص (به لحاظ وابستگی به پارامترهای مختلف) قابل توجه بود که عمدتاً از مراکز مصرف دور بوده و بنابراین لازم است انرژی تولیدی از طریق خطوط انتقال طولانی به مراکز مصرف هدایت گردد برای انتقال قدرتهای زیاد در فواصل طولانی به منظور کاهش تلفات لازم است ولتاژ انرژی افزایش یابد زیرا تلفات در خطوط انتقال و $\text{قدرت انتقال} = \text{ولتاژ} \times \text{جریان} = \text{تلفات}$

مقاومت خط ملاحظه می‌شود برای کاهش تلفات لازم است جریان انتقالی کاهش داده شود، واضح است برای کاهش I با ثابت بودن قدرت انتقالی بایستی مقدار ولتاژ U را افزایش داد اما تولید مستقیم انرژی الکتریکی در ولتاژهای بالا توسط ژنراتور به علت وجود مشکلات تکنیکی عملی نمی‌باشد و امروزه ولتاژهای در حدود ۲۰ کیلووات حداکثر ولتاژ تولیدی ژنراتور با ظرفیت خیلی بالا می‌باشد از طرف دیگر استفاده مستقیم از انرژی الکتریکی در ولتاژهای بالا در مراکز مصرف نیز مقدور نمی‌باشد و لازم است ولتاژ مصرف در حد مطلوب کاهش داده شود. از اینجاست که احداث پست‌های فشار قوی نقش اساسی را در شبکه دارد.

در این راستا مراجع و کتبی که با بیان روشن به توضیح مبانی "مبانی طراحی و تجهیزات ایستگاه‌های فشار قوی" می‌پردازند از اهمیت خاصی برخوردار است. بنابراین با توجه به تدریس این درس در دانشگاه و تجربه در صنعت برق کتاب حاضر در چهارده فصل تدوین گردید.

بدیهی است نمی‌توان ادعا نمود که کتاب حاضر کامل و بدون نقص است. لذا از اساتید، متخصصان و دانشجویان عزیز انتظار دارد که با راهمایی‌های خود در تصحیح و تکمیل هر چه بیشتر آن جهت چاپ‌های بعدی کتاب، ما را یاری فرمایند.

۱-۱- پیشگفتار:

با رشد روز افزون جمعیت- بزرگ شدن شهرها - افزایش مصرف سرانه الکتریکی و وابستگی کلی با فعالیت‌های اجتماعی (اعم از صنعتی - کشاورزی اقتصادی - خدماتی) به انرژی لزوم تامین این انرژی به صورت گسترده در مقیاس بالا و به نحو مطلوب اجتناب ناپذیر می‌باشد.

بدیهی است که تامین این انرژی با مقیاس و کیفیت فوق از طریق نیروگاههای محلی و کوچک نه تنها اقتصادی نیست بلکه در اکثر موارد از نقطه نظرهای مختلفی غیر عملی نیز می‌باشد از طرف دیگر امروزه احداث نیروگاههای بزرگ در نقاط خاصی قابل توجیه است که عمدتاً از مرکز مصرف نیز دور می‌باشد.

لذا لازم است تا تولید این نیروگاهها از طریق خطوط انتقال (که به نحو مناسبی به هم ارتباط می‌یابند و تشکیل یک شبکه‌ی الکتریکی را می‌دهند) به مرکز مصرف هدایت گردند.

نتیجه آنکه احداث شبکه سراسری و تبدیل انرژی بین مرکز تولید و مصرف استفاده‌ی هرچه بیشتر از ظرفیت تولیدی نیروگاه‌ها را امکان پذیر ساخته و راندمان شبکه را افزایش می‌بخشد. ایجاد شبکه سراسری مستلزم احداث خطوط انتقال انرژی با ظرفیت بالا می‌باشد تا پوشش کاملی از مناطق شبکه صورت بگیرد. همچنین برای تحویل مصرف کننده‌ها نیاز به پست‌های انتقال انرژی می‌باشد بدین ترتیب احداث پست‌های فشار قوی در محل تحویل انرژی به شبکه سراسری (در نیروگاه‌ها) محل دریافت انرژی (محل مصرف کننده‌ها) و محل اتصال خطوط به یکدیگر صورت می‌گیرد به عبارت دیگر با کاربردهای پست‌های فشار قوی در شبکه‌های سراسری امکان انتقال قدرت‌های زیاد در فواصل و با کمترین تلفات قدرت انتقالی امکان پذیر خواهد بود که این کار با توجه به خاصیت تغییر سطح ولتاژ خطوط انتقال در این پست‌های فشار قوی مهیا می‌گردد.

از طرفی وجود منابع سوخت- آب- و همچنین بعد مسافت با مراکز بار مصرفی مسائل زیست محیطی- رشد صنعتی مناطق مختلف و... اشاره نمود از آنجا که غالباً تجمع این عوامل در مجاورت مراکز مصرف به کار برده می‌شوند به علاوه احداث پست‌های انتقال و فوق توزیع به منظور افزایش یا کاهش ولتاژ (به گونه ای که با مراکز تولید و مصرف سازگاری ایجاد کند) نیز ضروری است.

در حال حاضر سطوح متداول ولتاژ سیستم انتقال در شبکه ی سراسری کشور ولتاژهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلو ولت به همراه پست‌های مربوط به آن و برای سیستم فوق توزیع آن ولتاژهای ۱۳۲ و ۶۶ و ۳۳ کیلو ولت به همراه پست‌های مربوط به آن می‌باشد.

توسعه ی واحد پست‌های فشار قوی در شبکه‌های انتقال و فوق توزیع باید همگام با افزایش انرژی تحویلی شبکه‌های انتقال نیرو جهت مصارف داخلی و تبدلات برون مرزی انجام پذیرد. در سال ۱۳۸۵ انتقال بخش اعظم تولید نیروگاه‌ها و تبدلات برون مرزی از طریق شبکه‌های انتقال و فوق توزیع صورت گرفته است. روند خطوط و ظرفیت پست‌های فشار قوی در شبکه همواره در حال افزایش بوده است.

در حالت کلی ضرورت استفاده از پست‌های فشار قوی به شرح ذیل می‌باشد:

- ۱- افزایش ولتاژ به منظور کاهش تلفات انتقالی و افت ولتاژ و همچنین کاهش ولتاژ برای دراختیار قرار دادن ولتاژ مورد نیاز مصرف کنندگان

۲- تبادل بهینه انرژی الکتریکی قسمت‌های مختلف شبکه، افزایش پایداری و ضریب اطمینان شبکه

۳- کنترل سیستم قدرت (کنترل ولتاژ و کنترل غیرمستقیم فرکانس) و بالابردن ضریب اطمینان تغذیه سیستم

با توجه موارد یاد شده پست‌ها به دسته‌های ذیل تقسیم می‌گردند:

- ۱- پست‌های افزایشنده
- ۲- پست‌های اولیه شبکه انتقال
- ۳- پست‌های ثانویه
- ۴- پست‌های توزیع نیرو
- ۵- پست‌های صنعتی و تغذیه‌کننده بار متمرکز
- ۶- پست‌های تغذیه‌کننده معادن
- ۷- پست‌های سیار
- ۸- پست‌های مخصوص شهرک‌های سیمایی

۱- پست‌های افزایشنده: معمولاً این نوع پست‌ها در نیروگاه‌ها به علت محدودیت گردش روتور ژنراتور دارای ولتاژ تولیدی مشخص می‌باشند کاربرد داشته و با افزایش ولتاژ تولیدی میزان زیادی از انرژی الکتریکی را می‌توان در فاصله‌های طولانی تا مرکز بار انتقال داد.

۲- پست‌های اولیه شبکه انتقال: این پست‌ها مراکز بار مناسبی را در طول خطوط انتقال بوجود می‌آورند. در صورت افت ولتاژ در خطوط انتقال، این پست‌ها ولتاژ مناسبی را برای خط بوجود می‌آورند. در حقیقت خطوط انتقال ثانویه نقاط بارگذاری را در شبکه افزایش می‌دهند که این نقاط باعث بالا رفتن قابلیت اطمینان شبکه می‌گردد.

۳- پست‌های انتقال ثانویه: در حقیقت نقاط بارگذاری ثانویه پست‌هایی هستند که در صورت افت ولتاژ در خطوط و پست‌های فوق توزیع و توزیع، ولتاژ را جبران خواهند نمود.

۴- پست‌های توزیع: این نوع پست‌ها برای کاهش ولتاژ پست‌های فوق توزیع و پست‌های انتقال کاربرد دارند. بطوری که مصرف‌کنندگان را از طریق شبکه‌های توزیع و یا یک خط سرویس تغذیه می‌کند.

۵- پست‌های صنعتی و تغذیه‌کننده بار متمرکز: تغذیه بار متمرکز و پست‌های صنعتی عموماً پست‌های توزیع هستند با اختلاف این که این پست‌ها متناسب با مصرف‌کنندگان بوجود می‌آید.

متعاقباً توزیع قدرت الکتریکی برای مصرف‌کنندگان مخصوص می‌باشد. برای یک بار متمرکز و تغذیه مصرف‌کننده یا یک عنصر صنعتی بزرگ یا گروه تغذیه متوسط و یارویکرد به مصارف دیگری که تعهد داده شده طراحی می‌شود.

۶- پست‌های تغذیه‌کننده معادن: همان‌گونه که از نامشان پیداست، به پست‌هایی اشاره دارد که برای شرایط خاص مورد نیاز می‌باشند و به دلیل حفاظت‌های فوق‌العاده برای حصول اطمینان از عملکرد تغذیه‌کننده برق، نیاز به ملاحظات ویژه‌ای به هنگام طراحی دارند.

۷- پست‌های بسیار: این نوع پست‌ها برای حالت کنترل بحران و نیازهای ضروری استفاده می‌گردد که اساساً برای شرایط موقت به دلیل مقاصد ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۸- پست‌های سینماتوگرافی (فیلم برداری): این نوع پست‌های با مقاصد ویژه طراحی می‌گردند و برای برطرف ساختن نیازمندی‌های ویژه مورد نیاز می‌باشند.

با توجه به ویژگی‌های ساختاری، پست‌ها می‌توانند به موارد ذیل نیز تقسیم‌بندی شوند:

۱- نوع بیرونی - باز^۱

۲- نوع درونی - بسته^۲

۳- نوع زیرزمینی

۴- نوع کیوسکی

معمولاً پست‌های ۳۳ کیلوولت و بالاتر را که با توجه هزینه پایین و ایمنی بالا، به صورت بیرونی طراحی می‌گردند. پست‌های ۶۳ کیلوولت و بالاتر به صورت بیرونی طراحی می‌گردند بنابراین متغیرهای توصیف شده فوق، کم و بیش با توجه به شرایط محیطی مرتبط می‌باشند.

پس از اعلام محل احداث پست از طرف برنامه ریزی فنی شبکه و تعیین سطوح ولتاژ و ظرفیت پست کار روی آن، از نقشه‌برداری عمرانی و برقی از یک ناحیه برای انتخاب جایگاه مربوطه شروع می‌گردد. پس از آن مکان احداث پست انتخاب شده و زمین تصرف می‌گردد.

احداث پست به دو بخش تقسیم می‌گردد: عملیات ساختمانی و عملیات طراحی و تامین تجهیزات.

الف) عملیات ساختمانی شامل موارد زیر است:

۱- ساختمان‌ها

الف) مسکونی

ب) غیرمسکونی، مانند ساختمان‌های اداری، انبارها، قسمت تعمیرات، اتاق کنترل و نگهبانی و غیره

۲- طراحی جهت مسیر ریلی و جرثقیل‌های (بالابر، بالاکش‌های هوایی)

۳- طراحی و ساخت فونداسیون و ترانسفورماتور و تجهیزات

۴- طراحی کانال عبور کابل

۵- فنس کاری دور سوئیچگیر

۶- طراحی تغذیه آب پستها

۷- طراحی فاضلاب و گنداب (زهکشی)

۸- طراحی جاده‌های دسترسی

۹- محوطه سازی

۱۰- فونداسیون پایه تجهیزات

ب) عملیات طراحی و تامین تجهیزات:

۱- انتخاب آرایش باس بار، تهیه دیاگرام و نقشه تک خطی و آرایش فیزیکی

۲- انتخاب سطح عایقی (BIL)

۳- انتخاب مقادیر نامی ترانسفورماتورهای اندازه گیری

۴- انتخاب مقادیر نامی کلیدهای قدرت

۵- انتخاب برقگیرها

۶- انتخاب قدرت نامی ترانسفورماتورها

۷- انتخاب طرح رله گذاری حفاظتی و تابلوهای کنترل و حفاظت

۸- طراحی نقشه شبکه زمین و حفاظت در برابر ضربات مستقیم صاعقه

۹- انتخاب تجهیزات کنترل ولتاژ و خازنهای موازی

۱۰- طراحی و تامین سازه و گنتری و پایه تجهیزات

فصل دوم مبانی طراحی

