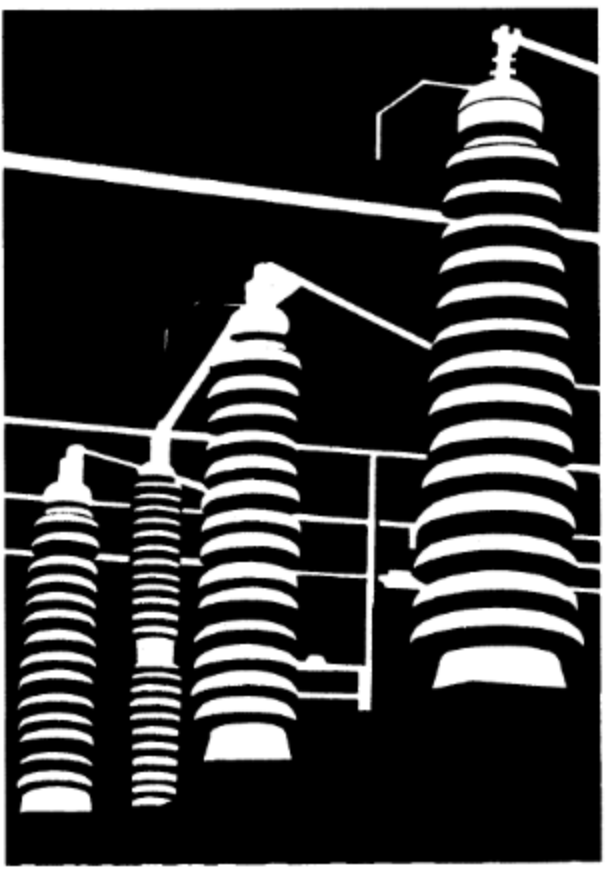
تجربیات نیروگاههای پیشرفته

انتقال EHV



جلد ۲۷

فصل ششم

طراحی ترانسفورماتور و راکتور

مترجم : فریدون وارث

عنوان صفحه

۱ مقدمه ۷
۱-۱ کلیات ۷
۱-۲ انواع ترانسفورماتورها ۸
۱-۲-۱ ترانسفورماتورهای نوع زرهی ۹
۱-۲-۱ ترانسفورماتورهای نوع هسته ای ۹

۲ اصول طراحی ۱۰
۲-۱ مدارهای مغناطیسی (هسته ها) ۱۰
۲-۱-۱ مواد ۱۰
۲-۱-۲ چگالی فلو و تلفات ۱۱
۲-۱-۳ ساختمان هسته ۱۳
۲-۱-۴ چهارچوب نگهدارنده ۱۸
۲-۲ انواع سیم پیچی ها ۱۸
۲-۲-۱ سیم پیچی مارپیچ ۱۸
۲-۲-۲ سیم پیچ نوع صفحه ای یا دیسکی ۲۰
۲-۲-۳ سیم پیچی نوع لایه ای ۲۳
۲-۲-۴ سیم پیچی های تپ ۲۵

عنوان صفحه

۲-۳ هادی های سیم پیچ ۲۶
۲-۴ عایق سیم پیچها ۲۸
۲-۴-۱ عملکرد در برابر امواج ضربه ۲۸
۲-۴-۲ عایق بندی نسبت به سایر قسمت ها ۳۱
۲-۵ نیروهای موجود در سیم پیچ ۳۲
۲-۵-۱ کلیات ۳۲
۲-۵-۲ نکات اساسی ۳۵
۲-۵-۳ میدان نشتی ۳۷
۲-۵-۴ نیروهای اصلی ۳۷
۲-۵-۵ نیروهای شعاعی ۳۸
۲-۵-۶ نیروی فشاری محوری ۳۹
۲-۵-۷ نیروهای محوری ۳۹
۲-۵-۸ جلوگیری از حرکت سیم پیچ (کلمپینگ) ۳۹
۲-۶ خنک کردن سیم پیچ ۴۰
۲-۷ امپدانس ۴۵
۲-۸ امپدانس توالی صفر ۴۷
۲-۹ رگولاسیون ۴۹
۲-۱۰ سیم پیچ های سوم ۴۹
۲-۱۰-۱ کلیات ۴۹
۲-۱۰-۲ تأثیرات هارمونی ۵۰
۲-۱۰-۳ تأثیر مواد هسته ۵۰
۲-۱۰-۴ تأثیر نوع هسته ۵۱
۲-۱۰-۵ تأثیر روی امپدانس توالی صفر ۵۲
۲-۱۰-۶ ساختار سیم پیچ سوم ۵۳
۲-۱۱ روش نصب ۵۴
۲-۱۲ روغن عایق کننده ۵۵
۲-۱۲-۱ کلیات ۵۵
۲-۱۲-۲ نگهداری و سرویس روغن ۵۷

عنوان صفحه

۲-۱۳ مخزن ها و حفاظت از آنها ۶۰
۲-۱۴ نویز ۶۳
۲-۱۴-۱ تولید نویز ۶۳
۲-۱۴-۲ انتشار نویز ۶۴

۳ طراحی تجهیزات فرعی ۶۶
۳-۱ ترمینالها ۶۶
۳-۱-۱ بوشینگها ۶۶
۳-۱-۲ جعبه های کابل و محفظه های انتهای سر کابل ۷۰
۳-۲ تپ چینجرهای زیر بار ۷۱
۳-۳ کنسرواتورها ۷۴
۳-۴ بربرها ۷۵
۳-۵ حفاظت ۷۷
۳-۵-۱ رله های با تحریک گاز یا روغن ۷۷
۳-۵-۲ تجهیزات کاهش فشار ۷۹
۳-۵-۳ نشان دهنده های دمای سیم پیچ ۸۰
۳-۶ سیستم خنک کننده ۸۱
۳-۷ کیوسکهای مارشالی ۸۲

۴ آزمایشات : نوعی و روتین ۸۳
۴-۱ کلیات ۸۳
۴-۲ تلفات بی باری ، جریان بی باری و سطح صدا ۸۳
۴-۲-۱ تلفات بی باری و جریان بی باری (جریان مغناطیسی) ۸۳
۴-۲-۲ سطح صدا (آزمایش خاص) ۸۳
۴-۳ تلفات بار و امپدانس ۸۵
۴-۳-۱ تلفات بار ۸۵
۴-۳-۲ امپدانس ۸۵
۴-۴ اندازه گیری افزایش درجه حرارت ۸۶

عنوان صفحه

۴-۴-۱ اتصال پشت به پشت ۸۷
۴-۴-۲ آزمایش معادل اتصال کوتاه ۸۷
۴-۵ آزمایش اضافه ولتاژ اعمال شده و اضافه ولتاژ القاء شده ۸۸
۴-۵-۱ آزمایش اضافه ولتاژ اعمال شده ۸۸
۴-۵-۲ آزمایش اضافه ولتاژ القائی ۸۹
۴-۶ آزمایش موج ضربه کلیدزنی / صاعقه ۹۰
۴-۷ مقاومت عایقی ۹۱
۴-۷-۱ آزمایش ایزولاسیون سیم پیچها ۹۱
۴-۷-۲ آزمایش ایزولاسیون هسته / بدنه ۹۲

۵ بارگیری ترانسفورماتورها ۹۲
۵-۱ مقدمه ۹۲
۵-۲ محدودیت ها ۹۳
۵-۳ فرسودگی حرارتی ایزولاسیون ۹۴
۵-۴ پیری نسبی ۹۵

۶ مشخصات طراحی ترانسفورماتورهای CEGB ۱۰۰
۶-۱ ترانسفورماتورهای نیروگاهی ۱۰۰
۶-۱-۱ ترانسفورماتور ژنراتور ۱۰۰
۶-۱-۲ ترانسفورماتورهای نیروگاه ۱۰۲
۶-۲ ترانسفورماتورهای انتقال ۱۰۳
۶-۳ ترانسفورماتورهای زمین ۱۰۶
۶-۴ راکتورهای زمین کننده نوترال ۱۰۹
۶-۵ ترانسفورماتورهای تغذیه کوره های قوسی ۱۱۱
۶-۵-۱ مقدمه ۱۱۱
۶-۵-۲ تغییر دائمی تپ چینجر زیر بار ۱۱۱
۶-۵-۳ نوسانات سیم پیچ ۱۱۱
۶-۶ ترانسفورماتورهای تغذیه قطارهای برقی AC ۱۱۲

عنوان صفحه

۶-۷ ترانسفورماتورهای کانورتر ۱۱۳
۶-۷-۱ مقدمه ۱۱۳
۶-۷-۲ جریانهای بار سیم پیچ ۱۱۵
۶-۷-۳ شکل موج ولتاژ سیم پیچ والو ۱۱۵
۶-۷-۴ هارمونیها ۱۱۶
۶-۷-۵ ظرفیت ۱۱۸
۶-۷-۶ عایق ۱۱۸
۶-۷-۷ راکتانس ۱۱۸
۶-۷-۸ تپ چینجر ۱۲۱
۶-۷-۹ جریانهای خطا ۱۲۱
۶-۷-۱۰ محلهای اتصال ۱۲۲
۶-۷-۱۱ آزمایشها ۱۲۳

۷ راکتورهای سری غوطه ور در روغن ۱۲۳
۷-۱ مشخصات کلی ۱۲۳
۷-۲ اساس ظرفیت ۱۲۴
۷-۲-۱ امپدانس ۱۲۵
۷-۲-۲ ولتاژ شبکه ۱۲۶
۷-۲-۳ جریان دائمی نامی ۱۲۶
۷-۲-۴ ظرفیت جریان کوتاه مدت ۱۲۷
۷-۲-۵ فرکانس ، تعداد فاز ، سطوح عایقی و خنک کردن ۱۲۷
۷-۳ تلفات ۱۲۷
۷-۴ اصول طراحی ۱۲۸
۷-۴-۱ انواع راکتورها ۱۲۸
۷-۴-۲ ساختمان راکتور با هسته مغناطیسی ۱۲۸
۷-۴-۳ سیم پیچ ها ۱۳۰
۷-۴-۴ راکتانس ۱۳۰
۷-۴-۵ عایق بندی ۱۳۰

عنوان صفحه

۶-۴-۷ مونتاژ و روش آن ۱۳۲
۵-۷ مشخصه های طراحی راکتورهای CEGB ۱۳۳
۶-۷ نویز و لرزش ۱۳۳
۷-۷ آزمایشها ۱۳۵
۱-۷-۷ کلیات ۱۳۵
۲-۷-۷ تلفات ۱۳۵
۳-۷-۷ امپدانس ۱۳۵
۴-۷-۷ امپدانس توالی صفر ۱۳۶
۵-۷-۷ شدت نویز ۱۳۶
۶-۷-۷ اضافه ولتاژ داخلی ۱۳۶
۷-۷-۷ افزایش دما ۱۳۷
۸-۷-۷ توانایی تحمل در مقابل اتصال کوتاه ۱۳۷
۸-۷ راکتورهای DC ۱۳۷

۸ قابلیت اطمینان راکتورها و ترانسفورماتورها ، طول عمر و تجهیزات اضافی ۱۴۲

۹ محدودیت های حمل ونقل ۱۴۴

۱۰ دورنمای آینده ۱۴۶

۱۱ مراجع ۱۵۰

فصل هفتم

تجهیزات جبران کننده های راکتیو

ترجمه : فریدون وارث

عنوان صفحه

۱ مقدمه ۱۵۶

۲ تجهیزات جبران راکتیو ۱۵۷

۲-۱ جبران کننده های سنکرون ۱۵۷

۲-۲ توربینهای گازی دارای سیستم کلاچ ۱۵۹

۲-۳ بانکهای خازنی موازی ۱۶۰

۲-۴ راکتورهای موازی ۱۶۱

۲-۵ جبران کننده های استاتیکی وار ۱۶۲

۲-۶ تأسیسات جبران کننده متغیر استاتیکی ۱۶۵

۲-۶-۱ جبران کننده های راکتیو متغیر استاتیکی با پاسخ سریع ۱۶۵

۲-۶-۲ جبران کننده متغیر استاتیکی با پاسخ کند ۱۶۸

۲-۷ راکتیو اشباع شده AC ۱۶۹

۲-۸ ملاحظات هارمونیکی در رابطه با جبران کننده های راکتیو ۱۷۲

۳ خازنها ۱۷۲

۳-۱ ساختمان هر واحد خازن ۱۷۲

۳-۲ دی الکتریک ها و اشباع کننده ها ۱۷۴

۳-۳ فیوزها ۱۷۸

عنوان صفحه

۳-۳-۱ فیوزهای خارجی ۱۷۹
۳-۳-۲ فیوزهای داخلی ۱۷۹
۳-۴ طرح بانک خازنی ۱۸۰

۴ راکتورهای موازی ۱۸۳
۴-۱ مقدمه ۱۸۳
۴-۱-۱ ساختمان راکتور حفاظت شده مغناطیسی ۱۸۴
۴-۱-۲ ساختمان راکتورهای با هسته دارای فاصله هوایی ۱۸۵
۴-۱-۳ خطوط حاشیه ای شار ۱۸۵
۴-۲ سیم پیچی ۱۸۶
۴-۳ ساختمان ۱۸۸
۴-۳-۱ مسائل میدان مغناطیسی ۱۹۰
۴-۴ آزمایشها ۱۹۰
۴-۴-۱ اندازه گیری تلفات و جریان ۱۹۱
۴-۴-۲ افزایش درجه حرارت ۱۹۱
۴-۴-۳ آزمایشهای اضافه ولتاژها ۱۹۱
۴-۴-۴ مقاومت عایقی ۱۹۲
۴-۴-۵ مدار مغناطیسی و عایقهای مربوطه ـ آزمایش اعمال ولتاژ ۱۹۲
۴-۴-۶ میزان نویز صدا ۱۹۴
۴-۴-۷ اندازه گیری ارتعاش ۱۹۴

۵ طراحی ، ساختمان و آزمایش جبران کننده های استاتیک برای Sellindge و Ninfield ۱۹۴
۵-۱ راکتور اشباع شده ۱۹۵
۵-۲ بانک های خازنی ۱۹۸
۵-۳ سلفهای با هستهٔ هوایی ۲۰۰
۵-۴ مقاومت ها ۲۰۰
۵-۵ حفاظت ۲۰۱
۵-۶ کنترل ۲۰۲

عنوان صفحه

۶ توسعه های آتی ۲۰۲
۷ مرجع ۲۰۳
ضمیمه A ۲۰۴
تأسیسات جبران کننده راکتیو ۲۰۴

فصل هشتم

طراحی تأسیسات انتقال HVDC

ترجمه : فریدون وارث

عنوان — صفحه

۱ مقدمه ۲۱۶
۱-۱ تاریخچه استفاده از HVDC ۲۱۶
۱-۲ امتیازات و مضرات انتقال HVDC ۲۱۷
۱-۳ سیستم های قدیمی HVDC ۲۱۸
۱-۴ اتصال کانال ارتباطی ۲۰۰۰ مگاواتی ۲۲۲

۲ اصول HVDC ۲۲۷
۲-۱ مشخصات والو ۲۲۷
۲-۲ اتصالات پل ۲۳۱
۲-۳ شکل موجهای ولتاژ و جریان ۲۳۳
۲-۴ تجهیزات توان راکتیو ۲۳۹
۲-۵ هارمونیکها ۲۴۱
۲-۵-۱ هارمونیکهای AC ۲۴۲
۲-۵-۲ هارمونیکهای DC ۲۴۳
۲-۶ انواع سیستم های HVDC ۲۴۳
۲-۶-۱ گره های پشت به پشت ۲۴۵
۲-۶-۲ سیستم بازگشت به زمین تک قطبی ۲۴۵
۲-۶-۳ سیستم بازگشت تک قطبی فلزی ۲۴۶

عنوان صفحه

۴-۶-۲- سیستم دو قطبی ۲۴۷

۳ مشخصات کنترل کانورتر و حفاظت ۲۴۹
۳-۱ سلسله مراتب کنترل ۲۴۹
۳-۲ کنترل کانورتر ۲۵۰
۳-۲-۱ کنترل قطب ۲۵۵
۳-۳ امکانات بهره برداری ۲۵۸
۳-۴ حفاظت HVDC ۲۶۴

۴ والوهای کانورتر ۲۶۶
۴-۱ خصوصیات طراحی ۲۶۶
۴-۲ والوهای تریستوری (Sellindge) ۲۶۹
۴-۲-۱ سیستم خنک کنندهٔ والو ۲۷۲

۵ فیلترهای AC و تجهیزات جبران سازی راکتیو ۲۷۵
۵-۱ ملاحظات عمومی ۲۷۵
۵-۲ طراحی Sellindge ۲۷۸
۵-۲-۱ جبران راکتیو در حالت ماندگار ۲۷۸
۵-۲-۲ اضافه ولتاژهای موقتی ۲۸۰
۵-۲-۳ فیلترها ۲۸۱

۶ هماهنگی عایقی ایستگاههای کانورتر ۲۸۴

۷ طراحی و نحوه نصب تجهیزات ایستگاه کانورتر Sellindge ۲۹۰

۸ آزمایش و راه اندازی ۲۹۷
۸-۱ راه اندازی سیستم های HVDC ۲۹۷
۸-۲ آزمایشهای والوهای تریستوری ۲۹۹

عنوان صفحه

۹ توسعه های آتی ۳۰۳
۹-۱ تجهیزات تریستوری ۳۰۳
۹-۲ کموتاسیون اجباری ۳۰۵
۹-۳ پست های فشردهٔ HVDC ۳۰۵

۱۰ مراجع ۳۰۷

فصـــل نهـــم

هماهنگی عایقی و حفاظت در برابر ضربه

ترجمه : فریدون وارث

عنوان صفحه

۱ مقدمه ۳۱۶

۱-۱ طبیعت و هدف از هماهنگی عایقی ۳۱۶

۱-۲ روش های هماهنگی عایقی ۳۱۶

۱-۳ چگونگی عملکرد وسایل حفاظتی ۳۱۷

۲ اضافه ولتاژهای صاعقه ۳۱۷

۲-۱ ماهیت صاعقه ۳۱۷

۲-۱-۱ مشخصات برخورد صاعقه به زمین ۳۱۸

۲-۱-۲ عملکرد صاعقه ۳۲۱

۲-۲ تأثیر جرقه بر روی خط ۳۲۱

۲-۲-۱ موج ولتاژ القاء شده ۳۲۳

۲-۲-۲ برخورد مستقیم به خط ۳۲۴

۲-۲-۳ انتشار موج ۳۲۵

۲-۲-۴ انتخاب منطقه احداث خط ۳۲۷

۲-۳ انواع شکل موج های ولتاژ آزمایش : ضربه های صاعقه استاندارد و غیر استاندارد ۳۲۹

عنوان صفحه

۳ اضافه ولتاژهای کلیدزنی ۳۳۰
۳-۱ مقدمه : تولید حالتهای گذرا ۳۳۰
۳-۱-۱ مکانیزم ایجاد اضافه ولتاژ کلیدزنی ۳۳۲
۳-۲ مشابه سازی تست ۳۳۷
۳-۳ کنترل موجهای کلیدزنی ۳۳۸

۴ اضافه ولتاژهای موقت ۳۴۰
۴-۱ مقدمه ۳۴۰
۴-۲ تولید اضافه ولتاژ موقت (TOV) ۳۴۱
۴-۳ اثرات اضافه ولتاژهای موقت ۳۴۳
۴-۴ کنترل اضافه ولتاژهای موقت ۳۴۳

۵ مشخصات استقامت عایقی ۳۴۳
۵-۱ عایق هوا ۳۴۳
۵-۱-۱ تعیین استقامت الکتریکی ۳۴۴
۵-۱-۲ اندازه گیری قدرت ضربه ۳۴۵
۵-۱-۳ حدود اطمینان ۳۵۰
۵-۱-۴ قدرت ضربه کلیدزنی ۳۵۰
۵-۱-۵ قدرت ضربه صاعقه ۳۵۳
۵-۱-۶ استقامت ولتاژ فرکانس قدرت ۳۵۵
۵-۱-۷ شرایط آب و هوایی و اصلاحات ۳۵۶
۵-۲ عایق گاز ۳۵۸
۵-۲-۱ مشخصات اولیه ۳۵۸
۵-۲-۲ استقامت عایقی گاز SF_6 ..... ۳۶۸
۵-۲-۳ سختی سطح ۳۶۱
۵-۲-۴ آلودگی ذرات ۳۶۱
۵-۲-۵ محاسبهٔ احتمال ایجاد جرقه ۳۶۱
۵-۲-۶ پیشرفت های اخیر (۱۹۸۹) ۳۶۷

عنوان صفحه

۳-۵ عایق های جامد و مایع ۳۶۷

۶ وسایل حفاظتی ۳۶۹

۶-۱ فاصله هوایی ۳۶۹

۶-۱-۱ فاصله حفاظت شده ۳۷۱

۶-۲ برقگیرها ۳۷۲

۶-۲-۱ برقگیرهای معمولی SiC ۳۷۴

۶-۲-۲ برقگیرهای اکسید فلزی ۳۸۴

۶-۲-۳ پیشرفت های اخیر (۱۹۸۹) ۳۹۰

۶-۳ کاربرد ۳۹۰

۶-۳-۱ برقگیرهای معمولی ۳۹۰

۶-۳-۲ برقگیرهای نوع اکسید فلزی ۳۹۳

۷ هماهنگی عایقی ۳۹۶

۷-۱ مقدمه ۳۹۶

۷-۲ روش های متداول ۳۹۹

۷-۲-۱ پست های نوع رو باز ۴۰۳

۷-۳ مثالهایی از هماهنگی عایقی ۴۰۵

۸ توسعه های آتی ۴۰۸

۹ مراجع ۴۱۰

۱۰ سایر مراجع ۴۱۳