

متدولوژی و تکنولوژی برای زمین کردن سیستم قدرت

گروه مترجمین:

نبی اله رضانی

عباس بابایی

مصطفی سرلک

مهتاب خلیلی فر و سیدمحمد شهرتاش

دانشگاه علم و فناوری مازندران

دانشگاه آزاد اسلامی - واحد رودهن

دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول

کلینیک برق ایران - دانشگاه علم و صنعت ایران

اللَّهُمَّ إِنِّي أَسْأَلُكَ مِنْ عِلْمِكَ بِأَنْفَذِهِ
خدایا از تو نافذترین (و موثرترین) دانش تو را
(برای خودم) درخواست می کنم

وَكُلِّ عِلْمِكَ نَافِذٌ

و البته تمام دانش تو نافذ و موثر است

اللَّهُمَّ إِنِّي أَسْأَلُكَ بِعِلْمِكَ كُلِّهِ
(پس) خدایا من از تو تمام دانش تو را می خواهم.

- فرازی از دعای سحر -

سرشناسه
عنوان و نام پدیدآور

شرکت برق منطقه‌ای مازندران و گلستان
متدولوژی و تکنولوژی برای زمین کردن سیستم قدرت / تالیف [جین لیانگ هی، رونگ زنگ، ب جانگ]،
مترجمین، نبی‌اله رضانی، عباس بابایی، مصطفی سرلک، مهتاب خلیلی فر و سید محمد شهرتاش
تهران، شهرتاش، ۱۴۰۱

مشخصات نشر
مشخصات ظاهری
شابک

دو جلد، ۴۰۰ ص: مصور، جدول.
۹۷۸-۹۶۴-۸۲۸۲-۶۷-۲

وضعیت فهرست نویسی
یادداشت

فیپا
عنوان اصلی: Methodology and Technology for Power System Grounding
جلد اول

یادداشت

موضوع

زمین کردن شبکه‌های برق، تجهیزات سیستم زمین، صنعت برق
دانشگاه علم و فناوری مازندران

شناسه افزوده

شناسه افزوده

کلینیک برق ایران - دانشگاه علم و صنعت ایران

قطب علمی اتوماسیون و بهره‌برداری از سامانه قدرت

رده بندی کنگره

TK۳۲۲۷

رده بندی دیویی

۶۲۱/۳۱۹۲

شماره کتابشناسی ملی

۹۰۱۶۸۵۵



ناشر:

نشر شهرتاش، ۱۴۰۱

عنوان کتاب:

متدولوژی و تکنولوژی برای زمین کردن سیستم قدرت / [جین لیانگ هی، رونگ زنگ، ب جانگ]

مترجمین:

نبی‌اله رضانی، عباس بابایی، مصطفی سرلک، مهتاب خلیلی فر و سید محمد شهرتاش

نوبت چاپ:

اول ۱۴۰۱

طرح جلد:

استودیو شهرتاش

چاپ و صحافی:

چاپ کهن

شابک:

۹۷۸-۹۶۴-۸۲۸۲-۶۷-۲

قیمت:

۱۵۰۰۰۰۰ ریال

شمارگان:

۲۵۰ جلد

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به کلینیک برق ایران است. هرگونه نسخه‌برداری (به جز اقتباس در گیومه به همراه ارجاع) بدون مجوز کتبی از صاحب اثر ممنوع و از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری است.

پیشگفتار

وقوع رویدادهای غیر منتظره مانند بروز اتصال کوتاه و صاعقه در سیستم‌های قدرت اجتناب ناپذیر بوده و عبور این جریان‌ها به زمین باعث ایجاد افزایش پتانسیل زمین و گرادیان ولتاژ در سطح زمین پست‌ها، اطراف پای دکل‌ها و ... می‌گردد. این مشکلات باعث ایجاد خطرات جانی برای افراد، نقص فنی و خرابی تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی حساس و بروز قوس برگشتی در مقره‌های دکل‌های خطوط انتقال می‌گردد. طراحی و اجرای مطلوب سیستم زمین در عمق مناسب می‌تواند مسیری با امپدانس پایین برای عبور جریان‌های ناشی از اتصال کوتاه و صاعقه ایجاد نموده و توزیع پتانسیل در سطح زمین را تعدیل نماید. بنابراین آشنایی از نحوه طراحی و نصب سیستم زمین در شرایط مختلف، می‌تواند ایمنی و حفاظت لازم برای پرسنل صنعت برق و تجهیزات و دستگاه‌هایی که بدنه آنها به سیستم زمین متصل شده است و جلوگیری از بروز خسارت‌های جبران‌ناپذیر را فراهم نماید.

بر این اساس، شرکت برق منطقه‌ای مازندران و گلستان با جلب همکاری دانشگاه علم و فناوری مازندران و کلینیک برق ایران (در دانشگاه علم و صنعت ایران) برای اولین بار سندی علمی و فنی را در قالب ترجمه دو جلدی کتاب "Methodology and Technology for Power System Grounding" در اختیار متخصصان و کارشناسان صنعت برق و همچنین پژوهشگران و اندیشمندان دانشگاهی قرار می‌دهد و امیدوار است این اثر مورد استقبال قرار گیرد و گامی مؤثر در معرفی دانش و فناوری‌های مورد نیاز صنعت برق و همچنین موجبات ارتقاء بهره‌وری شبکه انتقال کشور را فراهم نماید.

کورش موسوی تاکامی

رئیس هیات مدیره و مدیرعامل

شرکت برق منطقه‌ای مازندران و گلستان

مقدمه

تصمیم پیرامون ترجمه کتاب Methodology and Technology for Power System Grounding بر اساس آن صورت گرفت که:

- به طور کلی مستندات جامع در زمینه طراحی، تحلیل و تکنولوژی اجرای سیستم زمین در جهان کم است و تا تاریخ انتشار ترجمه این کتاب سندی به زبان فارسی در این زمینه منتشر نشده است،
- ایجاد آشنایی با اصول و مبانی و همچنین رویه‌ها و تکنولوژی زمین کردن سیستم قدرت از ضروریات ورود به عرصه حفاظت و ایمنی سیستم قدرت است،
- کتاب مذکور حاصل دانش و تجربیات مؤلفینی است که علاوه بر اشتغال به امر آموزش و تحقیق در دانشگاه به مباحث تست و آزمایش و فناوری در حوزه سیستم زمین نیز اشراف دارند.

بر اساس این نکات، موضوع این ترجمه به شرکت برق منطقه ای مازندران و گلستان پیشنهاد گردید و همانطور که حدس زده می‌شد مورد استقبال قرار گرفت و برنامه کار بدین ترتیب تنظیم و اجرا گردید که فصول ۱۱گانه کتاب با توجه به ارتباط موضوعی آنها میان گروه مترجمین تقسیم گردید و از این عزیزان خواسته شد تا علاوه بر تلاش در روانی ترجمه، در صورت نیاز به شرح و بسط علمی و ارائه توضیحات تکمیلی هم مبادرت ورزند. فصول ترجمه شده دریافتی، پس از دوبار روخوانی و اطمینان از مطلوب بودن، متن نهایی از نظر علمی و فنی و ادبی به سرانجام رسید. همه این تلاش‌ها برای این بوده است که مطالب در قالب متنی مناسب و روان در اختیار خوانندگان قرار گیرد؛ که امید است اینگونه بوده باشد و این مرکز وظیفه علمی خود را انجام داده باشد.

شایان ذکر است که با توجه به حجم مطالب ترجمه شده و به منظور تسهیل در مطالعه کتاب مجلد شده، تصمیم بر آن شد که ترجمه کتاب در دو جلد در اختیار خوانندگان قرار گیرد به ترتیبی که در جلد حاضر مبانی و اصول اولیه درباره سیستم زمین و توزیع میدان ناشی از جریان در زمین، اندازه‌گیری مقاومت ویژه خاک و در ادامه به محاسبات عددی پارامترهای سیستم زمین (شامل مواردی مانند مقاومت زمین، ولتاژ گام، ولتاژ تماس، ولتاژ حلقه، افزایش پتانسیل زمین و توزیع پتانسیل در بالای سیستم زمین)، محاسبه جریان اتصال زمین (مؤثر در محاسبات پارامترهای سیستم زمین) و در نهایت طراحی سیستم زمین پرداخته شده است.

در این راستا، گروه مترجمین بر خود وظیفه می‌دانند از حمایت جناب آقای دکتر موسوی تاکامی (مدیریت محترم عامل شرکت برق منطقه‌ای مازندران و گلستان)، جناب آقای مهندس افضلی (مدیرعامل سابق شرکت)، جناب آقای مهندس عباسی (معاونت برنامه‌ریزی و تحقیقات شرکت)، جناب آقای مهندس نقیبی (معاونت سابق برنامه‌ریزی و تحقیقات شرکت) و همکاری بسیار موثر جناب آقای مهندس عنایتی (مدیر دفتر تحقیقات شرکت) در انتشار این کتاب، با تقدیم احترام، قدردانی نمایند.

اما مهمتر و بالاتر از همه شکرگزاری از خدای مهربان است که توفیق این خدمتگزاری به جامعه علمی و صنعتی را به همه ما (اعم از حامیان و مترجمین) اعطا نمود و هم از اوست که با لطف و رحمت واسعه خودش به انتشار این کتاب برکت عنایت کند تا نقش موثری را در ارتقاء دانش تخصصی در حوزه مباحث مربوط به سیستم زمین در شبکه‌های انتقال ایفا نماید.

نبی‌اله رضانی

عباس بابایی

مصطفی سرلک

مهتاب خلیلی‌فر

سیدمحمد شهرتاش

فهرست مطالب

فصل اول: مفاهیم پایه در زمین کردن	۱
۱-۱- فرایند هدایت الکتریکی خاک	۲
۱-۱-۱- ساختار خاک	۲
۱-۲- فرایند هدایت الکتریکی خاک	۳
۲-۱- زمین کردن تجهیزات	۴
۱-۲-۱- مفهوم زمین کردن تجهیزات	۴
۲-۲-۱- دسته‌بندی زمین کردن	۵
۳-۲-۱- هدف از زمین کردن	۷
۳-۱- تعریف و مشخصه مقاومت سیستم زمین	۱۰
۱-۳-۱- تعریف مقاومت سیستم زمین	۱۰
۲-۳-۱- رابطه بین مقاومت و ظرفیت خازنی	۱۲
۳-۳-۱- سپر حفاظتی میان هادی‌های شبکه زمین	۱۳
۴-۱- مقاومت زمین سیستم‌های زمین	۱۵
۱-۴-۱- مقاومت زمین سیستم‌های زمین معمول	۱۵
۲-۴-۱- مقاومت زمین سیستم زمین در خاک غیر یکنواخت	۲۰
۵-۱- ایمنی بدن و اختلاف پتانسیل مجاز	۲۶
۱-۵-۱- حد مجاز جریان عبوری از بدن	۲۶
۲-۵-۱- ولتاژ قابل تحمل بدن	۲۷
۳-۵-۱- اختلاف پتانسیل مجاز	۲۸
۴-۵-۱- تاثیر مقاومت مخصوص لایه سطحی خاک روی ایمنی بدن	۳۰
۶-۱- استانداردهای مربوط به سیستم زمین	۳۳

مراجع ۳۵

فصل دوم: میدان ناشی از جریان در داخل زمین ۳۷

۱-۲- ویژگی الکتریکی خاک ۳۸

۱-۱-۲- مقاومت ویژه خاک ۳۸

۲-۱-۲- تاثیر عوامل مختلف بر مقاومت ویژه خاک ۳۹

۳-۱-۲- ضریب گذردهی خاک ۴۱

۴-۱-۲- مشخصه فرکانسی پارامترهای خاک ۴۳

۲-۲- ویژگی‌های اصلی میدان جریان ثابت در زمین ۴۷

۱-۲-۲- چگالی جریان در زمین ۴۷

۲-۲-۲- پیوستگی میدان جریان زمین ۴۸

۳-۲-۲- پتانسیل میدان جریان پایدار ۴۹

۴-۲-۲- میدان جریان در مرز خاک لایه‌ای ۴۹

۳-۲- میدان جریان تولید شده به وسیله یک منبع نقطه‌ای در خاک یکنواخت ۵۱

۱-۳-۲- معادله لاپلاس ۵۱

۲-۳-۲- میدان جریان تولید شده به وسیله یک منبع نقطه‌ای در خاک ۵۱

۳-۳-۲- میدان جریان زمین تولید شده به وسیله دو منبع جریان نقطه‌ای مخالف روی سطح زمین ۵۳

۴-۳-۲- میدان جریان زمین در خاک غیریکنواخت ۵۵

۴-۲- پتانسیل ایجاد شده توسط منبع نقطه‌ای روی سطح زمین در خاک غیریکنواخت ۵۷

۱-۴-۲- خاک لایه‌ای افقی ۵۷

۱-۴-۲- خاک دو لایه افقی ۵۹

۳-۴-۲- خاک سه لایه افقی ۶۰

۴-۴-۲- خاک لایه‌ای عمودی ۶۰

- ۶۲-۵-۲- پتانسیل حاصل از یک منبع نقطه‌ای در خاک چند لایه ۶۲
- ۶۲-۱-۵-۲- تحلیل پتانسیل حاصل از یک منبع جریان نقطه‌ای ۶۲
- ۶۷-۲-۵-۲- روش انتگرال عددی برای محاسبه تابع Green یک منبع جریان نقطه‌ای ۶۷
- ۷۰-۶-۲- روش استخراج تابع Green با استفاده برنامه کامپیوتری ۷۰
- ۷۱-۱-۶-۲- روش به‌دست آوردن عبارت تحلیلی ۷۱
- ۷۵-۲-۶-۲- عبارت تابع Green به‌دست آمده از برنامه نرم افزاری ۷۵
- ۷۹-۳-۶-۲- محاسبه میدان جریان در خاک چند لایه ۷۹
- ۷۹-۷-۲- روش محاسبه سریع تابع Green در خاک چند لایه ۷۹
- ۸۱-۱-۷-۲- توسعه روش برازش دو مرحله‌ای ۸۱
- ۸۴-۲-۷-۲- کاربرد محاسبه سریع تابع Green در خاک‌های چند لایه ۸۴
- ۸۹-۸-۲- توزیع پتانسیل و جریان حاصل از الکتروود زمین DC ۸۹
- ۸۹-۱-۸-۲- توزیع پتانسیل و جریان DC در خاک یکنواخت ۸۹
- ۹۱-۲-۸-۲- توزیع پتانسیل و جریان مربوط به جریان DC در خاک غیریکنواخت ۹۱
- ۹۹- پیوست- شرح آزمایشها ۹۹
- ۱۰۲- مراجع ۱۰۲

فصل سوم: اندازه‌گیری و مدلسازی مقاومت ویژه خاک ۱۰۵

- ۱۰۶-۱-۳- مقدمه‌ای بر اندازه‌گیری مقاومت ویژه خاک ۱۰۶
- ۱۰۹-۲-۳- روش‌های اندازه‌گیری مقاومت ویژه خاک ۱۰۹
- ۱۰۹-۱-۲-۳- روش تحلیل نمونه برداری مقاومت ویژه خاک ۱۰۹
- ۱۰۹-۲-۲-۳- روش‌های تزریق الکتریکی ۱۰۹
- ۱۱۶-۳-۲-۳- ساختار پروب‌های آزمایش برای روش چهار پروب ۱۱۶
- ۱۱۹-۴-۲-۳- تکنیک آزمایش میدانی مقاومت ویژه خاک ۱۱۹
- ۱۲۲-۵-۲-۳- روش تزریق الکترومغناطیسی ۱۲۲

- ۳-۳-۳- روش تحلیل ساده برای داده‌های آزمایش مقاومت ویژه خاک..... ۱۲۴
- ۳-۳-۳-۱- روش تزریق الکتریکی همراه با منحنیهای استاندارد برای مدل خاک با دو لایه افقی..... ۱۲۵
- ۳-۳-۳-۲- تحلیل ساختار زمین‌شناسی سه لایه افقی..... ۱۳۰
- ۳-۳-۳-۳- مقاومت ویژه ساختار خاک لایه‌ای عمودی..... ۱۳۳
- ۳-۳-۳-۴- تخمین پارامتر مدل خاک با استفاده از روش سه پروب..... ۱۳۴
- ۳-۳-۴-۴- تحلیل عددی برای مدل خاک چند لایه..... ۱۳۵
- ۳-۴-۳-۱- منحنی‌های نوعی مقاومت ویژه ظاهری خاک چند لایه..... ۱۳۵
- ۳-۴-۳-۲- تشریح مقاومت ویژه خاک ظاهری..... ۱۳۸
- ۳-۴-۳-۳- مسئله معکوس در پارامترهای خاک..... ۱۴۰
- ۳-۴-۴-۳- روش تحلیل عددی برای مدل خاک دو لایه‌ای..... ۱۴۲
- ۳-۵-۳-۵- مدل خاک چندلایه با حل معادله فردهولم (Fredholm)..... ۱۴۳
- ۳-۵-۳-۱- حل معادله انتگرالی پیشرو..... ۱۴۳
- ۳-۵-۳-۲- مسئله معکوس در پارامترهای مدل‌های خاک..... ۱۴۹
- ۳-۵-۳-۳- کاربرد روش در تخمین پارامترهای خاک..... ۱۵۳
- ۳-۶-۳-۶- تخمین مدل خاک چند لایه با استفاده از روش تصویر مختلط..... ۱۵۵
- ۳-۶-۳-۱- تخمین ساختار خاک چند لایه..... ۱۵۶
- ۳-۶-۳-۲- محاسبه سریع مقاومت ویژه ظاهری خاک..... ۱۵۷
- ۳-۶-۳-۳- مشتق‌های جزئی مقاومت ویژه ظاهری محاسبه شده..... ۱۵۹
- ۳-۶-۳-۴- عبارات مشتق جزئی $f(\lambda)$ ۱۶۱
- ۳-۶-۳-۵- تعیین پارامترهای اولیه خاک..... ۱۶۲
- ۳-۷-۳-۷- کاربردهای مهندسی..... ۱۶۳
- مراجع..... ۱۶۸
- فصل چهارم: تجزیه و تحلیل عددی سیستم زمین..... ۱۷۱

- ۱-۴-۱- روش محاسبه پارامترهای سیستم‌های زمین پست..... ۱۷۲
- ۱-۴-۱-۱- محاسبه پارامترهای سیستم زمین با استفاده از فرمول‌های تجربی ۱۷۲
- ۱-۴-۲- روش تجزیه و تحلیل پارامترهای سیستم زمین ۱۷۴
- ۱-۴-۲- تجزیه و تحلیل پتانسیل برابر شبکه زمین ۱۷۸
- ۱-۴-۲-۱- روش تابع گرین برای محاسبه پارامترهای سیستم زمین ۱۷۸
- ۱-۴-۲-۲- روش جمع آثار با فرض جریان نشتی نقطه‌ای..... ۱۸۴
- ۱-۴-۲-۳- روش چند مرحله‌ای با فرض جریان نشتی نقطه‌ای ۱۸۶
- ۱-۴-۲-۴- روش انتگرالی با فرض جریان نشتی خطی ۱۸۹
- ۱-۴-۳- تجزیه و تحلیل پتانسیل نابرابر یک سیستم زمین در مقیاس بزرگ ۱۹۳
- ۱-۴-۳-۱- مدل تحلیلی یک سیستم زمین با پتانسیل نابرابر ۱۹۳
- ۱-۴-۳-۲- مشکلات روش تحلیلی برای حل ضریب مقاومت متقابل ۱۹۵
- ۱-۴-۳-۳- روش انتگرال‌گیری عددی برای محاسبه ضریب مقاومت متقابل ۱۹۵
- ۱-۴-۳-۴- روش چند مرحله‌ای برای خاک یکنواخت ۱۹۷
- ۱-۴-۴- تجزیه و تحلیل شبکه زمین با کابل زمین شده ۱۹۹
- ۱-۴-۴-۱- اصول تنظیم معادلات ۱۹۹
- ۱-۴-۴-۲- محاسبه ادمیتانس‌های خودی هادی‌ها و کابل‌ها ۲۰۲
- ۱-۴-۵- روش MOM برای تجزیه و تحلیل شبکه زمین در حوزه فرکانس ۲۰۲
- ۱-۴-۵-۱- توابع پایه MOM ۲۰۲
- ۱-۴-۵-۲- شرح معادلات ۲۰۳
- ۱-۴-۵-۳- توابع گرین و انتگرال سامرفلد تعمیم یافته ۲۰۵
- ۱-۴-۶- روش المان محدود برای ساختار پیچیده خاک ۲۱۰
- ۱-۴-۷- روش حوزه زمان برای شبیه‌سازی گذرای الکترومغناطیسی یک سیستم زمین ۲۱۴
- ۱-۴-۷-۱- روش MMC تعمیم یافته با فرض EMQS ۲۱۴

۲۲۷..... ۴-۷-۲- روش عددی مبتنی بر معادله انتگرالی حوزه زمان در یک محیط با تلفات

۲۴۱..... ۴-۷-۳- روش تفاضلی محدود در حوزه زمان

۲۴۸..... مراجع

فصل پنجم: جریان خطای اتصال زمین در پست..... ۲۵۵

۲۵۶..... ۵-۱-۱- خطاهای اتصال زمین در نیروگاه و پست

۲۵۶..... ۵-۱-۱- انواع خطاهای اتصال زمین در نیروگاه و پست

۲۵۶..... ۵-۱-۲- اصول تعیین حداکثر جریان خطای اتصال زمین

۲۵۸..... ۵-۱-۳- مکان حداکثر جریان خطای اتصال زمین

۲۶۰..... ۵-۲-۲- حداکثر جریان خطا از مسیر شبکه زمین به زمین

۲۶۰..... ۵-۲-۱- حداکثر جریان خطای شبکه زمین

۲۶۱..... ۵-۲-۲- جریان توالی صفر خطا

۲۶۲..... ۵-۲-۳- تعیین ضریب تقسیم جریان خطا

۲۶۳..... ۵-۲-۴- تعیین ضریب Df

۲۶۶..... ۵-۲-۵- تعیین ضریب اصلاح برای برنامه ریزی آینده

۲۶۷..... ۵-۲-۶- تأثیر مقاومت زمین پست

۲۶۸..... ۵-۲-۷- تأثیر مقاومت خطا

۲۶۸..... ۵-۲-۸- تأثیر سیم‌های زمین خطوط هوایی و خطوط نوترال

۲۶۹..... ۵-۲-۹- تأثیر کابل‌ها و لوله‌های مجاور زیرزمینی

۲۶۹..... ۵-۲-۱۰- گام‌های تعیین مقدار حداکثر جریان برای طراحی مناسب شبکه زمین

۲۷۰..... ۵-۳-۳- محاسبه ساده ضریب تقسیم جریان

۲۷۰..... ۵-۳-۱- ضریب تقسیم جریان خطا در داخل پست

۲۷۲..... ۵-۳-۲- ضریب تقسیم جریان خطای خارج از پست

۲۷۳..... ۵-۴- محاسبه عددی ضریب تقسیم جریان خطا

۲۷۳	۵-۴-۱- روش محاسبه عددی ضریب تقسیم جریان خطا
۲۷۸	۵-۴-۲- روش ماتریسی محاسبه ضریب تقسیم جریان خطا
۲۸۰	۵-۴-۳- مدل ترانسفورماتوری مختصات فاز برای محاسبه ضریب تقسیم جریان خطا
۲۸۸	۵-۵-۵- مقادیر نمونه ضریب تقسیم جریان خطا
۲۸۹	۵-۵-۱- تأثیر مقاومت زمین پست
۲۸۹	۵-۵-۲- تأثیر دکل‌های انتقال
۲۹۲	۵-۵-۳- تأثیر مکان خطا
۲۹۲	۵-۵-۴- تأثیر خطوط کابلی وارد شده به پست
۲۹۳	۵-۵-۵- تأثیر تعداد خط انتقال
۲۹۳	۵-۵-۶- تأثیر طول خط انتقال
۲۹۴	۵-۵-۷- تأثیر ترانسفورماتور
۲۹۶	۵-۶-۶- تأثیر یخ زدگی بر ضریب تقسیم جریان خطا
۲۹۶	۵-۶-۱- تأثیر خاک یخ زده بر ضریب تقسیم جریان خطا
۲۹۸	۵-۶-۲- تأثیر تعداد خط انتقال همراه با خاک یخ زده
۳۰۰	مراجع
۳۰۳	فصل ششم: سیستم زمین پست‌ها
۳۰۴	۶-۱-۱- هدف از سیستم زمین پست
۳۰۴	۶-۱-۱- وظیفه سیستم زمین پست
۳۰۵	۶-۱-۲- هدف از طراحی سیستم زمین پست
۳۰۶	۶-۱-۳- الزامات سیستم زمین یک پست
۳۰۷	۶-۱-۴- ویژگی‌های اتصال زمین نیروگاه
۳۰۸	۶-۱-۵- الزامات طرح سیستم زمین
۳۰۹	۶-۱-۶- روش‌های طراحی و احداث یک سیستم زمین

- ۳۱۰..... ۲-۶- ایمنی سیستم‌های زمین برای پست‌ها و نیروگاه‌ها.....
- ۳۱۰..... ۱-۲-۶- معیار طراحی سیستم‌های زمین
- ۳۱۱..... ۲-۲-۶- محاسبه مقاومت سیستم زمین
- ۳۱۵..... ۳-۲-۶- تجزیه و تحلیل سیستم زمین در خاک غیر همگن
- ۳۱۸..... ۴-۲-۶- رابطه ساده شده برای محاسبه ولتاژهای گام، تماس و حلقه
- ۳۲۱..... ۵-۲-۶- فرمول‌های محاسبه ولتاژهای گام و حلقه بر اساس استاندارد IEEE Std 80
- ۳۲۴..... ۶-۲-۶- روابط برای ولتاژهای تماس و گام در استانداردهای کشور چین
- ۳۲۵..... ۷-۲-۶- پتانسیل انتقال
- ۳۲۵..... ۸-۲-۶- روش‌های بهبود ایمنی یک سیستم زمین
- ۳۲۸..... ۳-۶- روش‌های کاهش مقاومت سیستم زمین یک پست
- ۳۲۹..... ۱-۳-۶- روش‌های پایه برای کاهش مقاومت زمین
- ۳۳۰..... ۲-۳-۶- استفاده از میله‌های زمین عمودی بلند برای کاهش مقاومت زمین
- ۳۴۰..... ۳-۳-۶- روش اتصال زمین انفجاری
- ۳۴۳..... ۴-۳-۶- چاه زمین عمیق
- ۳۴۷..... ۵-۳-۶- الکتروود زمین اُریب
- ۳۴۸..... ۴-۶- آرایش بهینه هم پتانسیل‌سازی یک شبکه زمین
- ۳۴۸..... ۱-۴-۶- اصل آرایش سیستم زمین با فاصله نابرابر
- ۳۵۵..... ۲-۴-۶- ساز و کار آرایش فواصل نابرابر
- ۳۵۸..... ۳-۴-۶- آرایش فواصل نابرابر با توزیع نمایی
- ۳۶۴..... ۴-۴-۶- تأثیر الکتروودهای زمین عمودی بر OCR
- ۳۶۵..... ۵-۶- طراحی عددی یک سیستم زمین
- ۳۶۵..... ۱-۵-۶- طراحی سیستم زمین یک پست ۲۲۰ کیلوولت
- ۳۶۸..... ۲-۵-۶- طراحی سیستم زمین یک پست ۱۰۰۰ کیلوولت

