

نکات کاربردی سیستم زمین و همبندی در ساختمان‌ها

مؤلفین

عزت‌اله پرتوی شال، محمد پرهام‌فر، سر. بدیع‌الدین رضا زاده،
محمود رنجبر، پوریا ساسانفر، ایمان سریری آجیبی، شاهرخ شجاعیان

زمستان ۱۳۹۵

نکات کاربردی سیستم زمین و همبندی در ساختمان‌ها/ مؤلفین عزت‌اله پرتوی‌شال... [و دیگران].

مشهد: پرتو نگار توس، ۱۳۹۵.

۱۸۸ ص: مصور، جدول

۹۷۸-۶۰۰-۹۶۶۶۸-۵-۰

فیبا

مؤلفین عزت‌اله پرتوی‌شال، محمد پرهام‌فر، سید بدرالدین رضازاده، محمود رنجبر، پوریا ساسانفر، ایمان سریری آجیلی، شاهرخ شجاعیان.

برق — جریان — اتصال به زمین

Electric currents — Grounding

برق — شبکه‌ها — تجزیه و تحلیل

Electric network analysis

برق — سیستم‌ها — طرح و ساختمان

Electric power systems — Design and construction

برق — سیستم‌ها — حفاظت

Electric power systems — Protection

برق — سیستم‌ها — پیش‌بینی‌های ایمنی

Electric power systems — Safety measures

پرتوی‌شال، عزت‌اله، ۱۱ -

۱۳۹۵/۸/۳۲۱۷

۶۲۱/۳۱۷

۴۴۳۶۳۶۴

عنوان و نام پدیدآور

مشخصات نشر

مشخصات ظاهری

شابک

وضعیت فهرست‌نویسی

یادداشت

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

شناسه افزوده:

رده‌بندی کنگره

رده‌بندی دیویی

شماره کتابشناسی ملی



انتشارات پرتو نگار توس

نکات کاربردی سیستم زمین و همبندی در ساختمان‌ها

مؤلفین:	عزت‌اله پرتوی‌شال و دیگران
حروفچینی و صفحه‌آرایی:	پرتو نگار توس
طرح جلد:	گرافیک‌ساز
لیتوگرافی:	گویا اسکندر
چاپخانه:	دقت
نویسندگان:	اول
تیراژ:	۱۰۰۰
قیمت:	۱۵۰۰۰ تومان
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۹۶۶۶۸-۵-۰

حقوق چاپ و نشر انحصاراً برای ناشر محفوظ است.

فهرست مطالب

۱۱	فصل اول: حفاظت در برابر تماس مستقیم و غیرمستقیم
۱۲	۱- حفاظت در برابر تماس مستقیم
۱۲	۱-۲- معیارهای ایمنی
۱۲	۱-۳- ولتاژ تماس ایمنی ضعیف
۱۳	۱-۳-۱- PELV
۱۳	۱-۳-۲- FELV
۱۳	۱-۳-۳- FELV
۱۳	۱-۴- حفاظت تکمیلی در برابر تماس مستقیم
۱۴	۱-۵- حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم
۱۴	۱-۶- حفاظت بدون جداسازی اتوماتیک از منبع
۱۴	۱-۷- حفاظت با جداسازی اتوماتیک از منبع
۱۵	۱-۸- حفاظت با جداسازی اتوماتیک در روش‌های زمین کردن مختلف
۱۵	۱-۸-۱- در سیستم TT
۱۷	۱-۸-۲- سیستم‌های IT و IT
۱۸	۱-۸-۳- ماکزیمم طول حفاظت شده‌ی هادی
۱۹	۱-۹- آثار عبور جریان از بدن انسان
۱۹	۱-۱۰- ماکزیمم طول حفاظت شده‌ی هادی توسط فیوزها
۲۰	۱-۱۱- تامین ایمنی در برابر جریان غیرمستقیم توسط حفاظت دیفرانسیل
۲۰	۱-۱۱-۱- با روش TT
۲۱	۱-۱۱-۲- با روش TNS
۲۲	۱-۱۱-۳- با روش IT
۲۲	۱-۱۱-۴- حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم برای بدنه‌های هادی همبند نشده
۲۲	۱-۱۱-۵- صرف‌نظر از نصب حفاظت‌های حساس دیفرانسیل در بارهای کامپیوتری
۲۳	فصل دوم: اصول زمین کردن
۲۴	۱-۲- زمین کردن
۲۴	۲-۲- جرم کلی زمین

- ۲۴..... ۳-۲- همبندی
- ۲۴..... ۴-۲- ولتاژ گام
- ۲۴..... ۵-۲- ولتاژ تماس
- ۲۵..... ۶-۲- لزوم وجود سیستم زمین
- ۲۵..... ۷-۲- مقررات و استانداردهای زمین
- ۲۷..... ۸-۲- مقاومت زمین
- ۲۸..... ۹-۲- عوامل موثر بر مقاومت مخصوص خاک
- ۲۹..... ۱-۹-۲- رطوبت
- ۲۹..... ۲-۹-۲- دما
- ۳۰..... ۱۰-۲- اندازه گیری مقاومت مخصوص خاک
- ۳۰..... ۱-۱۰-۲- روش بار نقطه ای
- ۳۰..... ۲-۱۰-۲- اندازه گیری با جدول بندی خاک محل
- ۳۱..... ۱۱-۲- آرایش های مختلف سیستم زمین
- ۳۳..... ۱۲-۲- طراحی سیستم زمین
- ۳۳..... ۱۳-۲- اجزاء حیاتی سیستم زمین
- ۳۴..... ۱۴-۲- طراحی سیستم زمین (مقدمه)
- ۳۴..... ۱-۱۴-۲- تعریف اتصال زمین
- ۳۵..... ۲-۱۴-۲- انواع اتصالات زمین
- ۳۵..... ۳-۱۴-۲- منظور از مقاومت سیستم زمین
- ۳۶..... ۴-۱۴-۲- انواع روش های اتصال به زمین
- ۳۶..... ۵-۱۴-۲- مقاومت مخصوص خاک
- ۳۸..... ۶-۱۴-۲- انتظارات از یک اتصال زمین خوب چیست؟
- ۳۸..... ۷-۱۴-۲- جنبه ایمنی اتصال زمین
- ۴۰..... ۸-۱۴-۲- استانداردهای مفید در سیستم های اتصال زمین
- ۴۰..... ۹-۱۴-۲- طراحی سیستم های اتصال زمین
- ۴۰..... ۱-۹-۱۴-۲- الکتروود میله ای
- ۴۰..... ۲-۹-۱۴-۲- الکتروود میله ای مرکب
- ۴۰..... ۱-۲-۹-۱۴-۲- میله ها در یک راستا باشند
- ۴۱..... ۲-۲-۹-۱۴-۲- میله ها در یک راستا نباشند
- ۴۱..... ۳-۹-۱۴-۲- الکتروود صفحه ای
- ۴۲..... ۴-۹-۱۴-۲- الکتروود تسمه ای
- ۴۲..... ۵-۹-۱۴-۲- الکتروودهای سیمی ستاره ای
- ۴۳..... ۶-۹-۱۴-۲- مقاومت مش

۴۳	۷-۹-۱۴-۲ الکتروود مدفون در بتن
۴۴	۸-۹-۱۴-۲ الکتروود میله‌ای با بکفیل (الکتروولیت)
۴۴	۱۵-۲ تفاوت طراحی با اندازه‌گیری
۴۵	۱۶-۲ تحمل عبور جریان یک الکتروود
۴۵	۱۷-۲ سیم رابط الکتروود با شینه زمین
۴۵	۱۸-۲ طریقه تبدیل سیستم در نقطه تحویل
۴۶	۱۹-۲ محاسبه ولتاژ در نقطه‌ای اطراف سیستم زمین
۴۷	۲۰-۲ روش صحیح زمین کردن برای مشترکین دارای تاسیسات اتوماسیون و مخابرات
۴۷	۱-۲۰-۲ روش‌های زمین کردن
۴۹	۲-۲۰-۲ سیم زمین حلقوی
۵۰	۳-۲۰-۲ سیم زمین قفسی
۵۱	۴-۲۰-۲ سیستم زمین پیرله
۵۲	۵-۲۰-۲ زمین کردن تک خط‌های
۵۳	۶-۲۰-۲ معایب چندین سیستم زمین مستقل در تاسیسات مخابرات و اتوماسیون
۵۵	فصل سوم: دستورالعمل اجرایی ایجاد سیستم زمین الکتریکی
۵۶	۱-۳ ملاحظات کلی
۵۷	۲-۳ انواع الکتروودهای زمین
۵۷	۱-۲-۳ الکتروودهای قائم
۶۳	۲-۲-۳ الکتروودهای افقی
۶۳	۳-۲-۳ الکتروودهای صفحه‌ای
۶۶	۴-۲-۳ الکتروود بتن مسلح در شالوده ساختمان
۶۷	۳-۳ دریچه بازدید
۶۷	۴-۳ تزریق رطوبت
۶۷	۵-۳ الکتروود ساده و اساسی
۶۸	۶-۳ الکتروود اساسی به صورت الکتروودهای قائم موازی
۶۸	۷-۳ الکتروود اساسی با استفاده از الکتروود افقی
۶۸	۸-۳ الکتروولیت‌ها (مواد بهبود دهنده مقاومت ویژه خاک)
۷۱	فصل چهارم: همبندی اصلی
۷۲	۱-۴ الزام
۷۲	۲-۴ طراحی
۷۳	۳-۴ نظارت
۷۳	۴-۴ روش طراحی و اجرا

۷۳	۴-۴-۱- ترسیم نقشه‌های همبندی.....
۷۳	۴-۴-۲- تشکیل شبکه همبند.....
۷۴	۴-۴-۳- جزئیات ایجاد شبکه همبند.....
۷۷	۴-۴-۴- اتصال شبکه همبند شده به سیستم اتصال زمین ساختمان.....
۷۷	۴-۴-۵- سطح مقطع هادی همبندی.....
۷۸	۴-۴-۶- همبندی اضافی.....
۸۹	فصل پنجم: همبندی اضافی.....
۹۰	۵-۱- الزام.....
۹۰	۵-۲- شمول.....
۹۰	۵-۳- اجرا.....
۹۵	۵-۴- سطح مقطع هادی همبندی اضافی.....
۹۶	۵-۵- اندازه‌گیری مقاومت سیستم همبندی مطابق با IEC 62305.....
۹۷	فصل ششم: اجراء و اندازه‌گیری سیستم ارت.....
۹۸	۶-۱- کلیات.....
۹۸	۶-۲- نوع الكتروود.....
۹۸	۶-۲-۱- الكتروود حلقوی.....
۹۹	۶-۲-۲- الكتروود میله‌ای.....
۹۹	۶-۲-۳- الكتروود صفحه‌ای.....
۱۰۰	۶-۳- اندازه‌گیری مقاومت الكتروود زمین.....
۱۰۰	۶-۳-۱- روش ولت‌متر/آمپر‌متر.....
۱۰۱	۶-۳-۲- روش افت پتانسیل.....
۱۰۳	۶-۳-۳- روش شیب.....
۱۰۵	فصل هفتم: گرادیان ولتاژ و بررسی اثرات آن در سیستم‌های زمین.....
۱۰۶	۷-۱- دلایل اتصال سیستم‌های قدرت الکتریکی به الكتروودهایی که در خاک دفن شده‌اند.....
۱۰۶	۷-۲- افت ولتاژ و مقاومت اطراف یک الكتروود زمین.....
۱۰۷	۷-۳- حوزه ولتاژ الكتروود زمین و شکل آن.....
۱۰۷	۷-۴- مفهوم گرادیان ولتاژ (تغییرات ولتاژ) در اطراف یک الكتروود زمین.....
۱۰۸	۷-۵- گرادیان ولتاژ در اطراف یک الكتروود قائم.....
۱۰۸	۷-۵-۱- بررسی گرادیان ولتاژ در اطراف یک الكتروود قائم تکی و یک الكتروود که مابین دو الكتروود دیگر قرار گرفته.....
۱۰۹	۷-۵-۲- بررسی گرادیان ولتاژ در اطراف چهار الكتروود عمودی.....
۱۱۰	۷-۶- گرادیان ولتاژ در اطراف یک الكتروود زمین افقی.....

۷-۷-۱۱۰	خطرات عادی ناشی از وجود گرادیان ولتاژ در اطراف الکترودهای زمین
۷-۸-۱۱۱	افزایش ولتاژ زمین
۷-۹-۱۱۲	کوپلینگ مقاومتی
۷-۱۰-۱۱۲	مفهوم ولتاژ انتقالی
۷-۱۱-۱۱۲	ولتاژ انتقالی در هنگام اتصال کوتاه
۷-۱۲-۱۱۳	دو خطر عمومی و همیشگی ناشی از وجود گرادیان ولتاژ در اطراف الکترودهای زمین
۷-۱۳-۱۱۳	جریان‌های بدن ناشی از ولتاژهای تماس و گام
۷-۱۴-۱۱۴	تحلیل پارامترها در یک شبکه زمین پست برق
۷-۱۵-۱۱۸	تعیین ولتاژهای تماس و گام ماکزیمم
۷-۱۶-۱۱۸	جستجوی نقاط خطرناک
۷-۱۷-۱۱۸	وظایف شبکه زمین پست‌های فشار قوی
۷-۱۸-۱۱۹	روش‌های اصلاح سیستم زمین پست‌های برق
۷-۱۹-۱۱۹	سه کلید اصلی در کنترل ولتاژهای تماس و گام
۷-۲۰-۱۱۹	راهکارهای اصلی در کنترل ولتاژهای تماس و گام
۱۲۱	فصل هشتم: روش‌های اجرای ارت یا زمین حفاظتی
۱-۸-۱۲۲	روش‌های اجرای سیستم زمین یا زمین حفاظتی
۱-۱-۸-۱۲۲	اجرای ارت به روش عمقی سنتی
۱-۱-۸-۱۲۶	اجرای ارت به روش سطحی (روش‌های جدید)
۱-۳-۸-۱۲۷	اجرای سیستم زمین در ارتفاعات
۲-۸-۱۲۸	نکات اجرایی و نظارتی سیستم اتصال زمین
۳-۸-۱۳۰	نکات اجرایی جوش احتراقی در سیستم‌های زمین
۴-۸-۱۳۰	نکات مهم در پوشش‌دهی الکترودهای زمین
۵-۸-۱۳۲	ملاحظات طراحی و اجرای شبکه زمین پست‌های فشار قوی
۶-۸-۱۳۵	نکاتی در خصوص همبندی و هم پتانسیل سازی
۷-۸-۱۳۷	همبندی هم پتانسیل ساز سیستم صاعقه‌گیر برای خطوط متصل شده به سازه‌های حفاظت شده بند ۲-۵ از استاندارد IEC62305-3
۸-۸-۱۳۷	شبکه همبندی در سیستم حفاظت داخلی مطابق با استاندارد IEC62305-4
۹-۸-۱۴۰	سیستم حفاظت در برابر آذرخش (برق‌گیر حفاظتی)
۱۰-۸-۱۴۲	برق‌گیر نوع قفس فاراده یا شکلی از آن
۱۱-۸-۱۴۴	نکات مهم اجرایی سیستم‌های صاعقه‌گیر الکترونیکی بر طبق استاندارد NFC 17102 ویرایش ۲۰۱۱
۱۲-۸-۱۴۵	سیستم زمین و حفاظت در برابر صاعقه در مناطق مستعد انفجار

فصل نهم: الزامات سیستم حفاظت در برابر صاعقه برای ساختمان‌ها و سازه‌های بتونی..... ۱۵۵

۱-۹ - سیستم حفاظت صاعقه خارجی..... ۱۵۶

۲-۹ - هادی نزولی..... ۱۵۶

۱-۲-۹ - آزمون پیوستگی الکتریکی..... ۱۵۷

۲-۲-۹ - نحوه متصل کردن میله‌گردهای بتن مسلح بهم..... ۱۵۸

۴-۲-۹ - نحوه متصل کردن میله‌گردهای بتن مسلح به هادی همبندی خارجی..... ۱۵۹

۵-۲-۹ - جنس مواد..... ۱۶۰

۶-۲-۹ - خوردگی..... ۱۶۰

۷-۲-۹ - فاصله جدا سازی..... ۱۶۱

۳-۹ - استفاده از فونداسیون بعنوان پایانه زمین یک سیستم حفاظت صاعقه..... ۱۶۲

۴-۹ - نحوه نصب..... ۱۶۳

۵-۹ - بتن مسلح پیش ساخته..... ۱۶۴

۶-۹ - شیلد کردن ماسطیس در سازه‌های بتونی..... ۱۶۴

پیوست ۱: انواع ترمینال - زمین در یک سیستم صاعقه‌گیر بر اساس استاندارد BS EN

62305.3-2011..... ۱۶۹

پیوست ۲: زون بندی مناطق مستند الزامات بر اساس استاندارد IEC 60079.10.1-2015..... ۱۷۳

پیوست ۳: تعاریف کاربردی ساختمان..... ۱۷۶

مراجع..... ۱۷۹

بعضی اول نگرند و بعضی آخر نگرند. اینها که آخر نگرند عزیزند و بزرگند، زیرا نظرشان بر عاقبت است و آخرت. و آنها که به اول نظر می کنند ایشان خاص ترند، می گویند: چه حاجت است که به آخر نظر کنیم؟ چون گندم کشته اند در اول، جو نخواهد رستن در آخر؛ و آن را نه جو کشته اند گندم نخواهد رستن، پس نظرشان به اول است.

فیه ما فیه

اگر چه لزوم توجه به مبحث سیستم های زمین، همبندی، صاعقه گیر، تجهیزات و تکنیک های مربوطه، از دیدگاه دانش مهندسی برق کاملاً شناخته شده و مقبول است، متأسفانه هر ساله تعداد زیادی از مهندسان برق در صنایع و ساختمان های خود، راهی دراز در پیش دارد. این مباحث، البته نقشی اساسی را ایمنی افراد استفاده کننده از انرژی الکتریکی دارند، ولی اغلب به اندازه اهمیتشان در فرهنگ عمومی و اجتماع مردم شناخته شده نیستند و لاجرم به هنگام استفاده از خدمات متخصصین برق، در زمره مطالبات بسیاری از مردم قرار می گیرند.

از دیدگاه تخصص و دانش اهل فن، یعنی مهندسین برق کشور نیز متأسفانه خلأها و حلقه های مفقوده بسیاری در این شاخه وجود دارد. ماهیت تجربی و نیاز به وقوف به مطالبی از رشته های دیگر همچون زمین شناسی، مهندسی متالورژی، فیزیک و شیمی، باعث می شود تعداد افراد مسلط بر مبانی سیستم های زمین و صاعقه گیر چندان زیاد نباشد، علی الخصوص که این مبحث در سرفصل های دروس مهندسی برق هم هنوز جایی در دانشگاه ها ندارند. نتیجه این نقایص آن شده که مکرراً اشکالات فاحش در طراحی، اجرا، نظارت، تست و تحویل و تجهیزات و تولیدات مورد استفاده در پروژه ها دیده شده و گاهی نیز تبعات آن در قالب حوادث و خسارات مالی و جانی دیده شوند.

نخستین سمپوزیوم تخصصی سیستم های زمین و صاعقه گیر، که نسخه پیشین این کتاب، زیر عنوان مجموعه دستورالعمل های کاربردی سیستم زمین و همبندی یادگار آن بود، به عنوان تلاشی برای رفع این مشکلات و

توسعه و ترویج دانش و تجارب تخصصی مربوطه، در تابستان ۱۳۹۵ برگزار گردید. بازخوردهایی که پس از انتشار کتاب به مولفین رسید، باعث شد که کتاب با اضافات و اصلاحات، در قالب و نامی جدید مجدداً به چاپ برسد. در کتاب حاضر، مجموعه‌ای از مباحث مفید و دستورالعمل‌های اجرایی که البته ممکن است قدری هم پراکنده به نظر برسند، گردآوری شده است.

مولفین مایلند مراتب سپاس‌گزاری خود را از کارگروه تخصصی ارتینگ و همبندی شورای مرکزی سازمان نظام مهندسی ساختمان و از رئیس گروه تخصصی برق شورای مرکزی آقای دکتر سلیمان شیرزادی اعلام کنند.

پاییز ۱۳۹۵

گروه هفت شهر برق

7ec@mail.com

www.ketab.ir