

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مقدمہ ای. جی. استقرار و بازرسی
ارتینگ حفاظتی و ساعقہ گیر

احسان آسیوندزادہ

زینب جمالی زادہ



نشر عن آوری

سرشناسه	: آسیوندزاده، احسان، ۱۳۷۰-
عنوان و نام پدیدآور	: مقدمه‌ای بر استقرار و بازرسی ارتینگ حفاظتی و صاعقه‌گیر/ احسان آسیوندزاده، زینب جمالی‌زاده.
مشخصات نشر	: تهران: فن‌آوران، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	: ۲۲۸ص.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۳۱۹-۲۳۱-۷
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
موضوع	: برق -- جریان -- اتصال به زمین
موضوع	: Electric currents -- Grounding
موضوع	: برق -- سیستم‌ها -- پیش‌بینی‌های ایمنی
موضوع	: Electric power systems -- Safety measures
موضوع	: رعد و برق -- حفاظت
موضوع	: Lightning protection
شناسه افزوده	: جمالی‌زاده، زینب، ۱۳۷۰-
رده‌بندی کنگره	: TK۲۲۷
رده‌بندی دیویی	: ۳۱۷/۶۰۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۷۲، ۶۸۲



مقدمه‌ای بر استقرار و بازرسی ارتینگ حفاظتی و صاعقه‌گیر

تالیف: احسان آسیوندزاده - زینب جمالی‌زاده

- نوبت چاپ: اول ۱۳۹۹
- چاپ و صحافی: مارال
- صفحه‌بندی: فن‌آوران - تنهایی
- شمارگان: ۱۰۰ نسخه
- شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۳۱۹-۲۳۱-۷

قیمت: ۳۸۰۰۰ تومان

انتشارات فن‌آوران: تهران، خیابان انقلاب، مقابل دانشگاه تهران، پاساژ فروزنده، شماره ۱۱۸

تلفکس: ۶۶۹۵۳۹۹۸ تلفن: ۶۶۹۷۵۱۸۲

WWW.FANAVARAN-PUB.IR فروشگاه اینترنتی

mail:fanavaran2008ir@yahoo.com

این اثر، مشمول قانون حمایت مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مؤلف (ناشر) نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

فهرست مطالب

پیش‌گفتار.....	۱۵
مقدمه.....	۱۶
فصل اول.....	۱۸
مبانی الکتریسیته.....	۱۸
۱- شناخت مبانی الکتریسیته.....	۱۸
۱-۱ جریان الکتریکی.....	۱۸
۱-۲ آمپر.....	۱۸
۱-۳ پتانسیل الکتریکی.....	۱۸
۱-۴ ولت.....	۱۸
۱-۵ میدان الکتریکی.....	۱۹
۱-۶ مدارهای الکتریکی.....	۱۹
۱-۷ توان الکتریکی.....	۱۹
۱-۸ مقاومت و قانون اهم.....	۱۹
فصل دوم.....	۲۱
اثر کمیت‌های الکتریسیته و عوامل فیزیولوژیک بر شدت اثرات برق گرفتگی.....	۲۱
۲- پیامدهای تماس انسان با انرژی الکتریکی.....	۲۱
۲-۱-۱ آسیب‌های مستقیم.....	۲۱
۲-۱-۲ آسیب‌های غیر مستقیم.....	۲۱
۲-۲ شوک الکتریکی.....	۲۲
۲-۱-۳-۱ علل ایجاد شوک الکتریکی.....	۲۲
۲-۱-۳-۲ عوامل ایجاد کننده و مؤثر بر شوک الکتریکی.....	۲۳
۲-۲ اثر جریان الکتریکی به هنگام برق گرفتگی.....	۲۳
۲-۳ اثر پتانسیل الکتریکی به هنگام برق گرفتگی.....	۲۵
۲-۴ مسیر عبور جریان از بدن.....	۲۶
۲-۵ ضریب جریان قلب.....	۲۷
۲-۶ اثر مدت زمان عبور جریان از بدن.....	۲۹
۲-۷ اثر فرکانس.....	۲۹
۲-۸ اثر مقاومت الکتریکی.....	۲۹

۳۱.....	۹-۲ اثر شرایط فیزیکی بدن (از نظر سلامت اندام ها، بافت ها و دستگاه های بدن)
۳۷.....	فصل سوم
۳۷.....	مفاهیم و ضرورت اجرای سیستم ارتینگ
۳۷.....	۱-۳ مفاهیم و واژگان
۳۷.....	۱-۱-۳ زمین
۳۷.....	۲-۱-۳ جرم کلی زمین
۳۷.....	۳-۱-۳ الکترو د زمین
۳۷.....	۴-۱-۳ مقاومت، کترو د ارت
۳۷.....	۵-۱-۳ امپدانس، حالت اتصال به زمین
۳۷.....	۶-۱-۳ سیستم اتصال به زمین
۳۸.....	۷-۱-۳ تأسیسات الکتریکی
۳۸.....	۸-۱-۳ تجهیزات الکتریکی
۳۸.....	۹-۱-۳ بدنه هادی
۳۸.....	۱۰-۱-۳ هادی فرعی (بیگانه)
۳۸.....	۱۱-۱-۳ هادی اصلی (برق دار)
۳۸.....	۱۲-۱-۳ ناشی جریان
۳۸.....	۱۳-۱-۳ جریان اتصال به زمین (جریان اتصال کوتاه)
۳۹.....	۱۴-۱-۳ جریان ناشی زمین
۳۹.....	۱۵-۱-۳ هادی خنثی (نول)
۳۹.....	۱۶-۱-۳ ترمینال اصلی اتصال زمین
۳۹.....	۱۷-۱-۳ هادی اتصال زمین
۳۹.....	۱۸-۱-۳ هادی هم بندی (برای هم ولتاژ کردن)
۳۹.....	۱۹-۱-۳ سیم مشترک ارت - نول
۳۹.....	۲۰-۱-۳ قسمت های بی حفاظ (روباز) هادی
۳۹.....	۲۱-۱-۳ قسمت های برق دار
۴۰.....	۲۲-۱-۳ پتانسیل زمین
۴۰.....	۲۳-۱-۳ گرادیان پتانسیل (در یک نقطه از زمین)
۴۰.....	۲۴-۱-۳ دستگاه های سیار (قابل حمل)
۴۰.....	۲۵-۱-۳ قسمت هایی که به طور همزمان باهم قابل دسترسی هستند
۴۰.....	۲۶-۱-۳ تابلوی برق (مجموعه ای از تجهیزات قطع و وصل و کنترل)

۴۰.....	۳-۱-۲۷ حصار
۴۰.....	۳-۱-۲۸ کانال کابل
۴۱.....	۳-۱-۲۹ مدار (برقی در یک تأسیسات)
۴۱.....	۳-۱-۳۰ جریان طراحی (یک مدار)
۴۱.....	۳-۱-۳۱ جریان مجاز حرارتی (یک هادی)
۴۱.....	۳-۱-۳۲ اضافه جریان
۴۱.....	۳-۱-۳۳ جریان اضافه بار (یک مدار)
۴۱.....	۳-۱-۳۴ شدت جریان عملیاتی قراردادی (مربوط به یک وسیله حفاظتی)
۴۱.....	۳-۱-۳۵ بی بندی
۴۱.....	۳-۱-۳۶ اتصال بندی کابل
۴۱.....	۳-۱-۳۷ خطای سیستم زمین
۴۲.....	۳-۱-۳۸ انواع زمین کردن سیستم های الکتریکی
۴۲.....	۳-۲ ضرورت زمین کردن حفاظتی
۴۳.....	۳-۳ اهداف اختصاصی زمین کردن حفاظت تجهیزات
۴۳.....	۳-۴ دو مفهوم متفاوت از زمین حفاظتی
۴۵.....	۳-۵ تغییرات بوجود آمده در سیستمی نه به زمین وصل نیست
۴۷.....	فصل چهارم
۴۷.....	معرفی انواع سیستم های ارتینگ و الکترودهی اتصال زمین
۴۷.....	۴-۱ کلیات
۴۸.....	۴-۲ تشریح انواع سیستم های اتصال زمین
۴۸.....	۴-۲-۱ سیستم TN
۵۱.....	۴-۲-۲ سیستم TT
۵۲.....	۴-۲-۳ سیستم IT
۵۵.....	۴-۳ دسته بندی انواع الکترودهی اتصال به زمین
۵۵.....	۴-۳-۱ دسته بندی الکترودهی های زمین انشعاب فشار ضعیف
۵۶.....	۴-۳-۲ خوردگی الکترودهی در اثر همبندی با فلزات دیگر
۵۶.....	۴-۴ معرفی انواع الکترودهی زمین اساسی
۵۷.....	۴-۴-۱ الکترودهی صفحه ای
۵۹.....	۴-۴-۲ الکترودهی میله ای
۶۱.....	۴-۴-۳ الکترودهی تسمه ای

۴-۴-۴	الکتروود چمبره ای	۶۲
۴-۴-۵	الکتروودهای متفرقه:	۶۳
۴-۵	مشخصات کلی زمینی که الکتروود ارت در آن جای می گیرد	۶۴
۷۷	فصل پنجم	۷۷
۷۷	احداث چاه ارت	۷۷
۷۷	۱-۵ کلیات	۷۷
۷۷	۱-۱-۵ زمین و مقاومت الکتریکی آن	۷۷
۷۷	۲-۱-۵ حوزه ولتاژ الکتروود:	۷۷
۷۸	۳-۱-۵ مقاوم ویژه خاک:	۷۸
۷۸	۲-۵ نحوه مهیا نمودن خاک اطراف الکتروودها:	۷۸
۸۰	۳-۵ محل احداث الکتروود - زمین - آماده سازی خاک	۸۰
۸۳	فصل ششم	۸۳
۸۳	اندازه گیری مقاومت	۸۳
۸۳	۱-۶ کلیات	۸۳
۸۵	۲-۶ روش های اندازه گیری مقاومت سیستم زمین	۸۵
۸۵	۱-۲-۶ روش دو نقطه	۸۵
۸۸	۲-۲-۶ روش افت پتانسیل (FOP)	۸۸
۹۰	انواع روش های افت پتانسیل	۹۰
۹۰	۱-۲-۲-۶ روش کلاسیک	۹۰
۹۲	۲-۲-۲-۶ روش ۶۱۸٪	۹۲
۹۳	۳-۲-۲-۶ افت پتانسیل - روش ۶۱۸٪ و با استفاده از کلمپ CT	۹۳
۹۴	۴-۲-۲-۶ افت پتانسیل - روش شیب	۹۴
۹۶	۵-۲-۲-۶ افت پتانسیل - روش ۹۰°/۱۸۰°	۹۶
۹۷	۶-۲-۲-۶ اندازه گیری مقاومت به وسیله کلمپ بدون نیاز به الکتروود کمکی	۹۷
۱۰۱	۳-۶ اندازه گیری مقاومت مخصوص خاک	۱۰۱
۱۰۱	۱-۳-۶ کلیات	۱۰۱
۱۰۳	۲-۳-۶ روش چهار نقطه ای جهت اندازه گیری مقاومت ویژه خاک	۱۰۳
۱۰۵	فصل هفتم	۱۰۵
۱۰۵	اصول مقدماتی طراحی و اجرای صاعقه گیر	۱۰۵
۱۰۵	۷- کلیات	۱۰۵

۱-۷ تعاریف.....	۱۰۶
۱-۱-۷ سیستم حفاظت در برابر صاعقه (LPS).....	۱۰۶
۲-۱-۷ سیستم حفاظت بیرونی ساختمان.....	۱۰۶
۳-۱-۷ سیستم حفاظت درونی ساختمان.....	۱۰۷
۴-۱-۷ پایانه هوایی.....	۱۰۷
۵-۱-۷ پایانه زمینی.....	۱۰۷
۶-۱-۷ کلاس حفاظت LPL.....	۱۰۷
۷-۱-۷ ناحیه حفاظتی در برابر صاعقه LPZ.....	۱۱۰
۸-۱-۷ هاش های نزولی، ارتباطی یا میانی.....	۱۱۳
۹-۱-۷ سامانه حفاظت از میدان های الکترومغناطیس ناشی از صاعقه LEMP.....	۱۱۳
۱۰-۱-۷ سیستم حفاظت بیرونی ایزوله نسبت به فضای مورد حفاظت.....	۱۱۳
۱۱-۱-۷ سیستم حفاظت بیرونی غیر ایزوله نسبت به فضای مورد حفاظت.....	۱۱۳
۱۲-۱-۷ الکتروود زمین.....	۱۱۳
۱۳-۱-۷ الکتروود رینگ.....	۱۱۳
۱۴-۱-۷ الکتروود زمین فونداسیون.....	۱۱۴
۱۵-۱-۷ فاصله ایمن.....	۱۱۴
۱۶-۱-۷ پیوند هم پتانسیل.....	۱۱۴
۲-۷ انواع صاعقه گیر:.....	۱۱۴
۲-۲-۷ صاعقه گیر غیر فعال.....	۱۱۴
۱-۲-۷ صاعقه گیر میله ای فرانکلین.....	۱۱۴
۲-۲-۷ صاعقه گیر قفس فارادی.....	۱۱۵
۲-۲-۷ صاعقه گیر فعال.....	۱۲۳
۳-۷ انواع تکنیک های طراحی سیستم حفاظت در برابر صاعقه.....	۱۴۵
۱-۳-۷ روش زاویه حفاظتی.....	۱۴۵
۲-۳-۷ روش گوی غلتان.....	۱۵۱
۳-۳-۷ روش شبکه هادی ها.....	۱۵۴
پیوست الف.....	۱۵۶
پیوست ب.....	۱۷۱
اصطلاحات و تعاریف.....	۱۷۳
۱-۳ دستکش سرآستین پهن.....	۱۷۳

۱۷۴.....	۲-۳ دستکش کامپوزیت
۱۷۴.....	۳-۳ دستکش حالت دار
۱۷۴.....	۴-۳ سرآستین
۱۷۴.....	۵-۳ لبه سرآستین
۱۷۴.....	۶-۳ تخلیه مخرب
۱۷۴.....	۷-۳ الاستومر
۱۷۴.....	۸-۳ دستکش عایق الکتریکی
۱۷۵.....	۹-۳ پنجه دستکش
۱۷۵.....	۱۰-۳ شخص. موزن دیده و واجد شرایط
۱۷۵.....	۱۱-۳ ساق دستکش
۱۷۵.....	۱۲-۳ دستکش استرل
۱۷۵.....	۱۳-۳ دستکش بلند
۱۷۵.....	۱۴-۳ دستکش یکسره (بی انگشت)
۱۷۵.....	۱۵-۳ ولتاژ تامی سامانه
۱۷۵.....	۱۶-۳ کف دستکش
۱۷۶.....	۱۷-۳ ولتاژ آزمون مقاومت عایقی
۱۷۶.....	۱۸-۳ ولتاژ آزمون استقامت الکتریکی
۱۷۶.....	۱۹-۳ مچ دستکش
۱۷۶.....	۴- الزامات
۱۷۶.....	۱-۴ کلیات
۱۷۶.....	۲-۴ طبقه بندی
۱۷۷.....	۳-۴ الزامات فیزیکی
۱۷۷.....	۱-۳-۴ ترکیب
۱۷۷.....	۲-۳-۴ ابعاد
۱۷۹.....	۳-۳-۴ ضخامت
۱۷۹.....	۴-۳-۴ ساخت و پرداخت
۱۸۰.....	۴-۴ الزامات مکانیکی، محیطی و آب و هوایی
۱۸۱.....	۵-۴ الزامات الکتریکی
۱۸۱.....	۶-۴ نشانه گذاری
۱۸۲.....	۷-۴ بسته بندی

۱۸۲.....	۸-۴ دستورالعمل های استفاده.....
۱۸۲.....	۵ آزمون ها.....
۱۸۲.....	۵-۱ کلیات.....
۱۸۳.....	۵-۲ بازرسی چشمی و ابعادی.....
۱۸۳.....	۵-۲-۱ کلیات.....
۱۸۳.....	۵-۲-۲ طبقه بندی.....
۱۸۳.....	۵-۲-۳ ابعاد.....
۱۸۳.....	۵-۲-۴ ضخامت.....
۱۸۴.....	۵-۲-۵ ساخت و پرداخت.....
۱۸۴.....	۵-۳ سانه سازی.....
۱۸۴.....	۵-۳-۱ بازرسی چشمی و ابعادی.....
۱۸۴.....	۵-۳-۲ دوام نشانه گذاری.....
۱۸۴.....	۵-۴ بسته بندی و دستورالعمل های استفاده.....
۱۸۵.....	۵-۵ آزمون های مکانیکی.....
۱۸۵.....	۵-۵-۱ کلیات.....
۱۸۵.....	۵-۵-۲ استحکام کششی و ازدیاد طول در نقطه آرم.....
۱۸۵.....	۵-۵-۱-۲ آزمون نوعی.....
۱۸۶.....	۵-۵-۲-۲ آزمون های جایگزین در مورد آستین های کاملاً شده در فاز تولید.....
۱۸۷.....	۵-۵-۳ مقاومت در برابر سوراخ شدن مکانیکی.....
۱۸۷.....	۵-۵-۳-۱ آزمون نوعی.....
۱۸۹.....	۵-۵-۳-۲ آزمون های جایگزین در مورد دستکش های کامل شده در فاز تولید.....
۱۸۹.....	۵-۵-۴ برقرار ماندن اثر کشش.....
۱۸۹.....	۵-۵-۴-۱ آزمون نوعی.....
۱۹۰.....	۵-۵-۴-۲ آزمون های جایگزین در مورد دستکش های کامل شده در فاز تولید.....
۱۹۰.....	۵-۶ آزمون های دی الکتریک.....
۱۹۰.....	۵-۶-۱ آزمون های نوعی.....
۱۹۰.....	۵-۶-۱-۱ کلیات.....
۱۹۰.....	۵-۶-۱-۲ تجهیزات آزمون.....
۱۹۱.....	۵-۶-۱-۳ شاخص های خرابی.....
۱۹۱.....	۵-۶-۱-۴ روش انجام آزمون دی الکتریک ولتاژ.....

۱۹۱.....	۱-۴-۱-۶-۵ کلیات
۱۹۲.....	۲-۴-۱-۶-۵ آزمون مقاومت عایقی
۱۹۳.....	۳-۴-۱-۶-۵ آزمون استقامت الکتریکی
۱۹۴.....	۲-۶-۵ آزمون های جایگزین در مورد دستکش های کامل شده در فاز تولید
۱۹۴.....	۷-۵ آزمون کهنگی
۱۹۵.....	۸-۵ آزمون های حرارتی
۱۹۵.....	۱-۸-۵ آزمون دمای پایین
۱۹۷.....	۲-۸-۵ آزمون پایداری اشتعال
۱۹۷.....	۹-۵ آزمون پایداری دستکش با خواص ویژه
۱۹۷.....	۱-۹-۵ رده A - مقاومت در برابر اسید
۱۹۸.....	۲-۹-۵ رده H - مقاومت در برابر روغن
۱۹۹.....	۳-۹-۵ رده Z - مقاومت در برابر زنگ
۱۹۹.....	۴-۹-۵ رده C - مقاومت در برابر دمای پائین
۲۰۰.....	۵-۹-۵ رده F - مقاومت در برابر جریحه شستن
۲۰۰.....	۱-۵-۹-۵ شرایط آزمون عمومی
۲۰۰.....	۲-۵-۹-۵ چیدمان آزمون
۲۰۱.....	۳-۵-۹-۵ روش آزمون
۲۰۲.....	۱۰-۵ آزمون مکانیکی ویژه برای دستکش های کامپوزیت
۲۰۲.....	۱-۱۰-۵ مقاوم در برابر سایش
۲۰۳.....	۲-۱۰-۵ مقاومت در برابر برش
۲۰۳.....	۱-۲-۱۰-۵ کلیات
۲۰۷.....	۳- اصطلاحات و تعاریف
۲۰۷.....	۱-۳ پایپوش ضد الکتریسیته ساکن
۲۰۸.....	۲-۳ پایپوش های هادی برای کار با برق
۲۰۸.....	۴-۳ ناحیه کار با برق
۲۰۸.....	۵-۳ قسمت برق دار
۲۰۸.....	۶-۳ پایپوش عایق الکتریکی
۲۰۸.....	۷-۳ روکش عایق الکتریکی
۲۰۸.....	۸-۳ پایپوش مقاوم در برابر شوک الکتریکی
۲۰۹.....	۹-۳ ارتفاع پستایی

پیش گفتار

مرور آمار مرگ و میر حوادث ناشی از کار در دهه های گذشته حاکی از سهم عمده الکتریسیته در جان باختن ارزشمندترین سرمایه های ملی میهنمان می باشد. اداره کل ایمنی و بهداشت حرفه ای آمریکا^۱ حوادث برق گرفتگی را به عنوان سومین عامل مرگ و میر ناشی از کار دسته بندی کرده است. در ایران نیز مطابق گزارش مدیرکل روابط عمومی و امور بین الملل سازمان پزشکی قانونی در سال ۱۳۹۸، حوادث برق گرفتگی با قربانی کردن ۲۰۳ نفر، پس از سقوط از ارتفاع و اصابت جسم سخت، سومین عامل مرگ و میر در کشور به حساب می آید. از طرفی بشر توانسته است با استفاده از جریان برق موجبات آسایش و رفاه جوامع را پدید آورد. لذا بایستی تدبیری اندیشید تا ضمن بهره مندی از عواید الکتریسیته، بتوان از گرد آسیب های ناشی از آن در امان ماند.

بنیان ایمن سازی الکتریکال براساس زمین کردن و نیز متعاقباً همبندی هادی های فرعی می باشد. همچنین می توان به طور ایمن نمودن سازه ها، تجهیزات، امکانات و ... در برابر صاعقه، از استقرار سامانه های حفاظتی موسوم به سیستم یکپارچه صاعقه گیر^۲ منتفع گردید. بدین منظور در کتاب حاضر سعی شده تا ضمن تشریح مفهیم بنیادی الکتریسیته و نیز آثار و پیامدهای مواجهه با آن، به بررسی چگونگی استقرار و بازرس سیستم ارتینگ و سامانه های حفاظت در برابر صاعقه پرداخته شود.

در پایان نیز علاوه بر ارائه تصاویر مربوط به تجهیزات و انواع روش های اجرای سیستم حفاظت از صاعقه (پیوست الف)، به منظور ارتقاء سطح آشنایی خواننده در رابطه با تجهیزات حفاظت فردی الزامی در انجام عملیات الکتریکال، الزامات مربوط به دستکش های عایق الکتریکی (پیوست ب) و کفش یا بایپوش های عایق (پیوست ج) براساس استاندارد ملی ایران به شماره های ۸۳۲۱ و ۱۵۶۹۵-۱ ارائه شده است.

نگارندگان این کتاب عمیقاً بر این باورند که اثر حاضر عاری از ایراد نبوده و به گرمی دست تمامی اساتید، متخصصین و دست اندرکاران حوزه مهندسی بهداشت حرفه ای، برق و ... را می فشارند تا ضمن بررسی محتوای حاضر، ما را در بهبود هر چه بیشتر آن یاری دهند. لذا اگر در پست الکترونیکی HSE.Book2020@Gmail.Com به منظور بهره مندی از نظرات سریده اساتید گرامی معرفی می گردد.

با تقدیم احترامات فراوان

احسان آسیوندزاده-زینب جمالی زاده