



مبانی ایمنی برق، اتصال زمین و صاعقه

www.ketab.ir

مهندس محمد مرادی



چاپ

۱۴۰۰

- سرشناسه : مرادی، محمد، ۱۳۵۳ -
 عنوان و نام پدیدآور : مبانی ایمنی برق، اتصال زمین و صاعقه / محمد مرادی.
 مشخصات نشر : اصفهان : چهار باغ، ۱۴۰۰.
 مشخصات ظاهری : ۳۱۲ ص.
 شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۶۸۳۳-۴۷-۷ : ۹۵۰۰۰۰
 وضعیت فهرست نویسی : فیبا
 یادداشت : کتابنامه.
 موضوع : برق -- پیش‌بینی‌های ایمنی

Electricity -- Safety measures

برق -- حوادث و آسیب‌ها -- پیشگیری

Electrical injuries -- Prevention

برق گرفتگی

Electric shock

برق -- سیستم‌ها -- حفاظت

Electric power systems -- Protection

رده بندی کنگره : TK۱۵۲

رده بندی دیویی : ۳۰۲۸۹/۶۲۱

شماره کتابشناسی ملی : ۸۵۰۶۹۹۵

اطلاعات رکورد : فیبا

کتابشناسی



۳۷۷۳۶۳۰۰-۰۳۱

۱۱۷۰۵۰۹-۰۹۱۳

مبانی ایمنی برق، اتصال زمین و صاعقه

محمد مرادی

تیراز: ۱۰۰۰ نسخه / چاپ اول: ۱۴۰۰

طراح جلد: عارفه مرادی

صفحه آرا: مرضیه ضیایی

چاپ و صحافی: نگار اصفهان

مدیر تولید: سید ابوالحسن شفیعی‌اف

قیمت: ۹۵۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۸۳۳-۴۷-۷

www.Chaharbagh-pub.ir

فهرست مطالب

پیشگفتار	۲۵
فصل اول: آشنائی با مفاهیم اولیه ی برق	
۱-۱- مقدمه	۲۷
۱-۲- مفاهیم اولیه ی برق	۲۷
۱-۳- ساختار اتم	۲۸
۱-۴- اثر دوبار الکتریکی بر یکدیگر	۲۹
۱-۵- بارهای الکتریکی از کجا می آیند؟	۲۹
۱-۶- رسانا(هادی) و نارسانا(عایق)	۳۰
۱-۷- اختلاف پتانسیل الکتریکی (ولتاژ)	۳۲
۱-۸- مدار الکتریکی و جریان الکتریکی	۳۳
۱-۹- مقاومت الکتریکی	۳۴
۱-۱۰- ولتاژ مستقیم	۳۹
۱-۱۱- ولتاژ متناوب	۳۹
۱-۱۲- فرکانس (بسامد)	۴۰
۱-۱۳- تفاوت های ولتاژ، فرکانس و انواع پریورها کثوره های مختلف دنیا	۴۲
۱-۱۴- آشنائی با برخی از علائم اختصاری برق	۴۴
فصل دوم: خطرات ناشی از الکتریسته (برق گرفتگی)	
۲-۱- مقدمه	۴۷
۲-۲- خطرات ناشی از جریان برق	۴۷
۲-۲-۱- خطرات اولیه	۴۸
۲-۲-۲- خطرات ثانویه	۴۸
۲-۲-۱-۱- شوک الکتریکی (برق گرفتگی)	۴۸
الف- عارضه های شوک الکتریکی (برق گرفتگی)	۴۹
ب- دلایل ایجاد شوک الکتریکی (برق گرفتگی)	۴۹
ج- عوامل موثر در برق گرفتگی	۵۰
ج-۱- اختلاف پتانسیل (ولتاژ)	۵۰
ج-۲- شدت جریان الکتریکی	۵۱
ج-۳- مقاومت بدن انسان	۵۱
ج-۴- نوع جریان	۵۲
ج-۵- مسیر عبور جریان و سطح تماس	۵۳

ج-۶- مدت زمان عبور جریان برق.....	۵۴
ج-۷- فرکانس برق.....	۵۴
ج-۸- سایر عوامل.....	۵۵
د- انواع صدمات بر بدن در اثر برق گرفتگی.....	۵۵
د-۱- اختلال در سیستم قلب.....	۵۵
د-۲- اختلال در دستگاه عصبی.....	۵۷
د-۳- سوختگی شدید عمیقی و یا سطحی بدن.....	۵۸
د-۲-۱-۲- انواع سوختگی ناشی از برق گرفتگی.....	۵۸
د-۲-۱-۲-۱- سوختگی ناشی از حرارت (سوختگی ژول).....	۵۸
د-۲-۱-۲-۲- سوختگی ناشی از قوس الکتریکی.....	۵۹
د-۲-۱-۲-۳- آتش سوزی و انفجار.....	۶۰
د-۲-۱-۳-۱- آتش سوزی و انفجار ناشی از جرقه.....	۶۰
د-۲-۱-۳-۲- دلایل ایجاد آتش سوزی‌های الکتریکی.....	۶۰
د-۲-۱-۳-۱-۲- راه‌های جلوگیری از ایجاد آتش سوزی الکتریکی.....	۶۱
د-۲-۱-۳-۲-۲- آتش سوزی و انفجار ناشی از الکتریسته ساکن.....	۶۱
فصل سوم: الکتریسته‌ی ساکن	
۳-۱- مقدمه.....	۶۳
۳-۲- الکتریسته‌ی ساکن و الکتریسته‌ی جاری.....	۶۴
۳-۳- انرژی پتانسیل و جنبشی.....	۶۵
۳-۴- الکتریسته‌ی ساکن چگونه ایجاد می‌شود؟.....	۶۶
۳-۵- اثر الکتریکی مالشی.....	۶۶
۳-۶- سری الکتریسته‌ی مالشی (تریو الکتریک).....	۶۸
۳-۷- بررسی مکانیسم شروع با تخلیه‌ی الکتریسته‌ی ساکن.....	۶۹
۳-۷-۱- یونیزاسیون.....	۶۹
۳-۷-۲- تولید و جدائی بارهای ساکن.....	۷۰
۳-۸- کنترل یا کاهش خطرات الکتریسته‌ی ساکن.....	۷۲
۳-۹- نمونه‌های ایجاد الکتریسته‌ی ساکن.....	۷۴
۳-۹-۱- ایجاد الکتریسته‌ی ساکن حرکت اتومبیل‌ها در اثر تماس بدنه اتومبیل‌ها با مولکول‌های هوا.....	۷۴
۳-۹-۲- ایجاد الکتریسته‌ی ساکن در اثر تخلیه‌ی گاز طبیعی.....	۷۴
۳-۹-۳- ایجاد الکتریسته‌ی ساکن در سیستم‌های دارای تسمه‌ی نقاله.....	۷۴

- ۳-۹-۴- ایجاد الکتریسیته‌ی ساکن بر روی بدن انسان..... ۷۴
- ۳-۹-۵- ایجاد الکتریسیته‌ی ساکن بر اثر حمل دستی مایعات قابل اشتعال..... ۷۵
- ۳-۹-۶- ایجاد الکتریسیته‌ی ساکن بر اثر عبور مایعات از لوله‌های فلزی..... ۷۵
- ۳-۹-۷- ایجاد الکتریسیته‌ی ساکن بر اثر پرکردن بشکه‌ها یا مخازن و سوخت‌گیری خودروها..... ۷۵
- ۳-۱۰-۱- کاربرد الکتریسیته‌ی ساکن..... ۷۶
- ۳-۱۱-۱- بیشتر بدانیم..... ۷۷
- ۳-۱۱-۱-۱- میدان الکتریکی مخازن نفت‌کش‌ها..... ۷۷
- ۳-۱۱-۲- راه پیشگیری از الکتریسیته‌ی ساکن دربارگیری تانکرهای جاده‌ای..... ۷۷
- ۳-۱۱-۳- روش تخلیه‌ی الکتریسیته‌ی ساکن تانکرهای حمل سوخت..... ۷۸
- ۳-۱۱-۴- روش تخلیه‌ی الکتریسیته‌ی ساکن شیرهای نوع تویی در صنعت نفت..... ۷۸
- ۳-۱۲- نتیجه‌گیری..... ۷۹

فصل چهارم: حفاظت در برابر برق‌گرفتگی

- ۴-۱- مقدمه..... ۸۱
- ۴-۲- انواع روش‌های حفاظت الکتریکی..... ۸۱
- ۴-۳- روش‌های ایجاد حفاظت الکتریکی..... ۸۱
- ۴-۳-۱- حفاظت در برابر تماس مستقیم..... ۸۲
- ۴-۳-۱-۱- حفاظت با عایق بندی قسمت‌های برق‌دار قابل دسترس..... ۸۲
- بیشتر بدانیم..... ۸۳
- ۴-۱- کلاس‌های حفاظتی تجهیزات الکتریکی..... ۸۳
- کلاس ۰..... ۸۴
- کلاس ۰۱..... ۸۴
- کلاس ۱..... ۸۵
- کلاس ۲..... ۸۵
- کلاس ۳..... ۸۵
- ۴-۲- کلاس عایقی (Insulation Class)..... ۸۶
- ۴-۳-۱-۲- حفاظت با موانع و محفظه‌ها و یا ایجاد حصار..... ۸۸
- ۴-۳-۱-۳- حفاظت با استقرار در خارج محدوده‌ی دسترس..... ۹۰
- ۴-۳-۱-۴- کاهش مدت زمان عبور جریان برق با استفاده از کلید محافظ جان..... ۹۰
- ۴-۳-۱-۴-۱- اساس کار محافظ جان..... ۹۱
- ۴-۳-۱-۴-۲- مدار محافظ جان..... ۹۲
- ۴-۳-۱-۴-۳- مکانیسم عملکرد کلید محافظ جان (RCD)..... ۹۴

- ۹۵..... ۴-۳-۱-۴-۴-۴ انواع کلید محافظ جان
- ۹۶..... ۴-۳-۱-۴-۴-۱ کلید محافظ جان RCD
- ۹۷..... ۴-۳-۱-۴-۴-۲ کلید محافظت کامل از افراد و تجهیزات RCCB
- ۹۸..... ۴-۳-۱-۴-۴-۳ کلید RCBO
- ۹۸..... ۴-۳-۱-۴-۵-۵ عیب یابی کلید محافظ جان
- ۱۰۲..... ۴-۳-۱-۵-۵-۵ استفاده از منابع تغذیه با ولتاژ ایمنی بسیار پایین
- ۱۰۲..... ۴-۳-۱-۵-۱-۱ منابع تغذیه SELV (ولتاژ بسیار پایین ایمنی)
- ۱۰۲..... ۴-۳-۱-۵-۲-۲ منابع تغذیه PELV (ولتاژ بسیار پایین حفاظتی)
- ۱۰۳..... ۴-۳-۱-۵-۳-۳ منابع تغذیه FELV (ولتاژ بسیار پایین عملیاتی)
- ۱۰۴..... ۴-۳-۲- حفاظت در برابر تماس غیر مستقیم
- ۱۰۵..... ۴-۳-۲-۱- حفاظت با استفاده از هادی حفاظتی (ارت)
- ۱۰۸..... ۴-۳-۲-۲- حفاظت با عایق بندی مضاعف یا دوبل
- ۱۰۹..... ۴-۳-۲-۳- حفاظت با استفاده از عایق کردن محیط
- ۱۱۱..... ۴-۳-۲-۴- حفاظت با استفاده از هم بندی هم ولتاژ کننده
- ۱۱۲..... ۴-۳-۲-۵- حفاظت با استفاده از جداسازی الکتریکی توسط ترانسفورماتور ایزوله
- ۱۱۴..... ۴-۳-۳- حفاظت در مقابل اضافه جریانی
- ۱۱۵..... ۴-۳-۴- حفاظت در مقابل اضافه ولتاژ
- ۱۱۶..... ۴-۳-۱-۴- تجهیزات حفاظت در مقابل اضافه ولتاژ در تابلوهای برق فشار ضعیف
- ۱۱۷..... ۴-۳-۱-۱-۴- رله کنترل ولتاژ
- ۱۱۸..... ۴-۴- درجه حفاظت تجهیزات الکتریکی (IP)
- فصل پنجم: اتصال زمین**
- ۱۲۱..... ۵-۱- مقدمه
- ۱۲۱..... ۵-۲- سیستم اتصال زمین (ارت) چیست؟
- ۱۲۳..... ۵-۳- استفاده از زمین به عنوان مسیر برگشت جریان
- ۱۲۳..... ۵-۴- مزایای اتصال زمین
- ۱۲۳..... ۵-۵- انواع سیستم اتصال زمین
- ۱۲۴..... ۵-۱-۵- اتصال زمین الکتریکی
- ۱۲۵..... ۵-۲-۵- اتصال زمین حفاظتی (ایمنی)
- ۱۲۸..... ۵-۶- تفاوت زمین حفاظتی و زمین الکتریکی
- ۱۲۸..... ۵-۷- مقاومت ویژه خاک (زمین)
- ۱۲۹..... ۵-۸- نحوه ی اندازه گیری مقاومت خاک

۱۳۱	۹-۵-مقاومت اتصال زمین.....
۱۳۱	۱۰-۵-نحوه‌ی اندازه‌گیری مقاومت اتصال زمین.....
۱۳۳	۱۱-۵-انواع الکترودهای زمین.....
۱۳۳	۱-الکترودهای مصنوعی.....
۱۳۳	۲-الکترودهای طبیعی.....
۱۳۳	۱-۲-الکترودهای صفحه‌ای.....
۱۳۴	۲-۲-الکترودهای میله‌ای(قائم).....
۱۳۸	۳-۲-الکترودهای افقی(تسمه یا هادی گرد).....
۱۴۰	۴-۲-الکترودهای مش.....
۱۴۱	۵-۲-مقاومت الکترودهای میله‌ای مدفون در موادی با مقاومت ویژه کم(مواد کاهنده).....
۱۴۲	۱۲-۵-انواع مواد کاهنده مقاومت خاک.....
۱۴۲	۱-۱۲-۵-مواد کاهنده‌ی مقاومت پایه رسی (مانند بنتونیت).....
۱۴۳	۲-۱۲-۵-الکترولیت‌های پایه بتنی.....
۱۴۳	۱-۲-۱۲-۵-بتن.....
۱۴۳	۲-۲-۱۲-۵-مواد کاهنده‌ی مقاومت GIM.....
۱۴۴	۳-۲-۱۲-۵-مواد کاهنده‌ی مقاومت LOM.....
۱۴۴	۴-۲-۱۲-۵-مواد کاهنده‌ی مقاومت مارکولیت.....
۱۴۴	۵-۲-۱۲-۵-سیمان هادی.....
۱۴۴	۳-۱۲-۵-مواد کاهنده‌ی مقاومت پایه پلیمری.....
۱۴۵	۱۳-۵-انواع سیستم‌های توزیع نیروی برق از نظر اتصال به زمین.....
۱۴۶	۱-۱۳-۵-سیستم TN.....
۱۴۶	۱-۱-۱۳-۵-سیستم TN-S.....
۱۴۷	۲-۱-۱۳-۵-سیستم TN-C.....
۱۴۸	۳-۱-۱۳-۵-سیستم TN-C-S.....
۱۴۸	۲-۱۳-۵-سیستم TT.....
۱۴۹	۳-۱۳-۵-سیستم IT.....
۱۵۱	۱۴-۵-سیستم منتخب توزیع نیروی برق از نظر اتصال به زمین.....
۱۵۱	۱۵-۵-بازرسی دوره‌ای دستگاه‌های ارت و هم‌بندی.....
	فصل ششم: وسایل حفاظتی تجهیزات الکتریکی
۱۵۳	۱-۶-مقدمه.....
۱۵۳	۲-۶-وسایل حفاظتی تجهیزات الکتریکی.....

- ۱۵۳ ۱-۲-۶- فیوز
- ۱۵۴ ۱-۱-۲-۶- نحوه‌ی عملکرد فیوز
- ۱۵۴ ۲-۱-۲-۶- انواع مشخصات فیوز
- ۱۵۵ ۳-۱-۲-۶- انتخاب نوع فیوز
- ۱۵۶ ۴-۱-۲-۶- علامت گذاری فیوزها
- ۱۵۸ ۵-۱-۲-۶- مشخصات فنی فیوزها
- ۱۵۸ ۶-۱-۲-۶- دسته بندی فیوزها از نظر زمان قطع
- ۱۵۸ ۷-۱-۲-۶- انواع فیوز از نظر ساختار
- ۱۵۹ ۱-۷-۱-۲-۶- فیوز فشنگی یا فیوز بوکس یا LS
- ۱۶۰ ۲-۷-۱-۲-۶- فیوز کاردی (تیغه‌ای) یا فیوز NH یا HRC
- ۱۶۰ ۳-۷-۱-۲-۶- فیوز اتوماتیک (آلفا)
- ۱۶۱ ۴-۷-۱-۲-۶- فیوز شیشه‌ای
- ۱۶۳ ۵-۷-۱-۲-۶- کلید فیوز
- ۱۶۴ ۲-۲-۶- کلید مینیاتوری (MCB)
- ۱۶۶ ۱-۲-۲-۶- انواع کلید مینیاتوری
- ۱۶۶ ۱-۱-۲-۲-۶- کلید مینیاتوری نوع B پوششایی
- ۱۶۷ ۲-۱-۲-۲-۶- کلید مینیاتوری نوع C موتوری
- ۱۶۷ ۳-۱-۲-۲-۶- کلید مینیاتوری نوع D ترانسفورماتور
- ۱۶۸ ۴-۱-۲-۲-۶- کلید مینیاتوری نوع k قدرت
- ۱۶۸ ۵-۱-۲-۲-۶- کلید مینیاتوری نوع Z بسیار حساس
- ۱۶۹ ۲-۲-۲-۶- منحنی قطع جریان انواع کلیدهای مینیاتوری
- ۱۶۹ ۳-۲-۶- کلید اتوماتیک (MCCB)
- ۱۷۰ ۱-۳-۲-۶- ساختار کلید اتوماتیک
- ۱۷۰ ۲-۳-۲-۶- رنج جریان کلید اتوماتیک
- ۱۷۰ ۳-۳-۲-۶- قدرت قطع کلید اتوماتیک
- ۱۷۱ ۴-۳-۲-۶- دسته بندی کلیدهای اتوماتیک از نظر قابلیت تنظیم
- ۱۷۱ ۵-۳-۲-۶- حفاظت کلید اتوماتیک
- ۱۷۱ ۴-۲-۶- کلید حرارتی یا کلید محافظ موتور (MPCB)
- ۱۷۲ ۱-۴-۲-۶- مشخصات کلید حرارتی یا محافظ موتور
- ۱۷۲ ۲-۴-۲-۶- قابلیت‌های کلید حرارتی یا محافظ موتور
- ۱۷۲ ۳-۴-۲-۶- کاربرد کلید محافظ موتور

۱۷۳	- در مورد کلید مینیاتوری بیشتر بدانیم.....
	فصل هفتم: آشنایی با تجهیزات ایمنی برق (انواع لوازم حفاظت فردی)
۱۷۷	۱-۷- مقدمه.....
۱۷۷	۱-۱-۷- انواع تجهیزات ایمنی.....
۱۷۷	۲-۱-۷- ویژگی های عمومی تجهیزات فردی و گروهی.....
۱۷۸	۲-۷- انواع لوازم حفاظت فردی.....
۱۷۸	۱-۲-۷- دستکش های کار.....
۱۷۹	۱-۱-۲-۷- دستکش ایمنی برق.....
۱۸۱	۱-۲-۷-۱-۱- مشخصات مهم یک دستکش عایقی برق.....
۱۸۱	۲-۱-۲-۷- رنگ بندی، سطح ولتاژ عایقی، ضخامت و تست دستکش های عایقی برق.....
۱۸۳	بیشتر بدانیم: تلمبه آزمایش پنوماتیکی دستکش های عایق برق.....
۱۸۳	۱-۲-۷-۱-۳- مقاومت دستکش های عایقی در برابر عوامل زیست محیطی و نحوه ی انتخاب سایز دستکش.....
۱۸۴	۲-۷-۱-۱-۴- نکات مورد توجه در استفاده دستکش های عایقی برق.....
۱۸۸	۲-۲-۷- لباس کار.....
۱۸۸	۱-۲-۲-۷- شرایط انتخاب لباس کار.....
۱۸۸	۲-۲-۲-۷- لباس برقکاران.....
۱۸۹	۳-۲-۷- کفش کار.....
۱۹۰	۱-۳-۲-۷- خصوصیات کفش ایمنی.....
۱۹۲	۲-۳-۲-۷- کفش ایمنی برقکاران.....
۱۹۳	۴-۲-۷- کلاه ایمنی.....
۱۹۴	۱-۴-۲-۷- قسمت های مختلف کلاه ایمنی.....
۱۹۵	۲-۴-۲-۷- رنگ کلاه ایمنی.....
۱۹۷	۳-۴-۲-۷- کلاه ایمنی برق کاران.....
۱۹۸	۴-۴-۲-۷- چند نکته درباره کلاه ایمنی.....
۱۹۹	۵-۴-۲-۷- عینک حفاظتی.....
۱۹۹	۶-۲-۷- ابزارهای دستی (انبردست، آچار، پیچ گوشتی).....
۲۰۱	۷-۲-۷- فاز متر فشار ضعیف.....
۲۰۲	۸-۲-۷- تستر ولتاژ (فازمتر دوبل).....
۲۰۳	۹-۲-۷- فیوز کش فشار ضعیف.....
۲۰۳	۱۰-۲-۷- کف پوش عایق برق.....

"... وَ مَنْ أَحْيَاهَا فَكَأَنَّمَا أَحْيَا النَّاسَ جَمِيعًا ..."

"...هر کس انسانی را از مرگ رهایی بخشد، چنان است که گویی همه مردم را زنده داشته است..."

سوره مائده-آیه ۳۲

"عقل، به آموزش و ایمنی فکر می کند و نادان، به غرور خود."

پیشگفتار

انرژی الکتریکی از نظر انعطاف پذیری در تبدیل و روش های انتقال منحصر به فردش، جایگاه ویژه ای در میان دیگر انرژی ها به خود اختصاص داده، رفاه و آسایش فراگیری را برای بشر به همراه داشته و آن چنان در زندگی انسان ها رسوخ نموده، به طوری که ادامه ی حیات بدون برق تقریباً غیر ممکن شده است. اما کاربرد وسیع نیروی برق، خطراتی را نیز برای کاربران آن در پی خواهد داشت. عدم رعایت نکات ایمنی توسط کاربران می تواند پدیدآورنده ی حوادث ناخوشایندی باشد که بعضاً می تواند موجب مرگ آن ها نیز شود. بدون رعایت نکات ایمنی، گاه حتی یک تعویض لامپ ساده هم می تواند مخاطره آمیز بوده و مقدمه ی بروز یک حادثه ای تلخ باشد.

هرساله تعدادی از هموطنان دچار برق گرفتگی می شوند. بر اساس آمار سازمان پزشکی قانونی کشور، تلفات برق گرفتگی بهال های اخیر، همواره افزایشی بوده است. به عنوان نمونه در سال ۱۳۹۹، میزان حوادث برق گرفتگی منجر به فوت در کشور ۷۳۹ نفر گزارش شده است. از این تعداد ۷۳ نفر زن و ۶۶۶ نفر مرد هستند. به ترتیب استان های تهران (۱۱۱ نفر)، خوزستان (۹۱ نفر)، فارس (۵۹ نفر)، مازندران (۴۷ نفر)، کرمان (۳۶ نفر) و اصفهان (۳۲ نفر) بالاترین آمار قربانیان حوادث برق گرفتگی در کشور را داشته اند. میانگین تلفات برق گرفتگی سال ۱۳۹۹ نسبت به مدت مشابه در سال ۱۳۹۸ (۶۶۹ نفر)، حدود ۱۱ درصد افزایش یافته است. همچنین ۸ درصد میزان از دست رفتن جان انسان ها در محیط های کاری، بر اثر برق گرفتگی اتفاق می افتد. در برخی موارد به علت غفلت و کم توجهی یا عدم آگاهی، چنان خسارات قابل توجهی پیش می آید که جبران آن به راحتی امکان پذیر نیست.

در چنین شرایطی شناخت حداقل چگونگی استفاده و بهره برداری از آن برای تمام انسان ها به منظور حفظ جان خود و حقوق دیگران لازم و ضروری می باشد. آشنایی به نکات ایمنی نه تنها برای دست اندرکاران صنعت برق، تکنسین ها و کارگران برق لازم بوده بلکه برای کارمندان بخش های اداری هم که به طور غیرمستقیم با جریان برق سروکار دارند (به نوعی در معرض خطرات ناشی از جریان الکتریکی قرار می گیرند) مفید خواهد بود.