

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

حفاظت کاربردی سیستم‌های الکتریکی

مؤلفین:

سجاد دادفر، سید اعتضاد مقیمی، مسعود صادقی خمایی

شرکت مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران (توانیر)

سید میثم عزتی

شرکت مدیریت شبکه برق ایران

مقداد انصاریان

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام (د^ه)

بازنگری:

کیوان عراقی

عنوان و نام پدیدآور : حفاظت کاربردی سیستم های الکتریکی / مؤلفین سجاد دادفر... [و دیگران]، بازننگری کیوان عراقی
 مشخصات نشر : تهران: سها دانش، ۱۳۹۴
 مشخصات ظاهری : ۱۲۰ ص. : مصور. جدول.
 شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۸۷۹۵-۶۵-۳
 وضعیت فهرست نویسی : فیبا.
 یادداشت : سجاد دادفر، سید اعتضاد مقیمی، مسعود صادقی خمایی، سید میثم عزتی، مقداد انصاریان.
 یادداشت : کتابنامه: ص. ۱۲۰.
 موضوع : برق- شبکه ها- حفاظت
 شناسه افزوده : دادفر، سجاد، ۱۳۶۳-
 شناسه افزوده : عراقی، کیوان
 رده بندی کنگره : TK۴۵۴/ح۷ ۱۳۹۴
 رده بندی دیویی : ۶۲۱/۶۱۹۲
 شماره کتابشناسی ملی : ۴۰۲۵۱۳۸

این اثر مشمول قانون حمایت مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است هرکس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر، نشر یا پخش کند مورد پیگیری قانونی قرار خواهد گرفت.

تلفن و فکس : ۳-۶۶۵۶۹۸۸۱

۶۶۹۲۳۲۳۲

موبایل: ۰۹۱۲۱۲۶۱۴۱۹

مرکز پخش : میدان انقلاب - اول کارگر جنوبی - کوچه رشتچی - روبروی دانشگاه علمی کاربردی - پلاک ۹



عنوان حفاظت کاربردی سیستم های الکتریکی
 مؤلفین سجاد دادفر، سید اعتضاد مقیمی، مسعود صادقی خمایی، سید میثم عزتی، مقداد انصاریان
 ناشر سها دانش (عضو انجمن ناشران دانشگاهی)
 سال چاپ ۱۳۹۴
 نوبت چاپ اول
 تیراژ ۲۰۰
 قیمت ۱۲۰۰۰۰ ریال

ISBN: 978-964-8795-65-3

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۸۷۹۵-۶۵-۳

فروشگاه شماره ۱: میدان انقلاب-بازار بزرگ کتاب- طبقه زیرین- پلاک ۲ - کتابفروشی سخنکده

ارسال انواع کتاب به تمام نقاط ایران تلفن : ۰۲۱-۶۶۴۰۸۰۰۰ (خط ۱۰) www.ajansketab.com

فروشگاه شماره ۲: میدان انقلاب - ضلع جنوب شرقی - پلاک ۹ - کتابفروشی راه اندیشه - تلفن: ۶۶۴۷۵۷۹۸

فروشگاه شماره ۳: میدان انقلاب - بین خیابان اردیبهشت (منبری جاوید) و ۱۲ فروردین - کتابسرای اندیشه - طبقه همکف

واحد ۲ سمت راست - کتابفروشی آکادمی سنجش ۲ - تلفن: ۶۶۴۹۲۶۶۳

www.sohadanesh.ir

فروشگاه اینترنتی:

فهرست مطالب

فصل ۱- کلیات

- ۱-۱ مقدمه..... ۹
- ۱-۲ اصول کلی..... ۹

فصل ۲- سیستم‌های اتصال زمین

- ۲-۱ مقدمه..... ۱۱
- ۲-۲ انواع سیستم اتصال زمین..... ۱۱
- ۲-۳ مشکلات و معیارهای انتخاب..... ۱۱
- ۲-۴ بدون اتصال زمین..... ۱۲
- ۲-۴-۱ مزایا..... ۱۳
- ۲-۴-۲ معایب..... ۱۳
- ۲-۴-۳ کاربردها..... ۱۳
- ۲-۵ اتصال زمین همراه با مقاومت..... ۱۳
- ۲-۵-۱ مزایا..... ۱۴
- ۲-۵-۲ معایب..... ۱۴
- ۲-۵-۳ کاربردها..... ۱۵
- ۲-۵-۴ مقاومت اتصال زمین..... ۱۵
- ۲-۵-۵ حفاظت‌ها..... ۱۵
- ۲-۶ اتصال زمین راکتانس..... ۱۶
- ۲-۷ اتصال زمین راکتانس جبرانی..... ۱۶
- ۲-۷-۱ مزایا..... ۱۷
- ۲-۷-۲ معایب..... ۱۷
- ۲-۷-۳ حفاظت..... ۱۷
- ۲-۸ اتصال زمین مستقیم..... ۱۸
- ۲-۸-۱ کاربرد..... ۱۸

فصل ۳- جریان‌های اتصال کوتاه

- ۳-۱ مقدمه..... ۱۹
- ۳-۲ تعاریف..... ۲۰
- ۳-۳ اتصال کوتاه فاز به فاز..... ۲۱
- ۳-۴ جریان اتصال کوتاه فاز به زمین (تک‌فاز)..... ۲۲
- ۳-۵ جریان‌های اتصال کوتاه در ترمینال‌های ژنراتور..... ۲۳
- ۳-۶ محاسبه جریان‌های اتصال کوتاه..... ۲۴
- ۳-۷ رفتار تجهیزات طی اتصال کوتاه..... ۲۵
- ۳-۷-۱ تجهیزات پسیو..... ۲۵
- ۳-۷-۲ تجهیزات اکتیو..... ۲۵

فصل ۴- تمایز

۲۷	۴-۱ مقدمه.....
۲۷	۴-۲ تمایز جریانی.....
۲۸	۴-۳ تمایز زمانی.....
۳۰	۴-۴ کاربرد تمایز زمانی.....
۳۲	۴-۵ انتخاب منطقی.....
۳۴	۴-۵-۱ مزیت.....
۳۴	۴-۶ تمایز جهت‌دار.....
۳۵	۴-۷ تمایز حفاظت گزینشی.....

فصل ۵- حفاظت سیستم الکتریکی

۳۷	۵-۱ مقدمه.....
۳۷	۵-۲ سیستم الکتریکی با خط ورودی منفرد.....
۳۷	۵-۲-۱ خطاهای فاز به فاز.....
۳۸	۵-۲-۲ خطاهای فاز به زمین.....
۴۰	۵-۲-۳ اتصال زمین توسط مقاومت روی باس بار.....
۴۱	۵-۲-۴ نقطه نوترال بدون اتصال زمین.....
۴۱	۵-۳ سیستم دارای دو خط ورودی.....
۴۱	۵-۳-۱ خطاهای فاز به فاز.....
۴۳	۵-۳-۲ خطاهای فاز به زمین.....
۴۴	۵-۴ باس بارها.....
۴۵	۵-۵ سیستم حلقوی باز- سیستم حلقوی بسته.....
۴۵	۵-۵-۱ حفاظت در رأس حلقه.....
۴۶	۵-۵-۲ حفاظت حلقه.....
۴۸	۵-۵-۳ حفاظت اضافه جریان جهت‌دار و اضافه جریان.....
۴۸	۵-۵-۴ حفاظت دیستانس.....

فصل ۶- حفاظت ترانسفورماتور

۴۹	۶-۱ مقدمه.....
۴۹	۶-۲ انواع خطاها.....
۵۱	۶-۳ تجهیزات حفاظتی.....
۵۱	۶-۳-۱ اضافه بارها.....
۵۱	۶-۳-۲ اتصالات کوتاه.....
۵۳	۶-۳-۳ خطاهای بدنه مخزن.....
۵۵	۶-۴ نمونه‌هایی از حفاظت ترانسفورماتور.....

حفاظت کاربردی سیستم‌های الکتریکی

فصل ۷- حفاظت موتور

۵۷	۷-۱ مقدمه.....
۵۷	۷-۲ انواع خطاها.....
۵۷	۷-۲-۱ خطاهای مربوط به بار متحرک.....
۵۸	۷-۲-۲ خطاهای منبع تغذیه.....
۵۹	۷-۲-۳ خطاهای داخلی موتور.....
۵۹	۷-۳ تجهیزات حفاظتی موتور.....
۵۹	۷-۳-۱ اضافه بارها.....
۵۹	۷-۳-۲ زمان راه‌اندازی بیش از حد و روتور قفل شده.....
۵۹	۷-۳-۳ راه‌اندازی ساعتی.....
۶۰	۷-۳-۴ تخلیه انرژی پمپ.....
۶۰	۷-۳-۵ توان بازگشتی.....
۶۰	۷-۳-۶ افت ولتاژ.....
۶۰	۷-۳-۷ عدم تعادل.....
۶۱	۷-۳-۸ اتصالات کوتاه فاز به فاز.....
۶۲	۷-۳-۹ خطاهای بدنه.....
۶۲	۷-۳-۱۰ قطع میدان تحریک.....
۶۸	۷-۴ نمونه‌های حفاظت موتور.....

فصل ۸- حفاظت ژنراتور AC

۶۵	۸-۱ مقدمه.....
۶۵	۸-۲ انواع خطاها.....
۶۶	۸-۲-۱ خطای فاز به بدنه داخلی.....
۶۶	۸-۲-۲ قطع میدان تحریک.....
۶۶	۸-۲-۳ عملکرد شبیه موتور.....
۶۶	۸-۲-۴ تغییرات ولتاژ و فرکانس.....
۶۷	۸-۳ تجهیزات حفاظتی.....
۶۷	۸-۳-۱ اضافه بارها.....
۶۷	۸-۳-۲ عدم تعادل.....
۶۷	۸-۳-۳ اتصالات کوتاه فاز به فاز خارجی.....
۶۸	۸-۳-۴ اتصالات کوتاه فاز به فاز داخلی.....
۶۸	۸-۳-۵ خطای بدنه استاتور.....
۶۹	۸-۳-۶ خطاهای بدنه روتور.....
۶۹	۸-۳-۷ قطع میدان تحریک.....
۶۹	۸-۳-۸ عملکرد شبیه موتور.....

حفاظت کاربردی سیستم‌های الکتریکی

- ۸-۳-۹ تغییرات ولتاژ و فرکانس ۷۰
- ۸-۴ نمونه‌هایی از کاربردها ۷۰

فصل ۹- حفاظت خازن

- ۹-۱ مقدمه ۷۳
- ۹-۲ انواع خطاها ۷۴
- ۹-۳ تجهیزات حفاظتی ۷۵
- ۹-۳-۱ اضافه بارها ۷۵
- ۹-۳-۲ اتصالات کوتاه ۷۶
- ۹-۳-۳ خطاهای بدنه ۷۶
- ۹-۳-۴ اتصالات کوتاه اجزاء بانک خازنی ۷۶
- ۹-۴ نمونه‌ای از حفاظت بانک خازنی ۷۶

فصل ۱۰- تجهیزات اندازه‌گیری

- ۱۰-۱ مقدمه ۷۹
- ۱۰-۲ ترانسفورماتورهای جریان ۷۹
- ۱۰-۲-۱ ولتاژ ترانسفورماتور جریان ۸۰
- ۱۰-۲-۲ نسبت تبدیل نامی ۸۰
- ۱۰-۲-۳ سطح دقت ۸۰
- ۱۰-۲-۴ سطح دقت توان ۸۱
- ۱۰-۲-۵ جریان زمان کوتاه قابل قبول ۸۱
- ۱۰-۲-۶ مقادیر استاندارد جریان‌های نامی ۸۱
- ۱۰-۳ رفتار ترانسفورماتور جریان در وضعیت اشباع ۸۱
- ۱۰-۴ نتیجه‌گیری ترانسفورماتورهای جریان ارسال‌کننده جریان به تجهیز حفاظتی اضافه جریان ۸۲
- ۱۰-۵ تجهیزات اندازه‌گیری جریان «باند پهن» خاص ۸۲
- ۱۰-۶ تجهیزات اندازه‌گیری حفاظت خطای زمین ۸۲
- ۱۰-۷ تجهیزات اندازه‌گیری حفاظت دیفرانسیل ۸۳
- ۱۰-۸ ترانسفورماتورهای ولتاژ ۸۴

فصل ۱۱- مفاهیم حفاظتی ریزش‌بکه

- ۱۱-۱ مقدمه ۸۵
- ۱۱-۲ جزیره‌ای شدن: جدا از شبکه ۸۸
- ۱۱-۲-۱ سناریوهای جزیره‌ای متفاوت ۸۸
- ۱۱-۲-۱-۱ جداسازی سریع از فیدرهای خط‌آدار ۸۸
- ۱۱-۲-۱-۲ جداسازی نادرست ۹۰

حفاظت کاربردی سیستم های الکتریکی

۹۱	۱۱-۲-۱-۳ جداسازی در شرایط فقدان خطا
۹۲	۱۱-۲-۱-۴ جداسازی ریزشبکه ارسال کننده توان
۹۳	۱۱-۲-۱-۵ سنکرون سازی مجدد
۹۳	۱۱-۳ مفاهیم حفاظتی ریزشبکه جزیره ای
۹۳	۱۱-۳-۱ حفاظت سیستم توزیع ریزشبکه
۹۳	۱۱-۳-۱-۱ سیستم حفاظتی MV برای ریزشبکه
۹۶	۱۱-۳-۱-۲ نیازمندی های رفع خطای فشارضعیف
۹۷	۱۱-۳-۱-۳ وجود منابع تولید پراکنده در یک ریزشبکه
۹۸	۱۱-۳-۲ حفاظت از منابع تولید پراکنده
۹۸	۱۱-۳-۲-۱ بهبود محدوده های فرکانس و ولتاژ
۹۹	۱۱-۳-۲-۲ ضد جزیره ای شدن
۹۹	۱۱-۳-۲-۳ حذف بار و مدیریت سمت تقاضا
۱۰۱	۱۱-۳-۳ الزامات NEC برای حفاظت ترانسفورماتور توزیع
۱۰۱	۱۱-۳-۴ الزامات اتصال به زمین نوترال
۱۰۲	۱۱-۳-۴-۱ گزینه های مختلف اتصال ترانسفورماتور
۱۰۶	۱۱-۳-۴-۲ انتخاب سیستم متصل به زمین
۱۰۶	۱۱-۴ خلاصه فصل

پیوست

۱۰۸	جدول الف-۱ کد تجهیزات بر طبق استاندارد ANSI و IEEE
۱۱۶	جدول الف-۲ تجهیزات کمکی
۱۱۶	جدول الف-۳ پارامترهای تحریک
۱۱۷	جدول الف-۴ تجهیزات اصلی
۱۱۸	جدول الف-۵ بخش های تجهیز اصلی
۱۱۸	جدول الف-۶ سایر حروف پسوند
۱۱۹	جدول الف-۷ وضعیت پیش فرض تجهیزات
۱۲۰	مراجع

حفاظت کاربردی سیستم‌های الکتریکی

پیش‌گفتار

نظر به اهمیت موضوع حفاظت در بهره‌برداری شبکه‌های الکتریکی و پایش مستمر وضعیت شبکه همراه با حفاظت تجهیزات و نیروی انسانی، حفظ قابلیت اطمینان و کیفیت توان، ارائه طرح‌هایی که بیشترین تطابق را بین مشخصه خطاها و رله‌ها دارا بوده و اقدام به تشخیص وضعیت نامطلوب و جداکردن آن از شبکه نمایند، از سوی مهندسين حفاظت امری ضروری است. علاوه بر آن احتمال بروز اغتشاش در عملکرد خود رله نیز حائز اهمیت است که ایجاد تعامل بین مزایا و معایب استفاده از طرح‌های حفاظتی گوناگون را نیز بایستی در نظر گرفت.

تجربه بیش از دو دهه فعالیت اجرایی در حوزه صنعت برق و همچنین احساس نیاز به وجود کتاب با رویکرد کاربردی جهت استفاده مهندسين و دانش‌آموختگان برق، موجبات گردآوری و تدوین کتاب حاضر را فراهم کرده است.

کتاب حاضر در سه بخش گردآوری و تدوین گردیده است. بخش نخست شامل کلیات، سیستم‌های اتصال زمین، اتصالات کوتاه، حفاظت ترانسفورماتور، موتور، ژنراتور، خازن و تجهیزات اندازه‌گیری می‌باشد. با توجه به گسترش روزافزون بکارگیری منابع تولید پراکنده در بهره‌برداری شبکه، بخش دوم کتاب به بیان اصول و مفاهیم حفاظت ریزشکها پرداخته است. نظر به آن که کتاب با رویکرد کاربردی تدوین گردیده است، در بخش سوم کدهای عملیاتی حفاظت مطابق با استانداردهای IEEE و ANSI در قالب جداول پیوست ارائه گردیده است.

کتاب بر روی مفاهیم اصلی طرح‌های عملی و کاربردی مختلف حفاظتی متمرکز است و به زبان ساده، روشن و قابل فهم به رشته تحریر درآمده است. متن شامل اشکال، بلوک‌دیگرام‌ها و جداول کاربردی است که مفاهیم مورد بحث را مناسب‌تر تشریح نماید.

به پاس مساعدت‌های صورت گرفته در تهیه این اثر از همکاران دفتر نظارت بر توزیع شرکت توانیر آقایان مهندسین مسعود صادقی خمایی (معاون قابلیت اطمینان و فوریت‌های شبکه)، سجاد دادفر (کارشناس مرکز کنترل شبکه)، سید میثم عزتی (شرکت مدیریت شبکه برق ایران) و جناب آقای دکتر مقصد انصاریان و مهندس کیوان عراقی که در بازنگری کتاب یاری نمودند، سپاسگذاری می‌نمایم.

ضمن تشکر از اساتید، متخصصین و مهندسين محترم، استدعا دارم نظارت و پیشنهادات سازنده خود را به آدرس الکترونیکی moghimi@tavanir.org.ir ارسال فرمایند.

سید اعتضاد مقیمی

مدیرکل دفتر نظارت بر توزیع شرکت توانیر

تابستان ۱۳۹۴