

حفاظت الکتریکی

و

راه‌های حفاظتی هوشمند در نیروگاه‌ها

تألیف

طهماسب‌قلی شاه‌رخشاهی

ناشر

انتشارات چرتکه

سرشناسه	شاهرخشاهی، طهماسبقلی، ۱۳۲۷ -
عنوان و پدیدآور	حفاظت الکتریکی و رله‌های حفاظتی هوشمند در نیروگاهها. / طهماسبقلی شاهرخشاهی.
مشخصات نشر	تهران: چرتکه: کانون نشر علوم، ۱۳۸۶.
مشخصات ظاهری	۲۲۴ ص.: مصور، جدول.
شابک	964-6463-35-5
یادداشت	فیا:
موضوع	رله‌های محافظ.
موضوع	نیروگاههای برق -- حفاظت.
موضوع	برق -- سیستم‌ها -- حفاظت.
رده‌بندی کنگره	TK۲۸۶۱/ش۲ح۷:
رده‌بندی دیویی	۶۲۱/۳۱۷:
شماره کتابخانه ملی	۸۵-۴۲۴۹۳م

نام کتاب: حفاظت الکتریکی و رله‌های حفاظتی هوشمند

در نیروگاهها

ناشر: انتشارات چرتکه

ناشر همکار: کانون نشر علوم

تألیف: طهماسبقلی شاهرخشاهی

(Tahmasbgholi Shahrokhshahi)

چاپ اول: ۱۳۸۶

تیراژ: ۲۵۰۰ جلد

طرح جلد: فهیمه بشری

حروفچینی و صفحه‌آرایی: اکرم عزیزخانی-زهره‌ترین

ناظر فنی چاپ: فرزانه شوقی لیسار

چاپ و صحافی: حدیث - کیمیا

ISBN 964-6463-35-5

شابک ۵-۳۵-۶۴۶۳-۹۶۴

دفتر مرکزی پخش:

خیابان انقلاب - خیابان فخررازی - خیابان وحیدنظری شرقی - پلاک ۱۲۷ - طبقه همکف غربی

تلفن: ۶۶۴۹۴۹۱۱ - ۶۶۹۶۱۵۶۸

خرید آنلاین:

www.nashreloom.com

تمامی حقوق چاپ و نشر این اثر در انحصار انتشارات چرتکه است و هر گونه استفاده از این اثر به طور مستقیم و غیرمستقیم بدون کسب مجوز ممنوع می‌باشد.

به نام خدا، با یاد خدا و برای خدا

سخن ناشر

مکاتب الهی و در رأس آنها، اسلام انسان‌ساز، انسان را موجودی پویا و کمال‌طلب می‌دانند. از نظر اسلام، انسان در حال تکامل است و جهت‌گیری او به سوی خدای تبارک و تعالی است. یکی از راههای تقرب به ذات اقدسش، علم است. علمی که (به تعبیر علامه شهید مطهری) زیبایی عقل است. علمی که انسان خداپرست در ذره‌ذره‌اش نشانی از آفریدگار می‌یابد و هرچه علمش افزون گردد، تقربش به خدای تعالی بیشتر می‌شود. و هم از این روست که اسلام عزیز، توجهی بی‌نظیر به علم‌اندوزی و دانش‌آموزی مبذول داشته است. توجهی که در هیچ مکتب دیگری، نظیر ندارد. توصیه به علم‌آموزی در تعالیم بزرگان دین، جایگاه ویژه‌ای دارد تا آنجا که امام علی علیه‌السلام می‌فرمایند: «علم پایه هر خوبی است». اما علم و علم‌آموزی محتاج ابزاری است که مهمترینشان کتاب است. کتاب دریچه‌ای به سوی علم است. از این رو، کانون نشر علوم بر آن شده است که فعالانه اقدام به چاپ و نشر آثار برگزیده علوم فنی و مهندسی بنماید. بدان امید که این امر به عنوان گام مؤثری در جهت بهبود بازار کتاب و تشویق اساتید معظم و دانشجویان پرتلاش رشته‌های مختلف باشد. بدیهی است پیشنهادها و انتقادات سازنده تمامی عزیزان، ما را در بهبود کار و انجام هرچه بهتر وظیفه‌ای که بر عهده گرفته‌ایم، یاری خواهد کرد.

هادی عاصی لامیجانی
کانون نشر علوم

فهرست

فصل ۱: حفاظت تجهیزات در شبکه	فصل ۲: رله‌های حفاظتی در شبکه
مصرف داخلی در نیروگاهها..... ۹	مصرف داخلی در نیروگاهها..... ۶۱
مقدمه..... ۹	مقدمه..... ۶۱
روش تغذیه و تأمین انرژی شبکه مصرف	رله‌های حفاظتی و نواحی حفاظتی در
داخلی در نیروگاهها..... ۹	شبکه مصرف داخلی..... ۶۱
خصوصیات شبکه مصرف داخلی نیروگاهها	روش پیش‌بینی و تنظیم رله‌های حفاظتی
در مقایسه با شبکه‌های معمول توزیع..... ۱۳	در شبکه مصرف داخلی در نیروگاهها..... ۶۲
روش تنظیم و حفظ ولتاژ ثابت و اهمیت	محافظت ترانسفورماتورهای کمکی $\frac{6}{230KV}$
آن در شبکه مصرف داخلی..... ۱۶	و شبکه فشار ضعیف $0.4KV$ مصرف
راه‌اندازی سرخود موتورها در شبکه	داخلی..... ۸۱
مصرف داخلی در نیروگاهها..... ۲۱	خصوصیات پیش‌بینی محافظت دیفرانسیل
خصوصیات شبکه مصرف داخلی و قدرت	در ترانسفورماتورهای کمکی واحد..... ۸۶
اتصال کوتاه در شبکه مصرف داخلی	نتایج مطالعات..... ۱۰۰
در نیروگاهها..... ۲۸	منابع و مراجع فصل دوم..... ۱۰۱
خصوصیات ترانسفورماتورهای تغذیه	فصل ۳: رله‌های اضافه جریان هوشمند
مصرف داخلی یا UAT در نیروگاهها..... ۳۳	در نیروگاهها..... ۱۰۳
خصوصیات برقراری جریانهای عیب در	مقدمه..... ۱۰۳
ترانسفورماتورهای کمکی (UAT)..... ۳۵	مشکلات رله‌های اضافه جریان در
مثال ۱-۱: رله‌های حفاظتی	نیروگاهها..... ۱۰۴
ترانسفورماتورهای کمکی و شبکه	شرط انتخاب ترانسفورماتورهای جریان
مصرف داخلی در نیروگاه حرارتی با	در نیروگاهها..... ۱۰۸
قدرت ۸۵۰ MW..... ۳۴	مثال ۱-۲..... ۱۰۸
هماهنگی رله‌های حفاظتی	مثال ۲-۲..... ۱۰۹
ترانسفورماتورهای کمکی در شبکه	ساختمان رله‌های اضافه جریان نوع
مصرف داخلی..... ۵۵	میکروپروسسوری..... ۱۰۹
فاصله زمانی استاندارد برقراری	رله‌های اضافه جریان لحظه‌ای نوع
جریانهای عیب Through Faults در	دیجیتالی هوشمند..... ۱۱۶
ترانسفورماتور کمکی..... ۵۹	منابع و مراجع فصل سوم..... ۱۲۳
منابع و مراجع فصل اول..... ۶۰	

فصل ۴: حفاظت Back-up هوشمند در

ژنراتورها..... ۱۲۵

مقدمه..... ۱۲۵

خصوصیات حفاظت Back-up در

ژنراتورها..... ۱۲۵

انواع رله‌های حفاظتی به کار برده شده

به عنوان Back-up در ژنراتورها..... ۱۲۶

نتایج بررسی استفاده از حفاظت Back-up

در نیروگاهها..... ۱۳۶

خصوصیات کار رله‌های اضافه جریان با

ولتاژ مقاوم و کنترل شده با ولتاژ (51V-R)

و (51V-C)..... ۱۳۷

مقایسه رله با ولتاژ مقاوم (51VR) با رله

با کنترل ولتاژ (51VC)..... ۱۴۷

روش تنظیم رله‌های حفاظتی Back-up..... ۱۴۹

تنظیم انواع دیگر رله‌های حفاظتی به عنوان

Back-up ژنراتورها..... ۱۵۵

نتایج کلی مطالعات..... ۱۵۷

مثال ۱-۲: روش تنظیم رله‌های 51/V-C و

51/V-R به عنوان Back-up در ژنراتورها..... ۱۵۸

مثال ۲-۲..... ۱۶۷

ضمیمه..... ۱۷۱

روش محاسبه منحنی تغییرات جریان

عیب در قبال عیب در خروجی

ژنراتور..... ۱۷۱

منابع و مراجع فصل چهارم..... ۱۷۳

فصل ۵: حفاظت عیوب زمین استاتور

از نوع: «آداپتیو شده» یا هوشمند..... ۱۷۵

مقدمه..... ۱۷۵

برآورد جریانهای عیب فاز-زمین قابل

قبول در ژنراتورها..... ۱۷۵

رله‌های تشخیص عیوب زمین استاتور..... ۱۸۲

مدار معادل سیم‌پیچی استاتور با توجه

به هارمونی سوم ولتاژ..... ۱۸۶

تجزیه و تحلیل روشهای مقایسه..... ۱۹۲

آداپتیو نمودن رله عیوب زمین استاتور..... ۱۹۶

الگوریتم محافظت..... ۱۹۸

بررسی نتایج آزمایشات رله..... ۱۹۹

نتایج کار رله آداپتیو شده عیوب زمین..... ۲۰۲

روش تنظیم رله مقایسه کننده هارمونی

سوم نیروی الکتروموتوری ژنراتور در

سمت ترمینال با هارمونی سوم ولتاژ.

مؤلفه صفر در نقطه نول ژنراتورها در

رله‌های نوع: Analogue..... ۲۰۳

نتایج..... ۲۱۵

ضمیمه شماره ۱: فصل ۵..... ۲۱۶

روش کار رله مقایسه کننده بُردارهای

U_{2N} و U_{2T}..... ۲۱۶

منابع و مراجع فصل پنجم..... ۲۲۰

فصل ۶: وصل آسنکرون ژنراتورها

و کنترل هوشمند به منظور وصل

سنکرون..... ۲۲۱

مقدمه..... ۲۲۱

وصل سنکرون ژنراتورها و عواقب وصل

غیر سنکرون..... ۲۲۱

نوع و مشخصات رله حفاظتی

طراحی شده..... ۲۲۷

کار مدار BFTC..... ۲۳۲

بررسی آزمایشات..... ۲۳۷

نتایج کلی..... ۲۴۵

منابع و مراجع فصل ششم..... ۲۴۶

فصل ۷: رله‌های حفاظتی BF نوع

هوشمند در نیروگاهها	۲۴۷
مقدمه	۲۴۷
اهمیت قطع به موقع کلیدها در قبال	
بروز عیب	۲۴۷
مثال ۱-۷	۲۵۰
عدم قطع یا از کار افتادگی کلیدها	
Breaker Failure	۲۵۲
مثال ۲-۷	۲۵۲
فاصله زمانی رفع عیب یا	
Fault Clearing Time	۲۵۵
روش برآورد فاصله زمانی بحرانی رفع	
عیب یا CCT	۲۵۶
تنظیم فاصله زمانی کار رله BF در رله‌های	
نوع دیجیتالی	۲۵۷
هوشمند نمودن رله‌های وصل مجدد اتوماتیک	
در خطوط خروجی از نیروگاهها	۲۶۱
منابع و مراجع فصل هفتم	۲۶۷

فصل ۸: حفاظت دیفرانسیل طولی

هوشمند در ژنراتورها	۲۶۹
مقدمه	۲۶۹
رله دیفرانسیل طولی در ژنراتورها و	
واحدهای بلوک	۲۶۹
اصول کار محافظت دیفرانسیل زمین در	
ژنراتورها	۲۷۱
مقابله با کار نابه‌جای رله REF در قبال	
عیوب خارجی در ژنراتورها	۲۷۶
مثال ۱-۸: بررسی تأثیر تغییرات بار در	
کار رله	۲۸۸
مثال ۲-۸: کار رله دیفرانسیل ژنراتور در	
قبال برقراری جریان هجومی	۲۸۹
منابع و مراجع فصل هشتم	۲۹۰

فصل ۹: حفاظت دیفرانسیل عرضی

هوشمند در ژنراتورها	۲۹۱
مقدمه	۲۹۱
عیوب حلقه - حلقه و تشخیص آن در	
سیم‌پیچهای استاتور	۲۹۱
روش تشخیص عیوب حلقه-حلقه	۲۹۵
بررسی تغییرات جریان برقرار شده	
در سیم‌پیچهای موازی	۲۹۹
منابع و مراجع فصل نهم	۳۰۶

فصل ۱۰: حفاظت دیفرانسیل سراسری

و حفاظت دیفرانسیل Back-Up

ژنراتور-ترانسفورماتور	۳۰۷
مقدمه	۳۰۷
کار حفاظت دیفرانسیل Back-up در	
واحدهای ژنراتور-ترانسفورماتور	۳۰۷
وصل کلید طرف فشار قوی ترانسفورماتور	
واحد و کار نابه‌جای رله دیفرانسیل	
سراسری ژنراتور	۳۱۲
مثال ۱-۱۰	۳۲۰
ضمیمه فصل ۱۰	۳۲۳
منابع و مراجع فصل دهم	۳۲۳

فصل ۱۱: کار غیرعادی ژنراتورها و

حفاظت‌های مربوطه	۳۲۵
مقدمه	۳۲۵
قطع تحریک و کار آسنکرون ژنراتورها	۳۲۵
پدیده اضافه فوران یا: Over Flow (OF)	
در ترانسفورماتور بالابر	۳۳۲
منابع و مراجع فصل یازدهم	۳۳۶

فصل ۱۲: بررسی حفاظت زمین در شبکه مصرف داخلی در نیروگاهها و نقش آن

در قطع و توقف واحدها..... ۳۳۷

مقدمه..... ۳۳۷

کاررله‌های حفاظتی عیوب زمین در شبکه

مصرف داخلی در نیروگاهها و بستگی

آن با وضعیت نقطه نول تغذیه..... ۳۳۷

نتایج مطالعات..... ۳۵۲

منبع..... ۳۵۲

انتقادات و نظرات کارشناسی ارائه شده..... ۳۵۲

نتایج نظرات..... ۳۵۵

پاسخ تهیه کنندگان مقاله به نظر کارشناسی

ارائه شده..... ۳۵۶

فصل ۱۳: مطالعات تجربی و بررسی

حوادث روی داده در نیروگاهها..... ۳۵۹

مقدمه..... ۳۵۹

مثال ۱-۱۳: وصل اتفاقی کلید خروجی

در نیروگاه توربین گاز در مکزیک..... ۳۵۹

مثال ۲-۱۳: برق دار شدن اتفاقی ژنراتور

کوپله شده با توربین گاز در ایالت

جنورجیا در آمریکا..... ۳۶۲

مثال ۳-۱۳: تشخیص عیب فاز-زمین

در پی حادثه روی داده در ژنراتورها..... ۳۶۵

مثال ۴-۱۳: کار آسنکرون ژنراتورها در

نیروگاه آبی کراسنویارسک و رله

تشخیص کار آسنکرون..... ۳۶۸

مثال ۵-۱۳: انجام آزمایشات و نصب کلید

در طرف تغذیه ترانسفورماتور کمکی

در نیروگاه حرارتی Kirov..... ۳۷۲

منبع..... ۳۷۸

مثال ۶-۱۳: کاررله هارمونی سوم مؤلفه

صفر ولتاژ در نیروگاهها مجهز به

تأسیسات یکسوکننده در طرف فشار

قوی..... ۳۷۸

منبع..... ۳۸۲

مثال ۷-۱۳: برآورد مشخصات الکتریکی

و جریانهای عیب در توربوژنراتور

اتمی ۱۲۰۰ MW..... ۳۸۵

منبع..... ۳۹۵

مثال ۸-۱۳: محافظت ژنراتورها با قدرت

محدود در واحد تأسیساتی در کار پارالل

با شبکه سراسری..... ۳۹۵

منبع..... ۴۰۲

مثال ۹-۱۳: بررسی حادثه روی داده در

یک واحد ژنراتور در واحد صنعتی..... ۴۰۲

مثال ۱۰-۱۳: بررسی فنی-اقتصادی

به منظور انتخاب کلیدها و قدرت اتصال

کوتاه قابل تحمل تجهیزات در شبکه

مصرف داخلی نیروگاهها..... ۴۰۳

مثال ۱۱-۱۳: نقشه رله‌های حفاظتی

پیش بینی شده در واحد

ژنراتور-ترانسفورماتور در نیروگاه

حرارتی در ایران..... ۴۰۸

مثال ۱۲-۱۳..... ۴۰۸

مثال ۱۳-۱۳..... ۴۰۸

واژگان فارسی..... ۴۲۱

واژگان لاتین..... ۴۲۵

فهرست راهنما..... ۴۲۹