

الله أكبر

حفاظت سیستم‌های قدرت

تألیف: همایون حایری

سرشناسه:	حایری، همایون، ۱۳۳۶-
عنوان و نام پدیدآور:	حفاظت سیستم‌های قدرت/تألیف همایون حایری.
مشخصات نشر:	تهران: پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری:	۳۷۶ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک:	۲۰۰,۰۰۰ ریال: ۳-۱-۹۲۹۵۹-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا	
یادداشت:	کتابنامه
موضوع:	برق -- سیستم‌ها -- حفاظت
موضوع:	رله‌های محافظ
شناسه افزوده:	پژوهشگاه نیرو
رده‌بندی کنگره:	TK۱۰۰۵/ح۲ح۷ ۱۳۹۱
رده‌بندی دیویی:	۶۲۱/۳۱۷
شماره کتابشناسی ملی:	۲۷۹۳۳۴۸

نام کتاب:	حفاظت سیستم‌های قدرت
مؤلف:	مهندس همایون حایری
ناشر:	پژوهشگاه نیرو
چاپخانه:	چاپ میران
شمارگان:	۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ:	دوم / پاییز ۱۳۹۱
قیمت:	۲۰۰,۰۰۰ ریال
شابک:	۳-۱-۹۲۹۵۹-۶۰۰-۹۷۸

پیشگفتار

شبکه‌های سراسری برق به‌عنوان یک زیرساخت حیاتی در جامعه و اقتصاد به‌شمار می‌روند. زیرساخت‌های حیاتی به زیرساخت‌هایی اطلاق می‌شود که در صورتی که خدمات آنها قطع شود، مردم و سازمان‌ها قادر نیستند زندگی خود را به روال معمول ادامه دهند. بنابراین، خدمات برق باید به شکلی ایمن، با کیفیت توافق شده و به‌صورت مداوم در اختیار مصرف‌کنندگان قرار بگیرد. شبکه‌های برق برای محقق ساختن چنین امر مهمی طراحی، احداث، راهبری و بهره‌برداری می‌شوند. باید در نظر داشت که شبکه‌های برق در زمره پیچیده‌ترین دستاوردهای بشری قرار دارند. عوامل این پیچیدگی عبارت‌اند از: تعدد عناصر شبکه در بخش‌های تأمین برق و مصرف برق، تعدد و درهم‌تنیدگی ارتباطات میان عناصر، پراکندگی جغرافیایی این عناصر، تنوع تکنولوژیک عناصر و سرعت شکل‌گیری پدیده‌ها و رویدادها در شبکه.

با توجه به فراوانی و اجتناب‌ناپذیر بودن وقوع اغتشاشات در شبکه‌های برق، این شبکه‌ها پیوسته در معرض خروج از شرایط عادی و قرار گرفتن در وضعیت ناپایدار هستند. این ناپایداری‌ها می‌توانند به‌سرعت باعث بروز ناامنی و حادثه برای عناصر شبکه، تأسیسات و تجهیزات مشترکان شوند، ولی مهم‌تر آن است که این ناپایداری‌ها و حوادث امکان بروز خاموشی‌های محدود یا گسترده را فراهم می‌آورند و هزینه‌های سنگینی را بر جامعه و اقتصاد ملی تحمیل می‌کنند. سیستم‌های حفاظت نقش بسیار مهمی در کاستن پیامدهای بروز ناپایداری‌ها و حوادث در شبکه‌های برق دارند.

حفاظت از شبکه‌های برق شاخه‌ای از مهندسی قدرت است که حفاظت شبکه‌ها و عناصر آن را در مقابل اغتشاشات و خطاهای پیش آمده در دستور کار خود دارد. هدف از طرح‌های حفاظتی در شبکه‌های برق حفاظت از عناصر شبکه، حفاظت از پایایی شبکه و همچنین، ایمنی عوامل انسانی است.

اگر چه حفاظت شبکه‌های برق شاخه‌ای از مهندسی قدرت محسوب می‌شود، ولی موضوعی چند رشته‌ای است که از دستاوردهای مهندسی کنترل الکترونیک، دیجیتال و مخابرات نیز استفاده می‌شود. بنابراین، شاخه‌ای بسیار پویاست که طرح‌ها و فناوری‌های آن دائماً در حال تحول است و کاربری آن هر روز ابعاد گسترده‌تری می‌یابد. از جمله مصادیق تحول در سیستم‌های حفاظت می‌توان به گذار از رله‌های مکانیکی و الکترومکانیکی به رله‌های هوشمند مبتنی بر ریزپردازنده‌ها اشاره کرد. امروزه، سیستم‌های حفاظت با نگاه تحلیل رفتاری شبکه‌های برق در مقابل انواع پدیده‌های ممکن و با اولویت قرار دادن حفظ پایداری و امنیت شبکه و همچنین، پیشگیری از رشد هرگونه اغتشاشی در شبکه، اهداف کامل‌تری را نسبت به گذشته دنبال می‌کنند و برای دستیابی به این امر مهم، آشنایی کامل با دانش رله و حفاظت و شناخت عمیق علمی و تجربی از شبکه قدرت مورد نظر و تجهیزات اصلی آن (ترانسفورماتور، ژنراتور و ...) ضرورت اصلی است تا بتوان یک سیستم حفاظتی مطمئن، هماهنگ و اقتصادی را در شبکه قدرت اعمال کرد.

کتاب حاضر که حاصل ۱۷ سال تدریس اینجانب در زمینه رله و حفاظت در دانشگاه‌های امیرکبیر، خواجه نصیرالدین طوسی، تبریز و پژوهشگاه نیرو است، با همین نگاه تحلیل رفتاری به رشته تحریر درآمده است.

امیدوارم با عنایت و لطف خداوند بزرگ و متعال این توفیق را داشته باشم که مرجع قابل قبولی را برای موضوع درس رله و حفاظت به دانشجویان عزیز رشته برق - قدرت تقدیم کنم و همچنین، متخصصان گرامی فعال در این زمینه نیز بتوانند از این کتاب با انتخاب سیستم حفاظت صحیح و اعمال تنظیمات مناسب بر روی رله‌های حفاظتی به نحو مؤثری استفاده کنند. در اینجا لازم است از جناب آقای دکتر حامد ولی‌زاده حقی که در تهیه این کتاب زحمات زیادی را متقبل شدند و بدون همکاری ایشان تهیه این کتاب ممکن نبود و همچنین دفتر انتشارات پژوهشگاه نیرو تشکر و قدردانی کنم.

در فصل اول کتاب موضوع ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ که وظیفه تأمین مقادیر پارامترهای الکتریکی شبکه را در هر شرایطی، آنهم به‌طور دقیق برای رله‌های حفاظتی دارند، بیان شده است. در فصل دوم فیوز و هماهنگی آن و در انتهای فصل مذکور نیز راجع به ریکلوزر مواردی ذکر شده است. مباحث فصل سوم به کلیات رله‌های حفاظتی و انواع حفاظت جریان زیاد (معمولی و جهت‌دار) و هماهنگی رله‌های جریان زیاد در شبکه‌های شعاعی و حلقوی و دارای دو سطح ولتاژ مربوط می‌شود. در فصل چهارم کتاب موضوع رله‌های دیستانس، انواع آن و عوامل تأثیرگذار بر کارکرد حفاظت دیستانس (مقاومت قوس، اثر منابع تغذیه، جبران شده با خازن سری، تأثیرات اندوکتانس مقابل) و در نهایت، طرح‌های پیشرفته با استفاده از سیگنال‌های مخابراتی در حفاظت دیستانس شرح داده شده است.

فصل پنجم به بیان انواع حفاظت ژنراتور به‌طور کامل اختصاص یافته و دو حفاظت حساس و پیچیده قطع تحریک و لغزش قطب ژنراتور نیز به‌طور کامل توضیح داده شده است. فصل ششم مربوط به مباحث موتورهای الکتریکی و حفاظت‌های مربوط به آن است. در فصل هفتم درباره حفاظت ترانسفورماتور شامل انواع حفاظت‌ها، جریان هجومی در حفاظت ترانسفورماتور، اتصال زمین محدود، حفاظت ترکیبی و ... توضیح داده شده است. در فصل هشتم فلسفه حفاظت دیجیتال و ساختار رله‌های دیجیتالی بیان و در قسمت پایانی دو الگوریتم پیشرفته رله دیجیتال به‌طور کامل توضیح داده شده است. سرانجام، در فصل نهم حفاظت شبکه‌های تولید پراکنده و زیرشبکه شرح داده شده است.

شایان ذکر است که در انتهای هر فصل نیز تمرین‌هایی در ارتباط با موضوع فصل ارائه شده

است.

همایون حایری

خرداد ماه ۱۳۹۱

جناب آقای پروفیسور رضا ایروانی استاد دانشکده برق دانشگاه تورنتو-کانادا:

This is a very well organized
and uniform coverage of
power systems protection

Rza Iravani
University of Toronto

July 16, 2012

جناب آقای پروفسور علی محمد رنجبر استاد دانشکده برق دانشگاه صنعتی شریف:

بسم تعالی

کتاب حفاظت سیستم‌های قدرت تألیف داورهندس هاشمی
 یکی از بهترین کتاب‌ها است که در این زمینه نوشته شده است.
 این کتاب می‌تواند هم به عنوان یک کتاب درسی در دانشگاه‌ها
 تدریس شود و هم نیاز داورهندسین را که با صنعت برق
 همکاری دارند برآورده نماید. داورهندس هاشمی یکی از هوشمندی‌ها
 است که هم از نظر تئوری و هم از نظر تجربه در حفاظت و کنترل
 شبکه‌های برق صاحب نظر بوده و به خاطر این که این کتاب
 در دسترس جامعه دانشگاهی داورهندسین ایران عرضه خواهد
 قابل قدر دانسته است.

علی محمد رنجبر
 استاد دانشکده برق دانشگاه
 صنعتی شریف

جناب آقای پروفیسور حسین عسکریان ابیانه استاد دانشکده برق دانشگاه صنعتی امیرکبیر:

بسم تعالی
 کتاب حفاظت سیستم‌های قدرت که توسط جناب مهندس عسکریان عازری
 تألیف گردیده است، ملاحظه کردم. کتاب یاد شده یک مرجع بسیار ارزشمند
 علمی تخصصی است.

این کتاب که نتیجه تجارب ارزنده ایشان در صنعت برق و تدریس
 در دس دانشگاهی در زمینه حفاظت و کنترل می باشد ضمن انبیا منبع درسی
 حفاظت در دوره آندرس می باشد. قدردان محسوب می‌شوم و
 تیا ز متخصی و نه سفین شاعغل در صنعت برق را اثر مرتفع می‌سازد.
 با توجه به موارد بالا اینجانب از ایشان ان ندهس عازری پرسیده
 تا لایف معرفی این مجموعه ارزشمند تشکر و قدردانی دارم.

حسین عسکریان ابیانه
 استاد دانشکده مهندسی
 برق دانشگاه صنعتی امیرکبیر

فهرست مطالب

<u>عنوان</u>	<u>صفحه</u>
فصل اول: ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ	
۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- تحلیل عملکرد حالت دائمی ترانسفورماتورهای جریان	۲
۱-۲-۱- محاسبه جریان خط	۵
۲-۲-۱- ضریب حد دقت	۷
۳-۱- تأثیر اندازه امپدانس بار روی ضریب حد دقت	۹
۴-۱- تحلیل عملکرد حالت گذرای ترانسفورماتورهای جریان	۱۲
۱-۴-۱- حالت گذرای ترانسفورماتور جریان با فرض خطی بودن هسته	۱۲
۲-۴-۱- حالت گذرای ترانسفورماتور جریان با فرض اشباع هسته با هدف طراحی	۱۷
۵-۱- ترانسفورماتور ولتاژ	۲۰
۱-۵-۱- بررسی حالت گذرا در CCVT	۲۵
۲-۵-۱- پدیده فرورزونانس در CVT	۲۸
۶-۱- تمرین‌ها	۳۱
فصل دوم: فیوز	
۱-۲- مقدمه	۴۱
۲-۲- مشخصه‌های عملکرد فیوز حین وقوع خطا	۴۳
۳-۲- تعاریف استاندارد مربوط به فیوز	۴۸
۴-۲- برخی ملاحظات اولیه طراحی	۵۱
۱-۴-۲- انتخاب جریان نامی	۵۱
۲-۴-۲- انتخاب ولتاژ نامی و ظرفیت اتصال کوتاه	۵۱
۵-۲- هماهنگی فیوزها	۵۲
۱-۵-۲- استفاده از منحنی‌های جریان - زمان	۵۴
۲-۵-۲- استفاده از جدول هماهنگی	۵۵
۶-۲- ریکلوزر	۵۶
۱-۶-۲- استفاده از فیوز و ریکلوزر در بخش توزیع	۵۹
۲-۶-۲- هماهنگی فیوز با ریکلوزر با در نظر گرفتن خستگی فیوز	۶۰
۷-۲- سکشنالایزر	۶۱

<u>عنوان</u>	<u>صفحه</u>
۸-۲- تمرین‌ها.....	۶۲
فصل سوم: کلیات رله‌های حفاظتی و حفاظت جریان زیاد	
۱-۳- مقدمه	۶۵
۲-۳- تعاریف اولیه مرتبط با رله‌های حفاظتی	۶۶
۱-۲-۳- کلیات.....	۶۶
۲-۲-۳- ملاحظات مربوط به طراحی اصطلاحات متعارف در سیستم‌های حفاظتی	۷۰
۳-۲-۳- طرح سؤال	۷۳
۳-۳- رله‌های حفاظتی جریان زیاد.....	۸۳
۴-۳- اصول اولیه هماهنگی رله‌های جریان زیاد در شبکه	۹۱
۱-۴-۳- هماهنگی بر اساس تنظیمات جریانی	۹۲
۲-۴-۳- هماهنگی بر اساس تنظیمات زمانی	۹۳
۳-۴-۳- هماهنگی بر اساس زمان جریان: رله‌های معکوس زمانی.....	۹۴
۵-۳- محاسبات هماهنگی رله‌های جریان زیاد معکوس زمانی.....	۹۵
۱-۵-۳- تنظیم جریان پیک‌آپ رله	۹۵
۲-۵-۳- تنظیم شاخص زمانی (TMS)	۹۷
۳-۵-۳- ملاحظات ویژه در هماهنگی‌های رله جریان زیاد	۱۰۹
۶-۳- رله‌های جریان زیاد جهت‌دار	۱۱۴
۱-۶-۳- اصول عملکرد عنصر جهت‌دار	۱۱۶
۲-۶-۳- جهت‌دار ساختن رله‌های زمین.....	۱۲۰
۳-۶-۳- هماهنگی رله‌های جریان زیاد جهت‌دار	۱۲۲
فصل چهارم: رله‌های دیستانس	
۱-۴- مقدمه	۱۲۷
۲-۴- اساس کار رله‌های دیستانس	۱۲۸
۳-۴- رله‌های امیدانسی جهت‌دار	۱۳۳
۴-۴- رله مهو	۱۳۶
۵-۴- رله راکتانسی	۱۳۷
۶-۴- رله‌ها با مشخصه‌های چند ضلعی	۱۳۷

صفحه

عنوان

۱۳۸	۷-۴- تعیین امیدانس تنظیم و زمان عملکرد رله‌های دیستانس
۱۴۳	۱-۷-۴- تنظیمات پیشنهادی برای رله‌های دیستانس در کشور ایران
۱۴۵	۸-۴- کاربرد رله دیستانس
۱۴۷	۱-۸-۴- خطاهای فازی
۱۴۹	۲-۸-۴- خطاهای زمین
۱۵۲	۹-۴- عوامل تأثیرگذار بر حفاظت دیستانس
۱۵۲	۱-۹-۴- تأثیر مقاومت قوس بر حفاظت دیستانس
۱۵۶	۲-۹-۴- اثر منابع تغذیه
۱۵۸	۳-۹-۴- اثر خطوط جبران شده با خازن سری
۱۵۹	۴-۹-۴- حفاظت دیستانس خطوط موازی مجاور
۱۷۱	۱۰-۴- طرح‌های پیشرفته در حفاظت دیستانس با استفاده از سیگنال‌های مخابراتی
۱۷۱	۱-۱۰-۴- کاهش بُرد مجاز (PUR)
۱۷۲	۲-۱۰-۴- افزایش بُرد مجاز (POR)
۱۷۳	۱۱-۴- تمرین‌ها

فصل پنجم: حفاظت ژنراتور

۱۸۷	۱-۵- مقدمه
۱۸۸	۲-۵- حفاظت اتصال زمین روتور
۱۸۹	۱-۲-۵- روش‌های مشخص کردن اتصال زمین روتور
۱۹۲	۳-۵- حفاظت اتصال زمین استاتور
۱۹۲	۱-۳-۵- روش زمین کردن ژنراتور با استفاده از مقاومت
۱۹۳	۲-۳-۵- روش زمین کردن از طریق ترانسفورماتور توزیع با مقاومت در ثانویه آن
۱۹۵	۳-۳-۵- محاسبه مقاومت نصب شده در ثانویه ترانسفورماتور توزیع
۱۹۸	۴-۳-۵- محدودیت حفاظت سیم‌پیچی استاتور
۲۰۰	۵-۳-۵- حفاظت صد درصد سیم‌پیچی استاتور
۲۰۸	۴-۵- حفاظت جریان زیاد ژنراتور
۲۱۱	۱-۴-۵- ثابت‌های زمانی
۲۱۲	۲-۴-۵- محاسبات جریان‌های مختلف اتصال کوتاه

<u>عنوان</u>	<u>صفحه</u>
۳-۴-۵- تغییرات زمانی جریان‌های اتصالی کوتاه.....	۲۱۳
۴-۴-۵- مقادیر مؤثر جریان متناوب اتصال کوتاه.....	۲۱۴
۵-۴-۵- تنظیم رله جریان زیاد ژنراتور و انتخاب راکتانس مناسب برای تنظیم رله.....	۲۱۵
۶-۴-۵- نقش سیستم تنظیم‌کننده ولتاژ هنگام اتصال کوتاه.....	۲۱۶
۷-۴-۵- انواع رله‌های حفاظتی جریان زیاد ژنراتور.....	۲۱۷
۸-۴-۵- تنظیم زمان عملکرد رله‌های جریان زیاد ژنراتور.....	۲۲۰
۵-۵- حفاظت دیفرانسیل ژنراتور.....	۲۲۳
۱-۵-۵- روش بایاس درصد.....	۲۲۴
۲-۵-۵- روش امیدانس بالا.....	۲۲۶
۶-۵- حفاظت جریان‌های نامتقارن ژنراتور.....	۲۳۰
۱-۶-۵- جریان‌های نامتقارن ناشی از اتصالی‌های نامتقارن خارجی.....	۲۳۰
۲-۶-۵- جریان‌های نامتقارن ناشی از بار نامتقارن.....	۲۳۲
۳-۶-۵- فیلترهای مؤلفه منفی.....	۲۳۲
۴-۶-۵- فیلتر هسته آهنی مؤلفه منفی.....	۲۳۳
۵-۶-۵- مشخصات رله مؤلفه منفی.....	۲۳۵
۷-۵- حفاظت موتوری شدن ژنراتور.....	۲۳۷
۱-۷-۵- رله‌های توانی جهت‌دار.....	۲۳۹
۲-۷-۵- مشکلات حاصله از موتوری شدن ژنراتور.....	۲۴۱
۳-۷-۵- حساسیت رله‌های محافظ موتوری شدن.....	۲۴۳
۴-۷-۵- حفاظت مینیمم بار.....	۲۴۳
۸-۵- حفاظت اضافه ولتاژ ژنراتور.....	۲۴۵
۱-۸-۵- اضافه ولتاژ لحظه‌ای و آثار آن.....	۲۴۵
۲-۸-۵- اضافه ولتاژ ماندگار و آثار آن.....	۲۴۶
۳-۸-۵- نقش رله ولتاژ زیاد و تنظیم آن.....	۲۴۷
۹-۵- حفاظت شار زیاد.....	۲۴۷
۱۰-۵- حفاظت بار زیاد.....	۲۴۹
۱-۱۰-۵- روش R.T.D.....	۲۴۹
۲-۱۰-۵- روش رله اضافه بار.....	۲۵۰

صفحه

عنوان

۲۵۰	۳-۱۰-۵- رابطه بین جریان ورودی به رله، جریان تنظیم رله و زمان کارکرد آن.....
۲۵۱	۱۱-۵- حفاظت لغزش قطب.....
۲۵۲	۱-۱۱-۵- حالت‌های از سنکرون خارج شدن.....
۲۵۳	۲-۱۱-۵- اثرهای خارج از سنکرون شدن بر روی ژنراتور در حال کار.....
۲۵۳	۳-۱۱-۵- تغییرات جریان، ولتاژ و امپدانس دیده شده توسط رله.....
۲۵۸	۴-۱۱-۵- مکان هندسی لغزش قطب.....
۲۵۹	۵-۱۱-۵- نمونه‌هایی از رله حفاظتی لغزش قطب.....
۲۶۱	۶-۱۱-۵- تعیین زمان تنظیم برای مشخصه رله.....
۲۶۲	۱۲-۵- حفاظت قطع تحریک ژنراتور.....
۲۶۳	۱-۱۲-۵- مشکلات ناشی از قطع تحریک.....
۲۶۴	۲-۱۲-۵- شرایط پیش آمده در قطع تحریک.....
۲۶۵	۳-۱۲-۵- رله حفاظت قطع تحریک.....
۲۶۶	۴-۱۲-۵- به دست آوردن مقدار مناسب قطر دایره مشخصه امپدانس رله.....
۲۶۷	۵-۱۲-۵- رله قطع تحریک با دو دایره مشخصه.....
۲۶۸	۱۳-۵- حفاظت امپدانس کم ژنراتور.....
۲۶۹	۱-۱۳-۵- کاربرد رله امپدانس کم به صورت حفاظت پشتیبانی.....

فصل ششم: حفاظت موتورهای الکتریکی

۲۷۳	۱-۶- مقدمه.....
۲۷۷	۲-۶- حفاظت بار زیاد.....
۲۸۲	۳-۶- حفاظت مؤلفه ترتیب منفی.....
۲۸۴	۴-۶- حفاظت استاتور و روتور.....
۲۸۶	۵-۶- حفاظت در مقابل آسیب یاتاقان‌ها.....
۲۸۶	۶-۶- حفاظت ولتاژ کم.....
۲۸۷	۷-۶- تمرین‌ها.....

فصل هفتم: حفاظت ترانسفورماتور

۲۹۳	۱-۷- مقدمه.....
۲۹۵	۲-۷- خطاهای سیم‌پیچی.....

<u>عنوان</u>	<u>صفحه</u>
۱-۲-۷- آرایش ستاره زمین شده با امیدانس.....	۲۹۵
۲-۲-۷- آرایش ستاره با زمین مستقیم.....	۲۹۶
۳-۲-۷- آرایش مثلث.....	۲۹۷
۴-۲-۷- خطاهای فاز به فاز.....	۲۹۹
۵-۲-۷- اتصال حلقه.....	۲۹۹
۶-۲-۷- خطای هسته.....	۳۰۰
۷-۲-۷- خطاهای دارای منشأ خارجی.....	۳۰۳
۳-۷- جریان هجومی.....	۳۰۵
۱-۳-۷- طیف هارمونیک شکل موج جریان هجومی.....	۳۰۷
۴-۷- حفاظت جریان زیاد.....	۳۱۰
۵-۷- حفاظت اتصال زمین محدود.....	۳۱۲
۱-۵-۷- حفاظت اتصال زمین محدود در ترانسفورماتورهای با نقطه نول در دسترس.....	۳۱۲
۲-۵-۷- حفاظت اتصال زمین محدود در ترانسفورماتورهای بدون نقطه نول.....	۳۱۳
۶-۷- حفاظت دیفرانسیل.....	۳۱۵
۷-۷- حفاظت ترکیبی دیفرانسیل و اتصال زمین محدود.....	۳۱۷
۸-۷- تمرین‌ها.....	۳۱۹
فصل هشتم: رله‌های دیجیتال	
۱-۸- مقدمه.....	۳۲۹
۲-۸- ساختار سخت‌افزاری رله دیجیتالی.....	۳۳۰
۱-۲-۸- ترانسدیوسر.....	۳۳۱
۲-۲-۸- تقویت‌کننده‌های نگه‌دارنده و نمونه‌بردار.....	۳۳۱
۳-۲-۸- مالتی پلکسرها.....	۳۳۲
۴-۲-۸- پنجره‌های نمونه‌برداری در A/D.....	۳۳۳
۳-۸- پردازش سیگنال دیجیتال.....	۳۳۵
۱-۳-۸- نمونه‌برداری.....	۳۳۵
۴-۸- الگوریتم‌های پیشرفته رله‌های دیجیتالی.....	۳۳۷
۱-۴-۸- روش معادله دیفرانسیل.....	۳۳۸

صفحه

عنوان

۳۴۳ ۸-۴-۲- تبدیل گسسته فوریه (DFT).....

۳۴۴ ۸-۴-۳- استخراج مؤلفه‌های فرکانس هارمونی اصلی.....

۳۴۵ ۸-۴-۴- الگوریتم DFT با پنجره اطلاعاتی سیکل کامل.....

۳۴۵ ۸-۴-۵- الگوریتم DFT با پنجره اطلاعاتی نیم سیکل.....

۳۴۶ ۸-۴-۶- محاسبه امیدانس ظاهری.....

فصل نهم: حفاظت شبکه‌های حاوی تولید پراکنده و ریزشبکه‌ها

۳۵۱ ۹-۱- مقدمه.....

۳۵۳ ۹-۲- مشکلات حفاظتی شبکه‌های توزیع حاوی تولید پراکنده و ریزشبکه‌ها.....

۳۵۳ ۹-۲-۱- تغییرات جهت جریان.....

۳۵۴ ۹-۲-۲- تغییرات دامنه جریان.....

۳۵۷ ۹-۲-۳- کاهش بُرد رله‌های دیستانس.....

۳۵۸ ۹-۲-۴- تأثیر توان دو جهته بر پروفیل ولتاژ خط.....

۳۵۹ ۹-۲-۵- جزیره‌ای شدن ریزشبکه‌ها و منابع تولید پراکنده.....

۳۶۶ ۹-۳- حفاظت ضد جزیره‌ای شدن تولید پراکنده.....

۳۶۶ ۹-۳-۱- حفاظت موضعی ضد جزیره‌ای برای تولیدهای پراکنده.....

۳۶۷ ۹-۳-۲- رله فرکانسی.....

۳۶۸ ۹-۳-۳- نرخ تغییرات فرکانس.....

۳۶۹ ۹-۳-۴- رله جابجایی فاز.....

۳۷۳ منابع.....