

راهنمای تست رله‌های حفاظتی

اصول اولیه و کاربردها

گروه مترجمین و مولفین:

مجید خدای

نبی‌اله رضایی

مصطفی سرک

مجید صفری ابرازی

هاجر عبدی

زهرا مدیحی بیدگلی

فرشید منصوربخت

احمد امینی، مهتاب خلیلی فر، سید محمد شهرتاش

شرکت متانیر

دانشگاه علم و فناوری مازندران

دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول

شرکت برق منطقه‌ای باختر

شرکت برق منطقه‌ای هرمزگان

پژوهشگاه نیرو

پژوهشگاه نیرو

دانشگاه علم و صنعت ایران

اللَّهُمَّ إِنِّي أَسْأَلُكَ مِنْ عِلْمِكَ بِأَنْفَعِهِ
خدایا از تو نافذترین (و موثرترین) دانش تو را
(برای خودم) درخواست می کنم

وَكُلِّ عِلْمِكَ نَافِعٌ

و البته تمام دانش تو نافذ و موثر است

اللَّهُمَّ إِنِّي أَسْأَلُكَ بِعِلْمِكَ كُلِّهِ
(پس) خدایا من از تو تمام دانش تو را می خواهم.

- فرازی از دعای سحر

پیشگفتار

تجربه کسب شده از حوادث شبکه انتقال برق کشور نشان می‌دهد در بسیاری از حوادث که عملکرد کاذب یا عدم عملکرد رله‌های حفاظتی منجر به گسترش حادثه گردیده، انجام صحیح و به موقع تست‌های دوره‌ای یا تست‌های راه‌اندازی اولیه می‌توانست با آشکار نمودن عیوب سیستم حفاظتی، اقدامی پیشگیرانه در مقابل گسترش حادثه باشد. گرچه رله‌های حفاظتی امروزی در مقایسه با رله‌های قدیمی، قابلیت به مراتب بهتری برای اطلاع از خرابی داخلی و از کار افتادن رله یا قطع شدن ورودی‌های ولتاژ و جریان آن ارائه می‌دهند، بسیاری از عیوب رله و سیستم حفاظتی همچنان پنهان مانده و نیازمند انجام تست‌های دقیق و هوشمندانه است. مسلماً بدون داشتن دانش عمیق از اساس عملکرد رله و فلسفه حفاظتی آن، انجام درست و اصولی تست رله مقصور نبوده و امری کم‌فایده و گاهی بی‌فایده است. یکی از ضعف‌های اساسی که در این زمینه وجود دارد، عدم وجود منابع و دانش کاربردی مستند است که راه را برای تربیت نیروهای ماهر در این حوزه دشوار می‌کند.

کتاب حاضر که با همت جناب آقای دکتر شهرتاش استاد محترم دانشگاه علم و صنعت و تیم همکار ایشان آماده چاپ گردیده، ترجمه کتاب "The relay testing handbook, principles and practice" است که چکیده تجربیات عملی یک متخصص تست رله در طی سالیان می‌باشد. یکی از ویژگی‌های ارزشمند این کتاب، مطرح نمودن مباحث نظری علاوه بر روش‌های عملی تست است که کمک می‌کند مخاطب درک صحیحی از آنچه در مرحله تست رله انجام می‌دهد، کسب نماید. اگرچه ممکن است مدل برخی رله‌های مورد ارجاع در این کتاب عیناً در صنعت برق کشور موجود نباشد، با توجه به اینکه اساس عملکرد رله‌های حفاظتی مستقل از سازنده آن کمابیش یکسان است، روش‌های تست مطرح شده با اندکی تغییر برای سایر مدل‌ها نیز معتبر و قابل استفاده خواهد بود.

شرکت مدیریت شبکه برق ایران در راستای رسالت خود از تلاش‌هایی که برای انتقال دانش فنی و مستندسازی تجربیات برای تربیت نیروی انسانی ماهر مورد نیاز صنعت برق کشور صورت می‌پذیرد، حمایت نموده و مفتخر است که با استعانت از خداوند متعال این اثر ارزشمند را که نتیجه همکاری موثر صنعت و دانشگاه است، به متخصصان حوزه حفاظت کشور تقدیم نماید.

داود فرخزاد

رئیس هیات مدیره و مدیرعامل

مقدمه

تصمیم اولیه پیرامون آماده‌سازی این کتاب برای انتشار در میهن اسلامی بر اساس آن صورت گرفت که:

- به‌طور کلی مستندات مکتوب در زمینه تست رله‌های حفاظتی در جهان کم‌یاب است و تا این تاریخ هم کتابی در این زمینه به زبان فارسی منتشر نشده است،
- ایجاد آشنایی با اصول و مبانی و همچنین رویه‌ها و مهارت‌های تست رله‌های حفاظتی می‌تواند در ارتقاء توانمندی‌های افراد به‌منظور ورود به عرصه خود اشتغالی در زمینه تست رله‌های حفاظتی موثر افتد،
- کتاب مذکور حاصل دانش و تجربیات فردی است که سال‌ها به امر تست و آموزش تست رله‌های حفاظتی مشغول بوده است و مباحث فنی و مهارتی در تست رله‌های حفاظتی را با ذکر قواعد و دلایل علمی ارائه کرده است،
- مدیریت صنعت برق به رسم معهود، که از دوران وزارت شهید دکتر حسن عباسپور به ارث رسیده و پا برجا مانده است، از بسط و نشر علوم و فناوری مورد نیاز این صنعت و گسترش همکاری‌های علمی و فنی میان دانشگاه‌ها و صنعت برق استقبال می‌نماید.

بر اساس این نکات، موضوع ترجمه و تالیف کتاب "The Relay Testing Handbook Principles and Practice" به شرکت مدیریت شبکه برق ایران پیشنهاد گردید و همانطور که حدس زده می‌شد مورد استقبال قرار گرفت. در پی این امر، ساختار دبیرخانه با مدیریت سرکار خانم دکتر مهتاب خلیلی‌فر در کلینیک برق ایران - دانشگاه علم و صنعت ایران شکل گرفت و از متخصصان امر سرکار خانم مهندس زهرا مدیحی بیدگلی رئیس مرکز تحقیق و توسعه سیستم‌های پایش و حفاظت شبکه‌های برق در پژوهشگاه نیرو، جناب آقای دکتر نبی‌اله رضانی عضو هیئت علمی دانشگاه علم و فناوری مازندران و جناب آقای دکتر مصطفی سرلک عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی جندی شاپور برای همکاری در قالب گروه ترجمه و همچنین جناب آقای مهندس مجید خدای مدیر امور رلیاژ شرکت متانیر، سرکار خانم مهندس عبدی مدیر دفتر فنی انتقال شرکت برق منطقه‌ای هرمزگان، جناب آقای مهندس فرشید منصوربخت مسئول آزمایشگاه مرجع حفاظت در پژوهشگاه نیرو و جناب آقای مهندس مجید صفری ابرازی رئیس گروه حفاظت و کنترل - معاونت بهره‌برداری شرکت برق منطقه‌ای باختر برای همکاری در قالب گروه ویراستاری فنی دعوت به عمل آمد که با قبول این دعوت به اعتبار علمی و توانایی تخصصی دبیرخانه افزودند.

برنامه کار بدین ترتیب تنظیم و اجرا گردید که فصول ۱۹ گانه کتاب با توجه به ارتباط موضوعی آنها میان گروه مترجمین تقسیم گردید و از این عزیزان خواسته شده تا علاوه بر تلاش در روانی ترجمه، در صورت نیاز به شرح و بسط علمی و ارائه توضیحات تکمیلی هم مبادرت ورزند. فصول ترجمه شده دریافتی، پس از اعمال ویراستاری ادبی اولیه در دبیرخانه به همه همکاران در گروه ویراستاری سپرده شدند تا نقطه نظرات همه عزیزان در خصوص نکات فنی و توضیحات تکمیلی و همچنین پیرامون تشابهات و تفاوت‌های مطالب مطروحه توسط نویسندگان (که با مثال‌هایی از رله‌های حفاظتی در کشورهای آمریکای شمالی ارائه شده‌اند) با دستگاه‌ها، ابزارها و رویه‌های مرسوم در صنعت برق کشور جمع‌آوری شوند. با دریافت این نقطه نظرات عملیات جمع‌بندی و ویراستاری و تکمیل توضیحات و تامین روانی متن ترجمه شده آغاز و پس از دوبار روخوانی و اطمینان از مطلوب بودن متن نهایی از نظر علمی و فنی و ادبی به سرانجام رسید. در نهایت متن ترجمه شده کتاب به‌همراه همه تصحیحات و توضیحات تکمیلی معتنا به صورت گرفته به شرکت مدیریت شبکه برق ایران سپرده شد تا منتشر گردد.

همه این تلاش برای این بوده است که مبانی و رویه‌های تست رله‌های حفاظتی در قالب متنی مناسب و روان در اختیار خوانندگان قرار گیرد؛ که امید است اینگونه بوده باشد و این مرکز وظیفه علمی خود را انجام داده باشد.

در این راستا، کلینیک برق ایران بر خود وظیفه می‌داند از حمایت همه‌جانبه مدیریت محترم عامل شرکت مدیریت شبکه برق ایران جناب آقای دکتر فرخزاد و معاونت محترم برنامه‌ریزی و نظارت بر امنیت شبکه جناب آقای مهندس ایوب‌زاده و همکاری موثر مدیر دفتر تحقیقات شرکت مذکور جناب آقای مهندس سلیمی بنی در انتشار این کتاب، با تقدیم احترام، قدردانی نماید.

در همین راستا لازم است از حمایت معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه علم و صنعت ایران جناب آقای دکتر محمدی و همکاری موثر مدیر امور پژوهش دانشگاه جناب آقای دکتر سلطانیه سپاسگزاری نماید.

هم‌چنین شایسته است از جناب آقای دکتر سید علی‌اصغر بهشتی شیرازی دانشیار محترم گروه مخابرات دانشگاه علم و صنعت ایران که در ویراستاری فنی بخشی از مطالب مربوط به امور مخابرات و ارتباطات همکاری نمودند و از آقایان مهندس سید محسن هاشمی، دکتر پیمان جعفریان و مهندس علی عاقلی نمایندگان شرکت مدیریت شبکه برق ایران در امر انتشار این کتاب و آقای مهندس وحید راغ‌پور که بازخوانی نسخه کتاب را تقبل نمودند، تشکر نماید.

اما مهمتر و بالاتر از همه شکرگزاری از خدای مهربان است که توفیق این خدمتگزاری به جامعه علمی و صنعتی را به همه ما (اعم از حامیان، کارگزاران، مترجمین، ویراستاران و اعضای دبیرخانه) اعطا نمود و هم از اوست که با لطف و رحمت واسعه خودش به انتشار این کتاب برکت عنایت کند تا نقش موثری را در ارتقاء دانش تخصصی در زمینه تست رله‌های حفاظتی ایفا نماید.

کلینیک برق ایران

فهرست مطالب

فصل اول: مبانی الکتریکی	۲
۱-۱- سیستم الکتریکی سه فاز	۲
۲-۱- ترانسفورماتورها	۲۴
۳-۱- ترانسفورماتورهای اندازه گیری	۳۰
۴-۱- انواع خطاهای اتصال کوتاه	۳۴
۵-۱- زمین کردن شبکه قدرت	۴۱
۶-۱- مؤلفه های توالی	۴۵
۷-۱- انواع خطاها و مؤلفه های توالی	۵۰
فصل دوم: مقدمه ای بر رله های حفاظتی	۵۸
۱-۲- رله های حفاظتی چه هستند؟	۵۸
۲-۲- منحنی های هماهنگی زمانی (TCC) و هماهنگی حفاظتی	۶۳
فصل سوم: تاریخچه مختصری از رله های حفاظتی	۷۴
۱-۳- رله های الکترومکانیکی	۷۴
۲-۳- رله های الکترونیکی	۷۷
۳-۳- رله های مبتنی بر ریزپردازنده (رله های میکروپروسسوری)	۷۷
الف) رله های دیجیتال ساده	۸۰
ب) رله های دیجیتال چند منظوره (چند تابعی)	۸۰
پ) آینده رله های حفاظتی	۸۱
ت) ملاحظات رله دیجیتال	۸۲
فصل چهارم: اصول تست رله	۸۶
۱-۴- دلایل تست رله ها	۸۶
الف) تایپ تست یا تست نمونه	۸۶
ب) تست پذیرش	۸۶
پ) راه اندازی	۸۷
ت) تست های نگهداری	۸۷
ث) عیب یابی	۸۸
۲-۴- تجهیزات تست رله	۸۹
۳-۴- روش های تست رله	۹۲
۴-۴- رویه های تست رله	۹۹
الف) تست آستانه تحریک رله	۹۹

ب) تست‌های زمانی	۱۰۲
پ) تست منطق رله	۱۰۵
ت) ترکیب کردن تست تحریک، تست زمانی و تست منطق رله	۱۱۲
ث) تست سیستم	۱۱۹
ج) تست کردن مدل دینامیکی سیستم	۱۲۰

فصل پنجم: برگه‌های تست و مستندسازی ۱۲۴

۱-۵- نام و نماد شرکت	۱۲۴
۲-۵- جزئیات پروژه	۱۲۵
۳-۵- داده‌های پلاک مشخصات	۱۲۵
۴-۵- نسبت‌های تبدیل ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ	۱۲۶
۵-۵- نکات و توضیحات	۱۲۷
۶-۵- اندازه‌گیری داده‌های تست	۱۲۷
۷-۵- تست‌های ورودی/خروجی	۱۲۸
۸-۵- نتایج تست واحد حفاظتی	۱۲۹
۹-۵- مشخصه واحد حفاظتی	۱۳۱
۱۰-۵- وارسی نهایی خروجی	۱۳۲
۱۱-۵- نمونه‌هایی از برگه‌های تست	۱۳۳
۱۲-۵- گزارش نهایی	۱۳۶

فصل ششم: تست حفاظت اضافه ولتاژ (واحد ۵۹) ۱۴۰

۱-۶- کاربرد	۱۴۰
۲-۶- تنظیمات	۱۴۰
الف) فعال‌سازی تنظیمات	۱۴۰
ب) ولتاژ تحریک	۱۴۱
پ) انتخاب منحنی زمانی	۱۴۱
ت) تأخیر زمانی	۱۴۱
ث) بازنشانی یا بازگشت به شرایط اولیه	۱۴۲
ج) فازهای مورد نیاز	۱۴۲
۳-۶- تست ولتاژ تحریک	۱۴۲
الف) اتصالات دستگاه تست	۱۴۳
ب) روش تست ولتاژ تحریک- ولتاژ هر سه فاز	۱۴۴
پ) روش تست ولتاژ تحریک- حداقل ولتاژ دو فاز	۱۴۵
ت) روش تست ولتاژ تحریک- حداقل ولتاژ یکی از فازها	۱۴۵

۱۴۶	.....	ث) ارزیابی نتایج
۱۴۶	.....	۴-۶- تست‌های زمان عملکرد.....
۱۴۶	.....	الف) روش تست زمان عملکرد با تنظیم زمان ثابت- ولتاژ هر سه فاز.....
۱۴۷	.....	ب) روش تست زمان عملکرد با تنظیم زمان ثابت- حداقل ولتاژ دو فاز.....
۱۴۷	.....	پ) روش تست زمان عملکرد با تنظیم زمان ثابت- حداقل ولتاژ یکی از فازها.....
۱۴۸	.....	ت) روش تست زمان عملکرد با منحنی مشخصه کاهشی- ولتاژ هر سه فاز.....
۱۴۸	.....	ث) روش تست زمان عملکرد با منحنی مشخصه کاهشی-حداقل ولتاژ دو فاز.....
۱۴۹	.....	ج) روش تست زمان عملکرد با منحنی مشخصه کاهشی- حداقل ولتاژ یکی از فازها.....
۱۵۰	.....	چ) ارزیابی نتایج تست با تنظیمات زمان ثابت.....
۱۵۰	.....	ح) ارزیابی نتایج تست با منحنی مشخصه کاهشی.....
۱۵۲	.....	۵-۶- راهنمایی‌ها و ترفندها برای حل مشکلات تست

فصل هفتم: تست حفاظت ولتاژ کم (واحد ۲۷) ۱۵۴

۱۵۴	.....	۱-۷- کاربرد.....
۱۵۵	.....	۲-۷- تنظیمات.....
۱۵۵	.....	الف) فعال‌سازی تنظیمات.....
۱۵۵	.....	ب) ولتاژ تحریک.....
۱۵۶	.....	پ) انتخاب منحنی مشخصه زمانی.....
۱۵۶	.....	ت) تأخیر زمانی.....
۱۵۶	.....	ث) بازنشانی یا بازگشت به شرایط اولیه.....
۱۵۷	.....	ج) فازهای مورد نیاز.....
۱۵۷	.....	چ) شیوه اندازه‌گیری ولتاژ.....
۱۵۷	.....	ح) حداقل ولتاژ.....
۱۵۷	.....	خ) قفل کردن سیگنال.....
۱۵۷	.....	۳-۷- تست ولتاژ تحریک.....
۱۵۸	.....	الف) اتصالات دستگاه تست.....
۱۵۹	.....	ب) روش تست ولتاژ تحریک- ولتاژ هر سه فاز.....
۱۶۰	.....	پ) روش تست ولتاژ تحریک- حداقل ولتاژ دو فاز.....
۱۶۱	.....	ت) روش تست ولتاژ تحریک- حداقل ولتاژ یکی از فازها.....
۱۶۲	.....	ث) ارزیابی نتایج.....
۱۶۲	.....	۴-۷- تستهای زمان عملکرد.....
۱۶۲	.....	الف) روش تست زمان عملکرد با تنظیم زمان ثابت- ولتاژ هر سه فاز.....
۱۶۳	.....	ب) روش تست زمان عملکرد با تنظیم زمان ثابت- حداقل ولتاژ دو فاز.....
۱۶۴	.....	پ) روش تست زمان عملکرد با تنظیم زمان ثابت- حداقل ولتاژ یکی از فازها.....

۱۶۴	ت) روش تست زمان عملکرد با منحنی کاهشی- ولتاژ هر سه فاز
۱۶۵	ث) روش تست زمان عملکرد با منحنی کاهشی-حداقل ولتاژ دو فاز
۱۶۶	ج) روش تست زمان عملکرد با منحنی کاهشی- حداقل ولتاژ یکی از فازها
۱۶۷	چ) ارزیابی نتایج تست با تنظیم زمان ثابت
۱۶۷	ح) ارزیابی نتایج تست با منحنی کاهشی
۱۶۸	۷-۵- راهنمایی‌ها و ترفندها برای حل مشکلات تست

فصل هشتم: تست حفاظت فرکانس زیاد یا حفاظت فرکانس پایین (واحد ۸۱) ۱۷۲

۱۷۲	۸-۱- کاربرد
۱۷۳	۸-۲- تنظیمات
۱۷۳	الف) فعال سازی تنظیمات
۱۷۴	ب) فرکانس تنظیمی یا فرکانس تحریک
۱۷۴	پ) تأخیر زمانی
۱۷۴	ت) استفاده از سیگنال جریان
۱۷۴	ث) حداقل جریان عملکرد
۱۷۴	ج) حداقل ولتاژ عملکرد یا ولتاژ قطع
۱۷۵	چ) قفل فرکانس پایین
۱۷۵	ح) قفل موقت فرکانس پایین
۱۷۵	۸-۳- تست فرکانس تنظیمی یا فرکانس تحریک
۱۷۶	الف) اتصالات دستگاه تست
۱۷۸	ب) روش تست تحریک فرکانس پایین
۱۷۸	پ) روش تست تحریک فرکانس زیاد
۱۷۹	ت) ارزیابی نتایج
۱۸۰	۸-۴- تست‌های زمان عملکرد
۱۸۰	الف) روش تست زمان عملکرد
۱۸۰	ب) ارزیابی نتایج تست
۱۸۱	۸-۵- راهنمایی‌ها و ترفندها برای حل مشکلات تست

فصل نهم: تست واحد جریان زیاد آنی (۵۰) ۱۸۴

۱۸۴	۹-۱- کاربرد
۱۸۷	۹-۲- تنظیمات
۱۸۷	الف) فعال سازی تنظیمات
۱۸۷	ب) جریان تحریک
۱۸۸	پ) تأخیر زمانی

۱۸۸	..... تست جریان تحريك
۱۹۰	..... (الف) اتصالات دستگاه تست
۱۹۲	..... (ب) روش تست جريان تحريك با تنظيم کمتر از ۱۰ آمپر
۱۹۳	..... (پ) روش تست جريان تحريك با تنظيم بيشتتر از ۱۰ آمپر
۱۹۴	..... (ت) روش تست بدون نياز به تغيير تنظيمات و بدون تداخل
۱۹۵	..... ۹-۴- تست‌های زمان عملکرد
۱۹۷	..... (الف) روش تست زمان عملکرد
۱۹۷	..... ۹-۵- حفاظت آنی اتصال زمين (حفاظت آنی جريان باقيمانده)
۱۹۸	..... ۹-۶- راهنمایی‌ها و ترفندها برای حل مشکلات تست

فصل دهم: تست واحد جريان زياد كاهشی (۵۱) ۲۰۲

۲۰۲	..... ۱۰-۱- کاربرد
۲۰۴	..... ۱۰-۲- تنظيمات
۲۰۴	..... (الف) فعال‌سازی تنظيمات
۲۰۴	..... (ب) جريان تنظيمی یا جريان تحريك
۲۰۵	..... (پ) منحنی مشخصه
۲۰۵	..... (ت) ضريب زمانی
۲۰۵	..... (ث) بازنشانی یا بازگشت به شرايط اوليه
۲۰۵	..... ۱۰-۳- تست جريان تحريك
۲۰۶	..... (الف) اتصالات دستگاه تست
۲۰۸	..... (ب) روش تست جريان تحريك
۲۱۰	..... ۱۰-۴- تست‌های زمان عملکرد
۲۱۲	..... (الف) استفاده از روابط رياضي برای تعيين زمان عملکرد
۲۱۴	..... (ب) استفاده از منحنی‌ها برای تعيين زمان عملکرد
۲۱۴	..... (پ) استفاده از جداول برای مشخص کردن تأخير زمانی
۲۱۶	..... (ت) روش تست زمان عملکرد
۲۱۷	..... ۱۰-۵- تست‌های زمان بازنشانی یا بازگشت به وضعيت اوليه
۲۱۷	..... (الف) روش تست بازنشانی
۲۱۸	..... ۱۰-۶- حفاظت زمانی اتصال زمين (حفاظت زمانی جريان باقيمانده)
۲۱۸	..... ۱۰-۷- راهنمایی‌ها و ترفندها برای حل مشکلات تست

فصل يازدهم: تست واحد جريان زياد جهتی (۶۷) ۲۲۲

۲۲۲	..... ۱۱-۱- کاربرد
۲۲۵	..... ۱۱-۲- عملکرد

۲۲۷	تنظیمات.....	۳-۱۱
۲۲۷	الف) فعال سازی تنظیمات	
۲۲۷	ب) جریان تحریک.....	
۲۲۸	پ) منحنی مشخصه.....	
۲۲۸	ت) ضریب زمانی.....	
۲۲۸	ث) بازنشانی یا بازگشت به شرایط اولیه	
۲۲۸	ج) زاویه گشتاور ماکزیمم	
۲۲۸	چ) رله های جهتی فاز	
۲۲۹	ح) حداقل مقدار ولتاژ پلاریزه.....	
۲۲۹	خ) قفل رله جریان زیاد با پر شدن حافظه	
۲۲۹	د) منبع سیگنال جهتی.....	
۲۲۹	ذ) قفل جهتی	
۲۲۹	ر) نشانگر جهتی	
۲۲۹	ز) ضبط حوادث جهتی	
۲۲۹	ژ) تعدد مراجع جهتی	
۲۲۹	۴-۱۱- تست جریان تحریک.....	
۲۳۱	الف) اتصالات دستگاه تست	
۲۳۲	ب) مشخص کردن زاویه گشتاور ماکزیمم	
۲۳۵	پ) دستورالعمل تست سریع و آسان رله جریان زیاد جهتی	
۲۳۷	۵-۱۱- روش های تست عملکرد زمانی	
۲۳۷	۶-۱۱- راهنمایی ها و ترفندها برای حل مشکلات تست.....	

فصل دوازدهم: تست رله دیفرانسیل درصدی - ساده (۸۷)..... ۲۴۰

۲۴۰	۱-۱۲- کاربرد.....	
۲۵۰	۲-۱۲- تنظیمات.....	
۲۵۰	الف) فعال سازی تنظیمات	
۲۵۱	ب) حداقل جریان تحریک (رله دیفرانسیل درصدی).....	
۲۵۱	پ) تپ	
۲۵۱	ت) شیب مشخصه-۱	
۲۵۱	ث) شیب مشخصه-۲	
۲۵۱	ج) نقطه شکست	
۲۵۱	چ) تأخیر زمانی	
۲۵۲	ح) قفل	
۲۵۲	۳-۱۲- تست جریان تحریک واحد دیفرانسیل درصدی-ساده.....	

۲۵۲	الف) اتصالات دستگاه تست
۲۵۴	ب) روش تست جریان تحریک
۲۵۶	۱۲-۴- روش تست زمانی رله دیفرانسیل درصدی- ساده
۲۵۸	۱۲-۵- تست شیب مشخصه عملکرد رله دیفرانسیل درصدی- ساده
۲۶۰	الف) اتصالات دستگاه تست
۲۶۱	ب) روش تست شیب مشخصه عملکرد
۲۷۴	۱۲-۶- راهنمایی‌ها و ترفندها برای حل مشکلات تست

فصل سیزدهم: تست رله دیفرانسیل درصدی- ترانسفورماتور (۸۷) ۲۷۶

۲۷۶	۱۳-۱- کاربرد
۳۰۰	۱۳-۲- تنظیمات
۳۰۰	الف) فعال‌سازی تنظیمات
۳۰۱	ب) تعداد سیم‌پیچ‌ها
۳۰۱	پ) جبران‌ساز چرخش زاویه فاز
۳۰۳	ت) MVA
۳۰۳	ث) ولتاژ سیم‌پیچ
۳۰۳	ج) حداقل جریان تحریک
۳۰۴	چ) تپ
۳۰۴	ح) شیب مشخصه-۱
۳۰۴	خ) شیب مشخصه-۲
۳۰۴	د) نقطه شکست
۳۰۴	ذ) تأخیر زمانی
۳۰۴	ر) قفل
۳۰۵	ز) پارامترهای قفل هارمونیک
۳۰۵	۱۳-۳- اتصال CT به رله
۳۱۰	۱۳-۴- تست سه‌فاز جریان تحریک رله دیفرانسیلی درصدی
۳۱۱	الف) اتصالات سه‌فاز دستگاه تست
۳۱۳	ب) روش تست سه‌فاز جریان تحریک
۳۱۵	پ) اتصالات تک‌فاز دستگاه تست
۳۱۷	ت) روش تست تک‌فاز جریان تحریک
۳۱۹	۱۳-۵- روش تست زمانی رله دیفرانسیل درصدی
۳۲۱	۱۳-۶- تست سه‌فاز شیب مشخصه رله دیفرانسیل درصدی
۳۲۵	الف) اتصالات دستگاه تست
۳۲۷	ب) محاسبات قبل از تست

۳۳۴	پ) محاسبات پس از تست
۳۳۸	ت) روش جایگزین برای محاسبه شیب مشخصه
۳۴۰	ث) دستورالعمل تست سه‌فاز شیب مشخصه رله دیفرانسیلی
۳۴۳	۷-۱۳- تست تکفاز شیب مشخصه رله دیفرانسیل-درصدی
۳۴۴	الف) درک اتصالات دستگاه تست
۳۴۴	ب) اتصالات دستگاه تست
۳۴۵	پ) دستورالعمل تست تکفاز شیب مشخصه
۳۴۷	۸-۱۳- تست قفل هارمونیکی
۳۴۸	الف) اتصالات تست قفل هارمونیکی
۳۴۹	ب) روش تست قفل هارمونیکی با هارمونیک‌ها
۳۵۰	پ) روش تست قفل هارمونیکی با جریان
۳۵۱	ت) ارزیابی نتایج
۳۵۱	۹-۱۳- راهنمایی‌ها و ترفندها برای حل مشکلات تست

فصل چهاردهم: تست رله دیفرانسیل معمولی ۳۵۸

۳۵۸	۱-۱۴- تنظیمات
۳۵۸	الف) فعال‌سازی تنظیمات
۳۵۹	ب) حداقل جریان تحریک
۳۵۹	پ) تپ
۳۵۹	ت) تأخیر زمانی
۳۵۹	ث) قفل
۳۵۹	۲-۱۴- اتصالات دستگاه تست
۳۶۱	۳-۱۴- روش ساده تست جریان تحریک
۳۶۴	۴-۱۴- روش جایگزین برای تست جریان تحریک
۳۶۵	۵-۱۴- روش تست زمانی
۳۶۶	۶-۱۴- راهنمایی‌ها و ترفندها برای حل مشکلات تست

فصل پانزدهم: تست رله دیستانس خط (۲۱) ۳۶۸

۳۷۲	۱-۱۵- رله‌های امپدانس
۳۸۲	۲-۱۵- تنظیمات
۳۸۳	الف) فعال‌سازی تنظیمات
۳۸۳	ب) اندازه امپدانس توالی مثبت خط
۳۸۳	پ) زاویه امپدانس توالی مثبت خط
۳۸۳	ت) اندازه امپدانس توالی صفر خط

۳۸۳	.....	ث) زاویه امیدانس توالی صفر خط
۳۸۴	.....	ج) طول خط
۳۸۴	.....	چ) اندازه ضریب توالی صفر
۳۸۴	.....	ح) زاویه ضریب توالی صفر
۳۸۴	.....	خ) شکل منحنی مشخصه زون
۳۸۴	.....	د) بازدارنده زون
۳۸۵	.....	ذ) نظارت بر زون یا آشکارساز خطای زون
۳۸۵	.....	ر) سطح ولتاژ زون (حداقل ولتاژ برای عملکرد صحیح رله)
۳۸۵	.....	ز) تعداد زون‌ها با مشخصه مهو در رله فاز
۳۸۵	.....	ژ) تعداد زون‌ها با مشخصه مهو در رله زمین
۳۸۵	.....	س) تعداد زون‌ها با مشخصه چهارضلعی در رله زمین
۳۸۵	.....	ش) تنظیم زون
۳۸۶	.....	ص) عقب‌نشینی زون یا زاویه و برد معکوس زون
۳۸۶	.....	ض) تأخیر زمانی زون
۳۸۶	.....	ط) جهت زون
۳۸۶	.....	ظ) قفل
۳۸۶	.....	۱۵-۳- جلوگیری از تداخل در رله‌های دیجیتال
۳۸۹	.....	۱۵-۴- تست تابع دیستانس فازی در برابر خطای سه‌فاز
۳۹۱	.....	الف) اتصالات دستگاه تست
۳۹۱	.....	ب) تست زاویه گشتاور ماکزیمم
۳۹۷	.....	پ) تست بُرد رله
۴۰۱	.....	ت) تست زمان عملکرد
۴۰۵	.....	۱۵-۵- تست تابع دیستانس فازی در برابر اتصال دوفاز
۴۰۶	.....	الف) محاسبات تست اتصال دوفاز
۴۱۰	.....	ب) اتصالات دستگاه تست
۴۱۲	.....	پ) تست زاویه گشتاور ماکزیمم
۴۱۷	.....	ت) تست بُرد
۴۲۲	.....	ث) تست زمان عملکرد
۴۲۷	.....	۱۵-۶- تست تابع دیستانس زمین در برابر اتصال زمین
۴۲۷	.....	الف) محاسبات تست اتصال زمین
۴۳۰	.....	ب) تنظیمات تابع دیستانس زمین
۴۳۱	.....	پ) تست زاویه گشتاور ماکزیمم
۴۳۶	.....	ت) تست بُرد
۴۴۰	.....	ث) تست زمان عملکرد

فصل شانزدهم: درک منطق دیجیتال ۴۴۸

- ۴۴۸ ۱-۱۶ - معرفی گیت‌های منطقی
- ۴۴۸ الف (ف) OR
- ۴۴۸ ب (ب) AND
- ۴۴۹ ت (ت) NOT
- ۴۴۹ ث (ث) NOR
- ۴۴۹ ج (ج) NAND
- ۴۵۰ چ (چ) XOR
- ۴۵۰ ح (ح) XNOR
- ۴۵۰ خ (خ) مقایسه‌گر
- ۴۵۱ د (د) تایمر (زمان‌سنج)
- ۴۵۲ ذ (ذ) خلاصه‌ای از گیت‌های منطقی
- ۴۵۲ ۱۶-۲ - برچسب‌های رله
- ۴۵۴ ۱۶-۳ - طرح‌های منطقی کنترل رله
- ۴۶۳ ۱۶-۴ - طرح‌های "واحد حفاظتی مستقل"
- ۴۶۵ ۱۶-۵ - رله‌های باینری
- ۴۶۸ ۱۶-۶ - طرح ریاضی

فصل هفدهم: به رله رسیدگی کنید ۵۰۲

- ۵۰۲ ۱۷-۱ - مقدمه
- ۵۰۳ ۱۷-۲ - جمع‌آوری اطلاعات
- ۵۰۴ الف (ف) نقشه‌های تک خطی
- ۵۰۷ ب (ب) نقشه‌های سه‌فاز (سه خطی)
- ۵۱۵ پ (پ) سوئیچ‌های تست
- ۵۱۹ ث (ث) نقشه‌های شماتیک
- ۵۲۴ ج (ج) تنظیمات
- ۵۲۹ ح (ح) مطالعات هماهنگی حفاظتی

فصل هجدهم: آمادگی برای تست ۵۳۲

- ۵۳۲ ۱۸-۱ - مقدمه
- ۵۳۲ ۱۸-۲ - برقراری ارتباطات
- ۵۳۵ ۱۸-۳ - اعمال تنظیمات
- ۵۳۵ ۱۸-۴ - اتصال دستگاه تست رله
- ۵۴۵ ۱۸-۵ - تهیه برنامه تست

۵۶۴	..... فصل نوزدهم: تست رله
۵۶۴	..... ۱-۱۹- انجام تست درونی رله
۵۶۴	..... ۲-۱۹- بازبینی ورودی‌ها و خروجی‌های باینری (دیجیتال)
۵۶۵	..... ۳-۱۹- بازبینی ورودی‌های ولتاژ و جریان
۵۶۷	..... ۴-۱۹- تست واحد حفاظتی
۵۶۹	..... ۵-۱۹- تست‌های خروجی نهایی
۵۷۴	..... ۶-۱۹- آماده‌سازی رله برای کار
۵۷۴	..... ۷-۱۹- گزارش نهایی تست