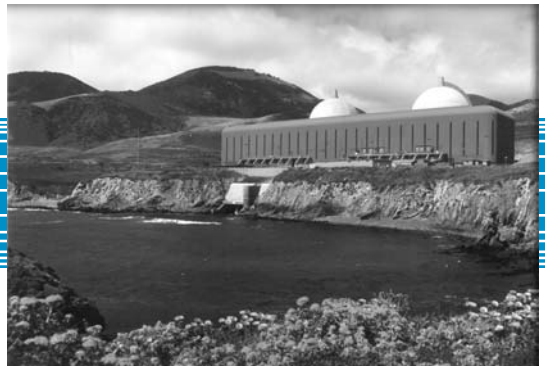
Relés de protección

Relés de protección numéricos

A partir del 6 de diciembre de 2006, este informe se puso a disposición del público de acuerdo con la Sección 734.3 (b) (3) y se publicó de acuerdo con la Sección 734.7 de las Regulaciones de la Administración de Exportaciones de EE. UU. Como resultado de esta publicación, este informe está sujeto únicamente a la protección de los derechos de autor y no requiere ningún acuerdo de licencia de EPRI. Este aviso reemplaza las restricciones de control de exportación y cualquier aviso de material con licencia patentado incluido en el documento antes de su publicación.

ADVERTENCIA:
Lea el Acuerdo de licencia en la contraportada antes de retirar el material de envoltura.

Reporte técnico



10433184

Relés de protección

Relés de protección numéricos

1009704

Informe final, diciembre de 2004

Gerente de Proyecto EPRI
J. Sharkey

EPRI • 3412 Hillview Avenue, Palo Alto, California 94304 • PO Box 10412, Palo Alto, California 94303 • EE. UU.
800.313.3774 • 650.855.2121 • askepri@epri.com • www.epri.com

10433184

RENUNCIA DE GARANTÍAS Y LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDADES

ESTE DOCUMENTO FUE PREPARADO POR LAS ORGANIZACIONES NOMBRADAS A CONTINUACIÓN COMO UNA CUENTA DE TRABAJO PATROCINADO O COSPONSORADO POR EL ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, INC. (EPRI). NI EPRI, NINGÚN MIEMBRO DE EPRI, NINGÚN COSPONSOR, LA (S) ORGANIZACIÓN (S) A CONTINUACIÓN, NI NINGUNA PERSONA QUE ACTÚE EN NOMBRE DE CUALQUIERA DE ELLOS:

(A) OFRECE CUALQUIER GARANTÍA O REPRESENTACIÓN, EXPRESA O IMPLÍCITA, (I) CON RESPECTO AL USO DE CUALQUIER INFORMACIÓN, APARATO, MÉTODO, PROCESO O ARTÍCULO SIMILAR DIVULGADO EN ESTE DOCUMENTO, INCLUYENDO COMERCIABILIDAD Y APTITUD PARA UNA PARTICULARIDAD, (II) QUE DICHO USO NO INFRINGA NI INTERFERE CON DERECHOS DE PROPIEDAD PRIVADA, INCLUYENDO LA PROPIEDAD INTELECTUAL DE CUALQUIER PARTE, O (III) QUE ESTE DOCUMENTO ES ADECUADO PARA CUALQUIER CIRCUNSTANCIA DE USUARIO EN PARTICULAR; O

(B) ASUME LA RESPONSABILIDAD POR CUALQUIER DAÑO U OTRA RESPONSABILIDAD (INCLUYENDO CUALQUIER DAÑO CONSECUENTE, INCLUSO SI EPRI O CUALQUIER REPRESENTANTE DE EPRI HA SIDO ADVERTIDO DE LA POSIBILIDAD DE DICHOS DAÑOS) RESULTANTES DE SU SELECCIÓN O USO DE ESTE DOCUMENTO MÉTODO, PROCESO O ARTÍCULO SIMILAR QUE SE DESCRIBE EN ESTE DOCUMENTO.

NOTICIA IMPORTANTE

EL USO DE ESTE DOCUMENTO ES VOLUNTARIO. NO ESTÁ DESTINADO A FINES REGLAMENTARIOS O DE CUMPLIMIENTO. SE OFRECE PARA CONSIDERACIÓN Y USO DE MIEMBROS DE EPRI / NMAC. NO ESTÁ AUTORIZADO EL USO DE ESTE DOCUMENTO Y SU CONTENIDO POR CUALQUIERA QUE NO SEA AQUELLOS PARA QUIEN ESTÁ DESTINADO. ESTE DOCUMENTO SE BASA EN EL CONSENSO DEL PERSONAL DE SERVICIOS PÚBLICOS, CON LA OPINIÓN DEL FABRICANTE Y OTROS COLABORADORES. PUEDE HABER OTRAS TÉCNICAS O MEDIOS PARA REALIZAR EL TRABAJO O ACTIVIDADES DESCRITAS EN ESTE DOCUMENTO. LAS PREGUNTAS RELATIVAS AL USO DE ESTE MATERIAL DEBEN DIRIGIRSE AL CENTRO DE APLICACIONES DE MANTENIMIENTO NUCLEAR (NMAC) DE EPRI.

ORGANIZACIÓN (ES) QUE PREPARÓ ESTE DOCUMENTO

EPRI

INFORMACIÓN SOBRE PEDIDOS

Las solicitudes de copias de este informe deben dirigirse a EPRI Orders and Conferences, 1355 Willow Way, Suite 278, Concord, CA 94520, (800) 313-3774, presione 2 o internamente x5379, (925) 609-9169, (925) 609-1310 (fax).

Electric Power Research Institute y EPRI son marcas de servicio registradas de Electric Power Research Institute, Inc. EPRI. ELECTRIFY THE WORLD es una marca de servicio del Electric Power Research Institute, Inc.

Copyright © 2004 Electric Power Research Institute, Inc. Todos los derechos reservados.

10433184

CITACIONES

Este informe fue elaborado por

Centro de Aplicaciones de Mantenimiento Nuclear (NMAC) EPRI

1300 WT Harris Boulevard
Charlotte, NC 28262

Investigador principal
J. Sharkey

Este informe describe la investigación patrocinada por EPRI.

El informe es un documento corporativo que debe citarse en la literatura de la siguiente manera:

Relés de protección: Relés de protección numéricos, EPRI, Palo Alto, CA: 2004. 1009704.

RESUMEN DEL INFORME

Los relés de protección son elementos de toma de decisiones en el esquema de protección de los sistemas de energía eléctrica. Los relés numéricos ofrecen muchas ventajas sobre los tipos de dispositivos electromecánicos tradicionales. Esta guía proporciona una descripción general de los relés numéricos y analiza el mantenimiento y las pruebas.

Antecedentes

Los relés de protección monitorean las condiciones del circuito e inician acciones de protección cuando se detecta una condición no deseada. Los relés de protección cumplen muchas funciones, incluido el aislamiento de circuitos o equipos con fallas del resto del sistema para que el sistema pueda continuar funcionando. Esta función limita el daño al equipo averiado y, por lo tanto, reduce la posibilidad de incendio o daño al equipo adyacente y minimiza los peligros para el personal. Es imperativo que los relés de protección funcionen correctamente en respuesta a condiciones indeseables. Los relés numéricos se basan en microprocesadores frente a los electromecánicos. Por lo tanto, la confiabilidad mejora enormemente, mientras que se necesita menos mantenimiento y no se requiere calibración.

Objetivos

- Proporcionar una comprensión clara de los esquemas de relés y las consideraciones en la aplicación y mantenimiento de relés de protección numéricos.
- Proporcionar al personal de mantenimiento, ingeniería y operaciones de la planta conocimientos y orientación sobre cómo desarrollar pruebas adecuadas, calibración y pruebas posteriores a la instalación y al mantenimiento.

Acercarse

El Centro de Aplicaciones de Mantenimiento Nuclear (NMAC) de EPRI revisó los relés numéricos y comparó su aplicación en plantas de energía nuclear con los relés electromecánicos tradicionales. Se utilizó personal de la industria y fabricantes de relés para determinar las ventajas y los posibles obstáculos de las aplicaciones de relés numéricos. Se consultaron las mismas fuentes para resaltar las diferencias en los requisitos de mantenimiento y prueba.

Resultados

Este informe proporciona una descripción general de los relés de protección y la aplicación específica de los relés numéricos. Familiariza a los lectores con los componentes y subconjuntos clave utilizados en los relés numéricos y revisa los principios operativos fundamentales. El informe analiza el diseño de relés de protección y las características de construcción, los diversos tipos de relés numéricos disponibles y los conceptos de aplicación de los relés de protección.

Esta guía también presenta información numérica de seguridad y confiabilidad del relé para establecer una línea de base a partir de la cual las prácticas de mantenimiento se pueden vincular a un mecanismo de degradación o modo de falla. Se proporciona información sobre inspecciones visuales, verificaciones y pruebas eléctricas junto con una descripción general de las prácticas de mantenimiento.

Perspectiva EPRI

En 1993, EPRI publicó *Guía de aplicación y mantenimiento de relés de protección (* NP-7216). Este documento describe las consideraciones de aplicación y las prácticas de mantenimiento de los relés electromecánicos.

Aunque los relés electromecánicos siguen siendo los relés más predominantes en uso en las centrales eléctricas de EE. UU., Los avances tecnológicos y el riesgo de obsolescencia son fuertes motivadores para la actualización. Es inevitable que las plantas de energía se muevan lentamente hacia una tecnología más nueva. De hecho, este movimiento hacia el uso de relés de tipo digital / numérico ya ha comenzado. En el momento en que se publicó este documento, una planta nuclear de EE. UU. Ya había instalado relés digitales y otras dos empresas nucleares estaban considerando relés digitales para aplicaciones seleccionadas.

Este documento se desarrolló para ayudar a las plantas a comprender la tecnología de relés de protección digitales / numéricos, brindar orientación sobre la aplicación y describir las prácticas básicas de mantenimiento.

Palabras clave
Relé digital
Mantenimiento
Relé numérico
Relé

EXPRESIONES DE GRATITUD

La NMAC desea reconocer a las siguientes personas y organizaciones por contribuir, revisar y apoyar la creación de este documento. Se agradece el tiempo y la consideración que cada persona dedicó a este trabajo.

Nombre	Utilidad / Planta
Robert McFetridge	Areva T&D
Larry Wright	Duke Power
Randy Ashcraft	Entergy
Sudhir Thakur	Exelon
Scott Aman	Framatome ANP
William Bruce	Framatome ANP
WN Matthews	Framatome ANP
Gustavo Brunello	Energia General
Andre Smit	Siemens
Steve Edwards	Siemens
Donald McHugh	Siemens
Juergen Holbach	Siemens
Brent Duncan	Siemens
Richard Preston	Siemens
Samir Patel	Siemens
Itamar Lopes	Siemens
Robert Jabs	Westinghouse

Material con licencia EPRI

CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 1-1

1.1 Información de antecedentes 1-1

1.2 Alcance 1-2

1.3 Descripción general del documento 1-2

1.4 Puntos clave 1-4

2 DESCRIPCIÓN DEL RELÉ NUMÉRICO 2-1

2.1 Propósito de los relés de protección 2-1

2.1.1 Mejoras en la protección de relés digitales 2-1

2.2 Descripción general de los relés digitales 2-2

2.2.1 Construcción de relés numéricos 2-3

2.2.1.1 Fuente de alimentación 2- 4

2.2.1.2 Entradas de medida (MI) 2-4

2.2.1.3 Amplificadores de entrada (IA) 2-4

2.2.1.4 Analógico a digital (AD) 2-4

2.2.1.5 Microordenador (µ C)..... 2-5

2.2.1.6 Pantallas 2-5

2.2.1.7 Comunicaciones 2-5

2.2.1.8 Entrada / Salida (E / S) ..... 2 -5

2.2.1.9 Caja de envolvente 2-6

2.2.3 Operación del circuito de protección del sistema de energía 2-12

2.3 Clasificaciones de relés ..... 2 -12

2.4 Terminología de relés 2-15

2.5 Números de función del dispositivo 2-17

2.5.1 Descripción general..... 2-17

2.5.2 Prefijo / Sufijos 2-18

3 CONSTRUCCIÓN DE RELÉS NUMÉRICOS Y PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO 3-1

3.1 Subconjuntos eléctricos 3-1

3.1.1 Fuente de alimentación 3-1

3.1.2 Tarjeta madre 3-1

3.1.3 Módulos de E / S 3-2

3.1.4 Módulos de comunicación 3-2

3.2 Construcción de relés numéricos 3-4

3.2.1 Caso 3-4

3.2.2 Chasis 3-6

3.2.3 Tarjetas de circuito impreso 3-7

3.2.4 Cubrir 3-8

3.2.5 Objetivos / indicación LED 3-8

3.2.6 Pantalla frontal 3-8

3.3 Requisitos de diseño ..... 3 -9

3.3.1 Condiciones de servicio 3-10

3.3.2 Calificaciones 3-11

3.3.2.1 Voltaje / Corriente 3-11

3.3.2.2 Carga / Sobrecarga 3-11

3.3.3 Pruebas de diseño ..... 3 -12

3.3.3.1 Prueba dieléctrica 3-12

3.3.3.2 Capacidad de resistencia a sobretensión 3-12

3.3.3.3 Interferencia electromagnética radiada 3-13

3.3.3.4 Calificación para aplicaciones de Clase 1E 3-13

3.3.3.5 Pruebas sísmicas 3-13

4 TIPOS DE PROTECCIÓN DE RELÉ - APLICACIÓN Y FUNCIONAMIENTO 4-1

4.1 Protección de distancia (21) 4- 1

4.1.1 Aplicaciones 4-1

4.1.2 Principios de Operación 4-2

4.1.2.1 Configuración de Zona 1 ..... 4- 2

4.1.2.2 Uso de la zona de extralimitación 4-2

4.1.2.3 Configuración de la Zona 2 (o Zona 3 si la Zona 2 es la Zona de Exceso) 4-2

4.2 Sincronización (25) 4-2

4.2.1 Solicitud 4-2

4.2.2 Principios de Operación 4-3
4.3 Protección contra subtensión (27) 4-5
4.3.1 Aplicaciones 4-5
4.3.1.1 Protección contra subtensión de bus y motor 4-5
4.3.1.2 Esquema de transferencia de fuente 4-6
4.3.1.3 Funciones permisivas 4-6
4.3.2 Principios de Operación 4-7
4.4 Protección de potencia direccional (32F, 32R) 4-9
4.4.1 Aplicaciones 4-9
4.4.1.1 Control de flujo de energía de la fuente 4-9
4.4.1.2 Antimotorización del generador 4-10
4.4.1.3 Flujo de potencia inverso 4-10
4.4.2 Principios de Operación 4-10
4.5 Protección contra subcorriente (37) 4-11
4.5.1 Aplicaciones 4-11
4.5.2 Principios de Operación 4-12
4.6 Pérdida de excitación (40) 4-12
4.6.1 Aplicaciones 4-12
4.6.2 Principios de Operación 4-13
4.7 Protección de corriente de desequilibrio de fase (46) 4-14
4.7.1 Aplicaciones 4-14
4.7.1.1 Protección del motor 4-15
4.7.1.2 Protección del generador 4-15
4.7.1.3 Protección del alimentador 4-16
4.7.2 Principios de Operación 4-17
4.7.2.1 Protección contra corriente de desequilibrio 4-17
4.7.2.2 Protección de corriente de secuencia negativa 4-17
4.8 Protección de voltaje de secuencia de fase (47) 4-17
4.8.1 Solicitud 4-17
4.8.2 Principios de Operación 4-17
4.9 Protección de arranque del motor 4-18
4.9.1 Solicitud 4-18
4.9.2 Principios de Operación 4-19
4.10 Relés Térmicos (49) 4-19

4.10.1 Aplicaciones ..... 4 -19

4.10.1.1 Protección del motor 4-20

4.10.1.2 Protección del transformador 4-20

4.10.1.3 Protección del generador 4-20

4.10.2 Principios de Operación 4-21

4.10.2.1 Protección contra sobrecargas mediante una réplica térmica 4-21

4.10.2.2 Cálculo de puntos calientes y determinación de la tasa de envejecimiento ..... 4-23 Protección de

4.11 sobrecorriente instantánea y de tiempo (50/51) 4-23

4.11.1 Aplicaciones ..... 4 -23

4.11.1.1 Protección del generador (51V) ..... 4-24 Protección del motor

4.11.1.2 ..... 4-25 Protección del transformador

4.11.1.3 ..... 4-25 Protección de bus .....

4.11.1.4 ..... 4-25 Protección del alimentador ... .

4.11.1.5 ..... 4-26 Protección de respaldo .....

4.11.1.6 4-26

4.11.2 Principios de Operación 4-26

4.12 Protección contra sobretensión (59) 4-27

4.12.1 Aplicaciones ..... 4 -27

4.12.1.1 Protección de bus 4-27

4.12.1.2 Protección contra fallas a tierra del generador 4-27

4.12.1.3 Protección contra desequilibrio del banco de capacitores 4-28

4.12.2 Principios de Operación 4-29

4.13 Protección de equilibrio de voltaje (60FL) 4-30

4.13.1 Solicitud..... .4-30

4.14 Relés de presión repentina / de falla (63) 4-30

4.14.1 Aplicaciones ..... 4 -30

4.14.2 Principios de Operación 4-31

4.15 Protección del estator / rotor 4-31

4.15.1 Aplicaciones ..... 4 -31

4.15.2 Protección de tierra del estator (100%) con terceros armónicos (27/59) 4-32

4.15.3 Protección de tierra del estator (100%) con voltaje subarmónico (20 Hertz) Inyección (64G) 4-33

4.15.4 Protección de falla a tierra del rotor (64R) - Inyección de voltaje de CA ... 4-33

4.16 Protección de sobrecorriente direccional (67 / 67N) 4-35

4.16.1 Aplicaciones ..... 4 -35

4.16.1.1 Protección de línea / alimentador 4-35
4.16.1.2 Protección del generador 4-35
4.16.2 Principios de Operación 4-35
4.17 Función fuera de sincronismo (78) 4-36
4.17.1 Aplicaciones ..... 4 -36
4.17.2 Principios de Operación 4-36
4.18 Protección de frecuencia 4-37
4.18.1 Aplicaciones ..... 4 -37
4.18.1.1 Subfrecuencia 4-38
4.18.1.2 Sobrefrecuencia 4-38
4.18.1.3 Desplazamiento de carga de frecuencia 4-38
4.18.2 Principios de Operación 4-39
4.19 Relés de bloqueo (86) 4- 40
4.19.1 Aplicaciones ..... 4 -40
4.19.2 Principios de Operación 4-40
4.20 Relés diferenciales (87) 4-40
4.20.1 Aplicaciones ..... 4 -40
4.20.1.1 Protección del transformador 4-40
4.20.1.2 Protección del generador y la unidad 4-45
4.20.1.3 Protección del motor 4-45
4.20.1.4 Protección de bus 4-45
4.20.2 Principios de Operación 4-45
4.21 Protección diferencial de corriente (87L) 4-47
4.21.1 Aplicaciones ..... 4 -47
4.21.2 Principios de Operación 4-49
4.21.3 Relés de cable piloto (87L) 4-49

5 DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN 5-1
5.1 Filosofía de diseño del sistema de protección 5-1
5.1.1 Objetivos de rendimiento 5-1
5.1.2 Características ideales del relé 5-2
5.1.2.1 Fiabilidad 5-3
5.1.2.2 Selectividad 5-4
5.1.2.3 Sencillez 5-4
5.1.2.4 Redundancia ..... 5 -5

5.2 Enfoque de diseño del sistema de protección 5-5

5.2.1 Zonas de protección 5-5

5.2.2 Protección primaria y de respaldo 5-7

5.2.3 Criterios de diseño de protección de centrales eléctricas 5-8

5.2.3.1 Estándares de relés de centrales eléctricas 5-8

5.2.3.2 Protección nuclear de clase 1E 5-9

5.3 Interfaces del sistema 5-10

5.3.1 Transformadores de instrumentos 5-10

5.3.1.2 Transformadores de tensión 5-12

5.3.2 Circuitos de disparo de CC 5-13

5.3.3 Equipos de comunicacion..... 5-14

5.3.3.1 Portador de línea eléctrica 5-15

5.3.3.2 SCADA 5-15

5.3.3.3 IRIG B 5-15

5.4 Disparo selectivo 5-16

5.4.1 Características de tiempo inverso 5-16

5.4.2 Estudio de cortocircuito 5-18

5.4.3 Coordinación de dispositivos de protección 5-18

***6* PRÁCTICAS DE MANTENIMIENTO DE RELÉS NUMÉRICOS 6-1**

6.1 Información previa 6-1

6.2 Clasificación de mantenimiento 6-2

6.2.1 Test de aceptación 6-2

6.2.2 Comprobaciones de instalación 6-2

6.2.3 Mantenimiento preventivo (o periódico) 6-3

6.2.4 Comprobaciones posteriores a la reparación o sustitución 6-3

6.3 Descripción general de las comprobaciones, inspecciones y pruebas de relés de protección 6-3

6.3.1 Inspección visual y limpieza 6-4

6.3.2 Comprobaciones mecánicas 6-4

6.3.3 Pruebas eléctricas ..... 6 -4

6.3.4 Controles SCADA 6- 5

6.3.5 Comprobaciones funcionales 6-5

6.3.6 Registros de datos de relé 6- 6

6.3.7 Lecturas de medición en servicio 6-7

6.4 Determinación de los intervalos de mantenimiento 6-8

6.5 Resumen de prácticas de mantenimiento 6-9

6.5.1 Inspección inicial..... 6- 9

6.5.2 Comprobaciones mecánicas 6-9

6.5.3 Pruebas eléctricas ..... 6 -9

6.5.4 Comprobaciones funcionales 6-10

6.5.5 Post-reparación 6-11

***7* ELIMINACIÓN DE RELÉS NUMÉRICOS DEL SERVICIO 7-1**

7.1 Preparación 7-1

7.2 Retirada del servicio 7-2

7.2.1 Propósito..... 7-2

7.2.2 Procedimiento..... 7-2

7.3 Consideraciones de programación de relés numéricos 7-2

7.3.1 Grupos de ajustes alternativos 7-3

7.3.2 Archivo de prueba de configuración alternativa 7-3

7.3.3 Deshabilitar elementos para pruebas 7-4

***8* PRUEBAS ELÉCTRICAS 8-1**

8.1 Preparación de la prueba 8-1

8.1.1 Equipo de prueba 8- 1

8.1.2 Consideraciones generales de prueba 8-2

8.2 Prueba de resistencia de aislamiento 8-2

8.2.1 Propósito..... 8-2

8.2.2.1 Circuito de corriente 8-3

8.2.2.2 Voltaje / Fuente de alimentación / Entradas binarias 8-3

8.2.2.3 Contactos de salida 8-3

8.3 Pruebas de activación, desactivación y sincronización 8-4

8.3.1 Propósito..... 8-4

8.3.2 Procedimiento de prueba de recogida 8-4

8.3.3 Procedimiento de prueba de abandono 8-4

8.3.4 Pruebas de tiempo 8-5

8.4 Prueba del elemento de impedancia del microprocesador 8-5

8.4.1 Propósito..... 8-5

8.4.2 Precauciones generales de prueba 8-6

8.4.2.1 Elementos de impedancia circular, lenticular y de tomate 8-6

8.4.2.2 Elementos de impedancia circular / de tomate de compensación 8-7

8.4.2.3 Elementos de impedancia cuadrilátera 8-7

8.5 Pruebas de protección diferencial 8-7

8.5.1 Propósito..... 8-7

8.5.2 Pruebas de recogida mínima 8-7

8.5.3 Prueba de pendiente / falla pasante 8-7

8.5.4 Pruebas de restricción de segundo / enésimo armónico 8-8

8.5.5 Pruebas instantáneas 8-8

9 **DIRECTRICES DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE RELÉS NUMÉRICOS Y CONSIDERACIÓN..... .... 9-1**

9.1 Filosofía de mantenimiento para relés numéricos 9-1

9.2 Objetivos del programa de mantenimiento 9-2

9.3 Recomendaciones generales 9-3

9.4 Mantenimiento de la base de diseño 9-3

9.5 Consideraciones prácticas 9-4

9.6 Capacitación del personal 9-4

9.7 Tendencias de rendimiento 9- 5

9.8 Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) 9-6

10 **MODOS DE FALLA DEL RELÉ DE PROTECCIÓN 10-1**

10.1 Mecanismos de falla 10-1

10.1.1 Esfuerzos eléctricos 10-1

10.1.2 Esfuerzos mecánicos 10-1

10.1.3 Estrés Térmico 10-2

10.1.4 Estrés medioambiental 10-3

10,2 Modos de fallo..... 10-4

10.2.1 Fallos de hardware 10-4

10.2.1.1 Fuente de alimentación 10-4

10.2.1.2 Contactos de salida 10-4

10.2.2 Fallos operativos 10-4

11 **AUTODIAGNÓSTICO DEL RELÉ DIGITAL 11-1**

11.1 Diagnóstico interno 11-2

11.1.1 Voltajes auxiliares y de referencia 11-2

11.1.2 Batería tampón 11-2

11.1.3 Componentes de memoria .... 11-2 Muestreo .....

11.1.4 .... 11-2 Supervisión del software ...

11.1.5 .... 11-2 Diagnóstico de fuente externa .....

11,2 .... 11-3 Indicaciones de falla / Contactos .....

11,3 11-4

12 **INFORMACIÓN DE DATOS DE FUNCIONAMIENTO Y DE FALLA 12-1**

12,1 Anunciaciones 12-1

12.1.1 Registros de eventos 12-1

12.1.2 Registros de viaje 12-2

12.1.3 Anunciaciones espontáneas 12-2

12.1.4 Interrogación general del dispositivo 12-3

12.1.5 Registros de fallas 12-4

13 **SEGUIMIENTO DEL ESQUEMA DE CONTROL 13-1**

13.1 Monitoreo del circuito de disparo (TCM) 13-1

13.1.1 Método de entrada binaria doble para la supervisión del circuito de disparo ... 13-1

13.1.2 Método de entrada binaria única para la supervisión del circuito de disparo 13-3

13,2 Monitoreo de circuito cerrado (CCM) 13-4

13,3 Monitoreo de falla de fusible 13-4

13.3.1 Monitoreo de fallas de fusibles - Fallas trifásicas 13-5

13.3.2 Monitoreo de fallas de fusibles - Fallas monofásicas y de fase ... 13-5

UNA **REFERENCIAS A-1**

A.1 Normas de la industria A-1

A.2 Documentos NRC A-2

A.3 Referencias EPRI A-4

A.4 Papeles IEEE A-4

A.5 Referencias del fabricante A-4

A.6 Referencias varias A-8

A.7 Fabricantes principales .... UNA- 9

segundo **GLOSARIO B-1**

C **DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS NORMAS DE LA INDUSTRIA C-1**

C.1 Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) C-1

C.2 Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA) C-4

C.3 Asociación Nacional de Pruebas Eléctricas (NETA) C-4

re **NÚMEROS DE FUNCIÓN DEL DISPOSITIVO DEL SISTEMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA D-1**

mi **LISTADO DE INFORMACIÓN CLAVE S-1**

F **TABLA DE CONTENIDO TRADUCIDA F-1**

Français (Francés) F-2

日本語 (Japonés)..... ....F 16

Español (Español) F-30

Material con licencia EPRI

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 Dibujo de la subsección de la estructura típica del hardware del relé ..... 2-3 Figura 2-2 Ejemplos de pantalla HMI de cuatro líneas y pantalla mímica .... 2-8 Figura 2-3 Ejemplo de botones de teclas de función .... 2-9 Figura 2 -4 Ejemplo de LED y pantalla de fallas .... 2-11 Figura 2-5 Elementos de relé de generador multifuncional .... .2-14 Figura 3-1 Construcción de un relé de microprocesador típico .... 3-4 Figura 3-2 Ejemplo de varios tamaños de caja de relés de microprocesador ....3-5 Figura 3-3 Ejemplo de configuración de relé de microprocesador montado en superficie ..... 3-5 Figura 3-4 Relé de microprocesador con desconectado Panel del operador ..... 3-6 Figura 3 -5 Tarjeta típica de circuito impreso por relé de microprocesador .... 3-7 Figura 4-1 Estructura básica - Sincronización o relé de verificación de sincronización .... 4-5 Figura 4-2 Lógica de subtensión (27) .... 4-8 Figura 4-3 Características de funcionamiento del relé de potencia direccional .... 4-11 Figura 4-4 Lógica de protección contra subcorriente .... .4-12 Figura 4-5 Diagrama de capacidad típica de la máquina .... 4-13 Figura 4-6 Característica de Mho - Pérdida de campo .... 4-14 Figura 4-7 Secuencia de fase negativa Curva de tiempo actual .... 4-16 Figura 4-8 Característica de arranque típica de un motor de inducción .... 4-19 Figura 4-9 Lógica de protección térmica (49) .... 4-21 Figura 4-10 Curvas características típicas de retardo de tiempo definido y tiempo inverso ..... 4-24 Figura 4-11 Unidad de generador conectado Con transformador de puesta a tierra en neutro (puesta a tierra) ... 4-27 Figura 4-12 Batería de condensadores sin conexión a tierra Fusible fundido Condición de sobretensión ... ... 4-29..... 4-13 Figura 4-6 Característica Mho - Pérdida de campo .... 4-14 Figura 4-7 Curva de tiempo de corriente de secuencia de fase negativa .... 4-16 Figura 4-8 Característica de arranque típica de un motor de inducción .... 4-19 Figura 4-9 Lógica de protección térmica (49) .... 4-21 Figura 4-10 Curvas características típicas de retardo de tiempo definido y tiempo inverso .... 4-24 Figura 4-11 Unidad de generador conectado con transformador de puesta a tierra neutra (puesta a tierra) ... 4-27 Figura 4-12 Batería de condensadores sin conexión a tierra Condición de sobretensión de fusible fundido ... . 4-29..... 4-13 Figura 4-6 Característica Mho - Pérdida de campo .... 4-14 Figura 4-7 Curva de tiempo de corriente de secuencia de fase negativa .... 4-16 Figura 4-8 Característica de arranque típica de un motor de inducción .... 4-19 Figura 4-9 Lógica de protección

Figura 4-13 Diseño de circuito típico de protección 100% de falla a tierra del estator usando 20Hz Inyección de voltaje 4-33

Figura 4-14 Diseño de circuito típico de protección de falla a tierra del rotor usando voltaje Inyección..... 4-34

Figura 4-15 Característica de cuadrilátero fuera de sincronismo .... 4-37 Figura 4-16 Desplazamiento de carga de frecuencia .... 4-39 Figura 4-17 Funcionamiento de la protección diferencial .... 4-41 Figura 4 -18 Corrección de cambio de fase clásica 4-42

Figura 4-19 Conexión CT estándar con relé diferencial numérico de fase interna Corrección de cambio 4-43

Figura 4-20 Detección de saturación de TC de falla pasante - Característica de restricción adicional ... 4-44 Figura 5-1 Zonas de protección superpuestas .... 5-6 Figura 5-2 Protección superpuesta alrededor de un disyuntor .... 5-7 Figura 5-3 Detalle del circuito del transformador de corriente .... 5-11 Figura 5-4 Curvas características de tiempo inverso IEEE .... 5-17 Figura 11-1 Monitoreo externo de un relé de sincronización típico ... . 11-3 Figura 12-1 Ejemplo de registro de eventos ... . 12-1 Figura 12-2 Ejemplo Registro de viaje .... 12-2 Figura 12-3 Anunciaciones espontáneas .... 12-3 Figura 12-4 Interrogaciones generales del dispositivo .... 12-4 Figura 12-5 Registros de fallas .... 12-5 Figura 13-1 Método de entrada binaria dual de monitoreo del circuito de disparo .... 13-2 Figura 13-2 Lógica de ejemplo: método de entrada binaria doble para la supervisión del circuito de disparo .... 13-3 Figura 13-3 Método de entrada binaria única de monitoreo de circuito de disparo .... 13-3..... 12-2 Figura 12-3 Anunciaciones espontáneas .... 12- 3 Figura 12-4 Interrogaciones generales del dispositivo .... 12-4 Figura 12-5 Registros de fallas .... 12-5 Figura 13 -1 Método de entrada binaria dual de monitoreo del circuito de disparo .... 13-2 Figura 13-2 Ejemplo de lógica - Método de entrada binaria doble para monitoreo del circuito de disparo ..... 13-3 Figura 13-3 Entrada binaria única Método de monitoreo del circuito de disparo ... 13-3..... 12-2 Figura 12-3 Anunciaciones espontáne

Material con licencia EPRI

LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1 ANSI / IEEE C37.90-1989 Tabla 3 - Voltaje máximo de diseño para control de CC Poder..... 5-13

Tabla 6-1 Herramienta de puesta en servicio del relé .... 6-10 Tabla 13-1 Tabla para el método de entrada binaria dual de monitoreo del circuito de disparo ... 13-2

1
INTRODUCCIÓN

Los relés de protección tienen la reputación de brindar un servicio confiable durante muchos años. No obstante, los relés de protección son instrumentos delicados que son susceptibles a la degradación de componentes que pueden afectar el rendimiento. Debido a su diseño, los relés numéricos han eliminado la degradación que se puede esperar de los componentes mecánicos de los relés electromecánicos. Los relés numéricos también utilizan componentes electrónicos mínimos en comparación con los relés electrónicos. La falla de un relé de protección para contener y aislar un problema eléctrico puede tener graves repercusiones en toda la planta. Cuando no se produce una acción protectora esperada, el resultado final de una anomalía eléctrica puede ser un daño catastrófico al equipo y un tiempo de inactividad prolongado en lugar de daños menores localizados. Debido a las graves consecuencias de una falla, Los relés de protección deben mantenerse en un alto estado de preparación. Las aplicaciones críticas deben evaluarse cuidadosamente para obtener protección redundante.

Punto clave O y MCost

Los relés numéricos han eliminado la degradación que se puede esperar de los componentes mecánicos de los relés electromecánicos.

1.1 Información de contexto

Los relés de protección son una parte integral de cualquier sistema de energía eléctrica. El objetivo fundamental de la protección del sistema es aislar rápidamente un problema para que las partes no afectadas de un sistema puedan seguir funcionando. Los relés de protección son el dispositivo de toma de decisiones en el esquema de protección. Supervisan las condiciones del circuito e inician acciones de protección cuando se detecta una condición no deseada. Los relés de protección funcionan en conjunto con los dispositivos de detección y control para lograr esta función. Hay varias razones para utilizar relés de protección:

- Proporcionar alarmas cuando se exceden los límites del proceso medido, lo que permite a los operadores la oportunidad de intervenir con acciones correctivas.
- Para aislar circuitos o equipos con fallas del resto del sistema para que el sistema pueda continuar funcionando.
- Para limitar el daño al equipo averiado
- Para minimizar la posibilidad de incendio o daño catastrófico al equipo adyacente Para minimizar los peligros
- para el personal
- Para proporcionar información posterior a la falla para ayudar a analizar la causa raíz.

Bajo el funcionamiento normal del sistema de energía, los relés de protección permanecen inactivos y no cumplen ninguna función activa. Sin embargo, cuando se requiera operar debido a una falla o condición indeseable, es imperativo que los relés funcionen correctamente. Otro punto de preocupación es el funcionamiento no deseado de un relé de protección durante condiciones normales de la planta o transitorios tolerables. La operación inadvertida del relé puede resultar en un tiempo de inactividad innecesario del sistema o de la planta. Un programa de mantenimiento y vigilancia ayudará a garantizar que los relés de protección respondan adecuadamente a condiciones normales y anormales. Esta frecuencia de pruebas se puede extender a períodos más largos que los dispositivos electromecánicos. El número de pruebas también se puede reducir debido al diseño y construcción de los relés.

Un programa de mantenimiento eficaz para relés de protección logra dos objetivos principales. Primero, proporciona un alto grado de confianza en que el sistema de protección de energía eléctrica responderá a las condiciones anormales según lo diseñado. La garantía periódica de que los relés de protección se encuentran en estado operativo es particularmente importante. Los problemas de relés generalmente se detectan mediante rutinas de prueba internas y durante las verificaciones operativas a través de una interfaz hombre-máquina (HMI). En segundo lugar, un programa de mantenimiento eficaz preserva la preparación del relé y ayuda a contrarrestar el deterioro normal y anormal en servicio que puede afectar los componentes electrónicos de un relé con el tiempo. Incluso en condiciones normales, las tensiones eléctricas, térmicas y ambientales están continuamente en funcionamiento, degradando lentamente los relés. Este deterioro es mucho más lento en los relés numéricos que en los electromecánicos porque los relés numéricos no se ven afectados por el deterioro mecánico. Los controles de mantenimiento de rutina ayudan a identificar cualquier deterioro en el dispositivo. La vida útil de los relés numéricos no se puede prolongar mediante la recalibración, limpieza y mantenimiento general porque los relés numéricos son funcionales o no. Los dispositivos defectuosos deben retirarse, repararse y / o reemplazarse. Los dispositivos defectuosos o los componentes del dispositivo, como las placas de circuito impreso, deben enviarse al proveedor para su reparación. y mantenimiento general porque los relés numéricos son funcionales o no. Los dispositivos defectuosos deben retirarse, repararse y / o reemplazarse. Los dispositivos defectuosos o los componentes del dispositivo, como las placas de circuito impreso, deben enviarse al proveedor para su reparación. y mantenimiento general porque los relés numéricos son funcionales o no. Los dispositivos defectuosos deben retirarse, repararse y / o reemplazarse. Los dispositivos defectuosos o los componentes del dispositivo, como las placas de circuito impreso, deben enviarse al pro

Punto técnico clave

El deterioro es mucho más lento en los relés numéricos que en los electromecánicos porque los relés numéricos no se ven afectados por el deterioro mecánico.

1.2 Alcance

Las prácticas de mantenimiento discutidas en este informe pertenecen principalmente a relés de protección numéricos. Las actividades de mantenimiento para relés de estado sólido de función única no están dentro del alcance de esta guía.

1.3 Resumen del documento

La sección 1 de este informe proporciona una introducción a la guía y destaca los aspectos clave del mantenimiento de relés de protección.

La sección 2 proporciona una descripción general de los relés de protección. Su objetivo es sentar las bases para información más detallada que se presenta más adelante en la guía. Se revisa una secuencia de funcionamiento típica de un relé de protección para proporcionar una comprensión más intuitiva de cómo funciona un relé de protección. La Sección 2 también cubre la clasificación, designación y terminología de los relés con considerable detalle. Funcional

Las designaciones y la terminología pueden ser confusas debido a estándares de referencia superpuestos y, a veces, contradictorios. La información presentada aquí debería ayudar a aclarar cualquier punto de confusión o posible ambigüedad.

La Sección 3 familiariza a los lectores con los componentes clave de los relés de protección multifuncionales numéricos y revisa la funcionalidad operativa de los componentes. Aunque existen muchos tipos diferentes de relés de protección, comparten similitudes en diseño y operación. Las características típicas de diseño y construcción se tratan en la Sección 3.

La Sección 4 se basa en los fundamentos presentados en la Sección 3 y analiza los diferentes tipos de funciones de relés de protección que están disponibles en los relés multifuncionales numéricos. Esta sección está destinada a familiarizar a los lectores con las aplicaciones de relés de protección y a revisar los principios operativos fundamentales de las funciones de protección. Se enfatizan y discuten los relés de protección más utilizados en las plantas generadoras de energía.

La Sección 5 describe los conceptos de diseño y aplicación utilizados en los sistemas de relés de protección multifuncionales numéricos. La información presentada en esta sección ayudará al usuario a desarrollar filosofías generales de diseño y estrategias de aplicación que exploten al máximo las capacidades innovadoras de la tecnología de relés numéricos tanto en situaciones de nueva construcción como de reacondicionamiento. Estos conceptos también contribuirán al diseño de estrategias numéricas efectivas de mantenimiento de relés.

La Sección 6 proporciona información sobre cómo se puede clasificar el mantenimiento. Proporciona una descripción general de las comprobaciones, inspecciones y pruebas que se pueden realizar en estos dispositivos. También se analizan las prácticas de mantenimiento y la determinación de los intervalos de mantenimiento.

La Sección 7 proporciona información sobre cómo retirar un relé numérico del servicio. La información contenida en esta sección está destinada a proporcionar un marco o línea de base para establecer un procedimiento de eliminación exitoso.

La Sección 8 proporciona información sobre pruebas eléctricas y verificaciones de calibración que se pueden realizar en relés numéricos. Debido a que los requisitos para dispositivos numéricos son muy diferentes de los que se requerían para probar relés electromecánicos, también se analiza el equipo de prueba.

La Sección 9 proporciona información sobre las pautas y consideraciones de mantenimiento de relés numéricos. Esta información está destinada a ayudar a las estaciones generadoras a establecer sus prácticas de mantenimiento de relés de protección. La Sección 9 proporciona información sobre las filosofías de mantenimiento, los objetivos del programa y las consideraciones generales. Los requisitos de formación también se tratan en esta sección.

La Sección 10 proporciona información sobre los modos y mecanismos de falla que pueden afectar los relés numéricos en el campo.

La Sección 11 incluye información sobre las funciones de autodiagnóstico que se encuentran en los relés numéricos. Estas características proporcionan información de mantenimiento esencial que no era posible en los relés electromecánicos. La función de autodiagnóstico ayuda a limitar la intervención humana para probar la operatividad funcional de un relé de protección.

La Sección 12 proporciona información sobre la información operativa y de fallas disponible en los relés numéricos. Esta información incluye datos de eventos, mediciones, anuncios, fallas y formas de onda, y los elementos necesarios para realizar una puesta en marcha rápida y precisa y un análisis de fallas.

La Sección 13 describe las características y funciones que se proporcionan normalmente en los relés numéricos que pueden monitorear los dispositivos conectados al dispositivo de protección, incluido el monitoreo de una bobina o un fusible.

Los apéndices del informe también contienen información valiosa. El Apéndice A enumera referencias para la guía. El Apéndice B proporciona un glosario de términos.

El Apéndice C proporciona una descripción general de los estándares industriales más importantes relacionados con los relés de protección. Estos estándares se han tomado del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), la Sociedad Nuclear Estadounidense (ANSI), la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA) y la Asociación Nacional de Pruebas Eléctricas (NETA). Este apéndice sirve como hoja de ruta para investigar áreas de interés específicas.

El Apéndice D contiene una lista de números de función de dispositivos de equipos eléctricos. Los números de función del dispositivo se utilizan ampliamente en documentos relacionados con el diseño, la aplicación y las pruebas de relés. Los números de función del dispositivo se mencionan con frecuencia a lo largo de este informe.

1.4 Puntos clave

A lo largo de esta guía, la información clave se resume en *puntos clave* definidos como cuadros con letras en negrita que reafirman sucintamente la información cubierta en detalle en el texto circundante, lo que facilita su localización.

Al enfatizar la información vital, los puntos clave permiten al personal tomar medidas en beneficio de su planta. La información incluida en estos puntos clave fue seleccionada por personal de (NMAC), consultores y personal de servicios públicos que prepararon y revisaron este informe.

Las tres categorías de puntos clave son el costo de operación y mantenimiento (O&M), el desempeño técnico y humano. Cada categoría tiene un icono de identificación, como se muestra a continuación, que llama la atención sobre ella, lo que facilita al personal la localización rápida de información vital.

Punto clave O y MCost

Enfatiza la información que reducirá los costos de compra, operación o mantenimiento.

Punto técnico clave

Se enfoca en información que conducirá a una mayor confiabilidad del equipo.

Punto clave del desempeño humano

Indica información que requiere la intervención o consideración del personal para evitar lesiones o daños o para facilitar la realización de la tarea.

El Apéndice E contiene una lista de todos los puntos clave en cada categoría. La lista reafirma cada punto clave y proporciona una referencia a su ubicación en el cuerpo del informe. Al revisar esta lista, los usuarios de esta guía pueden determinar si han aprovechado la información clave que puede beneficiar a sus plantas.

2
DESCRIPCIÓN DEL RELÉ NUMÉRICO

2.1 Propósito de los relés de protección

El propósito principal de la instalación de relés de protección permanece sin cambios desde que se introdujeron por primera vez los relés: proporcionar una limpieza rápida y selectiva de equipos o líneas con fallas conectadas al sistema de energía para que el daño se mantenga al mínimo. Los relés también están diseñados para proporcionar operaciones seguras y confiables, de modo que se retire la menor cantidad de equipo del sistema cuando ocurre una falla. El diseño de los relés ha cambiado y mejorado durante los últimos años.

2.1.1 Mejoras en la protección de relés digitales

Los avances modernos de los equipos basados en computadora, los márgenes de diseño de equipos más bajos, la economía y el aumento de las demandas para mejorar la confiabilidad han introducido nuevos requisitos de diseño que no se consideraron en los esquemas de relés más antiguos. Estos avances y demandas llevaron a la introducción de relés digitales.

Los relés digitales se introdujeron por primera vez a fines de la década de 1970 y se diseñaron para reproducir los elementos y las características de los relés electromecánicos convencionales. A medida que los diseños han mejorado, los relés se han vuelto más rápidos, más selectivos y extremadamente precisos y, al mismo tiempo, proporcionan retroalimentación que ha reducido los tiempos de interrupción. Debido a que los nuevos relés digitales multifuncionales modernos permiten que el ingeniero de relés tenga múltiples elementos de protección en un dispositivo, se ha reducido el número de relés en un esquema de protección. Esto significa que ya no se necesitan varios relés para los distintos esquemas de protección. Los relés digitales se pueden instalar a un costo mucho menor y, por lo tanto, el uso de relés digitales puede resultar en un importante ahorro económico.

Punto clave O y MCost

Debido a que los relés digitales multifuncionales modernos permiten al ingeniero de relés tener múltiples elementos de protección en un dispositivo, se ha reducido el número de relés en un esquema de protección.

Punto clave O y MCost

Los relés digitales se pueden instalar a un costo mucho menor y, por lo tanto, el uso de relés digitales puede resultar en un importante ahorro económico.

Aunque el propósito principal de la instalación de un relé de protección no ha cambiado, la tecnología de relés digitales ha permitido a los ingenieros de diseño resolver problemas de relés con soluciones que no eran alcanzables con relés más antiguos. Las mejoras del esquema se pueden implementar hoy mediante la introducción de nuevos diseños de control y monitoreo. La comunicación con los dispositivos desde ubicaciones remotas ha ayudado a mejorar la seguridad y la confiabilidad, lo que resulta en operaciones más eficientes.

2.2 Descripción general de relés digitales

El término relé digital es un término impreciso que se ha utilizado genéricamente para describir cualquier relé que utilice un microprocesador o microcomputadora. En realidad, existen dos clasificaciones de relés de microprocesador: el relé híbrido analógico y el relé numérico.

Punto técnico clave

En realidad, existen dos clasificaciones de relés de microprocesador: el relé híbrido analógico y el relé numérico.

Los relés digitales (también conocidos como híbridos analógicos) utilizan técnicas de medición de señales analógicas (típicas de los sistemas de relés de estado sólido) para proporcionar las funciones de protección (disparo). El papel del microprocesador en esta clase de relé de protección se limitaba a proporcionar algunas funciones de sincronización, control y lógica auxiliar. En el desarrollo inicial de los relés de microprocesador, esta función era necesaria para proporcionar protección y medición de alta velocidad debido a la capacidad de procesamiento y la velocidad limitadas de los microprocesadores y los sistemas convertidores analógico-digitales (ADC) disponibles en ese momento.

A medida que mejoraron la velocidad y la potencia de los microprocesadores y los ADC, evolucionaron los relés completamente numéricos. Un relé numérico (o numérico) muestrea digitalmente las señales analógicas entrantes, las convierte en un número binario y las pasa a un chip de microprocesador donde los algoritmos realizan operaciones matemáticas para medir la condición del sistema de energía y para proporcionar las funciones de protección (disparo). Los microprocesadores también realizan funciones de control y lógica.

Punto técnico clave

Un relé numérico (o numérico) muestrea digitalmente las señales analógicas entrantes, las convierte en un número binario y las pasa a un chip de microprocesador donde los algoritmos realizan operaciones matemáticas para medir la condición del sistema de energía y para proporcionar las funciones de protección (disparo).

2.2.1 Construcción de relés numéricos

La construcción del hardware de relé numérico se compone de varias subsecciones. La Figura 2-1 describe los componentes típicos que componen estas subsecciones.

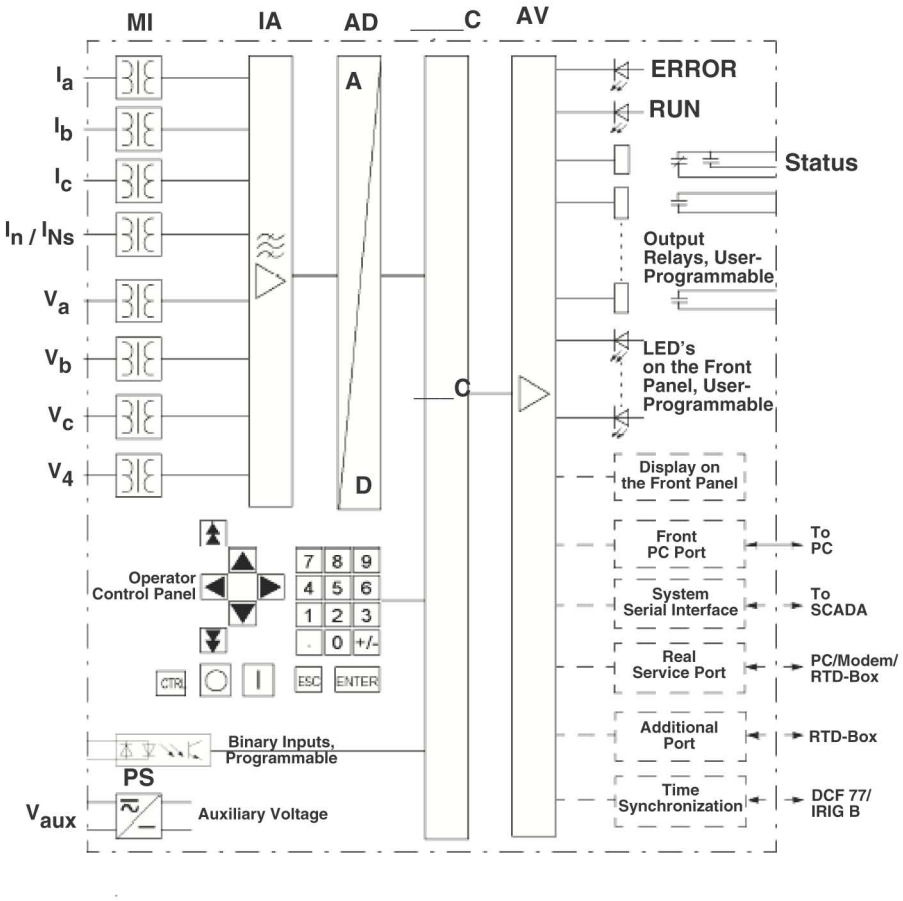


Figura 2-1
Dibujo de subsección de estructura de hardware de relé típico

2.2.1.1 Fuente de alimentación

La subsección de Fuente de alimentación proporciona los diversos voltajes necesarios para impulsar los componentes electrónicos del relé. Debido a que la fuente de alimentación es un punto único de falla de alto perfil, a menudo se usaba como razón fundamental para evitar el uso de relés numéricos, especialmente en aplicaciones críticas. En realidad, la fuente de alimentación del relé del microprocesador ha demostrado ser muy fiable.

Las fuentes de alimentación se pueden especificar para muchas aplicaciones de voltaje diferentes, tanto CA como CC. Un problema obvio ocurre cuando un usuario aplica un nivel incorrecto de voltaje a la fuente de alimentación del relé. Una fuente de alimentación de 48 V CC no suele funcionar bien cuando se somete a 120 V CA, 125 V CC o 250 V CC. Algunos relés ofrecen fuentes de alimentación universales que son capaces de manejar una amplia gama de voltajes de CA y CC. Esto reduce el potencial de fallas catastróficas debido a errores humanos y ayuda a reducir el inventario necesario de relés de repuesto.

Punto técnico clave

Las fuentes de alimentación se pueden especificar para muchas aplicaciones de voltaje diferentes, tanto CA como CC.

Punto clave O y MCost

Algunos relés ofrecen fuentes de alimentación universales que son capaces de manejar una amplia gama de voltajes de CA y CC. Esto reduce el potencial de fallas catastróficas debido a errores humanos y ayuda a reducir el inventario necesario de relés de repuesto.

2.2.1.2 Entradas de medición (MI)

En la subsección de entradas de medición, las corrientes y tensiones de las señales analógicas entrantes se convierten en tensión a un nivel apropiado para el procesamiento interno. El número de entradas variará según el tipo de relé para la aplicación.

2.2.1.3 Amplificadores de entrada (IA)

En la subsección de entradas analógicas, las salidas de baja tensión de la sección de entradas de medición se transmiten a los amplificadores de entrada. En esta etapa, se filtran las señales de voltaje y corriente (están diseñadas para optimizar el ancho de banda y la velocidad de procesamiento del relé).

2.2.1.4 Analógico a digital (AD)

La subsección de analógico a digital consta de un multiplexor, un convertidor de analógico a digital y componentes de memoria para transmitir señales digitales a la subsección de microcomputadoras.

2.2.1.5 Microordenador (µ C)

La subsección de microcomputadoras procesa los valores medidos y ejecuta las funciones de protección y control reales. Las funciones incluyen filtrado, preparación de cantidades medidas, monitoreo continuo, control de señales para funciones lógicas, salida de comandos de control, registro de información de fallas y administración del sistema operativo.

2.2.1.6 Muestra

Las pantallas incluyen la HMI para una presentación visual de información para el usuario, diodos emisores de luz (LED) para mostrar información de destino y estado en el panel frontal del relé, y luces de diagnóstico para indicar cuando los diagnósticos del relé han detectado un error en el Procesando.

Cuando se ofrecen, los LED programables y el texto de la pantalla programable representan una gran mejora con respecto a la capacidad de los relés electromecánicos. Permiten indicaciones de recogida durante las pruebas y mejoran la capacidad de realizar análisis posoperatorios para determinar la calidad de las operaciones del sistema de relés.

2.2.1.7 Comunicaciones

Los relés digitales generalmente se proporcionan con una variedad de opciones de comunicación. Estas opciones pueden incluir múltiples puertos para comunicarse con el relé tanto de forma local como remota, conexión a una red o sistema SCADA y conexión a través de multiplexores o líneas telefónicas.

Las opciones pueden incluir conexiones de fibra RS232, RS485, Ethernet y multimodo o monomodo. Algunos fabricantes también proporcionan puertos en serie para conectar otros dispositivos, como dispositivos térmicos resistivos (RTD) que convierten la información térmica en datos de comunicación en serie para monitorear puntos térmicos en equipos como transformadores, generadores o motores. Los protocolos consisten en DNP3, Modbus, Profibus, Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y UCA.

2.2.1.8 Entrada / Salida (E / S)

Las subsecciones de entrada / salida (E / S) proporcionan un medio para que el relé numérico se comunique con el "mundo exterior". Las entradas binarias son entradas ópticamente aisladas que permiten utilizar información sobre el estado de los dispositivos externos en las decisiones lógicas del relé. Los contactos auxiliares de posición del interruptor, la posición del interruptor de control del interruptor (DISPARO / CERRAR), la posición de la válvula de parada del generador, las indicaciones de comunicación del piloto para el bloqueo del piloto y los esquemas permisivos, y la posición del interruptor de ENCENDIDO / APAGADO del reconectador son algunas de las aplicaciones potenciales para las entradas binarias. Este tipo de información es fundamental para permitir que la lógica del relé programable tome decisiones de control sólidas.

Punto técnico clave

Las subsecciones de entrada / salida (E / S) proporcionan un medio para que el relé numérico se comunique con el "mundo exterior".

A medida que avanzan las capacidades lógicas programables de los relés numéricos (en algunos casos rivalizan o superan la capacidad de los PLC independientes), se eliminan más dispositivos de control. Este beneficio reduce los costos del proyecto, la complejidad del esquema y el espacio físico requerido para instalar un sistema de relés. A medida que se hace evidente el valor de un potente controlador lógico interno, aumenta la demanda de E / S binarias.

Punto clave O y MCost

A medida que avanzan las capacidades lógicas programables de los relés numéricos (en algunos casos rivalizan o superan la capacidad de los PLC independientes), se eliminan más dispositivos de control.

Algunos relés pueden requerir que se especifique el voltaje nominal de las entradas binarias al realizar el pedido. Otros relés están diseñados para aceptar una gama completa de voltajes nominales de CC.

Las salidas binarias proporcionan los medios para que el relé numérico controle dispositivos externos como el disparo y el cierre de los disyuntores. Las entradas binarias se pueden usar junto con los contactos de salida de disparo para monitorear realmente el estado de las bobinas de disparo de los interruptores automáticos. Se puede detectar una bobina de disparo abierta o en cortocircuito e iniciar una alarma.

2.2.1.9 Caja de caja

Los relés digitales se suministran en una variedad de tamaños físicos. Los relés se pueden proporcionar en diseño de montaje en superficie o empotrado. Los relés pueden tener el tamaño de diseños de tecnología más antigua o de 19 pulgadas. estilos de montaje en rack (o una combinación de ambos).

Los bloques de terminales para cables generalmente se conectan en la parte posterior de la caja y los terminales individuales generalmente tienen el tamaño de terminales de doble anillo.

Un puerto de comunicación para la interfaz de la PC local se encuentra típicamente en el panel frontal del relé y cualquier puerto de comunicación adicional para SCADA, IRIG B y cajas y módems RTD generalmente se conectan a la parte posterior del relé. Para interactuar con el mundo exterior, los fabricantes de relés digitales proporcionan una variedad de placas frontales con pantallas, controles y datos de orientación.

2.2.2 Interfaz hombre-máquina (HMI)

Una ventaja significativa de usar relés digitales sobre relés de estado sólido y electromecánicos es la interfaz del panel frontal. Esta interfaz brinda al usuario final los beneficios de obtener acceso a la información operativa y la capacidad de aplicar manualmente cambios de configuración localmente en el dispositivo de relé. Esta interfaz del panel frontal se denomina comúnmente interfaz hombre-máquina (HMI). La HMI generalmente tiene teclas táctiles para ingresar o recuperar datos de relé y un puerto de conexión en serie para conectar una computadora portátil para realizar operaciones usando un software de configuración de relés.

Punto clave del desempeño humano

La HMI generalmente tiene teclas táctiles para ingresar o recuperar datos de relé y un puerto de conexión en serie para conectar una computadora portátil para realizar operaciones usando software de configuración de relés.

Por lo general, la interfaz del operador HMI en la parte frontal del dispositivo se maneja mediante menús y está provista de una pantalla para acceder visualmente a la información almacenada en el dispositivo de relé, que puede incluir la siguiente información:

- Medición y valores medidos
- Anuncios (registros de viajes, registros de eventos o estadísticas de equipos) Controles
-
- Configuraciones
- Estado de salud del relé

Las pantallas de relés HMI vienen en una variedad de tipos y tamaños, según el diseño del relé. Las pantallas preferidas son de cristal líquido con una función de retroiluminación para que se puedan leer fácilmente. Las pantallas se proporcionan en varios formatos de línea o en un formato de pantalla mímica. La Figura 2-2 proporciona ejemplos de una pantalla de cuatro líneas y una pantalla mímica.

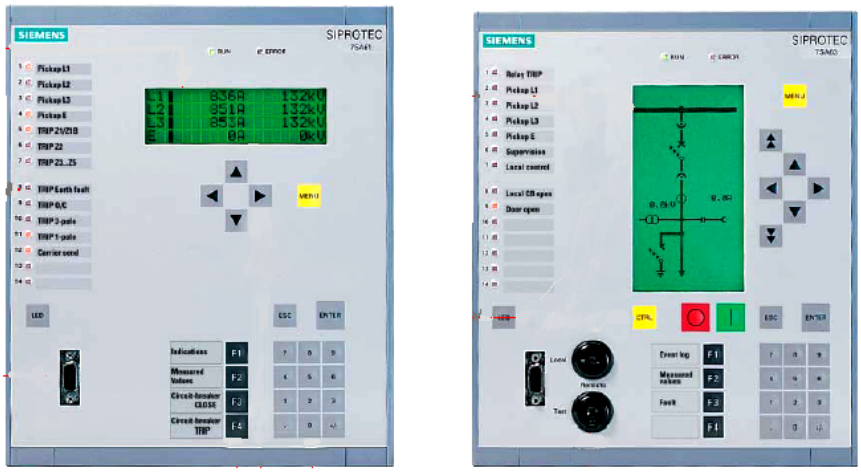


Figura 2-2
Ejemplos de pantalla HMI de cuatro líneas y pantalla mímica

Debido a que los relés numéricos contienen una amplia protección y procesamiento de control en un dispositivo, los menús pueden contener múltiples selecciones de rama. Para obtener acceso a información específica, el usuario final debe ingresar varios pasos para obtener acceso a la información en el árbol del menú. Para acelerar el proceso de acceso a la información o los controles de uso frecuente, se pueden proporcionar relés con teclas de función (a veces llamadas teclas de acceso rápido) que permitirán al operador acceder rápidamente a una ubicación en el menú o realizar operaciones de control con menos pasos de menú (vea la Figura 2-3). Algunos relés numéricos ahora vienen con estas teclas de función que son completamente programables para cumplir con los requisitos del usuario final. La siguiente lista proporciona ejemplos de operaciones de teclas de función:

- Registros de viaje
- Medición primaria
- Control de disparo / cierre
- Control de subir / bajar
- Sincronización activada / desactivada

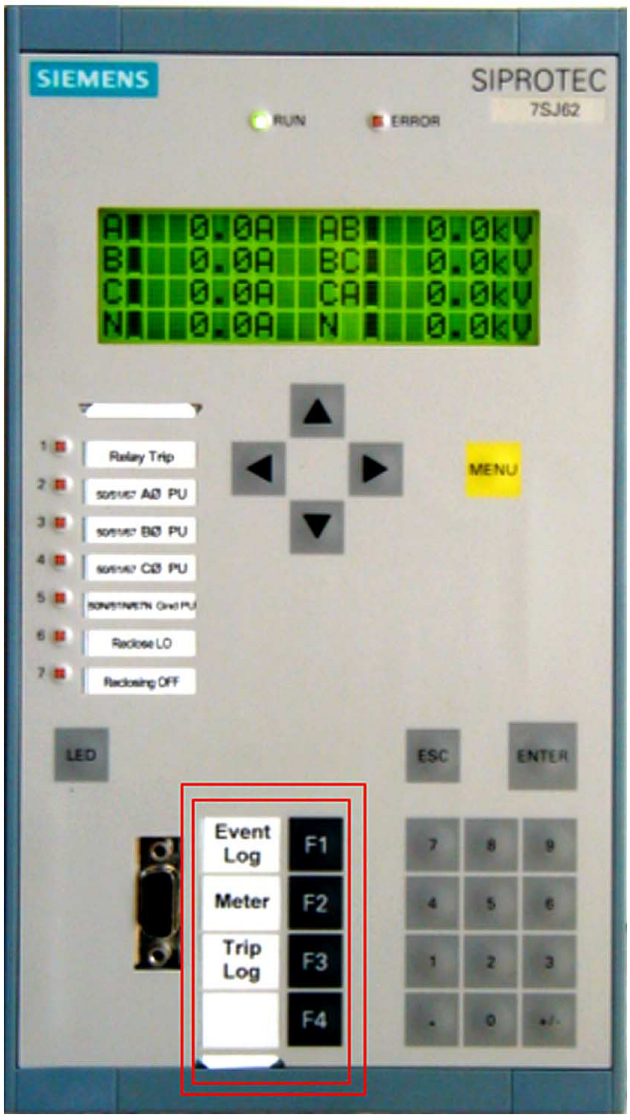


Figura 2-3
Ejemplo de botones de teclas de función

Las teclas del panel táctil para acceder a las selecciones o realizar cambios de configuración desde la pantalla frontal a menudo incluyen las siguientes teclas:

- Tecla de menu
- Tecla Enter / Esc
- Teclas numéricas
- Teclas de cursor

Descripción numérica del relé

Los relés digitales almacenan información de operación de falla y secuencia de eventos dentro del dispositivo después de que ocurre un disparo. Cuando ocurre un viaje, la información de fallas debe estar accesible en un período corto de tiempo para minimizar el tiempo de interrupción. Otra característica beneficiosa de los relés digitales es que brindan información útil sobre fallas de manera rápida. La información específica de falla y disparo de relé se proporciona en la pantalla de la HMI mediante LED programables y pantallas de falla (consulte la Figura 2-4). Esta información, que se muestra inmediatamente después de que ocurre un disparo, ayuda al usuario final a determinar dónde ocurrió la falla. Los LED o la pantalla también pueden proporcionar otra información que no sea de falla, como alarmas de falla de comunicación de relé, indicaciones de posición del equipo, condiciones de sincronización y alarmas de diagnóstico de relé.

Punto técnico clave

Los relés digitales almacenan información de operación de falla y secuencia de eventos dentro del dispositivo después de que ocurre un disparo.

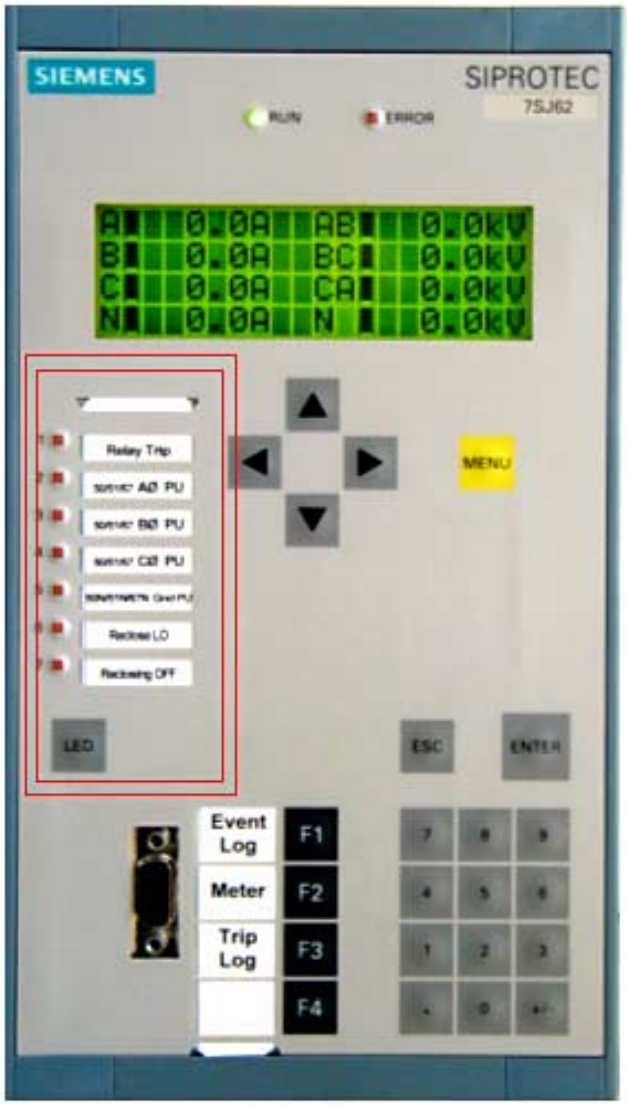


Figura 2-4
Ejemplo de LED y pantalla de fallas

Si se requiere un análisis más detallado después de una operación de disparo, los relés digitales almacenan información detallada de fallas que se puede descargar usando el programa de relé para PC. La información almacenada generalmente incluye elementos como los siguientes:

- Diagramas de vectores de captura de forma de onda
- instantánea y RMS
- Armónicos
- Características R / X
- Tiempos de operación del elemento de protección de relé

Punto técnico clave

Si se requiere un análisis más detallado después de una operación de disparo, los relés digitales almacenan información detallada de fallas que se puede descargar usando el programa de relé para PC.

2.2.3 Operación del circuito de protección del sistema de energía

El propósito del sistema de energía es generar, transmitir y distribuir energía eléctrica al consumidor de una manera segura, confiable y económica. Históricamente, los relés de protección han jugado un papel fundamental en el cumplimiento de este objetivo. Los relés de protección monitorean el sistema de energía para detectar condiciones no deseadas que presentan una amenaza para la confiabilidad del sistema y toman medidas para eliminar la amenaza del sistema con efectos adversos mínimos. De esta manera, los relés de protección limitan los daños a los costosos equipos eléctricos y brindan seguridad al personal.

Los avances tecnológicos de las últimas décadas han mejorado enormemente la capacidad de protección y control de los relés de protección. Los relés de microprocesador tienen muchas ventajas sobre sus predecesores electromecánicos. Proporcionan mejoras innovadoras en la protección, el mantenimiento y el funcionamiento del sistema.

Es posible que se requieran varias funciones de protección para la protección confiable de equipos eléctricos. El alcance y la combinación de las funciones dependen de una variedad de factores, como el tamaño y las calificaciones del equipo, el modo de operación, la configuración de la planta, los requisitos de disponibilidad y la filosofía de diseño.

Este documento intentará abordar las funciones necesarias para las aplicaciones típicas de esquemas de protección.

2.3 Clasificaciones de relés

Antes de la llegada del relé de microprocesador numérico, los relés eran dispositivos generalmente discretos. Para diseñar un esquema de protección y control completamente funcional, un ingeniero tuvo que emplear una combinación de relés de protección para satisfacer las necesidades de protección de la aplicación. Debido a que los relés de protección eran dispositivos discretos, se emplearon varios medios de categorizar los relés de protección para ayudar a adaptar el relé a la aplicación. Los relés de protección se clasificaron por entrada (voltaje, corriente, potencia, presión, frecuencia o temperatura), por principio de funcionamiento (porcentaje, restricción múltiple, producto, estado sólido, electromecánico o térmico) o por característica de rendimiento (distancia, direccional -sobrecorriente, tiempo inverso, tiempo definido, tierra o fase).

Existían clases adicionales de relés que eran un componente necesario de la mayoría de los sistemas de protección y control. Los relés de monitoreo (como detectores de fallas o relés de alarma), relés de programación (como relés de sincronización y reconexión), relés de regulación y relés de control auxiliares se usaban a menudo para completar el diseño del sistema de protección.

La separación de los relés de protección en categorías simplificó la tarea de elegir un complemento de relés necesarios para proteger adecuadamente una aplicación y planificar el espacio de panel y el cableado necesarios para construir el esquema.

En su mayor parte, la necesidad de toda esta clasificación preliminar fue eliminada por el moderno relé de microprocesador numérico multifuncional. Un ejemplo excelente es un relé de protección de motor / generador multifuncional típico que tiene todas las funciones necesarias para proporcionar una protección completa del generador en una sola caja. La Figura 2-5 muestra las funciones disponibles en dicho relé. Cada elemento de línea de la Figura 2-5 representa al menos un relé de protección electromecánico o, en algunos casos, como el control de temperatura externo, un relé de control.

Punto clave O y MCost

La necesidad de una clasificación preliminar fue eliminada por el moderno relé de microprocesador numérico multifuncional. Un ejemplo excelente es un relé de protección de motor / generador multifuncional típico que tiene todas las funciones necesarias para proporcionar una protección completa del generador en una sola caja.

Protection functions

Protection functions	Abbreviation	ANSI No.	Generator Basic	Generator Standard	Generator Full	Motor Asynchronous	Transformer
Current differential protection	ΔI	87G/87T/87M	X	X	X	X	X
Stator earth-fault protection non-directional, directional	$V_0>$, $3I_0>$ $\measuredangle(V_0, 3I_0)$	59N, 64G 67G	X	X	X	X	X
Sensitive earth-fault protection (also rotor earth-fault protection)	$I_{EE}>$	50/51GN (64R)	X	X	X	X	X
Stator overload protection	I^2t	49	X	X	X	X	X
Definite-time overcurrent-time protection with undervoltage seal-in	$I> + V<$	51	X	X	X	X	X
Definite-time overcurrent-time protection, directional	$I>>$, Direc.	50/51/67	X	X	X	X	X
Inverse-time overcurrent-time protection	$t = f(I) + V<$	51V	X	X	X	X	X
Overvoltage protection	$V>$	59	X	X	X	X	X
Undervoltage protection	$V<$, $t = f(V)$	27	X	X	X	X	X
Frequency protection	$f<$, $f>$	81	X	X	X	X	X
Reverse-power protection	$-P$	32R	X	X	X	X	X
Overexcitation protection (Volt/Hertz)	V/f	24	X	X	X	X	X
Fuse failure monitor	V_2/V_1, I_2/I_1	60FL	X	X	X	X	X
External trip coupling	Incoup.		4	4	4	4	4
Trip circuit supervision	T.C.S.	74TC	X	X	X	X	X
Forward-power protection	$P>$, $P<$	32F	X	X	X	X	X
Underexcitation protection (loss-of-field protection)	1/xd	40	X	X	X		
Negative-sequence protection	$I_2>$, $t = f(I_2)$	46	X	X	X	X	
Breaker failure protection	$I_{min}>$	50BF	X	X	X	X	X
Motor starting time supervision	I_{start}^2t	48	X	X	X	X	
Restart inhibit for motors	I^2t	66, 49 Rotor				X	
Rotor earth-fault protection (f_n, R-measuring)	$R<$	64R (f_n)	X	X	X		
Inadvertent energization protection	$I>$, $V<$	50/27		X	X		
100 % stator earth-fault protection with 3rd harmonics	$V_{0(3rd\ harm.)}$	59TN, 27TN 3rd h		X	X		
Impedance protection with ($I>+V<$) pickup	$Z<$	21		X	X		
DC voltage / DC current time protection	$V_{dc}>$ $I_{dc}>$	59N (DC) 51N (DC)			X		
Overcurrent protection during startup (for gas turbines)[2]	$I>$	51			X		
Earth-current differential protection[2]	ΔI_e	87GN/TN			X		
Out-of-step protection	$\Delta Z/\Delta t$	78			X		
Rotor earth-fault protection (1 to 3 Hz square wave voltage)[2]	$R_{REF}<$	64R (1 – 3 Hz)	X[1]	X[1]	X[1]		
100 % stator earth-fault protection with 20 Hz voltage[2]	$R_{SEF}<$	64G (100 %)	X[1]	X[1]	X[1]		
Rate-of-frequency-change protection[2]	$df/dt>$	81R	X[1]	X[1]	X[1]		
Vector jump supervision (voltage)[2]	Δ >		X[1]	X[1]	X[1]		
Supervision of phase rotation	A, B, C	47	X	X	X	X	X
Undercurrent via CFC	$I<$	37	X	X	X	X	X
External temperature monitoring via serial interface[2]	(RTD)	38	X	X	X	X	X

Table 11/3 Scope of functions of the 7UM62

1) Optional for all function groups.
2) Available as of version V4.1 and higher.

Figura 2-5

Elementos de relé de generador multifuncional

Además de tener una naturaleza multifuncional, los relés numéricos modernos también son bastante flexibles y versátiles. También se puede utilizar un relé con los elementos multifuncionales que se muestran en la Figura 2-5 para proteger un motor de inducción grande. Esto no requiere cambios especiales que no sean el clic de un mouse en el software de configuración.

Con la capacidad lógica programable de alta potencia de los relés numéricos, los relés multifuncionales pueden reemplazar muchos tipos de relés, incluidos los relés de monitoreo, reconexión y sincronización automática. Incluso hay una aplicación en la que un generador actualizado de relés electromecánicos a relés de microprocesador numérico pudo reemplazar el sincronoscopio debido a la potencia del controlador lógico interno. Si bien los relés auxiliares no se pueden eliminar por completo, los ingenieros de diseño innovadores pueden reemplazar todo, desde bloqueos hasta interruptores con empuñadura de pistola, con relés multifuncionales únicos. El único factor limitante es la capacidad de E / S de los relés.

Punto clave O y MCost

Con la capacidad lógica programable de alta potencia de los relés numéricos, los relés multifuncionales pueden reemplazar muchos tipos de relés, incluidos los relés de monitoreo, reconexión y sincronización automática.

El relé multifuncional tiene el potencial de reemplazar muchos relés de protección, relés auxiliares, interruptores de control y cableado de control. Los ahorros se obtienen en mano de obra, espacio de paneles, costos de inventario, tiempo de instalación y costos de mantenimiento. Estos son temas que deben estudiarse al considerar la aplicación de relés multifuncionales.

2.4 Terminología de relés

Los términos relacionados con los relés de protección son extensos. ANSI / IEEE C37.100-1981, *Definiciones para conmutadores de potencia,* proporciona definiciones de términos de retransmisión convencionales. Estos términos también se incluyen en el estándar ANSI / IEEE 100-1988, *Diccionario estándar IEEE de términos eléctricos y electrónicos*.

Descripción numérica del relé

Los siguientes términos nuevos están asociados con relés numéricos y los últimos esquemas de protección. Si bien esta no es una lista completa, cubre los términos utilizados con más frecuencia con esta clase de retransmisión. Se sigue desarrollando nueva terminología a medida que se implementan diseños de relés numéricos y se introducen nuevos esquemas.

retransmisión adaptativa: Cambio automático de la configuración del relé debido a un cambio de estado en el sistema de energía.

E / S binaria: Entradas y salidas de un relé de microprocesador que normalmente están aisladas ópticamente para realizar funciones de protección, control y supervisión asociadas con el relé o el esquema de relés. Este término es intercambiable con E / S digital.

E / S digital: Consulte E / S binarias.

relé digital: Un relé que toma cantidades analógicas, convierte los valores medidos en señales digitales y toma una decisión basada en estas mediciones.

destello: Término que se utiliza para describir una actualización de firmware mediante software para descargar una nueva actualización.

firmware: Memoria de programa EEProm configurada dentro de las teclas de función del relé que permiten acciones rápidas o teclas de acceso rápido para realizar una operación frecuente sin pasar por un menú o proceso de selección múltiple.

HMI: Interfaz hombre-máquina: la pantalla del panel frontal de un relé numérico.

IRIG B: Un formato de código de tiempo (Grupo de instrumentación entre rangos - Tipo B) que consta de una portadora de 1000Hz modulada con formato BCD de fecha de código de tiempo que se utiliza como base de señal de tiempo maestra para sincronizar las horas de varios dispositivos.

enmascaramiento: La asignación de puntos asociados con una entrada, salida, LED, mensaje de pantalla o activación de evento en particular dentro de un relé.

dispositivo maestro: Dispositivo de control que puede dar o recibir comandos de un sistema de control de red del centro de control asociado.

relé de microprocesador: Un relé que utiliza una tecnología de microchip para realizar mediciones y tomar decisiones de protección y control. El término es intercambiable con relé digital, relé numérico y relé multifuncional.

relé multifuncional: Relé digital o de microprocesador que cuenta con varios elementos de protección y funciones de control.

relé numérico: El término es intercambiable con relé digital, relé de microprocesador y relé multifuncional.

parámetro: Un punto de ajuste o ajuste dentro de un relé.

protocolo: Un formato de lenguaje de comunicación utilizado para conectar el relé a sistemas externos de control y supervisión, computadoras personales u otros dispositivos maestros (es decir, Modbus RTU, DNP 3.0 o Profibus DP / FMS).

enclavamiento inverso: Un esquema de protección utilizado donde un relé de flujo descendente se comunica con un dispositivo de flujo ascendente a través de redes de comunicación para enclavar los relés.

cable serial: Un cable de datos que se utiliza para conectarse al puerto serie del relé para comunicarse con una computadora personal.

grupo de ajuste: Un conjunto de información que contiene todos los ajustes de protección y configuración necesarios para el funcionamiento de un relé numérico. Múltiples grupos de ajustes para diversas contingencias operativas pueden almacenarse en la memoria del relé numérico y activarse según lo requieran las condiciones externas del sistema. Solo un grupo de configuración puede estar activo en un relé numérico. El número de grupos de ajustes definidos por el usuario varía según el fabricante.

dispositivo esclavo: Dispositivo que recibe comandos de un dispositivo maestro asociado con un sistema de control de red del centro de control.

software: Un programa de programación de relés o un programa de actualización de firmware utilizado en una computadora personal.

2.5 Números de función del dispositivo

2.5.1 Descripción general

Los elementos de protección que se proporcionan en un relé multifuncional se clasifican por números de función de relé. Estas funciones se definen en el estándar IEEE Estándar IEEE C37.2-1996 (R2001). Esta norma proporciona la definición y aplicación de números de función que se aplican típicamente a centrales eléctricas e instalaciones de subestaciones que utilizan aparatos de equipos eléctricos y de energía. Los números de función estándar se mencionan con frecuencia a lo largo de este documento y se definen en el Apéndice D.

2.5.2 Prefijos / Sufijos

Además del número del dispositivo de relé, se pueden utilizar letras y números adicionales en forma de prefijo y sufijo para identificar un uso más específico de la función. Un prefijo o sufijo incluido con el número también se puede utilizar para definir funciones, características o condiciones de un dispositivo o pieza de equipo. Cuando un relé numérico asociado con un circuito específico o con un equipo primario (como un alimentador, motor, transformador y generador), los sufijos F, M, T y G se utilizan a menudo. Para evitar confusiones, cada sufijo de letra debe tener un solo significado en los equipos individuales. Para lograr esto, se recomiendan abreviaturas cortas como las contenidas en ASME Y1.1-1989. Se describen más detalles sobre prefijos y sufijos en el estándar IEEE C37.2-1996 (R2001).

3

PRINCIPIOS DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE RELÉS NUMÉRICOS

3.1 Subconjuntos eléctricos

3.1.1 Fuente de alimentación

La mayoría de los relés de microprocesador típicos pueden ser alimentados por voltaje de suministro de CA o CC y deben pedirse en consecuencia. Las caídas momentáneas de la tensión de alimentación de hasta 50 ms se puentean mediante un condensador. Pueden ocurrir caídas de voltaje, por ejemplo, si el sistema de suministro de voltaje (batería de la subestación) se cortocircuita o experimenta una variación severa en la carga. Las configuraciones, los anuncios y las capturas de formas de onda se guardan incluso si se pierde el voltaje de suministro en el relé. Las baterías internas que se utilizan comúnmente tienen una vida útil de 10 años. Es aconsejable cambiar estas baterías antes de que se agoten. Los manuales de instrucciones de los relés de microprocesador más típicos ilustran la posición de montaje de las baterías.

Punto técnico clave

Las configuraciones, los anuncios y las capturas de formas de onda se guardan incluso si se pierde el voltaje de suministro en el relé. Las baterías internas que se utilizan comúnmente tienen una vida útil de 10 años. Es aconsejable cambiar estas baterías antes de que se agoten.

3.1.2 Placa base

La placa base de los típicos relés de microprocesador es donde reside el microordenador del relé. Además, el fusible de la fuente de alimentación y las baterías también se encuentran en la placa base. Las funciones reales de protección y control de los relés se procesan en el sistema de microcomputadoras (µC). Específicamente, el µC realiza las siguientes funciones:

- Filtra y prepara las cantidades medidas Supervisa
- permanentemente las cantidades medidas
- Supervisa las condiciones de activación de las funciones de protección individuales Evalúa valores
- límite y secuencias en el tiempo
- Controla señales para las funciones lógicas

- Toma decisiones sobre los comandos de viaje
- Señala el comportamiento de protección a través de LED, LCD, relé o interfaz en serie
- Registra mensajes y datos para eventos, alarmas, fallas y acciones de control y proporciona los datos para análisis
- Administra el sistema operativo y las funciones asociadas, como la grabación de datos, el reloj en tiempo real, las comunicaciones y las interfaces.

3.1.3 Módulos de E / S

Los relés de microprocesador típicos contienen varios números de entradas y salidas binarias. Las entradas binarias tienen la misma tensión que la tensión de alimentación del relé. El umbral de activación para entradas binarias suele ser alrededor del 70% de la tensión nominal. Por ejemplo, la captación de las entradas sería de aproximadamente 88 VCC en un relé de 125 VCC. Este valor se puede configurar mediante software de comunicaciones y gestión de relés. Las entradas consisten en transistores que monitorean el voltaje en los terminales y transmiten señales al microordenador para su procesamiento. El µC obtiene información externa a través de las entradas binarias, como los comandos de bloqueo para funciones de protección o las indicaciones de posición de los interruptores automáticos. El µC emite comandos al equipo externo a través de los contactos de salida. Las salidas binarias son relés que se cerrarán o abrirán cuando la microcomputadora emita un comando. Estos comandos de salida se utilizan generalmente para operar interruptores automáticos u otros dispositivos de conmutación. También se pueden conectar a otros dispositivos de protección, anunciadores o equipos portadores externos para su uso en esquemas de relés piloto.

3.1.4 Módulos de comunicación

Con respecto a la comunicación, se ha puesto especial énfasis en los altos niveles de flexibilidad, integridad de los datos y la utilización de estándares comunes en la automatización energética. El diseño de los módulos de comunicación proporciona los beneficios de la intercambiabilidad de equipos, el potencial de aceptación de estándares futuros y un aumento en el conocimiento de los protocolos de comunicación en toda la industria.

Punto clave del desempeño humano

Con respecto a la comunicación, se ha puesto especial énfasis en los altos niveles de flexibilidad, integridad de los datos y la utilización de estándares comunes en la automatización energética. El diseño de los módulos de comunicación proporciona los beneficios de la intercambiabilidad de equipos, el potencial de aceptación de estándares futuros y un aumento en el conocimiento de los protocolos de comunicación en toda la industria.

Las siguientes interfaces suelen estar disponibles como rutas de comunicación utilizadas por el relé:

- **Interfaz de PC:** La interfaz de PC, normalmente accesible desde la parte frontal de la unidad, permite un acceso rápido a todos los parámetros y datos de eventos de fallas. Es especialmente ventajoso el uso de software de comunicaciones y gestión de relés durante la puesta en servicio.
- **Interfaz de servicio** e: Varios relés de protección se pueden operar de forma centralizada con software de gestión de relés y comunicaciones (es decir, mediante un acoplador en estrella o bus RS485). Tras la conexión de un módem, es posible la visualización remota de las mediciones del relé, la información de eventos históricos y la configuración. Con autorización de contraseña adicional, se pueden habilitar acciones de control como cambios de configuración y control de interruptores. (Alternativamente, la caja de monitoreo de temperatura externa se puede conectar a esta interfaz).
- **Interfaz de sincronización de tiempo:** Se puede conectar una señal de sincronización (DCF 77, IRIG B a través del receptor de satélite) a esta entrada si no se ejecuta ninguna sincronización de tiempo en la interfaz del sistema. Esto ofrece una etiqueta de tiempo de alta precisión.
- **Interfaz del sistema:** Esta interfaz se utiliza para realizar la comunicación con un sistema de control. La interfaz del sistema admite una variedad de protocolos de comunicación y diseños de interfaz según el módulo conectado.

Los siguientes protocolos de hardware están disponibles para relés de microprocesador típicos:

- **Circuito de doble anillo de fibra óptica:** El circuito de doble anillo de fibra óptica es inmune a las interferencias electromagnéticas. Si falla una sección entre dos unidades, el sistema de comunicación continúa funcionando sin interrupción. Si una unidad falla, la comunicación con el resto del sistema no se ve afectada.
- **Bus Ethernet o RS485:** Con esta transmisión de datos a través de conductores de cobre, la interferencia electromagnética se elimina en gran medida mediante el uso de conductores de par trenzado. En caso de falla de una unidad, el sistema restante continúa funcionando sin fallas.
- **Estructura estrella:** Los relés están conectados con un cable de fibra óptica con estructura en estrella a la unidad de control. La falla de un relé / conexión no afecta a los demás.

3.2 Construcción de relés numéricos

La Figura 3-1 muestra los diversos componentes que forman la construcción física de un relé de microprocesador típico.

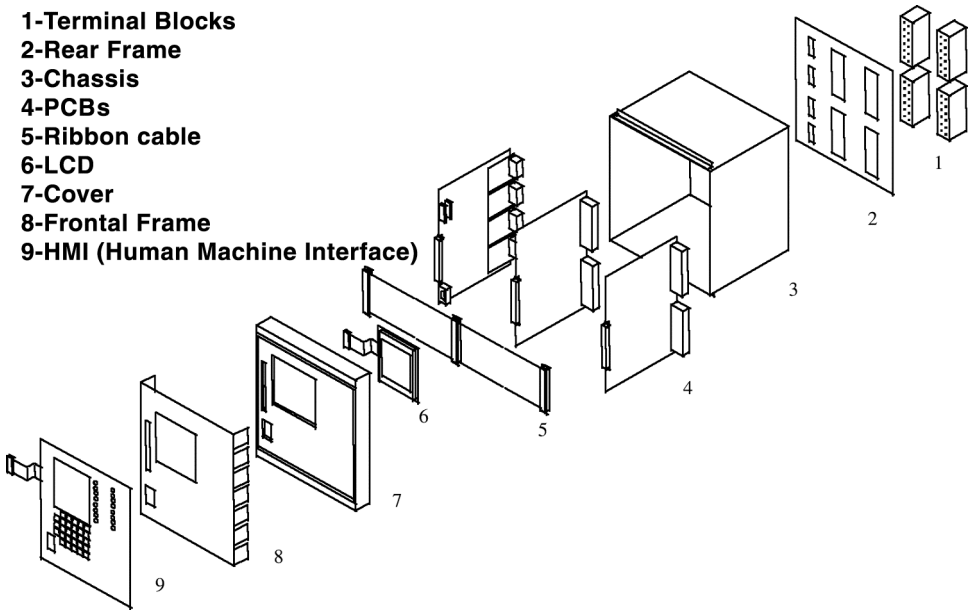


Figura 3-1
Construcción de un relé de microprocesador típico

3.2.1 Caso

Para obtener una placa de circuito impreso (PCB) en la que los circuitos funcionen correctamente, el enrutamiento de seguimiento, la ubicación de componentes como transformadores, entradas y salidas de transductores, entradas y salidas binarias, conectores y el desacoplamiento utilizado con ciertos circuitos integrados (IC) se optimizan y se utilizan para definir el tamaño mínimo de la carcasa. La ubicación de los componentes incluye la disposición de transformadores, entradas y salidas de transductores, entradas y salidas binarias y conectores.

Junto con las piezas de distancia en la placa de circuito impreso y la forma de los módulos conectores, las levas de la placa guía garantizan el montaje y la fijación adecuados del módulo.

De acuerdo con la función de protección o el esquema de control donde se aplica el relé, se pueden requerir diferentes tamaños de carcasa debido a la configuración del hardware. La Figura 3-2 proporciona ejemplos de varios tamaños de cajas de relés de microprocesador.

Figura 3-2
Ejemplo de varios tamaños de cajas de relés de microprocesador

Todos los alambres (cables) están conectados en la parte posterior del relé como se muestra en la Figura 3-3, excepto cuando los relés de microprocesador están montados en la superficie.

Figura 3-3
Ejemplo de configuración de relé de microprocesador montado en superficie

También pueden estar disponibles versiones de relé especiales de varios fabricantes con un panel de operador desconectado conectado por cable (consulte la Figura 3-4). Esto permite la instalación del propio relé en el compartimento de baja tensión y la instalación del panel de operador por separado en la puerta del cuadro.

Punto clave O y MCost

Un relé con panel de operador desconectado y conectado por cable permite la instalación del propio relé en el compartimento de baja tensión y la instalación del panel de operador por separado en la puerta del cuadro.

Figura 3-4
Relé de microprocesador con panel de operador separado

3.2.2 Chasis

El chasis en un relé numérico está especialmente diseñado para la protección contra esfuerzos mecánicos y campos electromagnéticos.

Punto técnico clave

El chasis en un relé numérico está especialmente diseñado para la protección contra esfuerzos mecánicos y campos electromagnéticos.

Los PCB proporcionan conexiones para componentes electrónicos como dispositivos pasivos, transistores, microprocesadores y circuitos integrados.

La parte interior de la carcasa está libre de esmalte y, por lo tanto, funciona como un gran plano de contacto y una pantalla con conductividad eléctrica sólida. La carcasa interior también se acopla con las láminas de puesta a tierra (puesta a tierra) del módulo. La conexión a tierra se realiza antes de que los enchufes hagan contacto. Se proporciona un área de conexión a tierra en la carcasa a la que se puede conectar una tira de conexión a tierra para garantizar una conexión a tierra sólida de baja impedancia.

Al igual que con cualquier otro dispositivo electrónico, el relé numérico debe cumplir con los estándares relacionados con la compatibilidad electromagnética y con los equipos eléctricos para su uso dentro de ciertos límites de voltaje.

3.2.3 Tarjetas de circuito impreso

A medida que los requisitos de hardware de relés numéricos se han vuelto más complejos (requiriendo más componentes), la PCB se ha vuelto más poblada y densa con cableado y componentes.

El sustrato del tablero en sí es un material aislante y no flexible. Los alambres delgados que son visibles en la superficie de la placa son parte de una lámina de cobre que inicialmente cubría toda la placa. En el proceso de fabricación, esta lámina de cobre se graba parcialmente. El cobre restante forma una red de alambres delgados. Estos cables se conocen como patrón de conductores. Proporcionan las conexiones eléctricas entre los componentes montados (como entradas binarias, salidas binarias o interfaces seriales) en la PCB. La Figura 3-5 muestra una típica tarjeta de circuito impreso por relé con microprocesador.

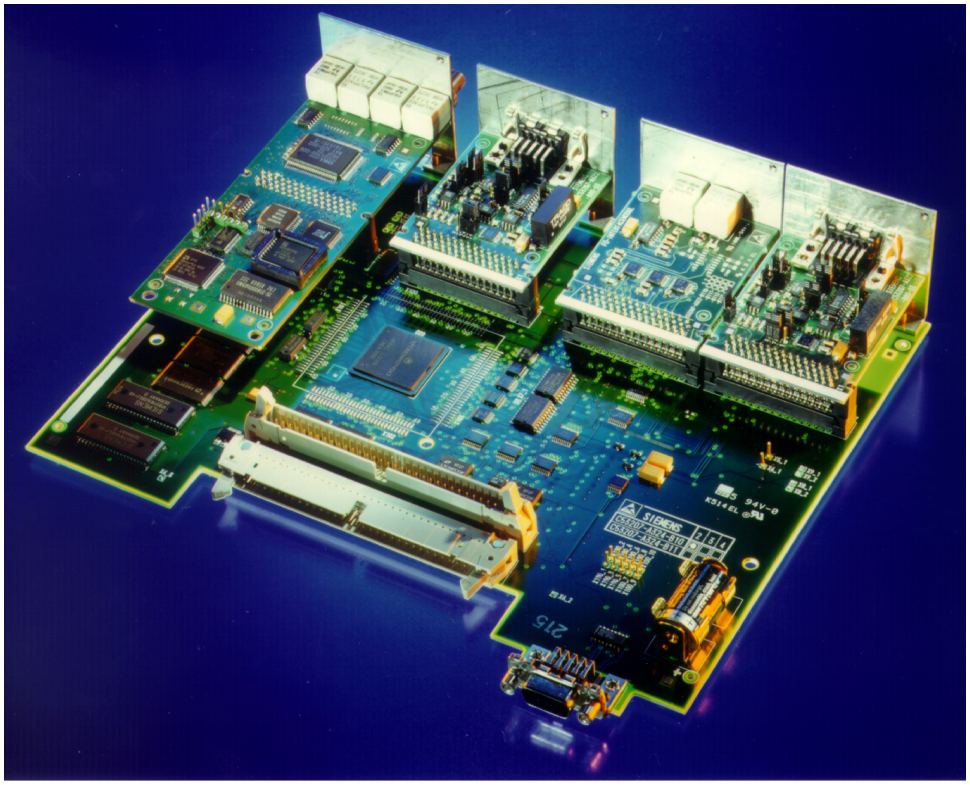


Figura 3-5
Tarjeta típica de circuito impreso por relé de microprocesador

3.2.4 Cubierta

La cubierta protectora presenta un diseño flexible que permite a los usuarios desconectarla y retirarla fácilmente de la carcasa para acceder a las PCB sin perturbar el cableado.

Antiguamente, las cubiertas frontales de los relés eran transparentes y extraíbles. Tenían provisiones para sellos de cables y plomo para evitar la manipulación por parte de personal no autorizado. Actualmente, los fabricantes brindan acceso gratuito a las teclas de control y la pantalla frontal; sin embargo, cambiar la configuración y controlar los disyuntores e interruptores son tareas protegidas por contraseña.

Punto clave del desempeño humano

Los fabricantes brindan acceso gratuito a las teclas de control y la pantalla frontal; sin embargo, cambiar la configuración y controlar los disyuntores e interruptores son tareas protegidas por contraseña.

Cuando el relé está desconectado, las conexiones del transformador de corriente (CT) en la caja se cortocircuitan automáticamente para proteger el CT de sobretensiones y daños.

3.2.5 Objetivos / indicación de LED

Los LED, que pueden ser asignados libremente o definidos por el fabricante, se utilizan para mostrar visualmente la información del proceso o del dispositivo. En algunos modelos de relés, un LED está dedicado a mostrar el estado funcional del dispositivo (perro guardián) y otro para el estado de la fuente de alimentación. Los LED se pueden etiquetar según los requisitos del usuario. Por lo general, una tecla de restablecimiento de LED o de destino restablece los LED configurados como enclavados y se puede utilizar para pruebas de LED.

La siguiente lista proporciona algunos ejemplos de aplicaciones LED:

- Indicación de captación de fase individual con LED bloqueados o desbloqueados
- Indicación de viaje
- Indicación de estado de los disyuntores o interruptores
- Indicación de bloque de protección

3.2.6 Pantalla frontal

La forma y función de las pantallas del panel frontal del relé numérico variará según el fabricante. Algunas características son comunes a todos, pero cada fabricante generalmente tiene algunas características únicas. La función clave es la capacidad de recuperar datos y aplicar ajustes e información de configuración. Generalmente, todas las funciones que se pueden realizar a través de la pantalla frontal también se pueden realizar utilizando una computadora personal conectada localmente (aunque no ocurre lo contrario).

Con dispositivos que tienen paneles de operador integrados o separados, la información como mensajes de eventos, valores medidos y el estado funcional del dispositivo se proporcionan a través de LED y una pantalla de visualización (LCD) en el panel frontal. El control integrado y las teclas numéricas facilitan la interacción con el dispositivo remoto junto con la pantalla LCD. A través de estos elementos se puede acceder a toda la información del dispositivo, como los parámetros de configuración y ajuste, los mensajes de funcionamiento y de fallo y los valores medidos. Los parámetros de configuración se pueden cambiar de la misma manera.

Punto clave del desempeño humano

La información como mensajes de eventos, valores medidos y el estado funcional del dispositivo se proporciona a través de LED y una pantalla de visualización (LCD) en el panel frontal.

En algunos modelos de relés numéricos, la información del proceso y del relé se puede mostrar gráficamente en la gran pantalla LC iluminada en forma de diagrama mímico o como texto en varias listas. El control de disyuntores y otros equipos puede ser posible desde el panel frontal del
dispositivo. El estado del equipo primario se puede transmitir al dispositivo a través de contactos auxiliares conectados a entradas binarias.

Se proporciona una interfaz de PC en serie para las comunicaciones locales con el dispositivo a través de una computadora personal que utiliza el programa operativo del proveedor. Esto facilita un manejo cómodo de todas las funciones del dispositivo.

3.3 Requerimientos de diseño

Los estándares de relés proporcionan los criterios y pautas para que los ingenieros de diseño desarrollen productos de protección que funcionen de manera confiable en una variedad de ubicaciones. Debido a que es posible que se requiera que los relés de protección operen en entornos hostiles, se prueban para cumplir con una variedad de estándares relacionados con condiciones mecánicas, eléctricas, térmicas y sísmicas. Los estándares específicos pueden considerarse un requisito más alto en comparación con otro estándar, según el entorno, la aplicación y la filosofía del cliente sobre el diseño de relés adecuado. Las siguientes secciones enumeran algunas de las consideraciones de diseño más importantes.

Punto clave del desempeño humano

Debido a que es posible que se requiera que los relés de protección operen en entornos hostiles, se prueban para cumplir con una variedad de estándares relacionados con condiciones mecánicas, eléctricas, térmicas y sísmicas.

3.3.1 Condiciones de servicio

Las condiciones de servicio que pueden afectar el funcionamiento del relé pueden incluir las siguientes:

- **Temperatura ambiente -** Los relés generalmente están diseñados para operar en entornos industriales con temperaturas ambientales en el rango de -20 ° C (4 ° F) a + 55 ° C (131 ° F). La temperatura ambiente es la temperatura del aire medida a 30 cm (11,8 pulg.) De la superficie exterior de los gabinetes o cubiertas del equipo de relés.

- **Altitud -** La condición habitual de altitud suele ser inferior a 1500 m (5000 pies).

- **Humedad -** La humedad relativa promedio puede ser de hasta el 55% fuera de los recintos o cubiertas para temperaturas de hasta 40 ° C (104 ° F) con desviaciones de hasta el 95% durante un máximo de 96 horas sin condensación interna.

Otras condiciones ambientales o de servicio pueden afectar el funcionamiento correcto del relé si los relés están expuestos a condiciones excesivas. Estas condiciones pueden incluir lo siguiente:

- Humos o vapores
- Polvo
- Mezclas explosivas de polvo o gases Vapor
-
- Aire salado
- Condiciones de transporte o almacenamiento Cambios de
- temperatura extremos o repentinos Fluctuaciones extremas
- del voltaje de suministro Distorsión excesiva de las ondas
- eléctricas Ruido eléctrico excesivo
-
- Radiación electromagnética
- Radiación nuclear

3.3.2 Calificaciones

Los relés numéricos modernos se prueban utilizando los últimos estándares de la industria ANSI / IEEE e IEC para demostrar que cumplen con los requisitos de clasificación de la industria. Muchos de los estándares se iniciaron en la era del relé electromecánico y se han desarrollado y revisado con el tiempo a medida que cambia la tecnología de relés.

Punto técnico clave

Los relés numéricos modernos se prueban utilizando los últimos estándares de la industria ANSI / IEEE e IEC para demostrar que cumplen con los requisitos de clasificación de la industria.

3.3.2.1 Corriente de voltaje

Los relés numéricos contienen componentes eléctricos sensibles que están diseñados para operar a valores específicos de voltaje y corriente. Los voltajes varían de 110 VCA a 480 VCA y de 24 VCC a 250 VCC. Las corrientes se proporcionan en una clasificación de 1A o 5A (CA). El voltaje nominal de diseño máximo es el voltaje alterno o voltaje directo más alto rms. La corriente máxima es la corriente alterna o corriente continua rms más alta. Estos valores máximos son los límites en los que el relé puede funcionar de forma continua.

Las bobinas de operación de los relés electromecánicos y de estado sólido más antiguos generalmente determinaban la clasificación del relé. Hoy en día, los relés numéricos se suministran con fuentes de alimentación universales o de rango múltiple y entradas / salidas binarias que operan a voltajes específicos que se establecen mediante enlaces internos o puentes en el relé. Las fuentes de corriente y voltaje también pueden tener múltiples clasificaciones de funcionamiento. Los relés se pueden proporcionar con selecciones de corriente secundaria de 1 A o 5 A. Los voltajes secundarios del relé se pueden configurar para un rango de voltajes y, por lo general, se pueden conectar en estrella o triángulo mediante un parámetro de ajuste en lugar de una configuración de hardware. Las entradas de tensión se pueden configurar para fase-fase o fase-tierra.

3.3.2.2 Carga / Sobrecarga

La carga de los relés se reduce considerablemente con el uso de relés numéricos. El consumo de energía de los relés numéricos se puede esperar en el rango de 0.04–0.10 VA. Esto significa que en muchas aplicaciones, la carga del relé es insignificante. En aplicaciones más antiguas donde la carga del relé era mucho mayor, es posible que se requirieran transformadores de corriente intermedios. Los relés numéricos normalmente ya no requieren estos transformadores intermedios.

Punto clave O y MCost

El consumo de energía de los relés numéricos se puede esperar en el
Rango de 0.04-0.10 VA. Esto significa que en muchas aplicaciones, la carga del relé es insignificante.

Las capacidades de sobrecarga térmica también son mayores. Por ejemplo, la sobrecarga térmica efectiva puede alcanzar una clasificación de 500 A (1 segundo) y una clasificación dinámica de 1250 A (medio ciclo).

3.3.3 Prueba de diseño

Las pruebas de diseño se realizan para validar que el diseño, la construcción y los materiales de un relé en particular funcionan como se espera y son adecuados para su uso en la aplicación prevista. Las pruebas se realizan durante la producción del relé y se prueban utilizando las pautas y estándares ANSI / IEEE e IEC.

Punto técnico clave

Las pruebas de diseño se realizan para validar que el diseño, la construcción y los materiales de un relé en particular funcionan como se espera y son adecuados para su uso en la aplicación prevista.

3.3.3.1 Prueba dieléctrica

La prueba dieléctrica se realiza para asegurar una resistencia de aislamiento adecuada entre circuitos, entre circuitos y tierra (marco de relé) y a través de contactos abiertos. Los relés deben soportar un voltaje de prueba de baja frecuencia de 2500 voltios rms. No se recomienda la prueba dieléctrica de fuerza completa cuando un relé está en servicio. En relés numéricos, esta prueba no es necesaria para la fuente de alimentación y los puertos de comunicación RS495 / RS232.

3.3.3.2 Capacidad de resistencia a sobretensiones

Los requisitos de resistencia a sobretensiones aumentaron cuando se introdujeron los relés de estado sólido porque la necesidad de pruebas de sobretensión estandarizadas se hizo evidente debido a las preocupaciones sobre su capacidad para soportar sobretensiones creíbles. En respuesta, se desarrollaron pruebas de sobretensión estandarizadas para garantizar la capacidad de resistencia a sobretensión (SWC) adecuada de los sistemas de relés de protección. La prueba de SWC es una prueba de diseño y generalmente no se realiza en todas las unidades de producción o por los usuarios. La prueba SWC incluye dos pruebas: una prueba de forma de onda oscilatoria y una prueba de transitorios rápidos. La forma de onda oscilatoria es una forma de onda decreciente de alta frecuencia entre 2,5 kV y 3,5 kV. La forma de onda de prueba oscilatoria es representativa de las sobretensiones medidas en sistemas reales. La forma de onda transitoria rápida es una onda unidireccional con un tiempo de aumento extremadamente rápido hasta un voltaje de cresta entre 4 kV y 5 kV. La prueba de transitorios rápidos simula sobretensiones causadas por la interrupción de dispositivos inductivos. Por lo tanto, mayores

Los diseños de relés probablemente no fueron sometidos a este tipo de prueba de sobretensión. Estas pruebas no se realizan en puertos de comunicación y entradas de sincronización de tiempo.

3.3.3.3 Interferencia electromagnética radiada

Los campos electromagnéticos producidos por los dispositivos de comunicaciones portátiles pueden afectar el correcto funcionamiento de los dispositivos semiconductores. Por esta razón, los relés numéricos se prueban para determinar su susceptibilidad a los campos electromagnéticos en el dominio de la radiofrecuencia. Se requieren pruebas de alta frecuencia y utilizan un valor pico de 2500 a 1 MHz y descarga electrostática de descarga de contacto de 8 kV y descarga de espacio de aire de 15 kV. Las pruebas de campo de radiofrecuencia no moduladas y moduladas se realizan en el rango de 27–500 MHz (sin modular) y 80–1000 MHz (modulado) a 10 V / metro. Las ráfagas transitorias se prueban a 4 kV (5 kHz) y las pruebas moduladas por pulsos a 900 MHz con una tasa de repetición de 200 Hz.

3.3.3.4 Calificación para aplicaciones de Clase 1E

Se realizan pruebas de calificación rigurosas en relés de protección diseñados para su uso en sistemas de clase 1E de plantas nucleares. Las pruebas de calificación demuestran la adecuación del diseño del equipo en condiciones normales, condiciones anormales, durante un evento de base de diseño y después de un evento de base de diseño.

Un programa de prueba de relés de protección consta de evaluaciones de envejecimiento, rendimiento, software y sísmica. Los mecanismos de envejecimiento significativos evaluados incluyen los efectos del tiempo y la temperatura, los ciclos operativos y la radiación. Otros mecanismos de envejecimiento no se consideran significativos para las aplicaciones esperadas.

3.3.3.5 Ensayos sísmicos

Se requieren pruebas sísmicas de relés de protección para aplicaciones de Clase 1E en plantas nucleares. Sin embargo, en lugares particularmente susceptibles a los terremotos, las pruebas sísmicas a menudo se especifican para aplicaciones críticas de relés de protección como una precaución adicional, independientemente de los requisitos de Clase 1E. Los relés numéricos son mucho menos susceptibles a las vibraciones en comparación con los relés electromecánicos y de estado sólido más antiguos.

4

TIPOS DE PROTECCIÓN DE RELÉ: APLICACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

4.1 Protección de distancia (21)

4.1.1 Aplicaciones

La función de protección de distancia en los generadores (función 21 - consulte el Apéndice D) se utiliza como una protección de respaldo rápida para el generador, que se extiende hasta aproximadamente un 70% en el transformador de la unidad. Además, la función de protección de distancia se puede aplicar como protección de respaldo para fallas en el sistema de transmisión. El alcance y la demora en este caso deben coordinarse con la protección primaria y secundaria en el sistema de transmisión. Las características MHO y cuadrilátero se utilizan comúnmente para esta aplicación.

Punto técnico clave

La función de protección de distancia en los generadores se utiliza como una protección de respaldo rápida para el generador, extendiéndose hasta aproximadamente un 70% en el transformador de la unidad.

La protección de distancia se aplica a los generadores midiendo las corrientes en el lado neutro del generador y los voltajes en los terminales del generador. Debido a la ubicación de los transformadores de corriente y potencial, las fallas del generador se pueden detectar mediante la protección de impedancia con el generador conectado al sistema de energía o aislado del sistema de energía. Debido a que todas las fallas fluyen hacia adelante, no se requiere una zona de retroceso para la protección del generador.

Si el sistema de excitación se alimenta desde los terminales del generador o desde la red de transmisión, el voltaje de excitación puede caer rápidamente a casi cero durante una falla. Esto da como resultado una disminución de la corriente de cortocircuito y un posible restablecimiento del elemento de distancia durante la falla. Por lo tanto, la captación de distancia y el disparo se mantienen y supervisan normalmente mediante un elemento de subtensión.

Si el elemento de captación de la función de distancia está supervisado por un elemento de sobrecorriente, en cualquier caso debe evitarse una captación de la corriente de sobrecarga.

4.1.2 Principios de funcionamiento

4.1.2.1 Configuración de Zona 1

La Zona 1 se calcula de manera que alcance hasta un 70–80% en el transformador de la unidad. Si el generador está conectado a la red de transmisión a través de un transformador unitario delta-estrella, solo se utilizan los elementos de distancia de fase. En esta configuración, el sistema del generador normalmente no está conectado a tierra, lo que evita que el elemento de distancia se detecte en caso de fallas a tierra. Se debe considerar la carga sobre el transformador auxiliar porque el relé puede sobrepasarse. Si se utiliza una característica de cuadrilátero, el alcance R se puede establecer igual al alcance X porque es poco probable que se produzcan fallas de arco de alta resistencia. El tiempo de retardo para el Z1 se establece con un retardo de 5 a 6 ciclos para dar a la protección diferencial la prioridad para borrar la falla primero.

4.1.2.2 Uso de la zona de extralimitación

Cuando el generador se retira temporalmente de la red de transmisión, la zona de sobrealcance ya no se preocupa por un sobredisparo por fallas del generador. Con el generador fuera de línea, el alcance de la zona de impedancia se puede aumentar al 120% de la impedancia del transformador. Esto proporciona una protección del 100% del transformador elevador. Se puede aplicar automáticamente un grupo de configuración alternativo configurado para proporcionar esta mayor sensibilidad cuando el relé determina que el generador se ha desconectado. El inicio automático del cambio de grupo de ajuste puede controlarse mediante el contacto "a" (o "b") del interruptor.

4.1.2.3 Configuración de la zona 2 (o zona 3 si la zona 2 es la zona de alcance extra)

La Zona 2 se utiliza como protección de respaldo para fallas de bus y fallas de línea en líneas adyacentes para asegurar que el generador no continuará suministrando corriente de falla durante un período de tiempo prolongado si la protección primaria no elimina la falla (es decir, falla de relé o interruptor fracaso). El alcance de la zona 2 debe cubrir la más larga de las líneas adyacentes y coordinarse con la protección de la red de transmisión primaria. La alimentación de otras fuentes de generación en el bus de transmisión, así como el grupo de vectores del transformador elevador, deben considerarse al configurar el alcance de la Zona 2. Los anteojeras de carga son necesarios en algunos casos para evitar disparos en condiciones de carga alta.

El elemento de distancia no debe funcionar con impedancias de oscilación de potencia. Por lo tanto, se requiere una función de bloqueo de oscilación de potencia para evitar un disparo en esta situación. Es deseable poner el generador fuera de línea en un evento de desfase, pero esto debe ser gestionado por una función separada de desfase.

4.2 Sincronizando (25)

4.2.1 Aplicación

La sincronización incorrecta de un generador con la red del sistema eléctrico puede dañar el generador y / o el motor primario. Para evitar dañar la unidad generadora al ponerla en línea, se utilizan relés de sincronización y / o sincronización automática de alta seguridad para garantizar que la frecuencia,

la magnitud del voltaje y el ángulo de fase coinciden correctamente antes de conectar el generador al sistema. Los relés digitales modernos también verificarán la rotación de fase del generador y los sistemas que se conectarán. El relé ajustará el voltaje y la velocidad de la máquina dentro de los límites preestablecidos. Los relés de sincronización realizan automáticamente esta función e inician una señal para cerrar el interruptor en el momento adecuado. El relé considerará todos los tiempos de retardo asociados con el cierre del interruptor (desde el interruptor hasta los tiempos de operación del relé) para entregar el comando de cierre antes del instante real de sincronismo. El comando de cierre debe basarse en la velocidad a la que se mueven los dos sistemas y los tiempos de retardo mencionados anteriormente. Esto asegura que la máquina esté conectada al sistema sin diferencia de ángulo de fase.

Punto clave del desempeño humano

Para evitar dañar la unidad del generador al ponerla en línea, se utilizan relés de sincronización y / o sincronización automática de alta seguridad para garantizar que la frecuencia, la magnitud del voltaje y el ángulo de fase coincidan adecuadamente antes de conectar el generador al sistema.

Los relés de sincronización o los relés de verificación de sincronización de alta velocidad se pueden configurar para supervisar la actividad de poner un generador en línea manualmente. En esta capacidad, el relé permite que solo se cierre el disyuntor del generador cuando la frecuencia y el ángulo de fase están dentro de los límites prescritos. Los relés de verificación de sincronización del tipo de inducción de baja velocidad no se recomiendan para generadores grandes porque su precisión no es compatible con la pequeña ventana angular de estas máquinas. Los relés digitales pueden realizar esta función.

Los relés de verificación de sincronismo se utilizan para conectar dos o más fuentes de energía síncronas a un bus común (por ejemplo, energizando un bus de patio de distribución de transmisión principal desde dos alimentadores principales).

4.2.2 Principios de funcionamiento

Los principios de funcionamiento de los relés de sincronización (25A) y de verificación de sincronización (25) son casi idénticos. Ambos relés están conectados a dos voltajes del sistema a través de transformadores de voltaje. Los relés digitales simplifican la conexión del sistema porque realizan la correspondencia matemática de voltajes digitalmente en lugar de utilizar transformadores de adaptación interpuestos. Los últimos relés digitales se pueden aplicar a transformadores unitarios o se pueden aplicar a transformadores de voltaje con diferentes voltajes de salida. Antes de que se desarrollaran los relés digitales, normalmente se usaba una conexión de fase a fase. Los relés digitales brindan seguridad adicional si se realizan conexiones trifásicas al relé. El relé puede entonces calcular la dirección de rotación de los dos sistemas.

El relé de sincronización digital tomará los dos voltajes del sistema y calculará el voltaje, el ángulo de fase y la diferencia de frecuencia entre los voltajes aplicados. Los relés digitales utilizan varios métodos para calcular estas cantidades con precisión.

Un relé de verificación de sincronización calculará la diferencia de voltaje (Δ V), ángulo de fase (Δ∂), y frecuencia Δ F). El relé emitirá un comando de cierre cada vez que se cumplan estos parámetros. El contacto de cierre del relé normalmente está cableado en serie con un contacto de un interruptor de control del disyuntor. El operador del interruptor de control es responsable de asegurar que el interruptor esté cerrado con la menor diferencia de ángulo de fase entre los dos sistemas. El operador normalmente se basa en un alcance de sincronización para estimar la instancia correcta de cierre. El relé también se puede configurar para identificar si las condiciones del sistema están activas o muertas. Se puede configurar un relé digital para conectar los sistemas si se permite cualquier combinación de condiciones de vivo-muerto entre los sistemas que se van a conectar.

El relé de sincronización automática emitirá un comando de cierre solo cuando se cumplan todos los parámetros de sincronización para la diferencia de voltaje (Δ V), diferencia de ángulo de fase (Δ∂), o frecuencia diferencia Δ F). El relé emitirá un comando de cierre basado en las condiciones de vivo-muerto y el punto en el que los sistemas alcanzarán poca o ninguna diferencia angular. El relé emitirá el comando de cierre antes de este punto, teniendo en cuenta la velocidad a la que se mueven los sistemas entre sí y el tiempo de funcionamiento del interruptor automático. El relé de sincronización debe ser supervisado por un relé de verificación de sincronización para proporcionar una condición de dos de dos para la conexión del sistema. Los relés de sincronización de doble canal proporcionan seguridad adicional, donde el relé se divide en dos relés separados que realizan la misma funcionalidad de sincronización utilizando diferentes métodos de cálculo. Este tipo de relé es muy recomendable en máquinas grandes para proporcionar la seguridad y repetibilidad requeridas.

El relé de sincronización automática proporciona señales de jogging al sistema de control de excitación (para aumentar o disminuir el voltaje de la máquina) y al control del gobernador de la máquina (para aumentar o disminuir la velocidad de la máquina). El relé empuja automáticamente la máquina a su posición para un cierre seguro y repetible sin ningún error humano.

Punto clave O y MCost

El relé de sincronización automática proporciona señales de jogging al sistema de control de excitación (para aumentar o disminuir el voltaje de la máquina) y al control del gobernador de la máquina (para aumentar o disminuir la velocidad de la máquina). El relé empuja automáticamente la máquina a su posición para un cierre seguro y repetible sin ningún error humano.

La Figura 4-1 muestra la estructura de aplicación básica de los relés de comprobación de sincronización o sincronización modernos.

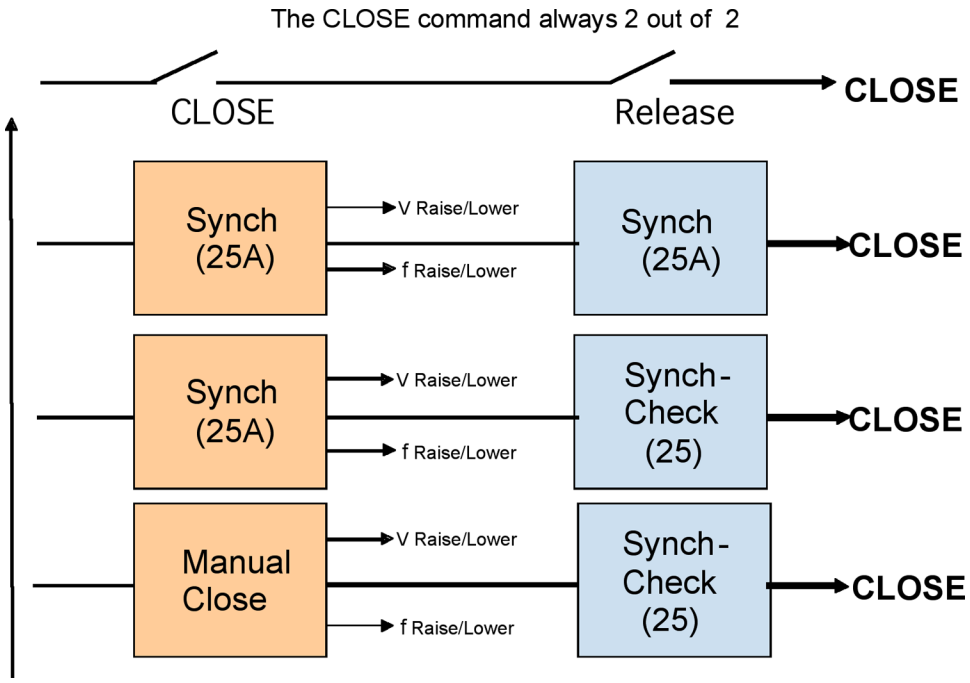


Figura 4-1
Estructura básica: sincronización o relé de verificación de sincronización

4.3 Protección contra subtensión (27)

4.3.1 Aplicaciones

La función de protección de subtensión detecta colapsos de voltaje en líneas de transmisión y máquinas eléctricas. Si no se detectan y se eliminan del sistema, las condiciones de subtensión persistentes pueden causar problemas de funcionamiento, daños al equipo del cliente y una posible pérdida de estabilidad.

4.3.1.1 Protección contra subtensión de motor y bus

Los relés de subtensión protegen los motores de inducción y los grandes motores síncronos contra tensiones bajas. En el arranque, los voltajes bajos pueden impedir que un motor alcance la velocidad nominal. Las condiciones de bajo voltaje también pueden hacer que un motor en funcionamiento pierda velocidad y consuma cantidades excesivas de corriente. Los motores deben desconectarse si se someten a condiciones severas de subtensión durante más de unos pocos segundos. Los disparos por subtensión de los motores generalmente incluyen algún retardo. Las condiciones momentáneas de subtensión no dañan los motores y no requieren acción protectora. Sin embargo, una condición de subtensión transitoria excesiva o una pérdida de potencia pueden hacer que el motor se detenga, lo que podría dañarlo.

Los relés de tiempo de subtensión se configuran para desconectarse cuando el voltaje cae por debajo del voltaje transitorio mínimo esperado para el bus (generalmente 75–80%). La capacidad de un motor para volver a acelerar bajo carga también es una consideración para determinar el punto de ajuste de caída. Los relés dispararán el motor después de un

retraso de tiempo corto. Una sobrecarga del motor resultante de una condición de subvoltaje eventualmente hará que se activen los relés de tiempo de sobrecorriente del motor; sin embargo, un relé de bajo voltaje puede detectar y responder a la condición indeseable mucho antes, minimizando así la posibilidad de daño al motor.

Una segunda función que realizan los relés de subtensión es desconectar los motores de un bus desenergizado para evitar que se reinicien automáticamente cuando la energía regresa al bus. La avalancha acumulada causada por varios motores que intentan arrancar a la vez puede sobrecargar el autobús, posiblemente haciendo que el autobús vuelva a dispararse por sobrecorriente o subtensión.

Además de la protección de subtensión transitoria y de pérdida de potencia, las plantas nucleares también deben protegerse contra una condición de subtensión sostenida (voltaje de red degradado) que está por encima de los puntos de ajuste del relé de subtensión transitoria. Una tensión de red degradada en las centrales nucleares es motivo de preocupación por las dos razones siguientes:

- Una condición de bajo voltaje en los buses de voltaje medio resultará en una condición de bajo voltaje similar en los buses y paneles de distribución de 480 voltios y 120 voltios. Esta condición puede resultar en un voltaje demasiado bajo para garantizar el funcionamiento adecuado de los equipos relacionados con la seguridad de 480 voltios y 120 voltios.

- Los motores relacionados con la seguridad pueden estar sujetos a una condición de sobrecarga debido al voltaje degradado (un motor bajo una carga constante consumirá más corriente cuando disminuya el voltaje). Si se permite que persista, una condición de sobrecorriente puede deteriorar el aislamiento de un motor, posiblemente afectando su vida útil.

Para protegerse contra una condición de red degradada, las plantas nucleares tienen relés de subtensión de tiempo adicionales configurados para actuar aproximadamente al 90%. Si la condición de la red degradada dura un período de tiempo específico, generalmente un minuto o menos, los motores relacionados con la seguridad se disparan y se inicia una transferencia a los generadores diésel de emergencia (EDG) para el sistema de distribución eléctrica de Clase 1E.

4.3.1.2 Esquema de transferencia de fuente

Los relés de bajo voltaje se utilizan para transferir cargas de una fuente de energía normal a una fuente de energía de respaldo o de emergencia ante una pérdida de energía normal. La aplicación más crítica en las plantas nucleares es el esquema de transferencia de subtensión para el sistema de distribución de Clase 1E. Al detectar una condición inaceptable, los relés de subtensión inician una transferencia ordenada de cargas relacionadas con la seguridad a los EDG de la planta. Este esquema de transferencia es bastante elaborado e implica el aislamiento del sistema de Clase 1E de la energía externa, el arranque automático de los EDG, el disparo de motores grandes y la secuencia automática para reiniciar el equipo vital.

4.3.1.3 Funciones permisivas

Los relés de subtensión instantáneos se utilizan para bloquear ciertas acciones cuando el voltaje está por debajo del ajuste de caída. Por ejemplo, es posible que un inversor no permita la transferencia a una fuente alternativa si el voltaje de la fuente alternativa es inadecuado. Las funciones de subtensión también se utilizan en aplicaciones de reconexión y deslastre de carga por baja frecuencia.

4.3.2 Principios de funcionamiento

Los relés de microprocesador implementan la función 27 midiendo la magnitud y el ángulo de los voltajes de entrada analógica y convirtiéndolos en valores numéricos que pueden manipularse aritméticamente. Cuando se conecta a tres voltajes de fase a tierra, el relé del microprocesador es capaz de calcular los voltajes de fase a fase, así como los voltajes positivo, negativo y de secuencia cero.

Punto clave del desempeño humano

Cuando se conecta a tres voltajes de fase a tierra, el relé del microprocesador es capaz de calcular los voltajes de fase a fase, así como los voltajes positivo, negativo y de secuencia cero.

En algunos relés, la entrada de voltaje trifásico del relé es flexible y puede conectarse a tres voltajes de fase a tierra (VAN, VBN y VCN) o a dos voltajes de fase a fase (VAB y VBC). Pueden estar disponibles entradas monofásicas adicionales. Esta entrada de voltaje monofásico puede
estar conectado para medir el voltaje de desplazamiento ($V_{NORTE)}$ o cualquier voltaje de fase a tierra o voltaje de fase a fase.

Se debe configurar un ajuste de relé para cada entrada de voltaje flexible para informar al relé del tipo de conexión aplicada.

En aplicaciones donde la entrada de voltaje puede incluir armónicos, es imperativo que los valores numéricos suministrados al procesador matemático incluyan solo la frecuencia fundamental. Esto se logra mediante filtros analógicos o digitales.

La figura 4-2 muestra la lógica de una función típica basada en microprocesador. La protección de subtensión consta de dos elementos de tiempo definido (27-2 y 27-1) para permitir múltiples etapas de disparo coordinado en el tiempo dependiendo de la severidad del colapso de voltaje. Cuando el voltaje medido cae por debajo del punto de ajuste, el elemento lógico captado 27 reafirma e inicia su temporizador asociado. El usuario puede establecer la proporción de activación / desactivación del elemento 27. Los umbrales de voltaje y los retardos de tiempo se pueden configurar individualmente para ambos elementos. Se puede configurar un disparo instantáneo por subtensión configurando el temporizador de retardo asociado a un valor de cero.

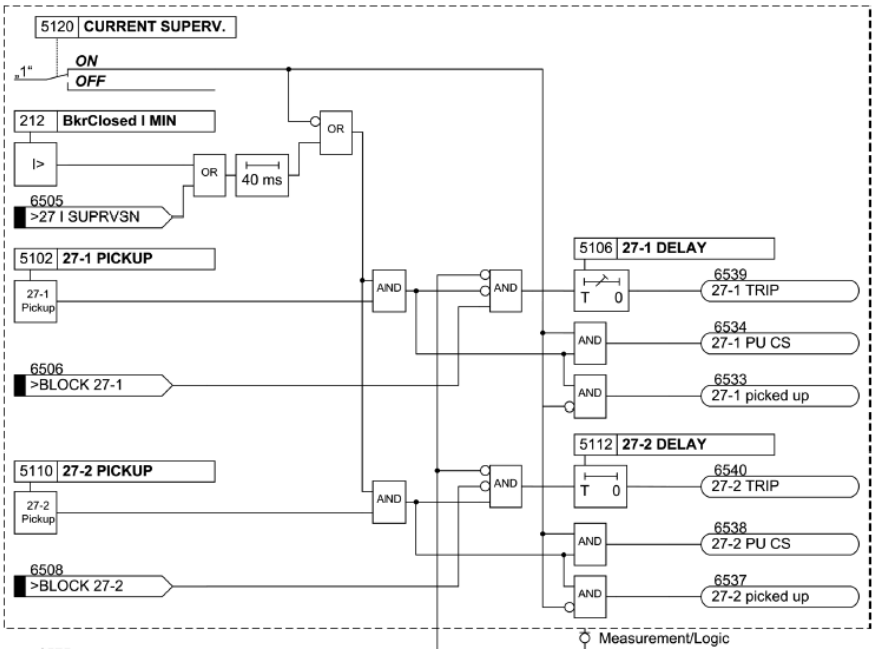


Figura 4-2
Lógica de subtensión (27)

Algunos modelos de relés de microprocesador modernos tienen funciones de controlador lógico programable integradas. En estos relés, los valores de voltaje están disponibles para la lógica de medición que permite al usuario desarrollar aplicaciones lógicas personalizadas utilizando la función 27 con cualquier combinación de puertas y salidas lógicas.

Punto técnico clave

Algunos modelos de relés de microprocesador modernos tienen funciones de controlador lógico programable integradas. En estos relés, los valores de voltaje están disponibles para la lógica de medición que permite al usuario desarrollar aplicaciones lógicas personalizadas.

Para garantizar que la protección no se active accidentalmente debido a una falla de voltaje secundario, cada etapa puede bloquearse individualmente o ambas etapas pueden bloquearse en común a través de entradas binarias, es decir, mediante un interruptor de circuito en miniatura de transformador de voltaje (mcb). Además de esto, un monitor de falla de fusible integrado bloquea ambas 27 etapas (vea la Figura 4-2).

Cuando se energiza por primera vez, la protección contra subtensión debe pasar de un estado de voltaje cero a voltaje nominal. Se debe evitar que los elementos de subtensión se disparen durante esta transición. Por este motivo, se recomienda que la entrada de bloqueo de la protección de subtensión se active a través del auxiliar del interruptor y que la función de protección se bloquee de esta manera después de un disparo de protección.

4.4 Protección de potencia direccional (32F, 32R)

4.4.1 Aplicaciones

Un relé de potencia direccional se describe generalmente en las normas ANSI / IEEE como un relé que funciona con un valor predeterminado de flujo de potencia en una dirección determinada ". Un ejemplo es el flujo de potencia inverso que resulta del motor de un generador tras la pérdida de su motor principal. Es una práctica común separar la dirección de avance de la dirección de retroceso con la letra mayúscula F indicando avance y R indicando retroceso. Esta función ANSI ahora se integra comúnmente en la oferta básica de relés de protección de generador multifuncionales numéricos. Antes de los relés de microprocesador multifuncionales, esta función era una función independiente en un dispositivo separado montado con otras funciones de protección en la puerta del panel de control del generador.

Las unidades direccionales no se suelen aplicar solas, sino en combinación con sensores o detectores de fallas. La detección direccional se basa en la polaridad del relé. Los relés que involucran la interacción entre dos cantidades de entrada del sistema de energía pueden requerir una indicación de polaridad para funcionar correctamente. En la actualidad, no existen estándares en esta área. Debido a que la polaridad es importante, los fabricantes de relés deben especificar las marcas de polaridad y documentar claramente su significado para las conexiones adecuadas. Los relés que detectan la dirección del flujo de energía en una ubicación específica y, por lo tanto, indican la dirección de la falla, proporcionan un buen ejemplo práctico de la polaridad del relé.

Las plantas industriales que normalmente operan con generadores en el sitio en paralelo a un suministro de energía pueden incluir un relé de potencia inversa en el alimentador de la red para detectar cuando los generadores en el sitio están suministrando energía al sistema de energía de la red. Muchas veces las obligaciones contractuales requieren que la función 32 detecte esta condición y aísle la generación que no es de servicios públicos del sistema de servicios públicos (consulte IEEE 1547 con respecto a la generación de servicios que no son servicios públicos).

4.4.1.1 Control de flujo de energía de la fuente

El control del flujo de energía de la fuente cae en la aplicación de la generación de energía. Un relé de potencia (32) es un tipo de protección que puede ser necesario para detectar un flujo de potencia anormal, especialmente si los generadores van a funcionar en paralelo con la red. Los elementos de relé de potencia generalmente usan cantidades de voltaje y corriente que están esencialmente en fase para detectar potencia real o vatios. Estas cantidades son estables y no varían mucho durante los pocos ciclos en los que existe una condición de falla. Debido a que requieren vatios (un valor calculado) para que funcionen, no son un medio muy rápido de detección de fallas.

Punto técnico clave

Los elementos de relé de potencia generalmente usan cantidades de voltaje y corriente que están esencialmente en fase para detectar potencia real o vatios. Debido a que requieren vatios (un valor calculado) para que funcionen, no son un medio muy rápido de detección de fallas.

4.4.1.2 Anti-motorización del generador

Los relés de potencia direccionales se utilizan para proporcionar protección anti-motor para generadores síncronos. El motor del generador se produce cuando el motor principal pierde su fuente de energía, pero el generador permanece conectado al sistema de energía. El relé detecta el flujo de energía en la dirección inversa (es decir, el flujo de energía real hacia el generador en lugar de salir del generador). Al detectar el flujo de potencia inverso, el relé dispara el generador y el motor primario (turbina, motor diesel o motor de gas). Se debe prestar especial atención al tipo de conexión a tierra en esta aplicación. Aunque esté desconectado, el generador en estado de parada seguirá alimentando una falla a tierra y puede destruir el generador.

4.4.1.3 Flujo de potencia inverso

La protección de potencia inversa es en realidad para el motor principal y no para el generador. Cuando la energía fluye hacia el generador, el generador extrae energía real del sistema y se convierte efectivamente en un motor que intenta impulsar el motor principal. Esta condición de funcionamiento puede dañar gravemente la turbina de vapor y los motores primarios del motor. El motor del generador hace que las turbinas de vapor se sobrecalienten debido a un enfriamiento de vapor inadecuado. Los generadores de motores pueden sufrir tensiones mecánicas e incluso pueden incendiarse en condiciones severas de potencia inversa.

Algunos esquemas de protección para grandes subestaciones de transmisión incluyen relés de potencia inversa para detectar fallas de línea a tierra en el lado primario de los transformadores de la subestación. Una falla en el transformador del lado primario que se encuentra dentro del dispositivo de aislamiento aguas arriba hará que el dispositivo aguas arriba se abra, pero no aislará el transformador en el lado secundario. El relé de potencia inversa se activa cuando el transformador se energiza desde el lado secundario y la potencia fluye de regreso a través del transformador hacia la falla. Este relé se vuelve crítico para este tipo de aplicación.

4.4.2 Principios de funcionamiento

Los relés de potencia direccionales funcionan de manera similar a los medidores de vatios-hora. La potencia detectada por el relé es función de la magnitud del voltaje, la magnitud de la corriente y el ángulo de fase. El algoritmo de relé numérico emula el modelo físico de un relé de potencia direccional de disco de inducción electromecánico. Las características operativas típicas de un relé de potencia direccional se muestran en la Figura 4-3.

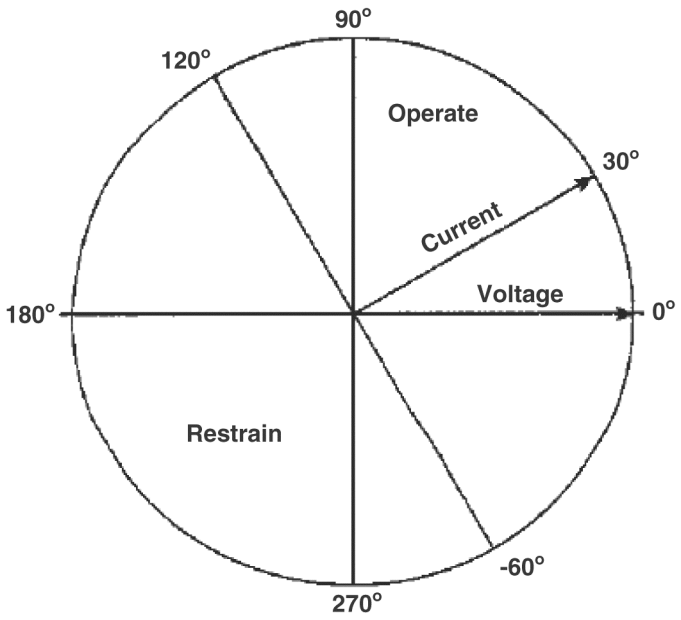


Figura 4-3
Características de funcionamiento del relé de potencia direccional

El ángulo de fase entre el voltaje y la corriente al que el relé es más sensible se denomina ángulo de par máximo. En este ángulo, se necesita la menor cantidad de corriente para recoger el relé. Para la unidad que se muestra en la Figura 4-3, el ángulo de par máximo es de 30 ° (voltaje principal actual). Cuando el ángulo de fase está entre 120 ° y -60 °, la unidad funcionará si la potencia medida total está por encima del valor de activación establecido. Cuando el ángulo de fase está fuera del rango de operación, las bobinas ejercerán una fuerza de restricción sobre el disco. La restricción máxima se producirá en un ángulo de fase de 180 ° desde el ángulo de par máximo. Los ángulos en los que el relé pasa de operar a restricción se denominan ángulos de par cero porque no se aplica par al relé en la dirección de operación o restricción.

Cuando se necesita una detección muy sensible, se utiliza una unidad de cilindro de inducción en lugar de una unidad de disco de inducción para detectar la dirección del flujo de energía. Los principios de funcionamiento de este tipo de unidad son los mismos que los descritos anteriormente. Sin embargo, el cilindro de inducción sensible se utiliza para controlar una unidad de disco de inducción. La unidad de disco de inducción proporciona un medio para obtener una respuesta de retardo de tiempo. La tensión del sistema se utiliza para proporcionar la fuerza motriz de la unidad de disco de inducción.

4.5 Protección contra subcorriente (37)

4.5.1 Aplicaciones

Esta función se puede utilizar para una variedad de tareas de protección y supervisión. Puede servir, por ejemplo, como supervisión de pérdida de carga o para reconocer líneas desconectadas o interrumpidas.

En una aplicación de banco de capacitores cuando se desea un reenganche automático, el elemento de subcorriente se puede usar para detectar si la corriente del banco de capacitores cae por debajo de cierto punto de ajuste antes de permitir el reenganche. De esta manera, el relé se puede utilizar para evitar que el banco de condensadores sufra tensiones y daños debido al reenganche antes de que las unidades de condensadores hayan tenido tiempo suficiente para descargarse.

4.5.2 Principios de funcionamiento

Las corrientes trifásicas se filtran numéricamente de modo que solo se utilice la onda fundamental de las corrientes para la medición. Cuando una de las corrientes de fase se encuentra por debajo del umbral establecido, se inicia el tiempo de retardo y luego se emite una señal de salida.

El diagrama lógico de la supervisión de subcorriente se ilustra en la Figura 4-4.

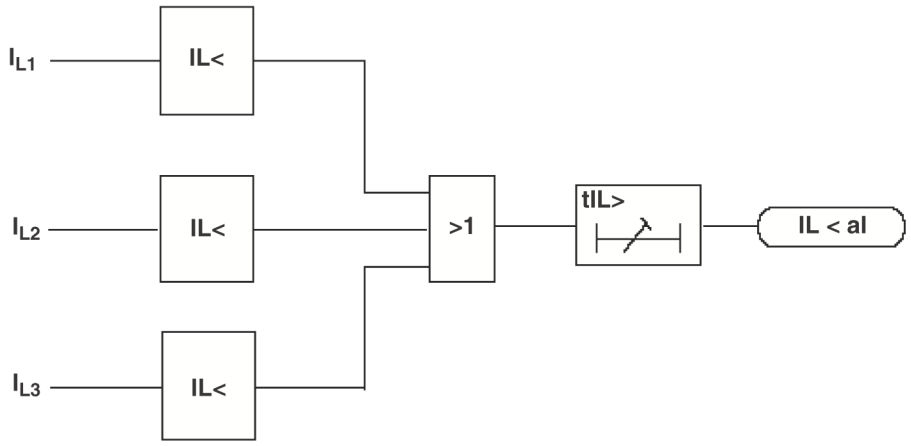


Figura 4-4
Lógica de protección de subcorriente

4.6 Pérdida de excitación (40)

4.6.1 Aplicaciones

Los relés de pérdida de excitación (o campo) se utilizan para proteger generadores y, en algunos casos, motores síncronos de gran tamaño. Cada máquina puede funcionar dentro de ciertos límites de potencia activa y reactiva. Si el sistema de excitación falla o la máquina se opera fuera de sus especificaciones, el generador síncrono tiende a operar como un generador de inducción. En estas condiciones, el generador obtiene su excitación del sistema. Esta situación causa dos problemas importantes: el rotor se sobrecalienta debido a la corriente inducida y la potencia reactiva que fluye del sistema al generador puede causar una inestabilidad severa del sistema. La Figura 4-5 muestra un diagrama de capacidad de una máquina típica. El sistema de excitación de la máquina se utiliza para operar la máquina dentro de estos límites.

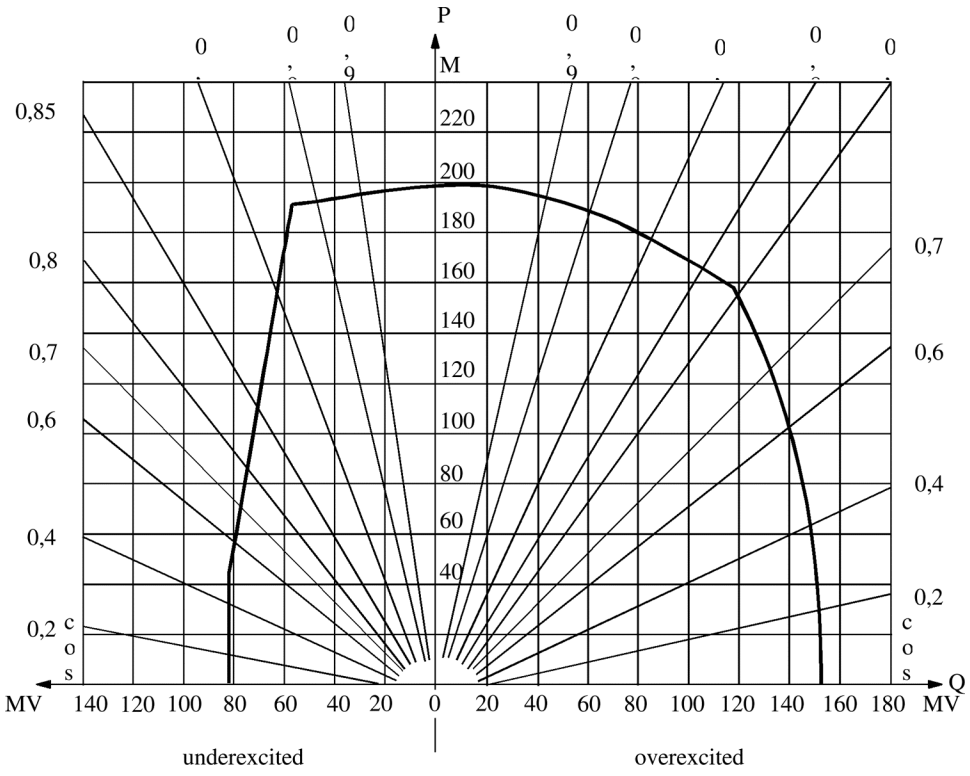


Figura 4-5
Diagrama típico de capacidad de la máquina

4.6.2 Principios de funcionamiento

Los relés digitales utilizan varios métodos para determinar la excitación en una máquina. Históricamente, se utilizó un relé de impedancia con un círculo Mho basado en las capacidades de los relés electromecánicos. Muchos relés digitales modernos han adoptado el mismo principio. Un relé de pérdida de excitación no es más que un relé de distancia de tipo Mho con sus características de funcionamiento modificadas para detectar una relación voltaje-corriente indicativa de una pérdida de excitación. El círculo Mho para una pérdida de relé de campo se muestra en la Figura 4-6. Durante la operación normal, un generador exhibe una impedancia reactiva general y opera en el primer cuadrante del diagrama RX. Cuando se pierde la excitación, la impedancia medida rota al cuarto cuadrante como se muestra en la Figura 4-6. Sin embargo, algunos relés digitales invierten la medición de impedancia al plano de admitancia. El plano de admisión se parece mucho al diagrama de capacidad de la máquina. Por lo tanto, este tipo de relé se puede utilizar para supervisar de cerca el funcionamiento del sistema de excitación de la máquina, como se muestra en la Figura 4-5.

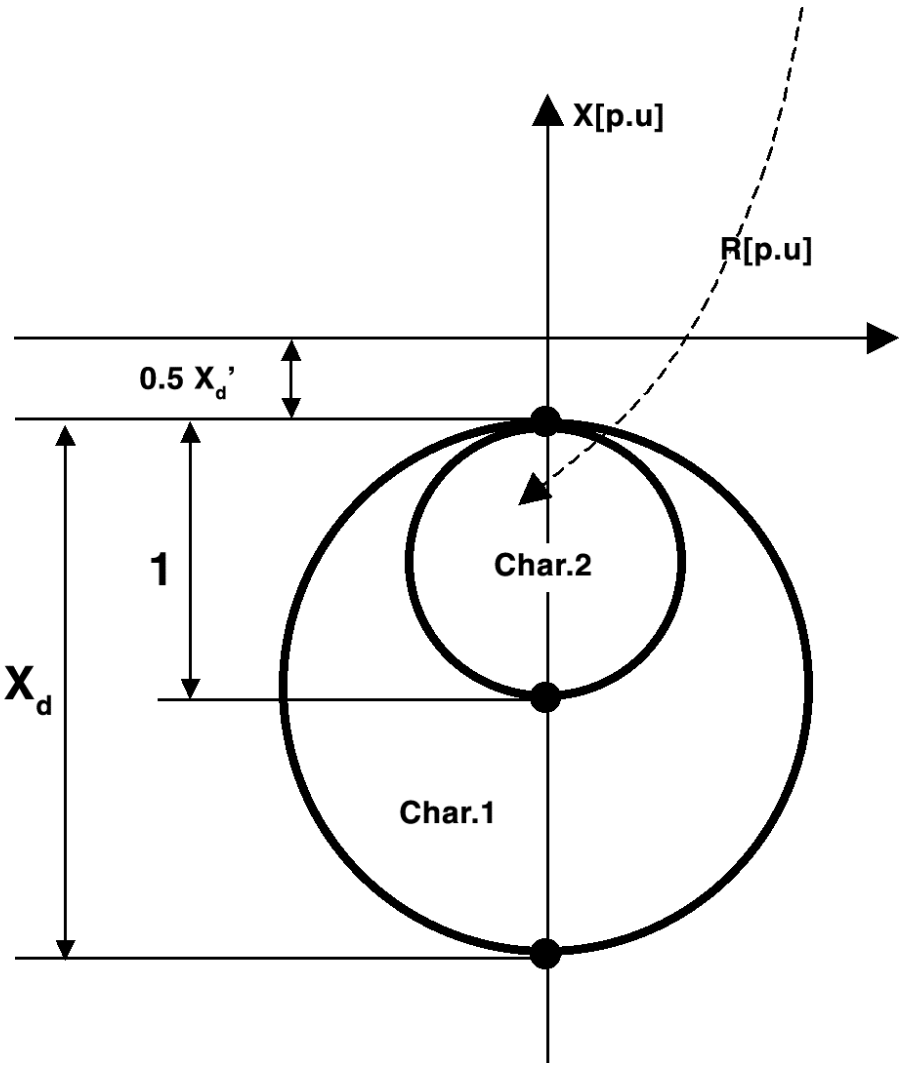


Figura 4-6
Característica Mho - Pérdida de campo

4.7 Protección de corriente de desequilibrio de fase (46)

4.7.1 Aplicaciones

La protección de desequilibrio de fase brinda protección a motores, generadores y alimentadores en caso de pérdida de fusible o conductor o del desequilibrio de voltaje que a su vez crea desequilibrio de corriente. La protección de secuencia negativa también puede detectar y operar para una condición de secuencia de fase inversa (secuencia 100% negativa).

Los motores y generadores expuestos a corriente de secuencia negativa producen corrientes de 120 Hz (dos veces la frecuencia fundamental) que circulan dentro del rotor y calientan el rotor.

Cada equipo tiene valores nominales específicos más allá de los cuales el equipo no puede manejar la corriente de desequilibrio o secuencia negativa. El relé de desequilibrio o secuencia negativa se utiliza para proteger el equipo de estas condiciones. En algunas aplicaciones, los transformadores están protegidos por fusibles. En el caso de una falla a tierra de una sola línea, solo se abre un fusible, lo que permite la entrada de corriente de secuencia negativa al transformador. Esto puede evitarse utilizando un relé de microprocesador que tenga la protección de corriente de desequilibrio o secuencia negativa.

4.7.1.1 Protección del motor

Los motores o alimentadores de motor generalmente experimentan pérdida de fusible o pérdida de conductor. El desequilibrio de voltaje también introduce una corriente de desequilibrio en el devanado del motor. Si el motor está equipado solo con protección contra sobrecorriente, entonces la fase única (pérdida de fusible o pérdida de conductor) en el terminal del motor lleva una de las corrientes de fase a cero y deja las otras dos para detectar la protección contra sobrecorriente. Si el motor se alimenta desde el transformador, y si el alimentador del lado de la fuente del transformador experimenta una fase única, la corriente en el secundario del transformador no será cero; sin embargo, las corrientes seguirán estando desequilibradas. Muchos motores de alto voltaje son vulnerables a estas corrientes desequilibradas y pueden sufrir daños graves aunque las corrientes del estator sean pequeñas. Se debe proporcionar protección de secuencia negativa en caso de circuitos abiertos causados por fusibles primarios quemados, conductores abiertos en las líneas de distribución aéreas o interruptores de desconexión que pueden no cerrar correctamente en las tres fases. Siempre se debe proporcionar protección de secuencia negativa para motores grandes.

4.7.1.2 Protección del generador

La condición del sistema de energía desequilibrada produce voltajes del generador desequilibrados. La corriente desequilibrada resultante induce las corrientes de frecuencia del sistema doble que rápidamente provocan el sobrecalentamiento del rotor. La capacidad de un generador para soportar estas corrientes de secuencia negativa se define por ANSI C50.13 como $I_2^2 t = k$, donde la corriente de secuencia negativa se expresa en por unidad de corriente a plena carga y el tiempo se indica en segundos (consulte la Figura 4-7).

La protección ofrecida por el relé debe configurarse para que coincida con la $I_2^2 t$ límite del generador protegido.

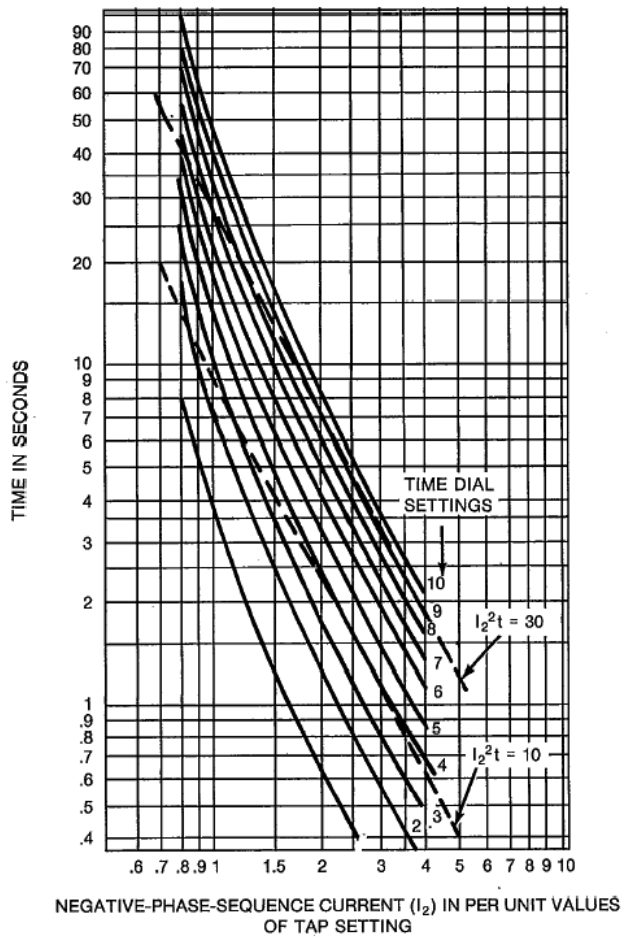


Figura 4-7
Curva de tiempo actual de secuencia de fase negativa

4.7.1.3 Protección del alimentador

Los alimentadores (líneas y cables) también pueden protegerse mediante protección de desequilibrio o secuencia negativa. Este tipo de protección proporciona una mejor sensibilidad para la coordinación. La magnitud de la corriente de secuencia negativa en condiciones de falla de desequilibrio es mayor que la magnitud de la corriente de secuencia positiva. Se recomienda la protección de secuencia negativa para alimentadores de transformadores, alimentadores de motor y cualquier otro alimentador de carga grande.

4.7.2 Principios de funcionamiento

4.7.2.1 Protección de corriente de desequilibrio

La protección de corriente de desequilibrio se proporciona comparando los valores de las corrientes de dos fases. Si la diferencia de magnitud de fase entre dos fases es mayor que el valor establecido, la protección se activa como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Ia-Ib \text{ o } Ib-Ic \text{ o } Ic-Ia > I_{\text{el desequilibrio}} \text{ ajuste})$$

4.7.2.2 Protección de corriente de secuencia negativa

La protección de corriente de secuencia negativa en un relé de microprocesador utiliza la siguiente fórmula matemática de componente simétrico para calcular la corriente de secuencia negativa:

$$yo_2 = Ia + a_2\, Ib + aIc$$

4.8 Protección de voltaje de secuencia de fase (47)

4.8.1 Aplicación

Las conexiones incorrectas del transformador de potencial (PT) durante la puesta en servicio y la falla de los interruptores de inversión de fase en las centrales eléctricas pueden dañar los motores y generadores. Estos problemas también pueden promover el mal funcionamiento de varias funciones en relés de protección multifuncionales como distancia, sobrecorriente direccional y protección de potencia, así como la medición de potencia que depende de la tensión positiva para el cálculo.

El intercambio de fases impacta directamente en el cálculo de las cantidades de secuencia positiva y negativa y los voltajes de fase a fase a través de la resta de un voltaje de fase a tierra de otro. Asegurar la secuencia de fase adecuada es vital para que los mensajes de detección de fase, los valores de falla y los valores de medición de funcionamiento no se falsifiquen.

Si la rotación de fase se invierte durante la operación (es decir, en una central de bombeo, la transición de la operación de generador a la operación de bombeo se realiza cambiando la rotación de fase), entonces se emite una señal de inversión en la entrada, enmascarada para este propósito. suficiente para informar a los relés de protección modernos de la inversión de secuencia de fase.

4.8.2 Principios de funcionamiento

Para detectar conexiones de fase intercambiada en los circuitos de entrada de voltaje, la secuencia de fase de los voltajes medidos de fase a fase es verificada por la función de monitoreo de voltaje o la protección de voltaje de secuencia de fase.

La medición de dirección con voltajes de polarización cruzada, la selección de ruta para la protección de impedancia y la detección de carga de desequilibrio asumen una secuencia de fase establecida en los datos del sistema de energía. Este grupo contiene ciertos parámetros que son comunes a todas las funciones.

En los relés numéricos modernos, un cambio de rotación de fase se puede informar a través de una entrada binaria. Cuando se detecta la nueva condición, se realiza un cambio de rotación de fase para el opuesto del parámetro en los datos del sistema de energía, asegurando así que todas las funciones de protección y monitoreo operen correctamente cuando se invierte la rotación de fase.

Para aplicaciones donde la rotación de fase de las cantidades medidas es en el sentido de las agujas del reloj, la secuencia de fase de la tensión de fase a tierra se verifica asegurando lo siguiente: V_{L1} lleva V_{L2} Guías
$V_{L3.}$

Para aplicaciones donde la rotación de fase de las cantidades medidas es en sentido antihorario, el
La secuencia de fase de la tensión de fase a tierra se verifica asegurando lo siguiente: V_{L3} lleva V_{L2} lleva $V_{L1.}$

La verificación de la rotación de voltaje ocurre cuando cada voltaje medido es al menos como se muestra en la siguiente ecuación:

$$| V_{L1} |, | V_{L2} |, | V_{L3} | > 40\ V / \sqrt{3}$$

Si se cambia la secuencia de fase en el relé, las fases L2 y L3 internas del relé se invierten y, por lo tanto, se intercambian las corrientes de secuencia positiva y negativa.

4.9 Protección de arranque del motor

4.9.1 Aplicación

Cuando el relé digital se usa para proteger un motor, la función de monitoreo del tiempo de arranque complementa la protección de sobrecarga. El monitoreo del tiempo de arranque protege el motor contra el daño potencial que podría resultar de un arranque frecuente o de una duración prolongada de arranque. En particular, los motores de alto voltaje críticos para el rotor se pueden calentar rápidamente por encima de sus límites térmicos cuando ocurren múltiples intentos de arranque en un período corto de tiempo.

Punto técnico clave

Cuando el relé digital se usa para proteger un motor, la función de monitoreo del tiempo de arranque complementa la protección de sobrecarga. El monitoreo del tiempo de arranque protege el motor contra el daño potencial que podría resultar de un arranque frecuente o de una duración prolongada de arranque.

4.9.2 Principios de funcionamiento

Los relés digitales utilizan varios métodos para determinar los límites térmicos de arranque de una máquina. Normalmente, el relé calculará la acumulación de calor térmico en función de la corriente medida. Y yo$_2$ t se utiliza el cálculo en la mayoría de los casos. El relé digital también usará un factor basado en la cantidad de acero en la máquina para ver qué tan rápido la máquina acumulará calor debido al flujo de corriente de arranque y también cuánto tiempo tardará la máquina en enfriarse. El fabricante de la máquina normalmente proporciona estos factores.

Los relés digitales también proporcionarán la capacidad de contar el número de arranques durante un período establecido o el tiempo que se permite entre los intentos de arranque. Un relé digital calculará los arranques basándose en la corriente medida saltando de cero a un valor de al menos 10-15% de la corriente de carga completa de la máquina. El relé generalmente aplicará un disparo al contactor o al disyuntor de la máquina si se ha excedido el número de arranques o el tiempo entre arranques. El relé se reiniciará solo después de un período de tiempo predeterminado. Si el relé se dispara debido a la acumulación de calor térmico calculado, el relé aplicará un disparo y se reiniciará solo cuando el relé haya calculado un tiempo suficiente para que el motor se enfríe lo suficiente como para permitir un nuevo arranque. La Figura 4-8 muestra la característica de arranque típica de un motor de inducción.

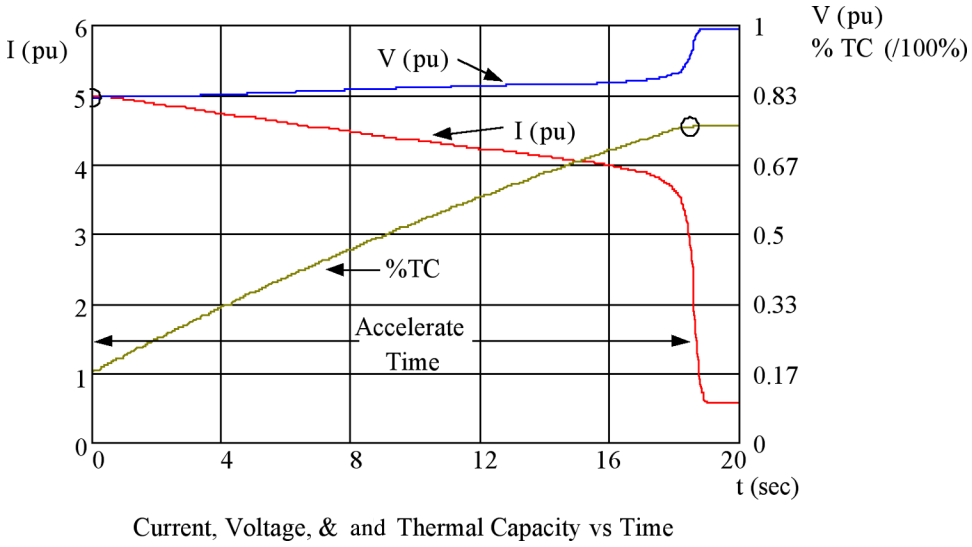


Figura 4-8
Característica de arranque típica de un motor de inducción

4.10 Relés térmicos (49)

4.10.1 Aplicaciones

La protección térmica evita daños a los equipos causados por sobrecargas térmicas, en particular transformadores de potencia, máquinas rotativas, reactores de potencia y cables.

4.10.1.1 Protección del motor

Los relés térmicos o las sobrecargas térmicas se utilizan junto con los relés de tiempo / sobrecorriente para proteger los motores grandes durante toda su curva de límite térmico. Las sobrecargas térmicas controlan la temperatura del estator y proporcionan una buena detección de sobrecarga a largo plazo. Sin embargo, rara vez se confía en ellos para proteger contra un calentamiento excesivo del rotor o condiciones de rotor bloqueado. La transferencia de calor del rotor al estator no es lo suficientemente rápida como para proporcionar un nivel razonable de protección contra temperaturas excesivas del rotor.

Las sobrecargas térmicas brindan protección contra sobrecargas de ligeras a medias que no presentan un problema agudo que requiera una acción inmediata. Por esta razón, las sobrecargas a menudo se configuran para iniciar una alarma en lugar de un disparo. La decisión de activar la alarma o disparar es un compromiso de diseño entre la continuidad operativa y la protección del motor. El enfoque más frecuente es alertar sobre la condición de sobrecarga y dar a los operadores la oportunidad de corregir el problema.

Debido a la diversidad y precisión disponibles con los relés de sobrecorriente, es cada vez más común ver una combinación de relés de sobrecorriente de tiempo utilizados para proporcionar protección contra sobrecargas en lugar de unidades térmicas.

4.10.1.2 Protección del transformador

La protección contra sobrecargas térmicas se utiliza en transformadores medianos y grandes para detectar el sobrecalentamiento que puede dañar el aislamiento y acortar la vida útil del transformador. De manera similar a la protección térmica del motor, los relés se utilizan a menudo para alarmas solo para dar tiempo a los operadores para corregir el problema. Los esquemas más elaborados pueden tener dos configuraciones: una para alarma y otra para disparo. Los relés de microprocesador con funciones de controlador lógico integradas pueden utilizar los datos recopilados por la protección térmica del relé para controlar bombas y ventiladores a través de la lógica definida por el usuario y la matriz de salida.

Punto técnico clave

Los relés de microprocesador con funciones de controlador lógico integradas pueden utilizar los datos recopilados por la protección térmica del relé para controlar bombas y ventiladores a través de la lógica definida por el usuario y la matriz de salida.

4.10.1.3 Protección del generador

La protección de sobrecarga térmica se puede utilizar para proteger a los generadores de condiciones de sobrecalentamiento de una manera similar a la que se describe para los motores.

4.10.2 Principios de funcionamiento

La protección térmica de un relé de transformador típico basado en microprocesador ofrece dos métodos de detección de sobrecarga:

- Cálculo de sobrecarga mediante una réplica térmica según I^2t cálculo
- Cálculo de la temperatura del punto caliente y determinación del envejecimiento del dispositivo protegido

4.10.2.1 Protección contra sobrecarga mediante una réplica térmica

La protección de sobrecarga térmica del relé de microprocesador que utiliza una réplica térmica se puede conectar a los circuitos de corriente en cualquier lado del equipo protegido (es decir, generador, motor o transformador). Debido a que la causa de la sobrecarga normalmente se encuentra fuera del equipo protegido, la corriente de sobrecarga es una corriente de flujo continuo (consulte la Figura 4-9).

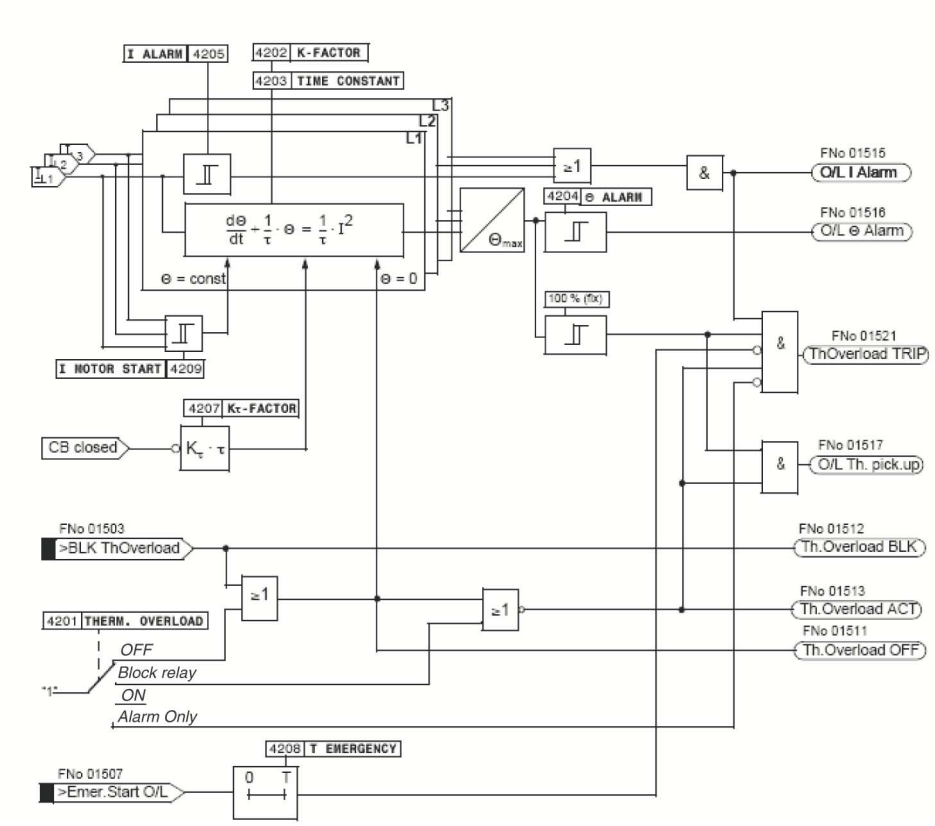


Figura 4-9
Lógica de protección térmica (49)

El relé del microprocesador utiliza la corriente medida y los datos de la constante de tiempo térmica suministrados con el equipo protegido para calcular el aumento de temperatura según un modelo térmico.

Punto clave del desempeño humano

El relé del microprocesador utiliza la corriente medida y los datos de la constante de tiempo térmica suministrados con el equipo protegido para calcular el aumento de temperatura según un modelo térmico.

Se da un ejemplo de modelo térmico en la siguiente ecuación diferencial:

$$\frac{d\Theta}{dt} + \frac{1}{\tau_{th}} \cdot \Theta = \frac{1}{\tau_{th}} \cdot \left(\frac{I}{k \cdot I_{Nobj}}\right)^2$$

with Θ – actual valid temperature rise referred to the final temperature rise at maximum permissible current of the assigned side of the protected object $k \cdot I_{Nobj}$,
τ_{th} – thermal time constant for heating up of the protected object,
k – k-factor which states the maximum permissible continuous current, referred to the rated current of the assigned side of the protected object,
I – currently valid RMS current of the assigned side of the protected object,
I_{Nobj} – rated current of the assigned side of the protected object.

La solución de esta ecuación en condiciones de estado estacionario es una función e cuya asíntota muestra el aumento de temperatura final Θ • fin. Cuando el aumento de temperatura alcanza el primer umbral de temperatura configurable Θ alarma, que está por debajo del aumento de temperatura final, se emite una alarma de advertencia para permitir una reducción anticipada de la carga.

Cuando se alcanza el segundo umbral de temperatura (es decir, el aumento de temperatura final o la temperatura de disparo), el equipo protegido se desconecta de la red. Sin embargo, la protección contra sobrecargas también se puede configurar como alarma solamente. En este caso, solo se emite una alarma cuando se alcanza el aumento de temperatura final.

Las réplicas térmicas protegen las máquinas en funcionamiento, pero también se deben considerar varios casos especiales. Existe una constante de tiempo térmica diferente cuando las máquinas autoventiladas están paradas. Este caso debe ser considerado por la constante de tiempo del relé.

El arranque del motor es otro caso especial en el que el aumento de temperatura puede superar la alarma o incluso el punto de ajuste de disparo. Se pueden evitar disparos falsos en el arranque manteniendo constante el aumento de temperatura calculado mientras se detecta la corriente de arranque.

Cuando las máquinas deben ponerse en marcha por razones de emergencia, puede ser necesario permitir temperaturas de funcionamiento por encima de los puntos de ajuste de alarma y disparo durante el arranque y durante un breve período de tiempo después de que la máquina alcance la velocidad máxima. Las alarmas térmicas lógicas del relé del microprocesador y las salidas de disparo se pueden bloquear proporcionando una entrada binaria durante los arranques de emergencia. El bloqueo de la salida de alarma y disparo se puede lograr en la lógica del relé sin deshabilitar el modelo térmico.

Punto técnico clave

Las alarmas térmicas lógicas del relé del microprocesador y las salidas de disparo se pueden bloquear proporcionando una entrada binaria durante los arranques de emergencia.

4.10.2.2 Cálculo de puntos calientes y determinación de la tasa de envejecimiento

Otro método utilizado para proporcionar protección térmica implica medir la temperatura del punto caliente del equipo protegido y el aumento de temperatura causado por la carga del transformador. La temperatura del punto caliente se mide utilizando entradas RTD al relé del microprocesador. El aumento de temperatura debido a la carga se mide mediante las entradas del transformador de corriente.

El relé calcula la temperatura del punto caliente a partir de estos datos y la configuración de las propiedades características. Cuando se excede un umbral configurable (alarma de temperatura), se genera una alarma y / o un disparo.

4.11 Protección de sobreintensidad instantánea y temporal (50/51)

4.11.1 Aplicaciones

La protección de sobrecorriente instantánea (50 / 50N) y de tiempo inverso (51 / 51N) se basan en mediciones de fase selectiva de las corrientes trifásicas y la corriente de tierra en un relé numérico típico que tiene estos elementos. En los relés numéricos modernos hay disponibles múltiples características de sobrecorriente y tiempo inverso de tiempo definido. El umbral actual y el tiempo de retardo se pueden configurar dentro de una amplia gama de selecciones y proporcionan puntos de ajuste extremadamente precisos. Los relés numéricos también brindan al ingeniero de relés la capacidad de definir curvas personalizadas para aplicaciones especiales. Las curvas típicas se muestran en la Figura 4-10.

Punto clave O y MCost

En los relés numéricos modernos hay disponibles múltiples características de sobrecorriente y tiempo inverso de tiempo definido. Los relés numéricos también brindan al ingeniero de relés la capacidad de definir curvas personalizadas para aplicaciones especiales.

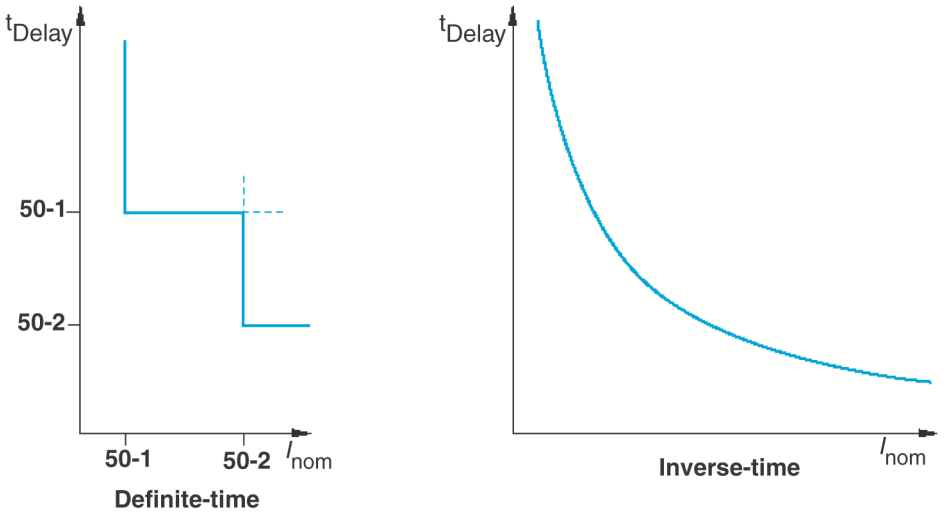


Figura 4-10
Curvas características típicas de retardo de tiempo definido y tiempo inverso

Para facilitar la coordinación del tiempo con relés electromecánicos más antiguos, se aplican las características de reinicio de acuerdo con las normas ANSI C37.112 e IEC 60255-3 / BS 142. Esto proporciona la capacidad de utilizar una característica de reinicio que emula el reinicio de discos de inducción electromecánicos más antiguos. Cuando se utiliza la característica de reinicio (emulación de disco), se inicia un proceso de reinicio después de que ha desaparecido la corriente de falla. Este proceso de reinicio corresponde al movimiento inverso de la unidad de disco de inducción. Los relés numéricos también tienen la capacidad de reiniciarse instantáneamente sin demora.

Punto técnico clave

Para facilitar la coordinación del tiempo con relés electromecánicos más antiguos, las características de reinicio brindan la capacidad de usar una característica de reinicio que emula el reinicio de discos de inducción electromecánicos más antiguos.

4.11.1.1 Protección del generador (51 V)

La protección contra sobrecorriente se utiliza como protección de respaldo contra cortocircuitos para el generador. También proporciona protección de respaldo para fallas de la red aguas abajo que no se borran y, por lo tanto, pueden poner en peligro la unidad generadora. Los relés numéricos generalmente brindan la opción de configurar elementos de relé de sobrecorriente a cada lado del generador.

La activación de sobrecorriente en los generadores debido a una sobrecarga nunca debe ocurrir porque la protección puede dispararse si se establecen tiempos de comando cortos. Por esta razón, se recomienda para los generadores un ajuste igual al 20-30% sobre la carga máxima esperada.

En los generadores donde la tensión de excitación se toma de los terminales de la máquina, las fallas graves en las zonas del generador y del transformador de la unidad pueden provocar una pérdida de la tensión de excitación. La ausencia de voltaje de excitación puede conducir a una reducción en la corriente de falla suministrada por el generador. La corriente de falla puede caer por debajo del valor de activación del relé de sobrecorriente en unos pocos segundos. Para abordar este problema, se utiliza un elemento de voltaje de secuencia positiva para controlar la sobrecorriente (51 V). Se utilizan dos métodos de supervisión de voltaje diferentes para abordar esta aplicación.

La sobrecorriente controlada por voltaje (51VC) usa un ajuste de voltaje de secuencia positiva para detectar cuando una falla en la zona protegida ha reducido el voltaje de excitación. La salida del voltaje de secuencia positiva habilita una etapa de sobrecorriente sensible adicional. La sobrecorriente de 51VC está configurada para permanecer activada por la corriente de falla más baja anticipada debido al voltaje de excitación más bajo.

Otro enfoque utiliza una sobrecorriente restringida por voltaje (51VR) que ajusta su sensibilidad según el voltaje de secuencia positiva medido. Un voltaje más bajo reduce la activación de la sobrecorriente. Con un voltaje de excitación del 100%, la captación del elemento 51VR no se ve afectada. Cuando el voltaje de excitación cae al 50% del nominal, la activación de la sobrecorriente 51VR se reduce a la mitad de la configuración de activación.

Para evitar un sobredisparo por fallas en la zona del transformador, se puede usar una entrada binaria de la protección del transformador para bloquear la función 51V. Debido a que se requieren voltajes saludables para calcular la cantidad de secuencia positiva, la detección de falla de fusible debe anular la protección de 51V.

4.11.1.2 Protección del motor

La protección contra sobrecorriente es necesaria para la protección contra cortocircuitos y es un requisito mínimo para todos los esquemas de protección de motores. La captación de sobrecorriente para motores tiene una configuración recomendada igual al 40% sobre la carga máxima esperada del motor.

4.11.1.3 Protección del transformador

Los transformadores más pequeños (típicamente <10MVA) usan elementos de sobrecorriente para protección tanto de fase como de tierra. Para transformadores de mayor clasificación, la protección contra sobrecorriente se utiliza como protección de respaldo. La captación de sobrecorriente para transformadores tiene un ajuste recomendado igual al 125–200% de la capacidad nominal del transformador.

4.11.1.4 Protección de bus

Se pueden utilizar una variedad de esquemas de protección para proteger los buses. Un esquema simple usa protección contra sobrecorriente de bus que protege en condiciones de sobrecarga. El diferencial de sobrecorriente es otro esquema que se puede utilizar para la protección de barras.

Con los relés numéricos modernos, se han introducido nuevas aplicaciones. Una de estas aplicaciones se relaciona con la protección de bus y se describe como un esquema de enclavamiento inverso. Uso de este esquema

reduce la cantidad de relés requeridos porque los relés de alimentación interactúan con los relés de origen para determinar si la falla está en el bus o si está más allá del bus, eliminando así la necesidad de protección del bus.

4.11.1.5 Protección del alimentador

Los circuitos de alimentación utilizan protección contra sobrecorriente como forma principal de protección. Un solo relé de microprocesador proporciona todos los elementos necesarios para reemplazar los relés trifásicos y el relé electromecánico de tierra que se usa normalmente para proteger el equipo conectado al alimentador. Las características estándar ANSI se utilizan al aplicar configuraciones en alimentadores.

4.11.1.6 Protección de respaldo

Los niveles de protección dependen de las filosofías de protección del cliente, las autoridades reguladoras o las autoridades regionales. Por lo general, la protección de sobreintensidad de fase se aplica a equipos de bajo voltaje y la protección de tierra se puede clasificar como protección de respaldo. En equipos más grandes, como generadores o motores grandes, tanto la protección de fase como la de tierra pueden considerarse como respaldo debido al uso de una protección de operación más rápida diseñada específicamente para proteger unidades.

4.11.2 Principios de funcionamiento

Los relés de sobrecorriente numéricos utilizan las mediciones de fase selectiva de las corrientes trifásicas y la corriente de tierra para detectar una condición de sobrecarga o falla. Pueden estar disponibles varios elementos para operar con un retardo de tiempo definido o de tiempo inverso. Los elementos de tiempo definido se utilizan para fallas de gran magnitud con breves demoras de disparo. Los retrasos de tiempo pueden variar desde un tiempo de retraso instantáneo hasta uno configurable. ANSI / IEEE definen las características de los elementos de tiempo inverso como inversos, cortos, largos, moderadamente, muy inversos y extremadamente inversos. Además de las características de tiempo predefinidas, los relés numéricos también incluyen características que permiten características definidas por el usuario y, por lo general, se pueden definir por separado tanto para fase como para tierra.

En aplicaciones de modernización, es posible que los elementos numéricos 50/51 necesiten coordinarse con relés electromecánicos. Para coordinar con el reinicio de los relés de disco de inducción electromecánicos, la mayoría de los relés numéricos contienen un algoritmo que emula el reinicio físico de un disco de sobrecorriente de tiempo electromecánico de acuerdo con la norma ANSI / IEEE C37.112. La mayoría de los relés numéricos ofrecen al usuario la opción de reinicio instantáneo o reinicio de emulación de disco como parámetro de configuración. Con estas opciones, los relés numéricos pueden coordinarse en la activación y desactivación con todo tipo de relés electromecánicos y numéricos, desde los tipos de armadura y émbolo electromecánicos con bisagras hasta relés de disco de inducción electromecánicos.

4.12 Protección contra sobretensión (59)

4.12.1 Aplicaciones

4.12.1.1 Protección de bus

La función de la protección contra sobretensiones es proteger las máquinas eléctricas y el equipo asociado contra condiciones de sobretensión inadmisibles que pueden causar daños en el aislamiento.

La protección contra sobretensiones de un bus suele tener dos elementos. En el caso de una sobretensión elevada, el disparo se realiza con un breve retardo. En el caso de sobretensión menos severa, se anuncia una alarma o el disparo se realiza con un retraso de tiempo mayor.

4.12.1.2 Protección de falla a tierra del generador

La protección de falla a tierra del estator detecta fallas a tierra en los devanados del estator de las máquinas trifásicas. La máquina se puede operar en conexión de barra colectora (conectada directamente a la red) o en conexión de unidad (a través de transformador de unidad). El criterio para la ocurrencia de una falla a tierra es principalmente la ocurrencia de un voltaje de desplazamiento neutro. Este principio da como resultado una zona protegida del 90–95% del devanado del estator.

El voltaje de desplazamiento ($V_{M)}$) se puede medir en el neutro de la máquina a través de un transformador de puesta a tierra del neutro (Figura 4-11) o mediante transformadores de tensión conectados en triángulo roto.

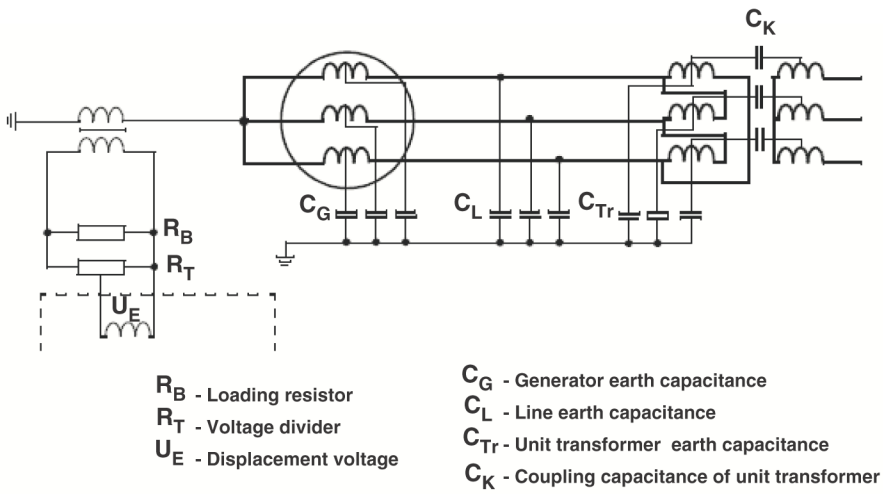


Figura 4-11
Unidad de generador conectado con transformador de puesta a tierra neutra (puesta a tierra)

El dispositivo calcula el voltaje de desplazamiento a partir de los voltajes de fase a tierra si el voltaje de desplazamiento no se puede aplicar directamente al dispositivo.

En muchas formaciones de voltaje de desplazamiento, los componentes del tercer armónico en cada fase se suman porque están en fase en el sistema trifásico. Para obtener magnitudes medidas fiables, en la protección de falta a tierra del estator solo se evalúa la fundamental de la tensión de desplazamiento. Los armónicos se filtran mediante algoritmos de filtro numérico.

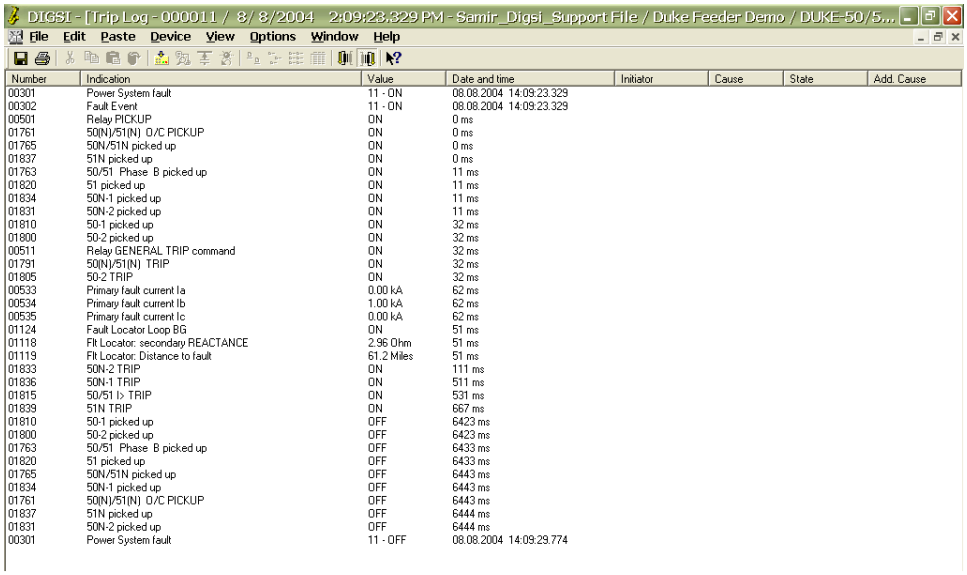
La evaluación de la tensión de desplazamiento es suficiente para máquinas en conexión de unidad. La sensibilidad alcanzada de la protección está limitada solo por voltajes de interferencia de frecuencia de potencia durante una falla a tierra en la red. Estos voltajes de interferencia se transfieren al lado de la máquina a través de las capacidades de acoplamiento del transformador unitario. Si es necesario, se puede proporcionar una resistencia de carga para reducir estos voltajes de interferencia. La protección inicia la desconexión de la máquina cuando una falla a tierra en la zona de la máquina ha estado presente durante un tiempo establecido.

4.12.1.3 Protección contra desequilibrio del banco de condensadores

El desequilibrio de voltaje del banco de capacitores se detecta a través de incrementos de voltaje de neutro a tierra causados por el aislamiento de las unidades de capacitor con fallas del banco por sus respectivos fusibles. La protección contra cortocircuitos para las unidades de condensadores individuales se proporciona mediante fusibles que eliminan las fallas internas, lo que minimiza la probabilidad de rupturas de la carcasa del condensador.

Se puede tener especial consideración en los bancos sin conexión a tierra cuando se funde un fusible de condensador. Un aumento del voltaje en los condensadores restantes en la fase en la que se abrió el fusible puede causar daños graves en estas unidades. La vida útil de la unidad de condensador se acorta drásticamente debido a la combinación de la tensión de sobretensión en las unidades restantes (consulte la Figura 4-12).

Cuando se alcanza un voltaje neutro a tierra predefinido, el dispositivo de protección puede proporcionar una alarma o desconectar directamente todo el banco.



DIGSI - [Trip Log - 000011 / 8/ 8/2004 2:09:23.329 PM - Samir_Digsi_Support File / Duke Feeder Demo / DUKE-50/5...

File Edit Paste Device View Options Window Help

Number	Indication	Value	Date and time	Initiator	Cause	State	Add. Cause
00301	Power System fault	11 - ON	08.08.2004 14:09:23.329				
00302	Fault Event	11 - ON	08.08.2004 14:09:23.329				
00501	Relay PICKUP	ON	0 ms				
01761	50(N)/51(N) O/C PICKUP	ON	0 ms				
01765	50N/51N picked up	ON	0 ms				
01837	51N picked up	ON	0 ms				
01763	50/51 Phase B picked up	ON	11 ms				
01820	51 picked up	ON	11 ms				
01834	50N-1 picked up	ON	11 ms				
01831	50N-2 picked up	ON	11 ms				
01810	50-1 picked up	ON	32 ms				
01800	50-2 picked up	ON	32 ms				
00511	Relay GENERAL TRIP command	ON	32 ms				
01791	50(N)/51(N) TRIP	ON	32 ms				
01805	50-2 TRIP	ON	32 ms				
00533	Primary fault current Ia	0.00 kA	62 ms				
00534	Primary fault current Ib	1.00 kA	62 ms				
00535	Primary fault current Ic	0.00 kA	62 ms				
01124	Fault Locator Loop BG	ON	51 ms				
01118	Flt Locator: secondary REACTANCE	2.96 Ohm	51 ms				
01119	Flt Locator: Distance to fault	61.2 Miles	51 ms				
01833	50N-2 TRIP	ON	111 ms				
01836	50N-1 TRIP	ON	511 ms				
01815	50/51 I> TRIP	ON	531 ms				
01839	51N TRIP	ON	667 ms				
01810	50-1 picked up	OFF	6423 ms				
01800	50-2 picked up	OFF	6423 ms				
01763	50/51 Phase B picked up	OFF	6433 ms				
01820	51 picked up	OFF	6433 ms				
01765	50N/51N picked up	OFF	6443 ms				
01834	50N-1 picked up	OFF	6443 ms				
01761	50(N)/51(N) O/C PICKUP	OFF	6443 ms				
01837	51N picked up	OFF	6444 ms				
01831	50N-2 picked up	OFF	6444 ms				
00301	Power System fault	11 - OFF	08.08.2004 14:09:29.774				

Figura 4-12

Condición de sobretensión del fusible fundido del banco de condensadores sin conexión a tierra

4.12.2 Principios de funcionamiento

Por medio de la función de protección contra sobretensión para máquinas, el usuario puede seleccionar monitorear los voltajes de fase a fase o los voltajes de fase a tierra. En el caso de una alta sobretensión, el disparo se realiza con un breve retardo.

Para aplicaciones especiales, algunos relés numéricos también calculan los voltajes del sistema de secuencia positiva y de secuencia negativa. Los componentes simétricos también se supervisan y se pueden combinar según los requisitos del usuario. Pueden encenderse o apagarse por separado o usarse solo con fines de alarma. En este último caso, no aparecen los respectivos comandos de disparo.

Punto técnico clave

Algunos relés numéricos también calculan el voltaje del sistema de secuencia positiva y de secuencia negativa. Por lo tanto, los componentes simétricos también se supervisan y se pueden combinar según los requisitos del usuario.

La mayoría de los relés numéricos para alimentadores con conexiones trifásicas requieren los voltajes fase-fase. Si es necesario, se pueden calcular a partir de los voltajes de fase a tierra. En el caso de relés monofásicos, la tensión medida se utiliza directamente para protección. Cuando el voltaje en un relé de sobrevoltaje está por encima del punto de activación del relé, se inicia un temporizador y el relé emite un comando de disparo después de un tiempo establecido.

4.13 Protección de equilibrio de voltaje (60FL)

4.13.1 Aplicación

El balance de voltaje se utilizó en el pasado como un método confiable para detectar fallas de fusibles en sistemas electromecánicos. Era fundamental bloquear de inmediato las funciones afectadas por la avería de un fusible. Los relés de impedancia electromecánica usaban potencial como una cantidad de restricción. El relé de impedancia se dispararía en condiciones de falla de fusible si la carga aumentara a la característica de funcionamiento del relé. El método de equilibrio de voltaje comparó dos PT para cualquier voltaje diferencial en una fase determinada.

Sin embargo, los relés digitales pueden detectar de manera confiable las condiciones de falla de los fusibles mediante una combinación de mediciones de voltaje y corriente. Cuando se detecta un fallo de fusible, las funciones de protección asociadas y afectadas se bloquean.

No hay requisitos para un relé de equilibrio de voltaje en un sistema de protección moderno. Consulte la Sección 5 de este informe para obtener más información sobre el diseño del sistema de protección.

4.14 Relés de presión repentinos / de falla (63)

4.14.1 Aplicaciones

Un transformador de más de 500 kVA generalmente está equipado con un interruptor de presión sensible que detecta un cambio repentino en la presión de gas o aceite dentro del transformador. Los relés de presión repentina (SPR) funcionan con cambios repentinos de presión de gas y generalmente se montan en la parte superior del transformador. Los relés de presión de falla (FPR, por sus siglas en inglés) operan con un cambio repentino de presión de aceite y generalmente se montan en una posición baja o en otras ubicaciones del transformador.

Un dispositivo de relé de presión complementa la protección diferencial y ofrece una protección muy sensible contra fallas internas del transformador. Aunque el relé de presión no es un relé de protección en el sentido clásico, estos dispositivos forman parte del esquema de protección general.

Los nuevos diseños de relés ahora incluyen conexiones que utilizan entradas y salidas binarias de relé numérico cableadas a contactos SPR o FPR remotos para monitorear el funcionamiento, capturar eventos de fallas y señalar el funcionamiento remoto. Esto permite que los operadores de la estación respondan de manera más rápida y eficiente en comparación con los esquemas más antiguos donde se usaban interruptores y bloqueos remotos para marcar una operación de presión.

Punto clave O y MCost

Los nuevos diseños de relés ahora incluyen conexiones que utilizan entradas y salidas binarias de relé numérico cableadas a contactos SPR o FPR remotos para monitorear el funcionamiento, capturar eventos de fallas y señalar el funcionamiento remoto. Esto permite que los operadores de la estación respondan de manera más rápida y eficiente en comparación con los esquemas más antiguos donde se usaban interruptores y bloqueos remotos para marcar una operación de presión.

4.14.2 Principios de funcionamiento

Los relés de presión contienen un elemento sensor de presión que responde a cambios repentinos de presión interna en un transformador de potencia. El arco provocado por una falla entre espiras o entre fase y tierra provoca un aumento rápido de la presión interna de un transformador averiado. Si la presión cambia rápidamente, el contacto sensor del relé de presión está diseñado para cerrar y desconectar el transformador fuera de línea. Los relés de presión repentina o los relés de presión de falla generalmente se proporcionan como parte integral de la protección del transformador en transformadores más grandes. .

4.15 Protección del estator / rotor

4.15.1 Aplicaciones

Los componentes eléctricos de una unidad generadora moderna consisten en el devanado del estator del generador con su transformador unitario asociado y un campo giratorio (rotor) con los devanados de campo asociados y el sistema de excitación.

El neutro del estator generalmente se conecta a tierra a través de una resistencia (para unidades más pequeñas) o conectando el punto neutro del estator a tierra a través del primario de un transformador de distribución. Luego se coloca una resistencia de carga a través del secundario del transformador. La protección de falla a tierra se puede aplicar midiendo la corriente en el secundario del transformador o mediante una unidad de voltaje que mide el voltaje de desequilibrio a través de la resistencia de carga.

Los métodos de protección de falla a tierra del estator que utilizan voltaje o corriente de 60 Hz son capaces de brindar protección para solo el 90–95% del devanado del estator. Los esquemas de voltaje del tercer armónico (27/59) y los esquemas de inyección de baja frecuencia (64G) son capaces de lograr una protección de tierra del estator del 100%.

Punto clave del desempeño humano

Los métodos de protección de falla a tierra del estator que utilizan voltaje o corriente de 60 Hz son capaces de brindar protección para solo el 90–95% del devanado del estator. Los esquemas de voltaje del tercer armónico (27/59) y los esquemas de inyección de baja frecuencia (64G) son capaces de lograr una protección de tierra del estator del 100%.

La protección de falla a tierra del rotor se utiliza para detectar fallas a tierra en el circuito de excitación de máquinas síncronas. El campo giratorio y el sistema de excitación de un generador es un circuito de CC aislado. Una sola tierra en este sistema no hará que fluya la corriente de falla. El peligro para el rotor y el sistema de excitación se produce cuando se produce una segunda tierra en un punto diferente del devanado. Esto representa un cortocircuito de bobinado del circuito de excitación. Pueden producirse desequilibrios magnéticos que provoquen fuerzas mecánicas extremas que pueden provocar la destrucción de la máquina. El rotor se puede proteger contra fallas a tierra mediante el uso de métodos de inyección de voltaje CA o CC.

4.15.2 Protección de tierra del estator (100%) con terceros armónicos (27/59)

En condiciones normales, el generador produce un tercer voltaje armónico entre el punto neutro del estator y tierra. Por el contrario, el voltaje del tercer armónico en los terminales del generador es bajo en condiciones normales. Durante una falla a tierra, el tercer armónico en el neutro cae a casi cero mientras que el tercer armónico en los terminales del generador aumenta. Si está presente en una magnitud suficiente, el relé del microprocesador puede medir el contenido de voltaje del tercer armónico y determinar si hay una falla en el estator.

Los relés de microprocesador son lo suficientemente flexibles para adaptarse a varias fuentes de potencial de tercer armónico diferentes. La medición directa de la tensión del tercer armónico se puede realizar conectando el
Entrada de voltaje del relé a través de la resistencia de puesta a tierra de carga de una unidad pequeña o a través de la resistencia en el secundario de un transformador de puesta a tierra de neutro del estator. También es posible configurar microprocesadores para calcular el contenido de tercer armónico de la tensión de desplazamiento de tres entradas de tensión de fase a tierra.

La medición del tercer armónico detecta fallas que ocurren cerca del punto neutro del estator y aquellas que ocurren cerca de los terminales del generador. Existe un punto (típicamente entre el 20 y el 30% de la distancia desde el punto neutro del devanado hasta los terminales del generador) donde los niveles de tercer armónico antes y después de la falla son aproximadamente iguales. Esto crea efectivamente un punto ciego en la protección de bobinado. Este punto ciego se puede evitar combinando la protección del tercer armónico con la frecuencia fundamental de protección de tierra del estator del 90% o usando el método de inyección de voltaje de 20 Hz.

4.15.3 Protección de tierra del estator (100%) con inyección de voltaje subarmónico (20 Hertz) (64G)

Consulte el diagrama de conexión típico que se muestra en la Figura 4-13. Se inyecta una fuente externa de voltaje alterno de baja frecuencia (20 Hz) en el neutro del generador (voltaje máximo 1% del voltaje nominal del generador). Si ocurre una falla a tierra en el estator, el voltaje de 20 Hz impulsa una corriente a través de la resistencia de falla. A partir del voltaje de conducción y la corriente de falla, el relé de protección determina la resistencia de falla.

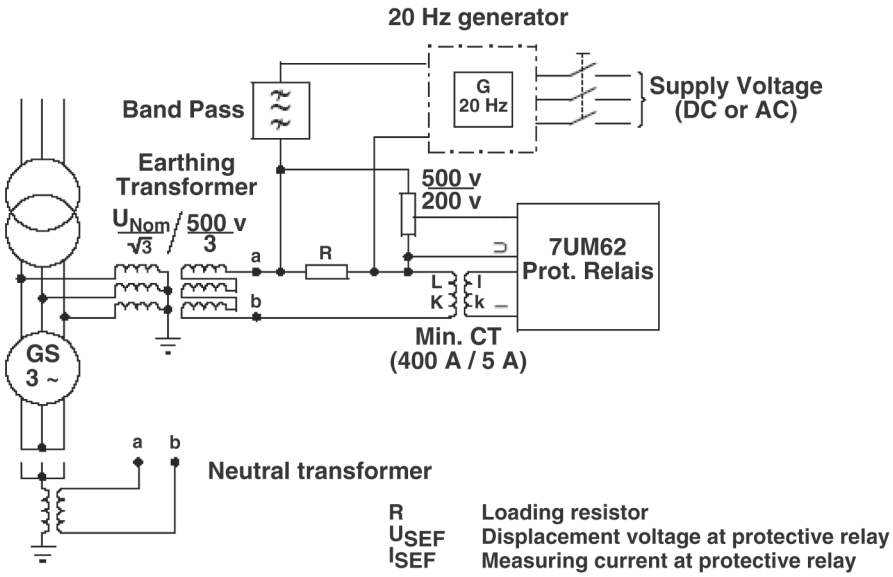


Figura 4-13

Diseño de circuito típico de protección 100% de falla a tierra del estator mediante inyección de voltaje de 20 Hz

Durante una falla a tierra, el relé del microprocesador mide la corriente y el voltaje de 20 Hz para calcular la resistencia de falla. Si la resistencia de falla a tierra del estator cae por debajo del punto de ajuste, se afirma la lógica de falla a tierra del estator al 100%. Se proporciona un temporizador asociado para retrasar la salida de disparo si se desea.

Este esquema proporciona una protección de falla a tierra altamente efectiva para el 100% del estator mientras la máquina está funcionando en reposo y desenergizada o girando. El principio de protección descrito aquí también detecta fallas a tierra en los terminales del generador, incluidos los componentes conectados como los transformadores de tensión.

4.15.4 Protección de falla a tierra del rotor (64R) - Inyección de voltaje CA

El método de inyección de voltaje de CA de protección de falla a tierra del rotor utiliza un voltaje auxiliar externo de aproximadamente 36 a 45 V de CA. Consulte la Figura 4-14 para ver una aplicación típica. Esta tensión se acopla simétricamente al circuito de excitación a través de los condensadores de una unidad de acoplamiento y se conecta simultáneamente a la entrada de medición del relé del microprocesador. Los condensadores limitan la magnitud de la corriente y bloquean el voltaje de campo normal para evitar una gran

Corriente DC que fluye en el transformador. Los condensadores de acoplamiento están protegidos de altas corrientes de defecto mediante resistencias en serie. Si se esperan altas corrientes armónicas (es decir, excitación por circuitos de tiristores), se puede agregar un filtro de choque adicional para limitar la corriente.

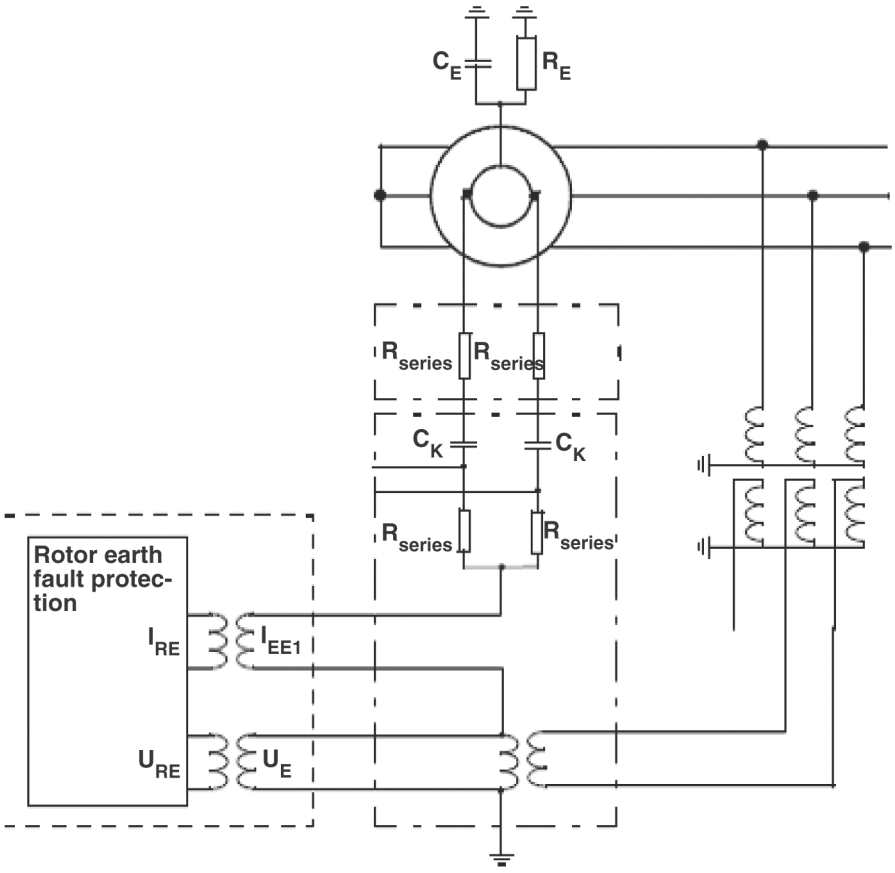


Figura 4-14

Diseño de circuito típico de protección contra fallas a tierra del rotor mediante inyección de voltaje

El voltaje de CA auxiliar impulsa una pequeña corriente de carga a través de la unidad de acoplamiento, el cepillo resistencia y capacitancia a tierra (tierra) del circuito de excitación. Esta corriente yo_{RE} asciende a unos pocos mA durante el funcionamiento normal y es medido por el relé.

El cálculo de falla a tierra del rotor calcula la impedancia de tierra compleja del auxiliar Voltaje CA V_{RE} y el actual $yo_{RE.}$ La resistencia de tierra R_{mi} del circuito de excitación se calcula a partir de la impedancia de tierra. La supervisión de la resistencia de tierra tiene dos etapas.

Por lo general, se inicia una alarma si la resistencia de tierra cae por debajo de una etapa inicial de alta resistencia. Si el valor cae por debajo de la segunda etapa de baja resistencia, el disparo se iniciará después de un breve retardo.

Este esquema ofrece una protección eficaz contra fallas a tierra del rotor mientras la máquina está en funcionamiento, parada y desenergizada, o girando el engranaje.

4.16 Protección de sobrecorriente direccional (67 / 67N)

4.16.1 Aplicaciones

4.16.1.1 Protección de línea / alimentador

La protección de sobrecorriente direccional permite la aplicación de relés numéricos a sistemas donde la coordinación de la protección depende de conocer tanto la magnitud de la corriente de falla como la dirección del flujo de energía hacia la ubicación de la falla. Los relés numéricos se pueden configurar para mirar hacia adelante o hacia atrás con una configuración seleccionable.

Para determinar la dirección de una falla monofásica, los relés numéricos comparan la corriente de fase en falla con el voltaje de fase a fase sin falla correspondiente. El voltaje sin fallas también permite una determinación de dirección inequívoca si el voltaje de falla ha colapsado severamente (falla de línea corta). Con fallas trifásicas, los valores de voltaje almacenados se utilizan para determinar claramente la dirección si los voltajes de medición no son suficientes.

Para los elementos direccionales de tierra, los relés numéricos pueden comparar cantidades de secuencia cero de una corriente de tierra medida o una corriente de tierra calculada con un voltaje de 3Vo medido o voltaje de tierra calculado. Otro método disponible en relés numéricos es la comparación de la corriente de secuencia negativa con el voltaje de secuencia negativa. Este método es ventajoso cuando existen líneas paralelas y la corriente de secuencia cero se ve influenciada o la tensión de secuencia cero se vuelve muy pequeña debido a impedancias desfavorables.

4.16.1.2 Protección del generador

La protección de falla a tierra sensible al generador es un ejemplo de protección de sobrecorriente direccional. Para asegurar que la activación ocurra incluso con fallas internas, la protección sensible de sobrecorriente de falla a tierra para generadores generalmente se conecta al transformador de corriente configurado en los cables neutrales de la unidad. Una unidad instantánea sensible de ajuste alto combinada con una determinación de la dirección de cortocircuito asegurará que el generador se aislará si ocurre un cortocircuito.

4.16.2 Principios de funcionamiento

Los relés direccionales de sobrecorriente están diseñados para operar en condiciones de sobrecorriente solo cuando el flujo de energía está en una dirección específica. Esto permite que los relés discriminen entre fallas delante o detrás del relé. La dirección del flujo de energía se determina midiendo el ángulo de fase entre el voltaje y la corriente. El ángulo de fase depende de la dirección del flujo de corriente en relación con el voltaje monitoreado.

4.17 Función fuera de sincronismo (78)

4.17.1 Aplicaciones

Un cambio repentino de carga en la red del sistema eléctrico causado por una falla, una desconexión de líneas cargadas o un reenganche automático obliga a los generadores a ajustarse a esta nueva condición de carga. El ajuste no ocurrirá en un paso de salto debido a la masa de los generadores, sino más bien como una oscilación. Normalmente, será una oscilación amortiguada y los generadores podrán volver a su estado normal. En algunos casos, la oscilación es tan grande que los generadores pierden sincronismo, se desfasan y se sobrecargan. Es conveniente detectar esta situación y desconectar el generador de la red de transmisión.

Los cambios de potencia son sucesos simétricos trifásicos. Por lo tanto, la simetría de las corrientes se puede verificar evaluando las corrientes negativas y / o de secuencia negativa.

4.17.2 Principios de funcionamiento

Para la detección de una situación desfasada, se evalúa la trayectoria del vector de impedancia compleja. La decisión de disparo se toma en función de la tasa de cambio del vector de impedancia y la ubicación del centro eléctrico de la oscilación de potencia. En el caso de una condición desfasada, la impedancia medida viajará en una trayectoria en el plano R / X con una velocidad mucho menor que la causada por una falla. Se mide el tiempo que tarda la trayectoria de impedancia en entrar y salir de la característica de desfase. En el caso de una trayectoria de oscilación de potencia de movimiento lento, el tiempo medido excede el ajuste del temporizador. En caso de falla, la trayectoria de la impedancia saltará rápidamente a un punto cercano al generador. El generador debe activarse solo si el centro eléctrico de la frecuencia de oscilación de potencia está cerca del generador. El alcance de la característica fuera de paso no debe exceder el 90% del transformador elevador. Esta característica puede ser un círculo Mho o una característica cuadrilátera. En algunas aplicaciones, también es deseable desconectar el generador cuando el centro eléctrico está en la red de transmisión. En este caso, el ajuste de alcance debe determinarse en consecuencia.

Además, para detectar la situación de desfase, el vector de impedancia debe entrar en la característica por un lado y salir por el otro. Esto se caracteriza cuando el componente real de la impedancia ha cambiado de signo al pasar por la característica como se muestra en la Figura 4-15.

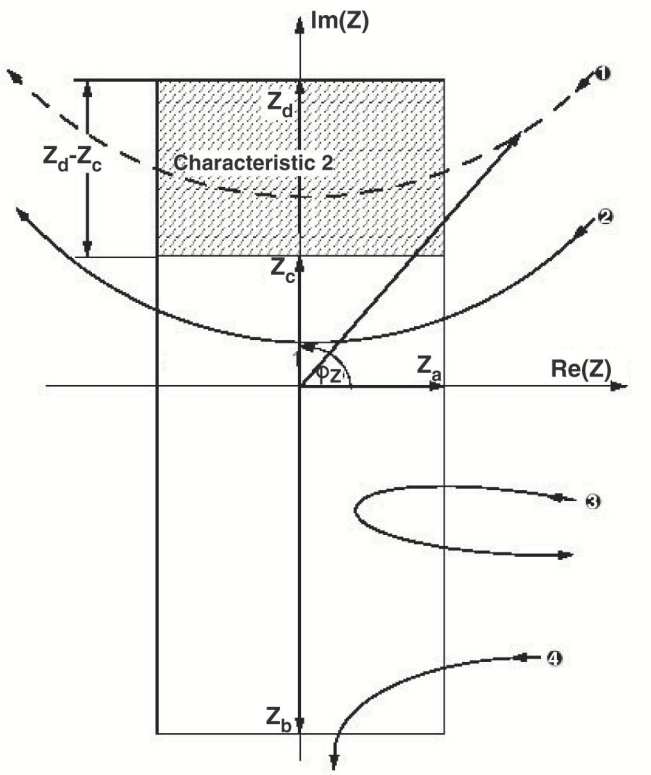


Figura 4-15
Característica de cuadrilátero fuera de sincronismo

Una vez detectada la situación de desfase, se puede desconectar el generador de la red. Si el centro eléctrico está cerca del generador debido a la tensión del generador, solo se pueden permitir uno o dos ciclos de deslizamiento antes de que se emita el comando de disparo. Si el centro eléctrico está en la red de transmisión, se pueden tolerar más ciclos de deslizamiento.

4.18 Protección de frecuencia

4.18.1 Aplicaciones

El relé de frecuencia proporciona protección para que las máquinas y los sistemas puedan funcionar plenamente dentro de su capacidad.

Las máquinas experimentan una velocidad mayor o menor dependiendo de la frecuencia. En aplicaciones típicas, los relés de frecuencia se utilizan para controlar (equilibrar) el requisito de carga y la salida disponible del sistema. Los generadores deben estar equipados con protección de frecuencia para ajustar la salida de acuerdo con las demandas del sistema.

Los relés de frecuencia tienen un límite predeterminado establecido en ciclos / segundo. Cualquier desviación de este límite predeterminado puede activar la protección de frecuencia. Activación de la protección de frecuencia

por encima del límite predeterminado se llama sobrefrecuencia. La activación de la protección de frecuencia por debajo del límite predeterminado se denomina subfrecuencia.

4.18.1.1 Subfrecuencia

La subfrecuencia ocurre cuando el sistema está sobrecargado con demanda. Esto sucede cuando una gran carga se pone en línea repentinamente o el requisito de carga de un sistema aumenta gradualmente con el tiempo. (Por ejemplo, el requisito de carga es más alto en una tarde de verano).

En la condición de sobrecarga, el sistema en su conjunto (todos los generadores) está tratando de suministrar el aumento de carga aumentando la salida de los generadores. Esto hace que el generador se salga de su frecuencia nominal y, por lo tanto, cree la subfrecuencia. La función de baja frecuencia dispara el generador antes de que se desincronice con el resto del sistema.

El deslastre de carga se utiliza cuando la demanda de carga es mayor que la generación total en el sistema. El deslastre de carga se analiza en detalle en la Sección 4.18.1.3.

La turbina del generador y sus álabes se ven afectados por el cambio de frecuencia mucho más que el propio generador. Por lo tanto, al determinar el ajuste para la protección de frecuencia, se debe tener en cuenta la capacidad de la turbina (consulte IEEE C37.106).

4.18.1.2 Sobrefrecuencia

La sobrefrecuencia ocurre normalmente cuando el sistema tiene una generación excesiva en comparación con la demanda o la carga. Esto puede ser un cambio drástico o gradual en la carga del sistema. En condiciones de falla, una o más cargas se aíslan del sistema, dejando el sistema con una generación excesiva. También puede ocurrir una generación excesiva cuando la demanda del sistema disminuye (por la noche, por ejemplo). Para evitar que la frecuencia aumente drásticamente, los generadores de picos se desconectan para ajustarse a la carga del sistema. Esta protección también se utiliza junto con la protección contra sobretensión para proporcionar protección contra sobreexcitación para generadores y transformadores.

4.18.1.3 Desprendimiento de carga de frecuencia

La condición de sobrecarga hace que los generadores se desaceleren y la frecuencia disminuya. El desprendimiento de carga se utiliza para desconectar una carga predeterminada (de baja prioridad) del sistema mientras se mantiene la carga crítica en funcionamiento (consulte la Figura 4-16). Se puede utilizar más de un nivel de subfrecuencia para permitir una serie de pasos para el deslastre de carga según sea necesario. El número de pasos de deslastre de carga, el ajuste de frecuencia para cada paso y la cantidad de deslastre de carga en cada paso deben decidirse mediante un estudio de sistema. La prioridad también debe decidirse de modo que se retire primero la carga de menor prioridad. Aunque rara vez se usa, el relé de sobrefrecuencia también se puede usar para recuperar la carga. Se debe usar la misma prioridad que se usa para el deslastre de carga cuando se restablece la carga.

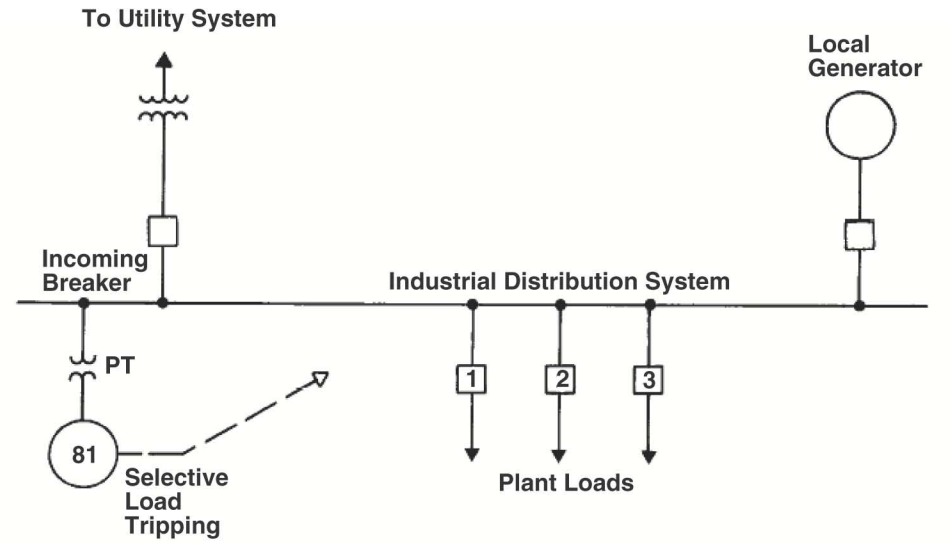


Figura 4-16

Desprendimiento de carga de frecuencia

4.18.2 Principios de funcionamiento

La implementación de la protección de frecuencia es relativamente simple en relés de microprocesador. El relé tiene la información filtrada sobre los voltajes y corrientes del sistema de potencia disponible. El relé utiliza ecuaciones matemáticas para calcular la frecuencia del sistema de energía. Una vez calculada, compara la frecuencia medida con el punto de ajuste predeterminado.

El relé del microprocesador se puede equipar con cuatro (y hasta seis) etapas de frecuencia alta / baja. La frecuencia medida se compara con todos los puntos de ajuste dentro del elemento de frecuencia. Se puede activar una salida si la frecuencia medida está por debajo o por encima de uno de los puntos de ajuste.

Punto técnico clave

El relé del microprocesador se puede equipar con cuatro (y hasta seis) etapas de frecuencia alta / baja.

El elemento de baja frecuencia a veces es supervisado por falla de fusible del transformador de voltaje. La protección de frecuencia se vuelve inactiva cuando falla el fusible del transformador de voltaje.

4.19 Relés de bloqueo (86)

4.19.1 Aplicaciones

Los relés de bloqueo no son en realidad relés de protección; sin embargo, se utilizan junto con relés de protección y se analizan brevemente aquí para que estén completos. Un relé de bloqueo es un relé auxiliar de alta velocidad, manual o con restablecimiento eléctrico que se utiliza para proporcionar multiplicación de contactos. Responde a una señal de disparo proporcionada por un relé de protección para disparar y bloquear varios interruptores a la vez. Un esquema típico de protección de falla de barra puede incluir un relé diferencial de barra que envía una señal de disparo a un relé de bloqueo, que a su vez inicia un disparo de todos los interruptores de fuente y alimentador para aislar la barra con falla. Los contactos de bloqueo normalmente cerrados también pueden operar para anular los circuitos de cierre de todos los dispositivos disparados. Después de una acción de protección, el relé de bloqueo debe reiniciarse antes de que se pueda cerrar cualquiera de los disyuntores afectados.

4.19.2 Principios de Operación

Los relés de bloqueo tradicionales se pueden usar junto con los relés de microprocesador o los bloqueos virtuales se pueden integrar en el relé del microprocesador utilizando la función de controlador lógico programable de los relés. Los relés de bloqueo se reproducen fácilmente dentro de la matriz de disparo utilizando entradas binarias o lógica de protección interna para proporcionar inicio de disparo, flip-flops de activación / desactivación o puertas lógicas de enclavamiento para proporcionar la función de bloqueo y salidas binarias que son programables a través de la matriz de disparo para proporcionar aislamiento. multiplicación de contactos. La matriz de disparo facilita la programación de alarmas LED (que indican el estado del bloqueo) y pulsadores programables (que restablecen el bloqueo virtual). La integración de funciones de bloqueo en relés de microprocesador con funciones de controlador lógico ayuda a reducir el espacio requerido en el panel, cableado,

Punto clave del desempeño humano

Los bloqueos virtuales se pueden integrar en el relé del microprocesador utilizando la función de controlador lógico programable de los relés.

4.20 Relés diferenciales (87)

4.20.1 Aplicaciones

4.20.1.1 Protección del transformador

Se prefiere la protección diferencial para transformadores de más de 10 MVA. El esquema diferencial está configurado para detectar fallas dentro de la zona de protección del transformador. Debido a que los relés diferenciales operan en la diferencia neta de corriente que fluye hacia adentro y hacia afuera de la zona de protección, los relés diferenciales del transformador no deben actuar en una falla pasante (es decir, una falla en un alimentador aguas abajo fuera de la zona de protección del transformador).

La protección diferencial se basa en la comparación actual. Hace uso del hecho de que la corriente en un equipo protegido (Figura 4-17) siempre es igual a la corriente que sale del equipo protegido durante operaciones saludables (suponga relaciones de transformador iguales). Esta corriente I (línea discontinua de la Figura 4-17) fluye hacia un lado de la zona protegida y la deja en el otro lado. El algoritmo de medición de corriente diferencial (representado por el elemento diferencial M en la Figura 4-

17) genera la corriente diferencial numérica (u operativa) midiendo la corriente I suministrada por cada CT, corrigiendo matemáticamente las diferencias en ángulo y magnitud causadas por las conexiones secundarias del CT y las derivaciones del CT, y calculando la suma vectorial de I1 + I2.

La suma vectorial de I1 + I2 es igual a cero para condiciones saludables (es decir, corriente de carga o una condición de falla externa).

Para fallas internas en la zona del transformador, una corriente invierte la dirección, generando una corriente diferencial I1 + I2 (indicada por las líneas continuas en la Figura 4-17). Como resultado, el circuito simple que se muestra en la Figura 4-17 asegura un disparo confiable de la protección si la corriente de falla que fluye hacia la zona protegida durante una falla es lo suficientemente alta para que el elemento diferencial M responda.

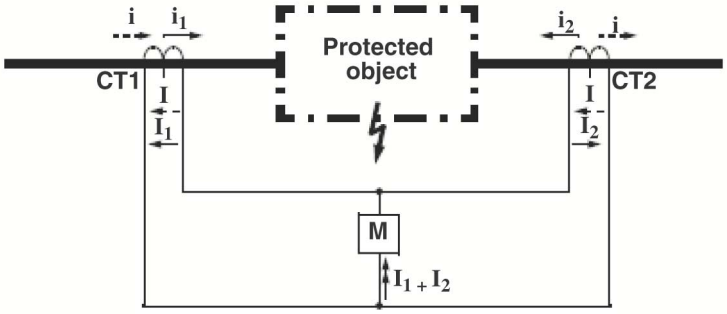


Figura 4-17
Funcionamiento de la protección diferencial

Cuando fallas externas hacen que una corriente fuerte fluya a través de la zona protegida, los transformadores de corriente CT1 y / o CT2 pueden saturarse. Como resultado, se calcula una corriente de operación significativa por el elemento diferencial M. Si la magnitud de esta corriente de operación errónea es mayor que el ajuste diferencial, la protección emitirá incorrectamente una señal de disparo para la falla pasante aunque esta falla esté fuera del zona protegida.

Los relés diferenciales de porcentaje lo evitan calculando una cantidad de corriente de restricción, que normalmente se deriva de la diferencia de corriente | I1 - I2 | o de la suma aritmética | I1 | + | I2 |, o

por la ecuación $\frac{|I1| + |I2|}{2}$. Los relés diferenciales de porcentaje se activan cuando la relación de $\frac{\text{operar corriente}}{\text{corriente de restricción}}$ supera un cierto porcentaje. La característica de funcionamiento del elemento diferencial porcentual es una línea recta con una pendiente de $\frac{\text{operar corriente}}{\text{corriente de restricción}}$. Estos relés ofrecen una mayor sensibilidad a bajas nivele las fallas del transformador y minimice la probabilidad de disparos inadvertidos durante fallas pasantes graves. Los relés de microprocesador ofrecen la capacidad de implementar múltiples pendientes en una sola

característica. El uso de múltiples pendientes permite una configuración muy sensible (pendiente pequeña) para magnitudes de corriente bajas y una configuración menos sensible (pendiente más alta) en la región de alta corriente donde es probable la saturación de CT.

Punto técnico clave

Los relés de microprocesador ofrecen la capacidad de implementar múltiples pendientes en una sola característica.

A diferencia de un relé electromecánico, un relé numérico no requiere un esquema complicado de transformador de corriente (CT) para coincidir con las corrientes medidas. En cambio, el relé utiliza información ingresada sobre el equipo protegido y los transformadores de corriente para calcular las corrientes emparejadas a partir de las corrientes medidas. Esto permite adoptar una conexión secundaria de TC estándar, asignando al relé la tarea de calcular los ajustes de desfase necesarios.

Punto clave O y MCost

A diferencia de un relé electromecánico, un relé numérico no requiere un esquema complicado de transformador de corriente (CT) para coincidir con las corrientes medidas. En cambio, el relé utiliza información ingresada sobre el equipo protegido y los transformadores de corriente para calcular las corrientes emparejadas a partir de las corrientes medidas. Esto permite adoptar una conexión secundaria de TC estándar, asignando al relé la tarea de calcular los ajustes de desfase necesarios.

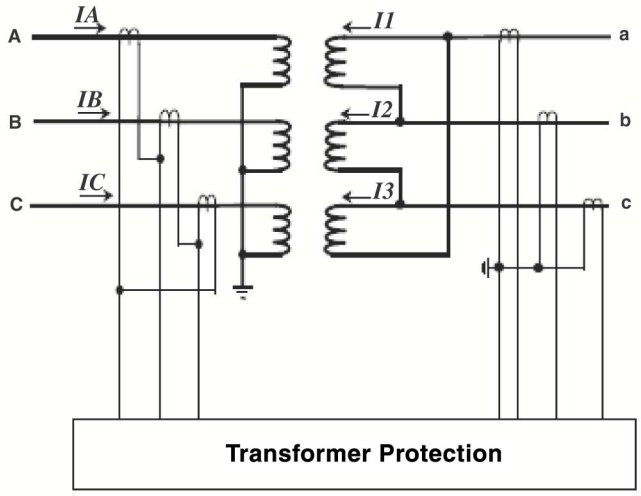


Figura 4-18
Corrección de cambio de fase clásica

Para realizar el cálculo, el relé debe conocer la siguiente información sobre los transformadores de corriente y cómo están cableados:

- La clasificación de corriente secundaria nominal de los CT La clasificación
- de corriente primaria nominal de cada conjunto de CT
- La orientación de los TI en relación con el transformador protegido Las opciones de
- cómo procesar la corriente de secuencia cero El uso esperado de las entradas de
- corriente de tierra

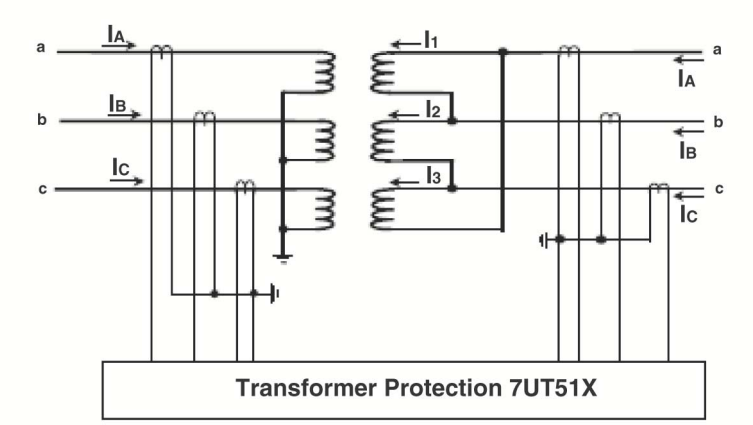


Figura 4-19
Conexión CT estándar con relé diferencial numérico Corrección de cambio de fase interno

Durante la activación, los transformadores absorben una corriente de entrada magnetizante sustancial. Esto presenta un problema cuando se aplica protección diferencial porque la entrada se considera una falla interna del transformador. Para superar este problema, los relés diferenciales de microprocesador filtran y miden el contenido de armónicos en la corriente de entrada para restringir o desensibilizar las unidades diferenciales. Las corrientes de transformador exhiben un segundo armónico pronunciado cuando se energizan, pero segundos armónicos insignificantes durante una falla interna.

En algunos casos, es posible que no haya suficiente contenido de segundo armónico disponible para restringir de manera confiable el disparo cuando el transformador está energizado. En este caso, hay varias opciones disponibles. Otros armónicos impares están presentes durante la avalancha, pero son insignificantes durante las fallas internas, aunque son de menor magnitud que el segundo armónico. En los casos en que la cantidad de segundos armónicos sea cuestionable, el tercer o quinto armónico pueden incluirse opcionalmente en la característica de restricción de armónicos del relé. Otra opción es el bloqueo cruzado, donde cualquier fase que detecte suficiente contenido de armónicos se utiliza para bloquear todas las fases. De esta manera, se evitan disparos indeseables durante la activación del transformador. En transformadores de distribución más pequeños, la corriente de entrada puede no ser lo suficientemente severa como para requerir restricción armónica. En estos casos,

Los relés numéricos brindan la capacidad de crear algoritmos innovadores que cambian la naturaleza de los relés. Un ejemplo es la adición de algoritmos que detectan la saturación del CT para fallas pasantes y evitan disparos.

La saturación de los transformadores de corriente causada por altas corrientes de falla y / o constantes de tiempo del sistema largas no son críticas para fallas internas (falla en la zona protegida) porque la deformación del valor medido se encuentra en la misma medida en la corriente diferencial que en la corriente de contención.

Durante una falla externa que produce una alta corriente de falla que causa la saturación del transformador de corriente, se puede simular una corriente diferencial considerable (especialmente cuando el grado de saturación es diferente en los dos lados). Si las cantidades IDiff / IRest dan como resultado un punto de operación que se encuentra en el área de disparo de la característica de operación de la Figura 4-20, se produciría un disparo no deseado.

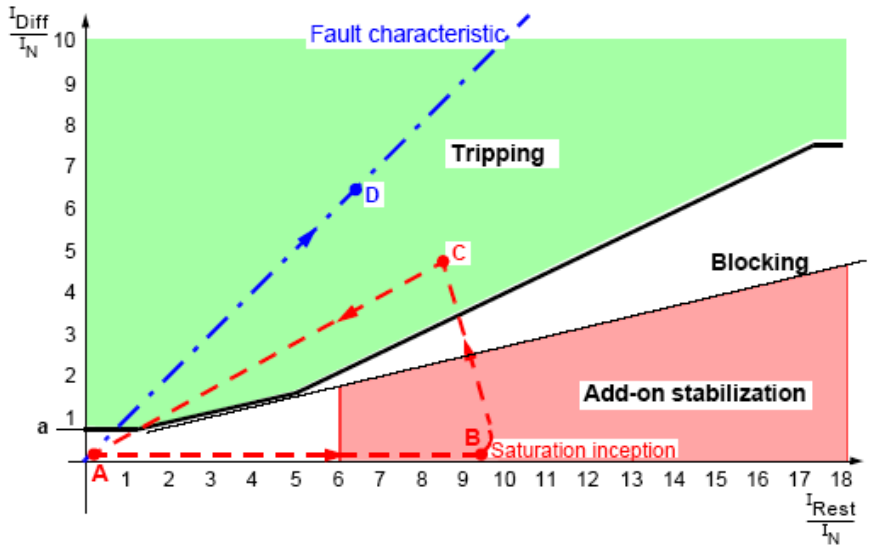


Figura 4-20
Detección de saturación de TC de falla pasante: característica de restricción adicional

El algoritmo de indicación de saturación detecta la saturación inminente de fallas pasantes e inicia medidas de restricción adicionales. El indicador de saturación considera el comportamiento dinámico del diferencial y la cantidad de restricción. La línea discontinua en la Figura 4-20 muestra un ejemplo de la forma de las cantidades instantáneas durante una corriente de falla pasante con saturación del transformador de corriente en un lado.

Inmediatamente después del inicio de la falla (A), las corrientes de falla aumentan severamente, produciendo una gran cantidad de restricción (el doble de la corriente de carga). En el instante de saturación de CT (B) se produce una cantidad diferencial y se reduce la cantidad de restricción. Como resultado, el punto de operación IDiff / IRest puede moverse al área de disparo (C). El algoritmo de detección de saturación de fallas pasantes evita el funcionamiento.

Para una falla interna, el punto de operación se mueve inmediatamente a lo largo de la característica de falla (D). El algoritmo de detección de saturación de falla pasante detecta que la relación de corriente de operación / corriente de restricción es demasiado alta para ser una falla pasante y permite un disparo diferencial inmediato.

4.20.1.2 Protección de generadores y unidades

Los relés diferenciales de alta velocidad se utilizan para brindar protección al generador contra fallas trifásicas y de fase a fase en los devanados del estator del generador. Los relés diferenciales de porcentaje se utilizan para la protección del generador por la misma razón que se utilizan en los transformadores: proporcionan buena sensibilidad a cargas ligeras y son relativamente inmunes a disparos no deseados durante sobrecargas externas intensas. Una falla en los devanados del estator puede producir corrientes de falla altas y muy destructivas. Por tanto, el objetivo de la protección diferencial es sacar el equipo del servicio lo más rápido posible.

Las grandes plantas generadoras suelen disponerse con el generador y el transformador principal conectados a la red del sistema eléctrico como una unidad. Cuando se configura de esta manera, se dice que el generador está conectado a una unidad. Para los generadores conectados a la unidad, los relés diferenciales del transformador están configurados para incluir al generador dentro de su zona de protección porque el generador debe activarse por una falla del transformador principal. Esta configuración proporciona protección de respaldo contra fallas del estator del generador.

4.20.1.3 Protección del motor

Los relés diferenciales se emplean cuando se desea una protección rápida y precisa contra fallas. A diferencia de los relés de sobrecorriente convencionales, los relés diferenciales proporcionan una detección de corriente de falla sensible y no son propensos a disparos falsos durante el arranque del motor o fallas externas. Debido al gasto adicional en relación con la protección de sobrecorriente convencional, este tipo de protección generalmente se reserva para motores grandes y costosos.

4.20.1.4 Protección de bus

Se utilizan varios tipos de esquemas de protección diferencial para la protección de fallas a tierra y de fase de los buses. La protección diferencial de bus generalmente se reserva para buses de subestaciones y patios de distribución. No se utiliza con frecuencia para la protección de aparamenta de distribución en planta por debajo de 750 MVA.

4.20.2 Principios de funcionamiento

Un relé diferencial de porcentaje de microprocesador mide la cantidad de corriente que entra y sale de su zona de protección. La Figura 4-17 ilustra el concepto de cómo funciona un relé diferencial. Los TC están conectados al relé y el relé calcula los ajustes necesarios en magnitud y ángulo de manera que la corriente de operación calculada sea cero (o cercana a cero) si las corrientes están balanceadas (la corriente que ingresa a la zona es igual a la corriente que sale de la zona) . Sin embargo, si ocurre una falla dentro de la zona, las corrientes medidas son ajustadas por el microprocesador para la conexión del TC y la toma, y el cálculo resultante producirá una corriente diferencial. Si la relación entre la corriente diferencial calculada y la corriente de restricción calculada está por encima de la curva de pendiente del relé, el relé inicia una acción de protección. Por lo tanto,

Los relés de microprocesador permiten combinar múltiples pendientes en un solo relé. El uso de múltiples pendientes permite un ajuste de pendiente más sensible cuando las corrientes son bajas y una pendiente más alta cuando es probable que las corrientes altas causen la saturación del TC. La figura 4-21 muestra una característica diferencial típica porcentual con múltiples pendientes.

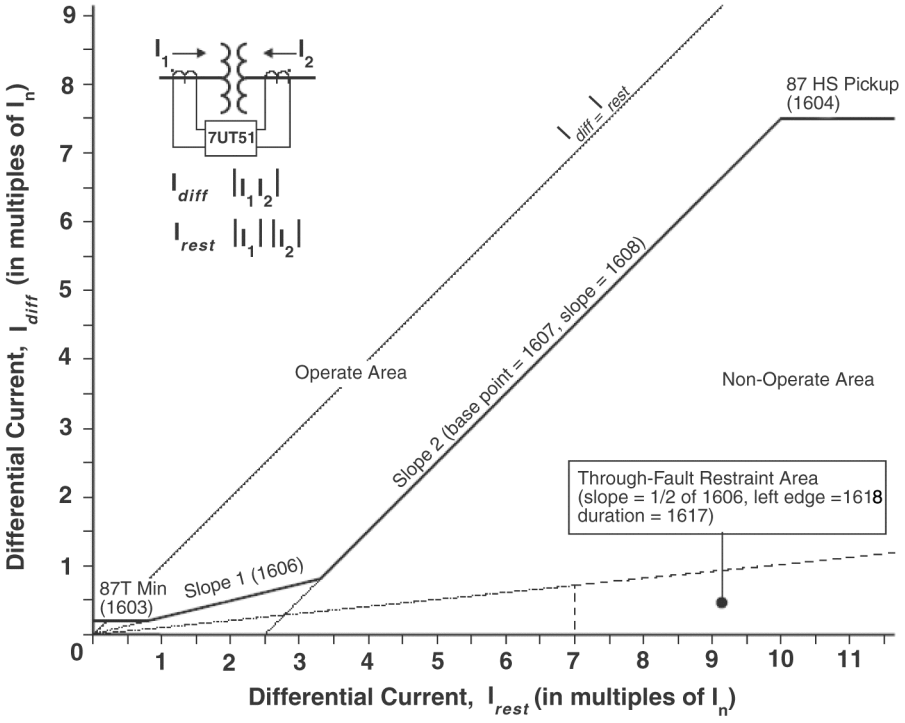


Figura 4-21
Característica de operación diferencial porcentual moderna con múltiples pendientes

Punto técnico clave

Los relés de microprocesador permiten combinar múltiples pendientes en un solo relé. El uso de múltiples pendientes permite un ajuste de pendiente más sensible cuando las corrientes son bajas y una pendiente más alta cuando es probable que las corrientes altas causen la saturación del TC.

El microprocesador permite implementar algoritmos innovadores que no serían posibles con relés electromecánicos. Por ejemplo, existe un algoritmo que permite ajustes de pendiente sensibles incluso cuando es probable que los TC de bajo rendimiento se saturen durante fallas pasantes graves. El algoritmo toma una decisión diferencial válida al inicio de la falla en el período de tiempo antes de que los TC entren en saturación. En el caso de una falla pasante, el elemento diferencial se restringe durante un período de tiempo predeterminado.

Si un devanado del transformador protegido tiene alguna conexión a tierra (como suele ser el caso de un devanado en estrella), es probable que exista una corriente de secuencia cero en el devanado. Cualquier corriente de secuencia cero causará por sí misma una corriente diferencial para una o más de las fases. Usando las corrientes de fase medidas, el relé puede calcular la corriente de secuencia cero esperada para cada devanado y eliminarla matemáticamente al calcular las corrientes adaptadas para la protección diferencial. Sin embargo, si las corrientes de tierra medidas están disponibles, el relé también puede usarlas al calcular las corrientes adaptadas, lo que da como resultado una protección diferencial más sensible.

Los relés diferenciales de microprocesador también contienen una unidad sin restricciones que funcionará para corrientes de falla lo suficientemente grandes como para excluir cualquier posibilidad de una falla remota.

4.21 Protección diferencial de corriente (87L)

4.21.1 Aplicaciones

La protección diferencial numérica funciona como una protección selectiva contra cortocircuitos para líneas aéreas y cables con alimentación de uno o varios extremos en sistemas de transmisión. Tratar con el sistema neutral es irrelevante porque los datos de medición se comparan por separado para cada fase. El término para describir esto está segregado por fases.

La alta sensibilidad y la estabilización de la corriente de entrada permiten la aplicación del relé diferencial de corriente incluso en aplicaciones en las que un transformador de potencia se encuentra dentro de la zona protegida. Los relés numéricos pueden acomodar todo tipo de conexiones de transformadores de potencia, incluidos los transformadores con neutros aislados o conectados a tierra.

Una ventaja importante de la función de protección diferencial es la capacidad de implementar un disparo instantáneo por un cortocircuito en cualquier punto de toda la zona protegida. Los transformadores de corriente limitan la zona protegida en los extremos hacia la línea. Este límite rígido es la razón por la que el esquema de protección diferencial muestra una selectividad tan ideal.

El sistema de protección diferencial requiere un dispositivo de protección, así como un conjunto de transformadores de corriente en cada extremo de la zona protegida. No se requieren transformadores de voltaje. Sin embargo, pueden conectarse con el propósito de detectar e indicar valores medidos (voltajes, potencia y factor de potencia). Los dispositivos ubicados en los extremos de la zona protegida intercambian información medida a través de interfaces que utilizan enlaces de comunicación asignados (generalmente cables de fibra óptica) o una red de comunicación. Se pueden usar dos dispositivos para proteger un objeto con dos extremos (es decir, cables, líneas aéreas o ambos, con o sin un transformador conectado a la unidad). Empleando ciertos tipos de relés, los equipos que tienen tres (líneas de tres extremos) o más extremos pueden protegerse, estén o no en uso transformadores conectados a la unidad. Se pueden proteger hasta seis extremos,

Punto clave del desempeño humano

El sistema de protección diferencial requiere un dispositivo de protección, así como un conjunto de transformadores de corriente en cada extremo de la zona protegida. Los dispositivos ubicados en los extremos de la zona protegida intercambian información medida a través de interfaces que utilizan enlaces de comunicación asignados (generalmente cables de fibra óptica) o una red de comunicación.

Una transferencia de datos sin errores es un requisito previo para el correcto funcionamiento del sistema de protección. Por lo tanto, la precisión de la transferencia de datos se supervisa continuamente de forma interna.

Punto técnico clave

Una transferencia de datos sin errores es un requisito previo para el correcto funcionamiento del sistema de protección. Por lo tanto, la precisión de la transferencia de datos se supervisa continuamente de forma interna.

El reconocimiento de cortocircuitos en la zona de protección (incluso cortocircuitos de corriente débil o de alta resistencia) es la función básica del dispositivo. Además, los fallos multifásicos complejos se detectan con precisión porque los valores medidos se evalúan por fases. El sistema de protección está estabilizado contra las corrientes de entrada de los transformadores de potencia. Al cambiar a una falla en cualquier punto de una línea, se puede emitir una señal de disparo instantánea.

Con más de dos dispositivos, la comunicación de datos de protección se puede construir como un anillo. Un anillo proporciona una vía de comunicación redundante que permite el funcionamiento continuo en caso de que falle una línea de comunicación. Los dispositivos encontrarán automáticamente las líneas de comunicación saludables restantes. Pero incluso con dos extremos, las líneas de comunicación se pueden duplicar para crear redundancias.

En el caso de una falla total de comunicación, los dispositivos se pueden programar para que cambien automáticamente a operación de emergencia usando una protección de sobrecorriente de tiempo integrada hasta que se restablezca la comunicación. Esta protección contra sobrecorriente de tiempo tiene tres etapas de sobrecorriente de tiempo definido y una etapa de tiempo inverso. Se dispone de una serie de características según varios estándares para la etapa de tiempo inverso. Alternativamente, la protección de sobreintensidad de tiempo se puede utilizar como una protección de sobrecorriente de tiempo de respaldo (es decir, opera de forma independiente y en paralelo a la protección diferencial en cualquier extremo).

El enlace de comunicación se puede utilizar para transmitir información adicional. Además de los valores medidos, se pueden transmitir (opcionalmente) comandos binarios u otra información. Dependiendo del tipo de relé, las funciones de protección contra cortocircuitos también pueden disparar fases individuales (unipolar). Pueden operar en cooperación con un reenganche automático integrado con el cual es posible el reenganche automático rápido unipolar, tripolar o unipolar y tripolar (así como el reenganche automático multidisparo) en líneas aéreas. Es posible conectar un reenganche automático externo así como doble protección con una o dos funciones de reenganche automático. Aparte de las funciones de protección contra cortocircuitos mencionadas, un

Se ha integrado una protección de sobrecarga que protege los cables y los transformadores de potencia del calentamiento debido a la sobrecarga. La protección opcional contra fallas del disyuntor proporciona una rápida instrucción de eliminación de fallas de respaldo a los disyuntores adyacentes en caso de que el disyuntor local no responda.

Los relés diferenciales de cable piloto también se utilizan para proteger líneas de transmisión y distribución de longitud corta y media. La protección diferencial convencional no es práctica para la protección de falla de línea de transmisión o distribución debido a las distancias requeridas para unir los cables del interruptor de circuito y el CT.

La protección diferencial del cable piloto puede emplearse en las estaciones generadoras entre el transformador elevador unitario y el patio de distribución de la estación si están separados por una distancia significativa (generalmente mayor de 2000 pies).

4.21.2 Principios de funcionamiento

La función ANSI 87L (relé de protección diferencial de corriente) se define como un dispositivo que opera en un porcentaje, ángulo de fase u otra diferencia cuantitativa de dos o más corrientes u otras cantidades eléctricas.

El principio básico de la protección diferencial asume que todas las corrientes que fluyen hacia una sección protegida sana suman cero. Si los conjuntos de transformadores de corriente en los extremos de la línea tienen diferentes errores de transformación en el rango de sobrecorriente, la suma de las corrientes secundarias puede alcanzar niveles considerables debido a la saturación de los transformadores de corriente cuando fluye una corriente de falla alta a través de la línea. Este nivel de corriente puede interpretarse como una falla interna. Las características incluidas en algunos relés para evitar errores en caso de saturación del transformador de corriente se pueden aplicar con éxito si la protección conoce la característica de respuesta de los transformadores de corriente. Para lograr esto, los datos característicos de los transformadores de corriente y de sus circuitos secundarios se programan en el relé. El factor límite de precisión nominal (n) de los transformadores de corriente y la potencia nominal (PN) generalmente se indican en la placa de características de los transformadores de corriente. La información indicada se refiere a condiciones de referencia (corriente nominal, carga nominal). Con esta información ingresada en el relé, puede compensar la saturación del transformador de corriente.

4.21.3 Relés de cable piloto (87L)

Los relés de cable piloto también funcionan según el principio diferencial. Se instalan relés idénticos en cada extremo de la línea protegida. Los relés están conectados entre sí mediante un cable piloto. El cable piloto sirve como medio de intercambio de información entre los dos relés. Permite comparar la corriente que ingresa a la zona con la corriente que sale de la zona en ambos relés. Ambos relés detectarán una falla dentro de la zona de protección. La protección del cable piloto permite un rápido aislamiento en ambos extremos de una línea con falla. Como ocurre con todos los esquemas diferenciales, la inmunidad contra disparos no deseados durante fallas pasantes es alta.

5

DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN

La protección del sistema se ha comparado a menudo con un seguro. Mientras todo funcione bien, no proporciona ningún beneficio tangible. Sin embargo, si ocurre una falla, la protección del sistema es responsable de minimizar la extensión del área afectada, la cantidad de daño a la propiedad y la posibilidad de lesiones personales. Al igual que con una póliza de seguro, el costo de la protección debe compararse con el costo y las consecuencias de las fallas del sistema.

La Sección 5 describe los conceptos de diseño y aplicación utilizados en los relés de protección. Al comprender la filosofía de diseño general y el enfoque de los relés de protección, se puede apreciar más completamente la importancia del mantenimiento realizado correctamente.

Punto clave del desempeño humano

Al comprender la filosofía de diseño general y el enfoque de los relés de protección, se puede apreciar más completamente la importancia del mantenimiento realizado correctamente.

5.1 Filosofía de diseño de sistemas de protección

5.1.1 Objetivos de desempeño

El propósito de los relés de protección es iniciar el retiro inmediato del servicio de cualquier componente de un sistema de energía cuando sufre un cortocircuito o funciona de manera anormal de una manera que podría interferir con el funcionamiento efectivo del resto del sistema. El relé de protección ideal cumple los siguientes objetivos:

- Elimina rápidamente los componentes defectuosos del servicio con la menor interrupción posible para el resto del sistema
- No realiza ninguna acción en respuesta a transitorios anticipados del sistema o condiciones tolerables (pero anormales)

Cuando ocurre una falla dentro de un sistema, los relés de protección primarios más cercanos a la falla deben actuar rápidamente para aislar la falla. Dependiendo del diseño y la función, los relés de respaldo más alejados de la falla pueden comenzar a operar, pero en realidad no deberían iniciar ninguna función de disparo siempre que los relés primarios funcionen correctamente. Si los relés primarios no logran aislar la condición de falla, los relés de respaldo deben completar su operación para aislar la falla.

5.1.2 Características ideales del relé

Los relés de protección no previenen ocurrencias anormales o fallas dentro del sistema de energía. En cambio, los relés de protección responden a condiciones indicativas de un problema de sistema o equipo. En otras palabras, estos relés no anticipan problemas, pero responden a problemas cuando se reconoce la condición anormal. Esto es cierto en gran medida para los relés de protección electromecánicos y estáticos. Los relés digitales también reaccionan a un cambio en las condiciones del sistema. Los relés son inteligentes y pueden tomar decisiones basadas en los datos históricos registrados y el cambio que se produce debido a una condición anormal. Por lo tanto, es posible que un relé digital distinga entre una condición de falla de fusible y un cortocircuito real que se vería idéntico para un relé 21.

Punto técnico clave

yo Es posible que un relé digital distinga entre una condición de falla de fusible y un cortocircuito real que parecería idéntico para un relé 21.

En general, el relé de protección ideal tendría las siguientes características de diseño:

- **Máxima confiabilidad:** El relé se activará solo para condiciones del equipo o del sistema que indiquen un problema. No se producirá una actuación espuria del relé o una actuación en respuesta a condiciones transitorias normales o tolerables.
- **Velocidad máxima:** El relé detectará fallas en equipos o sistemas y realizará su función protectora lo más rápido posible mientras mantiene la selectividad y la seguridad.
- **Selectividad:** La función de protección solo sacará de servicio el equipo con fallas; se produce una interrupción mínima del sistema como resultado de la activación del relé.
- **Sencillez:** El esquema de protección de relés se diseñará de la manera más simple posible. Es extremadamente fácil sobre-diseñar un esquema de protección usando relés digitales multifuncionales. Se debe tener cuidado de no tener demasiada redundancia que podría conducir a una complejidad innecesaria del diseño general del sistema.
- **Proveer información:** Los relés digitales deben poder proporcionar al usuario información sobre una falla o evento. Los relés tienen la capacidad de registrar eventos que incluyen el estado de la planta, datos de disparo de la función de protección y datos analógicos que representan las corrientes y voltajes conectados al relé. Ésta es una de las principales ventajas de los relés de protección digitales. Cuanto más precisa y accesible sea la información, más fácil será analizar y tomar decisiones informadas para volver a poner una máquina en servicio.
- **Bajo costo:** Las características de diseño enumeradas anteriormente se lograrán al menor costo posible. Los relés multifuncionales digitales han reducido drásticamente el costo de un sistema de protección en comparación con el de un sistema electromecánico. Por tanto, el coste no es un factor real en comparación con la inversión que se protege. Es posible proteger completamente un generador usando dos relés multifuncionales digitales que tienen más funcionalidad y redundancia que un diseño de sistema electromecánico. La cuestión clave se refiere al método más rentable para actualizar a este tipo de protección.

En las siguientes subsecciones se presenta información adicional sobre algunas de estas características, así como otros factores.

Punto clave O y MCost

Los relés digitales deben poder proporcionar al usuario información sobre una falla o evento. Cuanto más precisa y accesible sea la información, más fácil será analizar y tomar decisiones informadas para volver a poner una máquina en servicio.

5.1.2.1 Fiabilidad

La fiabilidad del relé de protección se describe de las dos formas siguientes:

- El relé debe funcionar correctamente en respuesta a un problema del sistema (confiabilidad)
- El relé no debe funcionar incorrectamente durante el funcionamiento normal del sistema (seguridad)

La confiabilidad se define como el grado de certeza de que un relé o sistema de relés funcionará correctamente. La seguridad se define como el grado de certeza de que un relé o un sistema de relés no funcionará sin darse cuenta. En términos más directos, la confiabilidad es una medida de la capacidad del relé de protección para funcionar correctamente cuando se requiere. La seguridad es su capacidad para evitar operaciones innecesarias durante las condiciones normales del sistema o en respuesta a fallas del sistema fuera de su zona de protección. El aumento de la confiabilidad del relé tiende a reducir la seguridad del relé y el aumento de la seguridad del relé tiende a disminuir la confiabilidad del relé. Equilibrar estas dos necesidades del sistema y al mismo tiempo anticipar las muchas posibles configuraciones inusuales del sistema requiere una experiencia considerable.

Los relés digitales proporcionan la plataforma para maximizar la confiabilidad y la seguridad. La razón de esto es bastante simple. Los relés digitales pueden tomar decisiones informadas basadas en datos históricos registrados o almacenados en búfer. Es bastante común incorporar lógica en relés digitales que ralentizarán el relé en determinadas condiciones y lo acelerarán en otras, maximizando así la seguridad y la fiabilidad de una forma que no era posible con los relés electromecánicos.

Punto técnico clave

Los relés digitales proporcionan la plataforma para maximizar la confiabilidad y la seguridad.

La confiabilidad es relativamente fácil de verificar. Las pruebas de relés pueden determinar que el relé responde correctamente cuando se exceden los puntos de ajuste definidos. Los relés digitales, sin embargo, necesitarían que el probador aplique condiciones previas a la falla antes de aplicar la falla simulada real. Por lo tanto, si se entienden las condiciones de falla del sistema para las cuales debe actuar el relé, la confiabilidad del relé para realizar su función de diseño se puede verificar mediante pruebas.

La seguridad puede ser más difícil de verificar para un relé. Para evaluar el desempeño de un relé en el área de seguridad, se debe considerar cada falla fuera de la zona protegida que el relé detecta. Esto puede ser difícil en redes complejas de transmisión y distribución cuando las condiciones de conmutación y flujo de carga cambian los numerosos parámetros que afectan los escenarios de fallas externas. Puede ser

Es difícil anticipar las posibles configuraciones del sistema que pueden existir durante el funcionamiento normal para las cuales el relé no debe actuar. Afortunadamente, las plantas nucleares tienden a operar de una manera bien definida y algo fija, lo que facilita la medición de la seguridad del relé.

5.1.2.2 Selectividad

El hecho de que el relé sea selectivo significa que el dispositivo de protección solo retirará del servicio el equipo averiado. La interrupción mínima del sistema ocurre como resultado de la activación del relé. Los relés de protección utilizados en las plantas de energía están diseñados para que el relé más cercano a la falla responda primero para aislar la falla. El relé más cercano a la falla es el principal responsable de eliminar la falla lo antes posible, limitando así la pérdida de energía. Si la protección primaria falla, la protección de respaldo puede responder para eliminar la falla. Este principio de operación se denomina selectividad y es un requisito de diseño fundamental para minimizar la cantidad de sistema desenergizado en respuesta a una condición de falla. De esta manera, se puede permitir que las zonas de protección se superpongan.

Un ejemplo de esto es la aplicación de esquemas de protección como el enclavamiento inverso para protección de barras utilizando el relé de sobrecorriente instantánea. En esta aplicación, el relé de bus recibe entradas de sobrecorrientes instantáneas asociadas con cada relé de alimentador. El funcionamiento de cualquier relé de alimentador bloquea el funcionamiento de la protección primaria del relé de bus para evitar un sobredisparo por fallas fuera de la zona de protección del bus. Este ejemplo define cómo un esquema selectivo permite aislar el alimentador fallado sin afectar al resto de los circuitos de distribución. El estudio de coordinación define el umbral de ajuste y la coordinación temporal de los relés.

5.1.2.3 Sencillez

El diseño del sistema de protección no debe ser más complejo de lo necesario para implementar los objetivos de protección del sistema. Cada componente agregado aumenta el costo del sistema, así como los costos de mantenimiento continuo. Además, cada componente agregado puede restar valor a la confiabilidad y seguridad general del sistema. El diseño del sistema debe optimizarse para equilibrar todos los objetivos.

El comportamiento físico de los relés electromecánicos simulados en un microprocesador de señales digitales se denomina algoritmo. La ventaja de los relés basados en números es que un microprocesador es un dispositivo multitarea. El relé puede ser un relé multifuncional y reemplazar los múltiples componentes monofásicos de función única de los relés electromecánicos. El relé puede monitorearse a sí mismo, utilizar autodiagnósticos y emitir una alarma cuando no brinda protección. Esta sencilla característica es uno de los aspectos más valorados de los relés de protección numéricos modernos.

Punto clave del desempeño humano

El comportamiento físico de los relés electromecánicos simulados en un microprocesador de señales digitales se denomina algoritmo. El relé puede monitorearse a sí mismo, utilizar autodiagnósticos y emitir una alarma cuando no brinda protección.

5.1.2.4 Redundancia

La cantidad y disposición de los relés de protección también pueden afectar la confiabilidad. En aplicaciones críticas y esquemas relacionados con la seguridad, el excelente y probado registro de confiabilidad de los relés numéricos puede mejorarse aún más mediante el empleo de relés redundantes. Un esquema de relés redundantes bien diseñado puede reducir la exposición a fallas de un solo punto y mejorar aún más la confiabilidad en caso de falla de un solo relé. La exposición a fallas de un solo punto se puede reducir aún más mediante el empleo de relés redundantes que utilizan diferentes algoritmos de medición y diseños de fuentes de alimentación.

Por ejemplo, si dos juegos de relés numéricos redundantes están dispuestos con salidas de disparo en paralelo, la confiabilidad general mejora en el caso de que un solo relé no funcione debido a una falla. Esta disposición debe usarse si el modo de falla predominante de los relés es una falla en el disparo. Colocar dos salidas de disparo de relé redundantes en serie puede aumentar la confiabilidad si el relé muestra una tendencia a emitir disparos no deseados en ausencia de una falla en la zona protegida.

La elección entre salidas de disparo en paralelo y en serie para relés redundantes requiere que el modo de falla del relé se anticipe con un grado relativamente alto de certeza. El uso de contactos de disparo en paralelo con un relé que tiende a generar disparos no deseados duplica la exposición a una operación falsa. Del mismo modo, el empleo de contactos de disparo en serie con un modelo de relé que muestra una tendencia a no funcionar por una falla interna aumenta la exposición a un mal funcionamiento.

Los relés numéricos tienen un excelente historial y las fallas son raras. La alta confiabilidad de los relés numéricos puede hacer que sea imposible obtener datos y tendencias significativos del modo de falla. En este caso, aún es posible usar relés redundantes para mejorar la confiabilidad y reducir la exposición a fallas de un solo punto mediante el uso de un esquema de votación de dos de tres. Los beneficios de mejorar la confiabilidad a través de la redundancia deben considerarse cuidadosamente debido a una compensación en un mayor costo.

5.2 Enfoque de diseño del sistema de protección

5.2.1 Zonas de protección

El enfoque de diseño general de los relés de protección es dividir el sistema de energía eléctrica en zonas que pueden protegerse cada una con la mínima interrupción posible al resto del sistema. El concepto de zonas de protección se aplica a los relés de protección independientemente de si el sistema a proteger es un sistema principal de transmisión y distribución o una sola planta de energía. En cualquier caso, una falla o transitorio intolerable debe desconectarse del sistema con el menor impacto posible en la parte no afectada del sistema.

Un sistema de energía típico se divide en las siguientes zonas:

- Generadores
- Transformadores
- Autobuses
- Líneas de transmisión y cables Motores
-

En la Figura 5-1 se muestra una parte de un sistema de energía que identifica zonas típicas de protección. Las líneas discontinuas indican las zonas de protección en las que se ha dividido este sencillo sistema eléctrico. Cada zona contiene uno o más componentes del sistema de energía además de los disyuntores ubicados en los límites de la zona.

Las zonas de protección se definen alrededor de la ubicación de los disyuntores. Una filosofía de diseño general es que una falla dentro de una zona determinada debe provocar el disparo de todos los interruptores automáticos en el límite de la zona y no el disparo de los interruptores automáticos fuera de la zona con falla. Se puede ver en la Figura 5-1 que las zonas de protección se superponen para evitar la posibilidad de áreas desprotegidas en el sistema eléctrico. Sin embargo, el área de superposición generalmente se minimiza tanto como sea posible porque una falla en la región de superposición resultaría en el aislamiento de dos zonas. La Figura 5-2 muestra en detalle el principio de protección superpuesta alrededor de un interruptor automático.

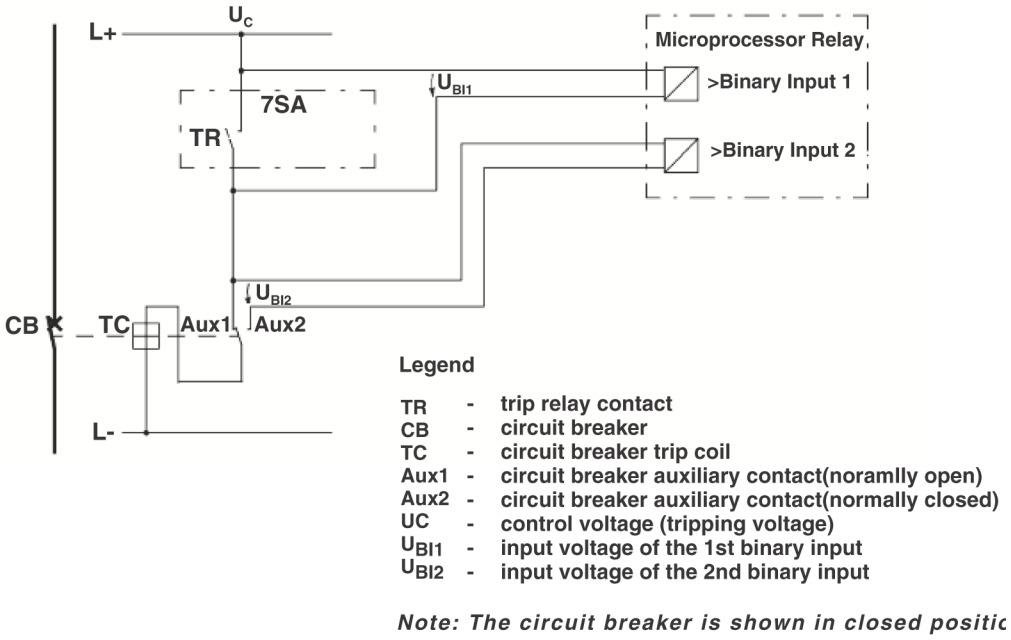


Figura 5-1
Zonas de protección superpuestas

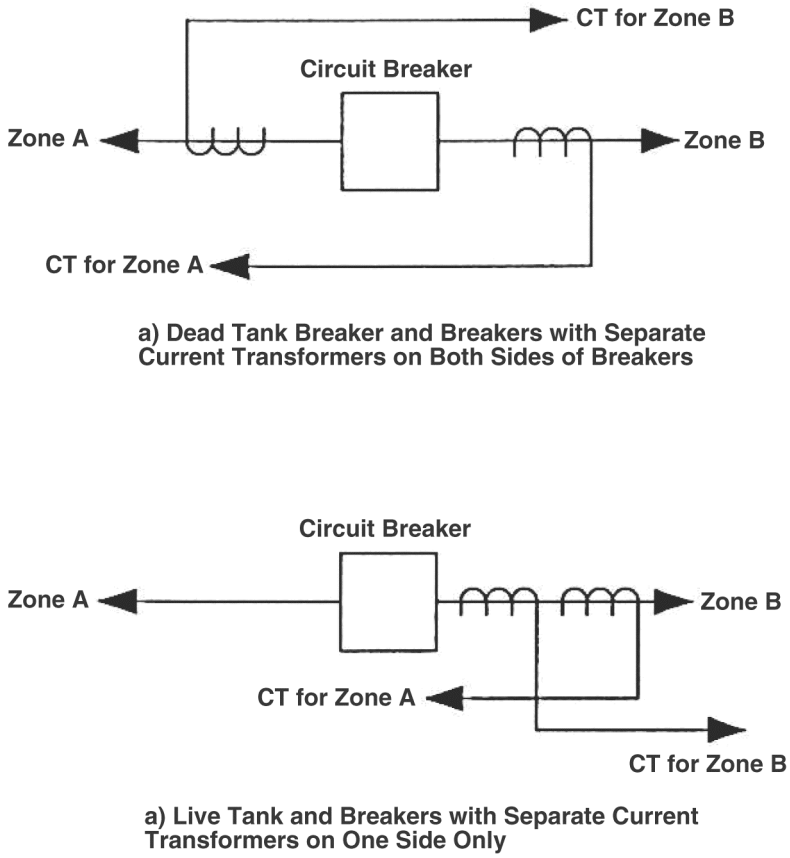


Figura 5-2
Protección superpuesta alrededor de un disyuntor

5.2.2 Protección primaria y de respaldo

El principio de zonas de protección descrito en la sección anterior es un ejemplo de protección primaria en la que se aísla una zona con falla para eliminar la falla. La protección de respaldo es la segunda línea de defensa y funciona para eliminar la falla en caso de que la protección primaria no funcione correctamente. Dependiendo del diseño y la función, los relés de respaldo pueden comenzar a operar, pero en realidad no deberían iniciar ninguna función de disparo siempre que los relés primarios funcionen correctamente. Si los relés primarios no logran aislar la condición de falla, los relés de respaldo deben completar su operación para aislar la falla. Los relés digitales se pueden aplicar en muchas configuraciones diferentes.

Debido a la multifuncionalidad de estos relés, es bastante fácil diseñar un sistema que tenga dos sistemas que brinden una redundancia casi completa, como se muestra en la Figura 5-1. Es posible utilizar relés de diferentes fabricantes para mejorar la seguridad. Además, es posible diseñar sistemas utilizando esquemas de votación. Por ejemplo, se pueden usar tres relés para tomar una decisión de disparo. Si dos relevos están de acuerdo, se emitirá el viaje. Aunque estos esquemas parecen ser muy seguros, podrían resultar extremadamente costosos y complicados de diseñar, construir, probar y mantener.

Tenga en cuenta que la falla de la protección primaria no significa solo que un relé de protección falló. La protección primaria puede no aislar una falla debido a una falla de cualquiera de los siguientes dispositivos:

- Relés protectores
- Transformadores de instrumentos
- Circuitos de disparo
- Cortacircuitos
- Suministro de voltaje del circuito de disparo

En caso de falla de la protección primaria, la protección de respaldo disponible actúa para aislar la falla. El método utilizado para distinguir si la protección primaria ha fallado o no se basa generalmente en el tiempo: después de un retardo de tiempo seleccionado durante el cual la protección primaria debería haber aislado la falla, la protección de respaldo completará su respuesta protectora. En una planta de energía, la activación de los relés de respaldo a menudo implicará el aislamiento de múltiples zonas de protección. Por ejemplo, se puede aislar todo un centro de carga después de que se activa la protección de respaldo para aislar una falla del motor.

En general, la protección de respaldo se aplica principalmente para la protección contra cortocircuitos. Debido a que los cortocircuitos son la forma más común de falla del sistema de energía, la protección de respaldo es de mayor valor para los relés de cortocircuito. En la Figura 5-2 se muestra un esquema de protección de respaldo típico. Para una falla a tierra en el generador, el relé 2 debe emitir un disparo para despejar la falla. En el caso de que el relé 2 no se dispare, el relé 1 debe funcionar para aislar la falla.

5.2.3 Criterios de diseño de protección de centrales eléctricas

5.2.3.1 Estándares de relés de centrales eléctricas

Los estándares de la industria se utilizan para desarrollar nuevos diseños de relés. Los fabricantes de relés numéricos utilizan los estándares ANSI / IEEE e IEC para probar el rendimiento de los relés porque ahora los relés se comercializan para aplicaciones en todo el mundo.

Punto técnico clave

Los fabricantes de relés numéricos utilizan los estándares ANSI / IEEE e IEC para probar el rendimiento del relé.

Los estándares para centrales eléctricas proporcionan detalles sobre esquemas de protección y métodos de configuración para aplicaciones comunes como protección de generadores, motores, conmutadores y transformadores.

Los esquemas de protección aplicados específicamente a generadores y transformadores unitarios abordados por los estándares de la industria incluyen los siguientes tipos de protección:

- Diferencial
- Tierra del estator
- Sobretensión
- Pérdida de sincronismo (fuera de sincronismo)
- Fallo a tierra de campo
- Rotor térmico
- Pérdida de excitación p
- Corriente desequilibrada (secuencia negativa)
- Vibración
- Anti-motor (potencia inversa)
- Sobre velocidad
- Respaldo del sistema
- Frecuencia anormal
- Sobreexcitación

Los estándares a los que se hace referencia con más frecuencia se enumeran en el Apéndice C de este documento.

5.2.3.2 Protección nuclear de clase 1E

Los estándares IEEE generalmente se refieren a la clasificación de seguridad de Clase 1E como un elemento esencial para prevenir la liberación significativa de material radiactivo al medio ambiente.

El equipo del sistema de seguridad en las centrales nucleares está diseñado para cumplir o superar los estándares de diseño de la industria. Los programas de garantía de calidad y calificación del diseño se relacionan con la instalación, el mantenimiento y la producción de generación para garantizar que el diseño sea adecuado y seguro. Los diseños deben centrarse en dos áreas principales:

- El equipo dentro de la estación debe ser capaz de realizar funciones de seguridad designadas en entornos de servicio posteriores al diseño.
- El envejecimiento en servicio de la protección no debe degradar el equipo del sistema de seguridad de tal manera que varíe de las condiciones de diseño originales hasta un punto en el que no pueda realizar la función de seguridad.

Quizás la mayor área de preocupación es la falla del modo común. Los programas de calificación de diseño deben garantizar que no existan fallas de diseño y relacionadas con la edad, de modo que se mantenga la protección adecuada a lo largo del tiempo.

La protección nuclear debe cumplir con pautas más estrictas en comparación con las instalaciones de sistemas de energía no nuclear. Los boletines y directrices de reglamentación nuclear se publican para que los ingenieros de protección de estaciones nucleares estén al tanto de los requisitos de diseño de protección y transmitan información operativa. Algunos de estos documentos se mencionan en los Apéndices A y C.

5.3 Interfaces del sistema

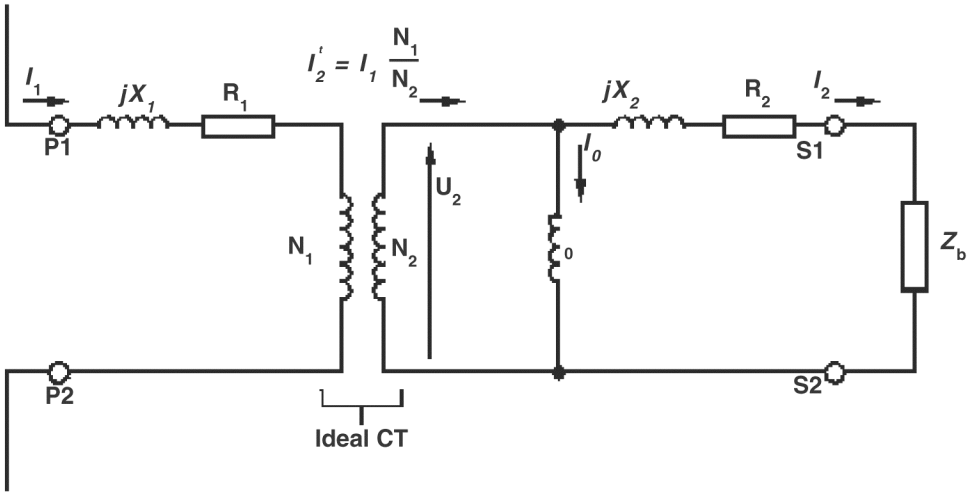
5.3.1 Transformadores de medida

Los transformadores de instrumentos se utilizan como dispositivos de detección para relés de protección. Los relés no detectan directamente los parámetros del sistema eléctrico; los transformadores de instrumentos se utilizan como dispositivos de detección intermedios para reducir las cantidades eléctricas detectadas a niveles más bajos para proporcionar un entorno de trabajo más seguro para el personal y permitir un diseño de relé más simple y menos costoso.

El diseño y el rendimiento del transformador de instrumentos es una parte importante del diseño de relés. Los relés de protección no pueden ser más precisos que los transformadores de medida que proporcionan la información de entrada. Los transformadores de medida operan con los mismos principios que los transformadores ordinarios; sin embargo, están diseñados específicamente para duplicar la forma de onda de entrada de la manera más precisa y predecible posible.

5.3.1.1 Transformadores de corriente

Los transformadores de corriente (TC) están conectados en serie con el circuito cuya corriente se va a medir como se muestra en la Figura 5-3.



X_1 = Primary leakage reactance
R_1 = Primary winding resistance
X_2 = Secondary leakage reactance
Z_0 = Magnetizing impedence
R_2 = Secondary winding resistance
Z_b = Secondary load

Note: Normally the leakage fluxes X_1 and X_2 can be negelected

Figura 5-3
Detalle del circuito del transformador de corriente

Los TC están diseñados para entregar una corriente secundaria que es directamente proporcional a la corriente primaria con la menor distorsión posible. En la mayoría de los casos, la corriente de salida secundaria generalmente se reduce a un nivel inferior a 5 amperios. Aunque hay CT con secundarios de 1 amperio o 10 amperios, la clasificación más común en los Estados Unidos es de 5 amperios.

Los TC están clasificados para una determinada relación de vueltas de funcionamiento. Por ejemplo, un CT con una relación de transformación de 500: 5 reduce 500 amperios en el primario a 5 amperios en el secundario. Un circuito de TC diseñado correctamente produce una corriente secundaria de 5 amperios o menos a la corriente primaria nominal. Aunque el secundario del TC y el relé no están diseñados para un funcionamiento continuo a más de 5 amperios, están diseñados para soportar valores mayores de corriente durante períodos cortos. Por ejemplo, las corrientes de cortocircuito pueden ser 20 o más veces la corriente normal en un sistema eléctrico.

Durante el funcionamiento normal, el devanado secundario del TC induce un flujo magnético que se opone y casi cancela el flujo inducido primario. Como resultado, la densidad de flujo es muy baja y el voltaje resultante en los terminales secundarios también es muy bajo. Los relés, medidores u otros dispositivos conectados se construyen con solo unas pocas vueltas de cable relativamente grande; esta baja impedancia funciona efectivamente como un cortocircuito en el secundario del TC. El voltaje secundario de un CT permanece en un valor bajo mientras el circuito secundario permanezca cerrado. Un circuito abierto en el lado secundario de un TC que todavía tiene flujo de corriente en el lado primario puede resultar en un voltaje secundario peligrosamente alto. La apertura del secundario elimina el flujo secundario opuesto, lo que permite que el flujo primario genere un voltaje muy alto en los terminales secundarios.

el personal puede resultar lesionado por un arco eléctrico debido a un TC en circuito abierto. Cuando el lado primario está transportando corriente, se debe tener mucho cuidado para asegurarse de que el circuito secundario permanezca cerrado en todo momento.

La capacidad del TC para producir una corriente secundaria proporcional a su corriente primaria está limitada por el voltaje secundario más alto que puede producir sin saturación. Más allá de un cierto nivel de excitación (los valores reales están fácilmente disponibles del fabricante), se dice que el CT entra en saturación. Cuando está saturada, la mayor parte de la corriente primaria mantiene el flujo del núcleo y la forma de las corrientes de excitación y secundaria se aparta de la onda sinusoidal normal. El voltaje secundario y la corriente luego colapsan a cero donde permanecen hasta que se alcanza el siguiente cero de corriente primaria. El proceso se repite cada medio ciclo y da como resultado una forma de onda secundaria distorsionada. La saturación de un CT puede evitar que un relé de protección funcione correctamente. Por esta razón, un CT debe dimensionarse cuidadosamente para que funcione correctamente para la corriente de falla máxima esperada. Los TC de baja relación (por ejemplo, 50: 5 o 75: 5) son particularmente susceptibles a la saturación durante condiciones de falla.

Punto clave del desempeño humano

La saturación de un CT puede evitar que un relé de protección funcione correctamente. Por esta razón, un CT debe dimensionarse cuidadosamente para que funcione correctamente para la corriente de falla máxima esperada.

Pueden existir los siguientes problemas si se permite que un CT se sature:

- Disparo falso: los relés diferenciales utilizados para la protección del transformador pueden responder a una condición de falla pasante. Sin embargo, los relés numéricos suponen una carga mucho menor (0,5 VA) en los transformadores de corriente. Los relés numéricos son capaces de detectar la saturación del TC y bloquear el disparo del relé, minimizando el efecto de disparo falso.

- Disparo retardado: una reproducción secundaria distorsionada de la corriente primaria puede retrasar la respuesta de tiempo del relé. Este retraso en el disparo puede resultar en la desactivación de una porción mayor del sistema debido a la pérdida de coordinación del relé causada por la saturación del TC.

- Falla en el disparo: puede ocurrir un fallo en el disparo si la corriente secundaria del TC es muy baja o está extremadamente distorsionada. Entonces, los relés de respaldo deben responder para eliminar la falla. Los relés digitales, sin embargo, tienen la ventaja adicional de que pueden detectar estas condiciones y aun así entregar un disparo porque el relé no depende de la energía que debe ser suministrada por el CT para disparar.

5.3.1.2 Transformadores de voltaje

Los transformadores de voltaje (TT), antes llamados transformadores de potencial (PT), están conectados en paralelo con el circuito cuyo voltaje se medirá como se muestra en la Figura 5-3.

Los TT proporcionan un voltaje de salida secundario proporcional al voltaje primario. Para los voltajes primarios típicos utilizados en plantas nucleares, la relación de vueltas del TT generalmente se diseñará para proporcionar un voltaje de salida de 120 V. El TT ideal entrega un voltaje secundario directamente proporcional al voltaje primario con la menor diferencia de ángulo de fase posible entre los tensiones primarias y secundarias.

Los VT son generalmente mucho más precisos que los CT. Además, los VT no experimentan problemas de saturación que pueden ocurrir con los CT. Los TC pueden hacer que la corriente primaria aumente 20 veces o más durante una falla, pero los TT nunca harán que la tensión primaria aumente de manera tan espectacular.

5.3.2 Circuitos de disparo de CC

ANSI / IEEE C37.90-1989 define los criterios para las fuentes de alimentación de CC y las clasificaciones máximas de diseño de voltaje de CC del circuito auxiliar. La Tabla 5-3 enumera estas clasificaciones según lo dispuesto por ANSI / IEEE C37.90. Los relés numéricos aplicados a estos voltajes están diseñados para funcionar con éxito en un rango del 80% del voltaje nominal.

Tabla 5-1
ANSI / IEEE C37.90-1989 Tabla 3 - Voltaje máximo de diseño para alimentación de control de CC

Maximum Design Voltage for DC Control Power

Rated Volts	Maximum Design Volts
24	28
48	56
125	140
250	280

Los relés más antiguos accionaban un contacto de disparo en el circuito de disparo del interruptor para energizar la bobina de disparo. Los circuitos de disparo en un relé numérico ahora están conectados a salidas binarias, que están conectadas de manera similar para energizar la bobina de disparo. Estas salidas binarias tienen la capacidad de establecerse en una posición de "enclavamiento" o "desenganche" después de la operación. Normalmente, la salida binaria del circuito de disparo se establece como un tipo de desenclavamiento. Cuando se conecta a la bobina de disparo del disyuntor o en circuitos donde se requiere la funcionalidad de "bloqueo", se puede utilizar un tipo de enclavamiento.

Los relés numéricos pueden tener la capacidad de conectarse a una variedad de voltajes de alimentación. Hay opciones disponibles que incluyen suministros de rango múltiple o fuentes de alimentación universales. Las fuentes de alimentación de rango múltiple pueden requerir que se configure un puente interno para un voltaje de suministro específico.

Debido a que el control local y remoto se puede integrar en relés numéricos, el disparo se puede iniciar utilizando interruptores de control de disparo ubicados en el panel frontal del relé para activar el circuito de disparo o mediante el protocolo de interfaz del sistema.

Punto clave O y MCost

Debido a que el control local y remoto se puede integrar en relés numéricos, el disparo se puede iniciar utilizando interruptores de control de disparo ubicados en el panel frontal del relé para activar el circuito de disparo o mediante el protocolo de interfaz del sistema.

Muchos relés numéricos incluyen un monitor de circuito de disparo integrado. Dependiendo del número de entradas binarias disponibles, se puede seleccionar el monitoreo con una o dos entradas binarias para monitorear el circuito de disparo. Cuando se utilizan dos entradas binarias, se pueden detectar fallos en el circuito de disparo en todas las condiciones del interruptor. Cuando solo se usa una entrada binaria, no se pueden detectar fallas en el interruptor de circuito, solo el circuito de la bobina de disparo. La sección 13.1 trata en detalle el monitoreo de la bobina de disparo.

Punto técnico clave

Cuando se utilizan dos entradas binarias, se pueden detectar fallos en el circuito de disparo en todas las condiciones del interruptor.

Los relés electromecánicos usaban un objetivo de sellado para señalar al operador cuando se había producido un disparo. Los relés numéricos utilizan diodos emisores de luz para vincular las salidas de disparo binarias a una ubicación de LED para señalar un disparo. La operación de disparo también se puede señalizar al centro de control principal a través del protocolo de interfaz del sistema.

5.3.3 Equipo de comunicación

Los relés numéricos modernos proporcionan diseños flexibles en lo que respecta a la protección y permiten al usuario conectar dispositivos a una variedad de plataformas de comunicación.

Los relés numéricos generalmente se diseñan con la funcionalidad de comunicación aislada de las funciones de protección. Ahora se ofrecen varias opciones de comunicación con relés numéricos. En el pasado, los relés electromecánicos y de estado sólido tenían capacidades de comunicación limitadas.

La comunicación de retransmisión numérica al mundo exterior puede incluir retransmisión a computadora personal, retransmisión, portadora de línea eléctrica, interfaz SCADA y comunicaciones por satélite. Las interfaces de comunicación son cada vez más importantes para el funcionamiento eficiente y económico de las estaciones y redes de generación.

Punto clave del desempeño humano

La comunicación de retransmisión numérica al mundo exterior puede incluir retransmisión a computadora personal, retransmisión, portadora de línea eléctrica, interfaz SCADA y comunicaciones por satélite. Las interfaces de comunicación son cada vez más importantes para el funcionamiento eficiente y económico de las estaciones y redes de generación.

5.3.3.1 Portador de línea eléctrica

Con el uso cada vez mayor de fibra, la comunicación por portadora de línea eléctrica se considera con menos frecuencia en los diseños modernos de comunicación por relé. Sin embargo, cuando se actualizan los esquemas de protección, aún deben interactuar con esquemas de sistemas de energía remotos que pueden incluir un operador de línea eléctrica. Esto se maneja fácilmente con relés modernos.

La comunicación del portador de la línea eléctrica para la protección de la distancia de la línea y el disparo de transferencia directa se encuentra en los patios de distribución en las líneas de transmisión que se alimentan de la instalación de generación que se utiliza junto con la protección de la distancia de la línea. Esta forma de comunicación se conecta a terminales de línea remota utilizando el conductor principal de la línea eléctrica. El equipo de comunicación secundario está acoplado al primario por medio de dispositivos de potencial de condensador de acoplamiento, filtros y equipo de sintonización.

Esta forma de comunicación permite que los terminales de relé de la línea de transmisión pasen señales entre estaciones para bloquear o iniciar el disparo según los requisitos de la aplicación.

5.3.3.2 SCADA

La mayoría de las subestaciones e instalaciones generadoras modernas utilizan alguna forma de SCADA (control de supervisión y adquisición de datos) para permitir a los operadores o centros operativos monitorear y controlar el equipo de forma remota. SCADA se origina en el centro de control en forma de software y se utiliza para el control de procesos. SCADA funciona recopilando datos en tiempo real desde ubicaciones remotas para controlar el equipo y las condiciones. SCADA se utiliza en plantas de energía, así como en refinación de petróleo y gas, telecomunicaciones, transporte y control de agua y desechos.

Desde el centro de control, las computadoras SCADA se conectan a ubicaciones remotas utilizando diversas formas de equipos y protocolos de comunicación (es decir, DNP, Modbus o Profibus).

Los sistemas SCADA incluyen componentes de hardware y software. El hardware recopila y alimenta datos a una computadora que tiene instalado el software SCADA. Luego, la computadora procesa y presenta los datos de manera oportuna. SCADA también registra y registra todos los eventos en un archivo almacenado en un disco duro, que puede enviarse a una impresora para su análisis o informes. Una ventaja significativa de tener un SCADA frente a un sistema de control remoto es la capacidad de acelerar las condiciones anormales de alarma del sistema a los operadores por problemas o mal funcionamiento del equipo remoto.

5.3.3.3 IRIG B

Muchos relés numéricos ahora tienen la opción de proporcionar información de la hora del día en forma síncrona para la correlación de datos con el tiempo. Esta característica es importante al evaluar los transitorios en todo el sistema. Los códigos de tiempo formateados en paralelo y en serie se utilizan para interconectar de manera eficiente el sistema de temporización (fuente de hora del día) con el sistema del usuario. Los códigos de tiempo paralelos se definen en el estándar IRIG 205-87. Este estándar define las características de seis códigos de tiempo en serie.

Punto técnico clave

Muchos relés numéricos ahora tienen la opción de proporcionar información de la hora del día en forma síncrona para la correlación de datos con el tiempo.

La familia de formatos de código de tiempo en serie con escala de velocidad se designa alfabéticamente A, B, D, E, G y H. En la industria de los relés, el formato IRIG B es el formato estándar. IRIG B es un código de tiempo de 74 bits que contiene 30 bits de información BCD de la época del año en días, horas, minutos y segundos; 17 bits de segundos del día; y 27 bits para funciones de control con una resolución de 10 mseg.

Con la capacidad de comunicación IRIG, se pueden sincronizar múltiples relés usando una referencia de reloj IRIG B. Esto permite la comparación entre múltiples eventos de relé y registros de fallas sin introducir errores de temporización.

Punto clave O y MCost

W Con la capacidad de comunicación IRIG, se pueden sincronizar múltiples relés usando una referencia de reloj IRIG B. Esto permite la comparación entre múltiples eventos de relé y registros de fallas sin introducir errores de temporización.

5.4 Disparo selectivo

5.4.1 Características de tiempo inverso

La coordinación del dispositivo de protección en un alimentador radial o para cualquier alimentador de distribución es importante. La coordinación de los dispositivos de protección es necesaria para mantener la selectividad (es decir, para eliminar la parte del sistema de energía que está experimentando la falla). La curva de corriente de tiempo inverso proporciona coordinación al mismo tiempo que ofrece la velocidad y precisión necesarias para eliminar rápidamente la falla correcta. Por la naturaleza del diseño, las curvas de tiempo inverso utilizan la magnitud de la corriente para decidir el tiempo de disparo, a diferencia de los relés instantáneos con tiempo definido.

El nombre de la curva de tiempo inverso se explica por sí mismo. Cuanto mayor sea la magnitud de la falla o la corriente de carga, menos tiempo se requiere para que el relé funcione. Esto proporciona una rápida eliminación de la parte defectuosa del sistema de energía. En condiciones de carga normal o para una corriente de falla de baja magnitud, el relé deja suficiente tiempo para que otros dispositivos aguas abajo eliminen la falla. Debido a que el relé del microprocesador tiene que procesar la corriente matemáticamente para decidir el tiempo de disparo, el relé puede equiparse con diferentes tipos de curvas inversas.

El usuario en el momento del estudio decide la curva a utilizar. El relé simplemente activa la ecuación de la curva y la procesa en consecuencia. IEEE ha creado curvas inversas estándar. El fabricante del relé de microprocesador debe cumplir con estas curvas. Dependiendo del tiempo de disparo para corriente más alta o para corriente más baja, están disponibles diferentes curvas.

La siguiente lista incluye algunas de las muchas curvas populares:

- Moderadamente inverso
- Inverso
- Normalmente inverso
- Muy inverso
- Extremadamente inverso

La Figura 5-4 muestra estas curvas con las ecuaciones establecidas por IEEE.

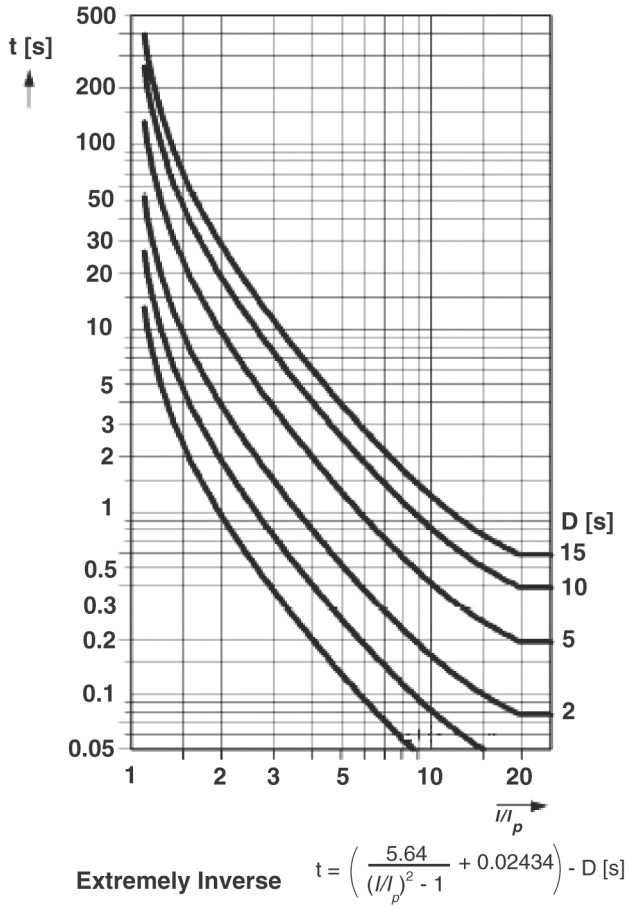


Figura 5-4
Curvas características de tiempo inverso IEEE

5.4.2 Estudio de cortocircuito

Para obtener una coordinación completa del equipo de protección aplicado, puede ser necesario obtener parte o la totalidad de la siguiente información sobre corrientes de cortocircuito para cada nodo o bus:

- Corriente de cortocircuito momentánea máxima y mínima (primer ciclo)
- Corriente de cortocircuito de servicio de interrupción máxima y mínima
- Corriente de falla a tierra máxima y mínima

Las corrientes momentáneas se utilizan para determinar las corrientes máxima y mínima a las que responden los dispositivos de disparo instantáneo y de acción directa.

La corriente de interrupción máxima es el valor de la corriente a la que se establece el intervalo de coordinación de protección del circuito. Se necesita la corriente de interrupción mínima para determinar si la sensibilidad de protección del circuito es adecuada.

Un estudio de cortocircuito y un estudio de coordinación debe actualizarse cuando aumenta el cortocircuito disponible de la fuente a una planta.

5.4.3 Coordinación de dispositivos de protección

El objetivo de un estudio de coordinación es determinar las características, clasificaciones y ajustes de los dispositivos de protección contra sobrecorriente para garantizar que la carga mínima sin fallas se interrumpa cuando los dispositivos de protección aíslan una falla o sobrecarga en cualquier parte del sistema. Al mismo tiempo, los dispositivos y los ajustes seleccionados deben proporcionar una protección satisfactoria contra sobrecargas en el equipo y deben interrumpir las corrientes de cortocircuito lo más rápidamente posible.

El estudio de coordinación proporciona datos útiles para la selección de relaciones de transformadores de instrumentos, características de relés de protección y configuraciones y clasificaciones de fusibles. También proporciona otra información pertinente a la provisión de una protección y selectividad óptimas en la coordinación de estos dispositivos.

Al trazar las curvas de coordinación, se debe mantener un cierto intervalo de tiempo entre las curvas de los distintos dispositivos de protección para garantizar el correcto funcionamiento secuencial de los dispositivos. Este intervalo se denomina intervalo de tiempo de coordinación.

Cuando se coordinan curvas inversas, el intervalo de tiempo suele ser de 0,3 a 0,4 segundos. Este intervalo se mide entre relés en serie con el ajuste instantáneo del lado de carga del relé del alimentador o la corriente máxima de cortocircuito, que puede fluir a través de ambos dispositivos simultáneamente.

Una comprensión básica de las características tiempo-corriente es esencial en cualquier estudio. La planificación inicial y los datos del sistema eléctrico también son esenciales para cualquier estudio de coordinación.

El proceso de planificación inicial debe incluir las siguientes actividades:

- Desarrollar un diagrama unifilar
- Determinar el flujo de carga Recopilar
- datos
- Realizar un estudio de cortocircuito
- Determine las curvas de coordinación de la corriente de tiempo para todos los dispositivos del sistema

6

PRÁCTICAS DE MANTENIMIENTO DE RELÉS NUMÉRICOS

6.1 Información de contexto

Debido a que los relés electromecánicos tenían partes mecánicas móviles (como contactos y objetivos) y componentes eléctricos (como condensadores y bobinas), existía la preocupación de que pudieran ocurrir fallas o desviaciones de la configuración del relé con el tiempo. Esto generó una preocupación adicional de que la confiabilidad de la protección se vería comprometida. Por esta razón, se implementaron pruebas de calibración y funcionales frecuentes para monitorear el desempeño y corregir problemas para mantener un funcionamiento confiable del relé. Estas pruebas incluyeron inspecciones visuales, limpieza de contactos y partes móviles, configuración de calibración para verificar que la recolección sea adecuada y una prueba operativa general del esquema que incluyó la operación del equipo primario asociado conectado a la protección.

Los programas de mantenimiento existen desde hace años. Los programas han evolucionado con el tiempo a medida que el diseño y la tecnología de los relés han cambiado. Los intervalos de mantenimiento normalmente los establecen los usuarios y se desarrollaron como resultado de las filosofías de mantenimiento y el historial de rendimiento del relé. No existe ningún estándar que defina los intervalos de mantenimiento para varios tipos de relés y sus aplicaciones. En los últimos años se ha puesto un mayor énfasis en la fiabilidad de la red y, debido a la competencia entre empresas, se ha puesto mayor énfasis en mantener y aumentar su base de clientes. Esto ha llevado a las empresas a centrarse más en sus programas de mantenimiento. Las pautas y regulaciones federales y regionales pueden eventualmente dictar requisitos de mantenimiento específicos a nivel local o incluso en toda la industria.

Como los clientes han agregado relés numéricos, los intervalos de mantenimiento se han extendido debido a la naturaleza del diseño del equipo. Las piezas móviles, los contactos, las bobinas y los problemas de deriva se han eliminado prácticamente. Actualmente, el enfoque ha pasado de las pruebas de calibración a las pruebas funcionales o de esquema. El relé numérico ha demostrado ser un dispositivo confiable y preciso; por lo tanto, se requiere menos mantenimiento.

Punto clave O y MCost

Como los clientes han agregado relés numéricos, los intervalos de mantenimiento se han extendido debido a la naturaleza del diseño del equipo. Las piezas móviles, los contactos, las bobinas y los problemas de deriva se han eliminado prácticamente. El relé numérico ha demostrado ser un dispositivo confiable y preciso; por lo tanto, se requiere menos mantenimiento.

La mayoría de los fabricantes afirman que no se requiere mantenimiento en sus relés numéricos. Sin embargo, esto no elimina la necesidad de verificar el funcionamiento general y verificar que el

el equipo funciona de forma fiable. Se debe establecer un programa de mantenimiento de relés estructurado y coherente para los esquemas de relés numéricos de modo que se mantenga una operación de protección confiable.

Punto clave del desempeño humano

La mayoría de los fabricantes afirman que no se requiere mantenimiento en sus relés numéricos. Sin embargo, esto no elimina la necesidad de verificar el funcionamiento general y verificar que el equipo primario funcione de manera confiable.

6.2 Clasificación de mantenimiento

El mantenimiento y las pruebas de los relés de protección se pueden dividir lógicamente en cuatro categorías: pruebas de aceptación, comprobaciones de instalación, mantenimiento preventivo (o periódico) y comprobaciones posteriores a la reparación o mantenimiento. Cada categoría representa un evento o circunstancia que justifica algún tipo de acción de mantenimiento. Estas categorías de mantenimiento para relés de protección se describen en las siguientes subsecciones.

6.2.1 Prueba de aceptación

Las pruebas de aceptación están asociadas con el diseño y fabricación de productos. Los fabricantes o las autoridades de certificación realizan estas pruebas para validar los diseños de nuevos productos y para garantizar que las unidades de producción cumplan con los requisitos de diseño y fabricación.

Los usuarios finales a menudo optan por realizar pruebas de aceptación en las unidades recién recibidas para verificar que las características de rendimiento y la configuración de fábrica sean las especificadas. Por lo general, se realiza una inspección de recibo para garantizar que no se hayan producido daños durante el envío

6.2.2 Comprobaciones de instalación

Las comprobaciones de instalación se realizan cuando un relé de protección se pone inicialmente en servicio. Las comprobaciones de instalación incluyen calibración, inspecciones mecánicas y pruebas eléctricas. Estas verificaciones se llevan a cabo para garantizar que se hayan descargado los ajustes y parámetros de configuración adecuados al relé, que esté instalado correctamente y que, de lo contrario, sea completamente capaz de realizar la función prevista.

6.2.3 Mantenimiento preventivo (o periódico)

El mantenimiento preventivo se realiza de forma programada por las siguientes razones:

- Para detectar y corregir problemas reales o inminentes.
- Para verificar que el desempeño del relé esté dentro de los límites operativos aceptables
- Para reducir la probabilidad de fallas futuras o rendimiento degradado asegurándose de que el relé esté en buenas condiciones de funcionamiento.

El mantenimiento preventivo puede incluir pruebas, verificaciones, inspecciones, mediciones, reemplazos, reacondicionamientos, actualizaciones de firmware y actividades similares.

6.2.4 Comprobaciones posteriores a la reparación o sustitución

Las comprobaciones posteriores a la reparación o el reemplazo se realizan después de reparar un relé o reemplazar un relé o componentes. Estas verificaciones se realizan para verificar que las reparaciones fueron exitosas, que los componentes de reemplazo se instalaron correctamente y para asegurarse de que el relé funciona satisfactoriamente después del mantenimiento correctivo. Las comprobaciones posteriores a la reparación son idénticas a las comprobaciones de instalación que normalmente se realizarán como se describe en la Sección 6.2.2

6.3 Descripción general de las comprobaciones, inspecciones y pruebas de relés de protección

Las cuatro categorías principales de mantenimiento de relés discutidas en la Sección 6.2 establecen una estructura a nivel de programa para realizar el mantenimiento de relés de protección. La siguiente pregunta lógica se refiere a las comprobaciones, inspecciones y pruebas específicas que deben realizarse dentro de cada categoría. Las siguientes subsecciones definen elementos de mantenimiento específicos (es decir, tipos de comprobaciones, inspecciones y pruebas) aplicables al mantenimiento de relés de protección. La Sección 8 vincula los elementos de mantenimiento específicos a las principales categorías de mantenimiento.

Los relés numéricos han revolucionado todos los aspectos de protección y control. Las pruebas no son una excepción. Hay espacio para mucha innovación en el desarrollo de estrategias de prueba y no es probable que haya un consenso durante algún tiempo. Las prácticas variarán de una empresa a otra.

Punto clave del desempeño humano

Los relés numéricos han revolucionado todos los aspectos de protección y control. Las pruebas no son una excepción. Hay espacio para mucha innovación en el desarrollo de estrategias de prueba y no es probable que haya un consenso durante algún tiempo. Las prácticas variarán de una empresa a otra.

6.3.1 Inspección visual y limpieza

Una inspección visual es una verificación minuciosa de un relé para identificar signos visibles de degradación inusual o, en el caso de relés nuevos, daños durante el envío. Una inspección visual suele ser el primer método mediante el cual se identifica un problema pendiente.

Cuando se reciben relés en el sitio para una nueva instalación, una inspección visual debe ser una de las primeras tareas realizadas. Los controles visuales se utilizan para verificar que el envío incluye elementos como el modelo de relé correcto, el voltaje de la fuente de alimentación y el voltaje de entrada / salida binaria.

6.3.2 Verificaciones mecánicas

Los controles mecánicos son prácticamente inexistentes en el contexto de los relés de microprocesador. Es posible que sea necesario realizar ciertas comprobaciones mecánicas en determinados relés. En los relés que utilizan puentes de placa de circuito impreso, puede ser necesaria una inspección / configuración mecánica antes de poner en servicio el relé. Donde existan conexiones mecánicas, deben asentarse firmemente para asegurar una conexión eléctrica confiable. La conexión de una placa de circuito impreso al chasis del relé y los cables planos de interconexión deben ser seguros.

Punto clave O y MCost

Los controles mecánicos son prácticamente inexistentes en el contexto de los relés de microprocesador.

6.3.3 Pruebas eléctricas

Se realizan pruebas eléctricas para verificar que las características de rendimiento sean aceptables en un conjunto controlado de condiciones de entrada. Las pruebas eléctricas confirman que se aplican los ajustes de protección correctos al relé y que cada función de protección activa el contacto de salida adecuado. Una vez realizado como parte de la puesta en servicio inicial, se pueden sustituir otros métodos de verificación del funcionamiento del relé (como el escrutinio del informe de eventos o las pruebas funcionales pasa / no pasa).

En los relés de microprocesador que contienen controladores lógicos programables, el esquema de control de protección está migrando cada vez más del cableado externo y los relés auxiliares a la integración en el propio relé. La lógica creada por el usuario, que en generaciones anteriores de relés fue diseñada y verificada por el fabricante del relé en extensas pruebas de tipo de sistema de potencia modelo de fábrica, debe probarse eléctricamente para garantizar un funcionamiento adecuado. De la misma manera, las modificaciones extensas a la lógica interna pueden requerir pruebas eléctricas para garantizar que no se introduzcan efectos secundarios no deseados en el funcionamiento general de la lógica.

Punto técnico clave

La lógica creada por el usuario, que en generaciones anteriores de relés fue diseñada y verificada por el fabricante del relé en extensas pruebas de tipo de sistema de potencia modelo de fábrica, debe probarse eléctricamente para garantizar un funcionamiento adecuado.

Las pruebas eléctricas también proporcionan información de diagnóstico sobre el estado de un relé y sus componentes. La prueba eléctrica de los relés de protección requiere equipo de prueba especializado.

6.3.4 Comprobaciones SCADA

Los avances en el área de automatización de subestaciones han llevado a la integración de funciones SCADA en el relé del microprocesador. Los valores de medición analógica, los bits de estado binarios y la lógica de detección de cambio momentáneo (MCD) residente en el relé deben verificarse con el maestro SCADA. Las mediciones analógicas se pueden verificar mediante inyección de corriente y voltaje. Dependiendo de la tasa de exploración efectiva del maestro SCADA, los eventos transitorios, como la activación y desactivación del relé, pueden requerir que el relé proporcione una lógica de detección de cambio momentáneo. Los puntos lógicos MCD se pueden verificar con el maestro SCADA durante las pruebas funcionales. Los puntos de estado binarios se pueden verificar fácilmente mediante un software de retransmisión que permite que los puntos del protocolo SCADA interno sean confirmados por una computadora personal conectada localmente.

6.3.5 Comprobaciones funcionales

Para los relés de protección, se realiza una verificación funcional para verificar que la acción de protección deseada ocurre en respuesta a la operación del relé. En la mayoría de los casos, una verificación funcional se basa en asegurar que un interruptor automático se abre cuando los contactos principales del relé están cerrados.

Las pruebas funcionales se pueden realizar mediante inyección de corriente y voltaje; sin embargo, los relés de microprocesador permiten al usuario conectarse local o remotamente con una computadora personal y forzar electrónicamente los contactos de salida a cambiar de estado. Este método se puede utilizar para verificar el funcionamiento de dispositivos externos como disyuntores y para confirmar el cableado del esquema de control externo al relé. Esto es especialmente eficiente si el relé ha sido probado previamente usando voltaje y corriente para verificar todas las configuraciones internas y conexiones lógicas a las salidas adecuadas. Existe una tendencia en los relés de protección para suministrar un único programa de software de gestión de relés que combina configuraciones de relés, gestión de archivos, software de comunicaciones de relés, lógica gráfica, herramientas de programación de PLC, puesta en marcha /

herramientas de prueba, medición, herramientas de configuración del protocolo SCADA, oscilografía, secuencia de eventos y funciones de alarma espontánea. Esto hace que las pruebas funcionales sean fáciles de realizar incluso sin sistemas de prueba de voltaje y corriente.

Punto clave del desempeño humano

Los relés de microprocesador permiten al usuario conectarse local o remotamente con una computadora personal y forzar electrónicamente los contactos de salida a cambiar de estado. Este método se puede utilizar para verificar el funcionamiento de dispositivos externos como disyuntores y para confirmar el cableado del esquema de control externo al relé.

Al aplicar voltaje de la fuente de alimentación al relé y conectarlo con una computadora personal equipada con los gráficos, la comunicación, la configuración y el software de diagnóstico del relé, todas las salidas binarias y las indicaciones LED se pueden forzar a cambiar de estado. Aprovechando esta oportunidad para aplicar también voltaje de CC para verificar las entradas binarias, se puede confirmar todo el subsistema de E / S binarias del relé. La identificación de relés que no funcionan (o relés que no tienen la fuente de alimentación adecuada o los voltajes de entrada binaria) al principio de una instalación permite tomar medidas correctivas sin afectar el cronograma general del proyecto. Esta característica también permite la prueba de recepción de relés al principio del proceso de instalación inicial antes de que el relé se monte en el panel y se complete el cableado.

Punto clave O y MCost

La identificación de relés que no funcionan (o relés que no tienen la fuente de alimentación adecuada o los voltajes de entrada binaria) al principio de una instalación permite tomar medidas correctivas sin afectar el cronograma general del proyecto.

6.3.6 Registros de datos de relé

El relé del microprocesador proporciona una gran cantidad de información para la recuperación local o para la transmisión de datos, incluidas las indicaciones y alarmas operativas, los valores medidos operativos y los valores medidos, el registro de fallas y los datos de oscilografía. Esta información se puede leer y está disponible en la memoria del relé utilizando una computadora personal y un software de gestión de relés.

Punto clave del desempeño humano

El relé del microprocesador proporciona una gran cantidad de información para la recuperación local o para la transmisión de datos, incluidas las indicaciones y alarmas operativas, los valores medidos operativos y los valores medidos, el registro de fallas y los datos de oscilografía.

Los registros de datos de relés son una herramienta eficaz para pruebas eléctricas, pruebas funcionales y resolución de problemas. Durante las pruebas eléctricas, ya sea con sistemas de prueba manuales o controlados por computadora, es eficaz

para conectar una computadora para leer la medición en tiempo real y los datos operativos del relé. Es posible que se puedan colocar "mosaicos" en varias ventanas en la computadora para ver la siguiente información o pantallas simultáneamente:

- Software de control del sistema de prueba de relés que muestra el voltaje aplicado, las corrientes y el estado de entrada del contacto de detección / parada
- Ventana de medición en tiempo real del software de gestión de relés (incluida la medición positiva, negativa y de secuencia cero)
- El software de gestión de relés calculó las cantidades operativas (es decir, el relé de sincronización Δ voltaje, Δ frecuencia, y Δ valores de ángulo o corrientes diferenciales y de restricción del transformador)
- Eventos operativos espontáneos y alarmas del software de gestión de relés

La mayoría de las dificultades para probar eléctricamente relés de microprocesador son en realidad errores en las conexiones o métodos de prueba. El uso de registros de datos de retransmisión y medición en tiempo real puede ayudar a identificar y corregir rápidamente los errores de prueba. Usando el método descrito anteriormente, los errores comunes de conexión del equipo de prueba se pueden identificar aplicando cantidades simétricas de carga completa al relé y observando la ventana de medición en tiempo real del software de gestión del relé. Si los componentes de la secuencia están presentes, es una clara indicación de conexiones del equipo de prueba enrollado. La fase mal conectada se puede encontrar fácilmente apagando las entradas de voltaje y corriente una por una y observando qué fase en la ventana de medición pasa a una magnitud cero.

Punto clave del desempeño humano

La mayoría de las dificultades para probar eléctricamente relés de microprocesador son en realidad errores en las conexiones o métodos de prueba.

La capacidad de ver simultáneamente en tiempo real lo que se está aplicando al relé del microprocesador y cómo responde el relé hace que las pruebas y la resolución de problemas sean relativamente simples.

6.3.7 Lecturas de medición en servicio

Muchos de los beneficios del software moderno de gestión de relés que se describieron en la Sección 6.3.6 también se aplican a las lecturas en servicio y las pruebas de puesta en servicio. La capacidad del software de gestión de retransmisiones de "mosaicos" simultáneamente de ventanas que contienen registros de datos operativos de retransmisión y medición en tiempo real proporciona una manera no invasiva de registrar lecturas en servicio. El software de administración de relés y la computadora personal reducen en gran medida el tiempo de configuración y reemplazan muchos tipos de equipos de prueba (como amperímetros, voltímetros y medidores de ángulo de fase) que se usaban anteriormente para tomar lecturas en servicio. El potencial de disparos falsos durante las lecturas en servicio se reduce al eliminar la necesidad de conexiones directas a los circuitos de voltaje y corriente del relé.

Punto clave O y MCost

El software de gestión de relés y la computadora personal reducen en gran medida el tiempo de configuración y reemplazan muchos tipos de equipos de prueba (como amperímetros, voltímetros y medidores de ángulo de fase) que se usaban anteriormente para tomar lecturas en servicio.

6.4 Determinación de los intervalos de mantenimiento

Los relés de microprocesador pueden usar baterías internas para mantener la memoria no volátil. Estas baterías suelen tener una vida útil de 10 años. Los fabricantes recomiendan cambiar las baterías antes de que se agoten.

Un intervalo típico para el mantenimiento periódico de los relés numéricos es de 4 a 8 años. Pueden existir circunstancias en las que sea apropiado probar un relé de protección, o un grupo de relés, en un intervalo de menos de 4 años o más de 8 años. Sin embargo, un rango de 4 a 8 años cubre la mayoría de las contingencias razonables. Esta amplia gama proporciona la flexibilidad necesaria para optimizar los intervalos de mantenimiento y tener en cuenta todos los factores que influyen en las prácticas de mantenimiento de los relés.

Punto clave O y MCost

Un intervalo típico para el mantenimiento periódico de los relés numéricos es de cuatro a ocho años.

Las pruebas eléctricas varían según el tipo de relé y su construcción. Debido a que cada tipo de relé es único en diseño y construcción, las pruebas eléctricas para tipos similares de relés variarán para diferentes marcas y modelos. La guía del fabricante debe usarse junto con las tareas de mantenimiento discutidas en este documento para asegurar la prueba adecuada de un tipo específico de relé.

Los equipos de prueba modernos son capaces de reproducir formas de onda. Los relés numéricos son capaces de registrar fallas y otros eventos transitorios. Los probadores utilizan cada vez más registros de fallas reales y los reproducen a través de equipos de prueba automatizados para verificar el diseño y / o la configuración del relé. Además, los registros de eventos y de disparo se pueden utilizar para medir el rendimiento del relé después de que ocurra una falla. Si el relé funciona dentro del diseño, el propietario del sistema de protección puede determinar que la ventana para el mantenimiento periódico se puede cambiar a un programa posterior.

Punto clave O y MCost

Los registros de eventos y de viajes se pueden utilizar para medir el rendimiento del relé después de que ocurra una falla. Si el relé funciona dentro del diseño, el propietario del sistema de protección puede determinar que la ventana para el mantenimiento periódico se puede cambiar a un programa posterior.

Los libros de instrucciones y mantenimiento del fabricante del relé, y los métodos de prueba desarrollados por los métodos de prueba del propietario del sistema de protección, se utilizan generalmente como la fuente principal de información en las pruebas y el mantenimiento de los sistemas de protección. Los datos operativos de la industria y los avisos de servicio del fabricante pueden indicar ciertas deficiencias en los diseños de relés o esquemas que pueden requerir métodos de prueba especializados adicionales.

También deben considerarse los intervalos de prueba periódicos del equipo primario. Se puede determinar que es más eficiente coordinar los intervalos de mantenimiento del relé con el mantenimiento del equipo primario.

6.5 Resumen de prácticas de mantenimiento

6.5.1 Inspección inicial

Se debe realizar una inspección general para verificar que el dispositivo no sufrió daños durante el envío. Se debe verificar que el relé tenga las clasificaciones adecuadas, los puertos y protocolos de comunicación correctos y el número correcto de entradas y salidas binarias. Inicialmente se requieren controles mínimos porque se realizará una serie completa de inspecciones y pruebas en el momento de la instalación. Sin embargo, si el relé está pensado como repuesto o no se instalará en un futuro próximo, es apropiada una inspección de recibo más detallada. En este caso, se deben realizar verificaciones para verificar que el relé se recibió en buen estado de funcionamiento.

6.5.2 Verificaciones mecánicas

Los relés numéricos no tienen partes móviles; por tanto, la inspección mecánica es mínima. Se debe realizar una inspección de los terminales de relé y los puertos de comunicación. Se pueden proporcionar relés numéricos con puentes de tarjetas de PC para obtener un rango de activación específico asociado con las entradas binarias, salidas binarias, entradas de corriente y voltaje. Si la configuración del enlace no se especifica en la documentación del fabricante, se debe realizar una inspección de la configuración del enlace.

6.5.3 Pruebas eléctricas

La filosofía para probar los elementos dentro de un relé multifuncional varía. Se debe realizar una evaluación exhaustiva de cada elemento en cualquier producto de relé numérico nuevo antes de instalarlo en un sistema para verificar que cada uno cumple con los criterios de diseño del propietario y las tolerancias establecidas.

Punto técnico clave

La filosofía para probar los elementos dentro de un relé multifuncional varía. Se debe realizar una evaluación exhaustiva de cada elemento en cualquier producto de relé numérico nuevo antes de instalarlo en un sistema para verificar que cada uno cumple con los criterios de diseño del propietario y las tolerancias establecidas.

Una vez que el relé ha sido evaluado y puesto en servicio, solo los elementos que se están utilizando para la aplicación específica deben probarse midiendo la precisión de detección o realizando una prueba funcional PASA / NO PASA. No es necesario probar aquellos elementos que están desactivados.

6.5.4 Verificaciones funcionales

Se requieren pruebas funcionales para verificar que se está llevando a cabo la intención del sistema de protección. Debido a que los relés numéricos no requieren calibración, la verificación funcional demuestra que las salidas del elemento de relé están operando el equipo y, por lo tanto, están probando el diseño general del esquema. Esta prueba se puede inicializar usando un equipo de prueba de relés para activar el elemento del relé o usando las herramientas de puesta en servicio del software de configuración del relé si están disponibles a través del fabricante del relé (vea la Figura 6-1).

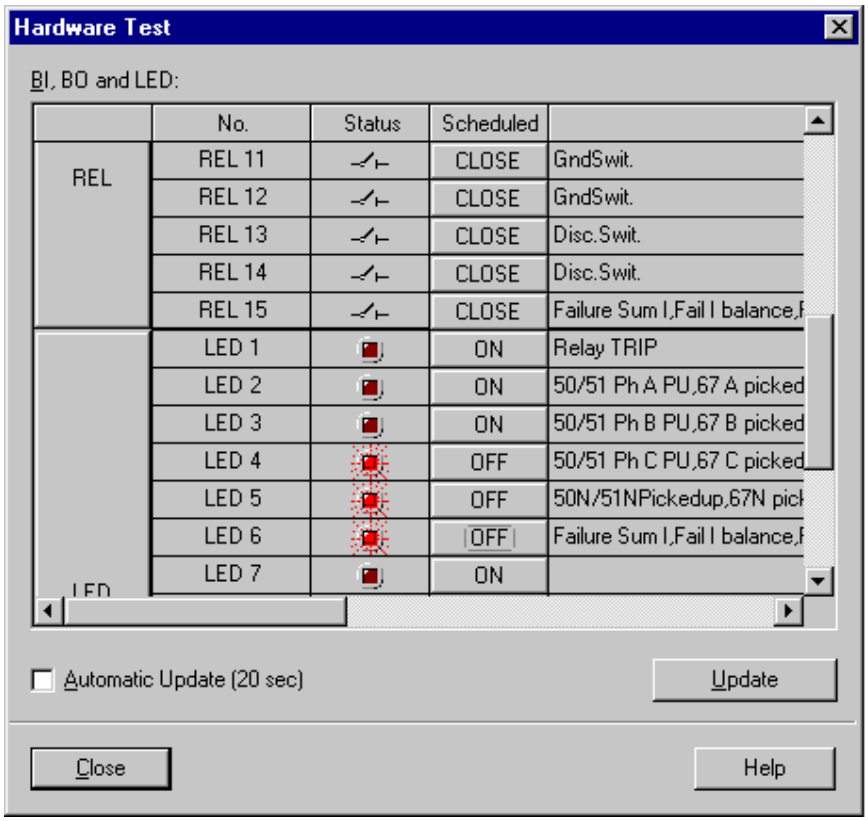


Tabla 6-1

Herramienta de puesta en marcha de relés

Punto técnico clave

Debido a que los relés numéricos no requieren calibración, la verificación funcional demuestra que las salidas del elemento de relé están operando el equipo y, por lo tanto, están probando el diseño general del esquema. Esta prueba se puede inicializar usando un equipo de prueba de relés para activar el elemento de relé o usando las herramientas de puesta en servicio del software de configuración de relés.

6.5.5 Post-reparación

Los relés numéricos se proporcionan con contactos de vigilancia y pueden tener un autocontrol para señalar inmediatamente un problema o falla del relé. Si se determina que el relé requiere reparación, se deben seguir ciertos pasos para reparar el relé y volver a ponerlo en servicio. Se recomienda que el relé se ponga fuera de servicio y que el equipo primario asociado se aísle mientras se realizan las tareas de reparación.

Si la falla es significativa, es posible que se requiera un reemplazo completo. Después de conectar el dispositivo reparado o reemplazado, se deben realizar todas las pruebas visuales, eléctricas y funcionales para verificar que el relé y el equipo primario estén funcionando correctamente.

No es necesario alterar los componentes que no se vean afectados por la reparación o el reemplazo. Se debe realizar un conjunto completo de pruebas eléctricas para verificar que la configuración del relé no se haya cambiado inadvertidamente durante la reparación.

7
QUITAR RELÉS NUMÉRICOS DEL SERVICIO

7.1 Preparación

El mantenimiento y las pruebas descritos en la Sección 6 requieren que el relé se retire de servicio. Para retirar eficientemente el relé de servicio y volver a ponerlo en servicio, se deben realizar ciertos pasos básicos. No habilitar un programa de relé después del uso de un programa temporal diseñado específicamente para probar un subconjunto de las funciones en el esquema de protección general es un error común.

Punto clave del desempeño humano

No habilitar un programa de relé que sigue el uso de un programa temporal diseñado específicamente para probar un subconjunto de las funciones en el esquema de protección general es un error común.

La siguiente lista de actividades se proporciona para ayudar a prevenir este tipo de supervisión común:

- Asegúrese de que el archivo de configuración del relé maestro, el equipo de prueba del relé, la computadora personal y el cable de comunicación más recientes estén disponibles.
- Revise los esquemas y / o diagramas de circuitos según corresponda para asegurarse de que se conocen las consecuencias de retirar el relé del servicio.
- Revise la lógica programable del relé interno y la red de comunicación para asegurarse de que el control automático o la lógica de disparo no tengan un efecto adverso cuando el relé se retire de servicio. Los relés numéricos tienen la capacidad de pasar señales de disparo a otros relés numéricos a través de la comunicación. Elimine cualquier canal de comunicación que permita probar el relé y envíe señales de disparo de forma remota a los relés que pueden estar fuera del área de la zona de prueba. Verifique la pérdida de comunicación en los dispositivos remotos antes de probar cualquier función en el dispositivo local.
- Revise las hojas de datos de configuración de relés pertinentes y registre la información relevante en la hoja de prueba e inspección del relé.
- Comuníquese con los despachadores de carga / SCADA que puedan estar recibiendo datos del relé y notifíqueles que los datos se perderán mientras el relé esté fuera de servicio. Desconecte la comunicación del relé al SCADA para que no se suministren datos falsos al SCADA mientras el relé está en prueba.
- Cargue los archivos de eventos y los archivos de oscilografía que puedan estar en el relé antes de que comience la prueba.

7.2 Retirada del servicio

7.2.1 Propósito

Los relés de protección son dispositivos inactivos por naturaleza y no suelen estar expuestos a condiciones ambientales o de funcionamiento extremas.

Quitar el relé del servicio permitirá al probador realizar una inspección visual de la placa frontal del relé y las conexiones de los terminales y preparar el relé para la conexión al equipo de prueba del relé y al equipo de computadora personal.

7.2.2 Procedimiento

Se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Asegúrese de que las condiciones de la planta sean compatibles con el trabajo a realizar y obtenga permiso para retirar el relé de servicio. Esté siempre atento a cualquier condición anormal de la planta o alineación del sistema que pueda verse afectada al retirar el relé del servicio. Se debe tener precaución adicional durante las interrupciones o los períodos de mantenimiento intenso.
- Etiquete el relé fuera de servicio de acuerdo con los procedimientos de la planta.
- Aísle el relé de los circuitos externos. Esta acción se completa quitando el enchufe de prueba adjunto o abriendo los interruptores de prueba del panel. Puede ocurrir una operación inadvertida si no se sigue la secuencia adecuada. Las salidas capaces de generar disparos (salidas de disparo, salida BFI [inicio de fallo de interruptor] o salida DTT [disparo de transferencia directa]) deben anularse antes de abrir los interruptores de prueba para cantidades operativas y de restricción. Siga las instrucciones del fabricante para conocer la secuencia adecuada al abrir los interruptores. Tenga cuidado para asegurarse de que los disparos a tierra no se generen aplicando corrientes trifásicas secuencialmente. Siempre inserte las hojas de prueba de corriente y voltaje y verifique que ninguna salida de disparo esté sellada antes de cerrar las hojas de prueba de contacto de salida.
- Limpie el exterior de la placa frontal del relé y la cubierta para eliminar cualquier contaminante o suciedad. (PRECAUCIÓN: Tenga cuidado de no operar ninguna tecla de función o tecla de control que pueda reiniciar u operar otro equipo hasta que haya sido aislada).

7.3 Consideraciones de programación de relés numéricos

Los relés numéricos se construyen utilizando un microprocesador, un convertidor analógico a digital, componentes de memoria que contienen los algoritmos del relé, entradas y salidas binarias para controlar equipos y puertos de comunicación conectados a salas de control y centros operativos.

Los ajustes del relé están definidos por los algoritmos del relé en la memoria del relé. Los controles automáticos también se pueden programar en la capacidad de control lógico del dispositivo que se debe considerar cuando se realizan las pruebas.

7.3.1 Grupos de configuración alternativos

Los fabricantes de relés numéricos proporcionan relés con la capacidad de tener múltiples grupos de configuración que se pueden aplicar localmente en el relé (usando lógica automática para cambiar las condiciones cambiantes del sistema) o que se pueden aplicar de forma remota a través de una interfaz del sistema (SCADA).

Punto clave O y MCost

Los fabricantes de relés numéricos proporcionan relés con la capacidad de tener múltiples grupos de configuración que se pueden aplicar localmente en el relé (usando lógica automática para cambiar las condiciones cambiantes del sistema) o que se pueden aplicar de forma remota a través de una interfaz del sistema (SCADA).

El uso de grupos de configuración alternativos aumenta la posibilidad de errores y requisitos de prueba. Los grupos de configuración múltiples se utilizan con menos frecuencia que los grupos de configuración únicos, pero si el estado del sistema de energía cambia significativamente, un solo programa de configuración puede ser inadecuado o incorrecto. Por esta razón, múltiples grupos de configuración permiten al ingeniero de relés adaptarse a cambios significativos en el sistema. Esta retransmisión adaptativa es una solución relativamente sencilla. Sin embargo, puede requerir un estudio cuidadoso y extenso del sistema en diferentes configuraciones para determinar si se requieren múltiples configuraciones.

7.3.2 Archivo de prueba de configuración alternativa

Es imperativo que alguien dentro de la organización del relé mantenga un archivo de configuración maestro después de que se hayan aplicado los ajustes iniciales y se haya puesto en servicio el relé numérico. Una técnica que se usa para que el archivo maestro no se modifique cuando se requiere mantenimiento es crear un archivo de configuración alternativo. Este archivo se desarrolla a partir del archivo maestro para usarlo específicamente para probar los diversos elementos dentro del relé.

Punto clave del desempeño humano

Una técnica que se usa para que el archivo maestro no se modifique cuando se requiere mantenimiento es crear un archivo de configuración alternativo. Este archivo se desarrolla a partir del archivo maestro para usarlo específicamente para probar los diversos elementos dentro del relé.

Los relés numéricos también se denominan relés multifuncionales por una buena razón. Un relé puede tener varias funciones de protección habilitadas dentro del dispositivo y, en algunos casos, el número de funciones puede ser bastante extenso. Esto crea un problema para el probador porque bajo ciertas condiciones de prueba, varios elementos pueden operar cuando se aplican las cantidades del conjunto de prueba o cuando cada una de las funciones podría posiblemente asignarse a una salida de disparo. Esta es una situación en la que se necesita el archivo de prueba de configuración alternativa.

Se pueden crear archivos de configuración alternativos copiando o usando una variante del archivo maestro para configurar archivos de prueba de modo que todas las funciones habilitadas dentro de un relé numérico puedan probarse individualmente. los

El archivo de prueba puede tener ciertas funciones desactivadas para que otras puedan ser probadas o las salidas de disparo pueden asignarse temporalmente a salidas de repuesto del relé numérico para la conexión de nuevo al equipo de prueba para señalar un disparo de elemento específico.

Una precaución que debe incluirse dentro del procedimiento de mantenimiento es que el archivo de configuración maestro debe volver a cargarse en el relé numérico después de que se completen todas las pruebas. También se debe verificar para ver que la protección primaria opera el equipo conectado como fue diseñado.

7.3.3 Deshabilitar elementos para pruebas

Con el fin de probar cada elemento dentro de un relé numérico, el probador de relés debe modificar el archivo de configuración maestro bloqueando o apagando elementos específicos para que otros elementos puedan verificarse para su funcionamiento.

En la mayoría de los casos, la desactivación de los elementos se puede realizar desde la pantalla frontal del relé numérico. Sin embargo, un método más eficaz es desactivar el relé mediante el software de configuración del relé a través de la computadora personal conectada. Si el equipo de prueba tiene contactos de salida que se pueden configurar para controlar el relé, también es posible bloquear ciertos elementos dentro del relé mediante la conexión a una entrada binaria para controlar la función de bloqueo del relé. La técnica más utilizada y la más sencilla de configurar es simplemente encender y apagar elementos a lo largo de cada prueba.

Una vez realizadas las pruebas, se debe volver a cargar el archivo de configuración maestro en el relé numérico y verificar que la protección primaria opere el equipo conectado como se diseñó.

Además, el personal de prueba debe cargar registros de eventos y archivos de oscilografía desde el relé como parte del proceso de documentación después de probar el relé. Luego, deben eliminar estos archivos y borrar cualquier objetivo antes de volver a poner el relé en servicio.

Muchos relés incluyen datos de mantenimiento predictivo como I2T y contadores de operación de interruptores. Si es posible, el probador de relés debe registrar los valores de estos parámetros antes de la prueba y debe restablecer los parámetros a esos valores cuando se complete la prueba.

Como parte de la documentación de prueba final, el probador de relés debe registrar el número de serie y cualquier número de versión de hardware y firmware tanto del relé como del software de configuración del relé. Estos datos deben incluirse con la configuración probada (incluido el archivo maestro y cualquier archivo de configuración alternativo), los puntos de prueba que se aplicaron para cada elemento y los resultados. Los nuevos equipos de prueba de relés basados en microprocesadores permiten al usuario combinar toda esta información en informes de prueba finales.

8
PRUEBAS ELÉCTRICAS

La Sección 8 proporciona información sobre pruebas eléctricas para relés de protección. Esta información está destinada a ayudar a las plantas a establecer y / o perfeccionar sus prácticas de mantenimiento de relés de protección de acuerdo con sus objetivos generales de mantenimiento.

Esta sección enfatiza los siguientes puntos:

- El propósito de cada prueba
- Cómo realizar cada prueba eléctrica

Se discute el propósito de cada prueba eléctrica y se describen los procedimientos de prueba y calibración. Las secciones que discuten el procedimiento están destinadas a capturar la esencia de cómo realizar cada prueba eléctrica. La información presentada aquí debe complementarse con información específica del fabricante y de la planta para crear procedimientos de campo reales.

8.1 Examen de preparación

8.1.1 Equipo de prueba

Se encuentran disponibles varios tipos de equipos de prueba de relés. Se recomienda utilizar un sistema de prueba digital trifásico controlado por computadora al probar relés digitales / numéricos. Estos equipos de prueba proporcionan software que facilita una configuración sencilla para probar un relé. Los equipos de prueba modernos proporcionan módulos de software que incluyen numerosas consideraciones que hacen posible la prueba de relés digitales / numéricos multifuncionales complejos.

El funcionamiento adecuado del equipo de prueba es vital para obtener buenos resultados de prueba. Es aconsejable asegurarse de que todo el personal que realice las pruebas de relés esté familiarizado con el equipo de prueba y sus limitaciones.

Los relés numéricos son más difíciles de probar que las generaciones anteriores de relés porque tienen la inteligencia para reconocer los estados dinámicos y fallas de las entradas de medición. Las pruebas que se realizan tradicionalmente en relés electromecánicos pueden no lograr los resultados adecuados, ya que el relé numérico diagnostica las entradas de prueba como anomalías de corriente o fallas de entrada de voltaje. El personal que realiza las pruebas de relés también debe tener un conocimiento profundo de la aplicación y las capacidades de los relés para diseñar y ejecutar pruebas eléctricas exitosas.

Punto clave del desempeño humano

Los relés numéricos son más difíciles de probar que las generaciones anteriores de relés porque tienen la inteligencia para reconocer los estados dinámicos y fallas de las entradas de medición.

8.1.2 Consideraciones generales de prueba

El tipo de unidad que se está probando y el objetivo de las pruebas deben considerarse al determinar si se requieren pruebas automáticas o manuales.

En las pruebas automatizadas, pueden estar disponibles varias rutinas de prueba automatizadas que lograrán los mismos resultados. Las variaciones en los procedimientos de prueba automatizados incluyen si la cantidad de prueba será aumentada o pulsada, la duración del pulso de prueba, las cantidades máximas aplicadas que se permitirán y las magnitudes de compensación de la cantidad de prueba.

Las pruebas automatizadas también requieren una indicación de salida de relé. Se debe prestar especial atención al elegir la indicación de contacto de salida. Se puede usar el contacto de disparo real o puede ser ventajoso usar un contacto de salida de repuesto u otro contacto de salida de prueba especialmente designado. Los sistemas de prueba automatizados también deben configurarse para el método de indicar una salida, ya sea un contacto seco normalmente cerrado o normalmente abierto, o la presencia o ausencia de voltaje en un contacto.

Los métodos de prueba pueden requerir que ciertas características de entrada de medición del autodiagnóstico del relé (como falla de fusible o anomalías de corriente) se deshabiliten temporalmente.

Punto clave del desempeño humano

Los métodos de prueba pueden requerir que ciertas características de entrada de medición del autodiagnóstico del relé (como falla de fusible o anomalías de corriente) se anulen temporalmente.

8.2 Prueba de resistencia de aislamiento

8.2.1 Propósito

El propósito de una prueba de resistencia de aislamiento es identificar cualquier deterioro medible en el aislamiento de un sistema de relés. De particular importancia son los circuitos de TC. Las condiciones de servicio como alta temperatura, humedad, precipitación, contaminación, vibración y abuso físico pueden degradar la integridad del aislamiento.

Se aplica un equipo de prueba de resistencia de aislamiento que consta de una fuente de voltaje de CA o CC desde el punto de prueba del circuito de relé a tierra. El nivel de voltaje al que se puede aplicar la prueba de resistencia de aislamiento varía para cada subsistema de relé de microprocesador. Las entradas de corriente, las entradas de tensión y los relés de salida deben soportar magnitudes de tensión de prueba de hasta 2,5 kV rms (CA). Fuentes de alimentación

y las entradas binarias se pueden clasificar para tensiones de prueba de resistencia de aislamiento de hasta 3,5 kV CC. Los terminales de comunicación, las interfaces de sincronización de tiempo y las salidas analógicas pueden no estar clasificadas para pruebas de aislamiento o pueden estar limitadas a voltajes aplicados de 500 V rms (CA). En todos los casos, se deben consultar las especificaciones del fabricante antes de realizar la prueba de resistencia de aislamiento de alto voltaje.

8.2.2 Procedimiento

8.2.2.1 Circuito actual

Puede ser conveniente probar la resistencia de aislamiento de todo el circuito de corriente como un sistema. En este caso, todas las puestas a tierra de los TC deben eliminarse temporalmente del circuito y el equipo de prueba de resistencia de aislamiento debe conectarse desde la entrada de corriente a tierra.

Después de obtener los resultados de la prueba, se debe restaurar la tierra del TC. Una buena práctica es repetir la prueba de aislamiento después de reemplazar la tierra del CT para verificar una lectura de cero, confirmando así que la tierra del CT fue realmente restaurada.

Punto técnico clave

Después de obtener los resultados de la prueba, se debe restaurar la tierra del TC. Una buena práctica es repetir la prueba de aislamiento después de reemplazar la tierra del CT para verificar una lectura de cero, confirmando así que la tierra del CT fue realmente restaurada.

Si el relé se está probando en banco, la caja / chasis del relé debe estar correctamente conectado a tierra. La prueba de cada terminal del circuito de corriente debe aplicarse a tierra.

8.2.2.2 Voltaje / Fuente de alimentación / Entradas binarias

La caja / chasis del relé debe estar debidamente conectada a tierra y las entradas de voltaje desconectadas de cualquier conexión a tierra externa. El voltaje de prueba de cada terminal de entrada de voltaje debe aplicarse a tierra.

8.2.2.3 Contactos de salida

El voltaje de prueba debe aplicarse a través de los contactos del circuito de disparo abierto y debe verificarse que la lectura sea aceptable.

8.3 Pruebas de recogida, abandono y sincronización

8.3.1 Propósito

El propósito de una prueba de activación para una unidad de tiempo inverso es verificar que la configuración del tap se haya programado correctamente en el relé. El punto de activación es la señal mínima necesaria para que el algoritmo de la curva de tiempo comience a cronometrar y, finalmente, cierre los contactos. En teoría, una señal constante igual al valor de activación requiere una cantidad infinita de tiempo para cerrar los contactos. En la práctica, el punto de activación se puede probar programando el contacto de salida de prueba para que se cierre para la activación de la lógica de la curva de tiempo en lugar de la salida de disparo del temporizador.

8.3.2 Procedimiento de prueba de recogida

Para verificar el punto de activación del relé, el probador primero debe asegurarse de comprender la función como se describe en el manual del relé. Es fundamental comprender bien la función que se está probando. Los relés digitales normalmente reaccionan en condiciones dinámicas y no en condiciones estáticas como ocurre con los relés electromecánicos. Se deben seguir los siguientes pasos para realizar una prueba de activación de un relé digital.

1. Lea la sección del manual del relé que describe la operación de la función de protección y el procedimiento de prueba.

2. Asignar la función de protección *recogida de relé* a un contacto de salida binaria. Asegúrese de que no se asigne nada más al contacto.

3. Desactive todas las demás funciones de protección disponibles.

4. Conecte la entrada binaria del equipo de prueba al contacto de salida del relé.

5. Conecte las señales de salida analógicas del equipo de prueba a las entradas analógicas del relé bajo prueba. Consulte el manual del usuario para conocer la conexión correcta.

6. Inyecte un valor analógico creciente o decreciente hasta que el relé se active. Es fundamental inyectar el tipo correcto de avería. Un relé de sobrecorriente digital requerirá que el probador inyecte corrientes de falla en ambas fases para que ocurra una activación de fase a fase. Los relés digitales tendrán lógica para identificar el tipo de falla. Las sobrecorrientes multifuncionales se activarán en una falla a tierra si la corriente se inyecta en una sola fase. (En los relés electromecánicos, la pastilla se asoció con un solo dispositivo).

7. Utilice las funciones de prueba de relés, mediciones y eventos de falla para proporcionar información sobre cómo reaccionó el relé a la prueba. El software de relé generalmente proporciona herramientas para ayudar al evaluador a realizar pruebas de manera más efectiva y eficiente.

8.3.3 Procedimiento de prueba de abandono

La prueba de abandono generalmente se puede completar al mismo tiempo que la prueba de la activación de un relé digital. Los relés digitales no almacenan energía mecánica o térmica y no tardan en restablecerse.

Los relés digitales pueden reiniciarse instantáneamente. Muchos relés brindan al usuario la capacidad de reiniciar usando un retardo de tiempo. Por lo tanto, este tipo de prueba no es esencial a menos que el relé se utilice con relés electromecánicos en el mismo sistema.

8.3.4 Pruebas de tiempo

Esta prueba verifica que las configuraciones de tap, curva de tiempo y dial de tiempo se hayan programado en el relé correctamente. Se deben seguir los siguientes pasos para realizar una prueba de sincronización:

1. Asignar la función de protección *viaje de relevo* a un contacto de salida binaria. Asegúrese de que haya nada más asignado al contacto.
2. Desactive todas las demás funciones de protección disponibles.
3. Conecte la entrada binaria del equipo de prueba al contacto de salida del relé.
4. Conecte las señales de salida analógicas del equipo de prueba a las entradas analógicas del relé bajo prueba. Consulte el manual del usuario para conocer la conexión correcta.
5. Utilizando la ecuación de la curva de tiempo proporcionada en el manual de instrucciones del fabricante, calcule el tiempo de retardo esperado para cada múltiplo de derivación a probar. Alternativamente, use las curvas de tiempo del fabricante para estimar el tiempo de activación para cada magnitud de punto de prueba.
6. Aplique repentinamente la cantidad de prueba y active simultáneamente el temporizador del sistema de prueba.
7. Una vez que los contactos se cierran, lo que indica que la curva de tiempo se ha confirmado y se ha emitido un disparo, observe el retraso de tiempo y compárelo con el valor esperado.

8.4 Prueba del elemento de impedancia del microprocesador

8.4.1 Propósito

Los elementos de impedancia se han utilizado tradicionalmente para proporcionar protección de distancia de fase y tierra en una variedad de aplicaciones, incluida la protección de líneas de transmisión, circuitos de distribución y generadores. Se emplean varios tipos de características de impedancia, incluidas unidades de círculo mho (con y sin desplazamiento) y características no circulares, incluidas las lenticulares, de tomate y de cuadrilátero.

Independientemente del tipo de característica, la prueba eléctrica de los elementos de impedancia del microprocesador es para confirmar el tamaño, la forma y el ángulo adecuados de la característica. La batería de pruebas necesarias para lograr este objetivo varía algo para cada tipo de característica. Los métodos de prueba pueden variar según la filosofía de prueba general del usuario, el tipo de sistema de prueba empleado y el uso de pruebas automáticas (controladas por computadora) versus pruebas manuales.

8.4.2 Precauciones generales de prueba

Se deben observar varias precauciones generales al probar los elementos de impedancia del microprocesador:

- En los esquemas de protección de zona escalonada, se debe tener cuidado de aislar solo la unidad bajo prueba. Los elementos de impedancia que superan el alcance deben desactivarse o la zona bajo prueba debe programarse en una salida binaria dedicada para garantizar resultados adecuados. Si se usa una salida binaria dedicada (como un contacto de repuesto) para la prueba, se debe realizar al menos una prueba al contacto de salida binaria real que se usa para el disparo externo. Esto verifica que la lógica del elemento de impedancia esté programada para activar la salida binaria adecuada. Si el contacto de salida de disparo real se reprograma temporalmente para aislar el elemento bajo prueba, se debe tener cuidado de verificar que la programación de la salida binaria se restaure a su valor en servicio cuando se complete la prueba.

- Deben anularse las funciones de supervisión de medición que impiden el funcionamiento de los elementos de impedancia. Las funciones de pérdida de potencial, falla de fusibles y monitoreo de corriente pueden operar durante el curso normal de la prueba del relé. Estas funciones deberían ser anuladas. El uso de software de gestión de relés para monitorear las alarmas espontáneas durante la prueba puede ayudar a identificar cualquier función de supervisión de medición que esté inhibiendo la prueba adecuada de los elementos de impedancia.

- Las pruebas deben diseñarse para asegurar que las cantidades aplicadas cumplan con los ajustes mínimos de supervisión de corriente y voltaje.

En Pruebas tanto automáticas como manuales, el tamaño y la forma del círculo de impedancia se prueban mediante aplicando un voltaje y corriente al relé en un ángulo de fase específico. La activación del relé se encuentra manteniendo constante la magnitud del voltaje y aumentando la corriente o manteniendo constante la magnitud de la corriente y bajando el voltaje aplicado. La duración de la falla aplicada debe exceder el tiempo máximo de operación del elemento de impedancia + tiempo de salida de disparo + margen.

Punto técnico clave

Si se usa una salida binaria dedicada (como un contacto de repuesto) para la prueba, se debe realizar al menos una prueba al contacto de salida binaria real que se usa para el disparo externo.

8.4.2.1 Elementos de impedancia circular, lenticular y de tomate

Las leyes de la geometría dictan que se necesita un mínimo de tres puntos para definir un círculo. Los elementos de impedancia circular requieren al menos tres puntos de prueba para verificar el tamaño y la forma de la característica.

Se prueban varios puntos del círculo ajustando el ángulo de fase entre la corriente y el voltaje aplicados. Para que los tres puntos de prueba se recuperen en el valor de impedancia anticipado, el tamaño, la forma y el ángulo de la característica deben estar dentro de la tolerancia. No se requieren más pruebas.

Los sistemas de prueba automatizados pueden permitir pruebas y trazados eficientes de toda la característica de impedancia. El usuario puede ajustar el número de puntos trazados y la resolución del gráfico.

8.4.2.2 Elementos de impedancia circular / tomate compensados

Cuando una característica de impedancia no pasa por el origen del diagrama R / X, se dice que está desplazada. Las características de compensación se prueban de la misma manera que las características sin compensación, pero se debe incluir un punto de prueba adicional para verificar el alcance de la parte de compensación de la característica.

8.4.2.3 Elementos de impedancia cuadrilátera

Para proporcionar una buena cobertura para fallas a tierra resistivas, se pueden aplicar elementos cuadriláteros o poligonales. Las características de los cuadriláteros generalmente se construyen combinando una línea de reactancia superior e inferior con una línea de resistencia izquierda y derecha.

Es necesario probar al menos un punto en cada una de las líneas de la característica para verificar completamente una característica cuadrilátera. Si la línea de reactancia inferior pasa por el origen del diagrama R / X, es posible que no se pruebe esta línea de la característica.

El enfoque más simple para la prueba de cuadriláteros es elegir un punto de prueba a lo largo del eje R / X. Un punto de prueba por eje es suficiente.

8.5 Pruebas de protección diferencial

8.5.1 Propósito

Las pruebas de protección diferencial están diseñadas para verificar eléctricamente todas las funciones de un relé diferencial de restricción porcentual.

8.5.2 Pruebas de captación mínima

Debe probarse la captación mínima de cada devanado. Se recomiendan pruebas trifásicas. Las pruebas monofásicas pueden concluir con resultados diferentes dependiendo del transformador específico y las conexiones del TC y el método de compensación de secuencia cero del relé.

8.5.3 Prueba de pendiente / falla pasante

Para evitar un funcionamiento incorrecto durante períodos de alta corriente de falla pasante y posible saturación del TC, los relés diferenciales de porcentaje proporcionan uno o más ajustes de pendiente para restringir el elemento diferencial para la condición de falla pasante sin comprometer la sensibilidad de la unidad diferencial. Se debe verificar un punto de prueba en cada pendiente de la característica diferencial.

Para probar la característica de la pendiente, las corrientes de prueba deben cargarse en dos devanados del relé. Las magnitudes y ángulos de corriente deben establecerse inicialmente de modo que la corriente de funcionamiento diferencial sea cero y el valor de $I_{RESTRICCIÓN}$ cae dentro de la pendiente deseada de la curva característica. Desde este estado de corriente de funcionamiento cero, el probador debe variar el ángulo de las corrientes en un devanado a crear un desequilibrio y la corriente diferencial resultante. El probador debe continuar variando el ángulos de corriente hasta que opere el elemento diferencial del relé. Los valores de $I_{FUNCIONAR}$ y yo $_{RESTRICCIÓN}$ debe ser consistente con el ajuste de la pendiente que se está probando. Al aumentar el valor de $I_{RESTRICCIÓN,}$ cualquier configuración de pendiente adicional se puede probar de manera similar.

Un relé con tres o más devanados debe probarse como un relé de dos devanados. Las pruebas deben repetirse hasta que se haya verificado cada devanado.

8.5.4 Pruebas de restricción de segundo / enésimo armónico

La restricción armónica se usa para evitar disparos incorrectos cuando se energiza inicialmente un transformador. Normalmente se expresa como un porcentaje de la corriente de funcionamiento fundamental.

La restricción de armónicos se puede probar cargando cantidades iguales de corriente de prueba de segundo armónico y 60 Hz en paralelo en un devanado del relé. La magnitud de la corriente debe ser mayor que el arranque mínimo del devanado bajo prueba. La corriente armónica se reduce hasta que opera el relé.

8.5.5 Pruebas instantáneas

Las unidades instantáneas son elementos de sobrecorriente sin restricciones. Deben probarse de la misma manera que la recolección mínima. Se debe tener cuidado para minimizar la cantidad de tiempo que se aplican corrientes de gran magnitud al relé. Se deben consultar las especificaciones del fabricante para evitar exceder la clasificación de corriente de corta duración de un relé.

9

PAUTAS Y CONSIDERACIONES DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE RELÉS NUMÉRICOS

9.1 Filosofía de mantenimiento para relés numéricos

Probar y mantener el equipo del sistema de energía de manera eficiente requiere que se asignen los recursos adecuados para las pruebas del equipo. Es posible que las pruebas convencionales que se aplican a los relés más antiguos ya no se apliquen a los relés numéricos. Una de las ventajas clave de un relé numérico es la característica de tener un autocontrol continuo. Con esta capacidad, se debe emplear una estrategia de mantenimiento diferente. En comparación con la protección analógica, el mantenimiento de rutina se puede reducir sustancialmente. Los fabricantes de relés numéricos afirman que en la mayoría de los casos se requiere poco o ningún mantenimiento. La tendencia actual para el mantenimiento de relés de protección es el mantenimiento y la reparación basados en eventos.

En el pasado, los elementos específicos dentro de un relé se calibraban utilizando equipos de prueba de relés para probar los valores de activación a fin de demostrar que la operación del punto de ajuste estaba dentro de una tolerancia específica. Los relés numéricos ya no requieren calibración. No hay forma de ajustar la captación del relé, excepto mediante un cambio de configuración de software o posiblemente a través de la configuración de enlace de la tarjeta de PC. Hoy en día, las filosofías de mantenimiento de relés enfatizan la prueba del esquema de protección completo versus el elemento de relé específico para demostrar que los controles externos y el equipo primario operan de acuerdo con el diseño del esquema y las características de operación.

Punto clave O y MCost

Los relés numéricos ya no requieren calibración. No hay forma de ajustar la captación del relé, excepto mediante un cambio de configuración de software o posiblemente a través de la configuración de enlace de la tarjeta de PC.

Punto técnico clave

Hoy en día, las filosofías de mantenimiento de relés enfatizan la prueba del esquema de protección completo versus el elemento de relé específico para demostrar que los controles externos y el equipo primario operan de acuerdo con el diseño del esquema y las características de operación.

Cuando los relés están en red o conectados a un esquema de relés remotos, los nuevos métodos de prueba incluyen el uso de equipos de prueba sincronizados por satélite GPS para probar el funcionamiento general del esquema de protección.

utilizando pruebas de extremo a extremo. Aunque esta forma de prueba requiere más tiempo y posiblemente más para la configuración del equipo de prueba, las pruebas pueden producir problemas de relé que no se detectan cuando se utilizan pruebas de elementos de relé individuales. Este tipo de prueba se ha desarrollado con lentitud y normalmente se utiliza en terminales de líneas de transmisión que tienen esquemas de protección complejos.

Durante los últimos años, la filosofía de identificar los intervalos de prueba correctos se ha discutido y estudiado a fondo. Las empresas que han establecido programas de mantenimiento centrados en la confiabilidad (RCM) han incluido el mantenimiento de relés dentro de este tipo de programas. Se miden una variedad de parámetros utilizando el historial de funcionamiento de los relés y el equipo principal al que están conectados. Otras empresas siguen estudiando la industria para determinar las tendencias de intervalo de mantenimiento preferidas y establecerlas en consecuencia. Las agencias reguladoras y gubernamentales en algunas áreas pueden dictar los intervalos. Con respecto a los intervalos de mantenimiento, una tendencia es común: los intervalos de mantenimiento de relés se han seguido ampliando debido al historial de funcionamiento mejorado de los relés numéricos.

9.2 Objetivos del programa de mantenimiento

El objetivo principal de un buen programa de mantenimiento es garantizar que haya protección disponible y minimizar el funcionamiento defectuoso. El mantenimiento también permite al usuario extender la vida útil del equipo de protección al identificar problemas potenciales que podrían ser perjudiciales para el relé antes de que ocurra el problema.

La disponibilidad de protección aumenta sustancialmente mediante el autocontrol. Los estudios realizados por la German Utility Board (VDEW) han medido la disponibilidad de relés con y sin autocontrol. Estos estudios han demostrado que sin el autocontrol, el número de dispositivos fallidos aumenta drásticamente con el aumento del tiempo de servicio. (Para obtener más información, consulte el libro de Gerhard Ziegler titulado *Protección de distancia numérica: principios y aplicación.)* Con la supervisión, se reduce el porcentaje de dispositivos fallidos. La combinación de monitoreo continuo y mantenimiento de rutina a intervalos más largos ha demostrado ser un enfoque equilibrado.

Punto técnico clave

Sin el autocontrol, el número de dispositivos fallidos aumenta drásticamente con el aumento del tiempo de servicio. (Para obtener más información, consulte el libro de Gerhard Ziegler titulado *Protección de distancia numérica: principios y aplicación.)* Con la supervisión, se reduce el porcentaje de dispositivos fallidos.

9.3 Recomendaciones generales

Las siguientes listas contienen recomendaciones generales sobre comprobaciones y pruebas:

- Comprobación de funcionamiento simple
  - Verifique que la configuración en el relé sea correcta comparándola con la hoja de configuración o la base de datos
  - Compare los valores operacionales medidos (V, I, Watts o Vars) indicados por el relé con los datos obtenidos de una medición operacional independiente
  - Realizar una prueba de viaje
  - Leer y evaluar las grabaciones del registro de eventos
  - Verifique los registros de fallas de protección y las señales de comunicación Prueba de
- protección (con equipo de prueba)
  - Verifique que la configuración en el relé sea correcta comparándola con la hoja de configuración o la base de datos
  - Verifique un valor medido en cada uno de los canales de entrada (V&I) y compárelo con la pantalla del relé o computadora personal de prueba conectada
  - Verifique que las entradas y salidas binarias que se utilizan incluyan el funcionamiento del equipo de conmutación primario
  - Leer y evaluar el evento que registró una perturbación Verificar las
  - interfaces a las computadoras y SCADA
  - Leer los parámetros de configuración y compararlos con los valores requeridos Verificar los
  - registros de fallas de protección y las señales de comunicación

9.4 Mantenimiento de la base de diseño

La base del diseño y el propósito de los relés de protección deben entenderse completamente antes de poder establecer los requisitos de prueba y mantenimiento aplicables. Al comprender la base del diseño, el departamento de mantenimiento puede adaptar los requisitos de inspección, prueba y mantenimiento periódicos para lograr el nivel deseado de confiabilidad. La información de base de diseño incluye, pero no se limita a lo siguiente:

- El propósito específico del relé (bajo qué falla o condición anormal se espera que opere el relé)
- Parámetros y configuraciones de funcionamiento del relé (como puntos de activación, relaciones de CT, configuraciones de tap o configuraciones de marcación de tiempo)
- Los requisitos de selectividad, coordinación y precisión del relé

- La clasificación QA del relé y los requisitos ambientales asociados
- Compromisos regulatorios o prácticas internas que impactan la planificación, programación, desempeño o documentación del mantenimiento de relés

9.5 Consideraciones prácticas

Los enfoques abstractos y teóricos de los problemas prácticos de mantenimiento son generalmente menos efectivos que las prácticas simples y directas. Los programas complejos son considerablemente más difíciles de mantener centrados en el entorno nuclear.

Siempre ha sido difícil determinar con qué frecuencia se deben mantener los relés debido a su historial general de buen desempeño. El problema es que los relés generalmente están en espera, esperando que ocurra una falla o un evento anormal. Es posible que un relé no funcione durante varios años. Pero cuando se requiere que el relé funcione, debe hacerlo correctamente para minimizar los tiempos de interrupción y la falta de disponibilidad del equipo. Si funciona incorrectamente, en muchos casos, el mal funcionamiento se considera un evento de alto perfil y muchas preguntas se dirigen al ingeniero de relés. Se requieren explicaciones de por qué ocurrió el mal funcionamiento y recomendaciones sobre cómo evitar que vuelva a ocurrir. Los intervalos de mantenimiento se establecen de forma recurrente para reducir al mínimo el funcionamiento defectuoso.

No todos los relés tienen la misma importancia y, por lo tanto, no deben recibir la misma atención. Una decisión arbitraria de estandarizar todo el mantenimiento al mismo nivel y frecuencia de prueba puede convertirse en una gran carga para los recursos del departamento de mantenimiento. Cada departamento de mantenimiento tiene recursos limitados; estos recursos deben aplicarse de manera que proporcionen la máxima rentabilidad en la confiabilidad general de la planta.

9,6 Capacitación de personal

El mantenimiento y la prueba de los relés de protección requieren una experiencia y conocimientos considerables. Por esta razón, la mayor parte del trabajo de relevo lo realizan especialistas en relevo dedicados (alguien cuyas tareas laborales se limitan sustancialmente a los relevadores). Muy pocas empresas utilizan personal no especializado para el mantenimiento de relés de protección.

Los relés numéricos requieren el uso de una computadora personal. Se requieren habilidades para usar una PC y varios paquetes de software de retransmisión. También es necesaria la capacidad de evaluar la comunicación de la red y la información del protocolo.

La capacitación adecuada del personal es una parte integral de un programa de mantenimiento exitoso. Los trabajadores debidamente capacitados apoyan directamente la seguridad y confiabilidad de la planta. El personal mal capacitado comete errores o pasa por alto los problemas. En particular, los relés de protección requieren personal capacitado y capacitado para garantizar un mantenimiento eficaz.

El personal involucrado en el mantenimiento de relés de protección debe recibir una formación completa. La formación debería incluir trabajo formal en el aula; sin embargo, los programas de entrenamiento de relevos de protección deben enfatizar el trabajo práctico. Las fuentes de capacitación formal incluyen las siguientes:

- Entrenamiento en casa
- Talleres de industria
- Clases de fabricantes de equipos de prueba Formación
- de fabricantes de relés
- Otros cursos especializados

El mantenimiento de relés es una habilidad que se adquiere. Por esta razón, la formación en el lugar de trabajo debería formar parte integral del programa de formación. La capacitación en el trabajo es más efectiva cuando se hace un esfuerzo concertado para emparejar al personal subalterno con un líder de grupo o socio experimentado y con conocimientos.

Un área de entrenamiento que no debe pasarse por alto es el de los equipos de prueba y las computadoras personales. Los equipos de prueba de relés de protección son equipos muy especializados. Se requiere un conocimiento considerable para operarlos correctamente. El personal de mantenimiento debe comprender y saber cómo usar y reconocer las limitaciones del equipo de prueba, las computadoras personales y cualquier software de evaluación y configuración de relés asociado.

Punto clave del desempeño humano

Un área de entrenamiento que no debe pasarse por alto es el de los equipos de prueba y las computadoras personales. Los equipos de prueba de relés de protección son equipos muy especializados. Se requiere un conocimiento considerable para operarlos correctamente. El personal de mantenimiento debe comprender y saber cómo usar y reconocer las limitaciones del equipo de prueba, las computadoras personales y cualquier software de evaluación y configuración de relés asociado.

9,7 Tendencias de rendimiento

Se han ofrecido muchos métodos para medir el rendimiento de los sistemas de relés. Algunos de estos métodos pueden ser bastante complicados porque requieren recursos para mantener y evaluar el rendimiento de forma continua. Un enfoque simplista de las tendencias de rendimiento a menudo producirá información tan útil como la información que resulta de un análisis detallado.

Punto clave O y MCost

Un enfoque simplista de las tendencias de rendimiento a menudo producirá información tan útil como la información que resulta de un análisis detallado.

El enfoque simplista analiza un evento cuando ocurre para ver si la función de protección funcionó correctamente. Si es correcto, el evento se puede definir como una operación correcta. Las malas operaciones se pueden dividir en subclases. Cuando ocurre un mal funcionamiento, la causa del evento se asigna a una subclasificación. Durante un período de tiempo, las operaciones totales se pueden comparar con las operaciones correctas e incorrectas para determinar el rendimiento del equipo de protección. Además, los errores de operación y las subclasificaciones pueden ayudar a identificar áreas que pueden necesitar más atención de mantenimiento.

Otra consideración para las tendencias sería la aplicación y el diseño del relé. Estos pueden variar de una instalación de relés a otra, por lo que cualquier diferencia entre los tipos y esquemas de relés se debe considerar por separado al establecer tendencias.

Los siguientes factores deben tenerse en cuenta al desarrollar una herramienta de tendencias de rendimiento:

- La definición de un evento correcto e incorrecto Subclasificaciones
- de funcionamiento incorrecto
- La condición anormal del sistema influye en Múltiples
- operaciones durante un evento Error humano
-
- El nivel de disparo (ninguno, parcial o sobre disparo) Fórmulas
- de cálculo de rendimiento

Para el mantenimiento de rutina, normalmente se mantienen registros que también pueden ser beneficiosos en la evaluación del desempeño de la protección del relé. Un método consiste en utilizar los registros tal como se encontró y tal como se dejó para las pruebas periódicas y evaluar cualquier cambio de un intervalo de prueba a otro. Si se encuentran diferencias importantes, puede ser una señal de que se requiere un mantenimiento adicional. Si no hay cambios evidentes, podría ser un indicador de que se requiere menos o ningún mantenimiento.

9,8 Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) es un programa que utiliza una metodología sistemática para evaluar e implementar programas de mantenimiento preventivo. RCM fue desarrollado por la industria del transporte aéreo comercial a fines de la década de 1960 como un medio para asignar de manera más eficiente las actividades de mantenimiento a medida que aumentaba el tamaño y la complejidad de la aeronave. RCM puede ser una herramienta eficaz para evaluar programas de mantenimiento preventivo porque se concentra en las funciones del sistema, los componentes críticos y los modos de falla dominantes en lugar de abordar todos los componentes de la planta.

La necesidad actual de eficiencia económica, confiabilidad y tiempo de inactividad mínimo requiere que el mantenimiento preventivo se implemente en función de los factores más críticos, incluido el tiempo medio entre reparaciones y las tasas de falla. Debido a las variaciones de los factores considerados, los estudios de RCM pueden realizarse de manera diferente de una empresa a otra.
Productos de software listos para usar

se han desarrollado para ayudar a implementar el análisis RCM, pero es posible que no permitan al usuario modificar el programa a medida que evoluciona con el tiempo. Actualmente se están introduciendo nuevos programas de software que son más flexibles.

La evaluación de mantenimiento centrada en la confiabilidad debe incluir lo siguiente:

- Análisis de modos y efectos de falla Análisis
- de fallas críticas
- Análisis de raíz de la causa
- Tiempo medio entre reparaciones
- Estrategia de repuestos
- Plan de mantenimiento

A diferencia de los relés convencionales, los relés numéricos no tienen partes móviles o componentes mecánicos que puedan fallar. Los ajustes numéricos del relé están controlados por software, por lo que no hay que considerar problemas de deriva de componentes. El enfoque de los programas RCM en los relés numéricos debe cambiar de los componentes del relé a la operación de entrada y salida binaria conectada desde el relé al equipo externo. Otra área a considerar son los cambios de firmware del relé que pueden tener lugar con el tiempo. Algunos cambios pueden identificar problemas de protección únicos que no se detectaron en dispositivos de versiones anteriores.

Parte del plan de mantenimiento predictivo debe ser una base de datos que rastree los números de versión de hardware y firmware de cada relé para identificar problemas con la fabricación por lotes y verificar que el firmware adecuado esté en todos los dispositivos. También debe existir una estrategia con los fabricantes de relés para identificar problemas conocidos, así como si se requiere un cambio de una versión de firmware a una versión más nueva.

Los técnicos de relés deben verificar que siempre tengan la última versión del software suministrado por el proveedor de relés.

El mantenimiento debe acelerarse si el relé no está suministrando datos de estado y medición a un sistema SCADA porque será más difícil saber si el relé está funcionando correctamente.

Todos los contactos de autocomprobación del relé deben conectarse a un sistema SCADA o anunciador local para una notificación inmediata. Estos contactos también pueden conectarse a otros relés para habilitar la protección de respaldo en caso de falla del relé primario o para ajustar los grupos de configuración en los relés de respaldo.

Los canales de comunicación que transportan señales de disparo de protección entre relés también deben monitorearse y mantenerse. Muchos relés brindan la capacidad de SCADA para monitorear de forma remota las tasas de error en estos canales. Muchos relés también habilitan elementos de respaldo si los elementos primarios del relé se pierden debido a fallas de canal (un relé diferencial de línea puede habilitar elementos de sobrecorriente direccional y de distancia si se pierde el canal de fibra al relé diferencial del otro lado de la línea).

Material con licencia EPRI

10

MODOS DE FALLA DEL RELÉ DE PROTECCIÓN

10.1 Mecanismos de falla

10.1.1 Esfuerzos eléctricos

Los relés numéricos han recorrido un largo camino en el diseño de las fuentes de alimentación. Los relés electrónicos analógicos utilizaban fuentes de alimentación conmutadas. Este tipo de diseño no era muy robusto y podría dañarse si se aplicaba un voltaje incorrecto al dispositivo. Los relés numéricos modernos tienen fuentes de alimentación más robustas. Se pueden aplicar grandes rangos de voltaje de CA a CC al mismo relé.

Sin embargo, se debe tener cuidado para asegurar que las entradas binarias estén sujetas al voltaje correcto. Algunos relés proporcionan suministro de autohumectación para las entradas binarias. Los relés más robustos pueden aceptar desde 300 VCC o 125 VCA hasta las entradas binarias. La salida binaria de los relés numéricos se puede destruir con bastante facilidad. El problema más común ocurre cuando el contacto del relé está conectado directamente a la bobina de disparo del disyuntor (CB). Siempre debe haber contactos auxiliares CB en serie con la bobina de disparo y los contactos de disparo del relé. El propósito de los contactos auxiliares CB es romper el circuito eléctrico. Los contactos auxiliares CB tienen suficiente distancia de recorrido para apagar el arco creado por la EMF trasera de la bobina de disparo.

El contacto del relé debe permanecer cerrado hasta que los contactos auxiliares del interruptor abrieron el circuito. Si el contacto del relé se restablece demasiado rápido después de un disparo, debe abrir el circuito de CC. Este contacto no tiene suficiente distancia de viaje para hacer esto. Se formará un arco a través de los contactos y destruirá el contacto de salida. Sin embargo, los proveedores de relés numéricos han incorporado tiempos de reinicio seguros para garantizar que no ocurra este problema. Si el usuario construye su propia lógica de disparo en un relé numérico, debe asegurarse de que haya un retardo de restablecimiento de al menos 500 milisegundos por cada comando de disparo emitido.

Si se aplica un relé numérico dentro de los parámetros de voltaje especificados del producto, el usuario tendrá al menos 20 años de funcionamiento sin problemas.

10.1.2 Esfuerzos mecánicos

Los esfuerzos mecánicos se reducen considerablemente en los relés numéricos en comparación con los relés de disco de inducción mecánicos. Al examinar las consideraciones de diseño estructural del relé para el mecanismo de funcionamiento electromecánico, se hacen obvias varias propiedades. La atracción electromagnética se encuentra en relés de armadura articulada y de tipo émbolo. La inducción electromagnética se encuentra en relés de disco / rotor y de copa. Los relés neumáticos son accionados por fluido. Los relés de tira bimetálica de acción térmica son otra categoría de relés. Todos estos relés tienen partes móviles que

Los relés de protección numéricos no tienen. Aparte del desgaste de los componentes, el problema con las piezas móviles es que tienen un factor de error mayor que un procesador digital en una placa de circuito impreso. La falla resultante puede resultar en actuaciones de relé falsas que causan disparos del interruptor inducidos por vibración del relé. Las tensiones sísmicas de la actividad sísmica son un factor que impedirá el funcionamiento de un relé y dará como resultado actuaciones espúreas del relé. Estas activaciones suelen ser causadas por la apertura o cierre de los contactos del relé debido a la entrada vibratoria del terremoto. El evento de base de diseño más importante para los relés de protección electromecánicos es el evento sísmico de base de diseño.

La capacidad de un relé de protección para resistir un evento sísmico no parece cambiar con la edad. La operación esperada más significativa es la vibración de contacto momentánea para un relé desenergizado. No se esperan fallas estructurales de los componentes del relé o fallas eléctricas. Los relés no se dañan por una vibración momentánea; sin embargo, una fuerte vibración de contacto puede resultar en una señal de disparo o el inicio inadvertido del sistema que puede requerir la acción del operador para corregirlo.

Publicaciones de EPRI *Robustez sísmica de relés (* N-7147-S) y *Procedimiento para evaluar la funcionalidad sísmica de relés de centrales nucleares (* N-7148-S) proporcionan información detallada sobre la capacidad de los relés de protección para resistir eventos sísmicos y vibraciones de alta frecuencia. Aunque algunos relés de protección utilizados en plantas nucleares pueden ser susceptibles a eventos sísmicos o vibraciones, la resolución del Problema de seguridad no resuelto (USI) A-46 de NRC, "Calificación sísmica de equipos en plantas nucleares en funcionamiento", debería confirmar la operatividad de los relés para su uso. en cada planta nuclear.

10.1.3 Tensiones térmicas

Las tensiones térmicas causadas por las variaciones de temperatura climática afectan los relés numéricos menos que los relés electromecánicos. Los estándares ANSI / IEEE definen el umbral de temperatura para Norteamérica. Los relés de protección en condiciones normales reciben un nivel bajo continuo de corriente. Ciertos tipos de relés (como los relés de distancia) pueden experimentar niveles significativamente mayores de corriente operativa, especialmente cuando se activan. Un relé que tiene objetivos LED y múltiples contactos para operar tendrá mayores requisitos para el flujo de corriente. La activación a largo plazo de la bobina del relé da como resultado el calentamiento de la bobina IR y tensiona todos los componentes del relé susceptibles al envejecimiento. El efecto sobre la bobina y otros materiales no metálicos es la degradación del material causada por reacciones químicas térmicamente aceleradas.

Punto técnico clave

Las variaciones de temperatura climática afectan los relés numéricos menos que los relés electromecánicos.

Los relés ubicados en áreas de la planta con temperaturas ambientales elevadas también están sujetos a la degradación del material por este proceso de envejecimiento térmico. Además, la temperatura dentro del tablero y los paneles puede ser significativamente mayor que la temperatura ambiente de la habitación. Mientras la temperatura ambiente

puede estar en el rango de 21 a 27 ° C (70 a 80 ° F), la temperatura interna dentro de los paneles puede ser de 20 a 40 ° F más alta. Las temperaturas elevadas de esta magnitud acelerarán el deterioro de los componentes del relé, lo que provocará una falla prematura.

A veces, en lugares críticos, tanto la temperatura ambiente como la humedad son controladas por un termostato y un humidistato. Pueden montarse en un armario de control de relés con los dos dispositivos de control montados en este armario de control. La habitación donde se encuentran los gabinetes se puede controlar climáticamente con requisitos de temperatura separados. Algunos fabricantes tienen una clasificación de temperatura de 85 ° C (185 ° F) para sus relés de protección. ANSI / IEEE especifica clasificaciones de temperatura de hasta 70 ° C (158 ° F) y los fabricantes siguen rigurosamente los estándares ANSI / IEEE para el mercado norteamericano. Por otro lado, IEC especifica un rango de temperatura de -40 ° C a

+ 85 ° C / -40 ° F a 185 ° F (con referencia a IEC 60068-2-1 e IEC 60068-2-2).

Según IEC 60068-2-1, el rango es el siguiente:

- - 20 ° C a + 85 ° C (-4 ° F a 185 ° F) durante 16 horas

Otras normas especifican los rangos de temperatura de la siguiente manera:

- - 20 ° C a + 70 ° C (-4 ° F a 158 ° F) durante 96 horas - derivado del estándar británico
- - 5 ° C a + 55 ° C (23 ° F a 131 ° F) - IEC 60255-6

En conclusión, con referencia a un requisito de funcionamiento de 85 ° C (185 ° F), algunos fabricantes pueden cumplir con este requisito dentro de los parámetros descritos por IEC 60068.

A 55 ° C (131 ° F), la legibilidad de la pantalla LCD se degrada. A menos que el dispositivo utilice pantallas LCD especiales de alta temperatura, este es un problema que todos los fabricantes de relés deben abordar.

10.1.4 Tensiones ambientales

Las tensiones ambientales imponen un riesgo de falla del relé. Las tensiones ambientales que pueden contribuir a la degradación de los relés son la humedad, la suciedad, el polvo, la oxidación y los contaminantes químicos. La humedad puede causar degradación y oxidación del material (oxidación) e incluso puede contribuir a cortocircuitos o arcos si ocurre suficiente condensación en las rutas eléctricas activas. Las tensiones ambientales de la infiltración de agua (de la lluvia o de la pulverización forzada del equipo de extinción de incendios) pueden causar fallas en el relé.

En los relés electrométricos, el polvo y la suciedad pueden aumentar la fricción en las piezas móviles y acelerar el desgaste de los componentes del relé de precisión. Los contaminantes químicos pueden causar una ruptura prematura de los materiales del relé y contribuir a la oxidación de los contactos. Algunos fabricantes ofrecen la opción de un revestimiento de conformación en las placas de circuito impreso de los relés numéricos para permitirles sobrevivir a los efectos del aire salado o contaminantes químicos. En ubicaciones subtropicales, se puede aplicar un recubrimiento antifúngico a las placas de relés. El término tropicalizado se utiliza para esta aplicación.

La mayoría de los relés utilizados en las plantas nucleares están equipados con una carcasa a prueba de polvo, que ayuda a reducir la tasa de deterioro causado por las tensiones ambientales. La clasificación para la construcción de cajas de relés cae bajo la protección internacional bajo IEC 60529. Algunos fabricantes suministran diferentes

clasificaciones para la parte delantera y trasera de la caja (por ejemplo, clasificación IP 51 para la parte delantera e IP 50 para la parte trasera). Los terminales traseros también se pueden cubrir con una tapa protectora, pero esto es más por seguridad humana que por estrés ambiental. Además, IEEE C37.105-1987, *Norma IEEE para la calificación de relés de protección y auxiliares de clase 1E para estaciones generadoras de energía nuclear,* establece que los siguientes mecanismos de envejecimiento se consideran relativamente insignificantes en función de la experiencia operativa:

- Humedad: siempre que las temperaturas del aire interno del relé de protección y del gabinete del dispositivo auxiliar excedan las temperaturas del aire circundante en 5 ° C (41 ° F) como mínimo.
- Contaminación: Basado en la aplicación esperada en plantas de energía nuclear donde la calidad del aire ambiental está controlada a niveles habitables.
- Altitud: Por debajo de 5000 pies (1524 m) ya que las condiciones atmosféricas en altitudes elevadas reducen los niveles de aislamiento y se utiliza un factor de reducción. Esto se define en ANSI / IEEE C37.30.
- Vibración: No hay evidencia de sensibilidad a los niveles normales de vibración en la planta, aunque la actividad sísmica plantea preocupaciones adicionales.

10.2 Modos de falla

La alta confiabilidad de los relés numéricos y la falta de una base de datos de fallas en toda la industria complican el análisis de los modos de falla de los relés. Debido a la importancia del tema, se pueden hacer varias observaciones que serán de valor para el lector. Estas observaciones se presentan en las siguientes subsecciones como fallas de hardware y fallas operativas.

10.2.1 Fallos de hardware

10.2.1.1 Fuente de alimentación

De todos los modos de falla potencial, la fuente de alimentación del relé numérico representa un solo punto de falla. Los contactos de alarma a prueba de fallas y la pérdida de comunicaciones SCADA proporcionan una indicación inmediata de fallas en el suministro de energía, lo que permite iniciar rápidamente acciones correctivas.

10.2.1.2 Contactos de salida

La mayoría de las fallas en los contactos de salida ocurren cuando se intenta romper corrientes fuertes. Para evitar este tipo de falla, se debe tener cuidado para asegurarse de que las salidas de disparo estén bloqueadas hasta después de que se haya quitado la bobina de disparo del disyuntor. Los temporizadores de duración mínima de disparo y los pestillos de salida son métodos comunes que se utilizan para evitar que los contactos de salida interrumpan las corrientes de la bobina de disparo.

10.2.2 Fallos operativos

Los modos de falla operativa incluyen una falla para operar cuando se solicita y salidas de disparo incorrectas emitidas durante condiciones de no disparo. Como se discutió anteriormente, la información que permite general

Las declaraciones sobre las tendencias del modo de falla no están disponibles. Esta información es importante especialmente en el diseño de esquemas redundantes para sistemas críticos.

Las fallas operativas de los relés numéricos a menudo son causadas por errores humanos; sin embargo, se han experimentado errores en los algoritmos de protección. Los errores de algoritmo generalmente no se detectan mediante el autodiagnóstico del relé, sino que se detectan por un disparo no deseado o una falla en el disparo por una falla interna. Las actualizaciones de firmware suelen ser la acción correctiva que se toma para reparar los errores del algoritmo. El firmware revisado se descarga en la memoria del relé numérico mediante la conexión local con una computadora personal. Si bien es técnicamente posible, no se recomiendan las descargas remotas de firmware a través de módem. Las interrupciones de la descarga de firmware al relé pueden causar fallas catastróficas en algunos casos. Se debe tener cuidado para asegurar que la descarga del firmware no se interrumpa por la pérdida de la fuente de alimentación del relé, la pérdida de la fuente de alimentación de la PC o la apertura de la ruta de comunicaciones.

11
AUTODIAGNÓSTICO DEL RELÉ DIGITAL

La cuestión de comprobar los autodiagnósticos es una que merece atención. Los relés multifuncionales realizan una función valiosa: consolidan las funciones de protección (y en algunos casos los controles) y reducen el costo y la complejidad de la aplicación general. Su contribución a este objetivo es tan buena como su fiabilidad. Es importante comprender lo que ofrecen los relés digitales para planificar sus funciones de mantenimiento.

Punto clave O y MCost

Los relés multifuncionales realizan una función valiosa: consolidan las funciones de protección (y en algunos casos los controles) y reducen el costo y la complejidad de la aplicación general.

La autosupervisión es mucho más que la función de probar y monitorear el convertidor A / D, el software, la memoria y el hardware. Es el primer paso en el proceso de autocontrol y también es una prueba para asegurarse de que todo en y sobre la instalación del relé sea correcto. Esto significa que estos relés tienen la inteligencia para detectar errores como los de la siguiente lista:

- Cables sueltos o conexiones analógicas dañadas (circuitos CT y PT) Errores de
- conexión
- TP o TC fallidos
- Placa de circuito defectuosa (es decir, algo está mal física o eléctricamente con la placa)

Errores de configuración (se pueden detectar y prevenir mediante comprobaciones de plausibilidad realizadas por el software de gestión de relés)

Punto clave del desempeño humano

La autosupervisión es mucho más que la función de probar y monitorear el convertidor A / D, el software, la memoria y el hardware. Es el primer paso en el proceso de autocontrol y también es una prueba para asegurarse de que todo en y sobre la instalación del relé sea correcto.

11.1 Diagnóstico interno

11.1.1 Voltajes auxiliares y de referencia

Se monitorea el voltaje del procesador, y si el voltaje disminuye por debajo del valor mínimo, el dispositivo deja de funcionar. Cuando vuelve el voltaje, se reinicia el procesador del sistema. La eliminación o desconexión de la tensión de alimentación hace que el dispositivo deje de funcionar y un contacto muerto del relé genera inmediatamente un mensaje. Las breves interrupciones de voltaje de menos de 50–100 ms no deben perturbar la disponibilidad del relé. El procesador supervisa la compensación y el voltaje de referencia del convertidor AD (analógico-digital). La protección normalmente se bloquea si los voltajes se desvían fuera de un rango permitido y las desviaciones prolongadas normalmente se informan en un informe de eventos.

11.1.2 Batería de reserva

La batería de reserva, que asegura que el funcionamiento del reloj interno y el almacenamiento de contadores de información y mensajes, se verifica periódicamente para verificar el estado de carga si falla la tensión auxiliar. Si el voltaje de la batería es menor que el voltaje mínimo permitido, entonces *batería fallida*
se emite el mensaje.

11.1.3 Componentes de la memoria

La memoria de trabajo (RAM) se prueba cuando se inicia el sistema. Si ocurre una falla, la secuencia de arranque se interrumpe y se producirá un mensaje de error. Durante el funcionamiento, la memoria se comprueba mediante su función de verificación de suma. Para la memoria del programa, la suma cruzada se calcula periódicamente y se compara con la suma cruzada del programa almacenado.

11.1.4 Muestreo

El muestreo y la sincronización entre los componentes internos del búfer se supervisan constantemente. Si cualquier desviación no se puede eliminar mediante una nueva sincronización, el procesador del sistema normalmente se reinicia.

11.1.5 Monitoreo de software

Por lo general, se proporciona un monitor de tiempo en el hardware (guardián de hardware) que se ejecuta en caso de falla del procesador o de un programa interno. Este perro guardián de hardware emitirá un reinicio completo del sistema del procesador cuando se detecte un problema. Un perro guardián de software adicional normalmente asegura que también se descubran fallas durante el procesamiento de programas. Esto también iniciará un reinicio del procesador del sistema. Si el reinicio del procesador no soluciona una falla, se intentará un reinicio adicional. Después de un número de reinicios fallidos dentro de una ventana de tiempo, el relé se retirará automáticamente del servicio y se emitirá un mensaje de error a través de un mensaje de pantalla o LED.

11.2 Diagnóstico de fuente externa

Un relé digital puede proporcionar un diagnóstico de su propio hardware y software internos y también puede monitorear el sistema conectado. Los relés digitales pueden monitorear la salud de los transformadores de corriente y de voltaje. Los relés normalmente calcularán la plausibilidad de las cantidades de CA en condiciones de funcionamiento y falla del sistema saludables. Por ejemplo, los relés digitales calcularán la simetría de las corrientes y voltajes. Las características adicionales proporcionadas por los relés digitales pueden incluir detección de fallas de fusibles VT, saturación del transformador de corriente, transitorios CPT y monitoreo de la bobina de disparo del interruptor.

Punto clave O y MCost

Un relé digital puede proporcionar un diagnóstico de su propio hardware y software internos y también puede monitorear el sistema conectado. Los relés digitales pueden monitorear la salud de los transformadores de corriente y de voltaje.

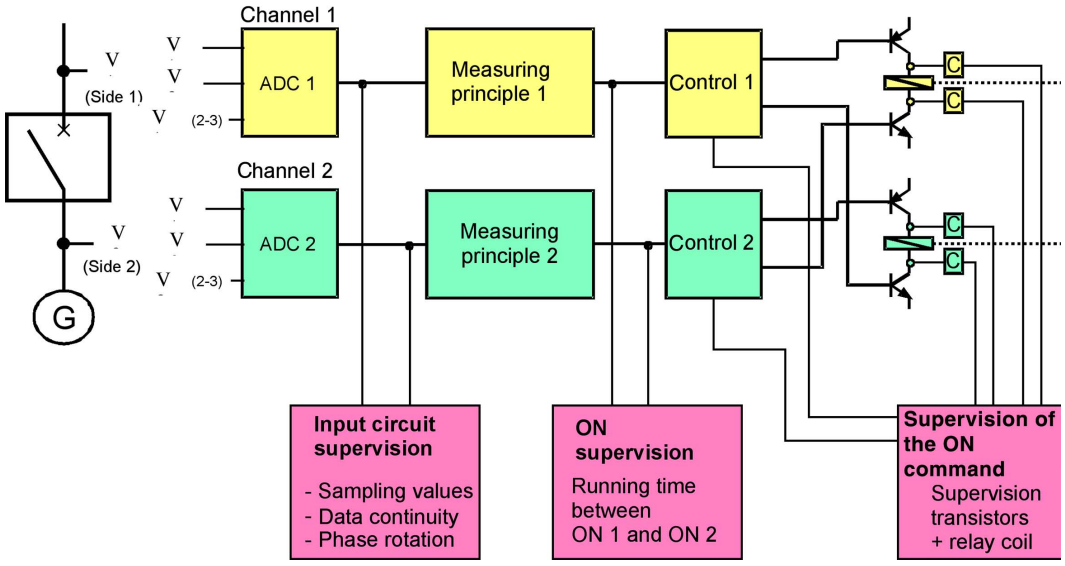


Figura 11-1
Monitoreo externo de un relé de sincronización típico

La Figura 11-1 muestra la funcionalidad de monitoreo externo de un relé de sincronización típico. Se puede ver en este diagrama que el relé monitorea los voltajes del sistema conectado para una rotación correcta. Este es un buen ejemplo de monitoreo externo.

Estas características externas se pueden usar para inhibir el funcionamiento del relé si detecta una de las condiciones mencionadas anteriormente. Por tanto, el relé digital proporciona seguridad adicional al sistema de protección.

Vale la pena el esfuerzo de observar las funciones de monitoreo que se proporcionan con cada relé digital. Sin embargo, el usuario no debe quedar cegado por todas las funciones de monitorización externas. La función más importante sigue siendo la función de monitorización interna común a todos y cada uno de los relés digitales.

11.3 Indicaciones / contactos de falla

Las indicaciones de falla pueden producirse mediante relés digitales utilizando varios métodos. Puede ser proporcionado por un contacto seco (normalmente cerrado), un LED, la pantalla del dispositivo o la interfaz del sistema / SCADA.

La indicación más importante es el contacto de falla del relé seco. Este contacto se abrirá después de que se encienda el relé y los programas de vigilancia no detecten fallas en el relé. El contacto se cerrará cuando los programas de vigilancia del relé detecten una falla o si se pierde la alimentación del relé. El contacto normalmente está cableado en paralelo con otros contactos de falla de relé en un esquema de protección para proporcionar una alarma de falla de relé general.

Los relés digitales también tienen otros medios para indicar una falla del relé. Lo más común es tener un LED en la parte frontal del relé que indicará la falla del relé. También es beneficioso si el relé tiene un LED que indica que el relé es completamente funcional.

Los relés digitales también pueden proporcionar información de fallas desde la pantalla frontal del relé. Un relé digital puede mostrar mensajes de prueba de una falla. El tipo de falla se puede describir con más detalle. Un relé puede, por ejemplo, indicar que detectó una falla en una determinada placa IO, informando al usuario qué componente necesita ser reemplazado.

Además, también es posible programar el relé para que muestre un mensaje de texto informando al operador que se debe llamar a un determinado número de teléfono en caso de un disparo o falla del relé.

El relé digital puede mantener informado al operador del estado del relé y del sistema conectado a través de varios medios.

12

INFORMACIÓN DE DATOS DE FUNCIONAMIENTO Y DE FALLA

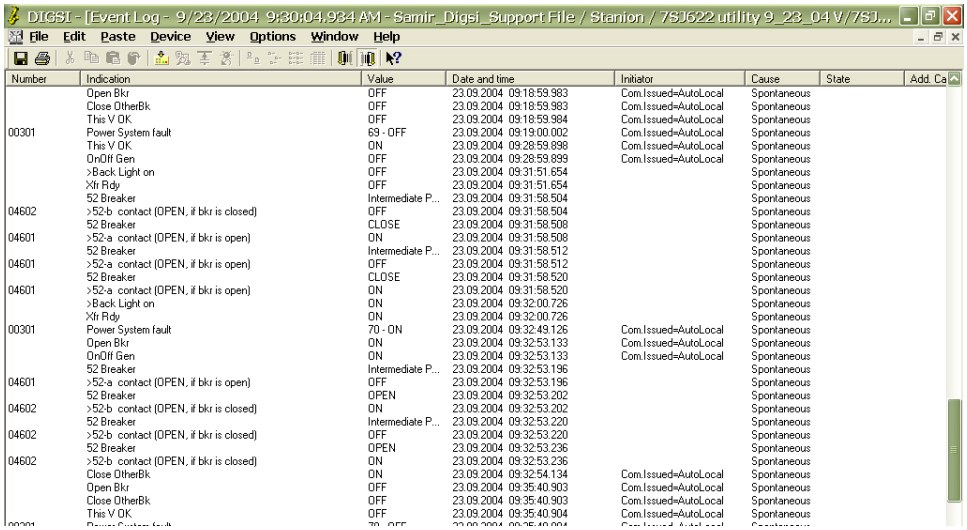
12.1 Anunciaciones

12.1.1 Registros de eventos

El registro de eventos es una recopilación del estado operativo del sistema de energía y la respuesta del relé a ese estado. Estos eventos pueden o no estar relacionados con la falla del sistema de energía. Los eventos generados por las condiciones de falla del sistema de energía son registrados por el relé junto con las respuestas del relé, como la activación o desactivación de los elementos de protección. Los eventos desencadenados por las condiciones que no son de falla son igualmente importantes porque permiten la identificación del estado operativo del sistema. Los eventos típicos que no son de falla son operaciones de conmutación, operaciones de enclavamiento y operaciones de control.

Los registros de eventos deben ser lo suficientemente grandes para almacenar una cantidad adecuada de eventos para que un ingeniero pueda rastrear el rendimiento del sistema durante un período de tiempo. Los registros de eventos son beneficiosos para analizar la falla y / o el comportamiento operativo del sistema de energía. Consulte la Figura 12-1 para ver un ejemplo de registro de eventos.

En algunos relés, la información que se registrará en el registro de eventos es programable. Los datos de fallas del sistema de energía y otros eventos se almacenan en una memoria no volátil. El relé conserva la información hasta que se llena el búfer del registro de eventos. Al alcanzar el número máximo de eventos, el búfer primero en entrar, primero en salir borra la información más antigua para permitir el almacenamiento del evento más reciente.



Number	Indication	Value	Date and time	Initiator	Cause	State	Add. Ca
	Open Bkr	OFF	23.09.2004 09:18:59.983	Com.Issued=AutoLocal	Spontaneous		
	Close OtherBk	OFF	23.09.2004 09:18:59.983	Com.Issued=AutoLocal	Spontaneous		
	This V OK	OFF	23.09.2004 09:18:59.984	Com.Issued=AutoLocal	Spontaneous		
00301	Power System fault	69 - OFF	23.09.2004 09:19:00.002	Com.Issued=AutoLocal	Spontaneous		
	This V OK	ON	23.09.2004 09:28:59.898	Com.Issued=AutoLocal	Spontaneous		
	OnOff Gen	OFF	23.09.2004 09:28:59.899	Com.Issued=AutoLocal	Spontaneous		
	>Back Light on	OFF	23.09.2004 09:31:51.654		Spontaneous		
	Xfr Rdy	OFF	23.09.2004 09:31:51.654		Spontaneous		
	52 Breaker	Intermediate P...	23.09.2004 09:31:58.504		Spontaneous		
04602	>52-b contact (OPEN, if bkr is closed)	OFF	23.09.2004 09:31:58.504		Spontaneous		
	52 Breaker	CLOSE	23.09.2004 09:31:58.508		Spontaneous		
04601	>52-a contact (OPEN, if bkr is open)	ON	23.09.2004 09:31:58.508		Spontaneous		
	52 Breaker	Intermediate P...	23.09.2004 09:31:58.512		Spontaneous		
04601	>52-a contact (OPEN, if bkr is open)	OFF	23.09.2004 09:31:58.512		Spontaneous		
	52 Breaker	CLOSE	23.09.2004 09:31:58.520		Spontaneous		
04601	>52-a contact (OPEN, if bkr is open)	ON	23.09.2004 09:31:58.520		Spontaneous		
	>Back Light on	ON	23.09.2004 09:32:00.726		Spontaneous		
	Xfr Rdy	ON	23.09.2004 09:32:00.726		Spontaneous		
00301	Power System fault	70 - ON	23.09.2004 09:32:49.126	Com.Issued=AutoLocal	Spontaneous		
	Open Bkr	ON	23.09.2004 09:32:53.133	Com.Issued=AutoLocal	Spontaneous		
	OnOff Gen	ON	23.09.2004 09:32:53.133	Com.Issued=AutoLocal	Spontaneous		
	52 Breaker	Intermediate P...	23.09.2004 09:32:53.196		Spontaneous		
04601	>52-a contact (OPEN, if bkr is open)	OFF	23.09.2004 09:32:53.196		Spontaneous		
	52 Breaker	OPEN	23.09.2004 09:32:53.202		Spontaneous		
04602	>52-b contact (OPEN, if bkr is closed)	ON	23.09.2004 09:32:53.202		Spontaneous		
	52 Breaker	Intermediate P...	23.09.2004 09:32:53.220		Spontaneous		
04602	>52-b contact (OPEN, if bkr is closed)	OFF	23.09.2004 09:32:53.220		Spontaneous		
	52 Breaker	OPEN	23.09.2004 09:32:53.236		Spontaneous		
04602	>52-b contact (OPEN, if bkr is closed)	ON	23.09.2004 09:32:53.236		Spontaneous		
	Close OtherBk	ON	23.09.2004 09:32:54.134	Com.Issued=AutoLocal	Spontaneous		
	Open Bkr	OFF	23.09.2004 09:35:40.903	Com.Issued=AutoLocal	Spontaneous		
	Close OtherBk	OFF	23.09.2004 09:35:40.903	Com.Issued=AutoLocal	Spontaneous		
	This V OK	OFF	23.09.2004 09:35:40.904	Com.Issued=AutoLocal	Spontaneous		

Figura 12-1

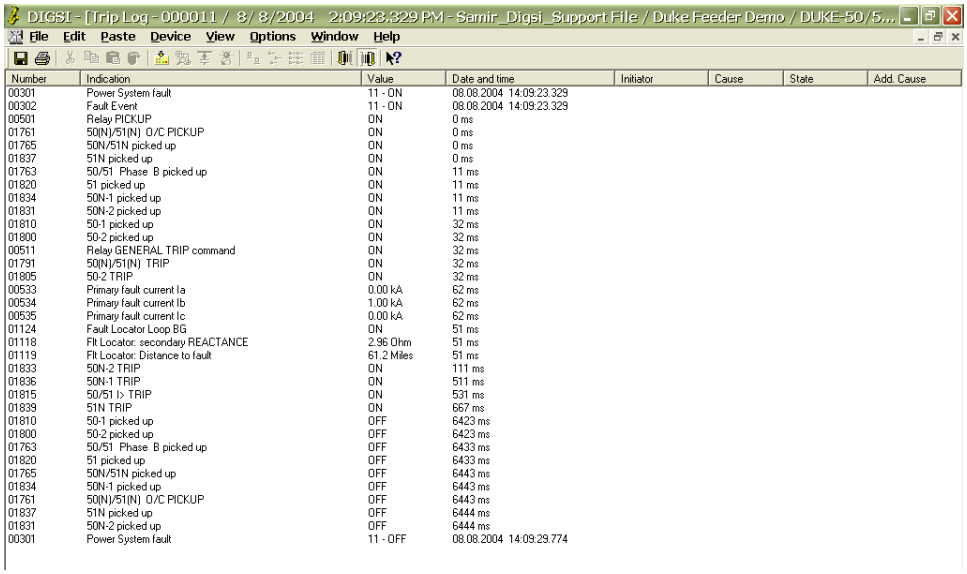
Registro de eventos de muestra

12.1.2 Registros de viajes

A diferencia de los registros de eventos, los registros de viajes no se crean para una falla que no sea del sistema. Como sugiere su nombre, el registro de viaje registra solo la información de las condiciones de falla del sistema de energía.

El registro de viaje es importante para analizar la falla y la secuencia de la falla. El registro de viaje registra la condición anormal del sistema de energía como la ve el relé. Esto puede ser particularmente útil para determinar el inicio de la falla y la fase involucrada en la falla. Por ejemplo, el registro de viajes es útil cuando una sola falla de línea a tierra se convierte en una falla de línea a línea a tierra. El registro de disparo también detecta el valor de la corriente de falla y el voltaje en el instante del disparo. Habiendo detectado la corriente y el voltaje en el momento del disparo, el relé también puede calcular la distancia a la falla.

Los registros de viaje están dedicados a cada falla en lugar de a una combinación de múltiples eventos. Esto hace que sea más fácil analizar la falla por fecha y hora en que ocurrió. La Figura 12-2 muestra un ejemplo de registro de viaje.



Number	Indication	Value	Date and time	Initiator	Cause	State	Add. Cause
00301	Power System fault	11 - ON	08.08.2004 14:09:23.329				
00302	Fault Event	11 - ON	08.08.2004 14:09:23.329				
00501	Relay PICKUP	ON	0 ms				
01761	50(N)/51(N) O/C PICKUP	ON	0 ms				
01765	50N/51N picked up	ON	0 ms				
01837	51N picked up	ON	0 ms				
01763	50/51 Phase B picked up	ON	11 ms				
01820	51 picked up	ON	11 ms				
01834	50N-1 picked up	ON	11 ms				
01831	50N-2 picked up	ON	11 ms				
01810	50-1 picked up	ON	32 ms				
01800	50-2 picked up	ON	32 ms				
00511	Relay GENERAL TRIP command	ON	32 ms				
01791	50(N)/51(N) TRIP	ON	32 ms				
01805	50-2 TRIP	ON	32 ms				
00533	Primary fault current Ia	0.00 kA	62 ms				
00534	Primary fault current Ib	1.00 kA	62 ms				
00535	Primary fault current Ic	0.00 kA	62 ms				
01124	Fault Locator Loop BG	ON	51 ms				
01118	Flt Locator: secondary REACTANCE	2.96 Ohm	51 ms				
01119	Flt Locator: Distance to fault	61.2 Miles	51 ms				
01833	50N-2 TRIP	ON	111 ms				
01836	50N-1 TRIP	ON	511 ms				
01815	50/51 I> TRIP	ON	531 ms				
01839	51N TRIP	ON	667 ms				
01810	50-1 picked up	OFF	6423 ms				
01800	50-2 picked up	OFF	6423 ms				
01763	50/51 Phase B picked up	OFF	6433 ms				
01820	51 picked up	OFF	6433 ms				
01765	50N/51N picked up	OFF	6443 ms				
01834	50N-1 picked up	OFF	6443 ms				
01761	50(N)/51(N) O/C PICKUP	OFF	6443 ms				
01837	51N picked up	OFF	6444 ms				
01831	50N-2 picked up	OFF	6444 ms				
00301	Power System fault	11 - OFF	08.08.2004 14:09:29.774				

Figura 12-2

Ejemplo de registro de viaje

12.1.3 Anuncios espontáneos

A diferencia de los registros de eventos y viajes, los anuncios espontáneos son señales que se afirman o anulan en el relé. Como sugiere el nombre, son espontáneos; el usuario no está obligado a programar estos anuncios. Los anuncios espontáneos son una verdadera evaluación del sistema de energía, sus componentes, dispositivos de conmutación, entradas y salidas de relé, funciones de protección, funciones de enclavamiento y funciones de control (consulte la Figura 12-3).

Estos anuncios son muy útiles al proporcionar información sobre los elementos del relé. Dependiendo de las entradas digitales, eventualmente se procesan las entradas analógicas y otros datos del sistema alimentados al relé. El relé registra todos estos procesos en los anuncios espontáneos.

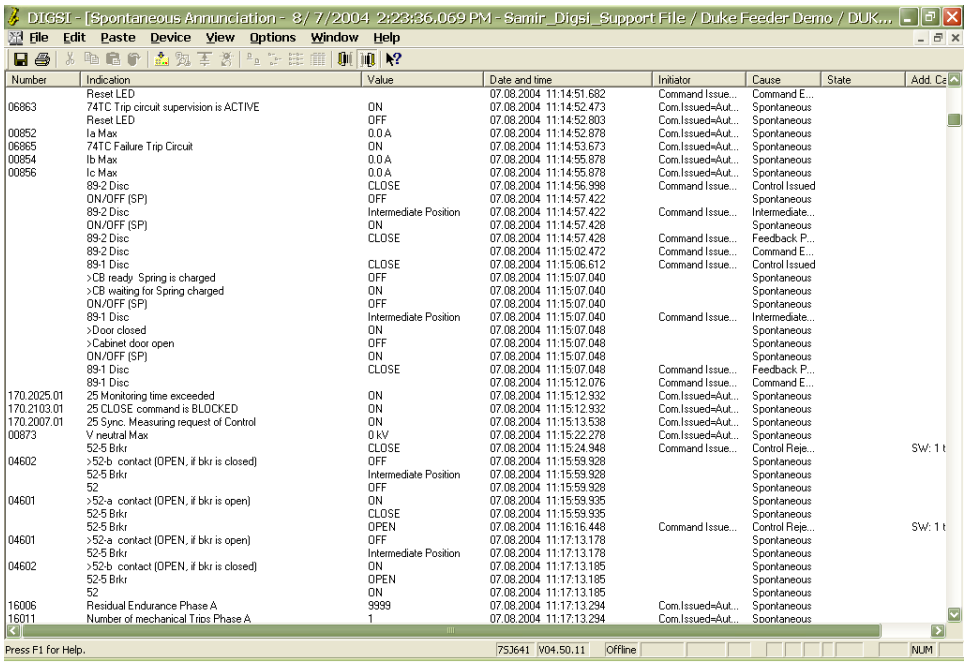


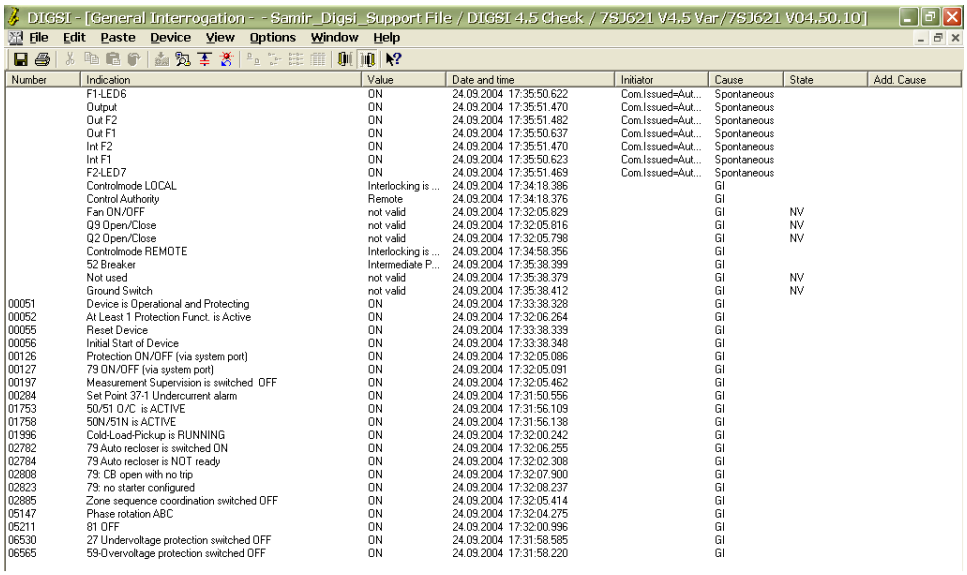
Figura 12-3
Anunciaciones espontáneas

12.1.4 Interrogación general del dispositivo

El relé permite la consulta general de sus entradas, salidas, protección, control y enclavamiento. Muestra el estado actual de estos componentes. El interrogatorio general enumera los elementos que existen en el relevo en el momento del interrogatorio.

La interrogación general (consulte la Figura 12-4) es diferente del registro de eventos, el registro de viajes y el anuncio espontáneo en el sentido de que solo informa los elementos activos o componentes activos en esa instancia de interrogación. El registro de eventos y el registro de viajes son informes de sucesos pasados. Los anuncios espontáneos son transitorios y, por lo tanto, pueden mostrar que la salida del relé es alta cuando puede haber ocurrido.

En cierto modo, la interrogación general es la única forma de conocer el estado operativo actual del relé.



Number	Indication	Value	Date and time	Initiator	Cause	State	Add. Cause
	F1-LED6	ON	24.09.2004 17:35:50.622	Com.Issued=Aut...	Spontaneous		
	Output	ON	24.09.2004 17:35:51.470	Com.Issued=Aut...	Spontaneous		
	Out F2	ON	24.09.2004 17:35:51.482	Com.Issued=Aut...	Spontaneous		
	Out F1	ON	24.09.2004 17:35:50.637	Com.Issued=Aut...	Spontaneous		
	Int F2	ON	24.09.2004 17:35:51.470	Com.Issued=Aut...	Spontaneous		
	Int F1	ON	24.09.2004 17:35:50.623	Com.Issued=Aut...	Spontaneous		
	F2-LED7	ON	24.09.2004 17:35:51.469	Com.Issued=Aut...	Spontaneous		
	Controlmode LOCAL	Interlocking is ...	24.09.2004 17:34:18.386		GI		
	Control Authority	Remote	24.09.2004 17:34:18.376		GI		
	Fan ON/OFF	not valid	24.09.2004 17:32:05.829		GI	NV	
	Q9 Open/Close	not valid	24.09.2004 17:32:05.816		GI	NV	
	Q2 Open/Close	not valid	24.09.2004 17:32:05.798		GI	NV	
	Controlmode REMOTE	Interlocking is ...	24.09.2004 17:34:58.356		GI		
	52 Breaker	Intermediate P...	24.09.2004 17:35:38.399		GI		
	Not used	not valid	24.09.2004 17:35:38.379		GI	NV	
	Ground Switch	not valid	24.09.2004 17:35:38.412		GI	NV	
00051	Device is Operational and Protecting	ON	24.09.2004 17:33:38.328		GI		
00052	At Least 1 Protection Funct. is Active	ON	24.09.2004 17:32:06.264		GI		
00055	Reset Device	ON	24.09.2004 17:33:38.339		GI		
00056	Initial Start of Device	ON	24.09.2004 17:33:38.348		GI		
00126	Protection ON/OFF (via system port)	ON	24.09.2004 17:32:05.086		GI		
00127	79 ON/OFF (via system port)	ON	24.09.2004 17:32:05.091		GI		
00197	Measurement Supervision is switched OFF	ON	24.09.2004 17:32:05.462		GI		
00284	Set Point 37-1 Undercurrent alarm	ON	24.09.2004 17:31:50.556		GI		
01753	50/51 O/C is ACTIVE	ON	24.09.2004 17:31:56.109		GI		
01758	50N/51N is ACTIVE	ON	24.09.2004 17:31:56.138		GI		
01996	Cold-Load-Pickup is RUNNING	ON	24.09.2004 17:32:00.242		GI		
02782	79 Auto recloser is switched ON	ON	24.09.2004 17:32:06.255		GI		
02784	79 Auto recloser is NOT ready	ON	24.09.2004 17:32:02.308		GI		
02808	79: CB open with no trip	ON	24.09.2004 17:32:07.900		GI		
02823	79: no starter configured	ON	24.09.2004 17:32:08.237		GI		
02885	Zone sequence coordination switched OFF	ON	24.09.2004 17:32:05.414		GI		
05147	Phase rotation ABC	ON	24.09.2004 17:32:04.275		GI		
05211	81 OFF	ON	24.09.2004 17:32:00.996		GI		
06530	27 Undervoltage protection switched OFF	ON	24.09.2004 17:31:58.585		GI		
06565	59-Overvoltage protection switched OFF	ON	24.09.2004 17:31:58.220		GI		

Figura 12-4.

Interrogaciones generales de dispositivos

12.1.5 Registros de fallas

Los registros de fallas son la característica más importante de los relés del microprocesador (vea la Figura 12-5). Los relés tienen la capacidad de activar el registro de fallas incluso para las condiciones previas a la falla. Los relés conocen fácilmente el estado de las entradas y salidas analógicas y digitales, por lo que el registro de los datos previos a la falla se logra fácilmente utilizando relés de microprocesador. Sin relés de microprocesador, la tarea de registrar los datos anteriores y posteriores a la falla es difícil e incluso imposible en algunos casos.

Con los relés de microprocesador, un usuario puede especificar la activación del registro de fallas, la duración del registro y el tipo de registro (es decir, datos brutos medidos por el relé o datos filtrados). El registro de fallas se transmite a una PC para su análisis y también se puede distribuir con un formato de archivo universal. El registro de fallas contiene datos analógicos, datos digitales, puntos internos de relé, entradas y salidas. Los datos analógicos se pueden mostrar en formas de onda; los datos digitales se muestran en barras. El relé mantiene estos registros de fallas en una memoria no volátil de modo que cuando se pierde la potencia del relé, el registro de fallas permanece intacto para su futura recuperación.

Punto clave O y MCost

Con los relés de microprocesador, un usuario puede especificar la activación del registro de fallas, la duración del registro y el tipo de registro (es decir, datos brutos medidos por el relé o datos filtrados).

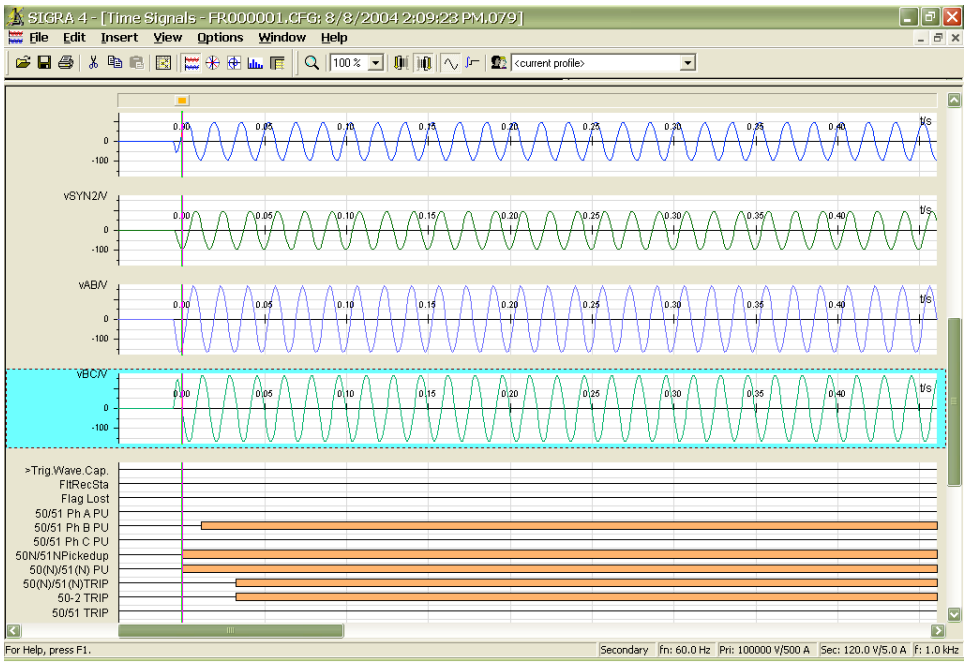


Figura 12-5

Registros de fallas

13

SEGUIMIENTO DEL ESQUEMA DE CONTROL

Una de las características más valiosas del relé de microprocesador es su capacidad para monitorear continuamente sus subsistemas y software internos, detectar cualquier mal funcionamiento y proporcionar una alarma que permita enviar al personal de servicio. Dado que un porcentaje cada vez mayor del esquema de control de protección general está integrado en el relé, existe la posibilidad de extender los beneficios del autodiagnóstico más allá de los subsistemas internos del relé. Al utilizar entradas binarias para proporcionar al relé información sobre el estado de salud del esquema de control, es posible utilizar funciones de control lógico programable del relé del microprocesador para detectar y responder a fallas del esquema de control externo.

Punto clave O y MCost

Dado que un porcentaje cada vez mayor del esquema de control de protección general está integrado en el relé, existe la posibilidad de extender los beneficios del autodiagnóstico más allá de los subsistemas internos del relé. Al utilizar entradas binarias para proporcionar al relé información sobre el estado de salud del esquema de control, es posible utilizar funciones de control lógico programable del relé del microprocesador para detectar y responder a fallas del esquema de control externo.

13.1 Monitoreo del circuito de disparo (TCM)

Un circuito de bobina de disparo del disyuntor abierto es un punto único de falla particularmente dañino que tampoco es infrecuente. Son posibles dos métodos diferentes de supervisión del circuito de disparo (TCM). Usando el método de entrada binaria única, es posible la integridad de la bobina de disparo y la resistencia en serie. Cuando está disponible una segunda entrada binaria aislada, es posible mejorar el autodiagnóstico del esquema del TCM para monitorear la respuesta del interruptor automático utilizando contactos auxiliares del interruptor.

13.1.1 Método de entrada binaria dual para monitoreo del circuito de disparo

Para implementar el método de entrada binaria dual de monitoreo del circuito de disparo, una entrada binaria aislada se conecta en paralelo con el contacto de salida de disparo del relé asociado. La entrada binaria aislada restante se conecta en paralelo a un contacto auxiliar del disyuntor (consulte la Figura 13-1).

En la Figura 13-1, la entrada binaria 1 (BI 1) se afirma (estado lógico = H) cuando el contacto de disparo del relé se abre y se desactiva (estado lógico = L) cuando el contacto de disparo está cerrado. La entrada binaria 2 (BI 2) está conectada a un contacto auxiliar del disyuntor "b". Por lo tanto, BI 2 se activa cuando el interruptor automático está abierto.

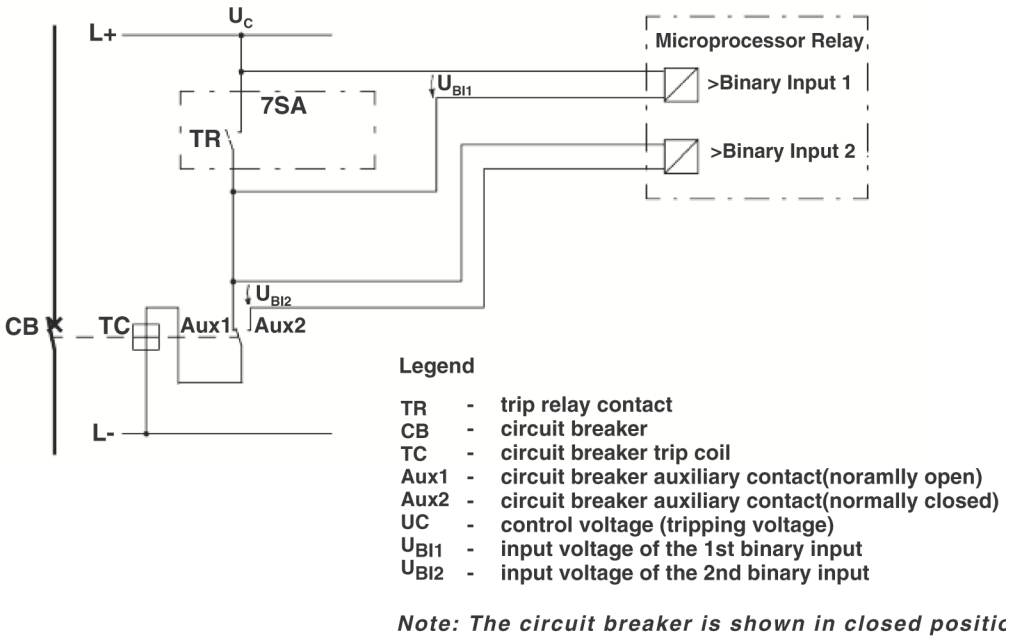


Figura 13-1

Método de entrada binaria dual de monitoreo del circuito de disparo

El circuito de la Figura 13-1 da como resultado la tabla de verdad que se muestra en la Tabla 13-1:

Tabla 13-1

Tabla para el método de entrada binaria dual de monitoreo del circuito de disparo

No.	Contacto de viaje	Cortacircuitos	Aux. Cont. 1	Aux. Cont. 2	BI 1	BI 2
1	Abierto	En	Cerrado	Abierto	H	L
2	Abierto	Apagado	Abierto	Cerrado	H	H
3	Cerrado	En	Cerrado	Abierto	L	L
4	Cerrado	Apagado	Abierto	Cerrado	L	H

El estado en el que se desactivan ambas entradas binarias (estado lógico = "L") es posible solo con circuitos de disparo intactos durante un período de transición corto (contacto del relé de disparo cerrado pero disyuntor aún no abierto). Un estado continuo de esta condición es posible solo cuando el circuito de disparo se ha interrumpido, existe un cortocircuito en el circuito de disparo, se produce una pérdida de voltaje de la batería o se producen fallos en el mecanismo del disyuntor.

La Figura 13-2 muestra un circuito lógico de ejemplo para crear una alarma TCM. El temporizador debe configurarse entre 1 y 2 segundos para evitar alarmas del TCM durante el estado de transición cuando se emite un disparo de relé.

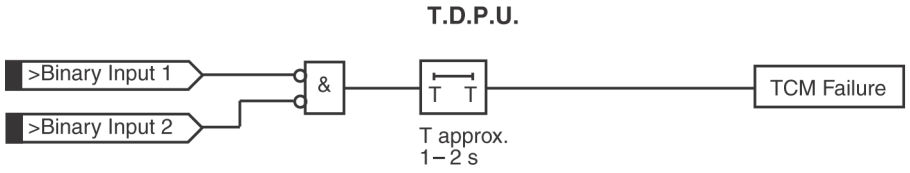


Figura 13-2

Ejemplo de lógica: método de entrada binaria doble para la supervisión del circuito de disparo

13.1.2 Método de entrada binaria única para la supervisión del circuito de disparo

Para esta aplicación de TCM, se conecta una sola entrada binaria en paralelo con el contacto de salida de disparo del relé y se coloca una resistencia de alto valor óhmico en paralelo con el contacto auxiliar del interruptor de circuito como se muestra en la Figura 13-3.

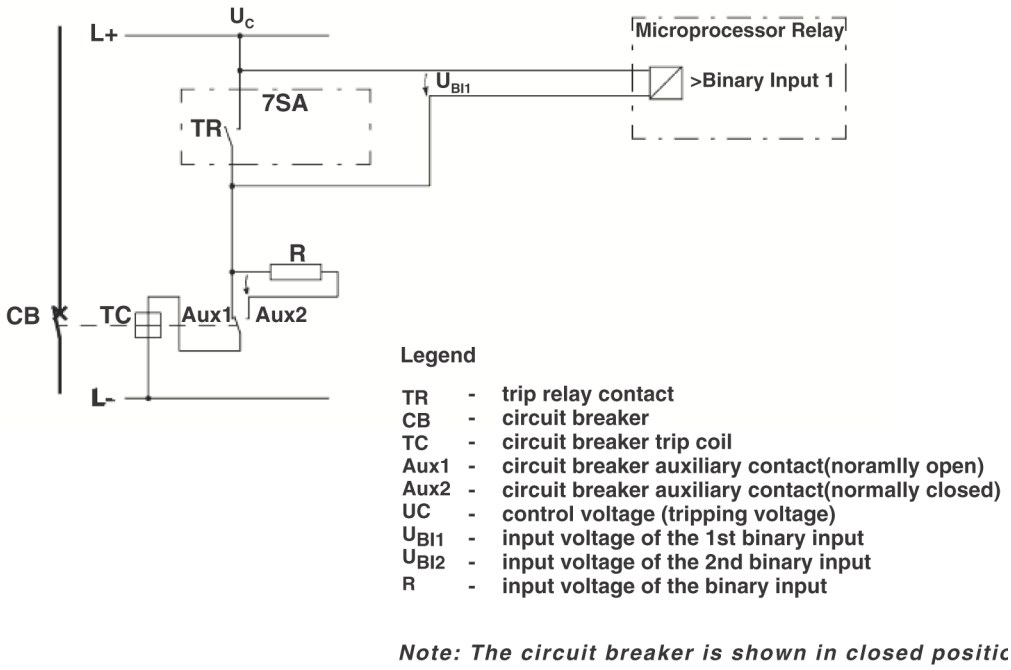


Figura 13-3

Método de entrada binaria única de monitoreo del circuito de disparo

Durante el funcionamiento normal, la entrada binaria se afirma (estado lógico = H) para las condiciones de interruptor abierto y cerrado porque el circuito de monitoreo está cerrado por el contacto auxiliar del interruptor automático (interruptor automático cerrado) o mediante la resistencia de bypass R (interruptor automático abierto).

Una falla del circuito de disparo hará que la entrada binaria se desactive continuamente. Es necesario un temporizador lógico para filtrar las alarmas incorrectas del TCM durante las salidas de disparo del relé. El retardo de tiempo del TCM debe configurarse para evitar alarmas para el comando de salida de disparo anticipado más largo.

13.2 Monitoreo de circuito cerrado (CCM)

Aunque es menos crítico que el monitoreo de la bobina de disparo, puede haber aplicaciones en las que una falla en el cierre (o reenganche) justifique el monitoreo del esquema de control. En tales aplicaciones, se pueden utilizar los mismos métodos descritos en el monitoreo de la bobina de disparo para verificar la integridad del circuito cerrado.

13.3 Monitoreo de fallas de fusibles

Las entradas de voltaje precisas y saludables son críticas para la protección de relés controlados por voltaje e impedancia. Los relés de microprocesador tienen la inteligencia necesaria para monitorear, detectar y responder a fallas de los circuitos de entrada de voltaje de CA. Las fallas del circuito de medición de voltaje deben distinguirse de las excursiones de voltaje causadas por fallas del sistema de energía.

Punto técnico clave

Los relés de microprocesador tienen la inteligencia necesaria para monitorear, detectar y responder a fallas de los circuitos de entrada de voltaje de CA.

Si se detecta una falla de voltaje, la protección de distancia y todas las demás funciones que operan sobre la base de la subtensión (es decir, también un disparo de alimentación débil) deben bloquearse para evitar un disparo inadecuado debido a la corriente de carga. La protección de respaldo que no dependa de voltajes saludables debe estar disponible para protección de emergencia durante la pérdida de condiciones potenciales.

Punto técnico clave

La protección de respaldo que no dependa de voltajes saludables debe estar disponible para protección de emergencia durante la pérdida de condiciones potenciales.

13.3.1 Monitoreo de fallas de fusibles: falla trifásica

Una falla trifásica del secundario medido se puede distinguir de una falla real del sistema por la falta del correspondiente cambio de corriente. Para aplicaciones en las que se utilizan PT del lado de la línea, se evita una alarma molesta durante condiciones de interruptor abierto al requerir una cantidad mínima de corriente para detectar una condición de polo cerrado. Se detecta una falla de voltaje tripolar si ocurren las siguientes condiciones:

- Todos los voltajes de tierra trifásicos caen por debajo del voltaje mínimo especificado El diferencial de
- corriente en las tres fases es menor que el límite preestablecido
- Todas las amplitudes de corriente trifásica son mayores que el límite de corriente mínimo de polo abierto preestablecido (es decir, el interruptor está cerrado)
- Todas las amplitudes de corriente trifásica son más pequeñas que la corriente mínima del detector de fallas trifásicas

13.3.2 Monitoreo de fallas de fusibles: falla monofásica y fase-fase

La falla de un solo fusible potencial o la falla concurrente de dos fusibles potenciales creará una entrada de voltaje asimétrica al relé del microprocesador sin un desequilibrio de corriente correspondiente.

La asimetría del voltaje durante una falla de fusible no trifásico se detecta mediante un aumento en el voltaje de secuencia cero o de secuencia negativa. Se descarta una falla monofásica o entre fases si la corriente medida permanece lo suficientemente simétrica (es decir, sin corriente de secuencia cero o negativa).

En sistemas sin conexión a tierra, las cantidades del sistema de secuencia cero no son una indicación confiable de una condición de falla de fusible. En sistemas sin conexión a tierra, no se debe confiar en el voltaje de secuencia cero y, en cambio, se debe usar el voltaje de secuencia negativa para indicar un desequilibrio de voltaje.

Material con licencia EPRI

UNA
REFERENCIAS

A.1 Estándares de la industria

1. IEEE 100-1992, *Diccionario estándar IEEE de términos eléctricos y electrónicos.*

2. ANSI / IEEE 141-1986, *Práctica recomendada por IEEE para distribución de energía eléctrica para plantas industriales.*

3. ANSI / IEEE 242-1986, *Práctica recomendada por IEEE para la protección y coordinación de sistemas de energía industriales y comerciales.*

4. ANSI / IEEE 741-1990, *Criterios estándar IEEE para la protección de sistemas y equipos eléctricos de clase IE en estaciones generadoras de energía nuclear.*

5. ANSI / IEEE C37.2-1991, *Números de función del dispositivo del sistema de energía eléctrica estándar IEEE.*

6. ANSI / IEEE C37.90-1989, *Relés estándar IEEE y sistemas de relés asociados con aparatos de energía eléctrica.*

7. ANSI / IEEE C37.90.1-1989, *Pruebas de capacidad de resistencia a sobretensiones (SWC) estándar de IEEE para relés de protección y sistemas de relés.*

8. ANSI / IEEE C37.90.2-1989, *Capacidad de resistencia estándar de uso de prueba IEEE de los sistemas de relés a la interferencia electromagnética radiada de los transceptores.*

9. ANSI / IEEE C37.91-1985, *Guía IEEE para aplicaciones de relés de protección para transformadores de potencia.*

10. ANSI / IEEE C37.93-1987, *Guía IEEE para aplicaciones de relés de protección de sistemas de Tonos de audio sobre canales telefónicos.*

11. ANSI / IEEE C37.95-1989, *Guía IEEE para retransmisiones de protección de consumidores de servicios públicos Interconexiones.*

12. ANSI / IEEE C37.96-1988, *Guía IEEE para la protección de motores de CA.*

13. ANSI / IEEE C37.97-1979, *Guía IEEE para aplicaciones de relés de protección para sistemas de energía Autobuses.*

14. ANSI / IEEE C37.98-1987, *Prueba sísmica estándar IEEE de relés.*

15. ANSI / IEEE C37.99-1990, *Guía IEEE para la protección de bancos de condensadores en derivación.*

16. ANSI / IEEE C37.100-1981, *Definiciones estándar IEEE para conmutadores de potencia.*

17. ANSI / IEEE C37.100d-1991, *Suplemento a las definiciones de aparamenta de potencia.*

18. ANSI / IEEE C37.101-1985, *Guía IEEE para la protección de tierra del generador.*

19. ANSI / IEEE C37.102-1987, *Guía IEEE para la protección de generadores de CA.*

20. ANSI / IEEE C37.103-1990, *Guía IEEE para circuito de relé diferencial y polarizador Pruebas.*

21. ANSI / IEEE C37.105-1987, *Norma IEEE para relés de protección de clase IE y Auxiliares para Centrales Nucleares.*

22. ANSI / IEEE C37.106-1987, *Guía IEEE para protección de frecuencia anormal para energía Plantas generadoras.*

23. ANSI / IEEE C37.108-1989, *Guía IEEE para la protección de transformadores de red.*

24. ANSI / IEEE C37.109-1988, *Guía IEEE para la protección de reactores en derivación.*

25. ANSI / IEEE C57.13.3-1983, *Guía IEEE para la puesta a tierra de transformadores de medida Circuitos y cajas secundarios.*

26. ANSI / NFPA 70-1993, *Código Eléctrico Nacional.*

27. ANSI / NFPA 70B-1990, *Práctica recomendada para el mantenimiento de equipos eléctricos.*

28. ANSI / NFPA 70E-1988, *Norma de requisitos de seguridad eléctrica para empleados Lugares de trabajo.*

29. NETA ATS-1991, *Especificaciones de prueba de aceptación.*

30. NETA MTS-1989, *Especificaciones de prueba de mantenimiento.*

A.2 Documentos de la NRC

1. Boletín NRC 8843, *Enganche inadecuado del pestillo en relés de enclavamiento tipo HFA fabricados por General Electric.*

2. Aviso de información NRC 85-82, *Relé de protección diferencial de generador diesel no calificado sísmicamente.*

3. Aviso de información NRC 88-14, *Problemas potenciales con relés eléctricos.*

4. Aviso de información de NRC 88-27, *Terminaciones eléctricas deficientes identificadas en componentes relacionados con la seguridad.*

5. Aviso de información de NRC 88-45, *Problemas en la coordinación de relés de protección y disyuntores.*

6. Aviso de información de NRC 88-58, *Problemas potenciales con relés de sobrecorriente de tiempo Asea Brown Boveri ITE-51L.*

7. Aviso de información de NRC 88-69, *Atadura de dedos de contacto móvil en relés HFA fabricados por General Electric.*

8. Aviso de información de NRC 88-88, *Degradación de los relés Westinghouse ARD.*

9. Aviso de información de la NRC 88-98, *Degradación de relés eléctricos causada por oxidación de superficies de contacto.*

10. Aviso de información NRC 89-03, *Problemas potenciales del equipo eléctrico.*

11. Aviso de información de NRC 90-57, *Relés Potter y Brumfield de calidad inferior, reacondicionados Representado como nuevo.*

12. Aviso de información de NRC 91-45, *Posible mal funcionamiento de Westinghouse ARD, BFD y Relés NFBD y contactores magnéticos A200 DC y DPC 250.*

13. Aviso de información de la NRC 92-04, *Fallos del relé giratorio del modelo MDR de Potter y Brumfield.*

14. Aviso de información de NRC 92-45, *Ruptura potencial del aislamiento de la bobina en ABB RXMH2 Relés.*

15. Aviso de información de la NRC 92-19, *Aplicación incorrecta de los relés giratorios Potter y Brumfield MDR.*

16. Aviso de información de la NRC 92-24, *Modificación del distribuidor a ciertos productos de grado comercial Relés eléctricos Agastat.*

17. Aviso de información de NRC 92-27, *Envejecimiento acelerado inducido térmicamente y falla de Relés de CA ITE / Gould utilizados en aplicaciones relacionadas con la seguridad.*

18. Aviso de información de la NRC 92-29, *Posible mala coordinación del interruptor provocada por Circuito de viaje.*

19. Aviso de información de NRC 92-40, *Prueba inadecuada de la lógica de subtensión del bus de emergencia Circuito.*

20. NUREG / CR-1366, *Mejoras en los requisitos de vigilancia de especificaciones técnicas.*

21. NUREG / CR-4715, *Una evaluación de envejecimiento de relés y disyuntores y sistema Interacciones.*

22. NUREG / CR-5181, *Investigación sobre el envejecimiento de las plantas nucleares: el sistema de energía IE.*

23. NUREG / CR-5643, *Información obtenida de la investigación sobre el envejecimiento.*

24. NUREG / CR-5762, *Evaluación integral del envejecimiento de interruptores automáticos y relés.*

A.3 Referencias EPRI

1. *Pruebas posteriores al mantenimiento: una guía de referencia.* EPRI, Palo Alto, CA: 1991. NP-7213.

2. *Primer de mantenimiento predictivo.* EPRI, Palo Alto, CA: 1991. NP-7205.

3. *Comportamiento del relé en la planta de energía nuclear de Perry durante el terremoto de 1986 en Leroy, Ohio.* EPRI, Palo Alto, CA: 1989. NP-6472.

4. *Robustez sísmica de componentes eléctricos envejecidos.* EPRI, Palo Alto, CA: 1987. NP-5024.

5. *Robustez sísmica de relés.* EPRI, Palo Alto, CA: 1991. NP-7147-SL.

6. *Serie de referencia eléctrica de centrales eléctricas: Protección de estaciones.* EPRI, Palo Alto, CA: 1988. EL-5036-A.

A.4 Papeles IEEE

1. A. Chockie y K. Bjorkelo, "Prácticas de mantenimiento efectivas para administrar el envejecimiento del sistema", *Actas del Simposio anual de confiabilidad y mantenibilidad (* 1992).

2. WK Russet y JD Kueck ,. "Consideraciones para mejorar la confiabilidad del suministro de energía fuera del sitio para estaciones de generación nuclear", *Transacciones IEEE sobre conversión de energía, vol.* 6, No. 4, diciembre de 1991.

3. AM Smith, "Impacto del mantenimiento preventivo en la disponibilidad de la planta", *Actas del Simposio anual de confiabilidad y mantenibilidad (* 1992).

A.5 Referencias del fabricante

1. Asea Brown Boveri, *Relé de sobrecorriente tipo CO (HI-LO),* Folleto de instrucciones IL 41-100I. Asea Brown Boveri, *Relé*

2. *de voltaje tipo CV,* Folleto de instrucciones IL 41-201Q.

3. Asea Brown Boveri, *Relés tipos SC, SC-1, SV y SV-1,* Folleto de instrucciones IL 41-766.1K.

4. Asea Brown Boveri, *Relés de subtensión y relés de sobretensión,* Publicación IB 18.4.7-2, Edición E.

5. Baster eléctrico, *Manual de instrucciones para relé de frecuencia digital número de modelo BE1-81 O / U,* Publicación No. 9 1581 00990.

6. Energia General, *Técnicas de ajuste para relés electromecánicos,* Publicación GEK99350 (7/92).

7. General Electric, *Relé de equilibrio de corriente: Tipo IJC5lE,* Publicación GEK-65583B.

8. General Electric, *Relés de sobrecorriente direccionales: Tipos IBC51A, IBC52A, IBCG51A, IBCG52A, IBCV51A, IBCV52A,* Publicación GEH-1766.

9. General Electric, *Relés de frecuencia: tipos IJF51A, IJF51B e IJF52A,* Publicación GEI-19008F.

10. General Electric, *Relés diferenciales de alta velocidad: tipos CFD22A y CFD22B,* Publicación GEK-34124F.

11. General Electric, *Relé de pérdida de excitación: Tipo CEH51A,* Publicaciones GEK-27887H.

12. Siemens AG, *Siprotec 4 - Descripción del sistema,* Publicación E50417-H1176-C151-A4, Versión: 19.07.02, 2002.

13. Siemens AG, *Siprotec 4 - Protección de distancia 7SA522 V4.3,* Manual de instrucciones C53000-G1176-C155-3.

14. General Electric, *Manual de transformadores de medida, principios de funcionamiento y aplicación Información.*

15. General Electric, *Relés de distancia Mho: Tipo GCY51A,* Publicación GEI-98338E.

16. General Electric, *Relés diferenciales porcentuales: Tipos IJD52A, IJD52B, IJD53C, IJD53D,* Publicación GEH-1268G.

17. General Electric, *Relés de sobrecorriente direccionales de fase: Tipos IBC51E, IBC52E, IBC53H, IBC54H, IBC77E, IBC78E,* Publicación GEH-1817B.

18. Siemens AG, *Siprotec 4 - Generador multifunción, motor y relé de transformador 7UM62 V4.* 1, Manual de instrucciones C53000-G1176-C149-3.

19. Siemens AG, *Catálogo de Sistemas de Protección Relés Numéricos de Protección Siprotec,* Publicación SIP-2003.

20. General Electric, *Relé direccional de potencia polifásica para protección anti-motor, tipo GGP53C,* Publicación GEK-34117F.

21. General Electric, *Relé direccional de potencia: Tipo GGP53B,* Publicación GEI-33891F.

22. General Electric, *Relés de potencia: tipos ICW51A, ICW52A, ICW52B,* Publicación GEH-2056D.

23. General Electric, *Relé de verificación de sincronismo:* Tipo IJS52D, publicación GEI-90802B.

24. General Electric, *Relé de sincronización;* Tipo GXS11B, publicación GEI-33858G.

25. General Electric, *Relés de sobrecorriente de tiempo:* Tipo IAC66K, publicación GEI-44233F.

26. General Electric, *Relés de secuencia de fase y subtensión: Tipos ICR51A, ICR53A, ICR53B, ICR54A, ICR54B,* Publicación GEH-1783F.

27. Siemens AG, Siprotec - *Protección diferencial 7UT612 V4.0, Manual de instrucciones C53000-G1176-C148-1.*

28. Siemens AG, *Siprotec - 7UT51 V3 Protección diferencial relé de protección para Manual de instrucciones de transformadores, generadores, motores y buses,* Manual de instrucciones PRIM-2330C.

29. General Electric, *Relés de sobrecorriente de tiempo: tipos IAC51A, IAC51B, IAC52A, IAC52B, IAC51R,* Publicación GEH-1753G.

30. Relés de sobrecorriente de tiempo de General Electric: Tipos IAC53A, IAC53B, IAC53C, IAC53R, IAC54A, IAC54B, publicación GEH-1788K.

31. General Electric, *Relés de sobrecorriente de tiempo con restricción de voltaje: Tipos IFCV51AD, IFCV51BD,* Publicación GEK-49946D.

32. General Electric, *Relés de sobrecorriente de tiempo con restricción de voltaje: Tipos IJCV51A, IJCV51B, IJCV52A, IJCV52B,* Publicación GEH-2029A.

33. General Electric, *Relés diferenciales de transformador con restricción porcentual y armónica: Tipos BDDI5B, Formularios 11 y posteriores, BDD16B, Formularios 11 y posteriores,* Publicación GEH-2057K.

34. Siemens AG, *Siprotec 4 - Relé de protección multifunción con control local 7SJ62 / 63/64 V4.4,* Manual de instrucciones C53000-G1140-C147-3.

35. General Electric, *Relés diferenciales de transformador con restricción porcentual y armónica: Tipos STD15C, STD16C,* Publicaciones GEK-45307.

36. General Electric, *Relés de sobrecorriente de tiempo tipo IAC: Tipos IAC66A, IAC66B, IAC66C,* Publicación GEK-86054C.

37. General Electric, *Relés de baja frecuencia: Tipos CFF15A, CFF15B,* Publicación GEI-68712A.

38. General Electric, *Relés de mínima tensión: Tipos IAV54FA, IAV54H, IAV55C, IAV55F, IAV55H, IAV55J,* Publicación GEH-1768A.

39. General Electric, *Relés de bajo voltaje: Tipos NGV11A - Formas 11 y superiores, NGV11B - Formularios 11 y posteriores, NGV12A - Formularios 11 y posteriores, NGV12B - Formularios 11 y posteriores, NGV12C Formularios 11 y posteriores, NGV13A - Formularios 21 y posteriores, NGV13B - Formularios 21 y posteriores,* Publicación GEI-90805H.

40. General Electric, *Relé de equilibrio de voltaje: Tipo CFVB11A,* Publicación GEI-31030D.

41. General Electric, *Relé de equilibrio de voltaje: tipo CFVB11B,* Publicación GEK-41831D.

42. General Electric, *Relés de voltaje, tipos: IAV51A, IAV52A, IAV53A, IAV53B, IAV53C, IAV53D, IAV53K, IAV53L, IAV53M, IAV53N,* Publicación GEH-1814J.

43. Multi-Amp Corporation, *Mantenimiento preventivo de relés de protección,* Boletín 1 PMPR.

44. Siemens, *AG, DIGSI 4 Edición: 25.07.00,* Software Manual de instrucciones E50417-H1176-C096-A3.

45. Westinghouse Electric Corporation, *Relés de tierra de sobrecorriente direccionales, tipos: IRP, IRC y IRD,* Publicación IL 41-133L.

46. Westinghouse Electric Corporation, *Relés de sobrecorriente direccionales, tipos: CR, CRC, CRP, y CRD,* Publicación IL 41-1131N.

47. Westinghouse Electric Corporation, *Aplicaciones de sistemas de energía industriales y comerciales Serie, Guía de aplicación de transformadores de corriente de relé, División de instrumentos de relé Westinghouse,* Publicación PRSC-6, mayo de 1982.

48. Westinghouse Electric Corporation, *Relé de sobrecarga térmica tipo BL-1,* Publicación IL 41-553.1G.

49. Westinghouse Electric Corporation, *Relé diferencial porcentual tipo CA para transformador Proteccion,* Publicación IL 41-332.2A.

50. Westinghouse Electric Corporation, *Relé de corriente de equilibrio de fase tipo CM,* Publicación IL 41-181.2D.

51. Westinghouse Electric Corporation, *Relé de sobrecorriente tipo CO,* Publicación IL 41-l0lR.

52. Westinghouse Electric Corporation, *Relé generador de secuencia negativa tipo COQ (50/60 Hertz),* Publicación IL 41-161H.

53. Westinghouse Electric Corporation, *Relé de voltaje tipo CV,* Publicación IL 41-201J.

54. Westinghouse Electric Corporation, *Relé tipo CVQ,* Publicación IL 41-223K.

55. Westinghouse Electric Corporation, *Relés diferenciales de transformador tipos HU y HU-1,* Publicación IL 41-347.1L.

56. Westinghouse Electric Corporation, *Relé de distancia del compensador tipo KD-10 y KD-11,* Publicación IL 41-490A.

57. Westinghouse Electric Corporation, *Relé auxiliar multicontacto tipo MG-6,* Publicación IL 41-753.1J.

58. Westinghouse Electric Corporation, *Relé diferencial de generador tipo SA-1 para clase IE Aplicaciones* Publicación IL 41-348.11.

59. Westinghouse Electric Corporation, *Relé auxiliar tipo SG,* Publicación IL 41-751M.

A.6 Referencias varias

1. JG Andrichak et al., "La creciente complejidad de las pruebas de relés". Documento presentado en la 40ª Conferencia Anual de Relevos de Texas A&M en College Station, TX (13 al 15 de abril de 1987).

2. S. Ayraud y A. Thumann. *Introducción al Diseño de Sistemas Eléctricos Eficientes.* PrenticeHall, Inc., Nueva Jersey 1986.

3. JL Blackburn. *Relés de protección, principios y aplicaciones,* Marcel Dekker, Inc., 1987.

4. WA Elmore, "Formas de asegurar el funcionamiento incorrecto de los relés diferenciales de transformadores". Documento presentado en la Western Protective Relay Conference en Spokane WA (22 de octubre - 24, 1991).

5. CI Hubert. *Mantenimiento preventivo de equipos eléctricos.* McGraw-Hill, Nueva York, 1969.

6. JR Jancauskas, "Cálculos para relés de voltaje degradados en estaciones generadoras de energía nuclear". Documento presentado en la reunión de otoño del Comité de retransmisión de la Asociación Eléctrica de Pensilvania, Hershey, PA, 10 de septiembre de 1991).

7. CA Kramer, "Enfoques de módem para la protección de buses y la retransmisión de fallas de interruptores". Documento presentado ante la Western Protective Relay Conference, Spokane WA (22-24 de octubre de 1991).

8. CR Mason. *El arte y la ciencia de la retransmisión de protección.* John Wiley & Sons, Inc., Nueva York: 1967.

9. Laboratorios del Noroeste del Pacífico. *Prácticas de mantenimiento para gestionar el envejecimiento: una revisión de varias tecnologías,* PNL-7823, 1991.

10. AG Phadke, JS Thorp y S. James. *Retransmisión informática para sistemas de potencia.* John Wiley & Sons Inc., Nueva York: 1988.

11. W. Elmore. *Teoría y aplicaciones de relés de protección.* Marcel Dekker, Inc., 1994.

12. GEC AlsthomMeasurements, Ltd. *Guía de aplicación de relés de protección. 1987.*

13. SE Zocholl, "Desarrollo de un estándar para características de relés de sobrecorriente". Documento presentado en la 16ª Conferencia Anual de Relevo Occidental, Spokane, WA (octubre de 1989).

14. Westinghouse Electric Corporation. *Relés de protección aplicada,* 1979.

15. G. Ziegler. *Distancia numérica* Protección: principios y aplicaciones. Nueva York: John Wiley e hijos, 2000.

A.7 Fabricantes principales

1. Protección y control de General Electric Company, 205 Great Valley Parkway Malvern, PA 19355-1337.

2. ABB Power T&D Company, Inc. División de retransmisión, 4300 Coral Ridge Drive, Coral Springs, FL 33065. (ABB Power T&D Company fabrica la línea Westinghouse de relés de protección).

3. Transmisión y distribución de energía de Siemens, 7000 Siemens Road, Wendell, NC 27591.

segundo
GLOSARIO

Las definiciones proporcionadas en el Apéndice B se obtuvieron de las referencias enumeradas en el Apéndice A.

UNA

AC - Corriente alterna.

criterios de aceptación - Límites especificados que se imponen a las características o al rendimiento de un artículo, proceso o servicio según se define en los códigos, normas u otros documentos de requisitos.

Convertidor A / D - Ver **ADC.**

retransmisión adaptativa - La capacidad de los relés de microprocesador para cambiar las características de protección y control del relé según lo requieran las condiciones del sistema.

ADC - Convertidor de analógico a digital. Un circuito integrado que convierte valores analógicos instantáneos en una palabra binaria de 8 o 16 bits apta para ser manipulada por un microprocesador. Los relés numéricos utilizan ADC para convertir los voltajes y corrientes entrantes en un número adecuado para la manipulación matemática mediante algoritmos de protección.

habla a - Identificador único asignado a un relé de protección de microprocesador u otro IED conectado en una topografía de comunicación de tipo bus o anillo. La dirección se utiliza para garantizar que el dispositivo adecuado reciba los mensajes que se envían en la red de comunicaciones.

relé de alarma - Relé de monitoreo cuya función es operar una señal audible o visual para anunciar la ocurrencia de una operación o condición que requiere atención personal (y que generalmente está provisto de un dispositivo de cancelación de señalización).

algoritmo - Un procedimiento de resolución de problemas paso a paso, especialmente un procedimiento computacional recursivo establecido para resolver un problema en un número finito de pasos. En los relés numéricos, los algoritmos se utilizan para implementar varias funciones de protección, como la medición de impedancia o sobrecorriente temporal.

Conversor analógico a digital - Ver **ADC.**

Y lógica - Elemento lógico básico booleano funcionalmente equivalente a contactos en serie. Ambas entradas a una puerta AND deben ser un "1" lógico para afirmar la salida.

armature (de un relé) - El elemento móvil de un relé electromecánico que contribuye a la respuesta diseñada del relé y que generalmente tiene asociada una parte del conjunto de contactos del relé.

relé auxiliar - Un relé cuya función es ayudar a otro relé o dispositivo de control a realizar una función general proporcionando acciones complementarias. Ver **Relé de bloqueo.**

conductor auxiliar de felay - Un circuito que suministra una entrada a un relé auxiliar.

corriente de cortocircuito disponible - La corriente máxima que el sistema de energía puede entregar a través de un punto de circuito dado a cualquier cortocircuito de impedancia insignificante aplicado en el punto dado o en cualquier otro punto que hará que la corriente más alta fluya a través del punto dado.

corriente de prueba de cortocircuito disponible - La corriente máxima de cortocircuito para cualquier configuración dada de un circuito de prueba que la fuente de alimentación de prueba puede entregar en el punto de prueba.

segundo

protección de respaldo - Una forma de protección que opera independientemente de los componentes especificados en el sistema de protección primario. La protección de respaldo puede duplicar la protección primaria y puede estar destinada a operar solo si la protección primaria falla o está temporalmente fuera de servicio.

relé de equilibrio - Un relé que opera comparando la magnitud de dos cantidades de entrada similares.

tasa de baudios - Una medida de la velocidad de comunicación expresada en bits / segundo. Las velocidades en baudios de los puertos de comunicación del IED deben configurarse para permitir comunicaciones exitosas con dispositivos externos.

controlador de bahía - Dispositivos con funciones de control y monitorización sin funciones de protección. Los relés de protección de microprocesador multifuncionales con funciones de controlador lógico interno tienen la capacidad de integrar las funciones de un controlador de bahía.

parcialidad - Un cambio en el punto cero de la señal en cierta cantidad.

entrada binaria - Búfer de entrada de contacto ópticamente aislado. La entrada binaria se utiliza para proporcionar información global a los relés del microprocesador y también se conoce como entrada digital.

salida binaria - Contacto de salida de un relé de microprocesador u otro IED.

bloqueo - Una función de relé que evita acciones que de otro modo serían iniciadas por el sistema de relés.

relé de bloqueo - Un relé cuya función es hacer que otro relé o dispositivo sea ineficaz bajo condiciones específicas.

carga (de un relevo) - Impedancia de carga impuesta por un relé en un circuito de entrada expresada en ohmios y ángulo de fase en condiciones específicas.

C

calibración - El ajuste de un dispositivo para que tenga las características operativas diseñadas. La calibración también puede incluir el marcado posterior de las posiciones de los medios de ajuste o la realización de los ajustes necesarios para que las características operativas coincidan sustancialmente con las escalas o el marcado estandarizados.

error de calibración - En el funcionamiento de un dispositivo, la desviación (en condiciones especificadas) del rendimiento real del rendimiento indicado por escalas, diales u otras marcas en el dispositivo.

escala de calibración - Un conjunto de graduaciones marcadas para indicar valores de cantidades tales como corriente, voltaje o tiempo (que un dispositivo automático puede configurarse para operar).

protección de tierra de la caja (marco) - Protección de relé de sobrecorriente utilizada para detectar el flujo de corriente en la tierra o la conexión a tierra del equipo o la máquina. Ver **Clasificación actual (de un relé).**

CFC - El diagrama de funciones continuas es un método de programación de PLC que se ha incorporado a algunos relés de microprocesador.

bloqueo de charla - El ajuste del temporizador asociado con la entrada digital de un relé de microprocesador que se utiliza para filtrar una entrada binaria rápidamente intermitente. El bloqueo de vibración se utiliza para evitar sobrecargar el relé con indicaciones de entrada molestas.

clase 1E - La clasificación de seguridad de los equipos y sistemas eléctricos que son esenciales para el apagado de emergencia del reactor, el aislamiento de la contención, el enfriamiento del núcleo del reactor y la contención y la eliminación del calor del reactor, o que son esenciales para prevenir una liberación significativa de material radiactivo al medio ambiente. Los términos "Clase 1E" y "relacionados con la seguridad" se utilizan indistintamente en este informe.

tiempo de limpieza - El intervalo entre el tiempo que actúa la cantidad en el circuito principal alcanza el valor que causa la activación del relé y el instante de la extinción final del arco en todos los polos de los contactos de arco primario.

relé de cierre - Una forma de relé auxiliar que se utiliza con un dispositivo operado eléctricamente para controlar el cierre y la apertura del circuito de cierre del dispositivo de modo que la corriente de cierre principal no pase a través del interruptor de control u otro dispositivo de inicio.

puerto com - Puerto de comunicaciones. El puerto de comunicaciones es parte del subsistema de E / S de un relé de microprocesador u otro IED. Se utiliza para habilitar las comunicaciones entre el IED y una computadora u otro IED.

COMTRADE - Formato común para el intercambio de datos transitorios. Esta es una industria estándar ry formato para registros de fallas.

intervalo de confianza - Un intervalo que contiene la media poblacional con una probabilidad dada.

pantalla de control - Gran pantalla gráfica incluida en algunos relés de microprocesador que se utilizan para representar un bus mímico y dispositivos primarios controlados por el relé. Se puede usar una pantalla de control para mostrar el estado del interruptor, iniciar controles y mostrar información de medición / estado.

relé de control - Un relé auxiliar cuya función es iniciar o permitir la siguiente operación deseada en una secuencia de control.

impulso crítico (de un relé) - El impulso máximo en términos de duración y magnitud de entrada que se puede aplicar repentinamente a un relé sin provocar una activación.

relé de equilibrio de corriente - Un relé de equilibrio que opera comparando las magnitudes de dos entradas de corriente.

protección de equilibrio de fase actual - Un método de protección en el cual una condición anormal dentro del equipo protegido es detectada por el desequilibrio de corriente entre las fases de un sistema polifásico normalmente balanceado.

corriente nominal (de un relé) - La corriente límite a una frecuencia especificada que puede ser sostenida por el relé por un período ilimitado sin causar que se exceda ninguna de las limitaciones prescritas.

relé de corriente - Un relé que responde a la corriente.

transformador de corriente - Un transformador de instrumentos que está destinado a tener su devanado primario conectado en serie con el conductor que lleva la corriente que se va a medir.

re

DC - Corriente continua.

Temporizador de hombre muerto - Ver **Temporizador de vigilancia.**

relé de tiempo mínimo definido - Un relé de tiempo inverso en el que el tiempo de funcionamiento se vuelve sustancialmente constante a valores altos de entrada.

relé de tiempo definido - Un relé en el que el tiempo de funcionamiento es sustancialmente constante independientemente de la magnitud de la cantidad de entrada.

grado de asimetría (de una corriente en cualquier momento) - La relación del relé no direccional de corriente continua de modo que no operará hasta que las dos o más cantidades fasoriales utilizadas para accionar los medios de control (relé direccional) estén en una banda predeterminada de relaciones de fase con una entrada de referencia. El grado de asimetría es un componente del valor pico del componente simétrico determinado a partir de la envolvente de la onda de corriente en ese momento.

disparo de liberación retardada) - Una liberación con retardo intencional introducido entre el instante en que la cantidad de activación alcanza el ajuste de liberación y el instante en que opera la liberación.

confiabilidad (de un relé o sistema de relés) - La faceta de la confiabilidad que se relaciona con el grado de certeza de que un relé o sistema de relés funcionará correctamente.

pruebas de diseño - Aquellas pruebas realizadas para determinar la idoneidad de un tipo, estilo o modelo particular de equipo con sus componentes para cumplir con las calificaciones asignadas y para operar satisfactoriamente en condiciones normales de servicio o en condiciones especiales, si se especifica.

Ensayos dieléctricos de tensión soportada - Pruebas realizadas para determinar la capacidad de los materiales aislantes y los espacios para resistir sobretensiones específicas durante un tiempo específico sin descargas eléctricas ni perforaciones.

protección diferencial - Método de protección del aparato en el que se identifica una falla interna comparando las condiciones eléctricas en todos los terminales del aparato.

relé diferencial - Un relé que por su diseño o aplicación está destinado a responder a la diferencia entre las cantidades eléctricas entrantes y salientes asociadas con el aparato protegido.

entrada digital - Ver **entrada binaria.**

control direccional (aplicado a un relé de protección o esquema de relés) - Un término calificativo que indica un medio para controlar la fuerza operativa en un relé no direccional de modo que no operará hasta que las dos o más cantidades fasoriales utilizadas para accionar los medios de control (relé direccional) estén en una banda predeterminada de relaciones de fase con una entrada de referencia.

relé direccional de tierra - Relé direccional que se utiliza principalmente para detectar fallas monofásicas a tierra, pero también es sensible a fallas bifásicas a tierra. Este tipo de relé generalmente se opera desde los componentes de secuencia cero de voltaje y corriente, pero a veces se opera desde cantidades de secuencia negativa.

protección de sobrecorriente direccional - Un método de protección en el que una condición anormal dentro del equipo protegido es detectada por la corriente que excede una cantidad predeterminada y en una banda predeterminada de relaciones de fase con una entrada de referencia.

relé direccional de sobrecorriente - Un relé que consta de una unidad de sobrecorriente y una unidad direccional combinados para operar conjuntamente.

relé de potencia direccional - Un relé que opera de acuerdo con la dirección de la energía.

relé direccional - Relé que responde a la posición de fase relativa de una corriente con respecto a otra referencia de corriente o tensión.

editor de pantalla - Un programa de software asociado con un relé de microprocesador que se utiliza para editar los gráficos y las funciones de la pantalla de control del relé.

protección de distancia - Método de protección de línea en el que se detecta una condición anormal dentro de una distancia eléctrica predeterminada de un terminal de línea en el circuito protegido mediante la medición de las condiciones del sistema en ese terminal.

relé de distancia - Término genérico que cubre aquellas formas de relés de protección en los que la respuesta a las cantidades de entrada es principalmente una función de la distancia del circuito eléctrico entre la ubicación del relé y el punto de falla.

deriva - Un cambio no deseado pero relativamente lento en la producción durante un período de tiempo. El cambio no está relacionado con la entrada, el entorno o la carga.

dropout (de un relevo) - Un término para la operación de contacto (apertura o cierre) como un relé que acaba de salir de la captación. La deserción también identifica el valor máximo de una cantidad de entrada que permitirá que el relé salga de la recolección.

tasa de deserción (de un relé) - La relación entre la deserción y la recolección de una cantidad de entrada.

tiempo de abandono (de un relevo) - El intervalo de tiempo para abandonar después de un cambio específico de las condiciones de entrada.

liberación dual (disparo) - Un lanzamiento que combina la función de un lanzamiento retardado e instantáneo.

mi

EEPROM - Eléctricamente programable y borrable memoria de sólo lectura.

prueba eléctrica - Una prueba para determinar las características de rendimiento mientras funciona en condiciones controladas.

relé de reinicio eléctrico - Un relé que está construido de tal manera que permanece en la condición de encendido incluso después de que se retira la cantidad de entrada; se requiere una entrada eléctrica independiente para restablecer el relé.

relé electromagnético - Relé electromecánico que opera principalmente por la acción de un elemento electromagnético que es energizado por la cantidad de entrada.

relé electromecánico - Relé que funciona mediante el movimiento físico de piezas que resulta de fuerzas electromagnéticas, electrostáticas o electrotérmicas creadas por las cantidades de entrada.

EPROM - Memoria de sólo lectura programable y borrable.

calificación del equipo - La generación y el mantenimiento de evidencia para asegurar que el equipo operará a pedido para cumplir con los requisitos de rendimiento del sistema.

F

fracaso - La terminación de la capacidad de un artículo para realizar su función requerida.

mecanismo de falla - El proceso físico, químico o de otro tipo que resulta en una falla.

modo de fallo - El efecto en el que se observa una falla.

tasa de fracaso - El número esperado de fallas de un tipo dado por artículo en un intervalo de tiempo dado o en un número dado de ciclos operativos.

falla al disparar - En el desempeño de un relé o sistema de relés, la falta de disparo que debería haber ocurrido considerando los objetivos del diseño del sistema de relés.

disparo en falso - En el desempeño de un relé o sistema de relés, el disparo que no debería haber ocurrido considerando los objetivos del diseño del sistema de relés.

bus de falla (bus de tierra de falla) - Un bus conectado a partes del equipo eléctrico normalmente conectadas a tierra, tan aislado que toda la corriente de tierra pasa a tierra a través de medios de detección de fallas.

protección de bus de falla (relé) - Un método de protección de falla a tierra que utiliza un bus de falla.

relé detector de fallas - Un relé de monitoreo cuya función es limitar el funcionamiento de los relés de protección asociados a condiciones específicas del sistema.

ángulo de incidencia de falla - El ángulo de fase medido entre el instante de inicio de la falla y una referencia seleccionada, como el punto cero en una onda de corriente o voltaje.

Localización de fallos - Un algoritmo dentro de un relé de microprocesador que calcula la impedancia para determinar la distancia desde la ubicación del relé hasta la falla.

relé de frecuencia - Un relé que responde a la frecuencia de una cantidad de entrada eléctrica alterna.

GRAMO

sobrecorriente de tierra - La corriente neta (suma fasorial) que fluye en los conductores de fase y neutro o la corriente total que fluye en la conexión normal de neutro a tierra que excede un valor predeterminado.

protección del suelo - Un método de protección en el que se detectan fallas a tierra dentro del equipo protegido.

relé de tierra - Un relé que por su diseño o aplicación está destinado a responder principalmente a fallas a tierra del sistema.

partes conectables a tierra - Aquellas partes que pueden estar conectadas a tierra sin afectar el funcionamiento del dispositivo.

partes puestas a tierra - Las partes que están conectadas intencionalmente a tierra.

H

relé de reinicio manual (relé de reinicio mecánico) - Un relé que está construido de tal manera que permanece en la condición de activación incluso después de que se retira la cantidad de entrada. Se requiere una acción manual específica para restablecer el relé.

relé de restricción de armónicos - Un relé de restricción que está construido de tal manera que su operación está restringida por componentes armónicos de una o más cantidades de entrada separadas.

relé de alta velocidad - Un relé que opera en menos de un tiempo especificado. Tres ciclos en una base de 60 Hz generalmente se consideran de alta velocidad.

I

IED - Dispositivo electrónico inteligente. Usualmente se usa para designar un relé de protección basado en microprocesador o cualquier otro dispositivo de campo que tenga capacidad de comunicaciones remotas.

IEEE - Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, Inc.

relé de impedancia - Un relé de distancia en el que el valor umbral de funcionamiento depende únicamente de la magnitud de la relación de voltaje a corriente aplicada al relé, y es sustancialmente independiente del ángulo de fase de la impedancia.

margen de tiempo de impulso - En el funcionamiento de un relé, la diferencia entre los tiempos de funcionamiento característicos y los tiempos críticos de impulso.

funcionamiento incorrecto del relé - Cualquier respuesta de salida o falta de respuesta de salida por parte del relé que, para las cantidades de entrada aplicadas, no sea correcta.

Rendimiento incorrecto del sistema de relés - Cualquier operación o falta de operación de los relés o equipo asociado que, bajo las condiciones existentes, no se ajusta al funcionamiento correcto de los sistemas de relés.

taza de inducción (de un relé) - Una forma de armadura de relé en forma de cilindro con un extremo cerrado que desarrolla un par de operación por su ubicación dentro de los campos de electroimanes que son excitados por las cantidades de entrada.

cilindro de inducción (de un relé) - Una forma de armadura de relé con la forma de un cilindro de extremo abierto que desarrolla un par de operación por su ubicación dentro de los campos de electroimanes que son excitados por las cantidades de entrada.

disco de inducción (de un relé) - Una forma de armadura de relé en forma de disco que generalmente cumple la función combinada de proporcionar un par de operación por su ubicación dentro de los campos de un electroimán excitado por las cantidades de entrada y una fuerza de restricción por movimiento dentro del campo de un imán permanente.

bucle de inducción (de un relé) - Una forma de armadura de relé que consiste en una sola vuelta o bucle que desarrolla un par de operación por su ubicación dentro de los campos de electroimanes que son excitados por las cantidades de entrada.

operación de energía independiente - Una operación por medio de energía distinta a la manual donde la finalización de la operación es independiente de la continuidad del suministro eléctrico.

iniciando relé - Un relé de programación cuya función es restringir la acción de los relés dependientes hasta después de su funcionamiento.

entrada (a un relé) - Una cantidad o cantidades físicas a las que el relé está diseñado para responder; características de funcionamiento de la línea de un fabricante dado de tales relés.

inspección - Examen o medición para verificar si un artículo o actividad cumple con los requisitos especificados.

vida instalada - El intervalo desde la instalación hasta la remoción durante el cual el equipo o componente del mismo puede estar sujeto a las condiciones de servicio de diseño y las demandas del sistema.

instantáneo - Un término calificativo que indica que no se introduce ningún retraso intencionalmente en la acción del dispositivo.

interposing relay (de un sistema de supervisión) - Un relé auxiliar en la estación maestra o remota, cuyos contactos sirven: 1) para energizar un circuito (para cerrar, abrir u otro propósito) de un elemento de quitar el equipo de la estación cuando se ha completado la selección de un punto deseado y luego se reciben señales de funcionamiento adecuadas a través del equipo de supervisión desde la estación maestra; o 2) conectar en el circuito los equipos transmisores y receptores del telémetro, respectivamente, en las estaciones remota y maestra. Los relés de interposición se consideran parte de un sistema de supervisión.

relé de tiempo inverso - Un relé en el que la cantidad de entrada y el tiempo de funcionamiento están inversamente relacionados en al menos una parte sustancial del rango de rendimiento. Los tipos de relés de tiempo inverso se identifican con frecuencia mediante adjetivos modificadores como tiempo mínimo definido, moderada, muy y extremadamente para identificar el grado relativo de inversión de las características operativas de la línea de dichos relés de un fabricante determinado.

L

relé de enclavamiento - Un relé que está construido de manera que mantiene una posición dada por medio de un pestillo mecánico hasta que se suelta mecánica o eléctricamente.

detector de nivel - Un dispositivo que produce un cambio en la salida a un nivel de entrada prescrito.

terminal de línea - Una conexión a una línea con equipo que puede alimentar energía a una falla en la línea en magnitud suficiente para requerir consideración en la bandeja del relé y que tiene medios para la desconexión automática.

relé de impedancia lineal - Relé de distancia para el que la característica de funcionamiento en un diagrama RX es una línea recta.

vinculación - El proceso por el cual un valor medido u otra información disponible dentro de un relé de microprocesador se asocia con una pantalla gráfica al elemento para proporcionar una visualización en tiempo real de la información en la pantalla de control del relé.

desconexión de carga - El proceso de eliminar deliberadamente cargas preseleccionadas de un sistema de energía en respuesta a una condición anormal para mantener la integridad del sistema.

copia de seguridad local - Una forma de protección de respaldo en la que los relés de protección de respaldo están en la misma estación que los relés de protección primarios.

relé de bloqueo - Un relé auxiliar de restablecimiento eléctrico o manual cuya función es mantener inoperativos los dispositivos asociados hasta que se restablezca.

relé de pérdida de excitación - Relé que compara las tensiones y corrientes alternas en el terminal de una máquina síncrona y, respectivamente, en las estaciones remota y maestra. Los relés de interposición se consideran parte de un sistema de supervisión. El relé de pérdida de excitación opera para producir una salida si la relación entre estas cantidades indica que la máquina ha perdido sustancialmente su excitación de campo.

l sistema de baja tensión - Un sistema eléctrico que tiene un voltaje de raíz cuadrada media (rms) máxima de menos de 1000 V.

METRO

mantenibilidad - La facilidad con la que se puede mantener el equipo, incluida la facilidad con la que se puede realizar el mantenimiento de acuerdo con los requisitos prescritos.

mantenimiento - La combinación de todas las acciones técnicas y administrativas correspondientes destinadas a retener un artículo o restaurarlo a un estado en el que pueda realizar la función requerida.

intervalo de mantenimiento - El período, definido en términos de tiempo real, tiempo de operación, número de ciclos de operación, o una combinación de estos, durante el cual se requiere un desempeño satisfactorio sin mantenimiento ni ajustes.

mantenimiento obligatorio - Mantenimiento periódico requerido por seguro, licencia de operación, garantía del proveedor, regulaciones gubernamentales u otras regulaciones de seguridad.

voltaje máximo de diseño - La raíz cuadrada media más alta o el voltaje directo al que un relé está diseñado para ser energizado continuamente.

significa - El valor promedio de una muestra o población aleatoria.

tiempo medio entre fallos - Una medida de confiabilidad que da el tiempo antes de la primera falla o, para equipos reparables, el tiempo promedio entre reparaciones.

sistema de media tensión - Un sistema eléctrico que tenga un voltaje CA rms máximo de 1000 V para 13,8 KV.

relé mho - Un relé de distancia para el cual la característica operativa inherente en un diagrama RX es un círculo que pasa por el origen.

ambiente templado - Un entorno que en ningún momento sería significativamente más severo que el entorno que ocurriría durante las operaciones normales de la planta, incluidos los sucesos operativos anticipados.

relé de impedancia modificada - Una forma de impedancia de relé de distancia para la cual la característica operativa de la unidad de distancia en un diagrama RX es un círculo que tiene su centro desplazado del origen.

relé de vigilancia - Un relé que tiene como función verificar que las condiciones del sistema o circuito de control se ajusten a los límites prescritos.

relé de control múltiple - Un relé de restricción que está construido de tal manera que su operación puede ser restringida por más de una cantidad de entrada.

norte

relé de secuencia de fase negativa - Un relé que responde al componente de secuencia de fase negativa de una cantidad de entrada polifásica.

NEMA - Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos.

relé neutro - Un relé que responde a cantidades en el neutro de un circuito de potencia.

NFPA - Asociación Nacional de Protección contra el Fuego.

voltaje nominal del sistema - Un valor nominal asignado para designar un sistema de una determinada clase de voltaje.

Voltaje de recuperación de frecuencia normal - El voltaje rms de frecuencia normal que se produce a través de los terminales de un dispositivo de interrupción de circuito de CA después de la interrupción de la corriente y después de que han subsistido los transitorios de alta frecuencia.

prueba de normalidad - Una prueba estadística para determinar si una muestra se distribuye normalmente.

NRC - Comisión Reguladora Nuclear de EE. UU.

O

offset (relé de impedancia) - La distancia desde el origen del eje R - X hasta el punto más cercano en la circunferencia del círculo característico.

protección de fase abierta - Forma de protección que opera para desconectar el equipo protegido ante la pérdida de corriente en un conductor monofásico de un circuito polifásico, o para prevenir la aplicación de energía al equipo protegido en ausencia de una o más tensiones de fase de un sistema polifásico.

relé de fase abierta - Relé polifásico diseñado para operar cuando una o más fases de entrada de un circuito polifásico están abiertas.

operable - Para un momento dado, un dispositivo o equipo que se ha demostrado mediante pruebas en ese momento que cumple con un conjunto de requisitos de desempeño funcional bajo condiciones de prueba específicas.

característica de funcionamiento - La respuesta del relé a las cantidades de entrada que resultan en la operación del relé.

tiempo de funcionamiento (relé) - El intervalo de tiempo desde que ocurre una condición de entrada especificada hasta una operación especificada.

tensión de funcionamiento - El voltaje del sistema en el que se opera un dispositivo.

valor atípico - Un dato que tiene un valor significativamente diferente al del resto de la muestra.

protección contra la sobretensión - Una forma de protección que opera cuando la corriente excede un valor predeterminado.

relé de sobrecorriente - Un relé que opera cuando su corriente de entrada excede un valor predeterminado.

disparador de sobrecorriente (disparo) - Un disparador que opera cuando la corriente en el circuito principal es igual o superior al ajuste del disparador.

extralimitación - La extensión de la zona de protección más allá de lo indicado por el ajuste del relé.

protección excesiva - Una forma de protección en la que los relés en un terminal operan para fallas más allá del siguiente terminal. Es posible que no se activen hasta que una señal entrante de un terminal remoto indique si la falla está más allá de la sección de línea protegida.

protección contra sobrevelocidad - Una forma de protección que opera cuando la velocidad de rotación excede un valor predeterminado.

sobrecarrera - La cantidad de movimiento continuo del elemento sensible después de que la entrada se cambia a un valor por debajo de la activación.

relé de sobretensión - Un relé que opera cuando su voltaje de entrada excede un valor predeterminado.

disparador de sobretensión (disparo) - Un disparador que opera cuando el voltaje del circuito principal es igual o superior al ajuste del disparador.

PAG

relé diferencial de porcentaje - Un relé diferencial en el que la respuesta diseñada a la diferencia fasorial entre las cantidades eléctricas entrantes y salientes se modifica mediante una acción de restricción de una o más de las cantidades de entrada.

prueba periódica - Una prueba realizada a intervalos programados para detectar fallas y verificar la operatividad.

permisivo - Término general que indica que se requiere la cooperación funcional de dos o más relés antes de que la acción de control pueda ser efectiva.

relé de equilibrio de fase - Relé que responde a diferencias entre cantidades de la misma naturaleza asociadas con diferentes fases de un circuito polifásico normalmente equilibrado.

protección de comparación de fase - Una forma de protección piloto que compara la posición relativa del ángulo de fase de corrientes especificadas en los terminales de un circuito.

relé de fase - Un relé que por su diseño o aplicación está destinado a responder principalmente a las condiciones de fase del sistema de potencia.

relé de secuencia de fases - Relé que responde al orden en que las tensiones o corrientes de fase alcanzan sucesivamente sus máximos valores positivos.

protección de inversión de secuencia de fase - Una forma de protección que evita la energización del equipo protegido en la inversión de la secuencia de fase en un circuito polifásico.

protección de subtensión de fase - Una forma de protección que desconecta o inhibe la conexión del equipo protegido en voltaje deficiente en una o más fases de un circuito polifásico.

relé de subtensión de fase - Un relé que opera cuando uno o más voltajes de fase en un circuito normalmente balanceado son menores que un valor predeterminado.

recoger - La acción de un relé cuando hace una respuesta designada al aumento progresivo de la entrada. Como término calificativo, la activación se refiere al estado de un relé cuando se ha completado toda la respuesta al aumento progresivo de la entrada. Además, la activación se utiliza para identificar el valor mínimo de una cantidad de entrada alcanzada por aumentos progresivos que harán que el relé alcance el estado de activación desde el reinicio.

protección piloto - Una forma de protección de línea que utiliza un canal de comunicación como medio para comparar las condiciones eléctricas en los terminales de una línea.

protección del hilo piloto - Protección piloto en la que se utiliza un circuito metálico como medio de comunicación entre relés en los terminales del circuito.

PM - Mantenimiento periódico.

polarización - Término que identifica la entrada que proporciona una referencia para establecer la dirección de los fenómenos del sistema, como la dirección de la energía o el flujo reactivo, o la dirección a una falla u otra perturbación en un sistema de energía.

relé polifásico - Término descriptivo que indica que el relé responde a cantidades de entrada eléctrica alterna polifásica.

relé de secuencia de fase positiva - Un relé que responde al componente de secuencia de fase positiva de una cantidad de entrada polifásica.

transformador de potencial - ver **Transformador de voltage.**

relé de potencia - Relé que responde a un producto adecuado de voltaje y corriente en un circuito eléctrico.

mantenimiento preventivo - Inspecciones, pruebas, servicio, reparaciones y reemplazos programados con regularidad destinados a reducir la frecuencia y el impacto de las fallas del equipo.

protección primaria - Protección de relé de primera elección en contraste con la protección de relé de respaldo.

relé de producto - Un relé que opera en respuesta a un producto adecuado de dos cantidades de entrada eléctrica alterna.

relé de protección - Un relé cuya función es detectar líneas o aparatos defectuosos u otras condiciones del sistema de energía de naturaleza anormal o peligrosa e iniciar la acción apropiada del circuito de control.

Q

vida calificada - El período de tiempo durante el cual se puede demostrar un desempeño satisfactorio para un conjunto específico de condiciones de servicio.

R

sistema radial - Un sistema en el que los alimentadores independientes se ramifican radialmente desde una fuente común de suministro.

aleatorio - Describir una variable cuyo valor en un instante futuro particular no se puede predecir con exactitud, sino que solo se puede estimar mediante una función de distribución de probabilidad.

protección de tasa de cambio - Una forma de protección en la que una condición anormal causa la desconexión o inhibe la conexión del equipo protegido de acuerdo con la tasa de cambio de corriente, voltaje, potencia, frecuencia o presión.

relé de tasa de cambio - Relé que responde a la tasa de cambio de corriente, voltaje, potencia, frecuencia o presión.

clasificado - Término de calificación que, cuando se aplica a una característica operativa, indica el límite o los límites designados de la característica para su aplicación en condiciones específicas.

datos brutos - Los datos de prueba según se encontraron menos los de la izquierda se utilizan para caracterizar el rendimiento de un dispositivo o grupo de dispositivos funcionalmente equivalente.

relé de reactancia - Una forma de impedancia lineal de relé de distancia para la cual la característica de operación de la unidad de distancia en un diagrama RX es una línea recta de reactancia constante.

alcanzar - El alcance de la protección proporcionada por un relé en términos de impedancia o longitud del circuito medida desde la ubicación del relé.

relé de potencia reactiva - Un relé de potencia que responde a la potencia reactiva.

relé de reconexión - Un relé de programación cuya función es iniciar el reenganche automático de un interruptor automático.

relé regulador - Un relé cuya función es detectar una desviación de las condiciones de operación del sistema especificado y restaurar las condiciones normales actuando a través de equipos suplementarios.

relé - Un dispositivo eléctrico diseñado para responder a las condiciones de entrada de una manera prescrita después de que se cumplen las condiciones especificadas para provocar la operación de contacto o un cambio abrupto similar en los circuitos de control eléctrico asociados.

relé de respaldo - La parte de la protección de respaldo que opera en caso de falla de los relés primarios.

ajuste de retardo de liberación (retardo de agarre) - Un ajuste calibrado del intervalo de tiempo entre el momento en que el valor de actuación alcanza el ajuste de liberación y el momento en que opera la liberación.

ajuste de liberación (disparo) - Un punto calibrado en el que el disparador está configurado para operar.

fiabilidad - Una medida del grado de certeza de que el relé, o el sistema de relés, funcionará correctamente.

copia de seguridad remota - Una forma de protección de respaldo en la que la protección se encuentra en una estación o estaciones distintas de la que tiene la protección primaria.

Reiniciar - La acción de un relé cuando hace una respuesta designada a disminuciones en la entrada. Restablecer como término de calificación denota el estado del relé cuando se ha completado toda la respuesta a la disminución de la entrada. El reinicio también se usa para identificar el valor máximo de una cantidad de entrada alcanzada por disminuciones progresivas que permitirán que el relé alcance el estado de reinicio completo desde el arranque.

restablecer el tiempo - El intervalo de tiempo desde la ocurrencia de condiciones especificadas hasta el reinicio.

relé residual - Un relé que se aplica de tal manera que su entrada, derivada de conexiones externas de transformadores de medida, es proporcional al componente de secuencia de fase cero de una cantidad polifásica.

relé de resistencia - Una forma de impedancia lineal de relé de distancia para la cual la característica de operación en un diagrama RX es una línea recta de resistencia constante por debajo del ajuste de liberación durante un tiempo especificado.

relé de restricción - Un relé construido de tal manera que su funcionamiento en respuesta a una entrada está restringido o controlado por una segunda entrada.

relé de corriente inversa - Relé que opera con un flujo de corriente en un circuito de corriente continua en una dirección opuesta a una dirección de referencia predeterminada.

liberación de corriente inversa - Un disparador que opera al invertir la corriente continua en el circuito principal desde una dirección predeterminada.

Diagrama RX - Una presentación gráfica de las características de una unidad de relé en términos de la relación de voltaje a corriente y el ángulo de fase entre ellos.

S

saturación - Una alta densidad de flujo en el núcleo de hierro del transformador de corriente creada por corrientes primarias anormalmente altas, una carga secundaria alta o una combinación de estos factores.

relé de sellado - Un relé auxiliar que permanece recogido a través de uno de sus propios contactos que desvían el circuito de inicio hasta que se desenergiza por algún otro dispositivo.

seguridad - Esa faceta de confiabilidad que se relaciona con el grado de certeza de que un relé o sistema de relés no funcionará incorrectamente.

apertura selectiva (disparo) - La aplicación de dispositivos de conmutación en serie de modo que, de los dispositivos que transportan corriente de falla, solo se abra el dispositivo más cercano a la falla y los dispositivos más cercanos a la fuente permanezcan cerrados y lleven la carga restante.

liberación selectiva (viaje) - Una liberación retardada con ajustes selectivos que se restablecerá automáticamente si la cantidad de actuación cae y permanece por debajo del ajuste de liberación durante un tiempo especificado.

selectividad - Término general que describe el desempeño interrelacionado de relés e interruptores, y otros dispositivos de protección. La selectividad completa se obtiene cuando se retira del servicio una cantidad mínima de equipo para el aislamiento de una falla u otra anomalía.

relé de autoprueba (relé de reinicio automático) - Un relé que está construido de tal manera que vuelve a su posición de reinicio después de una operación después de que se elimina la cantidad de entrada.

condiciones de servicio - Las condiciones en las que se aplicará el equipo.

red de secuencia - Un circuito eléctrico que produce una salida proporcional a uno o más de los componentes de secuencia de un sistema polifásico de voltajes o corrientes (por ejemplo, red de secuencia positiva, red de secuencia negativa o red de secuencia cero).

ajuste - La característica deseada obtenida como resultado de haber configurado un dispositivo (expresada en términos de marcas de calibración o de puntos de referencia de rendimiento reales, como la corriente de arranque y el tiempo de funcionamiento a un valor de entrada dado).

error de configuración - La desviación del desempeño real del desempeño deseado resultante de errores en el ajuste o de limitaciones en las técnicas de prueba o medición.

limitación de ajuste - La desviación del rendimiento real del rendimiento deseado resultante de las limitaciones de los dispositivos de ajuste.

cortocircuito - Una condición anormal (incluido un arco) de impedancia relativamente baja, hecha accidental o intencionalmente, entre dos puntos de potencial diferente.

corriente de corta duración - La corriente transportada por un dispositivo, un conjunto o un bus durante un breve intervalo de tiempo especificado.

elemento de disparo a tierra o fase de retardo corto - Un elemento de dispositivo de disparo de acción directa que funciona con una acción deliberadamente retardada (milisegundos).

calificación a corto plazo - El valor más alto de corriente o voltaje o sus productos que el relé puede soportar sin lesiones durante intervalos de tiempo cortos específicos. (Para circuitos de corriente alterna, se usa el valor total de raíz cuadrada, incluido el componente de corriente continua). La clasificación reconoce las limitaciones impuestas por los efectos térmicos y electromagnéticos.

liberación de la derivación - Un disparador energizado por una fuente de voltaje. mecánica o eléctricamente, para indicar visiblemente que el relé ha operado o completado su función.

relé de estado sólido - Un relé estático construido exclusivamente con componentes de estado sólido.

protección de bobinado dividido - Una forma de protección diferencial en la que la corriente en todo o parte del devanado se compara con la corriente normalmente proporcional en otra parte del devanado.

puesta en marcha - La acción de un relé que acaba de salir de un reinicio completo. La puesta en marcha también se utiliza como término calificativo para identificar el valor mínimo de la cantidad de entrada que permitirá esta condición.

relé estático - Un relé en el que la respuesta diseñada es desarrollada por componentes electrónicos, de estado sólido, magnéticos u otros sin movimiento mecánico.

s relé de presión repentina - Relé que funciona según la tasa de aumento de presión de un líquido o gas.

relé de susceptancia - Un relé de distancia de tipo mho para el cual el centro de la característica de funcionamiento en el diagrama RX está en el eje X.

componente simétrico - Esa porción de la corriente total que constituye la simetría.

relé de verificación de sincronismo - Un relé de verificación cuya función es operar cuando dos fasores de voltaje de entrada están dentro de límites predeterminados.

relé de sincronización - Un relé de programación cuya función es iniciar el cierre de un interruptor de circuito entre dos fuentes de CA cuando los voltajes de estas dos fuentes tienen una relación predeterminada de magnitud, ángulo de fase y frecuencia.

T

relé de temperatura - Un relé cuya operación es causada por una temperatura externa especificada.

deriva dependiente del tiempo - La tendencia de la magnitud de la deriva a variar con el tiempo.

dial de tiempo - Un elemento graduado ajustable de un relé mediante el cual el tiempo de funcionamiento del relé prescrito se puede variar en condiciones de entrada fijas.

deriva independiente del tiempo - La tendencia de la magnitud de la deriva a no mostrar una tendencia específica con el tiempo.

relé de sobrecorriente de tiempo - Un relé de sobrecorriente en el que la corriente de entrada y el tiempo de funcionamiento están inversamente relacionados en una parte sustancial del rango de rendimiento.

protección de subtensión de tiempo - Una forma de protección contra subtensión que desconecta el equipo protegido ante una deficiencia de voltaje después de un intervalo de tiempo predeterminado.

relé temporizador - Un relé auxiliar cuya función es introducir uno o más retardos en la finalización de una función asociada.

tolerancia - La variación permitida de un valor verdadero o especificado.

intervalo de tolerancia - Un intervalo que contiene una proporción definida de la población a una probabilidad dada.

control de par - Un método para restringir la activación de un relé impidiendo que el elemento productor de torque desarrolle un torque de operación hasta que opere otra unidad de relé asociada.

viaje de transferencia - Forma de disparo remoto en el que se utiliza un canal de comunicación para transmitir una señal de disparo desde la ubicación del relé a una ubicación remota.

respuesta transitoria - La manera en que un relé o sistema de relés responde a un cambio repentino en la entrada.

viaje - La cantidad de movimiento en cualquier dirección (hacia la activación o el reinicio) de un elemento de respuesta.

viaje (o tropiezo) - Perteneciente a un lanzamiento que inicia una operación de apertura o cierre u otra acción especificada.

relé de disparo libre - Relé auxiliar cuya función es abrir el circuito de cierre de un dispositivo de conmutación accionado eléctricamente de modo que la operación de apertura pueda prevalecer sobre la operación de cierre.

U

relé de subcorriente - Un relé que opera cuando la corriente es menor que un valor predeterminado.

protección por debajo del alcance - Una forma de protección en la que los relés en un terminal dado no operan por fallas en ubicaciones remotas en el equipo protegido, el terminal dado es despejado por otros relés con características de desempeño diferentes o por una señal de disparo transferida desde un terminal remoto equipado de manera similar con subalcance.

protección contra subtensión - Una forma de protección que opera cuando el voltaje es menor que un valor predeterminado.

relés de mínima tensión - Un relé que opera cuando su voltaje es menor que un valor predeterminado.

disparo del relé de mínima tensión) - Un disparador que opera cuando el voltaje del circuito principal es igual o menor que el ajuste del disparador.

V

relé de equilibrio de voltaje - Un relé de equilibrio que opera comparando las magnitudes de dos entradas de voltaje.

Transformador de voltage - Un transformador de medida destinado a tener su devanado primario conectado en derivación con un circuito de alimentación, cuyo voltaje se va a medir o controlar.

voltaje - El voltaje a una frecuencia especificada que puede ser sostenido por el relé por un período ilimitado sin causar que se exceda ninguna de las limitaciones prescritas.

relé de voltaje - Un relé que responde al voltaje.

restricción de voltaje - Un método para restringir el funcionamiento de un relé por medio de una entrada de voltaje que opone la respuesta típica del relé a otras entradas.

protección de equilibrio de tensión-fase - Una forma de protección que desconecta o impide la conexión del equipo protegido cuando el desequilibrio de voltaje de las fases de un sistema polifásico normalmente balanceado excede una cantidad predeterminada.

voltios por hertz relé - Un relé cuya activación es función de la relación entre el voltaje y la frecuencia.

W

temporizador de vigilancia - Una rutina dentro del algoritmo de autodiagnóstico de los relés de microprocesador. Si el microprocesador no completa su rutina de procesamiento dentro de un límite de tiempo dado, se emite una salida de alarma.

Tensión soportada - El voltaje que los equipos eléctricos son capaces de soportar sin fallas o descargas disruptivas cuando se prueban en condiciones específicas.

Z

relé de secuencia de fase cero - Un relé que responde al componente de secuencia de fase cero de una cantidad de entrada polifásica.

zona de protección - Ese segmento del sistema de energía en el que la ocurrencia de condiciones anormales asignadas debería hacer que el sistema de relés de protección funcione.

C

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS NORMAS DE LA INDUSTRIA

Los estándares de la industria se utilizan para definir prácticas aceptadas para el diseño, aplicación, instalación, servicio, operación o mantenimiento de sistemas o productos. En las siguientes secciones se analizan algunos de estos estándares y su aplicabilidad al diseño, aplicación y mantenimiento de relés de protección.

C.1 Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE)

1. ANSI / IEEE 242-1986, *Práctica recomendada por IEEE para la protección y coordinación de sistemas de energía industriales y comerciales*

Esta norma trata sobre la protección eléctrica para instalaciones industriales y comerciales. El capítulo 4 de la norma proporciona buena información general relacionada con la selección y aplicación de relés de protección. También se cubre la protección de motores, generadores, buses y transformadores. El Capítulo 15 trata sobre el mantenimiento, las pruebas y la calibración de los equipos de protección eléctrica, incluidos los relés de protección.

2. ANSI / IEEE 741-1990, *Criterios estándar IEEE para la protección de sistemas y equipos eléctricos de clase IE en estaciones generadoras de energía nuclear*

Esta norma prescribe criterios para la protección de equipos y sistemas eléctricos de Clase IE en centrales nucleares. El estándar aborda los requisitos de diseño generales y específicos, la documentación y los registros, las pruebas y la vigilancia.

3. ANSI / IEEE C37.2-1991, *Números de función del dispositivo del sistema de energía eléctrica estándar IEEE*

Este estándar establece números únicos para identificar la función de los dispositivos eléctricos comúnmente utilizados en los sistemas de energía eléctrica. Se definen los números de función del dispositivo para todos los relés de protección. Los números establecidos por esta norma se utilizan ampliamente en planos eléctricos, especificaciones, informes y otros documentos de ingeniería relacionados.

4. ANSI / IEEE C37.90-1989, *Relés estándar IEEE y sistemas de relés asociados con aparatos de energía eléctrica*

Este estándar es una referencia principal para relés de protección. Estandariza las condiciones de servicio, las clasificaciones, los requisitos de rendimiento y los requisitos de prueba para los relés del sistema de energía. También se abordan las clasificaciones y la terminología de los relés. La norma es una buena referencia para los requisitos fundamentales de diseño y prueba utilizados por los fabricantes para diseñar y construir relés de protección.

5. ANSI / IEEE C37.90.1-1989, *Pruebas de capacidad de resistencia a sobretensiones (SWC) estándar de IEEE para relés de protección y sistemas de relés*

Esta norma establece pruebas estandarizadas de capacidad de resistencia a sobretensiones (SWC) para relés de protección. Los fabricantes utilizan principalmente las pruebas para verificar la idoneidad del diseño de sus productos y, por lo general, los usuarios no las realizan.

6. ANSI / IEEE C37.90.2-1989, *Capacidad de resistencia estándar de uso de prueba IEEE de los sistemas de relés a la interferencia electromagnética irradiada de los transceptores*

Esta norma establece un método de prueba para evaluar la susceptibilidad de los relés de protección y control de estado sólido a la interferencia electromagnética. De manera similar a las pruebas SWC, la prueba especificada en esta norma es utilizada principalmente por los fabricantes para verificar la idoneidad del diseño de sus productos y generalmente no la realizan los usuarios.

7. ANSI / IEEE C37.91-1985, *Guía IEEE para aplicaciones de relés de protección para transformadores de potencia*

Esta norma aborda la protección de los transformadores de potencia. La filosofía de protección, las consideraciones prácticas y los factores económicos se tratan en la norma. La aplicación de varios tipos de relés de protección se cubre en profundidad considerable.

8. ANSI / IEEE C37.95-1989, *Guía IEEE para la retransmisión de protección de interconexiones de servicios públicos y consumidores*

Esta norma contiene información sobre las prácticas de relés de protección aplicables a las interconexiones de servicios públicos y consumidores.

9. ANSI / IEEE C37.96-1988, *Guía IEEE para protección de motores de CA*

Esta norma aborda la protección de motores de CA. Se revisan las prácticas generalmente aceptadas para la protección de motores. La filosofía de protección, las aplicaciones de relés de protección y los esquemas de relés se tratan en profundidad.

10. ANSI / IEEE C37.97-1979, *Guía IEEE para aplicaciones de relés de protección para los buses del sistema de alimentación*

Este estándar aborda la protección de los buses del sistema de energía. Se cubren varios métodos de protección para configuraciones típicas de barras de subestaciones y patios de distribución. La norma no es directamente aplicable a la protección de aparamenta de distribución en planta.

11. ANSI / IEEE C37.98-1987, *Prueba sísmica estándar IEEE de relés*

Esta norma especifica los procedimientos para las pruebas sísmicas de los relés utilizados en los sistemas eléctricos. La norma se usa principalmente para evaluar el desempeño sísmico de relés de protección y auxiliares que están diseñados para usarse en sistemas eléctricos Clase IE en plantas de energía nuclear. Este estándar

compatible con IEEE C37.105-1987, *Norma IEEE para relés de protección y auxiliares de clase IE para estaciones generadoras de energía nuclear.*

12. ANSI / IEEE C37.99-1990, *Guía IEEE para la protección de bancos de condensadores en derivación*

Esta norma analiza la aplicación de relés de protección a los condensadores de derivación utilizados en subestaciones.

13. ANSI / IEEE C37.100-1981, *Definiciones para conmutadores de potencia*

Esta norma es la principal fuente de referencia de términos y definiciones aplicables a la aparamenta eléctrica, incluidos los relés de protección. El estándar es un buen documento de referencia para términos desconocidos.

14. ANSI / IEEE C37.101-1985, *Guía IEEE para la protección de tierra del generador*

Esta norma proporciona una guía para la protección de generadores síncronos contra fallas a tierra. Las aplicaciones de relés de protección y los esquemas de relés se tratan en profundidad.

15. ANSI / IEEE C37.102-1987, *Guía IEEE para la protección de generadores de CA*

Esta norma proporciona una guía para la protección de generadores síncronos de CA. Se revisan las prácticas de protección generalmente aceptadas y se resume la aplicación de relés de protección. Las condiciones anormales y las fallas que requieren una acción protectora se discuten en detalle.

16. ANSI / IEEE C37.103-1990, *Guía IEEE para pruebas de circuitos de relés diferenciales y polarizadores*

Esta norma proporciona pruebas recomendadas para garantizar que los relés diferenciales y de polarización del relé de tierra estén conectados correctamente. El estándar se limita a garantizar las conexiones de circuito adecuadas y no aborda las pruebas de rutina o la calibración. Estas pruebas son aplicables al inicio del sistema.

17. ANSI / IEEE C37.105-1987, *Norma IEEE para relés de protección y auxiliares de clase IE para estaciones de generación de energía nuclear*

Esta norma describe los requisitos y métodos que se utilizarán para la calificación de relés de protección de Clase IE. La norma está destinada a demostrar la idoneidad del diseño de los relés de protección en condiciones normales y anormales, durante eventos de base de diseño y después de un evento de base de diseño.

18. ANSI / IEEE C37.106-1987, *Guía IEEE para protección de frecuencia anormal para plantas generadoras de energía*

Esta norma proporciona una guía para la aplicación de relés de protección al equipo de la planta de energía para protegerlo contra daños por frecuencias anormales.

C.2 Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA)

1. ANSI / NFPA 70-1993, *Código Eléctrico Nacional*

Este código es una guía aceptada a nivel nacional para el diseño e instalación seguros de conductores, equipos y sistemas eléctricos. El código contiene disposiciones que se consideran necesarias para garantizar la protección práctica de las personas y la propiedad de los peligros asociados con la electricidad. El código sirve como fuente de referencia principal para instalaciones eléctricas en los Estados Unidos.

2. ANSI / NFPA 70B-1990, *Práctica recomendada para el mantenimiento de equipos eléctricos*

El propósito de este código es reducir los peligros para la vida y la propiedad que pueden resultar de fallas o mal funcionamiento de los sistemas y equipos eléctricos industriales. El código proporciona una buena guía general para los programas de mantenimiento preventivo asociados con equipos eléctricos industriales. Las recomendaciones generales de mantenimiento para relés de protección se incluyen en el Apéndice I del código.

3. ANSI / NFPA 70E-1988, *Norma de requisitos de seguridad eléctrica para lugares de trabajo de empleados*

Esta norma aborda los requisitos de seguridad eléctrica que son necesarios para la protección práctica de los empleados en el lugar de trabajo.

C.3 Asociación Nacional de Pruebas Eléctricas (NETA)

1. NETA ATS-1991, *Especificaciones de prueba de aceptación para equipos y sistemas de distribución de energía eléctrica*

Este documento proporciona recomendaciones para las pruebas de aceptación de sistemas y equipos de energía eléctrica. Proporciona recomendaciones prácticas destinadas a identificar daños de envío, errores de cableado, defectos de fabricación y otros problemas similares que pueden ocurrir durante el arranque de nuevos equipos o sistemas. Se proporciona una breve guía para los relés de protección.

2. NETA MTS-1989, *Especificaciones de prueba de mantenimiento para equipos y sistemas de distribución de energía eléctrica*

Este documento está destinado a enumerar la mayoría de las pruebas de campo disponibles para evaluar el estado de los equipos de distribución eléctrica. Se enfatiza la idoneidad del servicio continuo y la confiabilidad esperada. Se proporcionan recomendaciones de mantenimiento para relés de protección.

Material con licencia EPRI

re

NÚMEROS DE FUNCIÓN DEL DISPOSITIVO DEL SISTEMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

1— Elemento maestro

Un dispositivo, como un interruptor de control, que sirve, directamente o mediante dispositivos permisivos como relés de protección y de retardo, para poner el equipo en funcionamiento o fuera de él.

2— Relé de inicio o cierre con retardo de tiempo

Un dispositivo que funciona para dar una cantidad deseada de retardo de tiempo antes o después de cualquier punto de operación en una secuencia de conmutación o sistema de relés de protección, excepto según lo provisto específicamente por las funciones del dispositivo 48, 62, 79 y 82.

3— Relé de verificación o enclavamiento

Un dispositivo que opera en respuesta a la posición de uno o más dispositivos o condiciones predeterminadas en una pieza de equipo o circuito, para permitir que una secuencia de operación continúe o se detenga, o para proporcionar una verificación de la posición de estos dispositivos o condiciones para cualquier propósito.

4— Contactor maestro

Dispositivo, generalmente controlado por la función de dispositivo lo equivalente y los dispositivos permisivos y de protección requeridos, que sirve para abrir y cerrar los circuitos de control necesarios para poner en funcionamiento el equipo en las condiciones deseadas y para ponerlo fuera de funcionamiento en condiciones anormales.

5— Dispositivo de detención

Dispositivo de control que se utiliza principalmente para apagar el equipo y mantenerlo fuera de funcionamiento. Un dispositivo de parada puede accionarse manual o eléctricamente, pero excluye la función de bloqueo eléctrico (consulte la función 86 del dispositivo) en condiciones anormales.

6— Disyuntor de arranque

Dispositivo cuya función principal es conectar una máquina a su fuente de voltaje de arranque.

7— Relé de tasa de cambio

Un dispositivo que opera cuando la tasa de cambio de la cantidad medida excede un valor umbral, excepto según lo definido por el dispositivo 63.

8— Dispositivo de desconexión de energía de control

Un dispositivo como un interruptor de cuchilla, un disyuntor o un bloque de fusibles extraíble que se utiliza con el propósito de conectar y desconectar la fuente de alimentación de control hacia y desde el bus o equipo de control.

9— Dispositivo de inversión

Dispositivo que se utiliza para invertir el campo de una máquina o para realizar cualquier otra función de inversión.

10— Interruptor de secuencia de unidades

Dispositivo que se utiliza para cambiar la secuencia en la que las unidades pueden entrar y salir de servicio en equipos de unidades múltiples.

11— Dispositivo multifuncional

Un dispositivo que realiza tres o más funciones comparativamente importantes que solo pueden designarse combinando varios números de función del dispositivo. Todas las funciones realizadas por el dispositivo 11 se definirán en la leyenda del dibujo, la lista de definición de funciones del dispositivo o el registro de configuración del relé.

12— Dispositivo de exceso de velocidad

Un dispositivo, generalmente de conexión directa, que funciona con la velocidad excesiva de la máquina.

13— Dispositivo de velocidad síncrona

Un dispositivo como un interruptor de velocidad centrífuga, un relé de frecuencia de deslizamiento, un relé de voltaje, un relé de subcorriente o cualquier otro tipo de dispositivo que opere aproximadamente a la velocidad síncrona de una máquina.

14— Dispositivo de baja velocidad

Dispositivo que funciona cuando la velocidad de una máquina cae por debajo de un valor predeterminado.

15— Dispositivo de adaptación de velocidad o frecuencia

Dispositivo que funciona para igualar y mantener la velocidad o frecuencia de una máquina o un sistema igual o aproximadamente igual a la de otra máquina, fuente o sistema.

16— No utilizado

Reservado para aplicaciones futuras.

17— Interruptor de derivación o descarga

Dispositivo que sirve para abrir o cerrar un circuito de derivación alrededor de cualquier aparato (excepto una resistencia) como un campo de máquina, una armadura de máquina, un condensador o un reactor.

NOTA - Esto excluye los dispositivos que realizan las operaciones de derivación que puedan ser necesarias en el proceso de arranque de una máquina mediante los dispositivos 6 o 42 (o su equivalente) y también excluye la función 73 del dispositivo que sirve para la conmutación de resistencias.

18— Dispositivo de aceleración o desaceleración

Dispositivo que se utiliza para cerrar o provocar el cierre de circuitos que se utilizan para aumentar o disminuir la velocidad de una máquina.

19— Contactor de transición de arranque a funcionamiento

Dispositivo que funciona para iniciar o provocar la transferencia automática de una máquina desde la conexión de alimentación de arranque a la de funcionamiento.

20— Válvula accionada eléctricamente

Un dispositivo operado, controlado o monitoreado eléctricamente que se usa en una línea de fluido, aire, gas o vacío.

21— Relevo de distancia

Dispositivo que funciona cuando la admitancia, impedancia o reactancia del circuito aumenta o disminuye más allá de un valor predeterminado.

22— Disyuntor del ecualizador

Dispositivo que sirve para controlar o conectar y desconectar el ecualizador o las conexiones de equilibrio de corriente para un campo de máquina, o para regular equipos, en una instalación de unidades múltiples.

23— Dispositivo de control de temperatura

Dispositivo que funciona para controlar la temperatura de una máquina u otro aparato, o de cualquier medio, cuando su temperatura cae por debajo o sube por encima de un valor predeterminado.

Relé de 24 voltios por hercio

Un dispositivo que funciona cuando la relación de voltaje a frecuencia está por encima de un valor preestablecido o está por debajo de un valor preestablecido diferente. El relé puede tener cualquier combinación de características instantáneas o retardadas.

25— Relé de sincronización o verificación de sincronismo

Un dispositivo de sincronización produce una salida que provoca el cierre con una diferencia de ángulo de fase cero entre dos circuitos. Puede incluir o no control de voltaje y velocidad. Un relé de verificación de sincronismo permite conectar en paralelo dos circuitos que están dentro de los límites prescritos de magnitud de voltaje, ángulo de fase y frecuencia.

26— Aparato Dispositivo Térmico

Un dispositivo que funciona cuando la temperatura del aparato protegido (que no sean los devanados de carga de máquinas y transformadores cubiertos por la función de dispositivo número 49) o de un líquido u otro medio excede un valor predeterminado; o cuando la temperatura del aparato protegido o de cualquier medio desciende por debajo de un valor predeterminado.

27— Relé de subtensión

Un dispositivo que opera cuando su voltaje de entrada es menor que un valor predeterminado.

28— Detector de llamas

Un dispositivo que monitorea la presencia del piloto o la llama principal en aparatos como una turbina de gas o una caldera de vapor.

29— Contactor o interruptor de aislamiento

Un dispositivo que se usa expresamente para desconectar un circuito de otro con el propósito de operación, mantenimiento o prueba de emergencia.

30— Relé del anunciador

Un dispositivo de reinicio no automático que proporciona una serie de indicaciones visuales independientes sobre el funcionamiento de los dispositivos de protección y que también puede estar dispuesto para realizar una función de bloqueo.

31— Dispositivo de excitación separado

Dispositivo que conecta un circuito (como el campo de derivación de un convertidor síncrono) a una fuente de excitación separada durante la secuencia de arranque.

32— Relé de potencia direccional

Dispositivo que funciona con un valor predeterminado de flujo de potencia en una dirección determinada, como el flujo de potencia inverso resultante de la activación de un generador tras la pérdida de su motor principal.

33— Interruptor de posición

Un dispositivo que hace o rompe el contacto cuando el dispositivo principal o pieza de aparato que no tiene un número de función de dispositivo alcanza una posición determinada.

34— Dispositivo de secuencia maestra

Un dispositivo como un interruptor de contactos múltiples operado por motor, o su equivalente, o un dispositivo programable, que establece o determina la secuencia de operación de los dispositivos principales en el equipo durante el arranque y parada o durante las operaciones de conmutación secuencial.

35— Dispositivo de cortocircuito de anillo colector o de cepillo

Un dispositivo para subir, bajar o mover los cepillos de una máquina; cortocircuitar sus anillos colectores; o activar o desactivar los contactos de un rectificador mecánico.

36— Polaridad o dispositivo de voltaje polarizador

Un dispositivo que opera, o permite el funcionamiento de, otro dispositivo en una polaridad predeterminada solamente o que verifica la presencia de un voltaje polarizador en el equipo.

37— Relé de subcorriente o subpotencia

Un dispositivo que funciona cuando el flujo de corriente o potencia disminuye por debajo de un valor predeterminado.

38— Dispositivo de protección de cojinetes

Un dispositivo que funciona con una temperatura excesiva del rodamiento o con otras condiciones mecánicas anormales asociadas con el rodamiento (como un desgaste indebido), que eventualmente puede resultar en una temperatura excesiva o fallas en el rodamiento.

39— Monitor de condición mecánica

Un dispositivo que funciona ante la ocurrencia de una condición mecánica anormal (excepto la asociada con los cojinetes como se cubre en la función 38 del dispositivo) como vibración excesiva, excentricidad, expansión, choque, inclinación o falla del sello.

40— Relevo de campo

Un dispositivo que funciona en un valor dado o anormalmente alto o bajo o falla en la corriente de campo de la máquina, o en un valor excesivo del componente reactivo de la corriente del inducido en una máquina de CA que indica una excitación de campo anormalmente alta o baja.

41— Disyuntor de campo

Dispositivo que funciona para aplicar o eliminar la excitación de campo de una máquina.

42— Disyuntor en funcionamiento

Dispositivo cuya función es conectar una máquina a su fuente de voltaje de funcionamiento o de funcionamiento. Esta función también se puede utilizar para un dispositivo como un contactor, que se utiliza en serie con un disyuntor u otros medios de protección contra fallos, principalmente para la apertura y cierre frecuentes del circuito.

43— Transferencia manual o dispositivo selector

Dispositivo operado manualmente que transfiere el control o los circuitos potenciales para modificar el plan de operación del equipo asociado o de algunos de los dispositivos asociados.

44— Relé de arranque de secuencia de unidad

Un dispositivo que funciona para poner en marcha la siguiente unidad disponible en un equipo de unidades múltiples en caso de falla o no disponibilidad de la unidad normalmente anterior.

45— Monitor de condición atmosférica

Un dispositivo que funciona ante la ocurrencia de condiciones atmosféricas anormales como humos dañinos, mezclas explosivas, humo o fuego.

46— Relé de corriente de fase inversa o de equilibrio de fase

Dispositivo en un circuito polifásico que opera cuando las corrientes polifásicas son de secuencia de fase inversa o cuando las corrientes polifásicas están desequilibradas o cuando la corriente de secuencia de fase negativa excede un valor preestablecido.

47— Relé de voltaje de secuencia de fase o equilibrio de fase

Dispositivo en un circuito polifásico que funciona con un valor predeterminado de voltaje polifásico en la secuencia de fase deseada, cuando los voltajes polifásicos están desequilibrados o cuando el voltaje de secuencia de fase negativa excede un valor preestablecido.

48— Relé de secuencia incompleta

Un dispositivo que generalmente devuelve el equipo a la posición normal o apagado y lo bloquea si la secuencia normal de inicio, funcionamiento o parada no se completa correctamente dentro de un tiempo predeterminado.

49— Relé térmico de máquina o transformador

Dispositivo que funciona cuando la temperatura del devanado del inducido de una máquina u otro devanado o elemento portador de carga de una máquina o transformador de potencia excede un valor predeterminado.

50— Relé de sobrecorriente instantánea

Un dispositivo que funciona sin retraso intencional cuando la corriente excede un valor preestablecido.

51— Relé de sobrecorriente de tiempo de CA

Dispositivo que funciona cuando la corriente de entrada de CA excede un valor predeterminado, y en el que la corriente de entrada y el tiempo de funcionamiento están inversamente relacionados a través de una parte sustancial del rango de rendimiento.

52— Disyuntor de CA

Dispositivo que se utiliza para cerrar e interrumpir un circuito de alimentación de CA en condiciones normales o para interrumpir este circuito en condiciones de falla o emergencia.

53— Relé de excitador o generador de CC

Dispositivo que fuerza la excitación del campo de la máquina de CC a acumularse durante el arranque o que funciona cuando el voltaje de la máquina se ha acumulado hasta un valor dado.

54— Dispositivo de activación del engranaje giratorio

Un dispositivo que es operado, controlado o monitoreado eléctricamente y que funciona para hacer que el engranaje de giro engrane (o desactive) el eje de la máquina.

55— Relé de factor de potencia

Dispositivo que opera cuando el factor de potencia en un circuito de CA aumenta por encima o cae por debajo de un valor predeterminado.

56— Relevo de aplicación de campo

Dispositivo que controla automáticamente la aplicación de la excitación de campo a un motor de CA en algún punto predeterminado del ciclo de deslizamiento.

57— Dispositivo de cortocircuito o puesta a tierra

Dispositivo que funciona para cortocircuitar o conectar a tierra un circuito en respuesta a medios automáticos o manuales.

58— Relé de falla de rectificación

Un dispositivo que funciona si un rectificador de potencia no conduce o bloquea correctamente.

59— Relé de sobretensión

Dispositivo que opera cuando su voltaje de entrada excede un valor predeterminado.

60— Relé de equilibrio de voltaje o corriente

Dispositivo que funciona con una determinada diferencia de voltaje, o entrada o salida de corriente, de dos circuitos.

61— Interruptor o sensor de densidad

Dispositivo que funciona a un valor de densidad dado oa una tasa determinada de cambio de densidad.

62— Relé de parada o apertura con retardo

Un dispositivo que impone un retardo de tiempo junto con el dispositivo que inicia la operación de apagado, parada o apertura en una secuencia automática o sistema de relé de protección.

63— Interruptor de presión

Dispositivo que funciona a un valor de presión dado oa una tasa de cambio de presión determinada.

64— Relé del detector de tierra

Dispositivo que funciona en caso de falla del aislamiento de la máquina u otro aparato a tierra.

NOTA - Esta función no se aplica a un dispositivo conectado en el circuito secundario de transformadores de corriente en un sistema de energía normalmente conectado a tierra donde se deben usar otros números de dispositivo de sobrecorriente con el sufijo G o N; por ejemplo, 51N para un relé de sobrecorriente de tiempo de CA conectado en el neutro secundario de los transformadores de corriente.

65— Gobernador

Dispositivo que consiste en un conjunto de equipo de control de fluido, eléctrico o mecánico que se utiliza para regular el flujo de agua, vapor u otros medios al motor primario con el fin de arrancar, mantener la velocidad o adelantar o detener.

66— Dispositivo para hacer muescas o trotar

Un dispositivo que funciona para permitir solo un número específico de operaciones de un dispositivo o pieza de equipo dado, o un número específico de operaciones sucesivas dentro de un tiempo dado entre sí. También es un dispositivo que funciona para energizar un circuito periódicamente o por fracciones de intervalos de tiempo especificados, o que se usa para permitir la aceleración intermitente o el jogging de una máquina a bajas velocidades para el posicionamiento mecánico.

67— Relé de sobrecorriente direccional de CA

Un dispositivo que funciona a un valor deseado de sobrecorriente CA que fluye en una dirección predeterminada.

68— Relé de bloqueo o de desfase

Un dispositivo que inicia una señal piloto para bloquear el disparo en fallas externas en una línea de transmisión o en otro aparato en condiciones predeterminadas, o coopera con otros dispositivos para bloquear el disparo o reconexión en una condición fuera de sincronismo o en cambios de energía.

69— Dispositivo de control permisivo

Dispositivo de dos posiciones que en una posición permite el cierre de un disyuntor o la puesta en funcionamiento de un equipo, y en la otra posición impide la operación del disyuntor o del equipo.

70— Reóstato

Dispositivo que se utiliza para variar la resistencia en un circuito eléctrico cuando el dispositivo funciona eléctricamente o tiene otros accesorios eléctricos (como interruptores auxiliares, de posición o de límite).

71— Interruptor de nivel

Un dispositivo que opera a un valor de nivel dado, o en una tasa determinada de cambio de nivel.

72— Disyuntor de CC

Dispositivo que se utiliza para cerrar e interrumpir un circuito de alimentación de CC en condiciones normales o para interrumpir este circuito en condiciones de falla o emergencia.

73— Contactor de resistencia de carga

Un dispositivo que se utiliza para derivar o insertar un paso de carga que limita, cambia o indica resistencia en un circuito de potencia; para encender un calentador de espacio en circuito; o para cambiar una resistencia de carga regenerativa o de luz de un rectificador de potencia u otra máquina dentro y fuera del circuito.

74— Relé de alarma

Un dispositivo que no sea un anunciador (como se cubre en la función 30 del dispositivo) que se usa para operar, o que opera en conexión con, una alarma visual o audible.

75— Mecanismo de cambio de posición

Dispositivo que se utiliza para mover un dispositivo principal de una posición a otra en el equipo; por ejemplo, cambiar una unidad de disyuntor extraíble hacia y desde las posiciones de conexión, desconexión y prueba.

76— Relé de sobrecorriente CC

Dispositivo que funciona cuando la corriente en un circuito de CC excede un valor dado.

77— Dispositivo de telemedida

Un dispositivo de transmisión utilizado para generar y transmitir a una ubicación remota una señal eléctrica que representa una cantidad medida; o un receptor utilizado para recibir la señal eléctrica de un transmisor remoto y convertir la señal para representar la cantidad medida original.

78— Relé de medición de ángulo de fase

Dispositivo que funciona en un ángulo de fase predeterminado entre dos voltajes, entre dos corrientes o entre voltaje y corriente.

79— Relé de reconexión

Dispositivo que controla el reenganche automático y el bloqueo de un interruptor de circuito de CA.

80— Interruptor de flujo

Dispositivo que opera a un valor de flujo dado, oa una tasa de cambio de flujo dada.

81— Relé de frecuencia

Un dispositivo que responde a la frecuencia de una cantidad eléctrica, operando cuando la frecuencia o tasa de cambio de frecuencia excede o es menor que un valor predeterminado.

82— Relé de reconexión de medición de carga de CC

Dispositivo que controla el cierre y reenganche automático de un interruptor de circuito de CC, generalmente en respuesta a las condiciones del circuito de carga.

83— Control selectivo automático o relé de transferencia

Un dispositivo que opera para seleccionar automáticamente entre ciertas fuentes o condiciones en el equipo o que realiza una operación de transferencia automáticamente.

84— Mecanismo de funcionamiento

Un dispositivo que consiste en el mecanismo o servomecanismo eléctrico completo que incluye el motor de operación, solenoides o interruptores de posición para un cambiador de tomas, regulador de inducción o cualquier aparato similar que de otra manera no tenga número de función de dispositivo.

85— Relé de cable piloto o portador

Un dispositivo que es operado o restringido por una señal transmitida o recibida a través de cualquier medio de comunicación utilizado para retransmisión.

86— Relé de bloqueo

Un dispositivo que dispara y mantiene el equipo o los dispositivos asociados inoperativos hasta que un operador los reinicia, ya sea de forma local o remota.

87— Relé de protección diferencial

Dispositivo que opera en un porcentaje, ángulo de fase u otra diferencia cuantitativa de dos o más corrientes u otras cantidades eléctricas.

88— Motor auxiliar o generador de motor

Dispositivo que se utiliza para operar equipos auxiliares como bombas, sopladores, excitadores o amplificadores magnéticos giratorios.

89— Cambio de línea

Dispositivo que se utiliza como seccionador, interruptor de carga o seccionador en un circuito de alimentación de CA o CC. (Este número de función del dispositivo normalmente no es necesario a menos que el interruptor sea operado eléctricamente o tenga accesorios eléctricos como un interruptor auxiliar o una cerradura magnética).

90— Dispositivo regulador

Un dispositivo que funciona para regular una cantidad o cantidades (como voltaje, corriente, potencia, velocidad, frecuencia, temperatura y carga) a un cierto valor o entre ciertos límites (generalmente cercanos) para máquinas, líneas de conexión u otros aparatos.

91— Relé direccional de voltaje

Dispositivo que funciona cuando el voltaje a través de un interruptor de circuito abierto o contactor excede un valor dado en una dirección determinada.

92— Relé direccional de tensión y potencia

Un dispositivo que permite o provoca la conexión de dos circuitos cuando la diferencia de voltaje entre ellos supera un valor dado en una dirección predeterminada y hace que estos dos circuitos se desconecten entre sí cuando la potencia que fluye entre ellos supera un valor dado en la dirección opuesta. .

93— Contactor de cambio de campo

Dispositivo que funciona para aumentar o disminuir, en un solo paso, el valor de la excitación de campo en una máquina.

94— Relé de disparo o disparo libre

Un dispositivo que funciona para disparar un disyuntor, contactor o equipo; para permitir el disparo inmediato por otros dispositivos; o para evitar el reenganche inmediato de un interruptor de circuito si se abriera automáticamente, aunque su circuito de cierre se mantenga cerrado.

95–99: se usa solo para aplicaciones específicas

Estos números de dispositivo se utilizan en instalaciones específicas individuales si ninguna de las funciones asignadas a los números del 1 al 94 es adecuada.

Material con licencia EPRI

mi

LISTADO DE INFORMACIÓN CLAVE

La siguiente lista proporciona la ubicación de la información de "Puntos clave" en este informe.

Punto clave O y MCost

Enfatiza la información que reducirá los costos de compra, operación o mantenimiento.

Referenciado Sección	Número de página	Punto clave
1.0	1-1	Los relés numéricos han eliminado la degradación que se puede esperar de los componentes mecánicos de los relés electromecánicos.
2.1.1	2.1	Debido a que los relés digitales multifuncionales modernos permiten al ingeniero de relés tener múltiples elementos de protección en un dispositivo, se ha reducido el número de relés en un esquema de protección.
2.1.1	2.2	Los relés digitales se pueden instalar a un costo mucho menor y, por lo tanto, el uso de relés digitales puede resultar en un importante ahorro económico.
2.2.1.1	2-4	Algunos relés ofrecen fuentes de alimentación universales que son capaces de manejar una amplia gama de voltajes de CA y CC. Esto reduce el potencial de fallas catastróficas debido a errores humanos y ayuda a reducir el inventario necesario de relés de repuesto.
2.2.1.8	2-6	A medida que avanzan las capacidades lógicas programables de los relés numéricos (en algunos casos rivalizan o superan la capacidad de los PLC independientes), se eliminan más dispositivos de control.
2.3	2-13	La necesidad de una clasificación preliminar fue eliminada por el moderno relé de microprocesador numérico multifuncional. Un ejemplo excelente es un relé de protección de motor / generador multifuncional típico que tiene todas las funciones necesarias para proporcionar una protección completa del generador en una sola caja.
2.3	2-15	Con la capacidad lógica programable de alta potencia de los relés numéricos, los relés multifuncionales pueden reemplazar muchos tipos de relés, incluidos los relés de monitoreo, reconexión y sincronización automática.
3.2.1	3-6	Un relé con panel de operador desconectado y conectado por cable permite la instalación del propio relé en el compartimento de baja tensión y la instalación del panel de operador por separado en la puerta del cuadro.

Punto clave O y MCost (Cont.)

Enfatiza la información que reducirá los costos de compra, operación o mantenimiento.

Referenciado Sección	Número de página	Punto clave
3.3.2.2	3-12	El consumo de energía de los relés numéricos se puede esperar en el Rango de 0.04-0.10 VA. Esto significa que en muchas aplicaciones, la carga del relé es insignificante.
4.2.2	4-4	El relé de sincronización automática proporciona señales de jogging al sistema de control de excitación (para aumentar o disminuir el voltaje de la máquina) y al control del gobernador de la máquina (para aumentar o disminuir la velocidad de la máquina). El relé empuja automáticamente la máquina a su posición para un cierre seguro y repetible sin ningún error humano.
4.11.1	4-23	En los relés numéricos modernos hay disponibles múltiples características de sobrecorriente y tiempo inverso de tiempo definido. Los relés numéricos también brindan al ingeniero de relés la capacidad de definir curvas personalizadas para aplicaciones especiales.
4.14.1	4-31	Los nuevos diseños de relés ahora incluyen conexiones que utilizan entradas y salidas binarias de relé numérico cableadas a contactos SPR o FPR remotos para monitorear el funcionamiento, capturar eventos de fallas y señalar el funcionamiento remoto. Esto permite que los operadores de la estación respondan de manera más rápida y eficiente en comparación con los esquemas más antiguos donde se usaban interruptores y bloqueos remotos para marcar una operación de presión.
4.20-1.1	4-42	A diferencia de un relé electromecánico, un relé numérico no requiere un esquema complicado de transformador de corriente (CT) para coincidir con las corrientes medidas. En cambio, el relé utiliza información ingresada sobre el equipo protegido y los transformadores de corriente para calcular las corrientes emparejadas a partir de las corrientes medidas. Esto permite adoptar una conexión secundaria de TC estándar, asignando al relé la tarea de calcular los ajustes de desfase necesarios.
5.1.2	5-3	Los relés digitales deben poder proporcionar al usuario información sobre una falla o evento. Cuanto más precisa y accesible sea la información, más fácil será analizar y tomar decisiones informadas para volver a poner una máquina en servicio.
5.3.2	5-13	Debido a que el control local y remoto se puede integrar en relés numéricos, el disparo se puede iniciar utilizando interruptores de control de disparo ubicados en el panel frontal del relé para activar el circuito de disparo o mediante el protocolo de interfaz del sistema.
5.3.3.3	5-16	Con la capacidad de comunicación IRIG, se pueden sincronizar múltiples relés mediante el uso de una referencia de reloj IRIG B. Esto permite la comparación entre múltiples eventos de relé y registros de fallas sin introducir errores de temporización.

Punto clave O y MCost (Cont.)

Enfatiza la información que reducirá los costos de compra, operación o mantenimiento.

Referenciado Sección	Número de página	Punto clave
6.1	6-1	Como los clientes han agregado relés numéricos, los intervalos de mantenimiento se han extendido debido a la naturaleza del diseño del equipo. Las piezas móviles, los contactos, las bobinas y los problemas de deriva se han eliminado prácticamente. El relé numérico ha demostrado ser un dispositivo confiable y preciso; por lo tanto, se requiere menos mantenimiento.
6.3.2	6-4	Los controles mecánicos son prácticamente inexistentes en el contexto de los relés de microprocesador.
6.3.5	6-6	La identificación de relés que no funcionan (o relés que no tienen la fuente de alimentación adecuada o los voltajes de entrada binaria) al principio de una instalación permite tomar medidas correctivas sin afectar el cronograma general del proyecto.
6.3.7	6-8	El software de administración de relés y la computadora personal reducen en gran medida el tiempo de configuración y reemplazan muchos tipos de equipos de prueba (como amperímetros, voltímetros y medidores de ángulo de fase) que se usaban anteriormente para tomar lecturas en servicio.
6.4	6-8	Un intervalo típico para el mantenimiento periódico de los relés numéricos es de cuatro a ocho años.
6.4	6-8	Los registros de eventos y de viajes se pueden utilizar para medir el rendimiento del relé después de que ocurra una falla. Si el relé funciona dentro del diseño, el propietario del sistema de protección puede determinar que la ventana para el mantenimiento periódico se puede cambiar a un programa posterior.
7.3.2	7-3	Los fabricantes de relés numéricos proporcionan relés con la capacidad de tener múltiples grupos de configuración que se pueden aplicar localmente en el relé (usando lógica automática para cambiar las condiciones cambiantes del sistema) o que se pueden aplicar de forma remota a través de una interfaz del sistema (SCADA).
9.1	9-1	Los relés numéricos ya no requieren calibración. No hay forma de ajustar la captación del relé, excepto mediante un cambio de configuración de software o posiblemente a través de la configuración de enlace de la tarjeta de PC.
9,7	9-5	Un enfoque simplista de las tendencias de rendimiento a menudo producirá información tan útil como la información que resulta de un análisis detallado.
11,0	11-1	Los relés multifuncionales realizan una función valiosa: consolidan las funciones de protección (y en algunos casos los controles) y reducen el costo y la complejidad de la aplicación general.
11,2	11-3	Un relé digital puede proporcionar un diagnóstico de su propio hardware y software internos y también puede monitorear el sistema conectado. Los relés digitales pueden monitorear la salud de los transformadores de corriente y de voltaje.

Punto clave O y MCost (Cont.)

Enfatiza la información que reducirá los costos de compra, operación o mantenimiento.

Referenciado Sección	Número de página	Punto clave
12.1.5	12-4	Con los relés de microprocesador, un usuario puede especificar la activación del registro de fallas, la duración del registro y el tipo de registro (es decir, datos brutos medidos por el relé o datos filtrados).
13,0	13-1	Dado que un porcentaje cada vez mayor del esquema de control de protección general está integrado en el relé, existe la posibilidad de extender los beneficios del autodiagnóstico más allá de los subsistemas internos del relé. Al utilizar entradas binarias para proporcionar al relé información sobre el estado de salud del esquema de control, es posible utilizar funciones de control lógico programable del relé del microprocesador para detectar y responder a fallas del esquema de control externo.

Punto técnico clave

Se enfoca en información que conducirá a una mayor confiabilidad del equipo.

Referenciado Sección	Número de página	Punto clave
1.1	1-2	El deterioro es mucho más lento en relés numéricos que en relés electromecánicos porque los relés numéricos no se ven afectados por el deterioro mecánico.
2.2	2-2	En realidad, existen dos clasificaciones de relés de microprocesador: el relé híbrido analógico y el relé numérico.
2.2	2-3	Un relé numérico (o numérico) muestrea digitalmente las señales analógicas entrantes, las convierte en un número binario y las pasa a un chip de microprocesador donde los algoritmos realizan operaciones matemáticas para medir la condición del sistema de energía y para proporcionar las funciones de protección (disparo).
2.2.1.1	2-4	Las fuentes de alimentación se pueden especificar para muchas aplicaciones de voltaje diferentes, tanto CA como CC.
2.2.1.8	2-6	Las subsecciones de entrada / salida (E / S) proporcionan un medio para que el relé numérico se comunique con el "mundo exterior".
2.2.2	2-10	Los relés digitales almacenan información de operación de falla y secuencia de eventos dentro del dispositivo después de que ocurre un disparo.
2.2.2	2-12	Si se requiere un análisis más detallado después de una operación de disparo, los relés digitales almacenan información detallada de fallas que se puede descargar usando el programa de relé para PC.
3.1.1	3-1	Las configuraciones, los anuncios y las capturas de formas de onda se guardan incluso si se pierde el voltaje de suministro en el relé. Las baterías internas que se utilizan comúnmente tienen una vida útil de 10 años. Es aconsejable cambiar estas baterías antes de que se agoten.
3.2.2	3-6	El chasis en un relé numérico está especialmente diseñado para la protección contra esfuerzos mecánicos y campos electromagnéticos.
3.3.2	3-11	Los relés numéricos modernos se prueban utilizando los últimos estándares de la industria ANSI / IEEE e IEC para demostrar que cumplen con los requisitos de clasificación de la industria.
3.3.3	3-12	Las pruebas de diseño se realizan para validar que el diseño, la construcción y los materiales de un relé en particular funcionan como se espera y son adecuados para su uso en la aplicación prevista.
4.1.1	4-1	La función de protección de distancia en los generadores se utiliza como una protección de respaldo rápida para el generador, extendiéndose hasta aproximadamente un 70% en el transformador de la unidad.

Punto técnico clave (cont.)

Se enfoca en información que conducirá a una mayor confiabilidad del equipo.

Referenciado Sección	Número de página	Punto clave
4.3.2	4-8	Algunos modelos de relés de microprocesador modernos tienen funciones de controlador lógico programable integradas. En estos relés, los valores de voltaje están disponibles para la lógica de medición que permite al usuario desarrollar aplicaciones lógicas personalizadas.
4.4.1.1	4-9	Los elementos de relé de potencia generalmente usan cantidades de voltaje y corriente que están esencialmente en fase para detectar potencia real o vatios. Debido a que requieren vatios (un valor calculado) para que funcionen, no son un medio muy rápido de detección de fallas.
4.9.1	4-18	Cuando el relé digital se usa para proteger un motor, la función de monitoreo del tiempo de arranque complementa la protección de sobrecarga. El monitoreo del tiempo de arranque protege el motor contra el daño potencial que podría resultar de un arranque frecuente o de una duración prolongada de arranque.
4.10.1.2	4-20	Los relés de microprocesador con funciones de controlador lógico integradas pueden utilizar los datos recopilados por la protección térmica del relé para controlar bombas y ventiladores a través de la lógica definida por el usuario y la matriz de salida.
4.10.2.1	4-22	Las alarmas térmicas lógicas del relé del microprocesador y las salidas de disparo se pueden bloquear proporcionando una entrada binaria durante los arranques de emergencia.
4.11.1	4-24	Para facilitar la coordinación del tiempo con relés electromecánicos más antiguos, las características de reinicio brindan la capacidad de usar una característica de reinicio que emula el reinicio de discos de inducción electromecánicos más antiguos.
4.12.2	4-29	Algunos relés numéricos también calculan el voltaje del sistema de secuencia positiva y de secuencia negativa. Por lo tanto, los componentes simétricos también se supervisan y se pueden combinar según los requisitos del usuario.
4.18.2	4-39	El relé del microprocesador se puede equipar con cuatro (y hasta seis) etapas de frecuencia alta / baja.
4.20.1.1	4-42	Los relés de microprocesador ofrecen la capacidad de implementar múltiples pendientes en una sola característica.
4.20.2	4-46	Los relés de microprocesador permiten combinar múltiples pendientes en un solo relé. El uso de múltiples pendientes permite un ajuste de pendiente más sensible cuando las corrientes son bajas y una pendiente más alta cuando es probable que las corrientes altas causen la saturación del TC.
4.21.1	4-48	Una transferencia de datos sin errores es un requisito previo para el correcto funcionamiento del sistema de protección. Por lo tanto, la precisión de la transferencia de datos se supervisa continuamente de forma interna.

Punto técnico clave (cont.)

Se enfoca en información que conducirá a una mayor confiabilidad del equipo.

Referenciado Sección	Número de página	Punto clave
5.1.2	5-2	Es posible que un relé digital distinga entre una condición de falla de fusible y un cortocircuito real que se vería idéntico para un relé 21.
5.1.2.1	5-3	Los relés digitales proporcionan la plataforma para maximizar la confiabilidad y la seguridad.
5.2.3.1	5-8	Los fabricantes de relés numéricos utilizan los estándares ANSI / IEEE e IEC para probar el rendimiento del relé.
5.3.2	5-14	Cuando se utilizan dos entradas binarias, se pueden detectar fallos en el circuito de disparo en todas las condiciones del interruptor.
5.3.3.3	5-16	Muchos relés numéricos ahora tienen la opción de proporcionar información de la hora del día en forma síncrona para la correlación de datos con el tiempo.
6.3.3	6-5	La lógica creada por el usuario, que en generaciones anteriores de relés fue diseñada y verificada por el fabricante del relé en extensas pruebas de tipo de sistema de potencia modelo de fábrica, debe probarse eléctricamente para garantizar un funcionamiento adecuado.
6.5.3	6-9	La filosofía para probar los elementos dentro de un relé multifuncional varía. Se debe realizar una evaluación exhaustiva de cada elemento en cualquier producto de relé numérico nuevo antes de instalarlo en un sistema para verificar que cada uno cumple con los criterios de diseño del propietario y las tolerancias establecidas.
6.5.4	6-10	Debido a que los relés numéricos no requieren calibración, la verificación funcional demuestra que las salidas del elemento de relé están operando el equipo y, por lo tanto, están probando el diseño general del esquema. Esta prueba se puede inicializar usando un equipo de prueba de relés para activar el elemento de relé o usando las herramientas de puesta en servicio del software de configuración de relés.
8.2.2.1	8-3	Después de obtener los resultados de la prueba, se debe restaurar la tierra del TC. Una buena práctica es repetir la prueba de aislamiento después de reemplazar la tierra del CT para verificar una lectura de cero, confirmando así que la tierra del CT fue realmente restaurada.
8.4.2	8-6	Si se utiliza una salida binaria dedicada (como un contacto de repuesto) para la prueba, se debe realizar al menos una prueba en el contacto de salida binaria real que se utiliza para el disparo externo.
9.1	9-1	Hoy en día, las filosofías de mantenimiento de relés enfatizan la prueba del esquema de protección completo versus el elemento de relé específico para demostrar que los controles externos y el equipo primario operan de acuerdo con el diseño del esquema y las características de operación.

Punto técnico clave (cont.)

Se enfoca en información que conducirá a una mayor confiabilidad del equipo.

Referenciado Sección	Número de página	Punto clave
9.2	9-2	Sin el autocontrol, el número de dispositivos fallidos aumenta drásticamente con el aumento del tiempo de servicio. (Para obtener más información, consulte el libro de Gerhard Ziegler titulado Protección de distancia numérica: principios y aplicación). Con la supervisión, se reduce el porcentaje de dispositivos fallidos.
10.1.3	10-2	Las variaciones de temperatura climática afectan los relés numéricos menos que los relés electromecánicos.
13,3	13-4	Los relés de microprocesador tienen la inteligencia necesaria para monitorear, detectar y responder a fallas de los circuitos de entrada de voltaje de CA.
13,3	13-4	La protección de respaldo que no dependa de voltajes saludables debe estar disponible para protección de emergencia durante la pérdida de condiciones potenciales.

Punto clave del desempeño humano

Indica información que requiere la intervención o consideración del personal para evitar lesiones o daños o para facilitar la realización de la tarea.

Referenciado Sección	Número de página	Puntos clave de desempeño humano
2.2.2	2-7	La HMI generalmente tiene teclas táctiles para ingresar o recuperar datos de relé y un puerto de conexión en serie para conectar una computadora portátil para realizar operaciones usando software de configuración de relés.
3.1.4	3-2	Con respecto a la comunicación, se ha puesto especial énfasis en los altos niveles de flexibilidad, integridad de los datos y la utilización de estándares comunes en la automatización energética. El diseño de los módulos de comunicación proporciona los beneficios de la intercambiabilidad de equipos, el potencial de aceptación de estándares futuros y un aumento en el conocimiento de los protocolos de comunicación en toda la industria.
3.2.4	3-8	Los fabricantes brindan acceso gratuito a las teclas de control y la pantalla frontal; sin embargo, cambiar la configuración y controlar los disyuntores e interruptores son tareas protegidas por contraseña.
3.2.6	3-9	La información como mensajes de eventos, valores medidos y el estado funcional del dispositivo se proporciona a través de LED y una pantalla de visualización (LCD) en el panel frontal.
3.3	3-9	Debido a que es posible que se requiera que los relés de protección operen en entornos hostiles, se prueban para cumplir con una variedad de estándares relacionados con condiciones mecánicas, eléctricas, térmicas y sísmicas.
4.2.1	4-3	Para evitar dañar la unidad del generador al ponerla en línea, se utilizan relés de sincronización y / o sincronización automática de alta seguridad para garantizar que la frecuencia, la magnitud del voltaje y el ángulo de fase coincidan adecuadamente antes de conectar el generador al sistema.
4.3.2	4-7	Cuando se conecta a tres voltajes de fase a tierra, el relé del microprocesador es capaz de calcular los voltajes de fase a fase, así como los voltajes positivo, negativo y de secuencia cero.
4.10.2.1	4-22	El relé del microprocesador utiliza la corriente medida y los datos de la constante de tiempo térmica suministrados con el equipo protegido para calcular el aumento de temperatura según un modelo térmico.
4.15.1	4-32	Los métodos de protección de falla a tierra del estator que utilizan voltaje o corriente de 60 Hz son capaces de brindar protección para solo el 90–95% del devanado del estator. Los esquemas de voltaje del tercer armónico (27/59) y los esquemas de inyección de baja frecuencia (64G) son capaces de lograr una protección de tierra del estator del 100%.
4.19.2	4-40	Los bloqueos virtuales se pueden integrar en el relé del microprocesador utilizando la función de controlador lógico programable de los relés.

Punto clave del desempeño humano (cont.)

Indica información que requiere la intervención o consideración del personal para evitar lesiones o daños o para facilitar la realización de la tarea.

Referenciado Sección	Número de página	Puntos clave de desempeño humano
4.21.1	4-48	El sistema de protección diferencial requiere un dispositivo de protección, así como un conjunto de transformadores de corriente en cada extremo de la zona protegida. Los dispositivos ubicados en los extremos de la zona protegida intercambian información medida a través de interfaces que utilizan enlaces de comunicación asignados (generalmente cables de fibra óptica) o una red de comunicación.
5,0	5-1	Al comprender la filosofía de diseño general y el enfoque de los relés de protección, se puede apreciar más completamente la importancia del mantenimiento realizado correctamente.
5.1.2.3	5-4	El comportamiento físico de los relés electromecánicos simulados en un microprocesador de señales digitales se denomina algoritmo. El relé puede monitorearse a sí mismo, utilizar autodiagnósticos y emitir una alarma cuando no brinda protección.
5.3.1.1	5-12	La saturación de un CT puede evitar que un relé de protección funcione correctamente. Por esta razón, un CT debe dimensionarse cuidadosamente para que funcione correctamente para la corriente de falla máxima esperada.
5.3.3	5-14	La comunicación de retransmisión numérica al mundo exterior puede incluir retransmisión a computadora personal, retransmisión, portadora de línea eléctrica, interfaz SCADA y comunicaciones por satélite. Las interfaces de comunicación son cada vez más importantes para el funcionamiento eficiente y económico de las estaciones y redes de generación.
6.1	6-2	La mayoría de los fabricantes afirman que no se requiere mantenimiento en sus relés numéricos. Sin embargo, esto no elimina la necesidad de verificar el funcionamiento general y verificar que el equipo primario funcione de manera confiable.
6.3	6-3	Los relés numéricos han revolucionado todos los aspectos de protección y control. Las pruebas no son una excepción. Hay espacio para mucha innovación en el desarrollo de estrategias de prueba y no es probable que haya un consenso durante algún tiempo. Las prácticas variarán de una empresa a otra.
6.3.5	6-6	Los relés de microprocesador permiten al usuario conectarse local o remotamente con una computadora personal y forzar electrónicamente los contactos de salida a cambiar de estado. Este método se puede utilizar para verificar el funcionamiento de dispositivos externos como disyuntores y para confirmar el cableado del esquema de control externo al relé.
6.3.6	6-6	El relé del microprocesador proporciona una gran cantidad de información para la recuperación local o para la transmisión de datos, incluidas las indicaciones y alarmas operativas, los valores medidos operativos y los valores medidos, el registro de fallas y los datos de oscilografía.

Punto clave del desempeño humano (cont.)

Indica información que requiere la intervención o consideración del personal para evitar lesiones o daños o para facilitar la realización de la tarea.

Referenciado Sección	Número de página	Puntos clave de desempeño humano (cont.)
6.3.6	6-7	La mayoría de las dificultades para probar eléctricamente relés de microprocesador son en realidad errores en las conexiones o métodos de prueba.
7.1	7-1	No habilitar un programa de relé después del uso de un programa temporal diseñado específicamente para probar un subconjunto de las funciones en el esquema de protección general es un error común.
7.3.2	7-3	Una técnica que se usa para que el archivo maestro no se modifique cuando se requiere mantenimiento es crear un archivo de configuración alternativo. Este archivo se desarrolla a partir del archivo maestro para usarlo específicamente para probar los diversos elementos dentro del relé.
8.1.1	8-2	Los relés numéricos son más difíciles de probar que las generaciones anteriores de relés porque tienen la inteligencia para reconocer los estados dinámicos y fallas de las entradas de medición.
8.1.2	8-2	Los métodos de prueba pueden requerir que ciertas características de entrada de medición del autodiagnóstico del relé (como falla de fusible o anomalías de corriente) se anulen temporalmente.
9,6	9-5	Un área de entrenamiento que no debe pasarse por alto es el de los equipos de prueba y las computadoras personales. Los equipos de prueba de relés de protección son equipos muy especializados. Se requiere un conocimiento considerable para operarlos correctamente. El personal de mantenimiento debe comprender y saber cómo usar y reconocer las limitaciones del equipo de prueba, las computadoras personales y cualquier software de evaluación y configuración de relés asociado.
11,0	11-1	La autosupervisión es mucho más que la función de probar y monitorear el convertidor A / D, el software, la memoria y el hardware. Es el primer paso en el proceso de autocontrol y también es una prueba para asegurarse de que todo en y sobre la instalación del relé sea correcto.

F
TRADUCIBLE DE CONTENIDOS

RENUNCIA DE GARANTÍAS Y LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDADES

ESTE DOCUMENTO FUE PREPARADO POR LAS ORGANIZACIONES NOMBRADAS A CONTINUACIÓN COMO UNA CUENTA DE TRABAJO PATROCINADO O COSPONSORADO POR EL ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, INC. (EPRI). NI EPRI, NINGÚN MIEMBRO DE EPRI, NINGÚN COSPONSOR, LA (S) ORGANIZACIÓN (ES) A CONTINUACIÓN, NI NINGUNA PERSONA QUE ACTÚE CON NOMBRE DE FAMILIAR DE ELLOS:

(A) OTORGA CUALQUIER GARANTÍA O REPRESENTACIÓN, EXPRESA O IMPLÍCITA, (I) CON RESPECTO AL USO DE CUALQUIER INFORMACIÓN, APARATO, MÉTODO, PROCESO O ARTÍCULO SIMILAR DIVULGADO EN ESTE DOCUMENTO, INCLUYENDO COMERCIABILIDAD Y ADECUACIÓN PARA UNA PARTICULARIDAD, (II) QUE DICHO USO NO INFRINGE NI INTERFERE CON DERECHOS DE PROPIEDAD PRIVADA, INCLUYENDO LA PROPIEDAD INTELECTUAL DE CUALQUIER PARTE, O (III) QUE ESTE DOCUMENTO ES ADECUADO PARA CUALQUIER CIRCUNSTANCIA DE USUARIO EN PARTICULAR, (IV) QUE CUALQUIER TRADUCCIÓN DEL LENGUAJE INGLÉS-IDOCUTERO ; O

(B) ASUME LA RESPONSABILIDAD POR CUALQUIER DAÑO U OTRA RESPONSABILIDAD (INCLUYENDO CUALQUIER DAÑO CONSECUENTE, INCLUSO SI EPRI O CUALQUIER REPRESENTANTE DE EPRI HA SIDO ADVERTIDO DE LA POSIBILIDAD DE DICHOS DAÑOS) QUE RESULTEN DE SU SELECCIÓN, APLICACIÓN O USO DE ESTE DOCUMENTO O USO DE ESTE DOCUMENTO O USO DE ESTE DOCUMENTO. .

LA TRADUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO DEL ORIGINAL EN INGLÉS HA SIDO PREPARADA CON RECURSOS PRESUPUESTARIOS LIMITADOS POR BYORON EN NOMBRE DE EPRI. SE PROPORCIONA CON FINES DE REFERENCIA ÚNICAMENTE Y EPRI RECHAZA TODA RESPONSABILIDAD POR SU EXACTITUD. SE DEBE CONSULTAR EL ORIGINAL EN INGLÉS PARA CRUZAR TÉRMINOS Y DECLARACIONES EN LA TRADUCCIÓN.

ORGANIZACIÓN (ES) QUE PREPARÓ ESTE DOCUMENTO

EPRI

Tabla de contenido traducida

CURRÍCULUM

Objectifs

- Fournir une compréhension étendue sur la maintenance des relais de protection numériques
- Fournir au staff de maintenance, de l'ingénierie, de la conduite les connaissances et les conseils sur la façon dont développer les tests, l'étalonnage, et les contrôle adéquats de post-installation y de post-maintenance des relais de protection numérique.

TABLE DES MATIERES

1 **INTRODUCCIÓN 1-1**

1.1 Contexto 1-1

1.2 Portée 1-2

1.3 Vue d'ensemble du document 1-2

1.4 Puntos clés 1-4

2 **DESCRIPCIÓN NUMERIQUE DU RELAIS 2-1**

2.1 Objectif du relais protecteur 2-1

2.1.1 Perfectionnements de protection des relais Digitaux 2-1

2.2 Vue d'ensemble générale des relais 2-2

2.2.1 Construction des relais numérique 2-3

2.2.1.1 Alimentation de puissance 2-4

2.2.1.2 Entrées de mesure (MI) 2-4

2.2.1.3 Amplificateurs d'entrée (IA) 2-4

2.2.1.4 Analogique-numérique (AD) 2-4

2.2.1.5 Microordenador (µX) 2-5

2.2.1.6 Affichage 2-5

2.2.1.7 Comunicación ..... 2 -5

2.2.1.8 Entrada / Salida (E / S) 2-5

2.2.1.9 Boîtier 2-6

2.2.3 Fonctionnement des circuits de protection des systèmes de puissance 2-12

2.3 Clasificación des relais ..... 2 -12

2.4 Terminologie des relais ..... 2 -15

2.5 Numéros de fonctionnement des dispositifs 2-17

2.5.1 Descripción générale 2-17

2.5.2 Préfixe / sufijos 2-18

Tabla de contenido traducida

3 PRINCIPES NUMERIQUES DE CONSTRUCTION ET DE FONCTIONNEMENT DES RELAIS 3-1

3.1 Sous ensembles électriques 3-1

3.1.1 Alimentation de puissance 3-1

3.1.2 Carte mère 3-1

3.1.3 Módulos d'E / S 3-2

3.1.4 Módulos de comunicación 3-2

3.2 Construction des relais numériques 3-4

3.2.1 Carter 3-4

3.2.2 Chasis 3-6

3.2.3 Cartes de circuito imprimé 3-7

3.2.4 Cobertura 3-8

3.2.5 Cibles de DEL / signe 3-8

3.2.6 Diodos LED 3-8

3.3 Condiciones de concepción 3- 9

3.3.1 Condiciones de servicio 3-10

3.3.2 Notaciones 3-11

3.3.2.1 Tensión / courant 3-11

3.3.2.2 Cargo / recargo 3-11

3.3.3 Control de concepción 3-12

3.3.3.1 Contrôle de diélectrique 3-12

3.3.3.2 Capacité de tenue des sobrecargos 3-12

3.3.3.3 Interférence électromagnétique par rayonnement 3-13

3.3.3.4 Calificación pour des applications de la classe 1E 3- 13

3.3.3.5 Prueba au séisme ..... 3 -13

4 TIPOS DE APLICACIÓN ET DE FONCTIONNEMENT 4-1

4.1 protección à distancia (21) 4-1

4.1.1 Aplicaciones 4-1

4.1.2 Principes de fonctionnement 4-2

4.1.2.1 Réglage de la zone 1 4-2

4.1.2.2 Utilización de la zone de surcapacité 4-2

4.1.2.3 Réglage de la zone 2 4-2

4.2 Sincronización (25) 4-2

4.2.1 Aplicación 4-2

4.2.2 Principes de fonctionnement 4-3

4.3 Protección de tensión de sous (27) 4-5

4.3.1 Aplicaciones 4-5

4.3.1.1 Protection de sousvoltage de moteur et de bus 4-5

4.3.1.2 Arrangement du transfert de source 4-6

4.3.1.3 Fonctionnements permissifs 4-6

4.3.2 Principes de fonctionnement 4-7

4.4 Protección directionnelle de puissance (32F, 32R) 4-9

4.4.1 Aplicaciones 4-9

4.4.1.1 Puissance de source de régulation de débit 4-9

4.4.1.2 Générateur anti motor 4-10

4.4.1.3 Flujo inverso de puissance 4-10

4.4.2 Principes de fonctionnement 4-10

4.5 Protección de sous tensión (37) 4-11

4.5.1 Aplicaciones 4-11

4.5.2 Principes de fonctionnement 4-12

4.6 Perte de l'excitation (40) 4-12

4.6.1 Aplicaciones 4-12

4.6.2 Principes de fonctionnement 4-13

4.7 Protection de courant de déséquilibre de fase (46) 4-14

4.7.1 Aplicaciones 4-14

4.7.1.1 Protection de moteur 4-15

4.7.1.2 Protection de générateur 4-15

4.7.1.3 Protección de alimentación 4-16

4.7.2 Principes de fonctionnement 4-17

4.7.2.1 Protection de courant de déséquilibre 4-17

4.7.2.2 Protection de courant Négatif 4-17

4.8 Protection de tension de Phase-Sequence (47) 4-17

4.8.1 Aplicación 4-17

4.8.2 Principes de fonctionnement 4-17

4.9 Protección de démarrage moteur 4-18

4.9.1 Aplicación 4-18

4.9.2 Principes de fonctionnement 4-19

Tabla de contenido traducida

4.10 Relais Thermiques (49) ..... 4 -19

4.10.1 Aplicaciones 4-19

4.10.1.1 Protection de moteur 4-20

4.10.1.2 Protección de transformador 4-20

4.10.1.3 Protection de générateur 4-20

4.10.2 Principes de fonctionnement 4-21

4.10.2.1 Protección de recargo en utilisant une replique thermique 4-21

4.10.2.2 Cálculo de point chaud et détermination du taux de vieillissement 4-23

4.11 Protection instantanée et de temps de surintensité (50/51) 4-23

4.11.1 Aplicaciones 4-23

4.11.1.1 Protection de générateur (51V) 4-24

4.11.1.2 Protection de moteur 4-25

4.11.1.3 Protection de transformateur 4-25

4.11.1.4 Protección de bus 4-25

4.11.1.5 Protection d'alimentation 4-26

4.11.1.6 Protection de sauvegarde 4-26

4.11.2 Principes de fonctionnement 4-26

4.12 protección de surtensión (59) 4-27

4.12.1 Aplicaciones 4-27

4.12.1.1 Protección de bus 4-27

4.12.1.2 Protection de défaut de terre du générateur 4-27

4.12.1.3 Protection de déséquilibre de condensateur 4-28

4.12.2 Principes de fonctionnement 4-29

4.13 Protection d'équilibre de tension (60FL) 4-30

4.13.1 Aplicación 4-30

4.14 Relais d'erreur pression (63) 4-30

4.14.1 Aplicaciones 4-30

4.14.2 Principes de fonctionnement 4-31

4.15 Protección de estator / rotor 4-31

4.15.1 Aplicaciones 4-31

4.15.2 Protection de terre de stator (100%) avec les troisième harmoniques (27/59) 4-32

4.15.3 Protección de terre de estator (100%) con inyección de tensión de Subarmónico (20 Hertz) (64G) 4-33

4.15.4 Inyección de tensión AC - Défaut de mise à la masse du rotor (64R) 4-33

4.16 Protection directionnelle de surintensité (67 / 67N) 4-35

4.16.1 Aplicaciones 4-35

4.16.1.1 Protección de ligne / alimentación 4-35

4.16.1.2 Protection de générateur 4-35

4.16.2 Principes de fonctionnement 4-35

4.17 Fonctionnement extérieur de phase (78) 4-36

4.17.1 Aplicaciones 4-36

4.17.2 Principes de fonctionnement 4-36

4.18 Protection de fréquence 4-37

4.18.1 Aplicaciones 4-37

4.18.1.1 Sous fréquence 4-38

4.18.1.2 Sur fréquence 4- 38

4.18.1.3 Délestage de fréquence 4-38

4.18.2 Principes de fonctionnement 4-39

4.19 Relais de verrouillage (86) 4-40

4.19.1 Aplicaciones 4-40

4.19.2 Principes de fonctionnement 4-40

4.20 Relais différentiel (87) 4-40

4.20.1 Aplicaciones 4-40

4.20.1.1 Protection de transformateur 4-40

4.20.1.2 Protection de générateur et de système 4-45

4.20.1.3 Protection de moteur 4-45

4.20.1.4 Protección de bus 4-45

4.20.2 Principes de fonctionnement 4-45

4.21 Protection différentielle de courant (87L) 4-47

4.21.1 Aplicaciones 4-47

4.21.2 Principes de fonctionnement 4-49

4.21.3 Relais de fil pilote (87L) 4-49

***5* MODELO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN 5-1**

5.1 Philosophie de conception des système de protection 5-1

5.1.1 Objectifs de performance 5-1

5.1.2 Caractéristiques idéales de relais 5-2

5.1.2.1 Fiabilité 5-3

5.1.2.2 Sélectivité 5-4

Tabla de contenido traducida

5.1.2.3 Simplicité 5-4

5.1.2.4 redondance 5-5

5.2 Approche de conception des systèmes de protection 5-5

5.2.1 Zonas de la protección 5- 5

5.2.2 Protección primaire et de sauvegarde 5-7

5.2.3 Critères de conception de protection des centrales électriques 5-8

5.2.3.1 Normes des relais des postes de puissance 5-8

5.2.3.2 Protection de la classe nucléaire 1E 5-9

5.3 Interfaces des systèmes 5- 10

5.3.1 Transformadores de instrumentación 5-10

5.3.1.2 Transformadores de tensión 5-12

5.3.2 Circuitos de délenchement CC 5-13

5.3.3 Le matériel de Transmission 5-14

5.3.3.1 Transporteur de ligne de courant 5-15

5.3.3.2 SCADA 5-15

5.3.3.3 IRIG B 5-15

5.4 Enclenchement sélecteur 5-16

5.4.1 caractéristiques de temps inversa 5-16

5.4.2 Étude de court-circuit ..... 5 -18

5.4.3 Coordination du dispositif de protection 5-18

***6* PRATIQUES EN MATIERE NUMERIQUES DE MAINTENANCE DE RELAIS 6-1**

6.1 L'information du context 6-1

6.2 Analizar el mantenimiento ..... 6 -2

6.2.1 Essai d'homologation 6-2

6.2.2 Verificación de la instalación 6-2

6.2.3 Mantenimiento preventivo (ou périodique) 6-3

6.2.4 Post réparation ou vérification de remontage 6-3

6.3 Vue d'ensemble des tests e inspections des relais 6-3

6.3.1 Inspección visuelle et nettoyage 6-4

6.3.2 Ensayos mécaniques 6-4

6.3.3 Ensayos eléctricos 6-4

6.3.4 SCADA 6-5

6.3.5 Funciones de prueba 6-5

6.3.6 Tableaux de données des relais 6-6

6.3.7 Les relevés en service ..... 6 -7

6.4 Determinación de los intervalos de mantenimiento 6-8

6.5 Le résumé de la maintenance pratique 6-9

6.5.1 Rúbrica de inspección 6-9

6.5.2 Ensayos mécaniques 6-9

6.5.3 Ensayos eléctricos 6-9

6.5.4 Funciones de prueba 6-10

6.5.5 Post-Dépannage 6-11

7 RELAIS NUMERIQUES SE RETIRA DEL SERVICIO DU 7-1

7.1 Preparación 7-1

7.2 Enlèvement du service 7-2

7.2.1 Objectif 7-2

7.2.2 Procedimiento 7-2

7.3 Considérations de programmation des relais numériques 7-2

7.3.1 Groupes réglants alternifs 7-3

7.3.2 Dossier de réglage alternatif 7-3

7.3.3 Éléments invalidantes pour les tests 7-4

8 PRUEBAS ELECTRICAS 8-1

8.1 Préparation des tests 8-1

8.1.1 Material de prueba 8-1

8.1.2 Considérations générales de test 8-2

8.2 Test de résistance d'isolement 8-2

8.2.1 Objectif 8-2

8.2.2.1 Circuit de courant 8-3

8.2.2.2 Tensión / alimentación de puissance / entrées binaires 8- 3

8.2.2.3 Contacto de salida 8- 3

8.3 Enlèvement, livraison, timing des tests 8-4

8.3.1 Objectif 8-4

8.3.2 Méthode d'enlèvement 8-4

8.3.3 Méthode de livraison 8-4

8.3.4 Calage des tests 8-5

8.4 Test d'impédance de microprocesseur 8-5

8.4.1 Objectif 8-5

Tabla de contenido traducida

8.4.2 Précautions générales pour le test 8-6

8.4.2.1 Éléments circulaires, lenticulaires, d'impédance 8-6

8.4.2.2 Éléments excentrés d'impédance 8-7

8.4.2.3 Éléments quadrilatéraux d'impédance 8-7

8.5 Test de la protection différentielle 8-7

8.5.1 Objectif 8-7

8.5.2 Tests d'enlèvement 8-7

8.5.3 Prueba de pente 8-7

8.5.4 Seconde / nième butée harmonique 8-8

8.5.5 Pruebas instantanés 8-8

9 **DIRECTIVES ET CONSIDERATIONS NUMERIQUES DES PROGRAMS DE MAINTENANCE DES RELAIS 9-1**

9.1 Philosophie de maintenance pour les relais numériques 9-1

9.2 Objetivos del programa de mantenimiento 9-2

9.3 Recomendaciones générales 9-3

9.4 Mantenimiento de la base 9-3

9.5 Considérations pratiques 9- 4

9.6 Formación de personal 9-4

9.7 Suivi de performance 9-5

9.8 Mantenimiento centrée sur la fiabilité (RCM) 9-6

10 **MODES DEFAILLANCE DES RELAIS DE PROTECTION 10-1**

10.1 Mécanismes de défaut 10- 1

10.1.1 Contraintes électriques 10-1

10.1.2 Contraintes mécaniques 10-1

10.1.3 Contraintes de courant ascendente 10-2

10.1.4 Contraintes Environnementales 10-3

10.2 Modos de défaillance 10-4

10.2.1 Avaries de visserie 10- 4

10.2.1.1 Alimentation de puissance 10-4

10.2.1.2 Contactos de salida 10-4

10.2.2 Avaries de fonctionnement 10-4

11 **AUTODIAGNÓSTICO DE RELAIS DIGITAL 11-1**

11.1 Diagnóstico interno 11-2

11.1.1 Tensions de référence et auxilliaire 11-2

11.1.2 Tampón de batería 11-2

11.1.3 Composants de mémoire 11-2

11.1.4 Echantillonnage 11-2

11.1.5 Control de lógica 11- 2

11.2 Diagnostique de source externe 11-3

11.3 Indicaciones de défaut / contactos 11-4

12 **INFORMACIÓN DE FONCTIONNEMENT ET D'ERREUR DE CARACTERÍSTICAS 12-1**

12.1 Anunciantes 12-1

12.1.1 Cahiers d'événements 12-1

12.1.2 Cahiers de défauts 12- 2

12.1.3 Annonciateurs spontanés 12-2

12.1.4 Interrogation générale de dispositif 12-3

12.1.5 Archives d'erreur 12-4

13 **CONTROL D'ARRANGEMENT DE VIGILANCIA 13-1**

13.1 Control de circuito de déclenchement (TCM) 13-1

13.1.1 Méthode d'entrée binaire duelle de contrôle du circuit de déclenchement 13-1

13.1.2 Méthode d'entrée binaire unique de contrôle du circuit de déclenchement 13-3

13.2 Control de circuito cerrado (CCM) 13-4

13.3 Contrôle de défaut de fusible 13-4

13.3.1 Défaut de fusible - défaut triphasé 13-5

13.3.2 Défaut de fusible - monophasé et défaut Phase-Phase 13- 5

UNA **REFERENCIAS A-1**

A.1 Normes de l'industrie A.1 .... A-1

A.2 Documentos NRC A-2

A.3 Références EPRI A-4

A.4 Documentos IEEE A-4

A.5 Références constructeurs .... UNA- 4

A.6 Références diverses A-8

A.7 Principaux constructeurs .... UNA -9

segundo **DE GLOSSAIRE B-1**

Tabla de contenido traducida

_C_ VUE D'ENSEMBLE DES NORMES D'INDUSTRIE C-1

C.1 Institut des ingénieurs électroniciens électriques et (IEEE) C-1

C.2 Association nationale de protection contre les incendies (NFPA) C-4

C.3 Association de contrôle électrique nationale (NETA) C-4

_re_ NOMBRES DE DISPOSITIFS DE SYSTEME DE PUISSANCE ..... D -1

_mi_ PRINCIPIO DE LISTADO DE INFORMACIÓN S-1

LISTE DE CIFRAS

Figura 2-1 estructura du relais .... 2-3 Figura 2-2 visualización quatre-Ligne HMI et affichage graphique .... 2-8 Figura 2-3 Ejemplo de función de toque de botones .... 2-9 Figura 2-4 ejemplo de l ' affichage de DEL et d'erreur .... 2-11 Figura 2-5 les éléments multifonctionnels de relais de générateur .... 2-14 Figura 3-1 la construction d'un relais typique de microprocesseur .... 3-4 Figura 3-2 l'exemple de diverses tailles de caisse de relais de microprocesseur. ..... 3-5 Figura 3-3 l 'ejemplo de la configuración Surface-Montée de relais de microprocesseur ..... 3-5 Figura 3-4 le relais du microprocesseur avec le panneau de conducteur isolé .... 3-6 Figura 3-5 la carte type de Transmettre par relais-Circuit imprimé du microprocesseur 3-7

Figura 4-1 le - fondamental de la structure synchronisant ou Synchroniser-vérifiez le relais 4-5

Figura 4-2 la logique du sousvoltage (27) 4-8

Figura 4-3 des caractéristiques de fonctionnement directionnelles de relais de la poder 4-11

Figura 4-4 Logique de protection de courant de fond .... 4-12 Figura 4-5 tableau type de capacité de machine .... 4-13 Figura 4-6 perte caractéristique de - de Mho de terrain .... 4-14 Figura 4-7 courbe négative de temps de courant de Phase-Sequence .... 4-16 Figura 4-8 tipo de commencer caractéristique d'un moteur à induction .... 4-19 Figura 4-9 Logique Thermique de Protection (49) 4-21

Figura 4-10 Bien déterminé-Temps type et courbes caractéristiques Inverse-À retard de temps 4-24

Figura 4-11 générateur connecté par élément avec le point mort fondant le transformador (d'Earthing) 4- 27

Figura 4-12 État de surtension de détonateur soufflé par berge non reliée à la masse de condensador 4-29

Figura 4-13 modelo de circuito tipo de protección 100% de Masse-Erreur de stator en utilisant l'injection de la tension 20Hz 4-33

Figura 4-14 le modèle de circuit type de la protection de Masse-Erreur de rotor en utilisant l'injection de tension 4-34

Figura 4-15 la caractéristique quadrilatérale de l'À l'extérieur-de-Phase ..... 4- 37 Figura 4-16 le délestage de la fréquence 4-39

Tabla de contenido traducida

Figura 4-17 le fonctionnement de la protection différentielle .... 4-41 Figura 4-18 la rectification classique du déphasage 4-42

Figura 4-19 la connexion normale de CT avec la rectification interne de déphasage de relais différentiel numérique 4-43

Figura 4-20 la caractéristique ajoutée de butée de détection de saturation du Par l'entremise-Erreur CT 4-44

Figura 5-1 les zonas superposantes de la protección .... 5-6 Figura 5-2 la protección superposante autour d'un disjoncteur .... 5-7 Figura 5-3 le detalle del circuito de transformación del curso. ..... 5-11 Figura 5-4 les courbes caractéristiques de temps inverse IEEE .... 5-17 Figura 11-1 le contrôle externe d'un relais de synchronization typique .... 11-3 Figura 12-1 le logarithme naturel d'événement de l'échantillon .... 12-1 Figura 12-2 le logarithme naturel de déclenchement de l'échantillon .... 12-2 Figura 12-3 les annonces spontanées .... 12-3 Figura 12-4 les interrogaciones générales du dispositif .... 12-4 Figura 12- 5 les archives de l'erreur .... 12-5 Figura 13-1 la méthode d'entrée binaire duelle de contrôle de circuit de déclenchement .... 13-2... 13-2... 13-2

Figura 13-2 la logique de l'exemple - conjuguent la méthode d'entrée binaire de contrôle de circuito de déclenchement 13-3

Figura 13-3 la méthode d'entrée binaire unique de contrôle de circuit de déclenchement ... 13-3

LISTE DE TABLEAUX

Tableau 5-1 Norme ANSI / IEEE C37.90-1989 Tension maximale de commande ..... 5-13 Tableau 6-1 Outil de mise en service de relais .... 6-10 Tableau 13-1 Méthode d'entrée binaire dualle de contrôle du circuit de déclenchement 13-2

Tabla de contenido traducida

レレレレレレレ

目的

- リレー設計に対する明確な理解を与え、デジタル保護リレーの適用と保全に関する考察を与えること。
- プラントの保全、エンジニアリング、運転に関わる職員に対し、適切な、テスト、キャリブレーション、据付け後テスト、及び保全後テストを立案する方法についての知識およびガイドを与えること。

目次

1 はじめに 1-1

1.1 背景となる情報 1-1

1.2 範囲 1-2

1.3 文書の概要 1-2

1.4 キーポイント 1-4

2 ディジタルリレーについての記述 2-1

2.1 保護リレーの目的 2-1

2.1.1 デジタルリレー保護機能の向上 2-1

2.2 デジタルリレーの一般概要 2-2

2.2.1 ディジタルリレーの構成 2-3

2.2.1.1 電源 2-4

2.2.1.2 測定部の入力 (MI) 2-4

2.2.1.3 入力アンプ (I A) 2- 4

2.2.1.4 アナログ - デジタル (AD) 2-4

2.2.1.5 マイクロコンピューター (µX) 2-5

2.2.1.6 表示部 2-5

2.2.1.7 コミュニケーション 2-5

2.2.1.8 入出力 (E / S) 2-5

2.2.1.9 ケースの例 2-6

2.2.3 パワー系統の保護回路動作 2-12

2.3 リレーの分類 2-12

2.4 リレー専門用語 2-15

2.5 装置機能番号 2-17

2.5.1 概説 2-17

2.5.2 接頭辞 / 接尾辞 2-18

Tabla de contenido traducida

3ディジタルリレー部品および運用原則 3-1

3.1 電気的組立部品 3-1

3.1.1 電源 3-1

3.1.2 マザーボード 3-1

3.1.3 入力 / 出力のモジュール 3-2

3.1.4 通信モジュール 3-2

3.2 ディジタルリレー部品 3-4

3.2.1 ケース 3-4

3.2.2 シャーシ 3-6

3.2.3 プリント回路カード 3-7

3.2.4 カバー 3-8

3.2.5 LED 表示 / 指示 3-8

3.2.6 フロント表示 3-8

3.3 設計の要求 3-9

3.3.1 サービス条件 3-10

3.3.2 定格 3-11

3.3.2.1 電圧 / 電流 3-11

3.3.2.2 電気的負荷 / オーバーロード 3-11

3.3.3 デザインテスト 3-12

3.3.3.1 誘電体のテスト 3-12

3.3.3.2 サージ抵抗の機能 3-12

3.3.3.3 放射される電磁干渉 3-13

3.3.3.4 クラス 1E アプリケーションのための認定 3-13

3.3.3.5 耐震テスト 3-13

4リレー保護のタイプ - アプリケーションおよび運転 4-1

4.1 距離による保護 (21) 4-1

4.1.1 アプリケーション 4-1

4.1.2 動作原理 4-2

4.1.2.1 ゾーン 1 の設定 4-2

4.1.2.2 オーバーリーチングゾーンの使用 4-2

4.1.2.3 ゾーン 2 の 設定 (ま た は ゾ ー ン 3 設定 (ゾ ー ン 2 が オ ー バ ー リ ー チ ン グ ゾ ー ン の 場合)) 4-2

4.2 同期 (25) 4-2

4.2.1 ア プ リ ケ ー シ ョ ン 4-2

4.2.2 動作 原理 4-3

4.3 不足 電 圧 保護 (27) 4-5

4.3.1 ア プ リ ケ ー シ ョ ン 4-5

4.3.1.1 モ ー タ ー お よ び バ ス の 不足 電 圧 保護 4-5

4.3.1.2 ソ ー ス 転 送 ス キ ー ム 4-6

4.3.1.3 許可 機能 4-6

4.3.2 動作 原理 4-7

4.4 方向 電力 の 保護 (32F 、 32R) 4-9

4.4.1 ア プ リ ケ ー シ ョ ン 4-9

4.4.1.1 ソ ー ス に お け る 潮流 コ ン ト ロ ー ル 4-9

4.4.1.2 発 電機 の モ ー タ リ ン グ 防止 4-10

4.4.1.3 逆 潮流 4-10

4.4.2 動作 原理 4-10

4.5 不足 電流 保護 (37) 4-11

4.5.1 ア プ リ ケ ー シ ョ ン 4-11

4.5.2 動作 原理 4-12

4.6 励磁 の 損失 (40) 4-12

4.6.1 ア プ リ ケ ー シ ョ ン 4-12

4.6.2 動作 原理 4-13

4.7 相 ア ン バ ラ ン ス 電流 保護 (46) 4-14

4.7.1 ア プ リ ケ ー シ ョ ン 4-14

4.7.1.1 モ ー タ ー 保護 4-15

4.7.1.2 発 電機 保護 4-15

4.7.1.3 フ ィ ー ダ ー 保護 4-16

4.7.2 動作 原理 4-17

4.7.2.1 不 均衡 電流 保護 4-17

4.7.2.2 逆 相 電流 保護 4-17

4.8 相 電 圧 保護 (47) 4-17

Tabla de contenido traducida

4.8.1 アプリケーション 4-17
4.8.2 動作原理 4-17
4.9 モーター始動時の保護 4-18
4.9.1 アプリケーション 4-18
4.9.2 動作原理 4-19
4.10 サーマルリレー (49) 4-19
4.10.1 アプリケーション 4-19
4.10.1.1 モーター保護 4-20
4.10.1.2 変圧器の保護 4-20
4.10.1.3 発電機の保護 4-20
4.10.2 動作原理 4-21
4.10.2.1 熱レプリカを使用したオーバーロードの保護 4-21
4.10.2.2 ホットスポットの計算及びエージングの程度の決定 4-23
4.11 瞬時及び逆時間の過電流保護 (50/51) 4-23
4.11.1 アプリケーション 4-23
4.11.1.1 発電機の保護 (51V) 4-24
4.11.1.2 モーター保護 4-25
4.11.1.3 変圧器の保護 4-25
4.11.1.4 バス保護 4-25
4.11.1.5 フィーダの保護 4-26
4.11.1.6 バックアップ保護 4-26
4.11.2 動作原理 4-26
4.12 過電圧の保護 (59) 4-27
4.12.1 アプリケーション 4-27
4.12.1.1 バス保護 4-27
4.12.1.2 発電機の地絡の保護 4-27
4.12.1.3 コンデンサーバンクの不均衡の保護 4-28
4.12.2 動作原理 4-29
4.13 電圧バランスの保護 (60FL) 4-30
4.13.1 アプリケーション 4-30
4.14 突然の圧力の変化や誤った圧力に対し働くリレー (63) 4-30
4.14.1 アプリケーション 4-30

4.14.2 動作 原理 4-31

4.15 固定 子 / 回 転 子 の 保護 4-31

4.15.1 アプリケーション 4-31

4.15.2 第 3 高調 波 (27/59) に 対 する 固定 子 の 接地 保護 (100%) 4-32

4.15.3 低調 波 (20 Hz) の 電 圧 注入 (64G) に 対 する 固定 子 の 接地 保護 (100%) 4-33

4.15.4 回 転 子 の 地 絡 の 保護 (64R) - CA 電 圧 注入 4-33

4.16 方向 過 電流 保護 (67 / 67N) 4-35

4.16.1 アプリケーション 4-35

4.16.1.1 ライン / フィーダ の 保護 4-35

4.16.1.2 発 電機 の 保護 4-35

4.16.2 動作 原理 4-35

4.17 脱 調 機能 (78) 4-36

4.17.1 アプリケーション 4-36

4.17.2 動作 原理 4-36

4.18 周波 数 保護 4-37

4.18.1 アプリケーション 4-37

4.18.1.1 低 周波 数 4-38

4.18.1.2 高周波 数 4-38

4.18.1.3 周波 数 負荷 制 限 4-38

4.18.2 動作 原理 4-39

4.19 ロックアウトリレー (86) 4-40

4.19.1 アプリケーション 4-40

4.19.2 動作 原理 4-40

4.20 差動 リレー (87) 4-40

4.20.1 アプリケーション 4-40

4.20.1.1 変 圧 器 の 保護 4-40

4.20.1.2 発 電機 および 装置 保護 機構 4-45

4.20.1.3 モーター 保護 4-45

4.20.1.4 バス 保護 4-45

4.20.2 動作 原理 4-45

4.21 電流 差動 保護 (87L) 4-47

4.21.1 アプリケーション 4-47

Tabla de contenido traducida

4.21.2 動作 原理 4-49

4.21.3 パイロットワイヤーリレー (87L) 4-49

5 保護システムデザイン 5-1

5.1 保護システムの設計思想 5-1

5.1.1 パフォーマンス目標 5-1

5.1.2 理想的なリレー特性 5-2

5.1.2.1 信頼性 5-3

5.1.2.2 選択率 5-4

5.1.2.3 簡易性 5-4

5.1.2.4 冗長性 5-5

5.2 保護システムデザインアプローチ 5-5

5.2.1 保護のゾーン 5-5

5.2.2 一次およびバックアップ保護 5-7

5.2.3 発電所の保護設計基準 5-8

5.2.3.1 発電所のリレー基準 5-8

5.2.3.2 クラス 1E の原子力用保護 5-9

5.3 システム・インタフェース 5-10

5.3.1 計器用変圧器 5-10

5.3.1.2 電圧変圧器 5-12

5.3.2 直流トリップ回路 5-13

5.3.3 コミュニケーション 5-14

5.3.3.1 電力線のキャリア 5-15

5.3.3.2 SCADA 5-15

5.3.3.3 IRIG B 5-15

5.4 選択的なトリップ 5-16

5.4.1 逆時間特性 5-16

5.4.2 短絡の調査 5-18

5.4.3 回線保護装置の調整 5-18

6 ディジタルリレー保全方法 6-1

6.1 背景となる情報 6-1

6.2 保全の分類 6-2

6.2.1 受入テスト 6-2
6.2.2 据付チェック 6-2
6.2.3 予防(または定期的な)保全 6-3
6.2.4 修理後または取替え後のチェック 6-3
6.3 保護リレーのチェック、点検およびテストの概要 6-3
6.3.1 目視検査およびクリーニング 6-4
6.3.2 機械的チェック 6-4
6.3.3 電気テスト 6-4
6.3.4 SCADA テスト 6-5
6.3.5 機能チェック 6-5
6.3.6 リレーデータログ 6-6
6.3.7 インサービス測定値 6-7
6.4 保全間隔の決定 6-8
6.5 保全方法の概要 6-9
6.5.1 初めの検査 6-9
6.5.2 機械的チェック 6-9
6.5.3 電気テスト 6-9
6.5.4 機能チェック 6-10
6.5.5 修理後 6-11

7 ディジタルのリレーのサービスからの除外 7-1
7.1 準備 7-1
7.2 サービスからの除外 7-2
7.2.1 目的 7-2
7.2.2 プロシージャ 7-2
7.3 ディジタルリレープログラミングの考察 7-2
7.3.1 追加設定のグループ 7-3
7.3.2 追加設定テストファイル 7-3
7.3.3 テストのため作動停止させる要素 7-4

8 電気テスト 8-1
8.1 テスト準備 8-1
8.1.1 試験装置 8-1

Tabla de contenido traducida

8.1.2 概要テスト考察 8-2
8.2 絶縁抵抗テスト 8-2
8.2.1 目的 8-2
8.2.2.1 電流回路 8-3
8.2.2.2 電圧 / 電源 / 二進入力 8-3
8.2.2.3 出力接点 8-3
8.3 ピックアップ、ドロップアウトおよびタイミングテスト 8-4
8.3.1 目的 8-4
8.3.2 ピックアップの試験手順 8-4
8.3.3 ドロップアウトの試験手順 8-4
8.3.4 タイミングテスト 8-5
8.4 マイクロプロセサーインピーダンス要素テスト 8-5
8.4.1 目的 8-5
8.4.2 一般的テスト上の注意 8-6
8.4.2.1 円い、レンズ状、およびボール状のインピーダンス要素 8-6
8.4.2.2 オフセットの円状 / ボール状のインピーダンス要素 8-7
8.4.2.3 四辺形のインピーダンス要素 8-7
8.5 差動保護テスト 8-7
8.5.1 目的 8-7
8.5.2 ピックアップテスト 8-7
8.5.3 傾斜 / 通貨電流テスト 8-7
8.5.4 第 2 次 / n 次高調波抑制テ スト 8-8
8.5.5 瞬時テスト 8-8

***9*ディジタルリレー保全プログラムのガイドラインおよび考察 9-1**

9.1 ディジタルリレーのための保全のフィロソフィー 9-1
9.2 保全プログラムの目的 9-2
9.3 一般的提言 9-3
9.4 デザインベースの保全 9-3
9.5 実用的な考察 9-4
9,6 研修 9-4
9,7 パフォーマンスのトレンド 9-5

9.8 Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) 9-6

***10*保護リレーの故障モード 10-1**

10.1 故障メカニズム 10-1

10.1.1 電気的ストレス 10-1

10.1.2 機械的ストレス 10-1

10.1.3 熱的ストレス 10-2

10.1.4 環境ストレス 10-3

10,2 故障モード 10-4

10.2.1 ハードウェア故障 10-4

10.2.1.1 電源 10-4

10.2.1.2 出力接点 10-4

10.2.2 運転上の故障 10-4

***11*デジタルリレー自己診断法 11-1**

11,1 内部診断 11-2

11.1.1 補助的および参照される電圧 11-2

11.1.2 バッファ電池 11-2

11.1.3 メモリコンポネント 11-2

11.1.4 サンプリング 11-2

11.1.5 ソフトウェアのモニタリング 11-2

11,2 外部ソースの診断 11-3

11,3 障害徴候 / 接点 11-4

***12*運転上および故障データ情報 12-1**

12,1 警報 12-1

12.1.1 イベントログ 12-1

12.1.2 トリップログ 12-2

12.1.3 自発的警報 12-2

12.1.4 一般的装置の質問 12-3

12.1.5 故障レコード 12-4

***13*制御系のモニタリング 13-1**

Tabla de contenido traducida

13,1 トリップ回路のモニタリング (TCM) 13-1

13.1.1 二重二進入力法によるトリップ回路のモニタリング 13-1

13.1.2 単一二進入力法によるトリップ回路のモニタリング 13-3

13,2 閉回路のモニタリング (CCM) 13-4

13,3 ヒューズの故障のモニタリング 13-4

13.3.1 ヒューズの故障のモニタリング - 三相不良 13-5

13.3.2 ヒューズの障害のモニタリング - 一相および相間不良 13-5

参照 A-1

A.1 産業界標準 A-1

A.2 NRC 文書 A-2

A.3 EPRI の参照図書 A-4

A.4 IEEE のペーパー A-4

A.5 製造業者の参照図書 A-4

A.6 種々の々参照図書 A-8

A.7 主な製造業者 A-9

***segundo* 用語集 B-1**

***C* 産業界標準の概要 C-1**

C.1 電気および電子工学技術者の協会 (IEEE) C-1

C.2 国家防火連合 (NFPA) C-4

C.3 国家電気テスト連合 (NETA) C-4

***re* 電力システム装置機能番号 D-1**

***mi* キー情報のリスト E-1**

図のリスト

図 2-1 典型的なリレーハードウェアの構造部分の図 2-3
図 2-2 HMI de cuatro líneas の表示と Pantalla mímica の例 2-8
図 2-3 機能キーボタンの例 2-9
図 2-4 LED の例および欠陥表示 2-11
図 2-5 多機能の発電機リレー要素 2-14
図 3-1 典型的なマイクロプロセサーリレーの構成 3-4
図 3-2 様々な々マイクロプロセサーリレーケースのサイズの例 3-5
図 3-3 表面取付けのマイクロプロセサーリレーの形状の例 3-5
図 3-4 別置きした操作盤が付いているマイクロプロセサーリレー 3-6
図 3-5 典型的なマイクロプロセサーリレープリント回路・カード 3-7
図 4-1 基本的な構成 - 同期または同期チェックリレー 4-5
図 4-2 不足電圧の論理 (27) 4-8
図 4-3 方向電力のリレーオペレーティング特性 4-11
図 4-4 不足電流の保護論理 4-12
図 4-5 典型的な機械機能の図表 4-13
図 4-6 Mho 独特のフィールドの損失 4-14
図 4-7 逆相電流 - 時間のカーブ 4-16
図 4-8 誘導電動機の典型的な始動特性 4-19
図 4-9 サーマル保護論理 (49) ..... 4 -21
図 4-10 典型的な確定時間および逆時間・遅れ特性曲線 4-24
図 4-11 中性接地の変圧器を持つユニットに接続した発電機 4-27
図 4-12 接地のないコンデンサーのバンクで飛んだヒューズの過電圧の状態 4-29
図 4-13 20 Hz 電圧注入を使用した 100% 固定子地絡保護の典型的回路設計 4-33
図 4-14 電圧注入を使用した回転子の地絡保護の典型的な回路設計 4-34
図 4-15 四辺形状の脱調特性 4-37
図 4-16 周波数負荷制限 4-39
図 4-17 差動保護の動作 4-41
図 4-18 標準的な位相シフト 4-42
図 4-19 デジタル差動リレー内部位相シフト訂正機能を持つ標準 Connecticut 接続 4-43

Tabla de contenido traducida

図 4-20 通過 Connecticut の 飽和 検 出 付 加 的 制 限 の 特性 4-44
図 5-1 保護 の 重複 ゾ ー ン 5-6
図 5-2 回路 ブ レ ー カ ま わ り の 重複 の 保護 5-7
図 5-3 変 流 器 回路 の 細部 5-11
図 5-4 IEEE の 逆 時間 特性 曲線 5-17
図 11-1 典型 的 な 同期 リ レ ー の 外部 モ ニ タ リ ン グ 11-3
図 12-1 サ ン プ ル イ ベ ン ト ロ グ 12-1
図 12-2 サ ン プ ル ト リ ッ プ ロ グ 12-2
図 12-3 自 発 的 警報 12-3
図 12-4 一般 的 装置 質問 12-4
図 12-5 故障 レ コ ー ド 12-5
図 13-1 ト リ ッ プ 回路 の モ ニ タ リ ン グ の た め の 二 重 二 進入 力 法 13-2
図 13-2 ト リ ッ プ 回路 の モ ニ タ リ ン グ の た め の 論理 の 例 - 二 重 二 進入 力 法 13-3
図 13-3 ト リ ッ プ 回路 の モ ニ タ リ ン グ の た め の 単 一 二 進入 力 法 13-3

表のリスト

表 5-1 ANSI / IEEE C37.90-1989 表 3– DC 制御電力のための大設計電圧 5-13

表 6-1 リレーコンディショニングツール 6-10

表 13-1 トリップ回路のモニタリングのための二重二進入力の表 13-2

Tabla de contenido traducida

DIVULGAR EL RESUMEN

Objetivos

- Para ofrecer un entendimiento claro de esquemas de relés y consideraciones en las aplicaciones y mantenimiento de relés protectivo numéricos
- Para ofrecer mantenimiento en planta, ingeniería y operaciones de personal con conocimiento y guía en como crear pruebas adecuadas, calibración, y pruebas de poste-instalación y poste- mantenimiento

CONTENIDO

1 **INTRODUCCIÓN 1-1**

1.1 Antecedentes 1-1

1.2 Propósito Relé 1-2

1.3 Resumen del Documento 1-2

1.4 Puntos Dominantes 1-4

2 **DESCRIPCION DE RELÉ NUMERICO 2-1**

2.1 Propósito de Relé Protector 2-1

2.1.1 Mejoras de Protección de Relé Digital 2-1

2.2 Reseña General de Relés Digitales 2-2

2.2.1 Construcción de Relé Numérico 2-3

2.2.1.1 Suministro de Energía 2-4

2.2.1.2 Midiendo Entrada (MI) 2-4

2.2.1.3 Amplificador de Entrada (IA) 2-4

2.2.1.4 Análogo –para- Digital (AD) 2-4

2.2.1.5 Microcomputadora (µ C) 2-5

2.2.1.6 Productos en Exhibición 2-5

2.2.1.7 Comunicaciones 2-5

2.2.1.8 Entrada / Salida (E / S) 2-5

2.2.1.9 Caso Encerrado 2-6

2.2.3 Operación de Circuito de Protección de Sistema de Energía 2-12

2.3 Clasificaciones de Relé 2- 12

2.4 Terminología de Relé 2-15

2.5 Números de Funciones del Dispositivo 2-17

2.5.1 Descripción General 2-17

2.5.2 Prefijo / Sufijos 2-18

Tabla de contenido traducida

3 CONSTRUCCION DE RELÉ NUMERICO Y PRINCIPIOS DE OPERACIÓN 3-1

3.1 Subconjuntos Eléctricos 3-1

3.1.1 Suministro de Energía 3-1

3.1.2 Placa Madre 3-1

3.1.3 Módulos de Entrada / Salida 3-2

3.1.4 Módulos de Comunicación 3-2

3.2 Construcción de Relé Numérico 3-4

3.2.1 Caso 3-4

3.2.2 Chasis 3-6

3.2.3 Tarjetas de Circuitos Imprimadas 3-7

3.2.4 Tapa 3-8

3.2.5 LED Blancos / Indicación 3-8

3.2.6 Exhibición de Frente 3-8

3.3 Requerimientos de Diseño 3-9

3.3.1 Condiciones de Servicio 3-10

3.3.2 Calificaciones 3-11

3.3.2.1 Voltaje / Corriente 3-11

3.3.2.2 Carga / Sobrecarga 3-11

3.3.3 Prueba de Diseño 3-12

3.3.3.1 Pruebas Dieléctricas 3-12

3.3.3.2 Capacidad de Soportar Ondas 3-12

3.3.3.3 Interferencia Electromagnética Radiada 3-13

3.3.3.4 Calificaciones para Aplicaciones de Clase 1E 3-13

3.3.3.5 Prueba Sísmica 3-13

4 TIPOS DE PROTECCIÓN DE RELÉ - APLICACIÓN Y OPERACIÓN 4-1

4.1 Protección a Distancia (21) 4-1

4.1.1 Aplicaciones 4-1

4.1.2 Principios de Operación 4-2

4.1.2.1 Ajuste de Zona 1 ..... 4- 2

4.1.2.2 Uso de Zona Sobreálcense 4-2

4.1.2.3 Ajuste de Zona 2 (o Zona 3 si Zona 2 es en la Zona de Sobreálcense) 4-2

4.2 Sincronizando (25) 4-2

4.2.1 Aplicaciones 4-2

4.2.2 Principios de Operación 4-3
4.3 Protección de Baja Tensión (27) 4-5
4.3.1 Aplicaciones 4-5
4.3.1.1 Motor y Protección de Baja Tensión de Voltaje de Barra 4-5
4.3.1.2 Esquema de Fuente de Transferencia 4-6
4.3.1.3 Funciones Permisivas 4-6
4.3.2 Principios de Operación 4-7
4.4 Protección e Energía Direccional (32F, 32R) 4-9
4.4.1 Aplicaciones 4-9
4.4.1.1 Control de Flujo de Fuente de Energía 4-9
4.4.1.2 Generador de Anti-Vigilancia 4-10
4.4.1.3 Flujo de Energía Reverso 4-10
4.4.2 Principios de Operación 4-10
4.5 Protección de Bajo Corriente (37) 4-11
4.5.1 Aplicaciones 4-11
4.5.2 Principios de Operación 4-12
4.6 Perdida de Excitación (40) 4-12
4.6.1 Aplicaciones 4-12
4.6.2 Principios de Operación 4-13
4.7 Protección de Fase de Corriente de Desequilibrio (46) 4-14
4.7.1 Aplicaciones 4-14
4.7.1.1 Protección del Motor 4-15
4.7.1.2 Protección del Generador 4-15
4.7.1.3 Protección del Alimentador 4-16
4.7.2 Principios de Operación 4-17
4.7.2.1 Protección de Corriente de Desequilibrio 4-17
4.7.2.2 Protección de Corriente de Secuencia Negativa ..... 4 -17
4.8 Protección de Voltaje de Secuencia de Fase (47) 4-17
4.8.1 Aplicación 4-17
4.8.2 Principios de Operación 4-17
4.9 Protección de Arranque de Motor 4-18
4.9.1 Aplicación 4-18
4.9.2 Principios de Operación 4-19
4.10 Relés Térmicos (49) 4- 19

Tabla de contenido traducida

4.10.1 Aplicaciones 4-19

4.10.1.1 Protección del Motor 4-20

4.10.1.2 Protección del Transformador 4-20

4.10.1.3 Protección del Generador 4-20

4.10.2 Principios de Operación 4-21

4.10.2.1 Protección de Sobrecarga Usando una Replica Térmica 4-21

4.10.2.2 Calculación de Punto Caliente y Determinación de Taza de Envejecimiento 4-23

4.11 Instantáneo y Protección de Sobrecorriente de Tiempo (50/51) 4-23

4.11.1 Aplicaciones 4-23

4.11.1.1 Protección del Generador (51V) .... 4-24 Protección del Motor

4.11.1.2 .... 4-25 Protección del Transformador

4.11.1.3 .... 4-25 Protección de la Barra .....

4.11.1.4 .... 4-25 Protección del Alimentador .....

4.11.1.5 ..... 4-26 Protección de la Reserva .. ..

4.11.1.6 4-26

4.11.2 Principios de Operación 4-26

4.12 Protección de Sobretensión (59) 4-27

4.12.1 Aplicaciones 4-27

4.12.1.1 Protección de Barra 4-27

4.12.1.2 Protección del Generador de Falla-Tierra 4-27

4.12.1.3 Protección de Desequilibrio del Banco de Condensador 4-28

4.12.2 Principios de Operación 4-29

4.13 Protección de Balance de Voltaje (60FL) 4-30

4.13.1 Aplicación 4-30

4.14 Relé de Presión de Falla / Repentino (63) 4-30

4.14.1 Aplicaciones 4-30

4.14.2 Principios de Operación 4-31

4.15 Protección de Estátor / Rotor 4-31

4.15.1 Aplicaciones 4-31

4.15.2 Protección de Tierra de Estátor (100%) Con Tercera Armónicas (27/59) 4-32

4.15.3 Protección de Tierra de Estátor (100%) Con Sobre Armónicas (20 Hercio) Inyección de Voltaje (64G) 4-33

4.15.4 Protección de Falla de Tierra del Rotor (64R) - Inyección de Voltaje de Corriente Alterna 4-33

4.16 Protección de Sobrecorriente Direccional (67 / 67N) 4-35

4.16.1 Aplicaciones 4-35

4.16.1.1 Protección de Línea / Alimentador 4-35

4.16.1.2 Protección del Generador 4-35

4.16.2 Principios de Operación 4-35

4.17 Funciones Fuera de las Medidas (78) 4-36

4.17.1 Aplicaciones 4-36

4.17.2 Principios de Operación 4-36

4.18 Protección de Frecuencia 4-37

4.18.1 Aplicaciones 4-37

4.18.1.1 Baja frecuencia 4-38

4.18.1.2 Sobre frecuencia 4-38

4.18.1.3 Derramamiento de Carga de Frecuencia 4-38

4.18.2 Principios de Operación 4-39

4.19 Relés de Cierre (86) 4-40

4.19.1 Aplicaciones 4-40

4.19.2 Principios de Operación 4-40

4.20 Relés Diferenciales (87) 4-40

4.20.1 Aplicaciones 4-40

4.20.1.1 Protección del Transformador 4-40

4.20.1.2 Protección de Unidad y Generador 4-45

4.20.1.3 Protección del Motor 4-45

4.20.1.4 Protección de la Barra 4-45

4.20.2 Principios de Operación 4-45

4.21 Protección diferencial de Corriente (87L) 4-47

4.21.1 Aplicaciones 4-47

4.21.2 Principios de Operación 4-49

4.21.3 Relés de Cable Piloto (87L) 4-49

5 DISEÑOS DE PROTECCIÓN DE SISTEMAS 5-1

5.1 Filosofía de Diseños de Protección de Sistemas 5-1

5.1.1 Objetivos de Funcionamiento 5-1

5.1.2 Características Ideales de Relé 5-2

5.1.2.1 Confiabilidad 5-3

5.1.2.2 Selectividad 5-4

Tabla de contenido traducida

5.1.2.3 Simplicidad 5-4

5.1.2.4 Redundancia 5-5

5.2 Acercamiento a Diseños de Protección de Sistemas 5-5

5.2.1 Zonas de Protección 5-5

5.2.2 Primario y Protección de Reserva 5-7

5.2.3 Consideraciones del Diseño de la Protección de la Central Eléctrica 5-8

5.2.3.1 Normas de Relé de la Estación de Energía 5-8

5.2.3.2 Protección Nuclear Clase 1E 5-9

5.3 Interferencias de Sistemas 5-10

5.3.1 Transformadores de Instrumentos 5-10

5.3.1.2 Transformadores de Voltaje 5-12

5.3.2 Circuito de Disparo de Corriente Directa 5-13

5.3.3 Equipo de Comunicación 5-14

5.3.3.1 Portador de Línea de Energía 5-15

5.3.3.2 SCADA 5-15

5.3.3.3 IRIG B 5-15

5.4 Disparo Selectivo 5-16

5.4.1 Características de Tiempo Inverso 5-16

5.4.2 Estudio de Cortocircuito 5-18

5.4.3 Coordinación de Dispositivo Protectivo 5-18

***6* PRACTICAS DE MANTENIMIENTO DE RELÉ NUMÉRICO 6-1**

6.1 Información de Antecedentes 6-1

6.2 Clasificación de Mantenimiento 6-2

6.2.1 Pruebas de Aceptación 6-2

6.2.2 Verificaciones de Instalación 6-2

6.2.3 Mantenimiento Preventivo (o Periódico) 6-3

6.2.4 Pruebas de Reparación 6-3

6.3 Resumen de Pruebas de Relé Protectivos, Inspecciones y Pruebas 6-3

6.3.1 Inspección Visual y Limpieza 6-4

6.3.2 Verificaciones Mecánicas 6-4

6.3.3 Pruebas Eléctricas 6-4

6.3.4 Pruebas de SCAD 6-5

6.3.5 Verificaciones Funcionales 6-5

6.3.6 Diario de Operación de Datos de Relé 6-6

6.3.7 Lecturas de Medidas En Servicio 6-7

6.4 Determinado Intervalos de Mantenimiento 6-8

6.5 Resumen de Prácticas de Mantenimiento 6-9

6.5.1 Inspección Inicial ..... 6 -9

6.5.2 Verificaciones Mecánicas 6-9

6.5.3 Pruebas Eléctricas 6-9

6.5.4 Verificaciones Funcionales 6-10

6.5.5 Poste-Reparación 6-11

7 ELIMINACIÓN DE RELÉS NUMÉRICOS DEL SERVICIO 7-1

7.1 Preparación 7-1

7.2 Removiendo Del Servicio 7-2

7.2.1 Propósito 7-2

7.2.2 Procedimiento 7-2

7.3 Consideraciones de Programaciones de Relé Numéricos ..... 7 -2

7.3.1 Grupos de Ajustes Alternados 7-3

7.3.2 Fichero de Prueba de Ajustes Alternos 7-3

7.3.3 Deshabilitando Elementos para Pruebas 7-4

8 PRUEBAS ELECTRICAS 8-1

8.1 Preparación de Prueba 8-1

8.1.1 Equipos de Prueba 8-1

8.1.2 Consideraciones de Pruebas Generales 8-2

8.2 Prueba de Resistencia de Aislamiento 8-2

8.2.1 Propósito 8-2

8.2.2.1 Circuito de Corriente 8-3

8.2.2.2 Voltaje / Suministro de Energía / Entradas Binarias 8-3

8.2.2.3 Contactos de Salida 8-3

8.3 Captación, Salida y Pruebas de Sincronización 8-4

8.3.1 Propósito 8-4

8.3.2 Método de Prueba de Captación 8-4

8.3.3 Método de Prueba de Salida 8-4

8.3.4 Pruebas de Sincronización 8-5

8.4 Prueba de Elementos de Independencia del Microprocesador 8-5

8.4.1 Propósito 8-5

Tabla de contenido traducida

8.4.2 Precauciones de Pruebas Generales 8-6

8.4.2.1 Circular, Lenticular y Elementos de Independencia de Tomate 8-6

8.4.2.2 Desajuste Circular / Elementos de Independencia de Tomate 8-7

8.4.2.3 Elementos de Independencia Cuadriláteros 8-7

8.5 Pruebas de Protección Diferenciales 8-7

8.5.1 Propósito 8-7

8.5.2 Pruebas de Captación Mínima 8-7

8.5.3 Pendiente / Prueba de Falla- Pasante 8-7

8.5.4 Segunda / Prueba de Restricción de la Nº Harmónica 8-8

8.5.5 Pruebas Instantáneas 8-8

***9* GUÍAS DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO DE RELÉ NUMÉRICOS Y CONSIDERACIONES 9-1**

9.1 Filosofía de Mantenimiento para Relés Numéricos 9-1

9.2 Objetivos del Programa de Mantenimiento 9-2

9.3 Recomendaciones Generales 9-3

9.4 Mantenimiento de Bases de Diseño 9-3

9.5 Consideraciones prácticas 9-4

9.6 Entrenamiento del Personal 9-4

9.7 Análisis de Tendencias de Funcionamiento 9-5

9.8 Confiabilidad-Mantenimiento Centrado (RCM) 9-6

***10* MODOS DE FALLA DE RELÉ PROTECTIVO 10-1**

10.1 Mecanismos de Falla 10-1

10.1.1 Tensiones Eléctricas 10-1

10.1.2 Tensiones Mecánicas 10-1

10.1.3 Tensiones Térmicas 10-2

10.1.4 Tensiones Ambientales 10-3

10,2 Modos de Falla 10-4

10.2.1 Fallas de Componentes 10-4

10.2.1.1 Suministro de Energía 10-4

10.2.1.2 Contactos de Salida 10-4

10.2.2 Fallas Operacionales 10-4

***11* RELÉ DIGITAL DE DIAGNOSTICO PROPIO 11-1**

11,1 Diagnostico Interno 11-2

11.1.1 Auxiliar y Voltajes de Referencias 11-2

11.1.2 Batería de Almacenador Intermedio 11-2

11.1.3 Componentes de Memoria 11-2

11.1.4 Muestreo 11-2

11.1.5 Monitorización del Software 11-2

11,2 Diagnostico de Fuente Externa 11-3

11,3 Indicaciones de Falla / Contactos 11-4

***12* OPERACIONAL E INFORMACIÓN DE DATOS DE FALTA 12-1**

12,1 Anunciaciones 12-1

12.1.1 Diario de Operación de Eventos 12-1

12.1.2 Diario de Operación de Disparos 12-2

12.1.3 Anunciaciones Espontáneas 12-2

12.1.4 Interrogación de Dispositivo General 12-3

12.1.5 Registro de Falta 12-4

***13* VIGILANCIA DE ESQUEMA DE CONTROL 13-1**

13.1 Vigilancia de Circuito de Disparo (TCM) 13-1

13.1.1 Método de Entrada Binario Doble de la Vigilancia de Circuito de Disparo 13-1

13.1.2 Método de Entrada Binario Simple de la Vigilancia de Circuito de Disparo 13-3

13,2 Vigilancia de Circuito Cerrado (CCM) 13-4

13,3 Vigilancia de Falla de Fusible 13-4

13.3.1 Vigilancia de Falla de Fusible - Tres-Falla de Fase ..... 13 -5

13.3.2 Vigilancia de Falla de Fusible - Simple-Fase y Fase –Falla de Fase 13-5

***UNA* REFERENCIAS A-1**

A.1 Normas de Industrias A-1

A.2 Documentos de NRC A-2

A.3 Referencias de EPRI A-4

A.4 Papeles de IEEE A-4

A.5 Referencias de Fabricantes A-4

A.6 Referencias Misceláneas A-8

Tabla de contenido traducida

A.7 Fabricantes Principales A-9

segundo **GLOSARIO B-1**

C **RESUMEN DE NORMAS DE LA INDUSTRIA C-1**

C.1 Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) C-1

C.2 Asociación Nacional de Protección de Incendio (NFPA) C-4

C.3 Asociación Nacional de Pruebas Eléctricas (NETA) números de funciones de dispositivos de sistemas de potencia eléctrica C-4

re **NÚMEROS DE FUNCIONES DE DISPOSITIVOS DE SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA D-1**

mi **LISTADO DE INFORMACIÓN DOMINANTE S-1**

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 Dibujo de Subdivisión de Estructura de Componentes del Relé Típico 2-3

Figura 2-2 Ejemplos de Presentación de HMI de Cuatro en Línea HMI y Presentación Mímica 2-8

Figura 2-3 Ejemplos de Funciones de Botones Claves .... 2-9 Figura 2-4 Ejemplos de LED y Presentación de Falta .... 2-11 Figura 2- 5 Elementos de Relé de Generador Multiuso .... 2-14 Figura 3-1 Construcción de un Relé de Microprocesador Típico .... 3-4 Figura 3-2 Ejemplos de Varios Tamaños de Camisas de Relé de Microprocesador 3-5

Figura 3-3 Ejemplos de Configuración de Relé de Microprocesador Montado en la Superficie 3-5

Figura 3-4 Relé Microprocesador Con Panel de Operador Separado ..... 3-6 Figura 3-5 Relé de Microprocesador Típico- Tarjeta de Circuito Impreso ..... 3 -7 Figura 4-1 Estructura Básica - Sincronizando o Sincronizando Prueba de Relé ..... 4-5 Figura 4-2 Lógica de Baja Tensión (27) .... 4-8 Figura 4-3 Características de Operación de Relé de Potencia Direccional ..... 4-11 Figura 4-4 Lógica de Protección de Baja Corriente .... 4-12 Figura 4-5 Diagrama de Capacidad de una Típica Maquina .... 4-13 Figura 4-6 Características de Mho - Perdida de Campo .... 4-14 Figura 4-7 Fase Negativa - Curva de Tiempo de Corriente es Secuencia .... 4-16 Figura 4-8 Característica de Arranque Típico de un Motor de Inducción .... 4-19 Figura 4-9 Lógica de Protección Térmica (49) 4-21

Figura 4-10 Definición Típica-Tiempo e Inverso-Curvas de características de Retraso de Tiempo 4-24

Figura 4-11 Generador Conectado a la Unidad Con Puesta a Tierra Neutral (Earthing) Transformador 4-27

Figura 4-12 Condición de sobretensión de Bancos de Fusibles Explotados en el Condensador Bajo Tierra 4- 29

Figura 4-13 Diseño de Circuito Típico de Protección de Falla de Tierra de Estator a 100% Usando Inyección de Voltaje a 20 Hz 4-33

Figura 4-14 Diseño de Circuito Típico de Protección de Falla de Tierra del Rotor Usando Inyección de Voltaje a 20 Hz 4- 34

Figura 4-15 Características Fueras De Paso Cuadrilateral .... 4-37 Figura 4-16 Derramamiento de Carga de Frecuencia 4-39

Tabla de contenido traducida

Figura 4-17 Operación de Protección Diferenciales .... 4-41 Figura 4-18 Corrección de Cambio de Fase Clásica 4-42

Figura 4-19 Conexión CT Estándar Con Corrección de cambio de Fase Interno de Relé Diferencial Numérico 4-43

Figura 4-20 Falla-A través CT Detección Saturada - Añadiendo Característica de Restricción 4-44

Figura 5-1 Zonas que Recubren de Protección .... 5-6 Figura 5-2 Protección que Recubre Alrededor de un Disyuntor .... 5-7 Figura 5- 3 Detalle de Circuito de Transformador de Corriente .... 5-11 Figura 5-4 IEEE Curvas de Caracterizas de Tiempo Inverso .... 5-17 Figura 11-1 Vigilancia Externa del Relé Sincronizado Típico .... 11-3 Figura 12-1 Ejemplo de Diario de Evento .... 12-1 Figura 12-2 Ejemplo de Diario de Disparo ....12-2 Figura 12-3 Anunciaciones Espontáneas .... 12-3 Figura 12-4 Interrogaciones de Dispositivos Generales. .... 12-4 Figura 12-5 Registros de Faltas .... 12-5 Figura 13-1 Método de Entrada Binario Doble de Vigilancia de Circuito de Disparo ..... 13-212-5 Figura 13-1 Método de Entrada Binario Doble de Vigilancia de Circuito de Disparo ..... 13-212-5 Figura 13-1 Método de Entrada Binario Doble de Vigilancia de Circuito de Disparo 13-2

Figura 13-2 Lógica de Ejemplo- Método de Entrada Binario Doble de Vigilancia de Circuito de Disparo 13-3

Figura 13-3 Método de Entrada Binario Simple de Vigilancia de Circuito de Disparo 13-3

LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1 ANSI / IEEE C37.90-1989 Tabla 3 - Máximo Diseño de Voltaje para Control de Potencia de Corriente Directa 5-13

Tabla 6-1 Herramienta de Comisión de Relé 6-10

Tabla 13-1 Tabla para Método de Entrada Binario Doble de Vigilancia de Circuito de Disparo 13-2

Restricciones de control de exportaciones

El acceso y uso de la Propiedad Intelectual de EPRI se otorga con el entendimiento y requisito específicos de que la responsabilidad de asegurar el cumplimiento total de todas

Usted y su empresa están adoptando las leyes y regulaciones de exportación de EE. UU. Y el extranjero. Esto incluye la obligación de garantizar que cualquier persona que reciba acceso en virtud del presente y que no sea ciudadano de los EE. UU. O residente permanente de EE. UU. Tenga permitido el acceso según las leyes y regulaciones de exportación aplicables de EE. UU. Y el extranjero. En caso de que no esté seguro de si usted o su empresa pueden obtener acceso legalmente a esta Propiedad intelectual de EPRI, reconoce que es su obligación consultar con el asesor legal de su empresa para determinar si este acceso es legal. Aunque EPRI puede poner a disposición caso por caso una evaluación informal de la clasificación de exportación de EE. UU. Aplicable para la propiedad intelectual de EPRI específica, usted y su empresa reconocen que esta evaluación es únicamente para fines informativos y no para fines de confianza.

Clasificación de exportación de EE. UU. Y garantizar el cumplimiento en consecuencia. Usted y su empresa comprenden y reconocen sus obligaciones de presentar un informe inmediato a EPRI y a las autoridades correspondientes con respecto a cualquier acceso o uso de la propiedad intelectual de EPRI en virtud del presente que pueda infringir las leyes o regulaciones de exportación de EE.

Sobre EPRI

EPRI crea soluciones de ciencia y tecnología para la industria global de energía y servicios energéticos.

Las empresas eléctricas de EE. UU. Establecieron el Instituto de Investigación de Energía Eléctrica en 1973 como un consorcio de investigación sin fines de lucro en beneficio de los miembros de las empresas de servicios públicos, sus clientes y la sociedad. Ahora conocida simplemente como EPRI, la empresa ofrece una amplia gama de productos y servicios innovadores a más de 1000 organizaciones relacionadas con la energía en 40 países. El equipo multidisciplinario de científicos e ingenieros de EPRI se basa en una red mundial de experiencia técnica y comercial para ayudar a resolver los problemas energéticos y ambientales más difíciles de la actualidad.

EPRI. Electrifica el mundo

ACUERDO DE LICENCIA DE USUARIO ÚNICO

ESTE ES UN ACUERDO LEGALMENTE VINCULANTE ENTRE USTED Y EL ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, INC. (EPRI). LÉALO DETENIDAMENTE ANTES DE QUITAR EL MATERIAL DE EMBALAJE.

AL ABRIR ESTE PAQUETE SELLADO, USTED ACEPTA LOS TÉRMINOS DE ESTE ACUERDO. SI NO ACEPTA LOS TÉRMINOS DE ESTE ACUERDO, DEVUELVA INMEDIATAMENTE EL PAQUETE SIN ABRIR A EPRI Y SE LE REEMBOLSARÁ EL PRECIO DE COMPRA.

1. OTORGAMIENTO DE LICENCIA

EPRI le otorga el derecho no exclusivo e intransferible durante la vigencia de este acuerdo de usar este paquete solo para su propio beneficio y el beneficio de su organización. Esto significa que los siguientes pueden usar este paquete: (I) su empresa (en cualquier sitio de propiedad u operado por su empresa); (II) sus subsidiarias u otras entidades relacionadas; y (III) un consultor de su empresa o entidades relacionadas, si el consultor ha celebrado un contrato en el que acuerda no divulgar el paquete fuera de su organización o utilizar el paquete para su propio beneficio o el beneficio de cualquier parte que no sea su empresa .

Este contrato de licencia de envoltura retráctil está subordinado a los términos del contrato maestro de licencia de servicios públicos entre la mayoría de los servicios públicos miembros del EPRI de EE. UU. Y el EPRI. Cualquier empresa de servicios públicos miembro de EPRI que no tenga un Acuerdo de licencia de servicios básicos puede obtener uno si lo solicita.

2. DERECHOS DE AUTOR

Este paquete, incluida la información contenida en él, tiene licencia de EPRI o es propiedad de EPRI y está protegido por las leyes de derechos de autor de los Estados Unidos e internacionales. No puede, sin el permiso previo por escrito de EPRI, reproducir, traducir o modificar este paquete. en cualquier forma, en su totalidad o en parte, o preparar cualquier trabajo derivado basado en este paquete.

3. RESTRICCIONES

No puede alquilar, arrendar, licenciar, divulgar o dar este paquete a ninguna persona u organización, o utilizar la información contenida en este paquete, para el beneficio de un tercero o para cualquier otro propósito que no sea el especificado anteriormente a menos que dicho uso sea con el permiso previo por escrito de EPRI. Usted acepta tomar todas las medidas razonables para evitar la divulgación o el uso no autorizados de este paquete. Excepto por lo especificado anteriormente, este acuerdo no le otorga ningún derecho a patentes, derechos de autor, secretos comerciales, nombres comerciales, marcas comerciales o cualquier otra propiedad intelectual, derechos o licencias con respecto a este paquete.

4.TÉRMINO Y TERMINACIÓN

Esta licencia y este acuerdo son efectivos hasta que se rescindan. Puede rescindirlos en cualquier momento destruyendo este paquete. EPRI tiene el derecho de rescindir la licencia y este acuerdo de inmediato si no cumple con cualquier término o condición de este acuerdo. En caso de rescisión, puede destruir este paquete, pero todas las obligaciones de no divulgación permanecerán vigentes.

5. RENUNCIA DE GARANTÍAS Y LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDADES

NI EPRI, NINGÚN MIEMBRO DE EPRI, NINGÚN COSPONSOR, NINGUNA PERSONA U ORGANIZACIÓN DE NORUEGA QUE ACTÚE EN NOMBRE DE CUALQUIERA DE ELLOS:

(A) OTORGA CUALQUIER GARANTÍA O REPRESENTACIÓN, EXPRESA O IMPLÍCITA, (I) CON RESPECTO AL USO DE CUALQUIER INFORMACIÓN, APARATO, MÉTODO, PROCESO O ARTÍCULO SIMILAR DIVULGADO EN ESTE PAQUETE, INCLUYENDO COMERCIABILIDAD Y ADECUACIÓN PARA UN PROPÓSITO PARTICULAR, O (II) QUE DICHO USO NO INFRINGA O INTERFERE CON LOS DERECHOS PRIVADOS INCLUIDOS PROPIEDAD INTELECTUAL, O (III) QUE ESTE PAQUETE ES ADECUADO PARA CUALQUIER CIRCUNSTANCIA DE USUARIO EN PARTICULAR; O

(B) ASUME LA RESPONSABILIDAD POR CUALQUIER DAÑO U OTRA RESPONSABILIDAD DE TODO LO QUE SEA (INCLUYENDO CUALQUIER DAÑO CONSECUENTE, INCLUSO SI EPRI O CUALQUIER REPRESENTANTE DE EPRI HA SIDO ADVERTIDO DE LA POSIBILIDAD DE DICHOS DAÑOS QUE RESULTEN DE SU SELECCIÓN O USO DE ESTE PAQUETE O CUALQUIER INFORMACIÓN, APARATO, MÉTODO, PROCESO O ARTÍCULO SIMILAR DIVULGADO EN ESTE PAQUETE.

6. EXPORTACIÓN

Las leyes y reglamentaciones de los Estados Unidos restringen la exportación y reexportación de cualquier parte de este paquete, y usted acepta no exportar ni reexportar este paquete o cualquier dato técnico relacionado en cualquier forma sin los Estados Unidos y aprobaciones de gobiernos extranjeros.

7. ELECCIÓN DE LEY

Este acuerdo se regirá por las leyes del estado de California que se apliquen a las transacciones que se realicen en su totalidad en California entre residentes de California.

8. INTEGRACIÓN

Usted ha leído y comprende este acuerdo y reconoce que es el acuerdo final, completo y exclusivo entre usted y EPRI con respecto a su objeto, que reemplaza cualquier acuerdo o acuerdo anterior relacionado. Ninguna renuncia, variación o términos diferentes de este acuerdo será ejecutable contra EPRI a menos que EPRI dé su consentimiento previo por escrito, firmado por un funcionario de EPRI.

Programa: 1009704

La energía nuclear

© 2004 Electric Power Research Institute (EPRI), Inc. Todos los derechos reservados. Electric Power Research Institute y EPRI son marcas de servicio registradas de Electric Power Research Institute, Inc. EPRI. ELECTRIFYTHEWORLD es una marca de servicio del Electric Power Research Institute, Inc.

Impreso en papel reciclado en los Estados Unidos de América.

EPRI • 3412 HillviewAvenue, Palo Alto, California 94304 • PO Box 10412, Palo Alto, California 94303 • EE. UU.

1 8 0 0 4 0 3 . 3 3 1 1 3 8 . 3 4 774 • 650.855.2121 • askepri@epri.com • www.epri.com