

Protección por sobreintensidad de un transformador de potencia trifásico

OBJETIVO DEL EJERCICIO

Cuando complete este ejercicio, usted estará familiarizado con La protección por sobreintensidad de transformadores de potencia trifásicos.

PRESENTACIÓN

Los transformadores de potencia trifásicos pequeños (menores de ~100 kVA) usualmente se protegen sólo con fusibles debido a consideraciones económicas. Los fusibles se conectan en serie con los devanados primarios y proveen una desconexión automática del transformador cuando ocurre una falla o cuando hay una condición de sobrecarga sostenida. Las características de los fusibles deben seleccionarse cuidadosamente. Estas deben ser lo suficientemente altas para evitar que los fusibles se "exploten" cuando ocurra una sobrecarga momentánea de corriente (por ejemplo al arrancar un motor eléctrico) o en la energización del transformador (la intensidad del impulso de magnetización del transformador). Por otra parte, éste no debe ser demasiado alto para proveer una protección por sobreintensidad efectiva.

La principal desventaja de usar fusibles para proteger los transformadores de potencia trifásicos es el largo tiempo de operación bajo condiciones de baja sobreintensidad (tres veces menor que la corriente característica de los fusibles). Esto es válido para fusibles que tienen corrientes de altas características. Este demora la desconexión del transformador y en algunos casos proporciona una protección muy pobre y desconecta el transformador de falla para proteger el sistema, después de que la falla ha alcanzado una etapa avanzada.

El esquema de protección para transformadores de potencia trifásicos grandes (mayores de ~100 kVA) usualmente incluye una protección diferencial y/o una protección limitada por falla a tierra (LFT). En este caso, la desconexión del transformador se alcanza a través de los interruptores del circuito y de un relé de intensidad que se puede incluir en el esquema, para protección por sobreintensidad. Esta protección adicional sirve como una protección de respaldo general en el caso de una falla en el sistema, o en los sistemas, de protección principal. La protección por sobreintensidad se aplica en los devanados primarios y controla la desconexión del transformador de potencia.

La figura 2-20 muestra la protección por sobreintensidad del transformador de potencia trifásico que se implementa con relés de sobreintensidad. En este sistema de protección por sobreintensidad, las corrientes primarias del transformador de potencia se miden a través de tres transformadores de intensidad y los devanados del secundario de estos transformadores se conectan a los relés de sobreintensidad. Cuando cualquiera de los relé de intensidad se dispara, se inicia la desconexión del transformador. Esto elimina las demoras excesivas en la

Protección por sobreintensidad de un transformador de potencia trifásico

desconexión del transformador que pueden ocurrir cuando el transformador se protege por fusibles que operan bajo condiciones de baja sobreintensidad

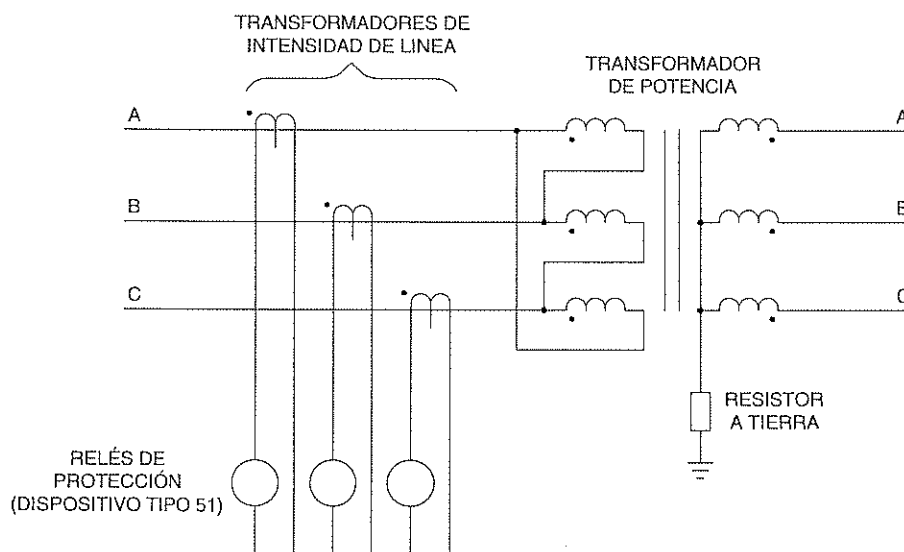


Figura 2-20. Diagrama simplificado de un sistema de protección por sobreintensidad que protege un transformador de potencia trifásico.

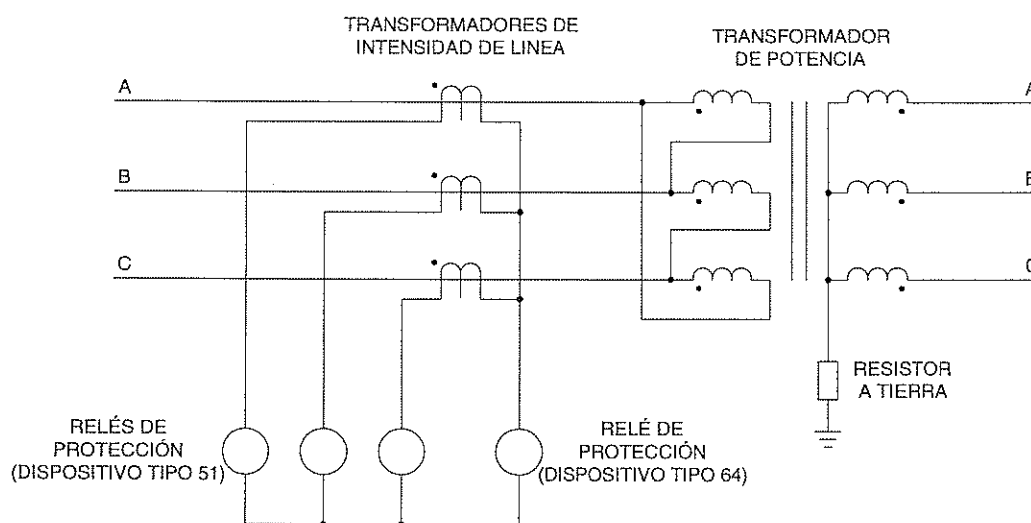


Figura 2-21. Diagrama simplificado de un sistema de protección por falla a tierra que protege un transformador de potencia trifásico.

Note que el conjunto de transformadores de intensidad que se usa para implementar la protección por sobreintensidad se puede usar también para implementar la protección por falla a tierra de los devanados primarios del transformador de

Protección por sobreintensidad de un transformador de potencia trifásico

potencia. La figura 2-21 muestra una conexión típica de los transformadores de intensidad a los relés de protección. Como se puede ver, los devanados del secundario de los transformadores de intensidad se conectan en paralelo con el relé de falla a tierra (dispositivo tipo 64) a través de los relés de sobreintensidad - (dispositivo tipo 51). Note que el tipo de relé de falla a tierra debe tener impedancia pequeña. Este arreglo permite la medición de cada una de las corrientes de línea que miden los relés de sobreintensidad sin perturbar la medición del vector suma de las corrientes de línea que mide el relé de falla a tierra.

Para obtener información adicional acerca de la protección por sobreintensidad, refiérase a la sección 16.5, titulada "*La protección por sobreintensidad*", en la tercera edición de Protective Relays Application Guide publicada por GEC Alsthom Measurements Limited.

Resumen del procedimiento

En la primera parte del ejercicio, usted montará el equipamiento en el Puesto de trabajo EMS y en el Puesto de control de relés de protección.

En la segunda parte de este ejercicio, usted conectará el equipo como lo muestran las figuras 2-22 y 2-23. En este circuito, un transformador de potencia trifásico se protege con un sistema de protección por sobreintensidad que incluye protección por falla a tierra de los devanados primarios del transformador. Este sistema de protección consiste principalmente de tres transformador de intensidad de línea, un relé de intensidad trifásico y un relé de falla a tierra (relé de intensidad ajustable). Cuando la corriente a través del transformador de potencia excede la intensidad de referencia, el relé de intensidad trifásico se dispara. Este genera una corriente de disparo en el relé de control RC1. El contactor RC1-C se cierra para memorizar la falla y enciende el botón correspondiente de reiniciar. El contactor RC1-B se abre para abrir el contactor RC1 y por tanto desconectar el transformador de potencia de la fuente. Cuando ocurre una falla a tierra en uno de los devanados primarios, el relé de falla a tierra se dispara para iniciar la desconexión del transformador de la fuente de alimentación de la misma manera que cuando ocurre una sobreintensidad

Usted abrirá el contactor RC2 para evitar la operación del sistema de protección. Con el transformador de potencia trifásico entregando potencia a la carga en equilibrio, usted va a cortocircuitar una fase de la carga y observará que ocurre en el sistema de protección. Usted iniciará una falla a tierra en uno de los devanados primarios y observará que ocurre en el sistema de protección.

Usted cerrará el contactor RC2 para permitir la operación del sistema de protección. Usted va a cortocircuitar sucesivamente una fase de la carga e iniciará una falla a tierra en uno de los devanados primarios y observará que ocurre en el sistema de protección.

Protección por sobreintensidad de un transformador de potencia trifásico

EQUIPAMIENTO REQUERIDO

Refiérase a la tabla de utilización de equipos del apéndice C para obtener una lista del equipamiento que se requiere para este ejercicio.

PROCEDIMIENTO

¡ADVERTENCIA!

¡Altas tensiones están presentes en este ejercicio de laboratorio. No realice ni modifique ninguna conexión en los circuitos bajo tensión a menos que se especifique lo contrario!

Montaje del equipamiento

- ☐ 1. Asegúrese de que el Puesto de control de relés de protección esté conectado a una fuente de alimentación trifásica.

Cerciórese de que la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección esté apagada.

Esté seguro de que todos los interruptores de falla en el Relé de intensidad para ca/cc estén en la posición O (apagado) y luego instale el relé en el Puesto de control de relés de protección.

- ☐ 2. Haga los siguientes ajustes en el Módulo para insertar fallas:

RT1 retardo de tiempo	~1 s
TES1 intervalo de tiempo	~2 s
TES2 intervalo de tiempo	~5 s

Nota: Las perillas de control para ajustar el retardo de tiempo y los intervalos de tiempo se localizan en el relé temporizado RT1 y en los temporizadores de estado sólido TES1 y TES2 que están en el Módulo para insertar fallas.

- ☐ 3. Instale el Módulo de interconexión, la Fuente de alimentación, el Módulo para insertar fallas, los Transformadores con inserción de fallas, la Red de transmisión 'A', los transformadores de intensidad, las Cargas resistivas (2), el Amperímetro ca y el Voltímetro ca en el Puesto de trabajo EMS.

Asegurese que la fuente de alimentación esté apagada y la perilla del control de voltaje esté en la posición 0(apagada). Conecte la fuente de alimentación a una de las fuentes trifásicas utilizadas en la parte posterior del panel en el Puesto de control de relés de protección.

Protección por sobreintensidad de un transformador de potencia trifásico

En el módulo de transformadores de intensidad asegúrese que todos los interruptores estén en la posición I (cerrado) para cortocircuitar los secundarios de los transformadores de intensidad.

La protección por sobreintensidad del transformador de potencia trifásico

- ☐ 4. Conecte el Módulo de interconexión instalado en el Puesto de trabajo EMS al panel de interconexión del Puesto de control de relés de protección utilizando los cables proporcionados.

Conecte el equipo como se muestra en las figuras 2-22 y 2-23.

Nota: Use los dos módulos de Carga resistiva para implementar los resistores de carga R1, R2, y R3.

- ☐ 5. Haga los siguientes ajustes:

En los Transformadores con inserción de fallas

Transformador T1 Interruptores de falla (IF1 to IF3) O

Transformador T3 Interruptores de falla (IF1 to IF3) O

En la Red de transmisión 'A'

Interruptor S1 O (abierto)

En el Relé de intensidad para ca/cc

Interruptor de ENTRADA CA

Interruptor de MODO INTENSIDAD MÁXIMA

En el Módulo para insertar fallas

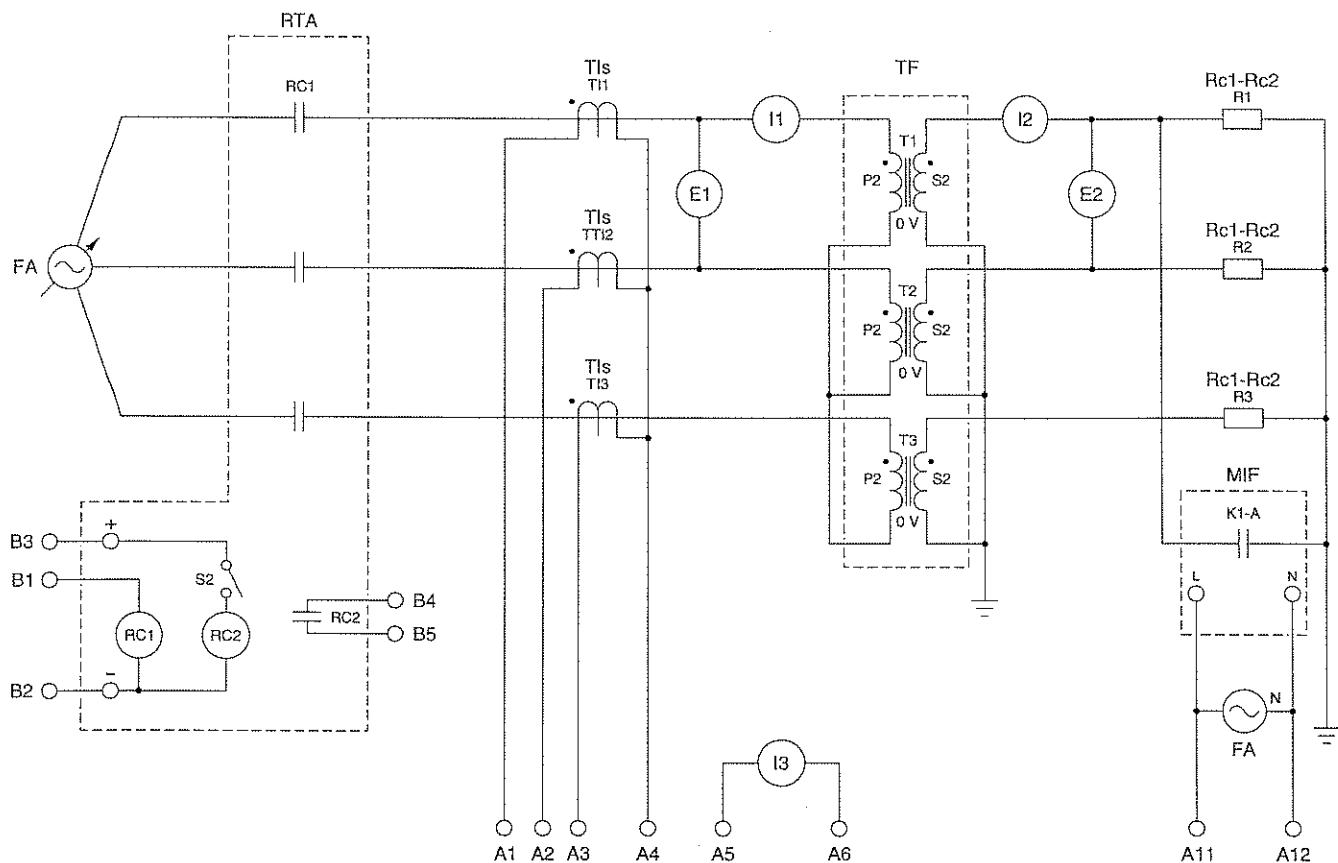
Botón de INICIO DE FALLA posición suelta

Interruptor de DURACIÓN DE FALLA 0.3-30 s

Asegurese que los transformadores de intensidad se conectan como se muestra en la figuras 2-22 y 2-23 luego ajuste los interruptores de los transformadores de intensidad TI1 , TI2 y TI3 en la posición O (abierto) en el módulo de transformadores de intensidad.

Protección por sobreintensidad de un transformador de potencia trifásico

PUESTO DE TABAJO EMS



RED DE TENSIÓN CA (V)	T11, T12, T13	R1, R2, R3 (Ω)	I1, I2, I3 (A)	E1, E2 (V)
120	2:5 A (5 VA)	133	2,5	250
220	1:5 A (5 VA)	489	1,5	500
240	1:5 A (5 VA)	533	1,5	500

FA = Fuente de alimentación TF = Transformadores con inserción de fallas
TIs = Transformadores de intensidad MIF = Módulo de inserción de fallas
RTA = Red de transmisión "A" Rc1 = Resistencia de carga 1 Rc2 = Resistencia de carga 2

Figura 2-22. Diagrama de conexión del equipamiento en el Puesto de trabajo EMS.

Protección por sobreintensidad de un transformador de potencia trifásico

PUESTO DE CONTROL DE RELÉS DE PROTECCIÓN

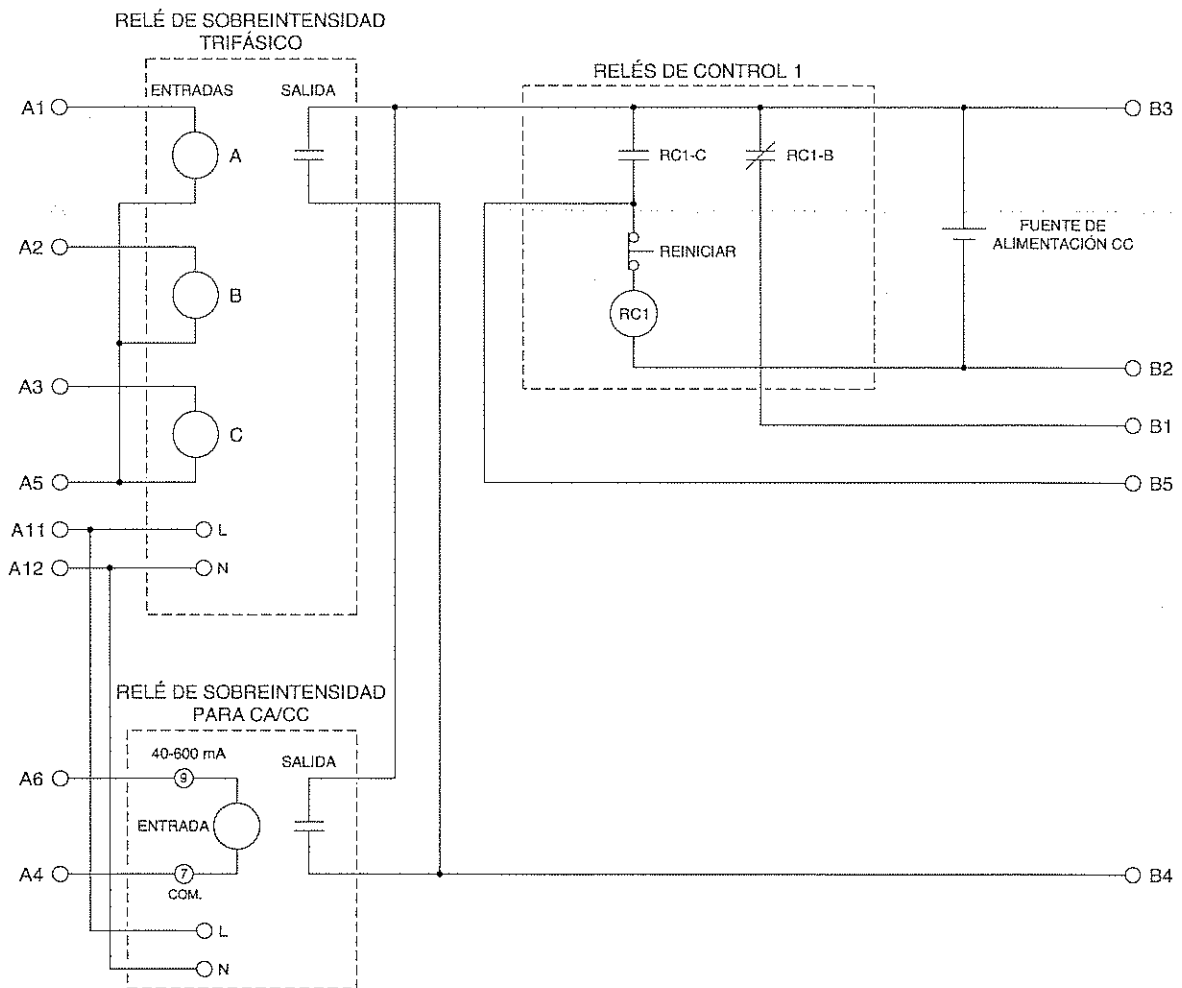


Figura 2-23. Diagrama de conexión del equipamiento en el Puesto de control de relés de protección.

- 6. Ajuste la intensidad de referencia del Relé de intensidad trifásico a aproximadamente 200% de la intensidad nominal de carga completa de los transformadores de potencia, teniendo en cuenta la relación de transformación de los transformadores de intensidad.

Nota: Las características de los transformadores de potencia (tensión nominal, potencia aparente, frecuencia, corriente de carga completa, etc.) se indican en las CARACTERÍSTICAS del panel frontal de los Transformadores de Falla.

Protección por sobreintensidad de un transformador de potencia trifásico

Por ejemplo, si la tensión de línea del sistema es de 120 V, la intensidad nominal de carga completa de los transformadores es 1,0 A y la relación de los transformadores de intensidad es 2:5 A. Por tanto, el 200% de la intensidad nominal de carga completa es igual a 2,0 A y la corriente correspondiente de los secundarios del transformador de intensidad es de 5 A. Conociendo que la intensidad nominal del Relé de intensidad trifásico es 5,0 A, la intensidad de referencia debe ajustarse al 100%.

Ajuste el retardo de tiempo en el Relé de intensidad trifásico a aproximadamente 5 s.

Ajuste la intensidad de referencia y la histéresis en el Relé de intensidad para ca/cc a 100 mA y 5%, respectivamente.

- ☐ 7. Encienda la Fuente de alimentación en el Puesto de control de relés de protección.

En la Red de transmisión 'A', ajuste el interruptor S2 en la posición O (abierto) para abrir el contactor CR2. Esto evita la operación del sistema de protección y permite observar la operación de los relés de protección.

- ☐ 8. Encienda la Fuente de alimentación y ajuste la perilla de control de la tensión en la posición del 100%. La intensidad de línea del primario (indicada en el amperímetro I1) debe ser aproximadamente igual a la intensidad nominal de carga completa de los transformadores de potencia.

En el Módulo para insertar fallas, suelte el botón de INICIO DE FALLA para cortocircuitar una fase de la carga trifásica. Mientras hace esto, observe las corrientes del circuito, la tensión y el indicador de disparo (-DÍODO rojo) en el Relé de intensidad trifásico y en el Relé de intensidad para ca/cc.

Registre en los siguientes espacios en blanco las corrientes y las tensiones del circuito.

Nota: *Usted puede tener que iniciar esta falla varias veces para registrar las corrientes y tensiones del circuito.*

I1 = _____ A E1 = _____ V

I2 = _____ A E2 = _____ V

I3 = _____ A

Protección por sobreintensidad de un transformador de potencia trifásico

Describa lo que ocurre cuando se cortocircuita una fase en la carga trifásica.

¿La protección por falla a tierra es estable cuando la corriente es alta a través de una fase del transformador de potencia trifásico?

☐ Sí ☐ No

En el Módulo para insertar fallas, ajuste en la posición suelta el botón de INICIO DE FALLA.

- ☐ 9. En los Transformadores con inserción de fallas, ajuste el interruptor de falla IF1 del transformador T1 en la posición I para insertar una falla a tierra cerca de la mitad del devanado primario del transformador T1. Mientras hace esto, observe las corrientes y tensiones del circuito y el indicador de disparo en el Relé de intensidad para ca/cc.

Registre en los siguientes espacios en blanco las corrientes y las tensiones del circuito.

$I_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$ $E_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

$I_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$ $E_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

$I_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$

Describa lo que ocurre cuando ocurre una falla a tierra en uno de los devanados primarios del transformador de potencia.

En los Transformadores con inserción de fallas, ajuste el interruptor de falla IF1 del transformador T1 en la posición O para quitar la falla.

Protección por sobreintensidad de un transformador de potencia trifásico

- ☐ 10. En la Red de transmisión 'A', ajuste el interruptor S2 en la posición I (cerrado) para cerrar el contactor RC2. Esto permite la operación del sistema de protección.
- ☐ 11. En el Módulo para insertar fallas, suelte el botón de INICIO DE FALLA para cortocircuitar una fase de la carga trifásica. Mientras hace esto, observe las corrientes del circuito y el indicador de disparo en el Relé de intensidad trifásico.

Describa lo que ocurrió.

¿El sistema de protección por sobreintensidad aisló la alta corriente de falla?

☐ Sí ☐ No

En el Módulo para insertar fallas, ajuste en la posición suelta el botón de INICIO DE FALLA.

- ☐ 12. En los Relés de Control 1 del Puesto de control de relés de protección, presione el botón de REINICIAR del relé de control RC1 para reiniciar el sistema de protección.

En los Transformadores con inserción de fallas, ajuste el interruptor de falla IF1 del transformador T1 en la posición I para insertar una falla a tierra cerca de la mitad del devanado primario del transformador T1. Mientras hace esto, observe las corrientes del circuito y el indicador de disparo en el Relé de intensidad para ca/cc.

Describa lo que ocurrió.

Protección por sobreintensidad de un transformador de potencia trifásico

¿La protección por falla a tierra que incluye el sistema de protección por sobreintensidad aisló la falla a tierra en el devanado primario del transformador de potencia?

☐ Sí ☐ No

En los Transformadores con inserción de fallas, ajuste el interruptor de falla IF1 del transformador T1 en la posición O para quitar la falla.

☐ 13. Apague la Fuente de alimentación.

Apague la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección.

Retire todos los cables.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio, Usted aprendió que los transformadores de potencia trifásicos pequeños (menores de ~100 kVA) usualmente se protegen sólo con fusibles debido a consideraciones económicas. Usted vio que los transformadores grandes (mayores de ~100 kVA) se protegen usualmente con relés de protección y circuitos interruptores. Usted aprendió que esto permite incluir relés de sobreintensidad en el sistema de protección del transformador para proveer una protección por sobreintensidad. Usted observó que cuando la corriente a través del transformador de potencia se excede de la referencia del relé de intensidad, durante cierto tiempo, el transformador se desconecta de la fuente de alimentación. Usted vio que un relé de falla a tierra se puede incluir en la protección por sobreintensidad para una protección rápida y sensible contra fallas a tierra en la parte primaria del transformador de potencia.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. Los fusibles se usan para proteger transformadores de potencia trifásicos pequeños debido a que éstos
 - a. son dispositivos de protección económicos.
 - b. se pueden llevar fácilmente en los bolsillos de los pantalones.
 - c. son muy rápidos en condiciones de baja sobreintensidad
 - d. tanto a como c.

Protección por sobreintensidad de un transformador de potencia trifásico

2. La protección por sobreintensidad se incluye algunas veces al esquema de protección del transformador de potencia trifásico para
 - a. proteger los devanados del secundario contra fallas a tierra.
 - b. proveer una protección adicional contra el impulso de magnetización del transformador.
 - c. proveer una protección de respaldo en caso de una falla en los sistemas de protección principales.
 - d. tanto a como c.

3. El relé de falla a tierra que se incluye en el sistema de protección por sobreintensidad del transformador debe ser
 - a. del tipo de retardo de tiempo para evitar un disparo indeseado del relé cuando se energiza el transformador.
 - b. del tipo de alta impedancia para mejorar la estabilidad del sistema.
 - c. del tipo de baja impedancia para poder medir cada una de las corrientes de línea con los relés de sobreintensidad.
 - d. tanto a como b.

Ejercicio 1-1

Protección diferencial de un generador síncrono

OBJETIVO DEL EJERCICIO

Al finalizar este ejercicio, estará familiarizado con la protección diferencial de un generador síncrono.

PRESENTACIÓN

La protección diferencial es la técnica más efectiva para proteger los devanados del estator de un generador síncrono contra fallas fase a fase o fase a tierra. En un sistema de protección diferencial, un circuito compara la corriente de entrada del equipamiento protegido a la corriente de salida del equipamiento, en cada fase. Cualquier diferencia significativa en la magnitud de la intensidad, dispara el relé, el cual a su vez inicia la reparación de la falla. La figura 1-1 muestra un diagrama simplificado de un sistema de protección diferencial monofásico.

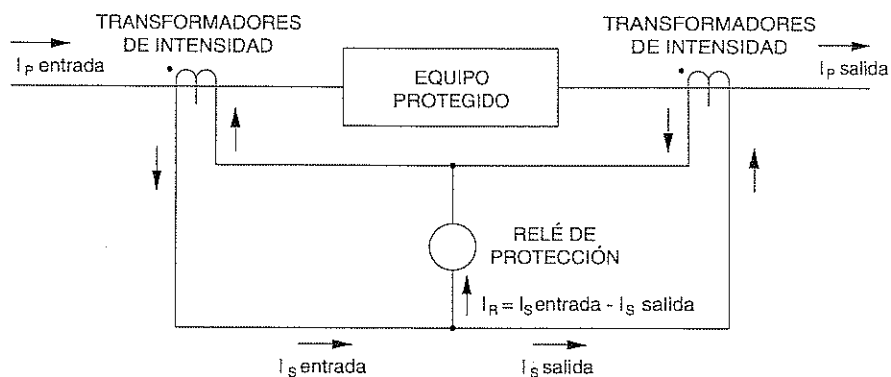


Figura 1-1. Diagrama simplificado de un sistema de protección diferencial monofásico

Las intensidades que entran y salen del equipamiento protegido (I_p entrada e I_p salida) se detectan por medio de dos transformadores de intensidad idénticos. Cuando no hay falla en el equipamiento protegido, las intensidades I_p entrada e I_p salida son iguales y las intensidades en los secundarios del transformador son también iguales, esto debido a que los transformadores de intensidad son idénticos. Cuando los transformadores de intensidad se conectan con las polaridades que se indican en la figura 1-1, las corrientes secundarias fluyen recorriendo el circuito y ninguna corriente fluye en la bobina del relé de protección ($I_R = 0$), el cual puede ser un relé de intensidad. Sin embargo, cuando una falla ocurre en el equipamiento protegido, las intensidades I_p entrada e I_p salida ya no son iguales. Por consiguiente, las intensidades I_s entrada e I_s salida tampoco lo son. La intensidad resultante de la diferencia entre estas dos intensidades (I_s

Protección diferencial de un generador sincrónico

entrada y I_s salida) fluye en la bobina del relé de protección. Esto dispara el relé de protección iniciando, de este modo, la eliminación del defecto.

La figura 1-2 muestra el diagrama simplificado del sistema de protección diferencial de un generador sincrónico trifásico. Este es el mismo circuito de la figura 1-1, repetido tres veces, donde los secundarios del transformador de intensidad comparten un neutro común. Note que el terminal neutro del generador está conectado a tierra mediante un resistor con el fin de limitar la magnitud de las intensidades de falla a tierra. El valor de este resistor debe seleccionarse cuidadosamente dado que es uno de los factores principales que determinan la porción del devanado del estator que se protege contra las fallas a tierra. El sistema que se muestra en la figura 1-2 protege los devanados del estator del generador contra fallas fase a tierra y fallas fase a fase. Esto se refiere a un sistema de protección diferencial no polarizado.

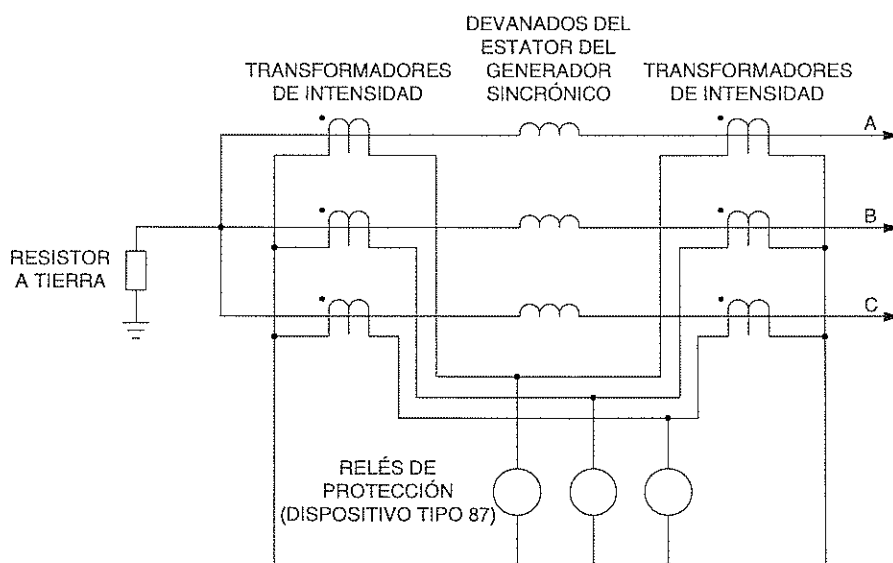


Figura 1-2. Protección diferencial no polarizado de un generador sincrónico.

En la práctica, la intensidad I_R en la bobina de los relés de protección en un sistema de protección diferencial no polarizado, es nula bajo la condición de no falla. Esto se debe a que es muy difícil fabricar transformadores de intensidad que tengan características idénticas (relación de conversión, corriente de magnetización, etc.) a un costo razonable. Además, los circuitos conectados a los transformadores de intensidad, en un sistema de protección diferencial, deben aplicarse idealmente, cargas iguales a cada transformador, lo que en la práctica no ocurre siempre. Como resultado, las intensidades I_s entrada e I_s salida no son iguales cuando las intensidades I_p entrada e I_p salida son iguales (condición de no falla). Por lo tanto una corriente residual fluye en la bobina del relé y la intensidad de referencia del relé de protección de sobreintensidad debe incrementarse para prevenir que éste se dispare bajo la condición de no falla. Esto es aceptable en la mayoría de las situaciones, debido a que usualmente el valor de la intensidad residual es pequeño. Sin embargo, cuando aumenta enormemente la carga que

Protección diferencial de un generador sincrónico

se aplica al equipamiento protegido, o una falla externa causa que una corriente de corto circuito fluya a través de éste, la intensidad residual puede aumentar de manera sustancial. Por lo tanto, la intensidad de referencia del relé de protección debe incrementarse para prevenir que se dispare y de ese modo reducir la sensibilidad del sistema de protección diferencial no polarizado.

Para superar este problema se han desarrollado los relés de protección polarizados. Sus bobinas actúan para prevenir que el relé de protección se dispare al incrementarse la corriente residual generada por un aumento significativo en la corriente que fluye a través del equipamiento protegido. Como resultado, la intensidad de referencia del relé de protección se puede ajustar a un valor bajo y así proporcionar un sistema de protección diferencial de buena sensibilidad. La figura 1-3 muestra el diagrama simplificado de un sistema de protección diferencial que utiliza relés de protección con bobinas polarizadas para proteger el generador sincrónico trifásico. A este sistema se le llama sistema de protección diferencial polarizado.

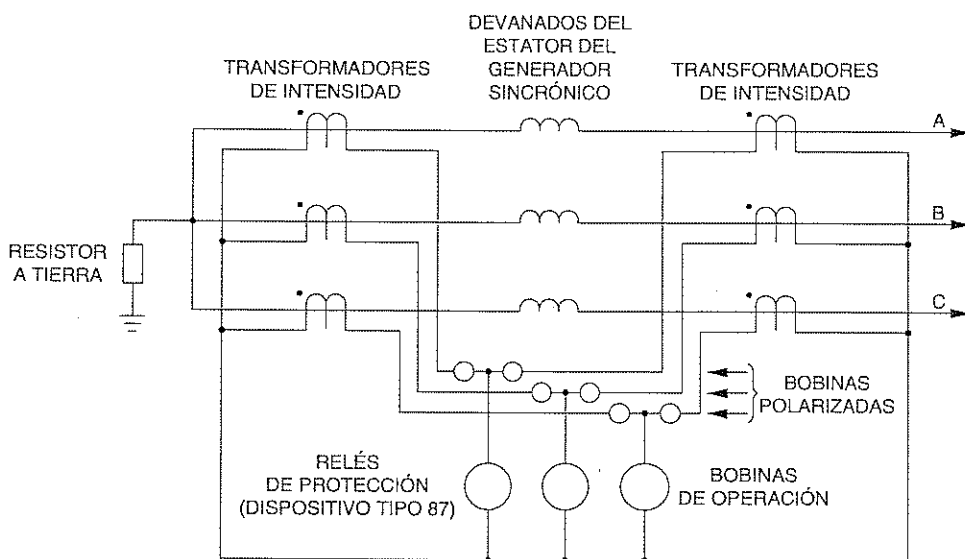


Figura 1-3. Protección diferencial polarizada de un generador sincrónico.

Para obtener información adicional sobre sistemas de protección diferencial, refiérase a las secciones, 17,2, 17,3, y 17,4, tituladas "*Longitudinal differential protection of direct connected generators*", "*Earthing y earth faults*", "*Phase faults*", y "*Interturn faults*", respectivamente, en la tercera edición de Protective Relays Application Guide publicada por GEC Alsthom Measurements Limited.

Protección diferencial de un generador sincrónico

Resumen del procedimiento

En la primera parte del ejercicio, usted montará el equipamiento en el Puesto de trabajo EMS y en el Puesto de control de relés de protección.

En la segunda parte del ejercicio, usted conectará el equipamiento como se muestra en las figuras 1-4 y 1-5. En este circuito, un generador sincrónico protegido por un sistema de protección diferencial no polarizado, suministra potencia a una carga resistiva trifásica en equilibrio. El sistema de protección consta de transformadores de intensidad en ambos terminales de los devanados del estator del generador, un resistor de puesta a tierra y un Relé de intensidad. Cuando la intensidad que entra al devanado del estator difiere, en una cantidad significativa, de la intensidad que sale del devanado, el Relé de intensidad se dispara. Esto crea una corriente de disparo en la bobina del relé auxiliar y hace que se abran los contactores RC1 y RC2. Esto además desconecta la carga y abre el circuito excitador del generador para detener la generación de energía eléctrica y de ese modo eliminar la corriente de falla.

Nota: En el circuito de las figuras 1-4 y 1-5, se protege únicamente un devanado del estator del generador debido a que hay un Relé de intensidad para ca/cc. Se necesitan tres relés para proteger los tres devanados del estator.

Usted deberá abrir el contactor RC3 para evitar la operación del sistema de protección diferencial no polarizado. Con el generador suministrando energía para la carga, usted provocará fallas fase a tierra con intensidades de diferente magnitud cambiando el valor del resistor R4. Éste simulará las fallas de devanado a tierra que ocurren en diferentes puntos del devanado del estator. Esto le permitirá observar el funcionamiento del relé de intensidad.

En la tercera parte del ejercicio, cerrará el contactor RC3 para permitir la operación del sistema de protección diferencial no polarizado. Usted provocará sucesivamente fallas fase a tierra y fase a fase para observar la operación del sistema de protección diferencial no polarizado.

EQUIPAMIENTO REQUERIDO

Consultar la tabla de utilización del equipo del apéndice EUC para obtener la lista del equipamiento necesario para este ejercicio.

PROCEDIMIENTO

¡ADVERTENCIA!

¡Altas tensiones están presentes en este ejercicio de laboratorio! ¡No haga ni modifique ninguna conexión de tipo banana con la alimentación encendida a menos que se especifique lo contrario!

Protección diferencial de un generador sincrónico

Montaje del equipamiento

- ☐ 1. Asegúrese de que el Puesto de control de relés de protección esté conectado a una fuente de alimentación trifásica.

Cerciórese de que la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección esté apagada.

Esté seguro de que todos los interruptores de falla en el Relé de intensidad para ca/cc estén en la posición O (apagado) y luego instale el relé en el Puesto de control de relés de protección.

- ☐ 2. Haga los siguientes ajustes en el Módulo para insertar fallas:

RT1 retardo de tiempo ~1 s
TES1 intervalo de tiempo ~3 s
TES2 intervalo de tiempo ~10 s

Nota: Las perillas de control para ajustar el retardo y los intervalos de tiempo se localizan en el relé temporizado RT1 y en los temporizadores de estado sólido TES1 y TES2 que están en el Módulo para insertar fallas.

- ☐ 3. Instale el Módulo de interconexión, la Fuente de alimentación, el Módulo para insertar fallas, el Motor/alternador sincrónico trifásico, el Motor de impulsión/Dinamómetro, los Transformadores con inserción de fallas, la Red de transmisión 'A', los Transformadores de intensidad, las Cargas resistivas (2), los Diodos de potencia, el Amperímetro ca, el Voltímetro ca y el Voltímetro/amperímetro cc en el Puesto de trabajo EMS.

Acople mecánicamente el Motor/alternador sincrónico trifásico al Motor de impulsión/Dinamómetro utilizando la correa dentada.

Asegúrese de que la Fuente de alimentación esté apagada y su perilla de control de tensión esté colocada en la posición O. Conecte la Fuente de alimentación a una de las salidas de potencia trifásica en el panel posterior del Puesto de control de protección por relés.

Nota: Asegúrese de que los terminales de cobre de los paneles posteriores del Puesto de trabajo móvil y del Puesto de trabajo de 3 módulos estén interconectados. Esto asegura la puesta a tierra del equipamiento instalado en los puestos de trabajo.

En el módulo Transformadores de intensidad, asegúrese de que todos los interruptores estén en la posición I (cerrado) para cortocircuitar los secundarios de los transformadores de intensidad.

- ☐ 4. Conecte la ENTRADA DE BAJA POTENCIA del módulo Motor de impulsión/Dinamómetro a la salida 24 V CA de la Fuente de alimentación.

Protección diferencial de un generador sincrónico

En la Fuente de alimentación, encienda la fuente 24 V CA.

Protección diferencial no polarizada del generador sincrónico

- 5. Conecte el Módulo de interconexión instalado en el Puesto de trabajo-EMS al panel de interconexión del Puesto de control de relés de protección utilizando los cables proporcionados.

Conecte el equipamiento como se muestra en las figuras 1-4 y 1-5.

Nota: Las abreviaciones reemplazan los nombres completos de los módulos cuando no hay suficiente espacio en los diagramas de conexión. El nombre del módulo correspondiente a cada abreviación se indica en la parte inferior de los diagramas.

Los terminales abiertos tales como A1, A2, B1, etc., en el diagrama de conexión del equipamiento instalado en el Puesto de trabajo EMS deben conectarse, por medio del panel y del Módulo de interconexión, a los terminales correspondientes en el diagrama de conexión del equipamiento instalado en el Puesto de control de relés de protección.

- 6. Haga los siguientes ajustes:

En el Motor/alternador sincrónico trifásico

Interruptor de EXCITACIÓN I (cerrado)
Perilla de EXCITACIÓN posición media

En el Motor de impulsión/Dinamómetro

Interruptor de MODO MOTOR DE IMPULSIÓN
Interruptor del VISUALIZADOR VELOCIDAD

En la Red de transmisión 'A'

Interruptores S1 y S2 O (abierto)

En el Relé de intensidad para ca/cc

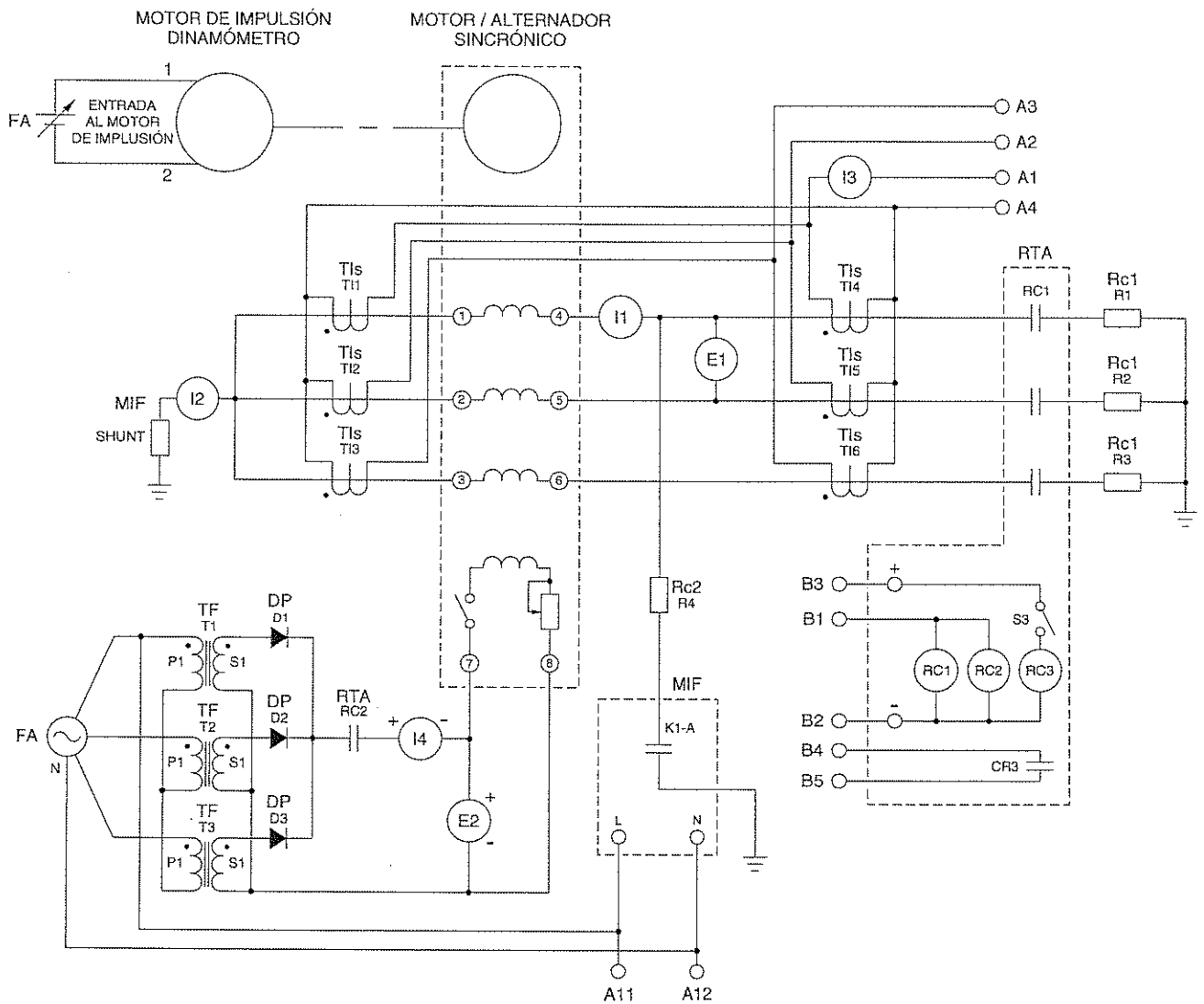
Interruptor de ENTRADA CA
Interruptor de MODO SOBREINTENSIDAD

En el Módulo para insertar fallas

Botón de INICIO DE FALLA posición suelta
Interruptor de DURACIÓN DE FALLA 0,05-5 s

Protección diferencial de un generador sincrónico

PUESTO DE TRABAJO EMS



RED DE TENSIÓN CA (V)	TI1 A TI6	R1, R2, R3 (Ω)	R4 (Ω)	I1, I2, I3 (A)	I4 (A)	E1 (V)	E2 (V)
120	1:5 A (5 VA)	400	300	2,5	2,5	250	200
220	0,5:5 A (5 VA)	1467	1100	1,5	1,5	500	400
240	0,5:5 A (5 VA)	1600	1200	1,5	1,5	500	400

FA = Fuente de alimentación TF = Transformadores con inserción de fallas DP = Diodos de potencia TIs = Transformadores de intensidad
MIF = Módulo de inserción de fallas RTA = Red de transmisión "A" Rc1 = Carga resistiva 1 Rc2 = Carga resistiva 2

Figura 1-4. Diagrama de conexión del equipamiento en el Puesto de trabajo EMS.

Protección diferencial de un generador sincrónico

PUESTO DE CONTROL DE RELÉS DE PROTECCIÓN

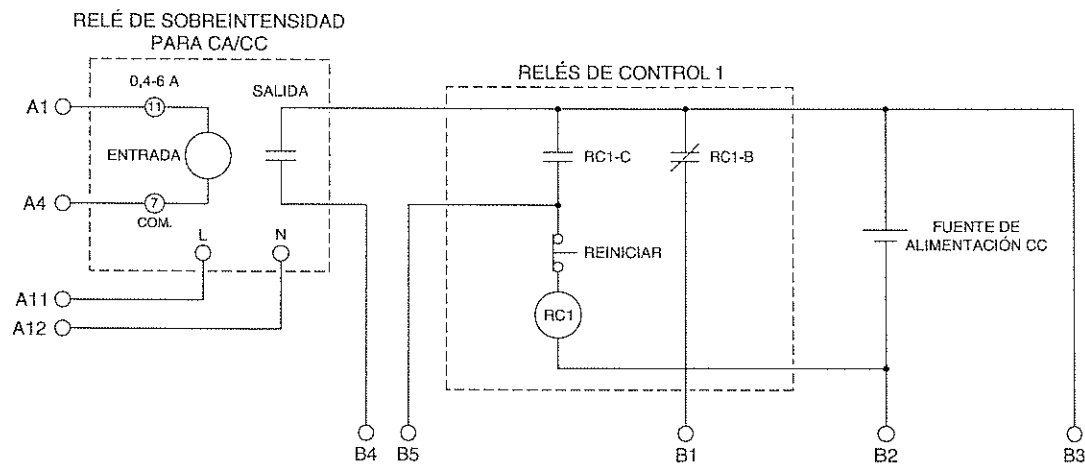


Figura 1-5. Diagrama de conexión del equipamiento en el Puesto de control de relés de protección.

Asegúrese de que los transformadores de intensidad se conecten como lo muestra la figura 1-4, luego ajuste los interruptores en la posición O (abierto) de los transformadores de intensidad TI1 a TI6 en el módulo Transformadores de intensidad.

- ☐ 7. Ajuste la intensidad de referencia y la histéresis del Relé de intensidad para ca/cc en 1 A y 5%, respectivamente.

Encienda la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección.

En la Red de transmisión 'A', ajuste el interruptor S3 en la posición O (abierto) para abrir el contactor RC3. Esto evitará la operación del sistema de protección diferencial no polarizado y permitirá observar la operación del Relé de intensidad para ca/cc.

- ☐ 8. Encienda la Fuente de alimentación y ajuste la perilla de control de la tensión de tal manera que el Motor de impulsión gire, aproximadamente, a la velocidad nominal del generador sincrónico.

Nota: Las características del generador sincrónico (velocidad nominal, tensión de línea, velocidad, corriente de carga máxima, etc.) se indican en las CARACTERÍSTICAS DEL GENERADOR del panel frontal del Motor/alternador sincrónico trifásico.

Ajuste la perilla de EXCITACIÓN del Motor/alternador sincrónico trifásico de tal manera que la tensión de línea a línea del generador sincrónico

Protección diferencial de un generador sincrónico

(indicado por el voltímetro E1) sea aproximadamente igual al valor nominal. Si es necesario, reajuste ligeramente la perilla de control de la tensión de la Fuente de alimentación de tal manera que la velocidad de rotación del generador se mantenga aproximadamente igual al valor nominal.

La intensidad de línea (que indica el amperímetro I1) debe ser aproximadamente igual a la intensidad nominal de carga completa del generador sincrónico.

- ☐ 9. En el Módulo para insertar fallas, suelte el botón INICIO DE FALLA para provocar una falla fase a tierra que ocurra cerca del extremo de la línea del devanado del estator. Mientras hace esto, observe la intensidad de línea, la intensidad del neutro (indicada por el amperímetro I2), la diferencia de corriente que fluye en la bobina del relé de protección (indicada por el amperímetro I3) y el indicador de disparo (diodo rojo) en el Relé de intensidad para ca/cc.

Describa lo que ocurrió.

- ☐ 10. En el Módulo para insertar fallas, ajuste el botón INICIO DE FALLA en posición suelta.

Ajuste la resistencia del resistor R4 (implementado al usar Carga resistiva 2) al valor dado en la tabla siguiente.

TENSIÓN DE LÍNEA	R4
V ca	Ω
120	1200
220	4400
240	4800

Tabla 1-1. Resistencia del resistor R4.

- ☐ 11. En el Módulo para insertar fallas, suelte el botón INICIO DE FALLA para provocar una falla fase a tierra que ocurra cerca del extremo neutro del devanado del estator. Mientras hace esto, observe la intensidad de línea, la intensidad del neutro (indicada por el amperímetro I2), la diferencia de corriente que fluye en la bobina del relé de protección (indicada por el

Protección diferencial de un generador sincrónico

amperímetro I3), y el indicador de disparo (diodo rojo) en el Relé de intensidad para ca/cc.

Describa lo que ocurrió. Explique brevemente porqué.

Protección contra fallas fase a tierra y fase a fase

- ☐ 12. En el Módulo para insertar fallas, ajuste el botón INICIO DE FALLA en posición suelta.

En los Relés de control 1 del Puesto de control de relés de protección, presione el botón REINICIAR del relé de control RC1 para reiniciar el sistema de protección diferencial no polarizado.

En la Red de transmisión 'A', ajuste el interruptor S3 a la posición I (cerrado) para cerrar el contactor RC3. Esto permitirá la operación del sistema de protección diferencial no polarizado.

- ☐ 13. Ajuste la resistencia del resistor R4 al valor dado en la tabla de la figura 1-4.

Reajuste ligeramente la perilla de EXCITACIÓN del Motor/alternador sincrónico trifásico y la perilla de control de tensión de la Fuente de alimentación de tal modo que la tensión línea a línea y la velocidad de rotación del generador sincrónico sean iguales a los valores nominales.

En el Módulo para insertar fallas, suelte el botón INICIO DE FALLA para provocar una falla fase a tierra que ocurra cerca del extremo de la línea del devanado del estator. Mientras hace esto, observe la intensidad de línea, la intensidad del neutro, la diferencia de corriente que fluye en la bobina del relé de protección y el indicador de disparo en el Relé de intensidad para ca/cc.

Ajuste la perilla de control de tensión a la posición O y después apague la Fuente de alimentación.

Describa lo que ocurrió.

Protección diferencial de un generador sincrónico

¿El sistema de protección diferencial no polarizado ha eliminado la falla?

☐ Sí ☐ No

- ☐ 14. En el Módulo para insertar fallas, ajuste el botón INICIO DE FALLA en posición suelta.

En los Relés de control 1 del Puesto de control de relés de protección, presione el botón REINICIAR del relé de control RC1 para reiniciar el sistema de protección diferencial no polarizado.

Utilice un cable para cortocircuitar temporalmente los contactos del contactor RC2 empleados para abrir el circuito excitador del generador sincrónico.

- ☐ 15. Repita el paso 8 para iniciar el generador sincrónico.

En el Módulo para insertar fallas, suelte el botón INICIO DE FALLA para provocar una falla fase a tierra que ocurra cerca del extremo de la línea del devanado del estator. Mientras hace esto, observe la intensidad de línea, la intensidad del neutro, la diferencia de corriente que fluye en la bobina del relé de protección, y el indicador de disparo en el Relé de intensidad para ca/cc.

Ajuste la perilla de control de tensión a la posición O, luego apague la Fuente de alimentación.

¿El sistema de protección diferencial no polarizado ha eliminado la falla?
¿Porqué?

- ☐ 16. En el Módulo para insertar fallas, ajuste el botón INICIO DE FALLA en posición suelta.

En los Relés de control 1 del Puesto de control de relés de protección, presione el botón REINICIAR del relé de control RC1 para reiniciar el sistema de protección diferencial no polarizado.

Retire los cables que cortocircuitan los contactos del contactor RC2.

En el Módulo para insertar fallas, desconecte el extremo del contactor K1-A que está conectado a tierra, luego conéctelo al terminal 5 o 6 del

Protección diferencial de un generador sincrónico

Motor/alternador sincrónico trifásico. Esto permitirá provocar una falla fase a fase.

- ☐ 17. Repita el paso 8 para iniciar el generador sincrónico.

En el Módulo para insertar fallas, suelte el botón INICIO DE FALLA para provocar una falla fase a fase. Mientras hace esto, observe la intensidad de línea, la intensidad del neutro, la diferencia de corriente que fluye en la bobina del relé de protección y el indicador de disparo en el Relé de intensidad para ca/cc.

Ajuste la perilla de control de tensión a la posición O, luego apague la Fuente de alimentación.

Describa lo que ocurrió.

¿El sistema de protección diferencial no polarizado ha eliminado la falla?

☐ Sí ☐ No

¿El sistema de protección diferencial no polarizado protege el generador contra fallas fase a tierra y fase a fase?

☐ Sí ☐ No

- ☐ 18. En la Fuente de alimentación, apague la fuente 24 V CA.

Apague la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección.

Retire todos los cables.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio, observó que el sistema diferencial es muy efectivo para proteger al generador sincrónico contra fallas fase a fase y fase a tierra. Percibió que el sistema de protección diferencial no polarizado se puede implementar con un Relé de intensidad. Sin embargo, este sistema de protección sufre a menudo de una

Protección diferencial de un generador sincrónico

carencia de sensibilidad. Aprendió que el sistema de protección diferencial polarizado tiene mejor sensibilidad debido a que los relés de protección usan bobinas polarizadas. Estas bobinas evitan el disparo del relé de protección que puede ocurrir cuando un gran flujo de corriente atraviesa el equipamiento protegido.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. Un sistema de protección diferencial proporciona protección eficiente:
 - a. a los devanados del estator de un generador sincrónico.
 - b. contra fallas fase a tierra.
 - c. contra fallas fase a fase.
 - d. todas las anteriores.

2. En un sistema de protección diferencial:
 - a. el relé de protección se dispara cuando la corriente que sale del equipamiento protegido es por lo menos el doble de la corriente que entra a éste.
 - b. el valor del resistor a tierra no tiene nada que ver con el valor de las corrientes de falla a tierra.
 - c. el relé de protección se dispara cuando la corriente que entra del equipamiento protegido difiere por una cantidad significativa de la corriente que sale de éste.
 - d. ninguna de las anteriores.

3. Un sistema de protección diferencial polarizado es más sensible que un sistema de protección diferencial no polarizado debido a que:
 - a. se usan transformadores de intensidad de alta precisión.
 - b. éste usa relés de protección con bobinas polarizadas.
 - c. se maximiza el valor de la corriente residual que fluye en el relé de protección.
 - d. ninguna de las anteriores.

Ejercicio 1-5

Protección por sobretensión de un generador sincrónico

OBJETIVO DEL EJERCICIO

Cuando complete este ejercicio, usted estará familiarizado con la protección por sobretensión de un generador sincrónico.

PRESENTACIÓN

La sobretensión puede ser momentánea (sobretensión transitoria) o sostenida (sobretensión de frecuencia de alimentación).

Las sobretensiones transitorias son tensiones de corta duración. Estas suelen ocurrir en el sistema de transmisión y se deben principalmente a la interrupción en el sistema y de las perturbaciones atmosféricas. Las sobretensiones transitorias se tratan frecuentemente mediante el uso de descargadores de tensiones que se conectan a las líneas de entrada o a la estación de la barra de distribución.

La sobretensión en la frecuencia de alimentación ocurre cuando el generador sincrónico produce una tensión por encima del valor nominal. En la teoría, la sobretensión en la frecuencia de alimentación no debe ocurrir nunca, porque cualquier generador está provisto de un regulador de tensión que mantiene la tensión de generación en el valor nominal. Sin embargo, en la práctica hay algunas situaciones donde la sobretensión en la frecuencia de alimentación puede ocurrir:

- La operación con un regulador de tensión defectuoso.
- El control manual del generador sincrónico (el regulador de la tensión no funciona). En este caso, cualquier variación repentina en la carga, especialmente en el componente de carga reactiva, cambia la tensión de generación debido a la deficiente regulación de tensión que es una característica inherente de cualquier generador sincrónico.
- La repentina pérdida de la carga debida a la desconexión de la línea por ejemplo, que causa que un generador hidroeléctrico se embale debido a la baja en la operación del regulador de velocidad y de las compuertas de la turbina. El resultado es una sobretensión que se genera a la velocidad de rotación del generador.

La sobretensión en la frecuencia de alimentación puede ocasionar daños cuando la tensión de generación aumenta sustancialmente por encima del valor nominal. La protección contra sobretensión en la frecuencia de alimentación puede obtenerse detectando la sobretensión en una etapa preliminar del desarrollo y tomar inmediatamente la acción correctiva.

Protección por sobretensión de un generador sincrónico

La figura 1-16 muestra el diagrama simplificado del sistema de protección contra sobretensión de un generador sincrónico. El sistema de protección contra sobretensión consiste de un relé trifásico de máxima tensión conectado al generador a través del transformador de potencia. Cuando la tensión generada excede los valores permitidos, el relé de tensión máxima se dispara. Esto inicia la reducción de la intensidad de excitación del generador. En consecuencia, evita que la tensión de generación aumente nuevamente y que pueda aún caer por debajo del valor nominal.

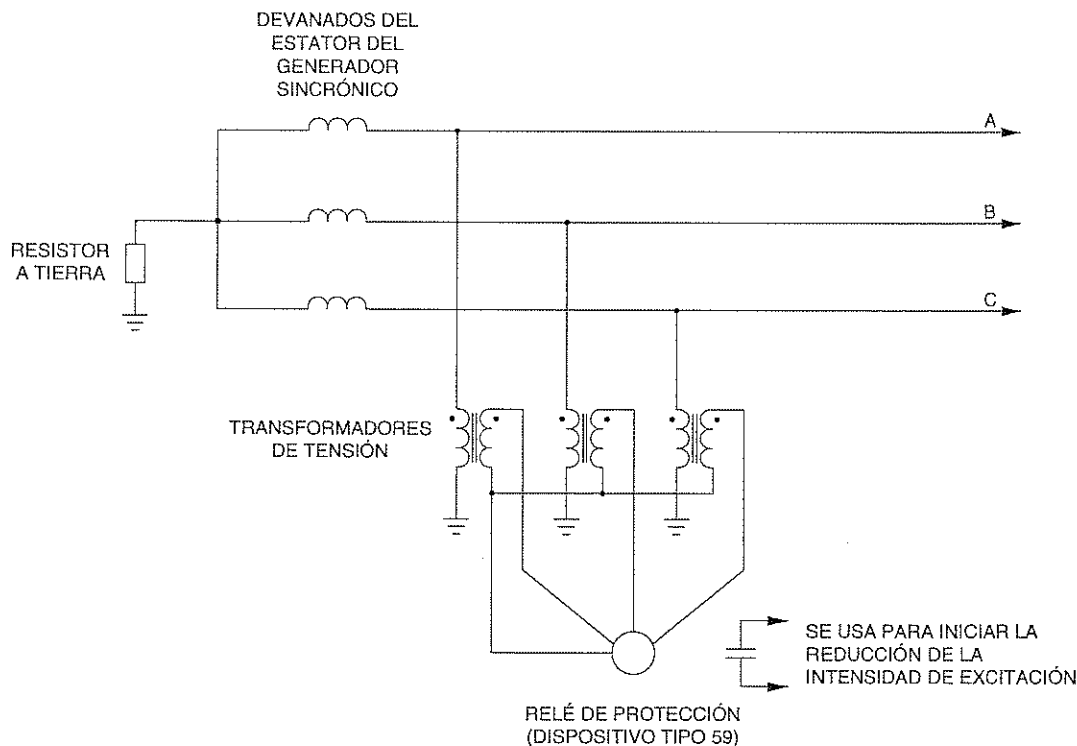


Figura 1-16. Protección contra sobre tensión de un generador sincrónico.

Para obtener información adicional acerca de la protección contra sobretensión de generadores sincrónicos, reflérase a la sección 17.10, titulada "*Overvoltage protection*", en la tercera edición de Protective Relays Application Guide publicada por GEC Alsthom Measurements Limited.

Resumen del procedimiento

En la primera parte del ejercicio, usted montará el equipamiento en el Puesto de trabajo EMS y en el Puesto de control de relés de protección.

En la segunda parte de este ejercicio, usted conectará el equipo como lo muestran las figuras 1-17 y 1-18. En este circuito, un generador sincrónico, que está protegido contra la sobretensión, suministra potencia activa a la fuente de alimentación trifásica. El sistema de protección por sobretensión consiste de un

Protección por sobretensión de un generador sincrónico

relé trifásico de sobretensión conectado al generador a través de transformadores de potencia. Cuando ocurre una sobretensión de suficiente magnitud, el relé de tensión máxima se dispara. Este inicia una corriente de disparo en el relé de control RC1, el contactor RC1-C se cierra para memorizar la falla y encender el botón correspondiente de reiniciar. El contactor RC1-B se abre para abrir el contactor RC2, y de este modo conectado el resistor R1 en serie con el devanado de excitación reduciendo la intensidad de excitación. Igualmente reduce la tensión generada.

Usted abrirá el contactor RC3 para evitar la operación del sistema de protección por sobretensión. Con el generador sincrónico suministrando potencia a la fuente de alimentación trifásica, abra el contactor RC1 y observará que ocurre cuando la carga (la fuente de alimentación trifásica) se desconecta repentinamente del generador. Usted cerrará el contactor RC3 para permitir la operación del sistema de protección por sobretensión. Con el generador sincrónico suministrando potencia a la fuente de alimentación trifásica, abra el contactor RC1 y observe la operación del sistema de protección por sobretensión

EQUIPAMIENTO REQUERIDO

Consulte la tabla de utilización de equipos del apéndice EUC para obtener una lista del equipamiento que se requiere para este ejercicio.

PROCEDIMIENTO

¡ADVERTENCIA!

¡Altas tensiones están presentes en este ejercicio de laboratorio. No realice ni modifique ninguna conexión en los circuitos bajo tensión a menos que se especifique lo contrario!

Montaje del equipamiento

- ☐ 1. Asegúrese de que el Puesto de control de relés de protección esté conectado a una fuente de alimentación trifásica.

Cerciórese de que la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección esté apagada.

Esté seguro de que todos los interruptores de falla en el Relé trifásico de mínima/máxima tensión estén en la posición O (apagado) y luego instale el relé en el Puesto de control de relés de protección.

- ☐ 2. Instale el Módulo de interconexión, la Fuente de alimentación, el Módulo para insertar fallas, el Motor/alternador sincrónico trifásico, el Motor de impulsión / Dinamómetro, los Transformadores con inserción de fallas, la Red de transmisión 'A', los Transformadores de tensión, la Carga resistiva, los Diodos de potencia, el Módulo de sincronización, el Vatímetro/vármetro

Protección por sobretensión de un generador sincrónico

trifásico, el Amperímetro ca, el Voltímetro ca, y el Voltímetro/amperímetro cc en el Puesto de trabajo EMS.

Acople mecánicamente el Motor/alternador sincrónico trifásico al Motor de impulsión/Dinamómetro utilizando la correa dentada.

Asegúrese de que la Fuente de alimentación esté apagada y su perilla de control de la tensión esté colocada en la posición O. Conecte la Fuente de alimentación a una de las salidas de potencia trifásica en el panel posterior del Puesto de control de protección por relés.

Nota: Asegúrese de que los terminales de cobre de los paneles posteriores del Puesto de trabajo móvil y el Puesto de trabajo - 3 módulos estén interconectados. Esto asegura la correcta puesta a tierra del equipo instalado en los puestos de trabajo.

- ☐ 3. Conecte la ENTRADA DE BAJA POTENCIA del Motor de impulsión/Dinamómetro y el Vatímetro/vármetro trifásico a la salida 24 V - CA de la Fuente de alimentación.

En la Fuente de alimentación, encienda la fuente de alimentación de 24-V CA

Protección por sobretensión de un generador sincrónico

- ☐ 4. Conecte el Módulo de interconexión instalado en el Puesto de trabajo-EMS al panel de interconexión del Puesto de control de relés de protección utilizando los cables proporcionados.

Conecte el equipo como se muestra en las figuras 1-17 y 1-18.

- ☐ 5. Haga los siguientes ajustes:

En el Motor/alternador sincrónico trifásico

Interruptor de EXCITACIÓN I (cerrado)
Perilla de EXCITACIÓN posición media

En el Motor de impulsión/Dinamómetro

Interruptor de MODO MOTOR DE IMPULSIÓN
Interruptor VISUALIZADOR VELOCIDAD

En la Red de transmisión 'A'

Interruptor S1 I (cerrado)
Interruptor S2 O (abierto)

Protección por sobretensión de un generador sincrónico

PUESTO DE CONTROL DE RELÉS DE PROTECCIÓN

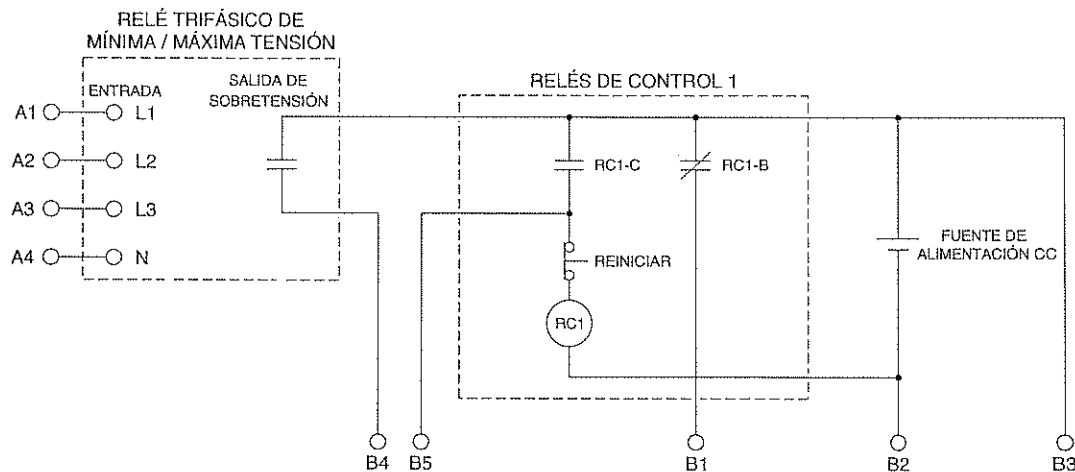


Figura 1-18. Diagrama de conexión del equipamiento en el Puesto de control de relés de protección.

En el Módulo de sincronización

Interruptor S1 O (abierto)

- ☐ 6. Encienda la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección.

En la Red de transmisión 'A', ajuste el interruptor S3 en la posición O (abierto) para abrir el contactor RC3. Esto evita que opere el sistema de protección por sobretensión y permite observar lo que sucede cuando el generador sincrónico pierde su carga repentinamente.

- ☐ 7. Encienda la Fuente de alimentación y ajuste la perilla de control de la tensión de tal manera que el Motor de impulsión rote a la velocidad nominal del generador sincrónico aproximadamente 50 r/min o menos.

Nota: Las características del generador sincrónico (velocidad nominal, tensión de línea, frecuencia, corriente de carga completa, etc.) se indican en las CARACTERÍSTICAS del panel frontal del Motor/alternador sincrónico trifásico.

Ajuste la perilla de excitación del Motor/alternador sincrónico trifásico de tal modo que la tensión de línea a línea del generador sincrónico (indicada en el voltímetro E3) sea aproximadamente igual al valor nominal.

Las luces del Módulo de sincronización deben centellejar para indicar que la secuencia de fase del generador corresponde a la de la fuente de alimentación trifásica, si esto no ocurre, apague la Fuente de alimentación,

Protección por sobretensión de un generador sincrónico

e intercambie las conexiones de los cables en los terminales 4 y 5 del Módulo de sincronización y encienda la Fuente de alimentación.

- ☐ 8. En la Fuente de alimentación, ajuste gradualmente la perilla de control de la tensión de tal modo que las luces en el Módulo de sincronización centelleando con sincronismo y más lentamente. Esto indica que la frecuencia del generador sincrónico está cercana a la de la fuente de alimentación trifásica.

En el Módulo de sincronización, en el instante en el que están totalmente apagadas las luces, ajuste el interruptor S1 en la posición I (cerrado), para conectar el generador a la fuente de alimentación trifásica. El generador sincrónico ahora está sincronizado con la fuente de alimentación trifásica.

- ☐ 9. En la Fuente de alimentación, gire gradualmente la perilla de control de la tensión en el sentido horario hasta que la intensidad de línea sea aproximadamente igual a la intensidad nominal de carga completa del generador sincrónico. La potencia activa que indica el Vatímetro/vármetro trifásico debe ser positiva, por lo tanto indica que el generador sincrónico está suministrando potencia a la fuente de alimentación trifásica.

En el Motor/alternador sincrónico trifásico, ajuste la perilla de EXCITACIÓN de tal manera que la potencia reactiva que indica el Vatímetro/vármetro trifásico sea cero.

Ajuste ligeramente la perilla de control de la tensión de la Fuente de alimentación y la perilla de EXCITACIÓN del Motor/alternador sincrónico trifásico hasta que la intensidad de línea sea aproximadamente igual a la intensidad nominal de carga completa del generador sincrónico y la potencia reactiva sea cero.

- ☐ 10. Registre en los siguientes espacios en blanco, la tensión de neutro a línea (indicada en el voltímetro E1), la intensidad de excitación del generador y la velocidad de rotación del generador.

Tensión línea a neutro: _____ V (operación normal)

Intensidad de excitación del generador: _____ A (operación normal)

Velocidad de rotación del generador: _____ r/min (operación normal)

- ☐ 11. En el Relé trifásico de mínima/máxima tensión, ajuste la referencia de la sobretensión al 110% de la tensión línea a neutro que registró en el paso anterior.

Protección por sobretensión de un generador sincrónico

Nota: Por ejemplo, si la tensión línea a neutro medida es de 125 V, la referencia del relé de tensión máxima debe ajustarse al 115%. Esto ajusta la referencia del relé de tensión máxima a 138 V ($120 \text{ V} \times 1,15 = 138 \text{ V}$), lo cual es aproximadamente igual al 110% de la tensión línea a neutro medida ($125 \text{ V} \times 1,1 = 137,5 \text{ V}$).

En el Relé trifásico de mínima/máxima tensión, ajuste al mínimo (-1%) la histéresis de sobretensión (ajuste diferencial de sobretensión).

- ☐ 12. En la Red de transmisión 'A', ajuste el interruptor S3 en la posición O (abierto) para abrir el contactor RC1 y así desconectar la carga (fuente de alimentación trifásica) del generador sincrónico. Mientras hace esto, observe el indicador de disparo (diodo rojo) en el Relé trifásico de mínima/máxima tensión.

Registre en los siguientes espacios en blanco, la tensión de línea a neutro (indicada en el voltímetro E1), la intensidad de excitación del generador y la velocidad de rotación del generador.

Tensión línea a neutro:

_____ V (después de la pérdida de excitación)

Intensidad de excitación del generador:

_____ A (después de la pérdida de excitación)

Velocidad de rotación del generador:

_____ r/min (después de la pérdida de excitación)

Ajuste la perilla de control de la tensión en la posición O y después apague la Fuente de alimentación.

Describe lo que ocurre cuando la carga se desconecta repentinamente del generador sincrónico.

¿Se disparó el Relé de tensión máxima?

☐ Sí ☐ No

- ☐ 13. En la Red de transmisión 'A', ajuste el interruptor S1 en la posición I (cerrado) para cerrar el contactor RC1.

Protección por sobretensión de un generador sincrónico

En el Motor/alternador sincrónico trifásico, ajuste la perilla de EXCITACIÓN en la posición media.

En el Módulo de sincronización, ajuste el interruptor S1 en la posición O (abierto).

Repita los pasos 7 a 9 para comenzar a sincronizar el generador sincrónico.

- ☐ 14. En la Red de transmisión 'A', ajuste el interruptor S3 en la posición I (cerrado) para cerrar el contactor RC3. Esto permite la operación del sistema de protección por sobretensión.

En la Red de transmisión 'A', ajuste el interruptor S1 en la posición O (abierto) para abrir el contactor RC1, y por lo tanto desconecta la carga del generador sincrónico. Mientras hace esto, observe la tensión línea a neutro indicada en el voltímetro E1. Registre en el siguiente espacio en blanco la tensión máxima que lee en el voltímetro E1.

Tensión línea a neutro máxima: _____ V

Registre en los siguientes espacios en blanco, la tensión de línea a neutro, la corriente de excitación del generador y la velocidad de rotación del generador

Tensión línea a neutro:

_____ V (después de la operación de la protección)

Intensidad de excitación del generador:

_____ A (después de la operación de la protección)

Velocidad de rotación del generador:

_____ r/min (después de la operación de la protección)

Ajuste la perilla de control de la tensión en la posición O y después apague la Fuente de alimentación.

Describa lo que ocurrió.

Protección por sobretensión de un generador sincrónico

¿La acción que tomó el sistema de protección aisló la sobretensión en corto tiempo?

☐ Sí ☐ No

- ☐ 15. En la Fuente de alimentación, apague la fuente de alimentación de 24-V CA.

Apague la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección.

Retire todos los cables.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio, usted aprendió que aunque los generadores sincrónicos estén provistos de un regulador de tensión, la sobretensión en la frecuencia de alimentación puede ocurrir en algunas situaciones particulares. Usted vio que la protección por sobretensión en la frecuencia de alimentación puede obtenerse detectando la sobretensión en una etapa preliminar del desarrollo y tomar inmediatamente la acción correctiva. Usted vio que se puede usar un relé trifásico de máxima tensión que se conecta al generador a través de transformadores de tensión para detectar la sobretensión en la frecuencia de alimentación e iniciar la disminución de la intensidad de excitación del generador para evitar que se incremente más la tensión de excitación del generador.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. Las tensiones transitorias se tratan usualmente con
 - a. un relé de tensión máxima que se conecta a las líneas de entrada.
 - b. descargadores de tensiones.
 - c. fusibles y circuitos interruptores.
 - d. ninguno de los anteriores.

2. La sobretensión en la frecuencia de sobretensión puede ocurrir cuando
 - a. un generador hidroeléctrico repentinamente pierde una gran parte de la carga.
 - b. el componente resistivo de la carga se incrementa repentinamente.
 - c. el componente reactivo de la carga cambia repentinamente.
 - d. todas las anteriores.

Protección por sobretensión de un generador síncrono

3. En la detección de la sobretensión

- a. se activa una alarma que advierte al personal de supervisión para que tome la acción correctiva para prevenir daños.
- b. simplemente es reconectada la carga al generador.
- c. la intensidad de excitación del generador se reduce inmediatamente para prevenir daños.
- d. ninguna de las anteriores.

Ejercicio 1-7

Protección por sobreintensidad de un generador sincrónico

OBJETIVO DEL EJERCICIO

Cuando complete este ejercicio, usted estará familiarizado con dos de los tipos de sistemas de protección por sobreintensidad usados más comúnmente.

PRESENTACIÓN

Los generadores sincrónicos usualmente se están equipados con un sistema de protección por sobreintensidad para proveer una protección de respaldo en el evento que ocurra una falla en el sistema principal o primario. La protección por sobreintensidad no se relaciona de ninguna manera con las características térmicas del generador protegido y su intención es operar únicamente bajo condiciones de falla. En este ejercicio, se examinan los siguientes tipos de sistemas de protección por sobreintensidad:

- Protección por sobreintensidad con transformador de intensidad en el extremo neutro del devanado del estator y un resistor a tierra.
- Protección por sobreintensidad con transformador de intensidad en el extremo de la línea del devanado del estator y un resistor a tierra.

Es común energizar relés de sobreintensidad de ca con transformador de intensidad en el extremo neutro de los devanados del estator, como se muestra en la figura 1-22, cuando se protege un generador que supe potencia a un sistema aislado, porque éste responde a condiciones de falla en el devanado como también a condiciones de sobreintensidad. Las referencias de los relés de sobreintensidad se deben seleccionar cuidadosamente para asegurar la operación bajo condiciones de falla a condición de que diferencie el tipo de sistema de protección.

Es común energizar relés de sobreintensidad de ca con transformador de intensidad a final de línea de los devanados del estator, como se muestra en la figura 1-23, cuando los generadores están conectados en paralelo para formar un sistema de potencia mayor. Esto ayuda a determinar las referencias del Relé de intensidad que aseguren la discriminación y si es posible, prevenir la operación por fallas externas.

Para obtener información adicional acerca de estos dos sistemas de protección por sobreintensidad, refiérase a la sección 17.8, titulada "*Overcurrent protection*", en la tercera edición de Protective Relays Application Guide publicada por GEC Alstom Measurements Limited. Otros dos tipos de sistemas de protección por sobreintensidad se describen en las secciones 17.8.1 y 17.8.2 las cuales se titulan "*Voltage controlled overcurrent protection*" y "*Voltage restrained overcurrent protection*", respectivamente.

Protección por sobreintensidad de un generador sincrónico

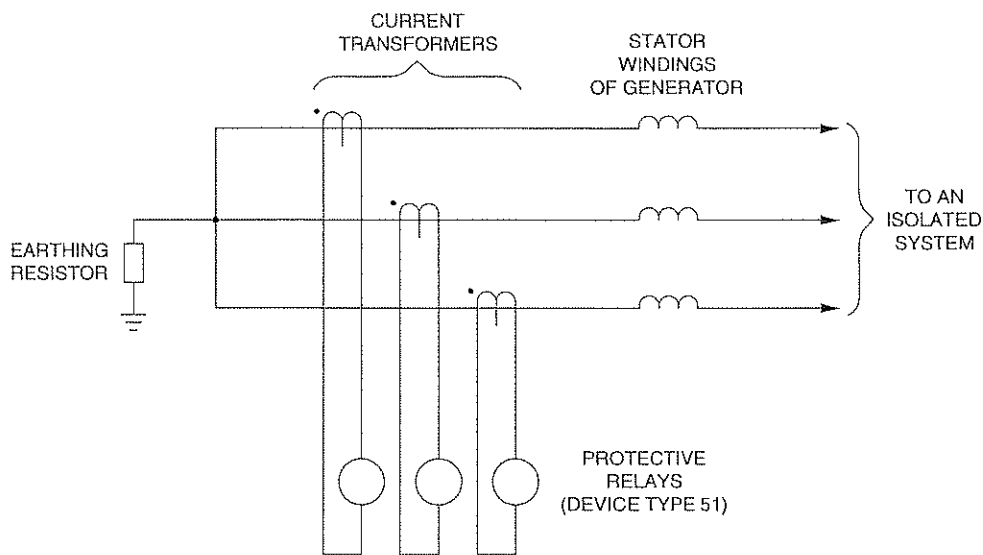


Figura 1-22. Protección por sobreintensidad con transformador de intensidad en el extremo neutro del devanado del estator y un resistor a tierra.

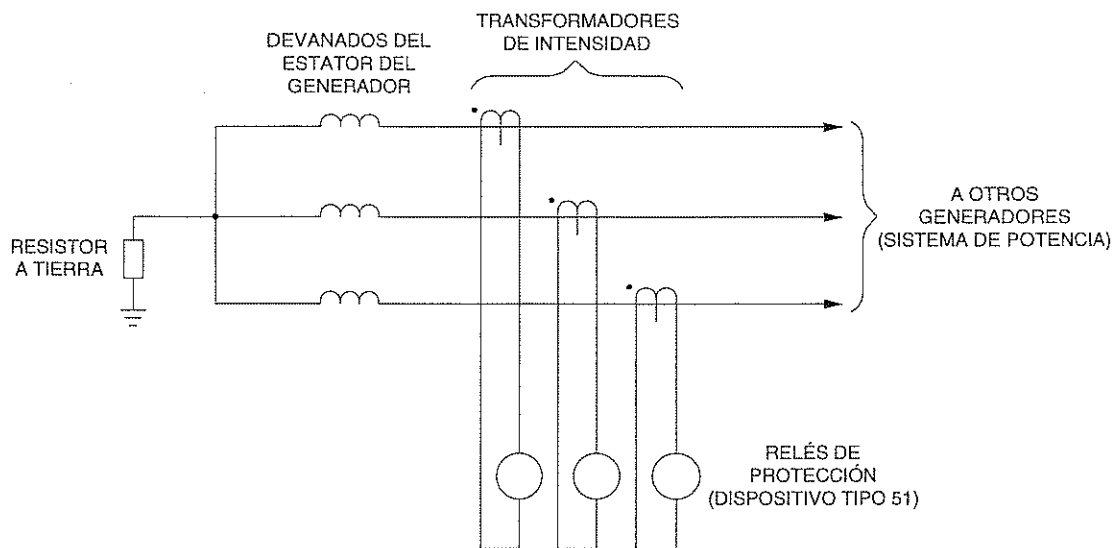


Figura 1-23. Protección por sobreintensidad con transformador de intensidad en el extremo de la línea del devanado del estator y un resistor a tierra.

Resumen del procedimiento

En la primera parte del ejercicio, usted montará el equipamiento en el Puesto de trabajo EMS y en el Puesto de control de relés de protección.

Protección por sobreintensidad de un generador sincrónico

En la segunda parte de este ejercicio, usted conectará el equipo como lo muestran las figuras 1-24 y 1-25. En este circuito, un generador sincrónico suministra potencia activa a la carga resistiva en equilibrio (un sistema aislado). El sistema de protección por sobreintensidad consta de un resistor a tierra, transformador de intensidad localizados en el extremo neutro de los devanados del estator del generador y de un Relé de intensidad trifásico. Cuando la corriente en cualquier momento excede la intensidad de referencia, el contacto de salida del relé se cierra. Esto inicia una corriente de disparo en la bobina del relé auxiliar y causa que los contactores RC1 y RC2 se abran. Esto desconecta la carga del generador y abre el circuito de EXCITACIÓN del generador para parar la generación de potencia eléctrica y por tanto eliminar la corriente de falla.

Usted producirá sucesivamente las fallas de fase a tierra y devanado a tierra y observará la operación del sistema de protección por sobreintensidad.

En la tercera parte de este ejercicio, usted modificará las conexiones para obtener el circuito que muestra la figura 1-26. En este circuito, un generador sincrónico suministra potencia a la fuente de alimentación trifásica. El sistema de protección por sobreintensidad es el mismo que se usa en la parte previa del ejercicio, a excepción de que los transformadores de intensidad que están conectados al extremo de la línea del devanado del estator del generador.

Usted producirá sucesivamente las fallas de fase a tierra y devanado a tierra y observará la operación del sistema de protección por sobreintensidad.

***Nota:** En el circuito de la figura 1-26, el generador se conecta a la fuente de alimentación trifásica a través del módulo de impedancia de la fuente. Esto limita la magnitud de la corriente de falla y por tanto previene el disparo de los circuitos interruptores en la Fuente de alimentación.*

EQUIPAMIENTO REQUERIDO

Refiérase a la tabla de utilización de equipos del apéndice EUC para obtener una lista del equipamiento requerido para este ejercicio.

PROCEDIMIENTO

¡ADVERTENCIA!

¡Altas tensiones están presentes en este ejercicio de laboratorio. No realice ni modifique ninguna conexión en los circuitos bajo tensión a menos que se especifique lo contrario!

Montaje del equipamiento

- ☐ 1. Asegúrese de que el Puesto de control de relés de protección esté conectado a una fuente de alimentación trifásica.

Cerciórese de que la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección esté apagada.

Protección por sobreintensidad de un generador sincrónico

Esté seguro de que todos los interruptores de falla en el Relé de intensidad trifásico estén en la posición O (apagado), luego instale el relé en el Puesto de control de relés de protección.

- ☐ 2. Haga los siguientes ajustes en el Módulo para insertar fallas:

RT1 retardo de tiempo ~1 s
TES1 intervalo de tiempo ~2 s
TES2 intervalo de tiempo ~5 s

Nota: Las perillas de control para ajustar el retardo de tiempo y los intervalos de tiempo se localizan en el relé temporizado RT1 y en los temporizadores de estado sólido TES1 y TES2 que están en el Módulo para insertar fallas.

- ☐ 3. Instale el Módulo de interconexión, la Fuente de alimentación, el Módulo para insertar fallas, el Motor/alternador sincrónico trifásico, el Motor de impulsión/Dinamómetro, los Transformadores con inserción de fallas, la Red de transmisión 'A', los Transformadores de intensidad, la Carga resistiva, los Diodos de potencia, el vatímetro/vármetro trifásico, el Amperímetro ca, el Voltímetro ca, y el Voltímetro/amperímetro cc en el Puesto de trabajo EMS.

Acople mecánicamente el Motor/alternador sincrónico trifásico al Motor de impulsión/Dinamómetro utilizando la correa dentada.

Asegúrese de que la Fuente de alimentación esté apagada y su perilla de control de la tensión esté colocada en la posición O. Conecte la Fuente de alimentación a una de las salidas de potencia trifásica en el panel posterior del Puesto de control de protección por relés.

Nota: Asegúrese de que los terminales de cobre de los paneles posteriores del Puesto de trabajo móvil y el Puesto de trabajo - 3 módulos estén interconectados . Esto asegura la puesta a tierra del equipo instalado en los puestos de trabajo.

En el módulo de Transformadores de intensidad asegúrese que todos los interruptores estén en la posición I (cerrado) para cortocircuitar los devanados secundarios de los transformadores de intensidad.

- ☐ 4. Conecte la ENTRADA DE BAJA POTENCIA del módulo del Motor de impulsión/Dinamómetro y el Vatímetro/vármetro trifásico a la salida 24 V - CA de la Fuente de alimentación.

En la Fuente de alimentación, encienda la fuente de alimentación de 24-V CA.

Protección por sobreintensidad de un generador sincrónico

Protección por sobreintensidad con transformador de intensidad en el extremo neutro del devanado del estator y un resistor a tierra.

- ☐ 5. Conecte el Módulo de interconexión instalado en el Puesto de trabajo-EMS al panel de interconexión del Puesto de control de relés de protección utilizando los cables proporcionados.

Conecte el equipo como se muestra en las figuras 1-24 y 1-25.

Conecte el contactor K1-A del Módulo para insertar fallas al punto de falla 1 que indica la figura 1-24.

- ☐ 6. Haga los siguientes ajustes:

En el Motor/alternador sincrónico trifásico

Interruptor de EXCITACIÓN O (abierto)
Perilla de EXCITACIÓN posición media

En el Motor de impulsión/Dinamómetro

Interruptor de MODO MOTOR DE IMPULSIÓN
Interruptor VISUALIZADOR VELOCIDAD

En la Red de transmisión 'A'

Interruptores S1 y S2 O (abierto)

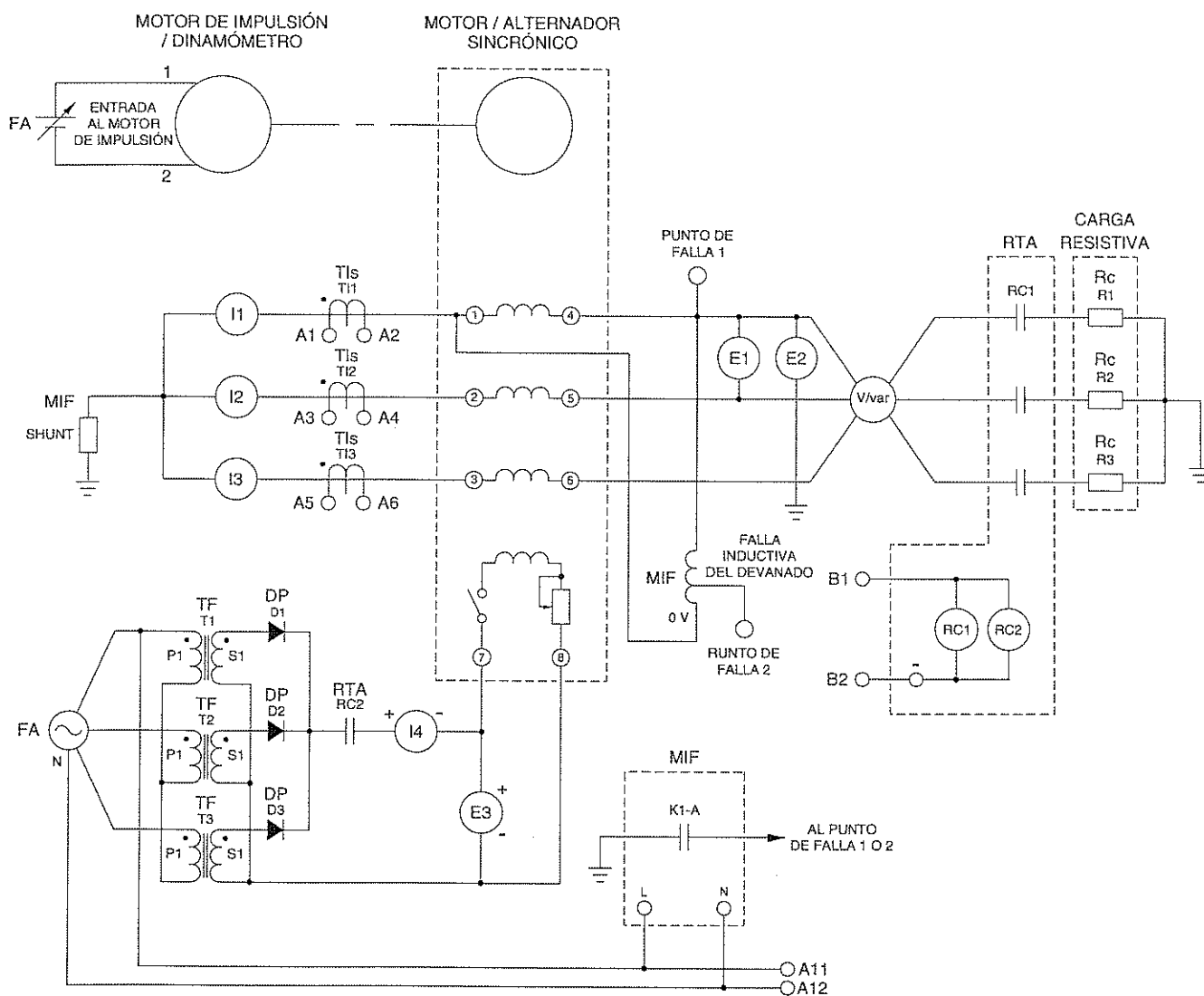
En el Módulo para insertar fallas

Botón de INICIO DE FALLA posición suelta
Interruptor de DURACIÓN DE FALLA 0.3-30 s

Asegúrese que los transformadores de intensidad están conectados como se muestra en la figuras 1-24 y 1-25, luego, ajuste los interruptores de los transformadores de intensidad TI1, TI2, y TI3 en la posición O (abierto) en el módulo de Transformadores de intensidad.

Protección por sobreintensidad de un generador sincrónico

PUESTO DE CONTROL EMS



RED DE TENSIÓN CA (V)	TI1, TI2, TI3	R1, R2, R3	I1, I2, I3	I4	E1, E2	E3
120	1:5 A (5 VA)	400	0,5	2,5	250	200
220	0,5:5 A (5 VA)	1467	0,25	1,5	500	400
240	0,5:5 A (5 VA)	1600	0,25	1,5	500	400

FA = Fuente de alimentación TF = Transformadores con inserción de fallas

DP = Diodos de potencia TIs = Transformadores de intensidad

MIF = Módulo de inserción de fallas RTA= Red de transmisión "A" Rc = Carga resistiva

Figura 1-24. Diagrama de conexión del equipamiento en el Puesto de trabajo EMS.

Protección por sobreintensidad de un generador sincrónico

PUESTO DE CONTROL DE RELÉS DE PROTECCIÓN

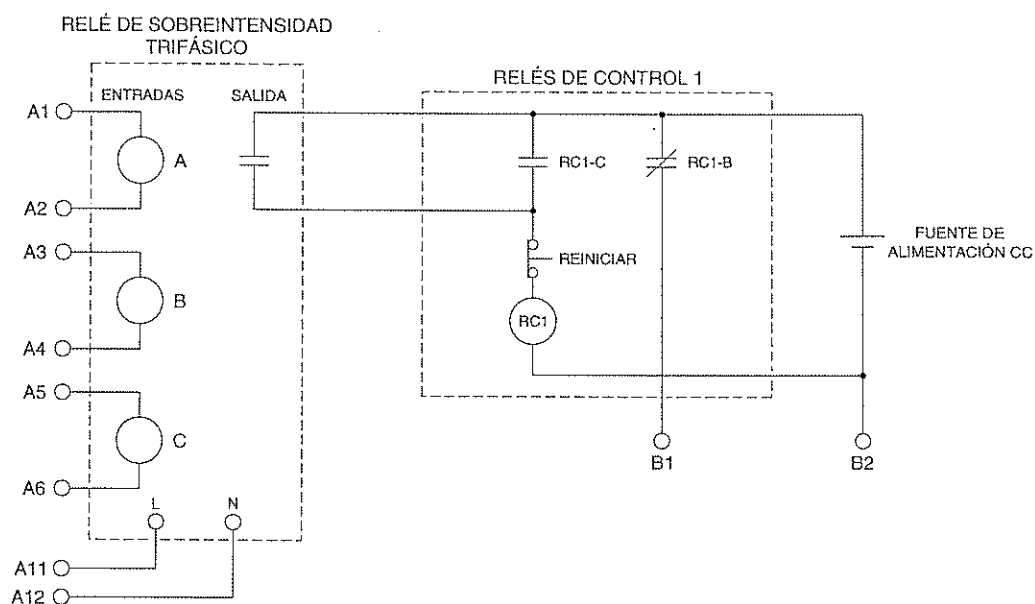


Figura 1-25. Diagrama de conexión del equipamiento en el Puesto de control de relés de protección.

- 7. Ajuste la intensidad de referencia del Relé de intensidad trifásico a aproximadamente 150% de la intensidad nominal de carga completa del generador sincrónico, tomando en cuenta la relación de los transformadores de intensidad.

Nota: Las características del generador sincrónico (velocidad nominal, tensión de línea, velocidad, corriente de carga completa, etc.) se indican en las CARACTERÍSTICAS del panel frontal del Motor/alternador sincrónico trifásico.

Por ejemplo, si la línea de tensión del sistema es 120 V, la intensidad nominal de carga completa del generador es 0.33 A y la relación de los transformadores de intensidad es 1:5 A. Entonces, 150% de la intensidad nominal de carga completa es igual a 0.495 A y la corriente correspondiente en los secundarios del transformador de intensidad es aproximadamente 2,5 A. Conociendo que la intensidad nominal del Relé de intensidad trifásico es 5,0 A, la intensidad de referencia debe ajustarse al 50%.

Ajuste el retardo de tiempo del Relé de intensidad trifásico a aproximadamente 2 s.

Encienda la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección.

Protección por sobreintensidad de un generador sincrónico

- ☐ 8. Encienda la Fuente de alimentación y ajuste la perilla de control de la tensión de tal manera que el Motor de impulsión rote aproximadamente a la velocidad nominal del generador sincrónico.

En el Motor/alternador sincrónico trifásico, ajuste el interruptor de EXCITACIÓN en la posición I (cerrado) de tal manera que el generador sincrónico comience a producir potencia eléctrica.

Ajuste la perilla de EXCITACIÓN del Motor/alternador sincrónico trifásico y la perilla de control de la tensión de la Fuente de alimentación de tal manera que la tensión de línea a línea (indicada en el voltímetro E1) y la velocidad de rotación del generador sincrónico sean iguales a sus valores nominales.

La intensidad de línea debe ser aproximadamente igual a la intensidad nominal de carga completa del generador sincrónico.

- ☐ 9. En el Módulo para insertar fallas, suelte el botón de INICIO DE FALLA para crear una falla sólida de fase a tierra y observe la operación del sistema de protección por sobreintensidad.

Ajuste la perilla de control de la tensión en la posición 0 y después apague la Fuente de alimentación.

Describa lo que ocurrió.

¿El sistema de protección por sobreintensidad aisló la falla?

☐ Sí ☐ No

Protección por sobreintensidad de un generador sincrónico

- ☐ 10. Use un cable para cortocircuitar temporalmente los terminales del contactor RC2, usado para abrir el circuito excitador del generador sincrónico.

En el Módulo para insertar fallas, ajuste el botón de INICIO DE FALLA en la posición suelta.

En los Relés de Control 1 del Puesto de control de relés de protección, presione el botón de REINICIAR del relé de control RC1 para reiniciar el sistema de protección por sobreintensidad.

Refiérase a los pasos 6 y 8 para arrancar el generador sincrónico.

- ☐ 11. En el Módulo para insertar fallas, suelte el botón de INICIO DE FALLA para crear una falla sólida de fase a tierra y observe la operación del sistema de protección por sobreintensidad.

Ajuste la perilla de control de la tensión en la posición 0 y después apague la Fuente de alimentación.

¿El sistema de protección por sobreintensidad aisló la falla? ¿Por qué?

- ☐ 12. Retire los cables que cortocircuitan los contactos del contactor RC2.

En el Módulo para insertar fallas, ajuste el botón de INICIO DE FALLA en la posición suelta.

En los Relés de Control 1 del Puesto de control de relés de protección, presione el botón de REINICIAR del relé de control RC1 para reiniciar el sistema de protección por sobreintensidad.

Desconecte el contactor K1-A del Módulo para insertar fallas del punto de falla 1 luego conéctelo al punto de falla 2 que indica la figura 1-24.

Refiérase a los pasos 6 y 8 para arrancar el generador sincrónico.

- ☐ 13. En el Módulo para insertar fallas, suelte el botón de INICIO DE FALLA para crear una falla de devanado a tierra y observe la operación del sistema de protección por sobreintensidad.

Ajuste la perilla de control de la tensión en la posición 0 y después apague la Fuente de alimentación.

Protección por sobreintensidad de un generador sincrónico

Describa lo que ocurrió.

¿Se aisló la falla?

☐ Sí ☐ No

¿Podría este sistema proporcionar protección contra falla del devanado a tierra si los transformadores de intensidad estuviesen conectados al extremo de la línea del devanado del estator? ¿Por qué?

Apague la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección.

Protección por sobreintensidad con transformador de intensidad en el extremo de la línea del devanado del estator y un resistor a tierra.

- ☐ 14. Retire los cables conectados al Módulo de la carga resistiva, luego retire este módulo del Puesto de trabajo EMS.

Instale la Impedancia de la fuente y el Módulo de sincronización en el Puesto de trabajo EMS.

Modifique las conexiones de tal modo que el equipo esté conectado como se muestra en la figura 1-26. Las conexiones del equipo conectado al Puesto de control de relés de protección no cambian.

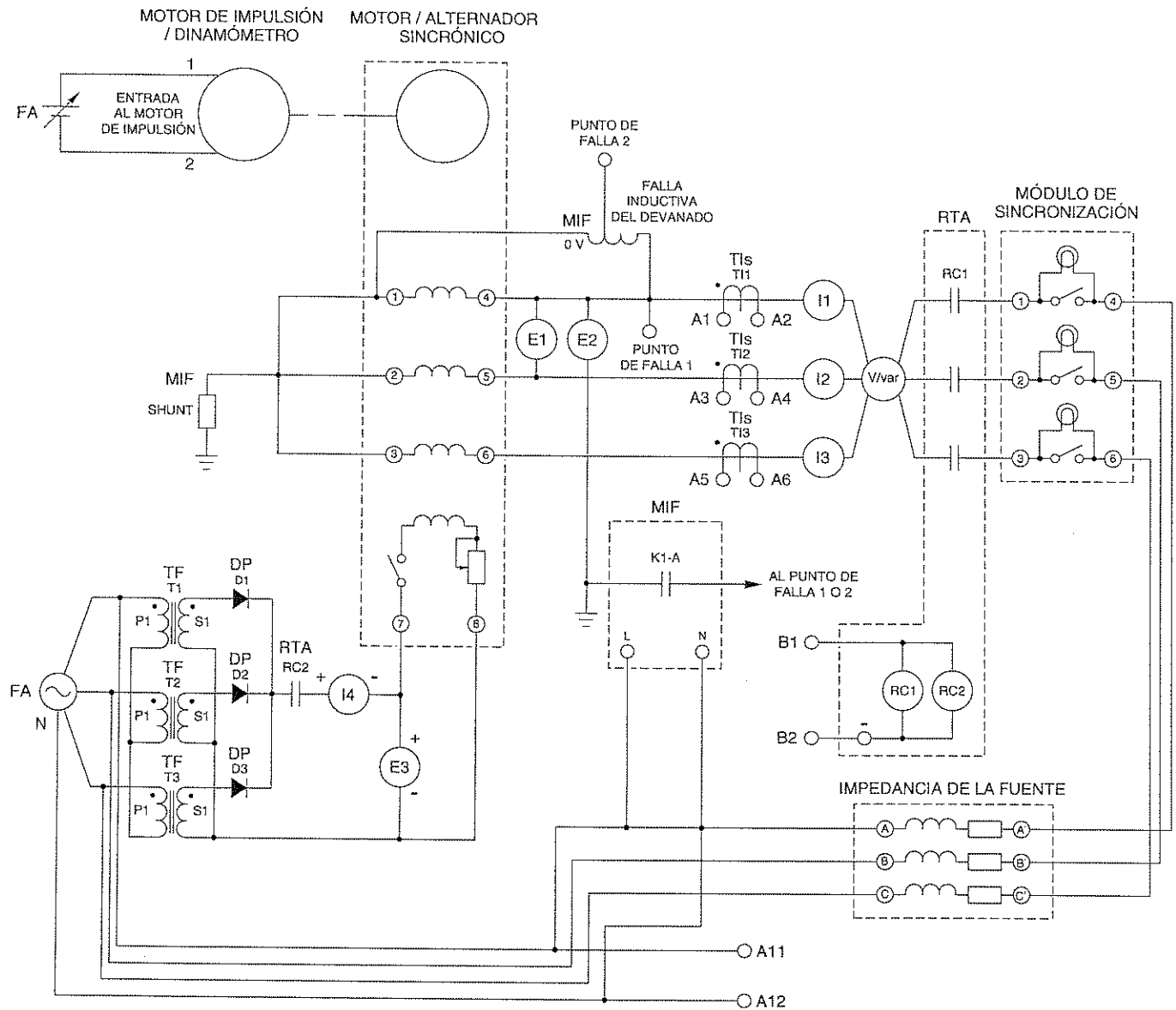
Nota: Sea cuidadoso cuando modifique las conexiones de los transformadores de intensidad

Desconecte el contactor K1-A del Módulo para insertar fallas del punto de falla 2 luego conectelo al punto de falla 1 que indica la figura 1-26.

Encienda la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección.

Protección por sobreintensidad de un generador sincrónico

EMS WORKSTATION



RED DE TENSIÓN CA (V)	TI1, TT12, TI3	I1, I2, I3	I4	E1, E2	E3
120	1:5 A (5 VA)	0,5	2,5	250	200
220	0,5:5 A (5 VA)	0,25	1,5	500	400
240	0,5:5 A (5 VA)	0,25	1,5	500	400

FA = Fuente de alimentación TF = Transformadores con inserción de fallas DP = Diodos de potencia
TIs = Transformadores de intensidad MIF= Módulo de inserción de fallas RTA = Red de transmisión "A"

Figura 1-26. Diagrama de conexión del equipamiento en el Puesto de trabajo EMS.

Protección por sobreintensidad de un generador sincrónico

- ☐ 15. Haga los siguientes ajustes:

En el Motor/alternador sincrónico trifásico

Interruptor de EXCITACIÓN I (cerrado)
Perilla de EXCITACIÓN posición media

En el Motor de impulsión/Dinamómetro

Interruptor de MODO MOTOR DE IMPULSIÓN
Interruptor VISUALIZADOR VELOCIDAD

En la Red de transmisión 'A'

Interruptores S1y S2 O (abierto)

En el Módulo para insertar fallas

Botón de INICIO DE FALLA posición suelta
Interruptor de DURACIÓN DE FALLA 0.3-30 s

En el Módulo de sincronización

Interruptor S1 O (abierto)

Ajuste la intensidad de referencia del Relé de intensidad trifásico a aproximadamente 140% de la intensidad nominal de carga completa del generador sincrónico, teniendo en cuenta la relación de los transformadores de intensidad.

- ☐ 16. Encienda la Fuente de alimentación y ajuste la perilla de control de la tensión de tal manera que el Motor de impulsión rote a la velocidad nominal del generador sincrónico aproximadamente de 50 r/mino menos.

Ajuste la perilla de EXCITACIÓN del Motor/alternador sincrónico trifásico de tal modo que la tensión de línea a línea del generador sincrónico sea aproximadamente igual al valor nominal.

Las luces del Módulo de sincronización deben estar prendiendo y apagando intermitentemente, para indicar que la secuencia de fase del generador corresponde a la de la fuente de alimentación trifásica Si esto no ocurre, apague la Fuente de alimentación, e intercambie las conexiones de los cables en los terminales A y B de la Impedancia de la fuente y encienda la Fuente de alimentación.

- ☐ 17. En la Fuente de alimentación, ajuste gradualmente la perilla de control de la tensión de tal modo que las luces en el Módulo de sincronización estén prendiendo y apagando intermitentemente, más lentamente. Esto indica

Protección por sobreintensidad de un generador sincrónico

que la frecuencia del generador sincrónico está cercana a la de la fuente de alimentación trifásica.

En el Módulo de sincronización, ajuste el interruptor S1 en la posición I (cerrado), en un instante la luz de las luces se reducen completamente para conectar el generador a la fuente de alimentación trifásica. El generador sincrónico ahora está sincronizado con la fuente de alimentación trifásica.

- ☐ 18. En el Fuente de alimentación, gire gradualmente la perilla de control de la tensión en el sentido horario hasta que la intensidad de línea sea aproximadamente igual al valor nominal de carga completa del generador sincrónico. La potencia activa que indica el Vatímetro/vármetro trifásico debe ser positiva, por tanto indica que el generador sincrónico está suministrando potencia a la fuente de alimentación trifásica.

En el Motor/alternador sincrónico trifásico, ajuste la perilla de EXCITACIÓN de tal manera que la potencia reactiva que indica el Vatímetro/vármetro trifásico sea cero.

Reajuste ligeramente la perilla de control de la tensión de la Fuente de alimentación y la perilla de EXCITACIÓN del Motor/alternador sincrónico trifásico hasta que la intensidad de línea sea aproximadamente igual a la intensidad nominal de carga completa del generador sincrónico y la potencia reactiva sea cero.

- ☐ 19. En el Módulo para insertar fallas, suelte el botón de INICIO DE FALLA para crear una falla sólida de fase a tierra y observe la operación del sistema de protección por sobreintensidad.

Ajuste la perilla de control de la tensión en la posición 0 y después apague la Fuente de alimentación.

Describa lo que ocurrió.

¿Se aisló la falla?

☐ Sí ☐ No

- ☐ 20. En el Módulo para insertar fallas, ajuste el botón de INICIO DE FALLA en la posición suelta.

Protección por sobreintensidad de un generador sincrónico

En los Relés de Control 1 del Puesto de control de relés de protección, presione el botón de REINICIAR del relé de control RC1 para reiniciar el sistema de protección por sobreintensidad.

Desconecte el contactor K1-A del Módulo para insertar fallas del punto de falla 1 luego conectelo al punto de falla 2 que indica la figura 1-26.

Repita los pasos 15 al 18 para arrancar y sincronizar el generador sincrónico, y ajuste la cantidad de potencia activa que el generador suministra a la fuente de alimentación trifásica.

- ☐ 21. En el Módulo para insertar fallas, suelte el botón de INICIO DE FALLA para crear una falla de devanado a tierra y observe la operación del sistema de protección por sobreintensidad.

Ajuste la perilla de control de la tensión en la posición 0 y después apague la Fuente de alimentación.

¿Se aisló la falla?

☐ Sí ☐ No

Explique brevemente porqué esta protección por sobreintensidad protege contra fallas del devanado a tierra aún cuando los transformadores de intensidad están conectados al extremo de la línea del devanado del estator del generador.

- ☐ 22. En la Fuente de alimentación, apague la fuente de alimentación de 24-V CA.

Apague la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección.

Retire todos los cables.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio, usted aprendió que es común usar la protección por sobreintensidad en un generador sincrónico como protección de respaldo en el caso de que el sistema primario de protección no sea efectivo. Usted observó las operaciones de los dos sistemas de protección por sobreintensidad. El primer sistema usa un resistor a tierra y transformadores de intensidad que se localizan en el extremo neutro del devanado del estator. El segundo sistema también usa un resistor a tierra pero los transformadores de intensidad están en el extremo de la línea del

Protección por sobreintensidad de un generador sincrónico

devanado del estator. Usted vio que estos dos sistemas proporcionan una protección efectiva contra fallas fase a tierra y fallas devanado a tierra.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. ¿Cuándo se usa más comúnmente la protección por sobreintensidad con transformador de intensidad en el extremo de la línea del devanado del estator y con el resistor a tierra?
 - a. cuando se protege un generador sincrónico que suministra a cargas inductivas pesadas tal como motores grandes.
 - b. cuando se protege un generador sincrónico que suministra potencia a un sistema aislado.
 - c. cuando se protege un generador sincrónico que se conecta a un sistema de potencia grande.
 - d. ninguna de las anteriores.
2. ¿Cuándo se usa más comúnmente la protección por sobreintensidad con transformador de intensidad en el extremo neutro del devanado del estator y con el resistor a tierra?
 - a. cuando se protege un generador sincrónico que suministra a cargas inductivas pesadas tal como motores grandes.
 - b. cuando se protege un generador sincrónico que suministra potencia a un sistema aislado.
 - c. cuando se protege un generador sincrónico que se conecta a un sistema de potencia grande.
 - d. ninguna de las anteriores.
3. En el circuito de la figura 1-24, ¿porqué se usa un contactor (RC2) para abrir el circuito de EXCITACIÓN del generador cuando una falla dispara el sistema de protección por sobreintensidad?
 - a. para proteger el devanado de campo del calentamiento excesivo.
 - b. para parar la generación de potencia eléctrica y por tanto eliminar la corriente de falla que fluye en el generador.
 - c. para proteger los transformadores y los diodos que suministran potencia cc al circuito de EXCITACIÓN.
 - d. ninguna de las anteriores.

Protección por inversión de potencia de un generador sincrónico

OBJETIVO DEL EJERCICIO

Cuando usted complete este ejercicio estará familiarizado con la protección por inversión de potencia de un generador sincrónico.

PRESENTACIÓN

Cuando un generador sincrónico hace parte de un sistema de potencia trifásico consiste de varios generadores conectados en paralelo, éste permanece sincronizado con el sistema aún después que ocurra una falla en el motor de impulsión. La dirección en la cual la potencia activa fluye se invierte (el generador ahora extrae la potencia activa del sistema de potencia) y el generador comienza a funcionar como un motor sincrónico (motorización del generador). El generador solo extrae la cantidad necesaria de potencia activa requerida para manejar el motor de impulsión. Esta situación puede ser o no manejada dependiendo del motor de impulsión que esté manejando el generador. Ciertos motores de impulsión se pueden manejar por el generador motorizado sin causar ningún daño, mientras que otros no. En estos casos, es necesario de un sistema de protección por inversión de potencia para evitar daños en el motor de impulsión.

En un sistema de protección por inversión de potencia es necesario un relé de protección que detecte la dirección del flujo de la potencia activa. Este relé se dispara inmediatamente después de que un retardo de tiempo definido ha transcurrido, cuando cierta cantidad de potencia activa fluye del sistema de potencia al generador. La cantidad de potencia activa que se requiere para que el relé de protección se dispare, se ajusta por debajo del nivel seguro de potencia inversa que soporta el motor de inducción. Esto previene daños en el motor de inducción cuando se invierte la dirección del flujo de la potencia activa, al fallar el motor de inducción. Note que el relé de protección por inversión de potencia usualmente es un dispositivo monofásico aunque el generador sincrónico cuando se motoriza está íntimamente relacionado a la carga en equilibrio.

La figura 1-6 muestra un diagrama simplificado de un sistema de protección por inversión de potencia. En este sistema una de las tres corrientes de línea y las correspondientes tensiones de línea a neutro se miden mediante un transformador de intensidad y un transformador de tensión. La medición de la corriente y la tensión se usa para determinar la cantidad de potencia activa que circula en una fase. Cuando una cantidad significativa de potencia activa fluye en dirección inversa, el relé se dispara e inicia la desconexión del generador del sistema.

Nota: El término "transformador de tensión" que se usa a lo largo de este manual reemplaza el término desaprobado "transformador de potencial", y se refiere a un instrumento transformador que mide tensión.

Protección por inversión de potencia de un generador sincrónico

Note que a los sistemas de protección por inversión de potencia también se refieren a los sistemas de protección anti motorización.

Para obtener información adicional sobre la protección por inversión de potencia de generadores sincrónicos, refiérase a las secciones, 17.15.1 y 19.14.5, tituladas "*Failure of the prime mover*" y "*Reverse power*", respectivamente, en la tercera edición de Protective Relays Application Guide publicada por GEC Alstom Measurements Limited.

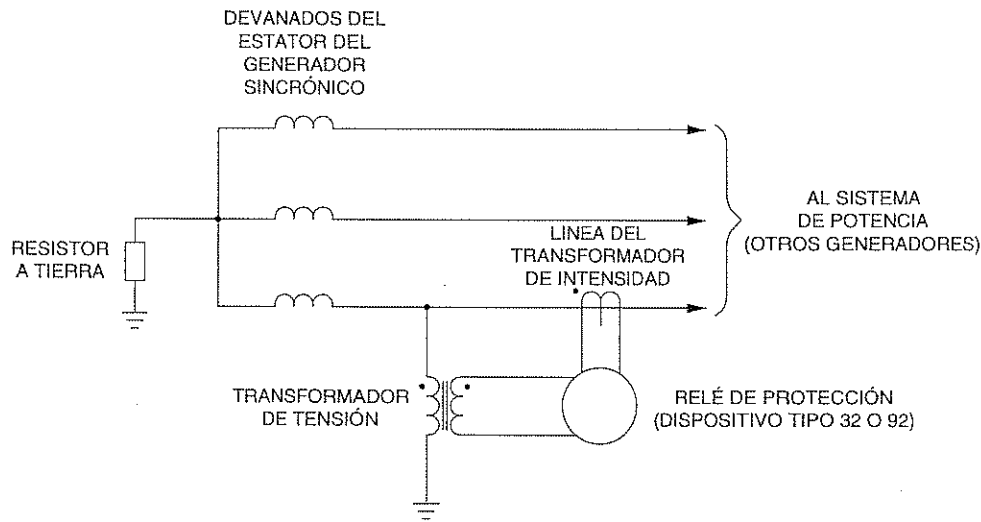


Figura 1-6. Protección por inversión de potencia (anti motorización) de un generador sincrónico.

Resumen del procedimiento

En la primera parte de este ejercicio, usted montará el quipo en el Puesto de trabajo EMS y en el Puesto de control de relés de protección.

En la segunda parte del ejercicio, usted conectará el equipo como lo muestran las figuras 1-7 y 1-8. En este circuito, se conecta un generador sincrónico a la fuente de alimentación trifásica. El sistema de protección por inversión de potencia cuenta con un transformador de intensidad, un transformador de tensión y un relé de protección de potencia inversa. Cuando se invierte la dirección del flujo de la potencia activa, el relé de protección de potencia inversa se dispara. Esto inicia una corriente de disparo en la bobina del relé auxiliar y hace que los contactores RC1 y RC2 se abran. Esto desconecta el generador de la fuente de alimentación, previniendo la motorización del generador y abre el circuito excitador del generador.

Usted abrirá el contactor RC3 para evitar la operación del sistema de protección por inversión de potencia. Con el generador suministrando potencia activa a la fuente de alimentación, usted disminuirá la tensión del motor de impulsión para simular una falla en éste. Esto le permitirá observar la operación del relé de potencia inversa. Usted cerrará el contactor RC3 para permitir la operación del sistema de protección por inversión de potencia. Usted simulará una falla en el

Protección por inversión de potencia de un generador sincrónico

motor de impulsión para observar la operación del sistema de protección por inversión de potencia.

EQUIPAMIENTO REQUERIDO

Consulte la tabla de utilización de equipos del apéndice C para obtener la lista del equipamiento que se requiere para este ejercicio.

PROCEDIMIENTO

¡ADVERTENCIA!

¡Altas tensiones están presentes en este ejercicio de laboratorio. No realice ni modifique ninguna conexión en los circuitos bajo tensión a menos que se especifique lo contrario!

Montaje del equipamiento

- ☐ 1. Asegúrese de que el Puesto de control de relés de protección esté conectado a una fuente de alimentación trifásica.

Asegúrese de que la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección esté apagada.

Asegúrese de que todos los interruptores de falla en el Relé de potencia inversa estén en posición O (apagado) y luego instalelo en el Puesto de control de relés de protección.

- ☐ 2. Instale el Módulo de interconexión, la Fuente de alimentación, el Módulo para insertar fallas, el Motor/alternador sincrónico trifásico, el Motor de impulsión/Dinamómetro, los Transformadores con inserción de fallas, la Red de transmisión 'A', los transformadores de intensidad, los Transformadores de tensión, los Diodos de potencia, el Módulo de sincronización, el Vatímetro/vármetro trifásico, el Amperímetro ca, el Voltímetro ca, y el Voltímetro/amperímetro cc en el Puesto de trabajo EMS

Acople mecánicamente el Motor/alternador sincrónico trifásico al Motor de impulsión/Dinamómetro utilizando la correa dentada.

Asegúrese de que la Fuente de alimentación esté apagada y su perilla de control de la tensión esté colocada en la posición O. Conecte la Fuente de alimentación a una de las salidas de potencia trifásica en el panel posterior del Puesto de control de protección por relés.

Nota: Asegúrese de que los terminales de cobre de los paneles posteriores del Puesto de trabajo móvil y en el Puesto de trabajo de 3 módulos estén interconectados. Esto asegura la puesta a tierra del equipo instalado en los puestos de trabajo.

Protección por inversión de potencia de un generador sincrónico

En el módulo transformador de intensidad asegúrese de que todos los interruptores estén en la posición I (cerrado) para cortocircuitar los secundarios de los transformadores de intensidad.

- ☐ 3. Conecte la ENTRADA DE BAJA POTENCIA del módulo Motor de impulsión/Dinamómetro a la salida 24 V - CA de la Fuente de alimentación.

En la Fuente de alimentación, encienda la fuente de alimentación de 24-V CA.

Protección por inversión de potencia de un generador sincrónico

- ☐ 4. Conecte el Módulo de interconexión instalado en el Puesto de trabajo-EMS al panel de interconexión del Puesto de control de relés de protección utilizando los cables proporcionados.

Conecte el equipo como se muestra en las figuras 1-11 y 1-12.

Nota: Las abreviaciones reemplazan los nombres completos de los módulos cuando no hay suficiente espacio en los diagramas de conexión. El nombre del módulo correspondiente a cada abreviación se indica en la parte inferior de los diagramas.

Los terminales abiertos tales como A1, A2, B1, etc., en el diagrama de conexión del equipamiento instalado en el Puesto de trabajo EMS deben conectarse a través del Módulo de interconexión y el panel de interconexión, a los terminales correspondientes en el diagrama de conexión del equipamiento instalado en el Puesto de control de relés de protección.

- ☐ 5. Haga los siguientes ajustes:

En el Motor/alternador sincrónico trifásico

Interruptor de EXCITACIÓN I (cerrado)
Perilla de EXCITACIÓN posición media

En el Motor de impulsión/Dinamómetro

Interruptor de MODO MOTOR DE IMPULSIÓN
Interruptor VISUALIZADOR VELOCIDAD

En la Red de transmisión 'A'

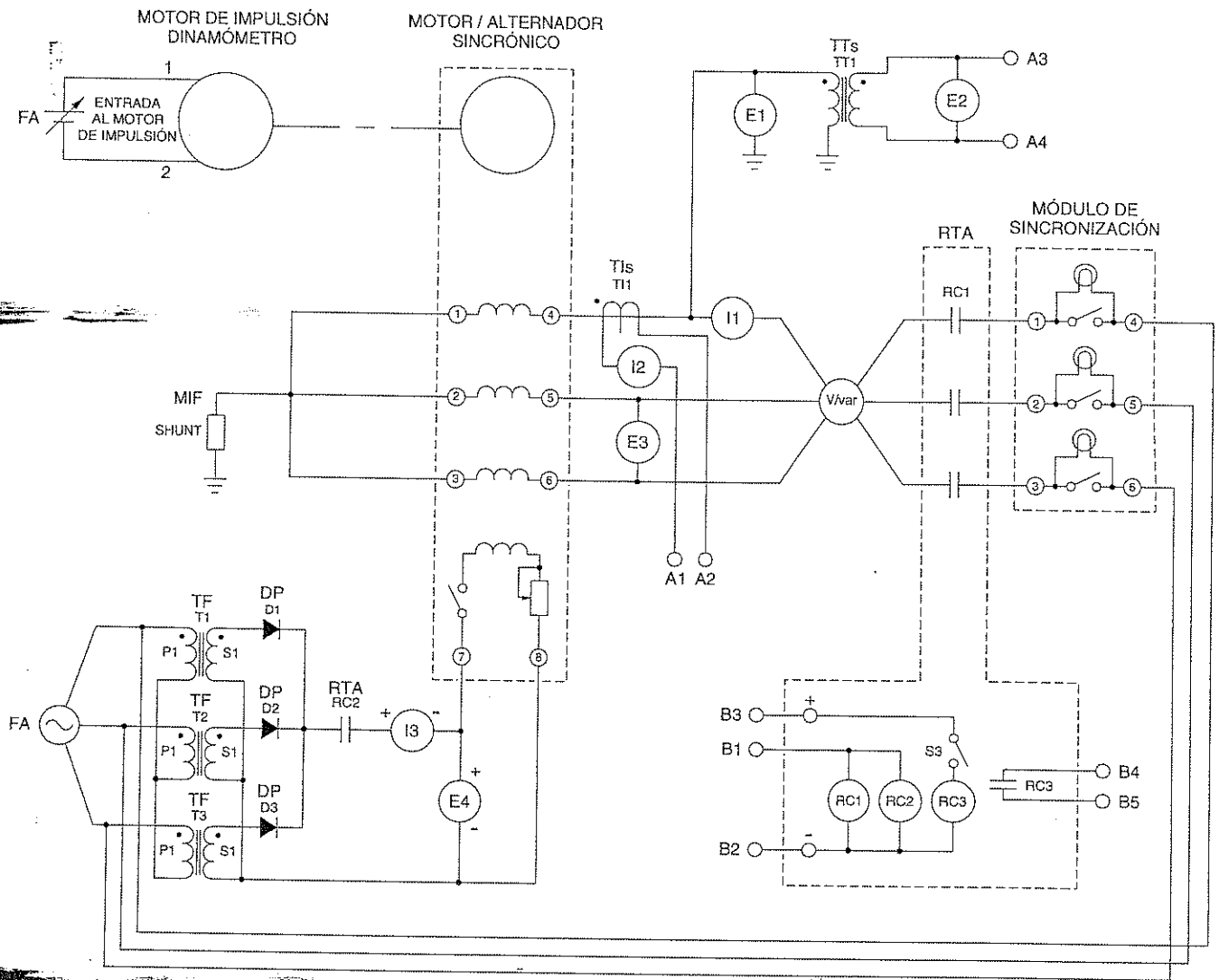
Interruptores S1 y S2 O (abierto)

En el Módulo de sincronización

Interruptor S1 O (abierto)

Protección por inversión de potencia de un generador sincrónico

PUESTO DE TRABAJO EMS



RED DE TENSIÓN CA (V)	TI1	TT1	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)	E1, E2, E3 (V)	E4 (V)
120	1:5 A (5 VA)	208:120 V	0,5	2,5	2,5	250	200
220	0,5:5 A (5 VA)	380:120 V	0,25	1,5	1,5	500	400
240	0,5:5 A (5 VA)	415:120 V	0,25	1,5	1,5	500	400

FA = Fuente de alimentación TF = Transformadores con inserción de fallas DP = Diodos de potencia TIs = Transformadores de intensidad TTs = Transformadores de tensión MIF= Módulo de inserción de fallas RTA= Red de transmisión "A"

Figura 1-7. Diagrama de conexión del equipamiento al Puesto de trabajo EMS.

Protección por inversión de potencia de un generador sincrónico

PUESTO DE CONTROL DE RELÉS DE PROTECCIÓN

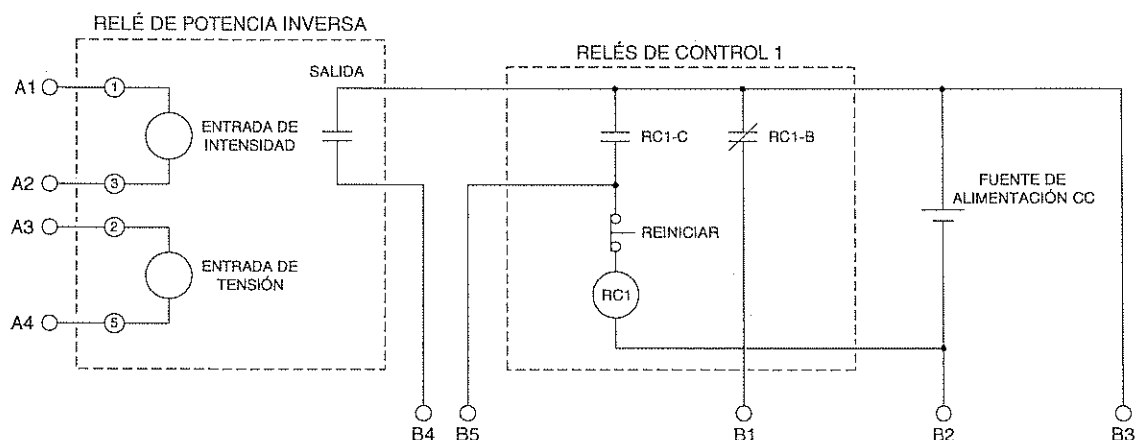


Figura 1-8. Diagrama de conexión del equipamiento al Puesto de control de relés de protección.

Asegúrese de que los transformadores de intensidad se conecten como lo muestra la figura 1-7 y 1-8, luego ajuste los interruptores en la posición O (abierto) del transformador de intensidad T11 a en el módulo de transformadores de intensidad.

- ☐ 6. Ajuste la referencia y el retardo de tiempo del Relé de potencia inversa a 2% y 0 s, respectivamente.

Encienda la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección.

En la Red de transmisión 'A', ajuste el interruptor S3 en la posición O (abierto) para abrir el contactor RC3. Esto evita que opere el sistema de protección por inversión de potencia y permite observar la operación del Relé de potencia inversa.

- ☐ 7. Encienda la Fuente de alimentación y ajuste la perilla de control de la tensión de tal manera que el Motor de impulsión gire a la velocidad nominal del generador sincrónico que es aproximadamente 50 r/min o menos.

Nota: Las características del generador sincrónico (velocidad nominal, tensión de línea, velocidad, corriente de carga completa, etc.) se indican en las CARACTERÍSTICAS del panel frontal del Motor/alternador sincrónico trifásico.

Protección por inversión de potencia de un generador sincrónico

Ajuste la perilla de excitación del Motor/alternador sincrónico trifásico de tal modo que la tensión de línea a línea del generador sincrónico (indicada en el voltímetro E3) sea aproximadamente igual al valor nominal.

Las luces del Módulo de sincronización deben ser intermitentes para indicar que la secuencia de fase del generador corresponde a la de la fuente de alimentación trifásica. Si esto no ocurre, apague la Fuente de alimentación e intercambie las conexiones de los cables en los terminales 4 y 5 del Módulo de sincronización y encienda la Fuente de alimentación.

- ☐ 8. En la Fuente de alimentación, cloque gradualmente la perilla de control de la tensión de tal modo que las luces en el Módulo de sincronización estén prendiendo y apagando intermitentemente. Esto indica que la frecuencia del generador sincrónico está muy cercana de la fuente de alimentación trifásica.

En el Módulo de sincronización, ajuste el interruptor S1 en la posición I (cerrado), en un instante las luces se reducen completamente para conectar el generador a la fuente de alimentación trifásica.

- ☐ 9. En la Fuente de alimentación, ajuste gradualmente la perilla de control de la tensión en el sentido horario, hasta que la intensidad de línea (indicada en el amperímetro I1) sea aproximadamente igual a la intensidad nominal de carga completa del generador sincrónico. La potencia activa que indica el Vatímetro/vármetro trifásico debe ser positiva, de ese modo indica que el generador sincrónico está suministrando potencia a la fuente de alimentación trifásica.

En el Motor/alternador sincrónico trifásico, ajuste la perilla de EXCITACIÓN de tal manera que la potencia reactiva que indica el Vatímetro/vármetro trifásico sea cero.

- ☐ 10. En la Fuente de alimentación, gire lenta y totalmente la perilla de control de la tensión en el sentido antihorario hasta reducir a cero la tensión aplicada al motor de impulsión y de este modo simular una falla en el Motor de impulsión. Mientras hace esto, observe el diodo indicador del disparo del relé en el Relé de potencia inversa y la potencia activa que indica el Vatímetro/vármetro trifásico.

Describa lo que sucede cuando falla el motor de impulsión.

Protección por inversión de potencia de un generador sincrónico

PUESTO DE CONTROL DE RELÉS DE PROTECCIÓN

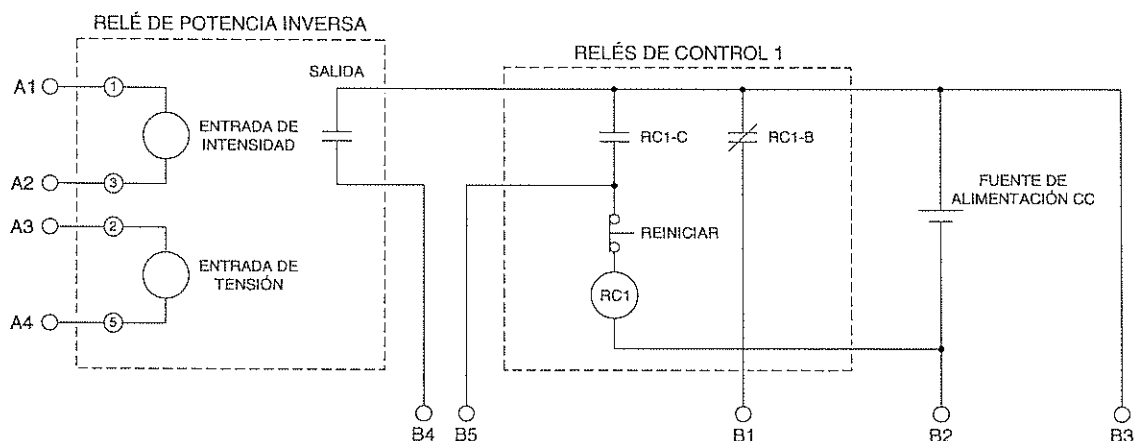


Figura 1-8. Diagrama de conexión del equipamiento al Puesto de control de relés de protección.

Asegúrese de que los transformadores de intensidad se conecten como lo muestra la figura 1-7 y 1-8, luego ajuste los interruptores en la posición O (abierto) del transformador de intensidad TI1 a en el módulo de transformadores de intensidad.

- ☐ 6. Ajuste la referencia y el retardo de tiempo del Relé de potencia inversa a 2% y 0 s, respectivamente.

Encienda la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección.

En la Red de transmisión 'A', ajuste el interruptor S3 en la posición O (abierto) para abrir el contactor RC3. Esto evita que opere el sistema de protección por inversión de potencia y permite observar la operación del Relé de potencia inversa.

- ☐ 7. Encienda la Fuente de alimentación y ajuste la perilla de control de la tensión de tal manera que el Motor de impulsión gire a la velocidad nominal del generador sincrónico que es aproximadamente 50 r/min o menos.

Nota: Las características del generador sincrónico (velocidad nominal, tensión de línea, velocidad, corriente de carga completa, etc.) se indican en las CARACTERÍSTICAS del panel frontal del Motor/alternador sincrónico trifásico.

Protección por inversión de potencia de un generador sincrónico

Ajuste la perilla de excitación del Motor/alternador sincrónico trifásico de tal modo que la tensión de línea a línea del generador sincrónico (indicada en el voltímetro E3) sea aproximadamente igual al valor nominal.

Las luces del Módulo de sincronización deben ser intermitentes para indicar que la secuencia de fase del generador corresponde a la de la fuente de alimentación trifásica. Si esto no ocurre, apague la Fuente de alimentación e intercambie las conexiones de los cables en los terminales 4 y 5 del Módulo de sincronización y encienda la Fuente de alimentación.

- ☐ 8. En la Fuente de alimentación, cloque gradualmente la perilla de control de la tensión de tal modo que las luces en el Módulo de sincronización estén prendiendo y apagando intermitentemente. Esto indica que la frecuencia del generador sincrónico está muy cercana de la fuente de alimentación trifásica.

En el Módulo de sincronización, ajuste el interruptor S1 en la posición I (cerrado), en un instante las luces se reducen completamente para conectar el generador a la fuente de alimentación trifásica.

- ☐ 9. En la Fuente de alimentación, ajuste gradualmente la perilla de control de la tensión en el sentido horario, hasta que la intensidad de línea (indicada en el amperímetro I1) sea aproximadamente igual a la intensidad nominal de carga completa del generador sincrónico. La potencia activa que indica el Vatímetro/vármetro trifásico debe ser positiva, de ese modo indica que el generador sincrónico está suministrando potencia a la fuente de alimentación trifásica.

En el Motor/alternador sincrónico trifásico, ajuste la perilla de EXCITACIÓN de tal manera que la potencia reactiva que indica el Vatímetro/vármetro trifásico sea cero.

- ☐ 10. En la Fuente de alimentación, gire lenta y totalmente la perilla de control de la tensión en el sentido antihorario hasta reducir a cero la tensión aplicada al motor de impulsión y de este modo simular una falla en el Motor de impulsión. Mientras hace esto, observe el diodo indicador del disparo del relé en el Relé de potencia inversa y la potencia activa que indica el Vatímetro/vármetro trifásico.

Describa lo que sucede cuando falla el motor de impulsión.

Protección por inversión de potencia de un generador sincrónico

- ☐ 11. En la Fuente de alimentación, ajuste la perilla de control de la tensión de tal modo que la potencia activa indicada en el Vatímetro/vármetro trifásico sea positiva y la intensidad de línea del generador sincrónico sea aproximadamente igual al valor nominal.

Ajuste la posición de referencia del Relé de potencia inversa a aproximadamente 15%.

En la Fuente de alimentación, gire lenta y totalmente la perilla de control de la tensión en el sentido antihorario hasta reducir a cero la tensión aplicada al motor de impulsión. Mientras hace esto, observe el diodo indicador del disparo del relé en el Relé de potencia inversa y la potencia activa indicada por el Vatímetro/vármetro trifásico.

Describa lo que sucedió cuando falló el motor de impulsión. Explique brevemente porqué.

- ☐ 12. En el Relé de potencia inversa, disminuya lentamente la referencia al 2% mientras observa el indicador de disparo del relé. Describa lo que ocurrió.

¿Esto confirma la explicación que dio en el paso anterior?

☐ Sí ☐ No

- ☐ 13. En la Fuente de alimentación, ajuste la perilla de control de la tensión de tal modo que la potencia activa que indica el Vatímetro/vármetro trifásico sea positiva y la intensidad de línea del generador sincrónico sea aproximadamente igual al valor nominal.

En los Relés de control 1 del Puesto de control de relés de protección, presione el botón REINICIAR del relé de control RC1 para reiniciar el sistema de protección por inversión de potencia.

En la Red de transmisión 'A', ajuste el interruptor S3 en la posición I (cerrado) para cerrar el contactor RC3. Esto permite la operación del sistema de protección por inversión de potencia.

Ajuste el retardo de tiempo del Relé de potencia inversa a aproximadamente 2 s.

Protección por inversión de potencia de un generador sincrónico

- ☐ 14. En la Fuente de alimentación, gire la perilla de control de la tensión completamente en el sentido antihorario hasta reducir a cero la tensión aplicada al motor de impulsión. Mientras hace esto, observe el diodo indicador del disparo en del Relé de potencia inversa y la potencia activa que indica el Vatímetro/vármetro trifásico.

Apague la Fuente de alimentación.

Describa lo que ocurrió cuando falló el motor de impulsión.

- ☐ 15. En la Fuente de alimentación, apague la fuente de alimentación de 24-V CA.

Apague la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección.

Retire todos los cables.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio, usted aprendió que la protección por inversión de potencia (anti motorización) es necesario cuando un generador motorizado puede causar daños al motor de impulsión. Usted también vio que la protección por inversión de potencia puede implementarse mediante el uso de un relé de potencia inversa, un transformador de intensidad y un transformador de tensión. Usted observó que cuando un generador extrae cierta cantidad de potencia activa del sistema de potencia, el relé de protección de potencia inversa se dispara y el generador se desconecta del sistema para evitar daños en el motor de impulsión. Usted vio que el relé de protección de potencia inversa usualmente es un dispositivo monofásico a pesar de que el generador sincrónico cuando se motoriza es inherentemente una carga en equilibrio.

Protección por inversión de potencia de un generador sincrónico

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. ¿Qué quiere decir motorización del generador?
 - a. Es otra manera de referirse a un motor de impulsión que maneja un generador sincrónico.
 - b. Un generador sincrónico que suministra potencia activa a un motor de inducción trifásico.
 - c. Un generador sincrónico conectado en paralelo con otros generadores y que empieza a operar como un motor sincrónico cuando ocurre una falla en su motor de impulsión.
 - d. Ninguna de las anteriores.

2. Es necesaria la protección de inversión de potencia (antimotorización) cuando
 - a. un generador sincrónico suministra potencia a cargas inductivas.
 - b. un generador sincrónico se conecta en paralelo con otros generadores
 - c. la motorización del generador puede causar daños al motor de impulsión.
 - d. ninguna de las anteriores.

3. El relé de protección en el sistema de protección por inversión de potencia de un generador sincrónico es
 - a. usualmente es un dispositivo monofásico aunque el generador motorizado es una carga en equilibrio.
 - b. usualmente es un dispositivo monofásico o trifásico dependiendo del tipo de motor de impulsión.
 - c. debe ser un dispositivo trifásico porque el generador sincrónico es un dispositivo trifásico.
 - d. ninguna de las anteriores.

Ejercicio 3-1

Protección por falla en el devanado del estator

OBJETIVO DEL EJERCICIO

Cuando complete este ejercicio, usted estará familiarizado con los sistemas que se usan para proteger motores de inducción trifásicos contra fallas eléctricas en los devanados del estator.

PRESENTACIÓN

Las fallas a tierra, las fallas fase a fase y defectos entre espiras pueden ocurrir en los devanados del estator de un motor de inducción trifásico. Entre estas fallas, las fallas a tierra son las más comunes. Afortunadamente, la falla a tierra en los devanados del estator de un motor de inducción trifásico se pueden detectar fácilmente mediante el uso de la protección por falla a tierra convencional. La figura 3-1 es un diagrama simplificado que muestra la protección por falla a tierra convencional que se aplica a un motor de inducción trifásico.

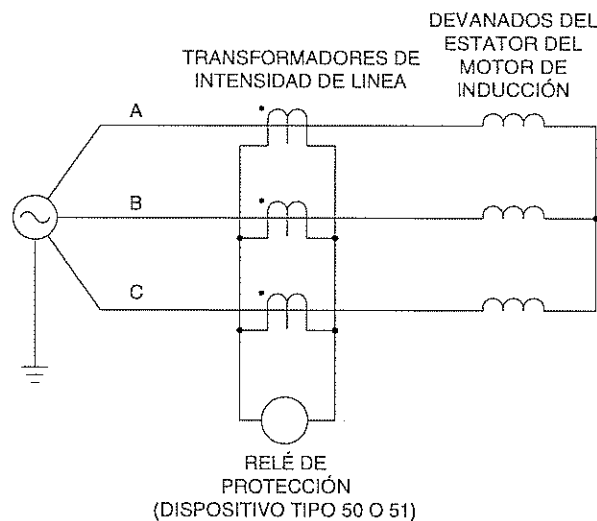


Figura 3-1. Diagrama simplificado de un sistema convencional de protección por falla a tierra que protege los devanados del estator de un motor de inducción trifásico .

Los devanados secundarios de los transformadores de intensidad de línea se conectan en paralelo para obtener el vector suma de las corrientes de línea. Esta suma es virtualmente cero a menos que ocurra una falla a tierra en uno de los devanados del estator. El relé de protección puede ser un relé de intensidad instantáneo. La característica usual del relé es aproximadamente el 20% de la intensidad nominal de carga completa del motor. Sin embargo, se debe tener cuidado cuando se ajusta el relé de protección. La característica del relé debe ser lo suficientemente alta para evitar un disparo indeseado del relé debido a la corriente residual que resulta de una saturación desigual de los transformadores de intensidad de línea durante el pico inicial de la corriente de arranque del motor.

Protección por falla en el devanado del estator

Casi nunca ocurren fallas fase a fase en el motor de inducción trifásico debido a la gran cantidad de aislamiento que se provee entre cada uno de los devanados del estator. Además, las fallas fase a fase se convierten rápidamente en fallas a tierra debido a que los devanados del estator están encerrados en un cuerpo metálico que está aterrizado. Como resultado, el sistema de protección por falla a tierra que se muestra en la figura 3-1 proporciona también cierta protección contra fallas fase a fase. Sin embargo, en motores de inducción grandes e importantes, la protección diferencial se usa algunas veces para proteger contra fallas fase a fase antes que ésta evolucione a una falla a tierra, por tanto limita los daños en los devanados del estator. Además, cuando un motor de inducción trifásico se conecta a un sistema sin tierra, se requiere de la protección diferencial para proteger contra fallas fase a fase. La figura 3-2 muestra el diagrama simplificado del sistema de protección diferencial que protege un motor de inducción trifásico. El principio de operación es el mismo que para la protección diferencial de un generador y que se explicó en el ejercicio 1-1 de este manual.

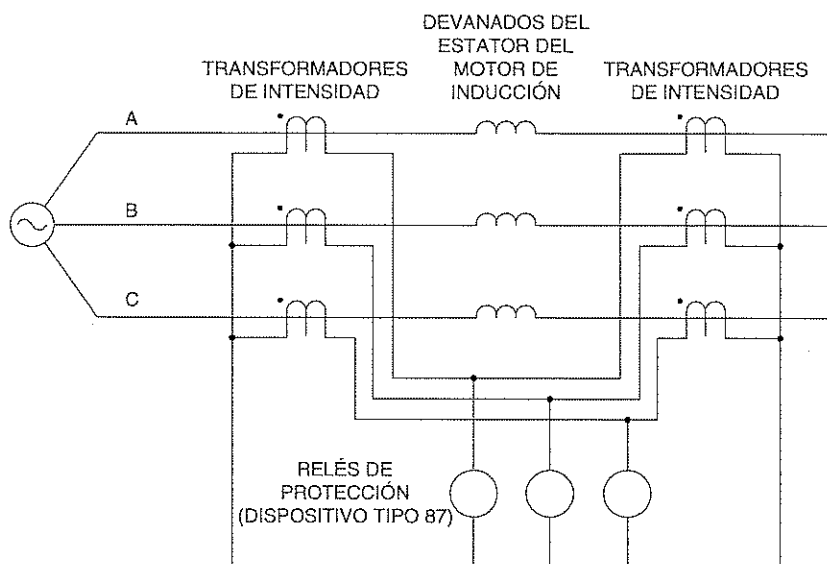


Figura 3-2. Diagrama simplificado del sistema de protección diferencial que protege los devanados del estator de un motor de inducción trifásico.

Los defectos entre espiras en los devanados del estator de un motor de inducción son muy difíciles de detectar, y por lo tanto, se requiere de un equipo más complejo de protección. Por esta razón, la protección contra defectos entre espiras usualmente no se aplica.

Para obtener información adicional acerca de la protección por falla en el devanado del estator, refiérase a la sección 20.14, titulada "*Electrical faults in stator windings*", en la tercera edición de *Protective Relays Application Guide* publicada por GEC Alsthom Measurements Limited.

Protección por falla en el devanado del estator

Resumen del procedimiento

En la primera parte del ejercicio, usted montará el equipamiento en el Puesto de trabajo EMS y en el Puesto de control de relés de protección.

En la segunda parte de este ejercicio, usted conectará el equipo como lo muestran las figuras 3-3 y 3-4. En este circuito, un motor de inducción trifásico que se conecta a un sistema a tierra, se protege por un sistema convencional de protección por falla a tierra. Cuando ocurre una falla a tierra en uno de los devanados del estator del motor, una corriente residual fluye desde los devanados del secundario del TI que se conecta en paralelo y el relé de intensidad se dispara. Esto crea la corriente de disparo en el relé de control RC1. El contactor RC1-C se cierra para memorizar la falla y se enciende el botón correspondiente de reiniciar. El contactor RC1-B se abre para abrir el contactor RC1, y así desconecta el motor de inducción de la fuente de alimentación.

Usted producirá sucesivamente una falla a tierra y una falla fase a fase para observar la operación del sistema de protección por falla a tierra. Usted quitará el resistor a tierra y repetirá las fallas para observar la operación del sistema de protección por falla a tierra cuando el motor se conecta a un sistema sin tierra.

En la tercera parte del ejercicio, usted modificará las conexiones del equipo para obtener un sistema de protección diferencial como se muestra en la figuras 3-5 y 3-6. Usted producirá las mismas fallas que en la segunda parte de este ejercicio para observar la operación del sistema de protección diferencial. Usted quitará el resistor a tierra y repetirá las fallas para observar la operación del sistema de protección por falla a tierra cuando el motor se conecta a un sistema sin tierra.

EQUIPAMIENTO REQUERIDO

Refiérase a la tabla de utilización de equipos del apéndice C para obtener una lista del equipamiento que se requiere para este ejercicio.

PROCEDIMIENTO

¡ADVERTENCIA!

¡Altas tensiones están presentes en este ejercicio de laboratorio. No realice ni modifique ninguna conexión en los circuitos bajo tensión a menos que se especifique lo contrario!

Montaje del equipamiento

- ☐ 1. Asegúrese de que el Puesto de control de relés de protección esté conectado a una fuente de alimentación trifásica.

Cerciórese de que la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección esté apagada.

Protección por falla en el devanado del estator

Esté seguro de que todos los interruptores de falla en el Relé de intensidad para ca/cc estén en la posición O (apagado) y luego instalelo en el Puesto de control de relés de protección.

- 2. Haga los siguientes ajustes en el Módulo para insertar fallas:

RT1 retardo de tiempo ~1 s
TES1 intervalo de tiempo ~3 s
TES2 intervalo de tiempo ~10 s

Nota: Las perillas de control para ajustar el retardo de tiempo y los intervalos de tiempo se localizan en el relé temporizado RT1 y en los temporizadores de estado sólido TES1 y TES2 que están en el Módulo para insertar fallas.

- 3. Instale el Módulo de interconexión, la Fuente de alimentación, el Módulo para insertar fallas, el Motor de inducción jaula de ardilla 4 polos, los Transformadores con inserción de fallas, la Red de transmisión 'A', los transformadores de intensidad, la Carga resistiva, el Amperímetro ca y el Voltímetro ca en el Puesto de trabajo EMS.

Asegúrese de que la Fuente de alimentación esté apagada y su perilla de control de la tensión esté colocada en la posición O. Conecte la Fuente de alimentación a una de las salidas de potencia trifásica en el panel posterior del Puesto de control de protección por relés.

Nota: Asegúrese de que los terminales de cobre de los paneles posteriores del Puesto de trabajo móvil y el Puesto de trabajo - 3 módulos estén interconectados. Esto asegura la puesta a tierra del equipo instalado en los puestos de trabajo.

En el módulo de transformadores de intensidad asegúrese que todos los interruptores estén en la posición I (cerrado) para cortocircuitar los devanados secundarios de los transformadores de intensidad.

Protección por falla a tierra de los devanados del estator del motor.

- 4. Conecte el Módulo de interconexión instalado en el Puesto de trabajo-EMS al panel de interconexión del Puesto de control de relés de protección utilizando los cables proporcionados.

Conecte el equipo como se muestra en las figuras 3-3 y 3-4. En el Módulo para insertar fallas, conecte el contactor K1-A a tierra.

Protección por falla en el devanado del estator

- ☐ 5. Haga los siguientes ajustes:

En la Red de transmisión 'A'

Interruptor S1 O (abierto)

En el Relé de intensidad para ca/cc

Interruptor de ENTRADA CA

Interruptor de MODO SOBREINTENSIDAD

En el Módulo para insertar fallas

Botón de INICIO DE FALLA posición suelta

Interruptor de DURACIÓN DE FALLA 0.05-5 s

Asegurese que los transformadores de intensidad se conectan como se muestra en la figura 3-3 luego ajuste los interruptores de los transformadores de intensidad TI1 a TI3 en la posición O (abierto) en el módulo de los transformadores de intensidad.

- ☐ 6. Ajuste la intensidad de referencia y la histéresis en el Relé de intensidad para ca/cc a 1,2 A y 5%, respectivamente. Esto hace que el Relé de intensidad para ca/cc se dispare cuando la corriente residual alcance aproximadamente el 20% de la intensidad nominal de carga completa del motor de inducción.

Encienda la Fuente de alimentación cc en el Puesto de control de relés de protección

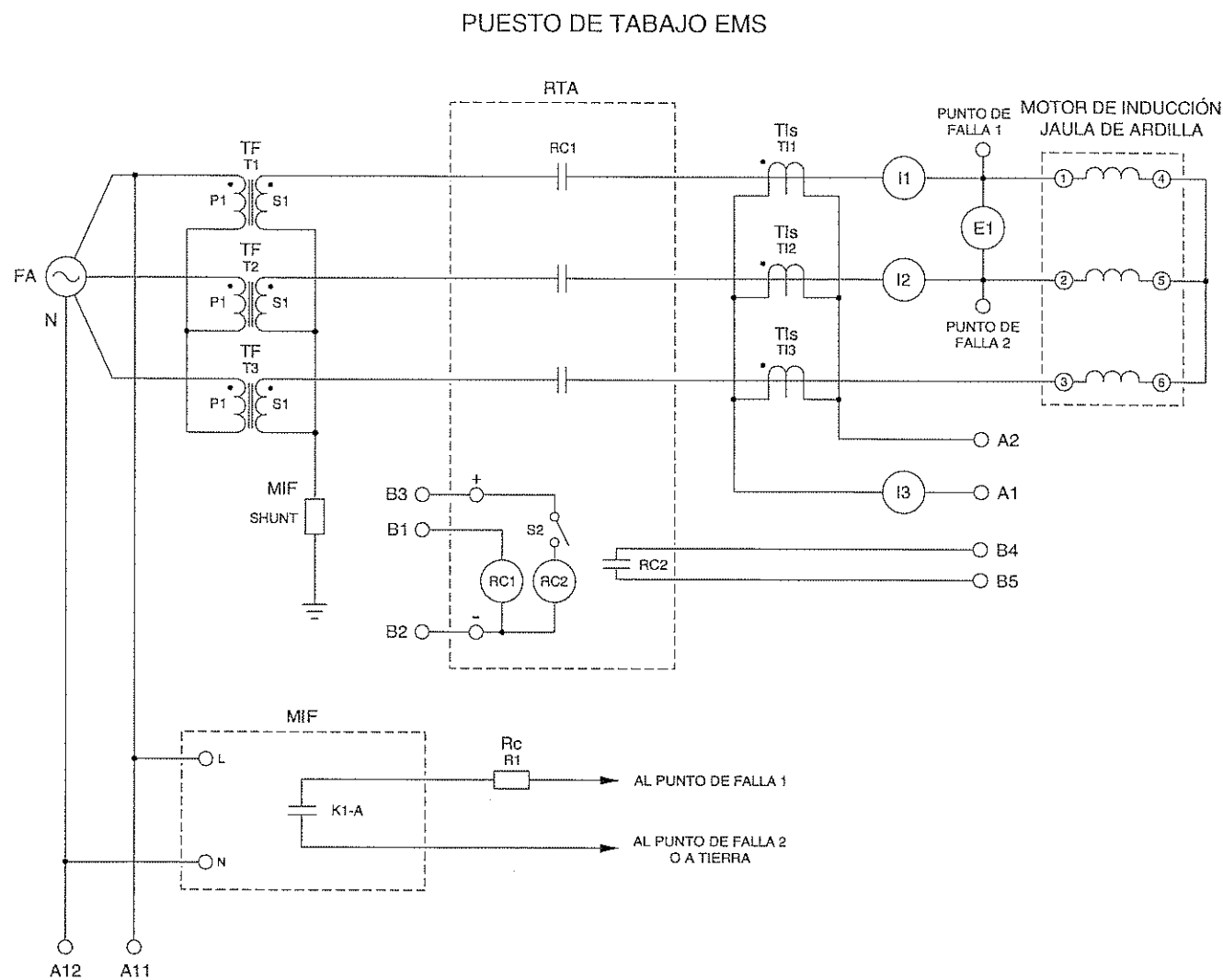
En la Red de transmisión 'A', ajuste el interruptor S2 en la posición O (abierto) para abrir el contactor RC2. Esto evita la operación del sistema de protección por falla a tierra y permite observar la operación del Relé de intensidad para ca/cc.

- ☐ 7. Encienda la Fuente de alimentación mientras observa las corrientes del circuito que indica el Amperímetro ca y el indicador de disparo (DIODO rojo) en el Relé de intensidad para ca/cc. El motor de inducción debe comenzar a rotar.

¿El sistema de protección por falla a tierra es estable cuando arranca el motor de inducción?

☐ Sí ☐ No

Protección por falla en el devanado del estator



RED DE TENSIÓN CA (V)	TI1, TI2, TI3	R1 (Ω)	I1, I2 (A)	I3 (A)	E1 (V)
120	1:5 A (5 VA)	300	8	2.5	250
220	0.5:5 A (5 VA)	1100	5	1.5	500
240	0.5:5 A (5 VA)	1200	5	1.5	500

FA = Fuente de alimentación TF = Transformadores con inserción de fallas TIs = Transformadores de intensidad
MIF = Módulo de inserción de fallas RTA = Red de transmisión "A" Rc = Resistencia de carga

Figura 3-3. Diagrama de conexión del equipamiento en el Puesto de trabajo EMS.

Protección por falla en el devanado del estator

PUESTO DE CONTROL DE RELÉS DE PROTECCIÓN

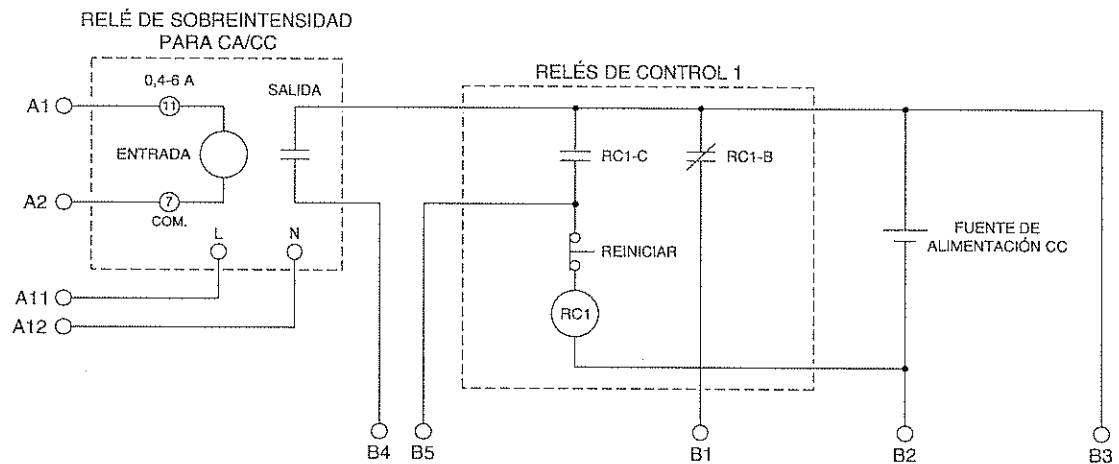


Figura 3-4. Diagrama de conexión del equipamiento en el Puesto de control de relés de protección.

- ☐ 8. En el Módulo para insertar fallas, suelte el botón de INICIO DE FALLA para producir una falla fase a tierra en uno de los devanados del estator de motor de inducción. Mientras hace esto, observe las corrientes del circuito y el indicador de disparo del Relé de tensión para ca/cc.

Describa lo que ocurrió.

En el Módulo para insertar fallas, ajuste en la posición suelta el botón de INICIO DE FALLA.

- ☐ 9. Apague la Fuente de alimentación.

En el Módulo para insertar fallas, desconecte el contactor K1-A de la tierra y luego conectelo al punto de falla 2.

Encienda la Fuente de alimentación. El motor de inducción debe comenzar a rotar.

En el Módulo para insertar fallas, suelte el botón de INICIO DE FALLA para producir una falla fase a fase en los devanados del estator del motor

Protección por falla en el devanado del estator

de inducción. Mientras hace esto, observe las corrientes del circuito y el indicador de disparo en el Relé de intensidad para ca/cc.

Describa lo que ocurrió.

En el Módulo para insertar fallas, ajuste en la posición suelta el botón de INICIO DE FALLA.

- ☐ 10. Apague la Fuente de alimentación.

En el Módulo para insertar fallas, desconecte el contactor K1-A del punto de falla 2 y luego conéctelo a la tierra.

Encienda la Fuente de alimentación. El motor de inducción debe comenzar a rotar.

En la Red de transmisión 'A', ajuste el interruptor S2 en la posición I (cerrado) para cerrar el contactor RC2. Esto permite la operación del sistema de protección por falla a tierra.

En el Módulo para insertar fallas, suelte el botón de INICIO DE FALLA para producir una falla a tierra en uno de los devanados del estator del motor de inducción. Mientras hace esto, observe las corrientes del circuito y el indicador de disparo en el Relé de intensidad para ca/cc.

Describa lo que ocurrió.

¿El sistema de protección por falla a tierra aisló la falla a tierra?

☐ Sí ☐ No

Protección por falla en el devanado del estator

¿La protección por falla a tierra proporciona una protección rápida y sensible contra fallas a tierra de los devanados del estator del motor de inducción?

☐ Sí ☐ No

- ☐ 11. En el Módulo para insertar fallas, ajuste en la posición suelta el botón de INICIO DE FALLA.

En la Red de transmisión 'A', ajuste el interruptor S2 en la posición O (abierto) para abrir el contactor RC2. Esto permite la operación del sistema de protección por falla a tierra.

Apague la Fuente de alimentación luego desconecte el resistor a tierra del punto neutro de los devanados del secundario de los Transformadores con inserción de fallas. El motor de inducción ahora se conecta a un sistema sin tierra.

En los Relés de Control 1 del Puesto de control de relés de protección, presione el botón de REINICIAR del relé de control RC1 para reiniciar el sistema de protección por falla a tierra.

- ☐ 12. Encienda la Fuente de alimentación. El motor de inducción debe comenzar a rotar.

En el Módulo para insertar fallas, presione el botón de INICIO DE FALLA para producir una falla a tierra en uno de los devanados del estator del motor de inducción. Mientras hace esto, observe las corrientes del circuito y el indicador de disparo en el Relé de intensidad para ca/cc.

Describa lo que ocurrió.

En el Módulo para insertar fallas, ajuste en la posición suelta el botón de INICIO DE FALLA.

- ☐ 13. Apague la Fuente de alimentación.

En el Módulo para insertar fallas, desconecte el contactor K1-A de la tierra y luego conectelo al punto de falla 2.

Protección por falla en el devanado del estator

Encienda la Fuente de alimentación. El motor de inducción debe comenzar a rotar.

En el Módulo para insertar fallas, presione el botón de INICIO DE FALLA para producir una falla fase a fase en los devanados del estator del motor de inducción. Mientras hace esto, observe las corrientes del circuito y el indicador de disparo en el Relé de intensidad para ca/cc.

Describa lo que ocurrió.

En el Módulo para insertar fallas, ajuste en la posición suelta el botón de INICIO DE FALLA.

¿El sistema de protección por falla a tierra es capaz de detectar las fallas a tierra y las fallas fase a fase cuando se conecta el motor de inducción a un sistema sin tierra?

☐ Sí ☐ No

Apague la Fuente de alimentación.

Apague la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección.

Protección diferencial de los devanados del estator del motor

- ☐ 14. Cambie las conexiones del equipo para obtener el sistema de protección diferencial como se muestra en la figuras 3-5 y 3-6.

Nota: Como se dispone de un sólo Relé de intensidad para ca/cc, los terminales A2 y A3 se conectan al terminal A4 para evitar que interfiera con la operación del sistema de protección diferencial.

En el Módulo para insertar fallas, conecte el contactor K1-A a la tierra.

Asegurese que los transformadores de intensidad se conectan como se muestra en la figura 3-5 luego ajuste los interruptores de los transformadores de intensidad TI1a TI6 en la posición O (abierto) en el módulo de transformadores de intensidad.

- ☐ 15. Ajuste la intensidad de referencia y la histéresis en el Relé de intensidad para ca/cc a 0.4 A y 5%, respectivamente.

Protección por falla en el devanado del estator

Encienda la Fuente de alimentación cc en el Puesto de control de relés de protección.

Encienda la Fuente de alimentación. El motor de inducción debe comenzar a rotar.

En el Módulo para insertar fallas, presione el botón de INICIO DE FALLA para producir una falla a tierra en uno de los devanados del estator del motor de inducción. Mientras hace esto, observe las corrientes del circuito y el indicador de disparo en el Relé de intensidad para ca/cc.

Describa lo que ocurrió.

En el Módulo para insertar fallas, ajuste en la posición suelta el botón de INICIO DE FALLA.

- ☐ 16. Apague la Fuente de alimentación.

En el Módulo para insertar fallas, desconecte el contactor K1-A de la tierra y luego conectelo al punto de falla 2.

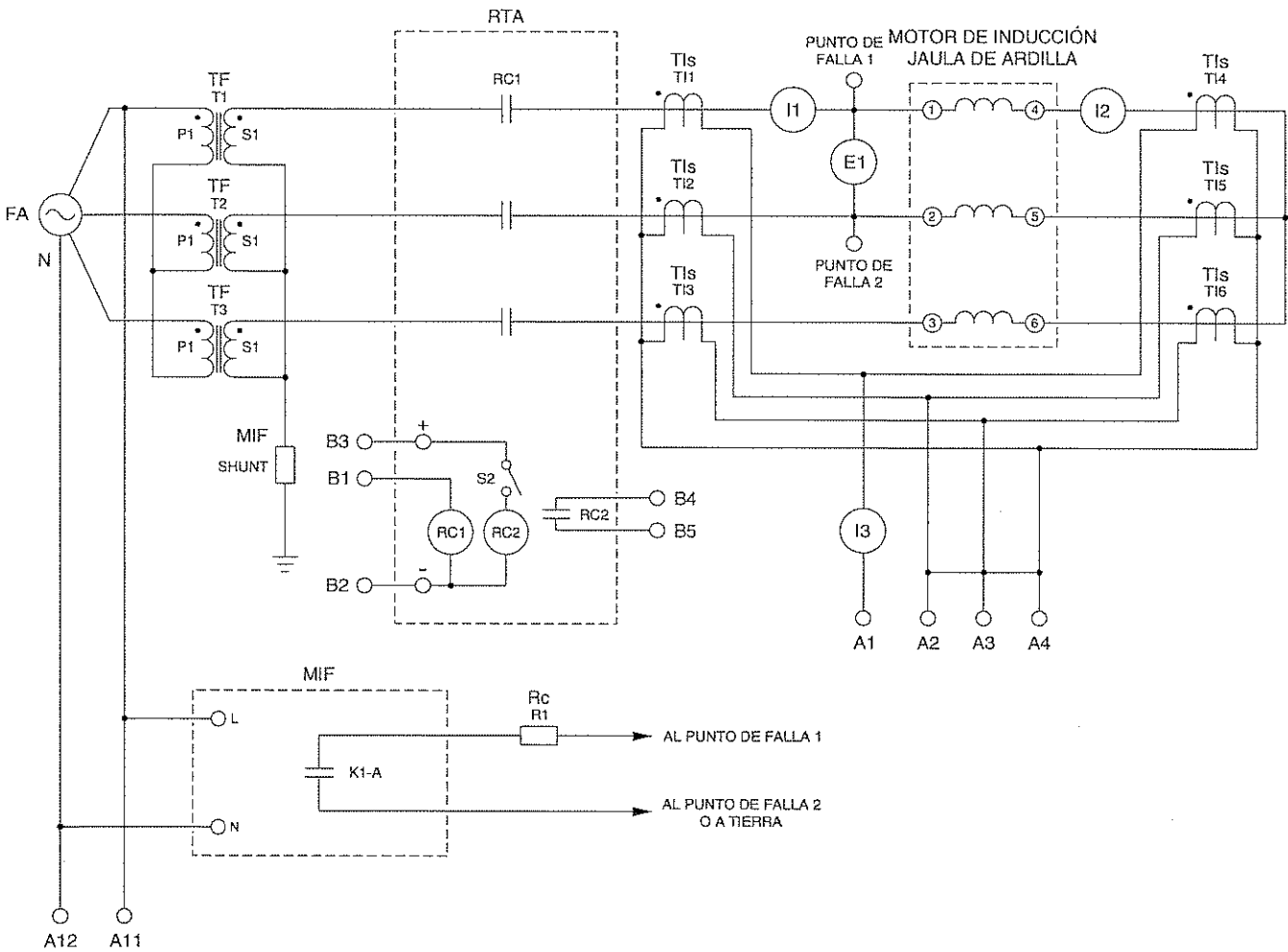
Encienda la Fuente de alimentación. El motor de inducción debe comenzar a rotar.

En el Módulo para insertar fallas, presione el botón de INICIO DE FALLA para producir una falla fase a fase en los devanados del estator del motor de inducción. Mientras hace esto, observe las corrientes del circuito y el indicador de disparo en el Relé de intensidad para ca/cc.

Describa lo que ocurrió.

Protección por falla en el devanado del estator

PUESTO DE TRABAJO EMS



RED DE TENSIÓN CA (V)	TI1 A TI6	R1 (Ω)	I1, I2 (A)	I3 (A)	E1 (V)
120	1:5 A (5 VA)	600	8	2.5	250
220	0.5:5 A (5 VA)	2200	5	1.5	500
240	0.5:5 A (5 VA)	2400	5	1.5	500

FA = Fuente de alimentación TF = Transformadores con inserción de fallas TIs = Transformadores de intensidad
MIF = Módulo de inserción de fallas RTA = Red de transmisión "A" Rc = Reistencia de carga

Figura 3-5. Diagrama de conexión del equipamiento en el Puesto de trabajo EMS.

Protección por falla en el devanado del estator

Describa lo que ocurrió.

¿El sistema de protección diferencial es capaz de detectar las fallas a tierra cuando se conecta el motor de inducción a un sistema sin tierra?

☐ Sí ☐ No

En el Módulo para insertar fallas, ajuste en la posición suelta el botón de INICIO DE FALLA.

- ☐ 19. Apague la Fuente de alimentación.

En el Módulo para insertar fallas, desconecte el contactor K1-A de la tierra y luego conectelo al punto de falla 2.

Encienda la Fuente de alimentación. El motor de inducción debe comenzar a rotar.

En el Módulo para insertar fallas, presione el botón de INICIO DE FALLA para producir una falla fase a fase en los devanados del estator del motor de inducción. Mientras hace esto, observe las corrientes del circuito y el indicador de disparo en el Relé de intensidad para ca/cc.

Describa lo que ocurrió.

¿El sistema de protección por falla a tierra es capaz de detectar las fallas fase a fase cuando se conecta el motor de inducción a un sistema sin tierra?

☐ Sí ☐ No

En el Módulo para insertar fallas, ajuste en la posición suelta el botón de INICIO DE FALLA.

Protección por falla en el devanado del estator

- ☐ 20. En la Red de transmisión 'A', ajuste el interruptor S2 en la posición I (cerrado) para cerrar el contactor RC2. Esto permite la operación del sistema de protección diferencial.

En el Módulo para insertar fallas, presione el botón de INICIO DE FALLA para producir una falla fase a fase en los devanados del estator del motor de inducción. Mientras hace esto, observe las corrientes del circuito y el indicador de disparo en el Relé de intensidad para ca/cc.

Describa lo que ocurrió.

¿El sistema de protección diferencial aisló la falla fase a fase?

☐ Sí ☐ No

¿La protección diferencial proporciona una protección rápida y sensible contra fallas a fase de los devanados del estator del motor de inducción?

☐ Sí ☐ No

- ☐ 21. Apague la Fuente de alimentación.

Apague la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección.

Retire todos los cables.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio, usted aprendió que la protección por falla a tierra convencional se puede usar para proteger el motor de inducción contra fallas a tierra. Usted vio que la protección por falla a tierra también proporciona cierto nivel de protección contra fallas fase a fase, debido a que en la mayoría de los casos, estas fallas se convierten rápidamente en fallas a tierra. Usted aprendió que la protección diferencial se usa algunas veces para proteger motores de inducción grandes e importantes contra fallas a tierra y fallas fase a fase. Usted vio que cuando un motor de inducción se conecta a un sistema sin tierra, se requiere de la protección diferencial para proteger los devanados del estator contra fallas fase a fase. Usted aprendió que usualmente no se aplica la protección contra defectos entre espiras en un motor de inducción.

Protección por falla en el devanado del estator

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. Las fallas fase a fase en motores de inducción trifásicos
 - a. son las fallas más comunes de los devanados del estator.
 - b. casi nunca ocurren debido al aislamiento adicional que se provee entre cada fase.
 - c. ocurren frecuentemente cuando el motor funciona sin una carga mecánica.
 - d. ninguna de las anteriores.

2. Una falla a tierra en los devanados del estator del motor de inducción que se conecta a un sistema sin tierra
 - a. se puede detectar únicamente mediante el uso del sistema de protección diferencial.
 - b. se puede detectar únicamente mediante el uso del sistema de protección por falla a tierra.
 - c. no causa daños inmediatos al motor porque no fluye una corriente de falla.
 - d. tanto a como c.

3. Usar la protección diferencial en lugar de la protección por falla a tierra para proteger un motor de inducción trifásico
 - a. limita los daños a los devanados del estator cuando ocurre una falla fase a fase.
 - b. da cierto nivel de protección contra defectos entre espiras en los devanados del estator.
 - c. es cuestión de reducir los costos del sistema de protección del motor.
 - d. ninguna de las anteriores.

Protección por sobreintensidad de un motor de inducción trifásico

OBJETIVO DEL EJERCICIO

Cuando complete este ejercicio, usted estará familiarizado con la protección por sobreintensidad de motores de inducción trifásicos.

PRESENTACIÓN

La protección por sobreintensidad se usa frecuentemente para proteger motores de inducción trifásicos contra fallas de fase en las terminales del motor, tales como cortocircuitos en los terminales, arcos terminales, etc. La corriente que se relaciona con estas fallas usualmente es mayor que cualquier corriente normal de operación del motor. Por esta razón, se usan normalmente relés de sobreintensidad instantáneos con una corriente característica alta para obtener una protección rápida, confiable y barata. La figura 3-7 es un diagrama simplificado que muestra la protección por sobreintensidad que se aplica a un motor de inducción trifásico.

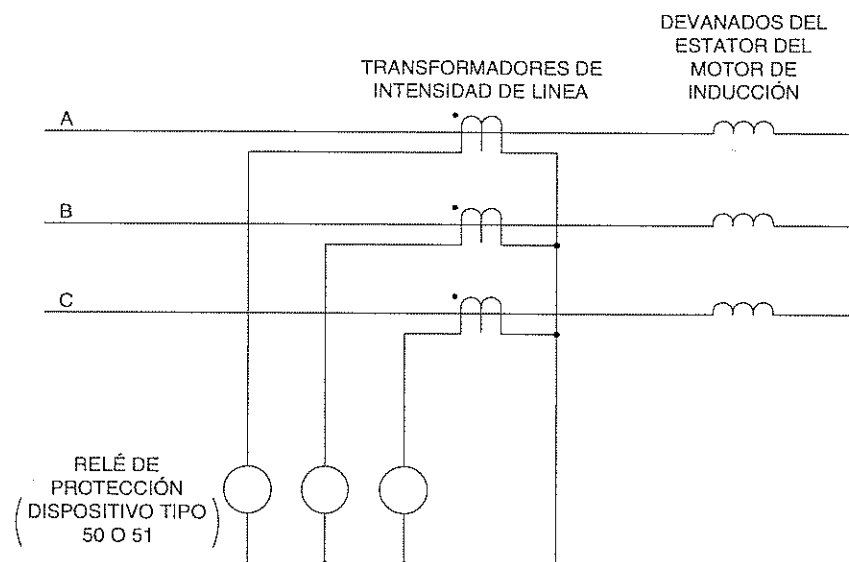


Figura 3-7. Diagrama simplificado de protección por sobreintensidad sistema de protección a motor de inducción trifásico.

Note que los devanados del secundario de los transformadores de intensidad de línea se conectan entre sí en un extremo para formar un punto neutro. Este punto neutro se conecta al punto neutro de los tres relés de sobreintensidad. Esto reduce el número de conexiones entre los transformadores de intensidad de línea y los relés de sobreintensidad (cuatro en lugar de seis). Además, esto permite usar los

Protección por sobreintensidad de un motor de inducción trifásico

mismos transformador de intensidad de línea para ambas protecciones, por sobreintensidad y la por falla a tierra, al conectar el punto neutro de los transformadores al de los relés de intensidad mediante un relé de falla a tierra (otro Relé de intensidad).

Se debe tener mucho cuidado cuando se ajusta la corriente característica de los relés de intensidad. Debe ser lo suficientemente alta para evitar un disparo indeseado del relé en el pico inicial de la corriente de arranque del motor, la cual puede llegar a ser varias veces más la corriente normal de operación del motor. Por otra parte, ésta debe ser lo suficientemente baja para proporcionar una protección efectiva contra fallas de fase que ocurren en los terminales del motor. En el caso que el pico inicial de la corriente de arranque del motor pueda exceder la característica del Relé de intensidad, se debe incluir un corto retardo de tiempo. Sin embargo, esto demora ligeramente el aislamiento de la falla y puede no ser aceptable en ciertas situaciones.

Para obtener información adicional acerca de la protección por sobreintensidad que se aplica a motores de inducción trifásicos, refiérase a la sección 20.14.4, titulada "*Terminal faults*", en la tercera edición de Protective Relays Application Guide publicada por GEC Alsthom Measurements Limited.

Resumen del procedimiento

En la primera parte del ejercicio, usted montará el equipamiento en el Puesto de trabajo EMS y en el Puesto de control de relés de protección.

En la segunda parte de este ejercicio, usted conectará el equipo como lo muestran las figuras 3-8 y 3-9. En este circuito, un motor de inducción trifásico se protege con sistema de protección por sobreintensidad. Cuando ocurre una falla en los terminales del motor de inducción, una alta corriente de falla fluye en los transformadores de intensidad de línea y el Relé de sobreintensidad trifásico se dispara. Esto crea una corriente que recorre el relé de control RC1. El contactor RC1-C se cierra para memorizar la falla y enciende el botón correspondiente de reiniciar. El contactor RC1-B se abre para abrir el contactor RC1, y de este modo desconecta el motor de inducción de la fuente de alimentación.

Usted encenderá la fuente de alimentación y colocará la carga mecánica de tal modo que el par que produce el motor de inducción sea igual al par nominal de carga completa. Usted encenderá y apagará la fuente de alimentación algunas veces y observará cuando el sistema de sobreintensidad es estable o no, cuando se arranca el motor. Usted producirá una falla en los terminales del motor de inducción y observará la operación del sistema de protección por sobreintensidad.

EQUIPAMIENTO REQUERIDO

Refiérase a la tabla de utilización de equipos del apéndice C para obtener una lista del equipamiento que se requiere para este ejercicio

Protección por sobreintensidad de un motor de inducción trifásico

PROCEDIMIENTO

¡ADVERTENCIA!

¡Altas tensiones están presentes en este ejercicio de laboratorio. No realice ni modifique ninguna conexión en los circuitos bajo tensión a menos que se especifique lo contrario!

Montaje del equipamiento

- ☐ 1. Asegúrese de que el Puesto de control de relés de protección esté conectado a una fuente de alimentación trifásica.

Cerchiórese de que la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección esté apagada.

Esté seguro de que todos los interruptores de falla en el Relé de sobreintensidad trifásico estén en la posición O (apagado) y luego instale el relé en el Puesto de control de relés de protección.

- ☐ 2. Haga los siguientes ajustes en el Módulo para insertar fallas:

RT1 retardo de tiempo	~1 s
TES1 intervalo de tiempo	~3 s
TES2 intervalo de tiempo	~10 s

Nota: Las perillas de control para ajustar el retardo de tiempo y los intervalos de tiempo se localizan en el relé temporizado RT1 y en los temporizadores de estado sólido TES1 y TES2 que están en el Módulo para insertar fallas.

- ☐ 3. Instale el Módulo de interconexión, la Fuente de alimentación, el Módulo para insertar fallas, el Motor de inducción jaula de ardilla 4 polos, el Motor de impulsión/Dinamómetro, la Red de transmisión 'A', los transformadores de intensidad, el Amperímetro ca y el Voltímetro ca en el Puesto de trabajo EMS.

Acople mecánicamente el Motor de inducción jaula de ardilla 4 polos al Motor de impulsión/Dinamómetro utilizando la correa dentada.

Asegúrese de que la Fuente de alimentación esté apagada y su perilla de control de la tensión esté colocada en la posición O (cerrado). Conecte la Fuente de alimentación a una de las salidas de potencia trifásica en el panel posterior del Puesto de control de protección por relés.

En el módulo de transformadores de intensidad asegúrese que todos los interruptores estén en la posición I (cerrado) para cortocircuitar los secundarios de los transformadores de intensidad.

Protección por sobreintensidad de un motor de inducción trifásico

- ☐ 4. Conecte la ENTRADA DE BAJA POTENCIA del módulo del Motor de impulsión/Dinamómetro a la salida 24 V - CA de la Fuente de alimentación.

En la Fuente de alimentación, encienda la fuente de alimentación de 24-V CA.

Protección por sobreintensidad de un motor de inducción trifásico

- ☐ 5. Conecte el Módulo de interconexión instalado en el Puesto de trabajo EMS al panel de interconexión del Puesto de control de relés de protección utilizando los cables proporcionados.

Conecte el equipo como se muestra en las figuras 3-8 y 3-9.

Nota: Hay trestransformador de intensidad en la figura 3-8. Sin embargo, estos están marcados como TI4, TI5 y TI6 como en el panel frontal del módulo de transformadores de intensidad.

- ☐ 6. Haga los siguientes ajustes:

En el Motor de impulsión/Dinamómetro

Interruptor de MODO DINamómetro
Interruptor de MODO DE CONTROL DE CARGA MANual
Perilla de CONTROL DE CARGA MANUAL MÍNimo
Interruptor VISUALIZADOR PAR

En la Red de transmisión 'A'

Interruptor S1 O (abierto)

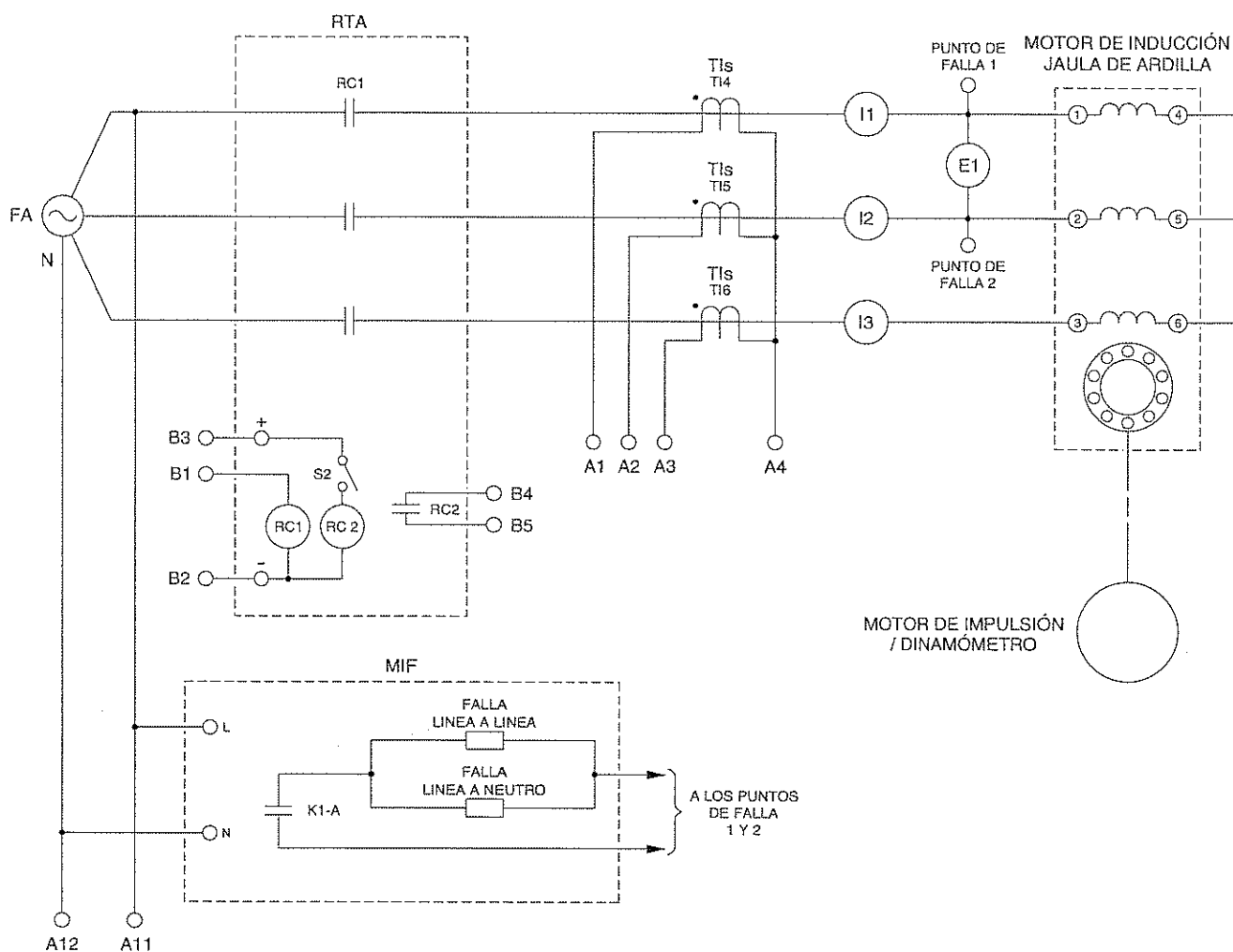
En el Módulo para insertar fallas

Botón de INICIO DE FALLA posición suelta
Interruptor de DURACIÓN DE FALLA 0.05-5 s

Asegurese que los transformadores de intensidad se conectan como se muestra en la figura 3-8 luego ajuste los interruptores de los transformadores de intensidad TI4, TI5 y TI6 en la posición O (abierto) en el módulo de transformadores de intensidad.

Protección por sobreintensidad de un motor de inducción trifásico

PUESTO DE TRABAJO EMS



RED DE TENSIÓN CA (V)	TI4, TI5, TI6	I1, I2, I3 (A)	E1 (V)
120	5:5 A (5 VA)	8	250
220	2.5:5 A (5 VA)	5	500
240	2.5:5 A (5 VA)	5	500

FA = Fuente de alimentación TIs = Transformadores de intensidad
MIF = Módulo de inserción de fallas RTA = Red de transmisión "A"

Figura 3-8. Diagrama de conexión del equipamiento en el Puesto de trabajo EMS.

Protección por sobreintensidad de un motor de inducción trifásico

PUESTO DE CONTROL DE RELÉS DE PROTECCIÓN

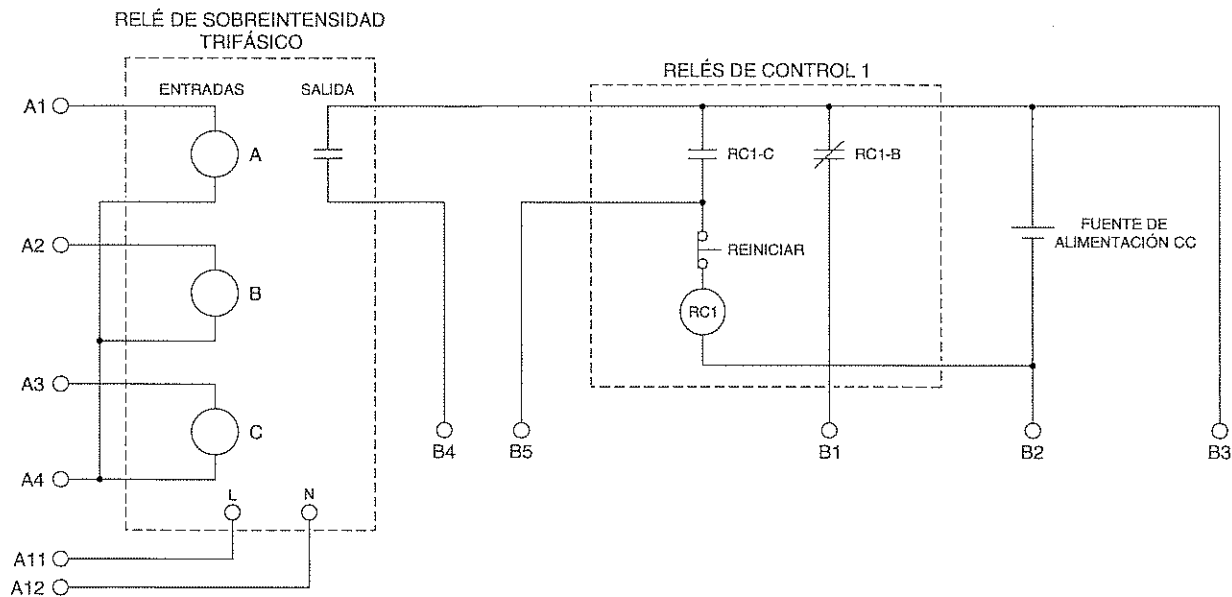


Figura 3-9. Diagrama de conexión del equipamiento en el Puesto de control de relés de protección.

- ☐ 7. Ajuste la intensidad de referencia en el Relé de sobreintensidad trifásico a aproximadamente 450% de la intensidad nominal de carga completa del motor de inducción trifásico, teniendo en cuenta la relación de transformación de los transformadores de intensidad.

Nota: Las características del motor de inducción (tensión nominal, frecuencia, corriente de carga completa, potencia, velocidad, etc.) se indican en las CARACTERÍSTICAS del panel frontal del Motor de inducción jaula de ardilla 4 polos.

Por ejemplo, si la tensión de línea del sistema es de 120 V, la intensidad nominal de carga completa del motor de inducción es 1,2 A y la relación de los transformadores de intensidad es 5:5 A. Por tanto, el 450% de la intensidad nominal de carga completa es igual a 5,4 A y la corriente correspondiente de los devanados secundarios del transformador de intensidad es de 5,4 A. Conociendo que la intensidad nominal del Relé de sobreintensidad trifásico es 5,0 A, la intensidad de referencia debe ajustarse al 108%.

Ajuste el retardo de tiempo en el Relé de sobreintensidad trifásico a aproximadamente 0 s.

- ☐ 8. Encienda la Fuente de alimentación cc en el Puesto de control de relés de protección.

Protección por sobreintensidad de un motor de inducción trifásico

En la Red de transmisión 'A', ajuste el interruptor S2 en la posición O (abierto) para abrir el contactor RC2. Esto evita la operación del sistema de protección por sobreintensidad y permite observar la operación del Relé de sobreintensidad trifásico.

- ☐ 9. Encienda la Fuente de alimentación mientras observa las corrientes del motor que indica el Amperímetro ca. El motor de inducción debe comenzar a rotar.

En el Motor de impulsión/Dinamómetro, ajuste la perilla de CONTROL DE CARGA MANUAL de tal modo que el par de la carga mecánica (que se indica en el visualizador del módulo) sea igual a 1,0 N·m (9,0 lbf·in), el cual es el par nominal de carga completa del motor.

Apague la Fuente de alimentación.

- ☐ 10. Encienda la Fuente de alimentación mientras observa las corrientes del motor y el indicador de disparo (DIODO rojo) en el Relé de sobreintensidad trifásico. El motor de inducción debe comenzar a rotar.

Apague la Fuente de alimentación.

- ☐ 11. Repita los pasos anteriores algunas veces.

¿El sistema de protección por sobreintensidad es estable cuando arranca el motor de inducción?

☐ Sí ☐ No

- ☐ 12. Encienda la Fuente de alimentación.

En el Módulo para insertar fallas, presione el botón de INICIO DE FALLA para producir una falla en los terminales del motor de inducción. Mientras hace esto, observe las corrientes del circuito y el indicador de disparo en el Relé de sobreintensidad trifásico.

Describa lo que ocurrió.

Protección por sobreintensidad de un motor de inducción trifásico

En el Módulo para insertar fallas, ajuste en la posición suelta el botón de INICIO DE FALLA.

- ☐ 13. En la Red de transmisión 'A', ajuste el interruptor S2 en la posición I (cerrado) para cerrar el contactor RC2. Esto permite la operación del sistema de protección por sobreintensidad.

En el Módulo para insertar fallas, suelte el botón de INICIO DE FALLA para producir una falla en los terminales del motor de inducción. Mientras hace esto, observe las corrientes del circuito y el indicador de disparo en Relé de sobreintensidad trifásico.

Describa lo que ocurrió.

¿El sistema de protección por sobreintensidad aisló la falla?

☐ Sí ☐ No

¿El sistema de protección por sobreintensidad proporciona una protección rápida y efectiva contra fallas en los terminales del motor de inducción?

☐ Sí ☐ No

En el Módulo para insertar fallas, ajuste en la posición suelta el botón de INICIO DE FALLA.

- ☐ 14. En la Fuente de alimentación, apague la fuente de alimentación de 24-V CA.

Apague la Fuente de alimentación cc del Puesto de control de relés de protección.

Retire todos los cables.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio, usted aprendió que la protección por sobreintensidad se incluye frecuentemente para proteger contra fallas en los terminales de los motores de inducción. Usted vio que en la mayoría de los casos se pueden usar relés de sobreintensidad instantáneos con una característica de corriente alta, debido a que

Protección por sobreintensidad de un motor de inducción trifásico

la corriente de falla que causa una falla en el terminal, usualmente es mayor que cualquier corriente normal de operación del motor.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. La protección por sobreintensidad normalmente se aplica en motores de inducción para protegerlos contra:
 - a. Fallas a tierra.
 - b. Fallas en los terminales.
 - c. Sobrecarga térmica.
 - d. Tanto b como c.

2. Cuando se aplica la protección por sobreintensidad a un motor de inducción trifásico
 - a. no se requiere de la protección de sobrecarga térmica.
 - b. se usan relés de sobreintensidad instantáneos, con una corriente característica un poco mayor que la intensidad nominal de carga completa.
 - c. se usan relés de sobreintensidad instantáneos, con una corriente característica aproximadamente de tres a seis veces la intensidad nominal de carga completa.
 - d. tanto a como b.

3. En un sistema de protección por sobreintensidad, el conectar entre sí los devanados del secundario de los transformadores de intensidad de línea, a un extremo permite
 - a. disminuir el número de conexiones entre los transformadores de intensidad de línea y los relés de sobreintensidad.
 - b. la protección de motores de inducción con devanados del estator que se conectan en delta.
 - c. usar los mismos transformadores de intensidad de línea tanto protecciones de sobreintensidad y por falla a tierra.
 - d. tanto a como c.

Tabla de impedancias de los módulos de carga

La siguiente tabla presenta los valores de impedancia los cuales se pueden obtener usando cualquiera de las siguientes cargas: resistiva, Modelo 8311, inductiva, Modelo 8321 o capacitiva, Modelo 8331. La Figura B-1 muestra los elementos de carga y las conexiones. Otras conexiones paralelas se pueden usar para obtener los mismos valores de impedancia listados.

IMPEDANCIA (Ω)			POSICIONES DEL INTERRUPTOR PARA ELEMENTOS DE CARGA								
120 V 60 Hz	220 V 50 Hz	240 V 50 Hz	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1200	4400	4800	I								
600	2200	2400		I							
300	1100	1200			I						
400	1467	1600	I	I							
240	880	960	I		I						
200	733	800		I	I						
171	629	686	I	I	I						
150	550	600	I			I	I	I			
133	489	533		I		I	I	I			
120	440	480			I		I	I			
109	400	436			I	I	I	I			
100	367	400	I		I	I	I	I			
92	338	369		I	I	I	I	I			
86	314	343	I	I	I	I	I	I			
80	293	320	I			I	I	I	I	I	I
75	275	300		I		I	I	I	I	I	I
71	259	282			I		I	I	I	I	I
67	244	267			I	I	I	I	I	I	I
63	232	253	I		I	I	I	I	I	I	I
60	220	240		I	I	I	I	I	I	I	I
57	210	229	I	I	I	I	I	I	I	I	I

Tabla B-1. Tabla de impedancias de módulos de carga.

10

Tabla de impedancias de los módulos de carga

La siguiente tabla presenta los valores de la inductancia los cuales se pueden obtener usando el módulo de carga inductiva, Modelo 8321. La figura B-1 presenta los elementos de carga y las conexiones. Otras conexiones paralelas se pueden usar para obtener los mismos valores de inductancia listados.

INDUCTANCIA (H)			POSICIONES DEL INTERRUPTOR PARA ELEMENTOS DE CARGA								
120 V	220 V	240 V	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3,2	14	15,3	I								
1,6	7	7,6		I							
0,8	3,5	3,8			I						
1,07	4,67	5,08	I	I							
0,64	2,8	3,04	I		I						
0,53	2,33	2,53		I	I						
0,46	2	2,17	I	I	I						
0,4	1,75	1,9	I			I	I	I			
0,36	1,56	1,69		I		I	I	I			
0,32	1,4	1,52			I		I	I			
0,29	1,27	1,38			I	I	I	I			
0,27	1,17	1,27	I		I	I	I	I			
0,25	1,08	1,17		I	I	I	I	I			
0,23	1	1,09	I	I	I	I	I	I			
0,21	0,93	1,01	I			I	I	I	I	I	I
0,2	0,88	0,95		I		I	I	I	I	I	I
0,19	0,82	0,89			I		I	I	I	I	I
0,18	0,78	0,85			I	I	I	I	I	I	I
0,17	0,74	0,8	I		I	I	I	I	I	I	I
0,16	0,7	0,76		I	I	I	I	I	I	I	I
0,15	0,67	0,72	I	I	I	I	I	I	I	I	I

Tabla B-2. Tabla de inductancias para los módulos de carga.

Tabla de utilización de los equipos

Se requiere de los siguientes equipos Lab-Volt para realizar los ejercicios de este manual. Las cantidades en las áreas sombreadas indican que pueden colaborar dos grupos de estudiantes (para colocar los equipos juntos) y realizar los ejercicios. En ese caso, los modelos adicionales sólo se requieren cuando se trabaja en forma independiente.

MODELO	DESCRIPCIÓN	EJERCICIOS								
		1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9
3765	Impedancia de la fuente							1		
3770-5	Transformadores de intensidad	1	1					1		2
3770-6	Transformadores de intensidad									
3772	Transformadores de tensión		1			1	1		1	1
3778	Transformadores con inserción de fallas	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3784	Red de transmisión 'A'	1	1		1	1	1	1	1	1
3787	Módulo de interconexión	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3790	Módulo para insertar fallas	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3806	Puesto de control de relés de protección	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3811	Relé de sobreintensidad trifásico							1		1
3815	Relé de intensidad para ca/cc	1			1					1
3817	Relé trifásico de mínima/máxima tensión					1				
3818	Relé de tensión para ca/cc			1						1
3820	Relé verificador de sincronismo								1	
3821	Relé de mínima/máxima frecuencia						1			
3822	Relé de equilibrio/secuencia de fases									
3824	Relé de potencia inversa		1							1
3825	Relé de factor de potencia para motor									
8110	Puesto de trabajo móvil	1	1	1	1	1	1	1	1	2
8131	Puesto de trabajo - 3 módulos	1	1	1	1	1	1	1	1	
8221	Motor de inducción jaula de ardilla 4 polos									
8241	Motor/alternador sincrónico trifásico	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8311	Carga resistiva	2		2	1	1		1		4
8412	Voltímetro/amperímetro cc	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8425	Amperímetro ca	1	1	1	1	1	1	1	1	2
8426	Voltímetro ca	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8446	Vatímetro/vármetro trifásico		1		1	1	1	1	1	1
8621	Módulo de sincronización		1		1	1	1	1	1	1
8821	Fuente de alimentación	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8842	Diodos de potencia	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8942	Correa dentada	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8951-4	Cables de conexión	1	1	1	1	1	1	1	1	2
8960	Motor de impulsión/Dinamómetro	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9126	Volante de inercia									

Tabla de utilización de los equipos

MODELO	DESCRIPCIÓN	EJERCICIOS										
		2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6
3765	Impedancia de la fuente											
3770-5	Transformadores de intensidad		1	1		2	1					
3770-6	Transformadores de intensidad				1	1		1			1	1
3772	Transformadores de tensión								1	1		
3778	Transformadores con inserción de fallas	1	1	1	1	1	1					
3784	Red de transmisión 'A'		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3787	Módulo de interconexión		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3790	Módulo para insertar fallas		1	1	1	1	1	1		1		
3806	Puesto de control de relés de protección		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3811	Relé de sobreintensidad trifásico				1	1		1			1	
3815	Relé de intensidad para ca/cc		1	1	1	2	1					
3817	Relé trifásico de mínima/máxima tensión									1		
3818	Relé de tensión para ca/cc			1		1						
3820	Relé verificador de sincronismo											
3821	Relé de mínima/máxima frecuencia											
3822	Relé de equilibrio/secuencia de fases								1	1		
3824	Relé de potencia inversa											
3825	Relé de factor de potencia para motor											1
8110	Puesto de trabajo móvil	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8131	Puesto de trabajo - 3 módulos					1	1					
8221	Motor de inducción jaula de ardilla 4 polos						1	1	1	1	1	1
8241	Motor/alternador sincrónico trifásico											
8311	Carga resistiva		1	1	2	1	1					
8412	Voltímetro/amperímetro cc											
8425	Amperímetro ca	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8426	Voltímetro ca	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8446	Vatímetro/vármetero trifásico											1
8621	Módulo de sincronización											
8821	Fuente de alimentación	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8842	Diodos de potencia											
8942	Correa dentada							1	1		1	1
8951-4	Cables de conexión	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
8960	Motor de impulsión/Dinamómetro							1	1		1	1
9126	Volante de inercia										1	1

EQUIPO ADICIONAL

Para completar el ejercicio 2-1 se requiere de un osciloscopio digital con memoria.

Para completar el ejercicio 2-3 se requiere de un multímetro digital.