

Modelación y análisis de la protección diferencial de barras de baja impedancia. Aplicación a la barra de 69 kV de la S/E Machala

Andrade Sánchez Ricardo Luis, Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito - Ecuador
Antonio Fonseca A., Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito - Ecuador

RESUMEN _ Se realizó el estudio de las operaciones del relé diferencial de barra de baja impedancia para protección primaria de las barras de una subestación, llegando a determinar los ajustes para diferentes estados del sistema, tales como energizaciones, fallas internas y externas a la zona de protección del relé.

En la protección de barras tienen gran aplicación las protecciones diferenciales, pero debido a la saturación de los transformadores de corriente, estos pueden provocar valores altos de corrientes de error al esquema de tipo diferencial.

El relé implementado emulará a los relés numéricos, es decir, que usará señales analógicas provenientes de los transformadores de corriente, las cuales se dirigen a los transformadores de interposición y al módulo de rectificación los mismos que alimentan las bobinas de operación y restricción respectivamente del relé diferencial de barra de baja impedancia 7SS60 SIPROTEC de marca SIEMENS.

Índices – Baja impedancia, protección diferencial, módulo de rectificación, transformadores de interposición.

I. INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías usadas para elaborar instrumentos de protección para sistemas eléctricos de potencia, hacen que sea posible implementar algoritmos matemáticos complejos pero de mayor confiabilidad y rapidez para la detección de fallas en los elementos protegidos y su consecuente operación.

Cuando ocurre una falla interna a la zona de protección de dicho relé, éste emite una señal de disparo, la que actuará sobre los disyuntores conectados a las barras del sistema eléctrico, provocando una salida de las respectivas bahías asociadas a las barras del sistema, lo más rápido posible, evitando daños en el equipo primario.

¹A. Fonseca, forma parte del Departamento de Mantenimiento de CELEC EP –Unidad de Negocio TRANSELECTRIC. Área de Estudios Eléctricos, Protecciones y Control. (e-mail: afonseca@transelectric.com.ec)

R. Andrade, desempeña sus labores en Celec EP Transelectric en el área de Diseño de Líneas de Transmisión, Quito-Ecuador, (e-mail: ricardo.andrade@celec.gob.ec).

El estudio de este proyecto de titulación se enfocará a la protección diferencial de barra de baja impedancia que está diseñada para emitir una señal de disparo inmediata cuando existe una falla interna a la zona que está protegiendo, la cual es delimitada por los transformadores de corriente conectados a cada bahía de las barras.

II. MARCO TEÓRICO

Las barras de una S/E tienen la misión de facilitar la interconexión de diferentes circuitos del mismo nivel de voltaje. Los diferentes esquemas de barras tienen diferentes grados de versatilidad, maniobrabilidad, mantenimiento, confiabilidad y continuidad de servicio de una S/E.

Al producirse una falla en la barra de una S/E, se presentan altas corrientes de cortocircuito que producen esfuerzos térmicos y mecánicos importantes en todos los equipos conectados a la barra.

Por esta causa, las barras deben protegerse convenientemente si no se quiere tener graves averías, pues una falla no despejada puede originar la destrucción de las mismas y una interrupción prolongada del suministro de energía eléctrica.

Es indispensable tener un sistema de protección con una alta velocidad de operación, para reducir el tiempo de apertura de los disyuntores y así evitar daños a los equipos conectados a la barra. El esquema diferencial cubre estos requerimientos.

A. Esquemas de protección diferencial de barras.

Protección diferencial.

La protección diferencial, es el sistema de protección más utilizado en las instalaciones nuevas, ya que detecta tanto las fallas de fase como las de tierra. Hay muchas variedades de protección diferencial, cada una de ellas tiene sus propias características.

El concepto es una extensión de la ley de Kirchhoff que establece que la suma de corrientes que ingresan a un nodo

determinado es igual a la suma de las corrientes que salen del mencionado nodo.

Se instalan transformadores de corriente (TC) en cada extremo o terminal de la zona protegida conectados en forma conjunta como se indica en la figura 1.

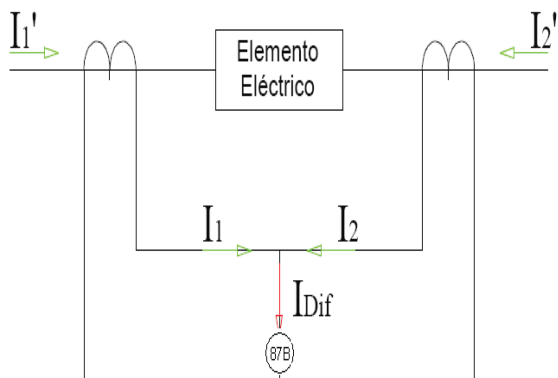


Fig. 1 Relé diferencial

En la protección diferencial de barras se usan varios esquemas:

- Protección diferencial mediante relé de sobrecorriente.
- Protección diferencial de voltaje con “acopladores lineales”
- Protección diferencial porcentual.
- Protección diferencial de baja impedancia.
- Protección diferencial de alta impedancia.

1) *Protección diferencial con relés de sobrecorriente.*

Para este esquema de protección diferencial todos los TC's tiene la misma relación nominal y están interconectado de tal forma, que para la corriente de carga o para la corriente de falla externa de cualquier bahía no fluya corriente a través de la bobina del relé.

Sin embargo, los TC's en el circuito fallado pueden estar saturados por la corriente total de falla que tendrán errores muy grandes. Como consecuencia, el relé diferencial puede tomar una corriente muy grande, y a menos que tenga una puesta en marcha bastante elevada o una acción retardada lo suficientemente larga, funcionará en forma indeseada y causará disparo de todos los interruptores de la barra colectora.

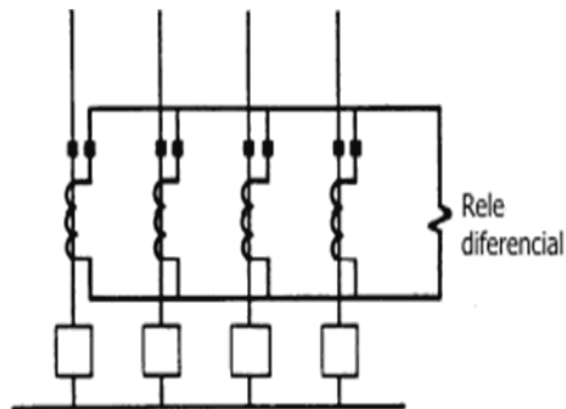


Fig. 2. Protección diferencial con relés de sobrecorriente.

La saturación de los TC's dependen de los siguientes factores.

- Relación de los TC's
- Área de la sección del núcleo
- Carga conectada en el secundario del transformador
- Magnitud de la carga
- Presencia y magnitud de flujo remante
- Magnitud y dirección de la componente de corriente continua.
- Densidad del flujo de saturación del núcleo

2) *Protección diferencial de voltaje con acopladores lineales.*

El problema de la saturación de los TC's se elimina en su fuente por los TC's de núcleo de aire llamados acopladores lineales. Estos TC's son parecidos a los de boquilla pero no tienen hierro en su núcleo, y el número de espiras secundarias es mucho mayor.

La protección diferencial con acopladores lineales se acomoda fácilmente a cambios del sistema, puede aplicarse a un número ilimitado de circuitos y es de fácil mantenimiento, aplicación y ajuste.

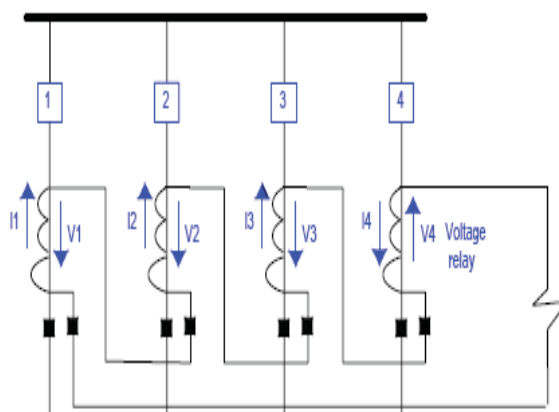


Fig. 3 Protección diferencial con acopladores lineales.

3) *Protección diferencial porcentual.*

En condiciones normales de operación pueden aparecer algunas corrientes diferenciales debido a las diferentes

relaciones de transformación, sin embargo, estas corrientes no son lo suficientemente grandes como para hacer que opere relé.

Si ocurre una falla externa, el relé se comporta igual que bajo condiciones normales, pero si uno de los TC's se satura, entran en juego las curvas de porcentaje donde el relé no operará si la corriente diferencial que aparece en el circuito diferencial está por debajo de la curva de porcentaje.

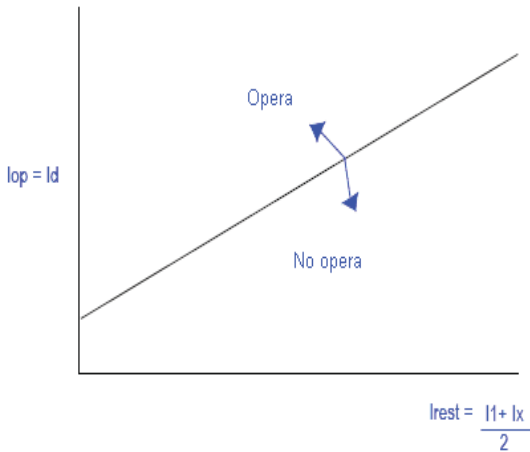
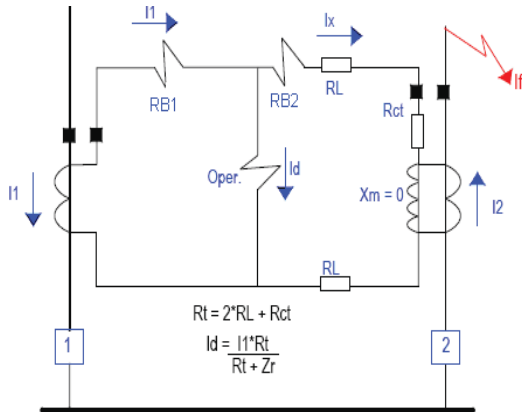


Fig. 4 Protección diferencial porcentual

4) Protección diferencial de baja impedancia.

La protección diferencial está basada en las leyes de Kirchoff, el cual dice que la sumatoria total de las corrientes que ingresan a un nodo es igual a cero.

Para el esquema de protección diferencial, los errores de TC's y los errores de medición son considerados. Los criterios de para las corrientes diferenciales y para las corrientes de restricción se definen de la siguiente forma:

$$I_{Op} = | I1 + I2 + \dots + In | \quad [1]$$

$$I_{Res} = | I1 | + | I2 | + \dots + | In | \quad [2]$$

Dónde:

I_{Op} = Corriente diferencial

I_{Res} = Corriente de restricción

$I1, I2, In$ = Corrientes que circulan por los alimentadores

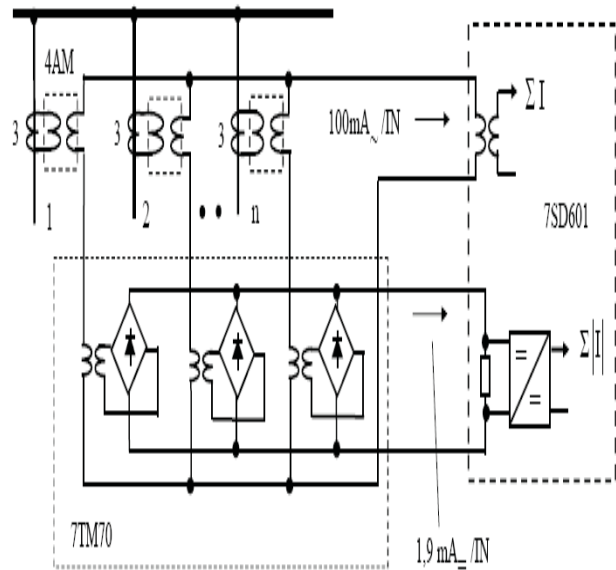


Fig. 5 Protección diferencial de barra de baja impedancia

5) Protección diferencial de alta impedancia.

El arreglo de alta impedancia tiende a forzar que cualquier corriente diferencial incorrecta circule a través de los TC's en lugar de que lo haga a través de las bobinas de operación del relé y así evitar mala operación por fallas externas o para condiciones de sobrecarga cuando las corrientes secundarias de todos los TC's no sean las mismas a causa de las diferencias en las características de magnetización.

Este esquema protege las barras contra fallas a tierra y contra fallas entre fases, está diseñado para trabajar aún bajo condiciones de saturación, permanece estable bajo condiciones de falla externas.

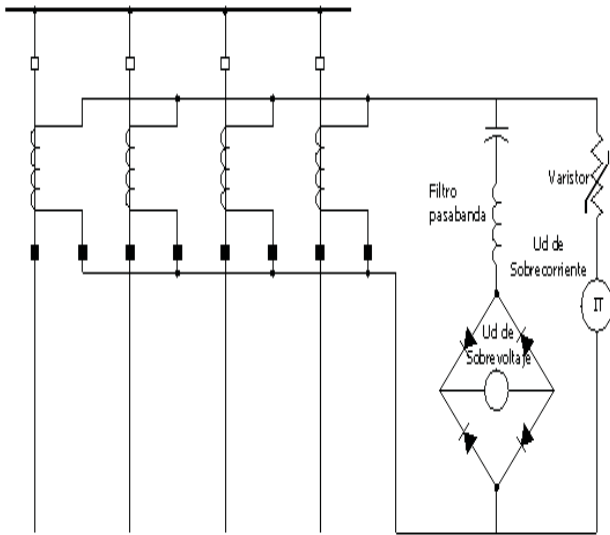


Fig. 6 Conexión de los TC's con la unidad de alta impedancia

III. MODELACIÓN DEL RELÉ DIFERENCIAL DE BARRAS DE BAJA IMPEDANCIA EN ATP.

A. Descripción del modelo de prueba a construirse en ATP.

El modelo de prueba a construirse consta de: Una barra simple, transformadores de corriente, transformadores de interposición y módulos de restricción. El cual demostrará y visualizará que las corrientes secundarias de los TC's son igualadas mediante los transformadores de interposición.

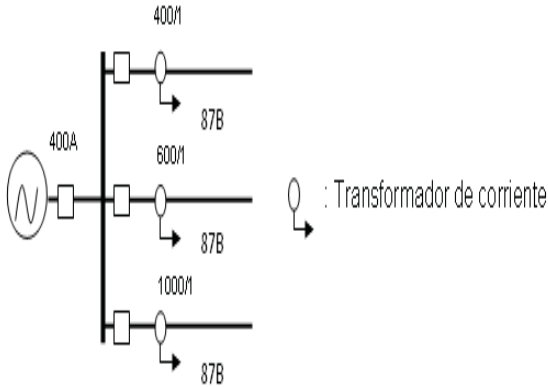


Fig. 7 Diagrama unifilar del modelo de prueba

B. Modelos usados en ATP

1) Barra simple

La barra en ATP es un nodo eléctrico por la cual circula 400A pico, el modelo de ATP para el generador es "ACSOURCE" y una resistencia "RLC-3ph" pura en serie de un valor de 140.85 ohm, de acuerdo a la figura 8.

Attributes		
DATA	UNIT	VALUE
Amplitude	Volt	56340
f	Hz	60
pha	Deg/Rad	0
A1		0
Tstart	s	-1
Tstop	s	1000

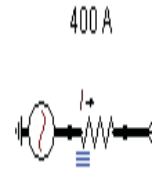


Fig. 8 "ACSOURCE" y "RLC-3ph" en serie en ATP.

2) Transformadores de Corriente. [6]

Para el transformador de corriente se utiliza el modelo de ATP "Saturable 1 phase", el cual brinda la posibilidad de ingresar los datos de prueba realizados en la fábrica, los cuales incluyen:

- Curva de Saturación
- Resistencias y reactancias de los devanados.

Este elemento presenta un modelo igual al de la figura 9

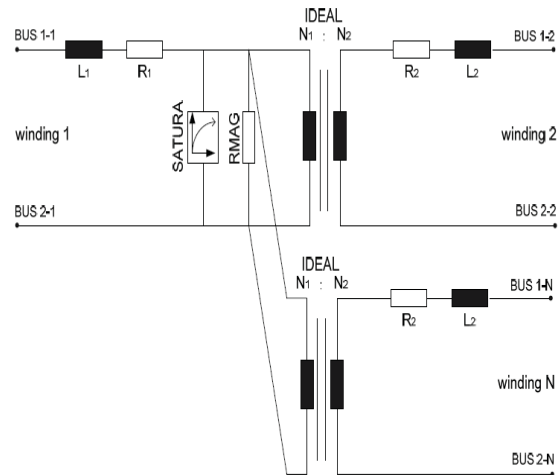


Fig. 9 Modelación del transformador Saturable de ATP. [6]

Dónde:

RMAG= Resistencia de la rama de magnetización referida al primario en ohm.

R1= Resistencia en el bobinado primario en ohm.

L1= Inductancia en el bobinado primario en ohm.

N1= Relación de voltaje en el bobinado primario en kV.

R2= Resistencia en el bobinado secundario en ohm.

L2= Inductancia en el bobinado primario en ohm

N2= Relación de voltaje en el bobinado secundario en kV.

SATURA= Característica no lineal del transformador. Los valores son colocados en Irms vs Vrms, reflejadas al primario del transformador, siendo posible colorar hasta 10 de estos valores.

Los TC's considerados para el modelo de prueba son de: 400/1, 600/1, 1000/1

3) Transformadores de interposición (4AM51)[4]

Los transformadores de interposición realizan la suma “magnética” de las corrientes secundarias de los TC’s de cada bahía, por lo que los transformadores de interposición son usados en el esquema de protección de baja impedancia. La relación 2:1:3 garantiza la sensibilidad para fallas a tierra, debido a que las fallas más comunes a tierra, son propensas en mayor medida en las fases externas de la barra

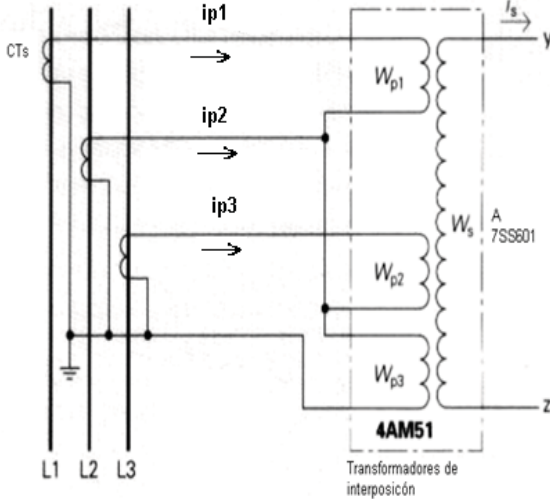


Fig. 10 Conexión normalizada para transformadores de interposición.

4) Construcción del módulo 4AM51 en ATP.

En ATP no existe un modelo de transformador de acuerdo a lo descrito anteriormente, por lo se optó por construir un módulo aproximado con 3 transformadores del tipo “saturable 1 phase”.

Para el módulo aproximado se colocaron 3 transformadores “saturable 1 phase” en serie en los que se desprecian las corrientes de magnetización tanto en el bobinado primario (2:1:3), como en el bobinado secundarios de relación fija de 500 espiras, de acuerdo a la figura 11.

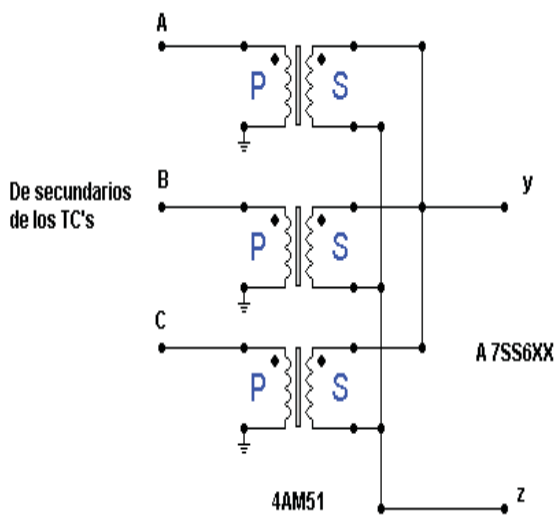


Fig. 11 Módulo 4AM51 en ATP

5) Módulo de Restricción (7TM700) [4].

La restricción (estabilización) tiene la función de reducir la influencia sobre la medición de los errores de transformación (por ejemplo, para la saturación del transformador) en los varios alimentadores, de tal manera que se previene el comportamiento falso del sistema de protección.

De acuerdo a la ecuación [1] la suma vectorial I_{Op} de todas las corrientes de cada bahía actúa como la cantidad de disparo.

Y de acuerdo a la ecuación [2] la suma de los módulos de corriente de cada bahía, es cantidad de restricción I_{Res} . La suma de corrientes diferenciales I_{Op} es equivalente a la adición vectorial de todas las corrientes de alimentación. Además de I_{Op} , el sistema de medición requiere de un valor de restricción I_{Res} , que está formado por la suma de las magnitudes de todas las corrientes.

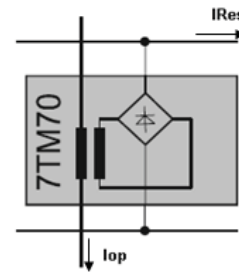


Fig. 12 Módulo de restricción (7TM70). [5]

Este módulo consta de un transformador con relación 1:1, que está compuesto por un puente de diodos, que rectifica la corriente diferencial (I_{Op}) para obtener la corriente de restricción I_{Res} .

Para el modelamiento de este módulo en ATP se optó por el transformador “saturable 1 phase” de relación 1:1 conectado a un puente rectificador, que se encuentra modelado en los ejemplos de ATP, de acuerdo a la figura 13.

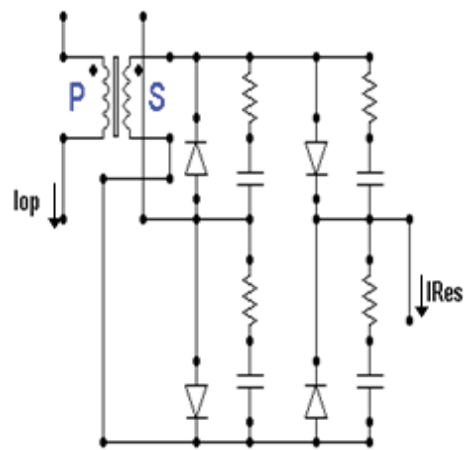


Fig. 12 Módulo de restricción en ATP

6) Construcción del modelo de prueba de 3 bahías en ATP.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, la figura 13 muestra el diagrama esquemático del modelo de prueba y la figura 14 muestra el diagrama construido en ATP.

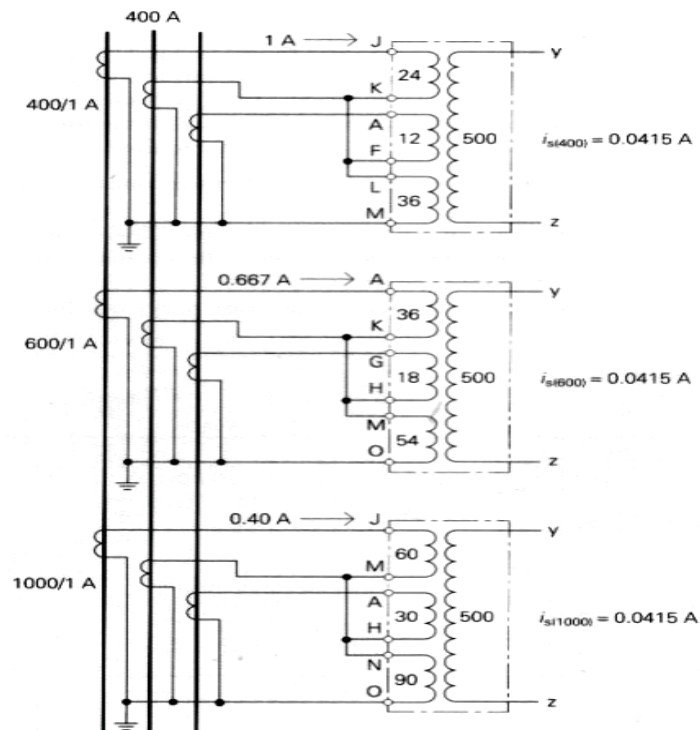


Fig. 13 Modelo de prueba 3 bahías. [4]

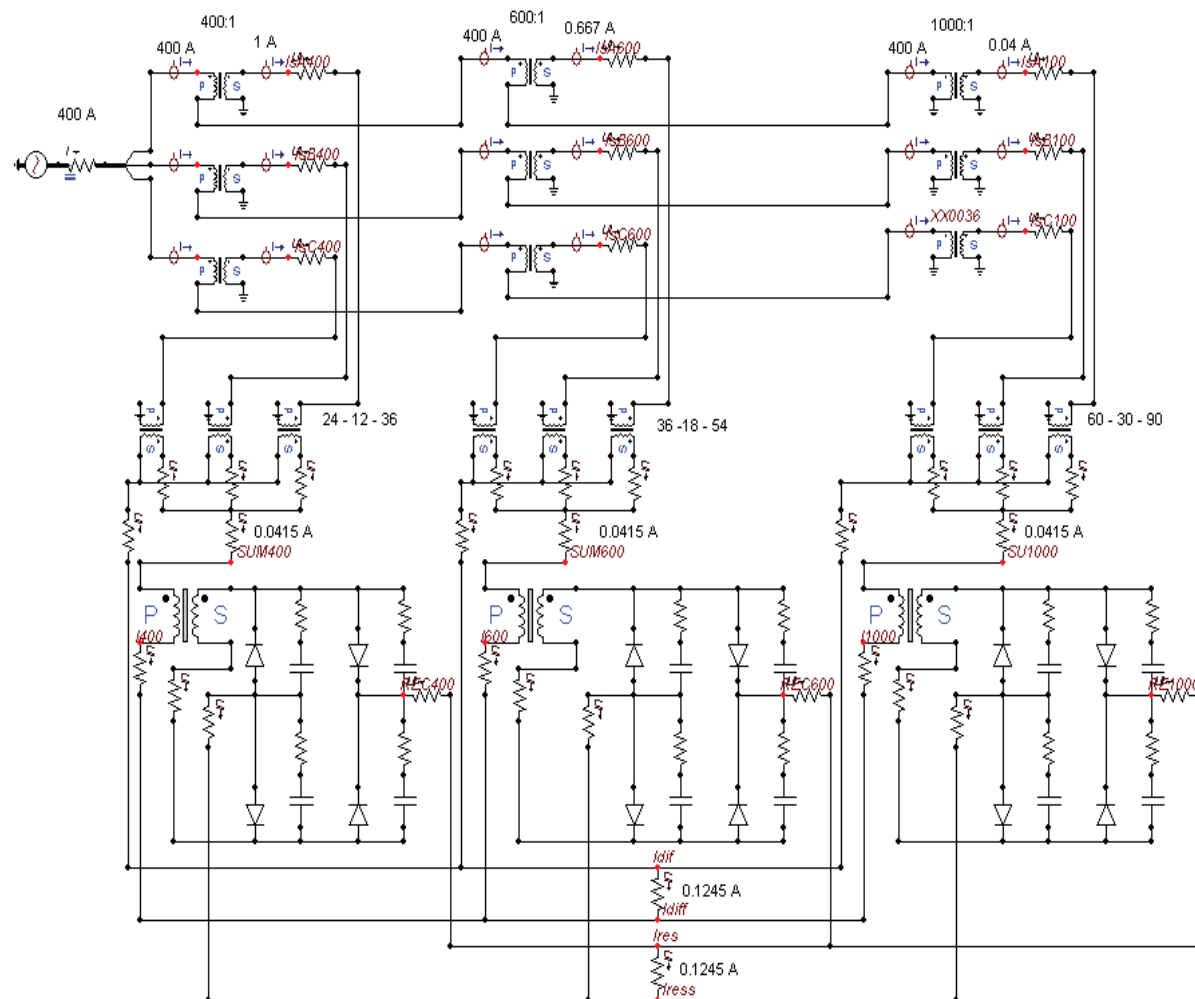


Fig. 14 Barra simple en ATP con 3 bahías.

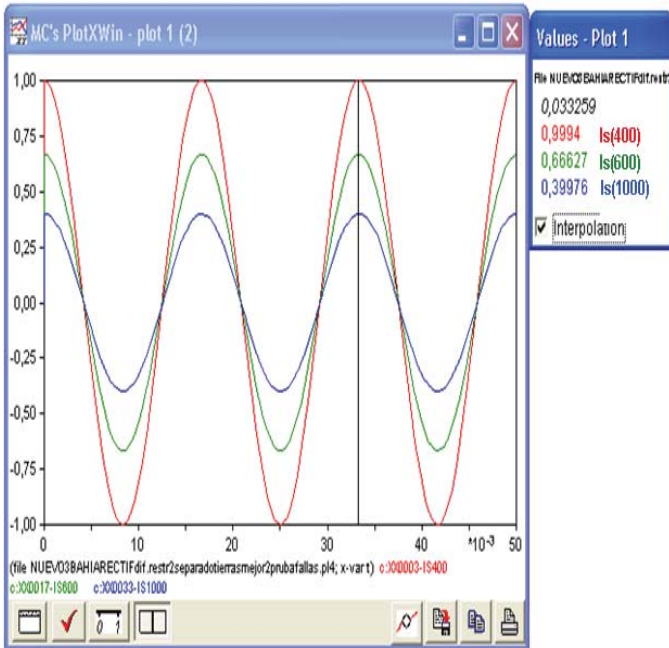


Figura 15 Corrientes secundarias de los TC's

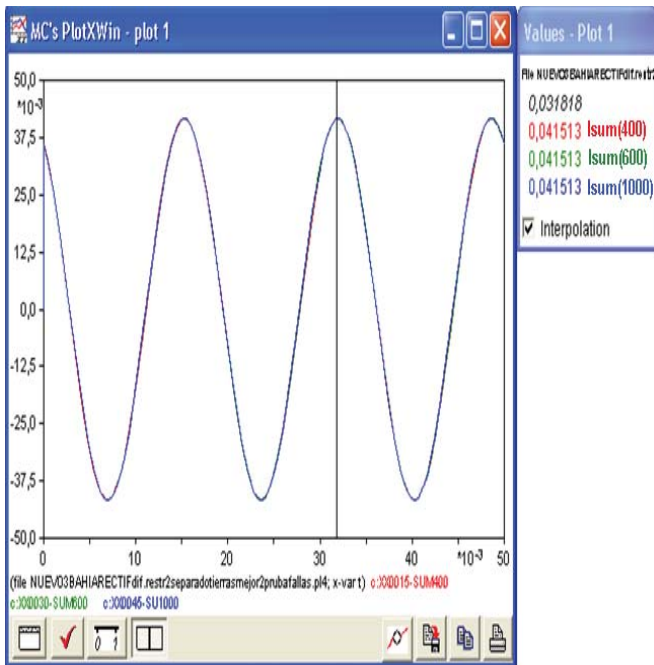


Fig. 16 Corrientes secundarias de los transformadores de interposición.

Se observa que las corrientes secundarias de los TC's (figura 15) son igualadas mediante el módulo de 4AM51(figura 16)

C. Descripción del relé 87B numérico a modelarse. [5]

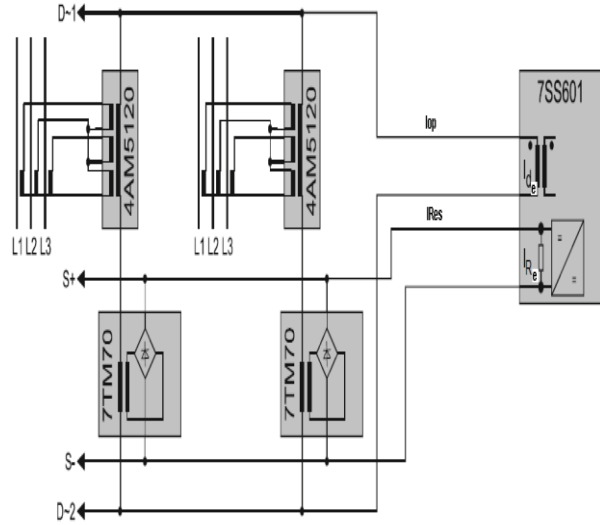


Fig. 17 Diagrama de bloques del relé diferencial de barra de baja impedancia. [5]

La Figura 18 muestra la función de disparo de la protección. La característica se divide en una parte horizontal y una porción de pendiente.

Sólo pares ordenados de corriente de diferencial y de restricción que están por encima de la característica constituyen una falla de barras que llevan a una orden de disparo. El nivel de la porción horizontal de la característica se determina por el parámetro "10Id>".

La porción de pendiente puede ser variada por el ajuste del parámetro "10 k fac".

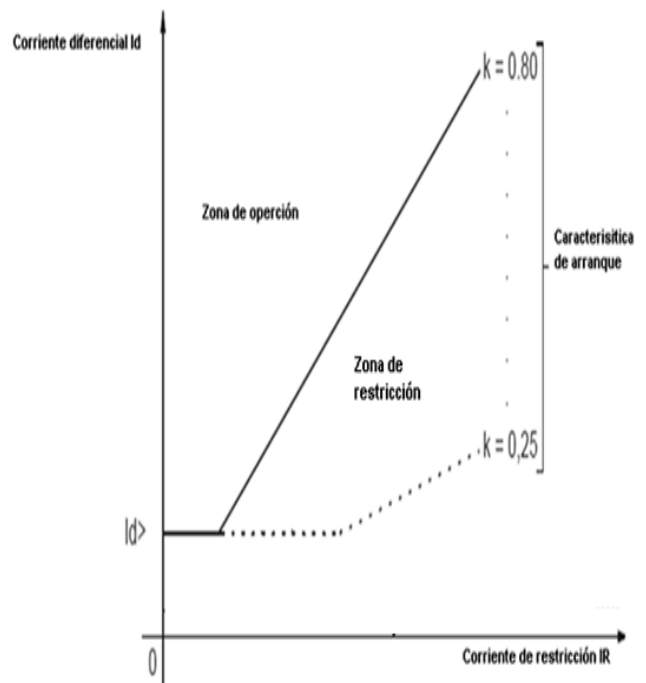


Fig. 18 Característica del relé diferencial. [5]

1) Valor de arranque de corriente diferencial.

Para la detección de fallas y disparo de la protección se utiliza la corriente normalizada I_{de} y I_{Re} que superen el umbral fijado en $10I_{d>}$ (1505).

El umbral $10I_{d>}$ (1505) tiene una influencia en la sensibilidad de la protección de las pequeñas corrientes de falla. Cuando en condiciones de demanda mínima o de tipo punto estrella se crean corrientes de falla a tierra en el intervalo de carga, $10I_{d>}$ (1505) tendría que establecerse por debajo del valor nominal para responder a ellas.

2) Factor de restricción.

El factor de restricción $10k\text{ fac}$ (1506) permite adaptar la estabilidad de la protección para condiciones de servicio. Un valor alto de este factor mejora la estabilidad con respecto a fallas fuera de la zona de protección, pero se reduce la sensibilidad para la detección de fallas de internas, por lo tanto se debe elegir un valor lo más bajo posible y lo más alto necesario, de acuerdo a los estudios realizados.

Cuando un sistema de medición se utiliza para la protección en la llamada zona de control, se recomienda un menor valor para $10k\text{ fac}$ para evitar que las corrientes de carga de las secciones de barras no falladas causen una sobre restricción

TABLA 1
LA CONFIGURACIÓN RECOMENDADA PARA 10 K FAC (1506). [5]

Protección zona selectiva	
Condición	Ajuste de 10 k fac
Tiempo de saturación de los transformadores ≥ 3 ms (16.7 Hz, 50 Hz, 60 Hz) Constante de tiempo para el sistema de potencia < 300 ms	0.6

TABLA 2
LA CONFIGURACIÓN RECOMENDADA PARA 10 K FAC (1506). [5]

Zona de verificación	
Condición	Ajuste de 10 k fac (1506)
ninguna	0.3

TABLA 3
DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS. [5]

Dirección DIGSI	Parámetros	Posible ajuste	Ajuste predeterminado	Descripción
1505	$10I_{d>}$	$0.2 I_{NO}$ a $2.5 I_{NO}$	$1.00 I_{NO}$	Umbral de la corriente diferencial
1506	$10K\text{ fac}$	0.25 a 0.80	0.60	Sensibilidad para fallas internas

I_{NO} : corriente normalizada; $I_{NO} = 100$ mA con una simétrica corriente que fluye en el lado primario

D. Construcción del 87B de baja impedancia.

1) Algoritmo para obtener la corriente de operación y estabilización. [5]

El algoritmo usado para el relé diferencial es la ley de Kirchhoff. La rutina de MATLAB necesita de los valores de muestra de I_{de} e I_{Re} , así como los parámetros “ $10I_{d>}$ ” y “ $10k\text{ fac}$ ” que son calibrados y llevados a la rutina de Matlab, para ejecutar la condición de disparo del relé diferencial de barra de baja impedancia como muestra la figura 18.

I_{dif} , I_{Res} son los valores que resultan del cálculo de la rutina MATLAB de acuerdo a los archivos normalizados COMTRADE. [10]

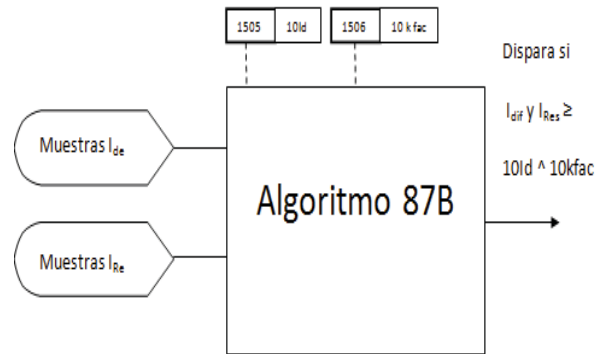


Fig. 19 Diagrama lógico del 87B de baja impedancia

IV. APLICACIÓN A LA BARRA DE 69 kV DE LA SUBESTACION MACHALA 230/138/69 kV

A. Descripción general del sistema de potencia a modelarse.

La Subestación MACHALA se encuentra ubicada a unos 3 km de la Vía EL CAMBIO – LA PEÑA, en la hacienda EL CARMEN de la parroquia LA UNIÓN del cantón MACHALA.

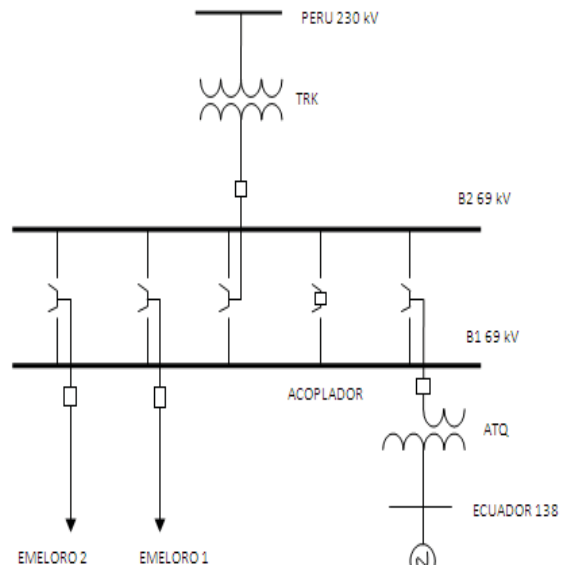


Fig. 20 Diagrama unifilar y niveles de voltaje simulados.

El diagrama unifilar de la figura 20 corresponde al año 2004, el consta de las bahías del banco de transformadores ATQ, el banco de transformadores TRK, Las bahías de las cargas Emeloro1, Emeloro2 y la bahía del seccionador para el acoplamiento de las barras de 69kV.

B. Simulación de fallas internas, externas y energización del banco de transformadores TRK.

Las simulaciones para la S/E de Machala se van a realizar para 3 casos

- Caso 1: En la barra 1 conectadas las bahías ATQ, Emeloro 1, en la barra 2 conectadas las bahías TRK y Emeloro2 e interconectadas por la bahía del acoplador
- Caso 2: En la barra 1 conectadas las bahías ATQ, Emeloro 1, Emeloro 2, en la barra 2 la bahía TRK e interconectada por la bahía del acoplador
- Caso 3: En una sola barra conectadas todas las bahías

La rutina realizada en Matlab recoge los datos simulados de las corrientes diferenciales y de restricción de la S/E de Machala para realizar la gráfica de la curva característica del relé diferencial, así como los valores descritos en la figura 4.13 y con los pares ordenados instantáneos IRes1, Idif1 y IRes2, Idif2, para el caso de doble barra e IRes1, Idif1 para el caso de barra simple.

Para el análisis de los 3 casos de estudio, los parámetros 10Id> y 10K fac permanecerán fijos de acuerdo a los valores actuales que se encuentran fijados en la S/E de Machala los cuales están descritos en la figura 21 [13].

PARÁMETROS	RANGO	SIMBOLO	VALOR
Umbral de la corriente diferencial	0.2*I _{no} a 2.50*I _{no}	10Id>	0.2
Sensibilidad a fallas internas	0.25 a 0.80	10K fac	0.7

I_{no}: corriente nominal normalizada; I_{no} = 100 mA corriente nominal simétrica que fluye en el lado primario. [5]

Fig. 21 Parámetros “10Id>” y “10K fac” para la S/E de Machala 69kV

C. Análisis de los resultados del relé 87B de la S/E Machala a 69kV.

Los valores fijados en la S/E de Machala para el relé diferencial de barra de baja impedancia y que fueron usados para todas las simulaciones son parámetros de acuerdo a la figura 19.

TABLA 4
FALLAS PARA EL CASO 2, EN BARRA 1.

Fallas	Corriente de restricción Ires2	Corriente diferencial Idif2	Estado del relé 87B	Sensibilidad a fallas internas kB2
Trifásica	0.2191	0.20167	1	0.920129
Bifásica AB	0.2191	0.20155	1	0.919628
Bifásica AC	0.2621	0.20107	1	0.767104
Bifásica BC	0.3335	0.23346	1	0.700015
Bifásica tierra AB	1.1918	0.83436	1	0.700049
Bifásica tierra AC	0.5644	0.39561	1	0.700820
Bifásica tierra BC	0.2928	0.20559	1	0.701966
Monofásica A	0.3379	0.25910	1	0.766651
Monofásica B	0.3428	0.24134	1	0.703942
Monofásica C	0.3329	0.23399	1	0.702866

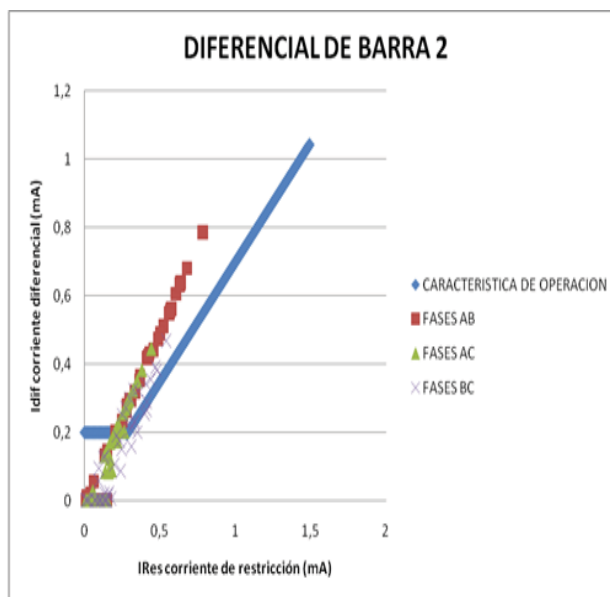


Fig. 20 Característica del relé diferencial 87B1 falla bifásica interna en barra 2

Realizadas las simulaciones por medio del programa ATP, de acuerdo a la figura 20 y de la tabla 4 se observó lo siguiente:

Cuando se tiene una falla interna el relé opera dentro de su zona de protección, para los casos de fallas externas y energizaciones al no estar dentro de la zona de protección el relé no opera, las fallas bifásicas son las más severas y de las gráficas de las simulaciones realizadas para cada uno de los casos se observa que, los puntos de operación en el estado de falla se encuentran cerca de la característica de operación del relé diferencial de barra de baja impedancia.

D. Calibración del relé 87B de la S/E de Machala a 69kV.

En la tabla 4 se observa que las falla bifásicas en las fases BC corresponden al valor mínimo de sensibilidad para fallas internas y tomando como peor condición el valor más pequeño que corresponde al caso 2 para la calibración del parámetro “10k fac” igual a 0.70001531 cuyo valor garantizara que el relé no operara ante posibles saturaciones de los TC's, de acuerdo a las simulaciones realizadas.

V. CONCLUSIONES

- En el desarrollo del presente proyecto, se encontró que la modelación del esquema diferencial de barras de baja impedancia, es realizable tanto en el esquema de barra simple como en esquemas de barra doble.
- El módulo 4AM51 que corresponde a los transformadores de interposición y que son los encargados de hacer la suma de las tres fases y equilibrarlas en una sola, es viable para su construcción en el programa ATP de acuerdo a las simulaciones realizadas.
- Se realizó el análisis para el esquema de barra simple y doble del relé diferencial 87B en la S/E Machala, resultado de la simulación se pudo observar que el modelo configurado en el software APD-87BBI, con las configuraciones fijadas para el mismo; operó dentro de su zona correctamente y fuera de ella no. Por lo que el uso de un relé diferencial 87B de baja impedancia, se lo puede utilizar sin ningún problema.
- Los ajustes fijados actualmente del relé diferencial para la barra de 69kV de la subestación Machala 230/138/69 kV no presentan ningún inconveniente para los casos de energizaciones, fallas internas y externas a la zona de protección del relé diferencial.
- Adicionalmente, se observa en las curvas características del relé diferencial de barra de baja impedancia y los reportes de las simulaciones del mismo, que la falla bifásica en las fases BC para todos los casos de estudio, las corrientes de restricción y diferenciales se encuentran cerca de la característica de operación.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Ravindranath, B.; Chander, M.: Protección de sistemas de potencia e interruptores
- [2] Ziegler, Gerhard. Numerical Protection Principles and Applications. SIEMENS. Berlin and Munich. 1999.
- [3] Brand, Luis; Moncada, Juan. Protecciones de Sistemas Eléctricos. E. González. Chile.1976.
- [4] Siemens: Applications for SIPROTEC protection relays-2005

- [5] Manual; SIPROTEC Centralized Numerical Busbar Protection 7SS60.
- [6] Can/Am EMTP USER GROUP, “ATP Rule Book”, CAUE – Comité Argentino de Usuarios de EMTP – ATP, 1987 – 1995.
- [7] Manual de operación de la S/E de Machala; Documento. SOP-01.
- [8] Users' Manual ATPDRAW version 5.6 for Windows 9x/NT/2000/XP/Vista.
- [9] Especificaciones y características técnicas, biblioteca CELEC EP Transelectric.
- [10] IEEE Power Engineering Society, IEE Standard Common Format for Transient Data Exchange (COMTRADE) for Power Systems.
- [11] Diagrama esquemático; Bahía diferencial de barras 69kV, entrada de señales de corriente a diferencial de barra 1 y 2; G63006-S1003-S65-220-B1.
- [12] Test report for current transformer; biblioteca CELEC EP Trans electric.
- [13] Supervisión de operación, documento GXPL-SOP-EP-010-04

VI. BIOGRAFÍAS



Ricardo Andrade Sánchez nació en Quito el 2 de septiembre de 1983. Bachiller del Colegio Jun Pío Montúfar. Se graduó como Ingeniero Eléctrico en junio de 2012 en la Escuela Politécnica Nacional. Actualmente desempeña labores en CELEC EP - Unidad de Negocio TRANSELECTRIC en el área de Diseño de Líneas de

Transmisión.



Antonio Fonseca, nació en Quito, Ecuador en 1979. Recibió su título de Ingeniero Eléctrico (marzo 2003) y Magister en Ingeniería Eléctrica (julio 2009) en la Escuela Politécnica Nacional (EPN) Quito–Ecuador.

Actualmente, forma parte del Departamento de Mantenimiento de CELEC EP – Unidad de Negocio TRANSELECTRIC. Adicionalmente se desempeña como profesor en la carrera de Ingeniería Eléctrica y en la Maestría en Ciencias de Ingeniería Eléctrica de la EPN.