



Ajuste de protecciones frente a faltas monofásicas en líneas de media tensión en redes con neutro puesto a tierra a través de reactancia



L. Rouco Rodríguez

Dr. Ingeniero Industrial, Profesor Propio Ordinario de la E.T.S. de Ingeniería (ICA).



J. A. Torres Santana

Ingeniero Industrial. Profesor Titular de Escuela Universitaria de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.



J. M. García Muñoz

Ingeniero Industrial, Endesa.



J. Sánchez Paz

Ingeniero Industrial, Endesa.

Palabras clave: Redes de media tensión, faltas a tierra, protecciones de sobreintensidad de neutro.

Key words: Medium voltage grids, ground faults, neutral overcurrent protections.

Resumen

El ajuste de las protecciones de neutro de las líneas de media tensión de distribución es de gran importancia para asegurar la calidad del suministro de energía eléctrica ya que las faltas monofásicas a tierra son las más frecuentes en las citadas redes eléctricas. Las protecciones deben exhibir, entre otras, dos cualidades fundamentales: sensibilidad y selectividad. Este artículo propone un procedimiento de ajuste de protecciones de sobreintensidad de neutro de líneas de media tensión de distribución. Se ilustra el citado procedimiento al ajuste de las protecciones de las líneas conectadas a una de las dos barras de una subestación transformadora 66 kV/20 kV estando el neutro de la red de 20 kV puesto a tierra a través de reactancia limitadora de la corriente de falta monofásica franca a 500 A. Se ha comprobado la selectividad y la sensibilidad de los ajustes calculados.

Abstract:

The settings of the neutral protections of medium voltage distribution lines are very important to ensure the quality of supply of the electrical energy since ground faults are the most frequent ones in such grids. Protections must exhibit, among others, two main features: sensitivity and selectivity. This paper proposes a procedure to determine the settings of the neutral overcurrent protections of medium voltage distribution lines. The method is illustrated determining the settings of the 20 kV lines connected to one of the busbars of 66 kV/20 kV transformer station. The neutral of the 20 kV grid is connected to ground through a grounding reactor that limits ground fault current to 500 A. The sensitivity and selectivity of the computed settings have been checked.

Introducción

Este artículo aborda el ajuste de protecciones de neutro de líneas de media tensión de distribución en redes con neutro puesto a tierra a través de reactancia. El ajuste de las protecciones de neutro es de gran importancia para asegurar la calidad del suministro de energía eléctrica ya que las faltas monofásicas a tierra son las más frecuentes en redes eléctricas de media tensión de distribución.

Las protecciones deben exhibir, entre otras, dos cualidades fundamentales: sensibilidad y selectividad. La sensibilidad se refiere a que deben ser capaces de detectar no sólo faltas francas sino también faltas resistivas. La selectividad se refiere a que deben ser capaces de aislar únicamente la línea en falta, permaneciendo las sanas en servicio.

La protección contra faltas a tierra está afectada por el estado del neutro de la red de media tensión y por la capacidad a tierra (corrientes capacitivas) de las líneas. En redes con el neutro puesto a tierra a través de reactancia limitadora (la impedancia limita la corriente de falta monofásica típicamente a 500 A en redes aéreas y a 1.000 A en redes subterráneas), la protección se realiza con protecciones de sobreintensidad de neutro.

Condicionantes ambientales y sociales provocan con frecuencia que redes de media tensión concebidas originalmente como aéreas, y por tanto con reactancias de puesta a tierra dimensionadas conforme a tal configuración, evolucionen con el tiempo a redes mixtas o incluso con predominio de tramos subterráneos. Cuando esto ocurre, los ajustes de las protecciones de dichas líneas, establecidos para una red aérea, pueden dar lugar a problemas de sensibilidad y selectividad.

En un artículo precedente [1] se analizó la selectividad proporcionada por los ajustes encontrados en las protecciones de sobreintensidad de neutro de las líneas conectadas a una de las dos barras de una subestación transformadora 66 kV/20 kV estando el neutro de la red de 20 kV puesto a

tierra, a través de reactancia limitadora de la corriente de falta monofásica franca a 500 A. Dicho artículo también estudió la sensibilidad máxima alcanzable con las protecciones de sobreintensidad instaladas.

Este artículo detalla un procedimiento de ajuste de protecciones de sobreintensidad de neutro (elementos instantáneo 50N y temporizado 51N) en redes de media tensión de distribución con el neutro puesto a tierra a través de reactancia que resuelve los problemas de selectividad encontrados en el caso de estudio considerado en el artículo [1].

Red de estudio

El método propuesto se va a aplicar a las cinco líneas de 20 kV asociadas a una de las dos barras (barras I) de una subestación 66 kV/20kV. Cada barra de 20 kV de la subestación está alimentada por un transformador YNd 66 kV/20 kV de 40 MVA y una tensión de cortocircuito del 14.6%. La corriente de cortocircuito trifásico en las barras de 66 kV de la subestación es de 8.500 A. El neutro de la red de 20 kV está puesto a tierra a través de una reactancia zig-zag conectada en barras que limita la corriente de falta monofásica a 500 A.

Las características de las líneas asociadas a las barras I de la subestación

están detalladas en la Tabla 1. Se detallan el tipo de línea, la capacidad en μF , la corriente capacitiva en A (a la tensión nominal) y la relación del transformador de intensidad de línea.

La Tabla 2 detalla las características de las funciones 50N y 51N de un relé de protección multipropósito [2].

Ajuste del elemento instantáneo

El ajuste del elemento instantáneo se realiza de tal forma que la protección actúe cuando hay una falta monofásica a tierra franca en la línea. Es preciso comprobar que no se produce la actuación de las protecciones de las líneas sanas. La Tabla 3 detalla la corriente de línea en caso de falta en la propia línea y la corriente de línea en caso de falta en otra línea y el ajuste del elemento instantáneo. Se comprueba que la corriente en una línea sana es siempre inferior a la corriente en la línea en falta.

Ajuste del elemento temporizado

Los principios de ajuste de la protección de sobreintensidad de neutro de tiempo inverso (51N) que se proponen son (ver Figura 1):

La corriente de arranque $I >$ será la corriente de falta en caso de que la resistencia de falta sea R_{F1} que corres-

Tabla 1. Características de las líneas del caso de estudio

Línea	Tipo	Capacidad (μF)	Corriente capacitiva (A)	Relación TI
L1	Subterránea	2.784	33.3	300/5
L2	Subterránea	1.8	21.6	300/5
L5	Mixta	11.205	134.1	300/5
L6	Subterránea	7.13	85.4	300/5
L9	Mixta	3.718	44.5	400/5

Tabla 2. Parámetros de las funciones 50N y 51N de un relé protección multipropósito

	50N		51N		
	Rango	Paso	Rango	Paso	
Arranque ($I >$)	0.2-32 A	0.01 A	Arranque ($I >$)	0.2-2.4 A	0.01 A
Temporización	0-60 s	0.01 s	Dial (T)	0.05-1 s	0.01 s

Tabla 3. Ajuste del elemento instantáneo

Línea	Corriente de línea en caso falta en la propia línea (A)	Corriente de línea en caso de falta en otra línea (A)	I>> Corriente de arranque (A protección)	I>> Corriente de arranque (A línea)
L1	233.3	36.0	3.8	228
L2	220.6	23.3	3.6	216
L5	342.3	145.0	5.7	342
L6	289.6	92.3	4.8	288
L9	245.4	48.1	3.0	240

ponderará a la máxima sensibilidad de la protección (por ejemplo 1000 Ω).

El dial T será tal que el tiempo de actuación de la protección sea $t(R_{F2})$ en caso que la corriente de falta sea $I(R_{F2})$. Por ejemplo, se puede elegir R_{F2} igual a 0 Ω (falta franca) y $t(R_{F2})$ igual a 200 milisegundos. Es decir:

$$T = \frac{t}{a} \cdot \left[\left(\frac{I}{I >} \right)^b - 1 \right]$$

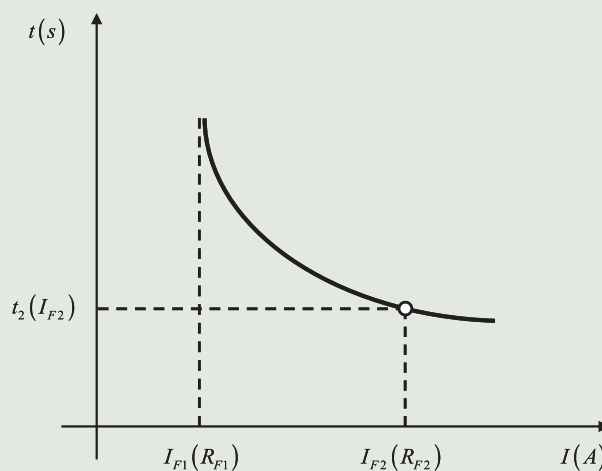
La Tabla 4 contiene los resultados del ajuste del elemento temporizado suponiendo una característica inversa característica ($a = 0.13$ y $b = 0.02$). Se proporciona la corriente de arranque (I>) y el dial (T).

La Tabla 5 presenta los tiempos de actuación de las protecciones de sobreintensidad de tiempo inverso de neutro de las líneas en caso de faltas francas en cada una de las líneas. El guión (-) indica que la protección no actuaría. Se comprueba que en caso de falta franca en cualquier línea, la protección de la línea en falta actúa siempre antes que las protecciones de las líneas sanas con

Tabla 4. Ajuste del elemento temporizado (5 IN)

Línea	I> Corriente de arranque (A protección)	T Dial
L1	0.40	0.08
L2	0.40	0.07
L5	0.60	0.08
L6	0.40	0.08
L9	0.40	0.07

Figura 1. Principios de ajuste de la protección de sobreintensidad de neutro de tiempo inverso



un tiempo de coordinación de orden de 150 milisegundos. La Tabla 6 presenta los tiempos de actuación de las protecciones de sobreintensidad de tiempo inverso de las líneas en caso de falta resistiva de 100 Ω en cada una de las líneas. Se vuelve a comprobar que la protección de la línea en falta actúa siempre antes que las protecciones de las líneas sanas.

La Figura 2 muestra los tiempos de actuación de las protecciones de las líneas en función de la resistencia de falta cuando se produce una falta en la línea L5. Las curvas de tiempo de actuación de las líneas L2 y L9 en función de la resistencia de falta coinciden. Se comprueba que el tiempo de actuación de la protección de la línea L5 (línea en falta) es inferior al tiempo de actuación de

Tabla 5. Tiempos de actuación de la protección de sobreintensidad de tiempo inverso (característica inversa) para una falta monofásica a tierra franca

Falta en la línea	Tiempo de actuación de la protección de la línea (ms)				
	L1	L2	L5	L6	L9
L1	223	-	368	381	1111
L2	1275	201	368	381	1111
L5	1275	-	226	381	1111
L6	1275	-	368	204	1111
L9	1275	-	368	381	219

Tabla 6. Tiempos de actuación de la protección de sobrecorriente de tiempo inverso (característica inversa) para una falta monofásica a tierra de 100Ω

Falta en la línea	Tiempo de actuación de la protección de la línea (ms)				
	L1	L2	L5	L6	L9
L1	296	-	610	646	-
L2	-	268	610	646	-
L5	-	-	300	646	-
L6	-	-	610	263	-
L9	-	-	610	646	301

Figura 2. Tiempo de actuación de los elementos de tiempo inverso de la protección de sobrecorriente de neutro en caso de falta en la línea L5 en función de la resistencia de falta

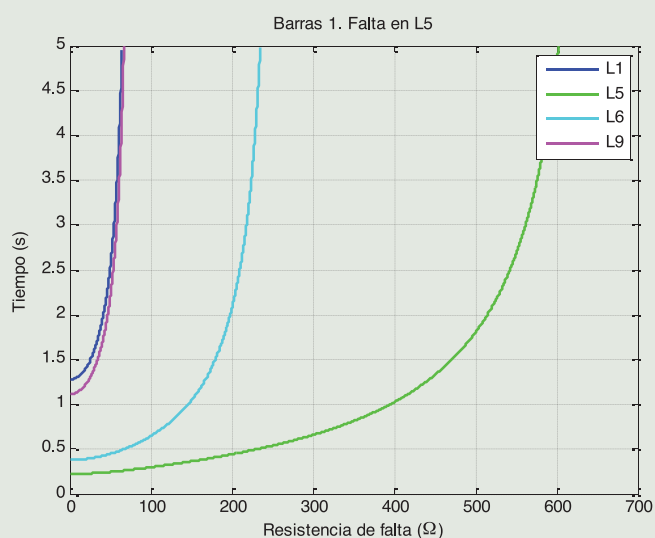
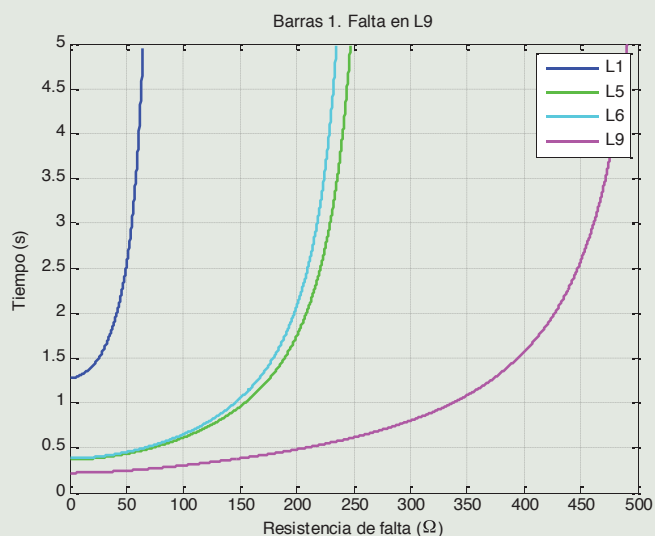


Figura 3. Tiempo de actuación de los elementos de tiempo inverso de la protección de sobrecorriente de neutro en caso de falta en la línea L9 en función de la resistencia de falta



la protección de las otras líneas (líneas sanas). La Figura 3 muestra los tiempos de actuación de las protecciones de las líneas en función de la resistencia de falta cuando se produce una falta en la línea L9. También se comprueba que el tiempo de actuación de la protección de la línea L5 (línea en falta) es inferior al tiempo de actuación de la protección de las otras líneas (líneas sanas).

Conclusiones

Este artículo ha propuesto procedimiento de ajuste de protecciones de sobrecorriente de neutro (elementos instantáneo 50N y temporizado 51N) en redes de media tensión de distribución con el neutro puesto a tierra a través de reactancia. Se ha aplicado el citado procedimiento al ajuste de las protecciones de las líneas conectadas a una de las dos barras de una subestación transformadora 66 kV/20 kV estando el neutro de la red de 20 kV puesto a tierra a través de reactancia limitadora de la corriente de falta monofásica franca a 500 A. Se ha comprobado la selectividad de la actuación de las protecciones, quedando así resueltos los problemas descritos en el artículo [1]. ■

Referencias

- [1] L. Rouco Rodríguez, J. A. Torres Santana, J. M. García Muñoz, J. Sánchez Paz, "Problemas en la protección frente a faltas monofásicas en líneas de media tensión de distribución en redes con neutro puesto a tierra a través de reactancia", Anales de Mecánica y Electricidad, Volumen LXXXIX, Fascículo VI, Noviembre-Diciembre, 2012, páginas 49-55.
- [2] General Electric Power Management, "Sistema Integrado de Protección y Control DDS", Instrucciones GEK 106163A.