

Monitoreo y evaluación de protección diferencial y de distancia en los relevadores SEL 311L para fallas trifásicas en línea de transmisión.

Mario Isaac Espejel Gonzales
ESIME Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional
mespejelg1900@alumno.ipn.mx

Imberth Adrian Lopez Garcia
ESIME Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional
ilopezg1602@alumno.ipn.mx

Dr. David Sebastián Baltazar
Sección de estudios de posgrado e investigación;
ESIME Zacatenco

Resumen— En este trabajo se presenta el monitoreo de la protección diferencial de línea (87L) y la protección de distancia (21) en los relevadores SEL 311L por medio de una unidad terminal remota para verificar la operación de las protecciones ante fallas trifásicas en una línea de transmisión. Además de modelar la red de prueba en ETAP con objetivo de reproducir en un entorno real los resultados obtenidos en la simulación.

Palabras Clave — Monitoreo, protección diferencial, protección de distancia, fallas trifásicas, unidad terminal remota.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en México, las líneas de transmisión operan cerca de su capacidad máxima. Por esta razón las protecciones eléctricas deben destacarse por su alta confiabilidad y seguridad. Esto garantiza una mayor estabilidad y una operación segura del sistema eléctrico de potencia.

Con el objetivo de asegurar el funcionamiento adecuado del sistema eléctrico de potencia, requiere que la puesta en marcha de una subestación realice periódicamente pruebas que simulen corrientes y tensiones típicos de una falla para probar a cada uno de sus equipos de protección. Sin embargo, interrogar a una gran cantidad de dispositivos electrónicos inteligentes (IED) de manera individual resulta impráctico.

En este contexto, la unidad terminal remota (UTR) facilita la comunicación entre diversos IED, permitiendo la integración de subestaciones modernas [1].

II. DESARROLLO

El trabajo se divide en dos etapas importantes. La primera corresponde a la realización de un conjunto de simulaciones, previo a las simulaciones se realizan, los cálculos empleados, los ajustes para los relevadores y la simulación de fallas. La segunda etapa se muestra los resultados de pruebas realizadas en el laboratorio y los resultados de cada prueba a través de las oscilografías generadas.

A. Red de estudio

Los parámetros de la red de prueba fueron tomados de una línea de transmisión de Nuevo León, con información del CENACE.

Se modeló una línea de transmisión en el Software comercial ETAP, considerando los siguientes elementos: una fuente de alimentación denominada CMM; entre el bus_1 y bus_2, la impedancia de la línea a proteger con interruptores de potencia a sus extremos. Entre el bus_2 y bus_3 nuevamente se encuentra la impedancia de la línea. En el bus_3, se tiene una carga instalada y, por último, hay un generador eólico.

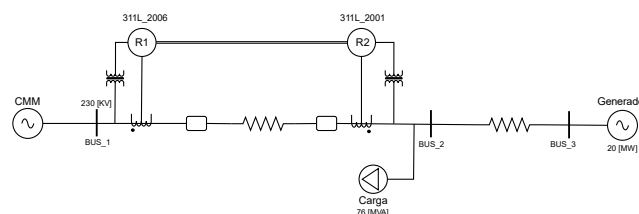


Figura 1.- Modelo de la línea de transmisión en ETAP

1) Selección de los TC y TP.

Se determinó la magnitud de la corriente de falla trifásica a través de un estudio de corto circuito, esta corriente se utiliza para la selección de la relación de transformación de transformador de corriente (RTC) según la [] esto debe soportar 20 veces su corriente nominal.

$$20I_n = I_{\text{Falla máxima}} \quad (1)$$

$$I_n = \frac{I_{\text{Falla máxima}}}{20} = \frac{10.417 [kA]}{20} = 520.85 [A] \quad (2)$$

Para la selección de la relación de transformación de potencial (RTP) se utilizó la tensión nominal de la línea y el valor secundario del TP.

$$RTP = \frac{230 [kV]}{120} \approx 1917 [V] \quad (3)$$

2) *Parametrización de los relevadores*

La función de protección que se selecciono es la 87L y 21, la cual tiene como prioridad proteger una zona específica delimitada por los TC mediante la protección diferencial de línea (87L), siempre y cuando ambos relés estén comunicados a través de fibra óptica. Y cuando esto no suceda debe ser respaldada por la protección de distancia (21), para garantizar la actuación de la protección.

3) *Ajuste de los relevadores SEL 311L en ETAP*

El software no permite ajustar la corriente de disparo para la protección diferencial (87L), por lo que simplemente debe ser habilitada para formar parte del esquema de protección. Sin embargo, el valor de ajuste debe ser la corriente máxima que fluye por la carga.

$$I_{carga} = (1.4) \left(\frac{MVA}{\sqrt{3}(V_L)} \right) = (1.4) \left(\frac{76 [MVA]}{\sqrt{3}(230 [kV])} \right) \approx 267.4 [A] \quad (4)$$

En la tabla 1 se presenta los parámetros cargados en ambos relevadores para ajustar la protección 21.

Tabla 1.- Parámetros para la protección 21.

Descripción	Valor
Impedancia de la línea (ZL)	= 134.746∠82.875 [Ω]
Factor para referir al secundario TC/TP	= 0.0521
Impedancia de la línea vista desde el secundario	=7.0290∠82.875[Ω]
Zona 1 al 80%	=5.623∠82.875[Ω]
Zona 2 al 120%	=8.435∠82.875[Ω]
Zona 3 al 210%	=14.761∠82.875[Ω]

En la figura 2 se muestran las circunferencias que representan las zonas activadas mediante los diagramas tipo Mho.

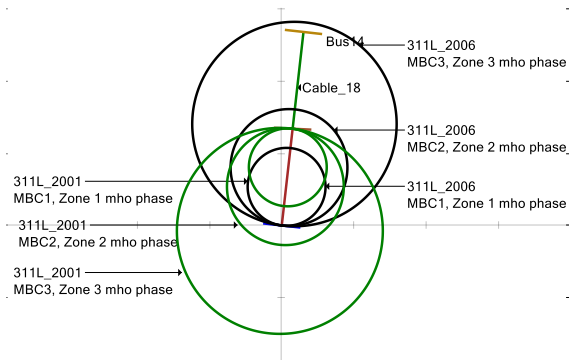


Figura 2.- Diagramas tipo Mho.

4) *Disparo de la protección diferencial de línea (87L)*

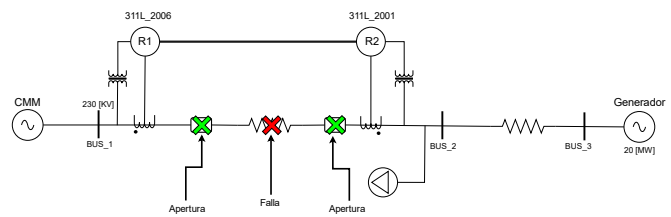


Figura 3.- Falla dentro de la zona de protección

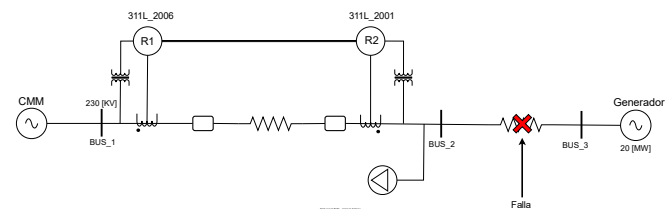


Figura 4.- Falla fuera de la zona de protección

5) *Disparo de la protección de distancia. (21)*

Para ejecutar los siguientes disparos fue necesario simular que falla la comunicación entre los dos relés. De esta forma se entiende que la comunicación entre relevadores se perdió.

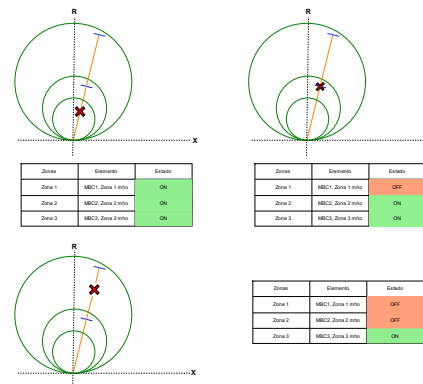


Figura 5.- Fallas generadas a lo largo de la línea.

Dado que se trata de una simulación, es posible realizar fallas dentro de los límites predeterminados para cada zona de operación, para evaluar el funcionamiento correcto, siempre y cuando los ajustes para cada zona sean precisos. No obstante, en un entorno real con transformadores de corriente (TC) y transformadores de potencial (TP), replicar este escenario puede resultar desafiante debido a las variabilidades y condiciones de la operación real que afectan el comportamiento de los equipos.

Es posible realizar fallas que se desplacen dentro de la circunferencia a través de modificar la impedancia de falla, sin embargo, solo se presenta fallas a lo largo de la impedancia de la línea.

B. Pruebas en el laboratorio de protecciones

Con el propósito de replicar lo visto en la simulación, se cargó los mismo a justes vistos previamente a los relevadores del laboratorio.

En la figura 6 se presenta un diagrama que indica la parametrización de los relevadores SEL 311L a través del AcSELErator QuickSet [2].



Figura 6.- Diagrama de bloques ajuste de los relevadores

Una vez parametrizados los relevadores y verificada la conexión se inyectaron corrientes y tensiones mediante la fuente AMS propia de SEL. En la figura 7 muestra el procedimiento realizado.

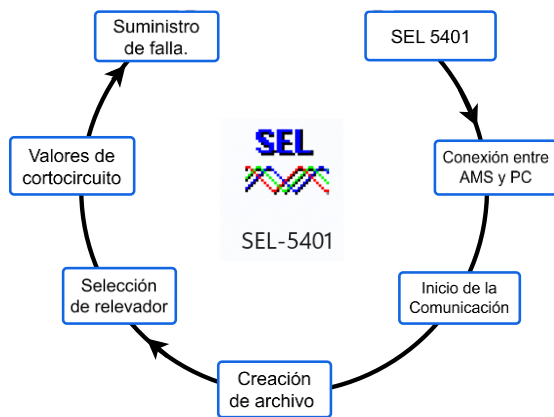


Figura 7.- Diagrama de bloques para suministra la falla en los relés.

Para la protección diferencial de línea (87L), se realizaron dos disparos: uno antes de superar el umbral de ajuste y otro después de superarlo. En el caso de la protección de distancia (21), los disparos se llevaron en los límites inferiores y superiores de las tres zonas de protección. Por último, por medio del SEL 2032 se descargó únicamente dos eventos de todos los generados, con el objetivo de analizar el comportamiento de los relevadores.

En la figura 8 se muestra la conexión que se realizó para evaluación las protecciones del relé [3]. Es importante resaltar que las pruebas se realizaron individualmente en cada relevador con una única fuente.

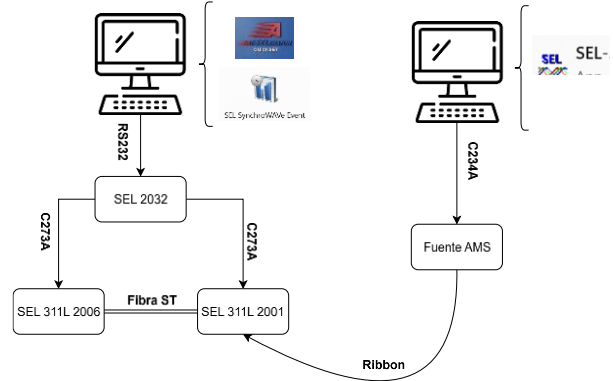


Figura 8.- Diagrama de conexión.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta prueba se buscó superar el valor de ajuste, a través de suministra 270 [A] al 54.71% de la línea (fallar interna). En la figura 9 se muestra el panel frontal del relevador antes y después de superar la corriente de ajuste.



Figura 9.- Panel frontal del relevador

Para la prueba siguiente se desconectó la fibra óptica y se consideró abatir la tensión hasta 20 V en el secundario. Finalizadas las pruebas se realizó una tabla de resultados en donde se encuentran los 6 disparos ejecutados.

Tabla 2.-Evaluación de desempeño de la protección 21.

Pruebas	Zonas	Porcentaje [%]	Disparo
1	1	79	SI
2		81	NO
3	2	119	SI
4		121	NO
5	3	209	SI
6		211	NO

Es importante resaltar que las oscilografías presentadas a continuación son el resultado de algunas de las pruebas realizadas previamente. Cabe destacar que las fallas de cortocircuito nunca se suspendieron, por lo que se consideraron

permanentes en todos los casos. Aunque el disparo fue ejecutado, la falla permanece hasta que se interrumpe desde la fuente.

En la figura 10, muestra el momento en el que el relevador emite el disparo por función 87L, la corriente de la fase A, B y C tuvo una magnitud de falla de 497 [A] , 499 [A] y 499 [A] respectivamente. El disparo ocurrió a los 20.833 ms, una vez que se superó la corriente de ajuste el bit TRIP87 se levante ejecutando el disparo por salida 201

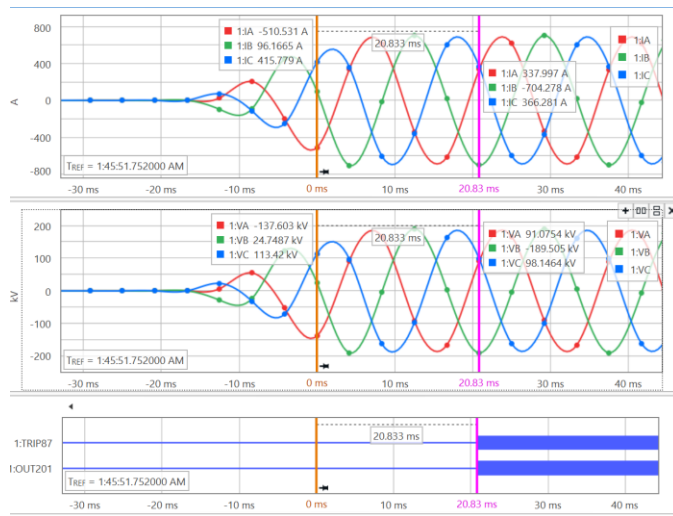


Figura 10.- Disparo por función 87L

En la Figura 11 se muestra el momento en que el relevador emite el disparo por función 21. Las corrientes en las fases A, B y C alcanzan magnitudes de 570 [A], 568 [A] y 570 [A], respectivamente, a una frecuencia de 60 Hz. La falla se ubica al 50.15% de la línea, dentro de la zona 1. Después de 14.583 ms, los bits M1P, M2P y M3P se activan, ejecutando el disparo a través de la salida 101.

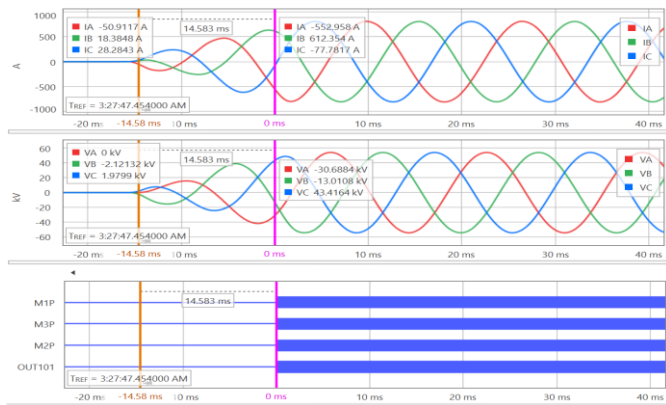


Figura 11.-Disparo por función 21

IV. CONCLUSIONES

A pesar de la antigüedad de los relevadores de protección que se emplearon en el laboratorio, los resultados para ambas protecciones fueron satisfactorios, destacando especialmente la protección 21, en la cual se realizaron 6 disparos, con esto se mostró un alto grado de efectividad al activar la zona correcta cuando se aplicaron fallas en los límites de cada zona.

Los eventos generados a través de la Unidad Terminal Remota (UTR) utilizando el software SynchroWAVE muestran con detalle el tiempo exacto en que se detectó una magnitud que superó el umbral de ajuste configurado en el relevador, evidenciando tiempos de respuesta inferiores a 25 ms en cada una de las pruebas realizadas, lo cual cumple con los lineamientos establecidos por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) [4]. Esto permite concluir que los relevadores se encuentran, al menos, en buen estado para operar las protecciones 87L y 21 en una línea de transmisión.

REFERENCIAS

- [1] Lewis B., J. Domin, Thomas. (2014). Protective Relaying. CRC Press.
- [2] Schweitzer E. L., Inc.,(2022) “SEL-311L Protection Lines with easy-to-use current differential relays”, USA.
- [3] Schweitzer E. L. (2010), Inc., “SEL 2032 Communications Processor”, USA.
- [4] CFE (2015). “Esquemas normalizados de protecciones para líneas de transmisión y subtransmisión” Especificación CFE G1000-65.