

FERRO-RESONANCIA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

Roberto Ruelas-Gomez, IEEE Senior Member

RESUMEN

En los siguientes párrafos trataremos de dar los puntos importantes del fenómeno de ferorrresonancia [1] en transformadores de subestaciones particulares conectadas a sistemas de distribución subterránea 3F4H, concluyendo con soluciones.

FERRORRESONANCIA

Es conocido que las sobretensiones causadas por la ferorrresonancia no aparecen en transformadores monofásicos conectados en estrella aterrizada-estrella aterrizada (YNyn0), y en la literatura en inglés sobre electrificación rural de los 80's se recomendaba el uso de transformadores trifásicos estrella aterrizada - estrella aterrizada de 5 piernas para eliminar el fenómeno [2].

Con los cambios en la construcción de transformadores la ferorrresonancia se presenta en transformadores conectados a sistemas de distribución subterránea cuando existen maniobras remotas de operación monofásicas. Aunque, la susceptibilidad de un transformador a la ferorrresonancia es proporcional al cuadrado de la tensión del sistema, e inversamente a la potencia en kVA. Así, se pueden esperar más problemas de este tipo en la zona vecina de Los Altos que opera a 23 kV que en la Zona León, donde el sistema está a 13.8 kV.

Cuando la reactancia de magnetización del transformador es igual a la reactancia capacitiva a tierra del cable se obtiene un fenómeno de resonancia serie. Eso sucede principalmente cuando los transformadores operan con muy poca carga o en vacío y la longitud a los desconectores monofásicos es grande.

EFFECTOS

Como resultado de la ferorrresonancia, se tiene una sobretensión transitoria en el embobinado primario, teóricamente hasta de cuatro veces la tensión de línea del sistema que daña principalmente los apartarrayos, las terminales, los equipos de medición en medio voltaje, y causa riesgos de quemaduras al personal de operación. El transformador sufre calentamiento por altos flujos magnéticos y altas corrientes lo que causa envejecimiento de aislamientos. Esas sobretensiones aparecen también en el lado secundario y son las causantes de daños a los equipos electrónicos que permanecen conectados a la red.

CASOS MÁS COMUNES

De acuerdo con las conexiones de los transformadores más utilizados en México:

Delta-Estrella (Dyn1). La ferorrresonancia sucede principalmente al desconectar dos fases, quedando energizada solamente una fase, en dos casos:

- en transformadores de capacidad pequeña (< 500 kVA); y,
- en transformadores fabricados con acero de bajas pérdidas

Estrella-Estrella (YNyn0). En transformadores con esta conexión y 5 piernas de construcción, el fenómeno es mucho más severo cuando se abre una fase, y las otras dos quedan conectadas, y en dos casos [3]:

- cuando el neutro no está bien conectado a tierra por corrosión u otras causas, por lo que el cable de la fase abierta no se descarga rápidamente; o,
- con transformadores de muy bajas pérdidas por tener mayor capacitancia de fase a tierra - Caso que apareció con la nueva construcción de transformadores en los 90s -

SOLUCIONES PROPUESTAS

Por lo anterior, para prevenir la resonancia y sus efectos en sistemas de distribución subterránea, se requiere que CFE vaya dejando únicamente seccionadores y restauradores tripolares en los circuitos alimentadores 3F4H a transformadores trifásicos, eliminando los cortacircuitos fusibles.

Por parte de los usuarios con transformadores trifásicos, se puede prevenir:

- asegurándose de que el neutro está bien conectado al sistema de puesta a tierra, y;
- Conectando permanentemente algo de carga en el secundario para absorber la energía almacenada en las capacitancias y con ello prevenir las oscilaciones. En la literatura se menciona de una carga de 1 al 4% de la capacidad del transformador dependiendo del largo de los cables de alimentación en el primario. Carga que se obtiene fácilmente con un transformador de tipo seco.
- Utilizando bancos de transformación monofásicos con tensión 120/240 conectados en estrella aterrizada - estrella aterrizada al estilo americano, también usados en el norte de México, lo que también resolvería el problema de eficiencia de los motores trifásicos que son para 460/230 V, y el problema de las oficinas con equipos de cómputo con fuentes a 115 V.

Finalmente, para los usuarios que ya han tenido el problema de daños por ferorrresonancia, la solución definitiva que el autor ha encontrado ha sido cambiar la capacitancia del cable mediante la colocación de tablillas derivadoras en algún registro. Y, como el cable se corta para este arreglo, la capacitancia a tierra del mismo resulta afectada eliminando el riesgo por resonancia.

CONCLUSION

La ferorrresonancia aparece en la operación monofásica de algunos tipos de transformadores conectados a un sistema trifásico 3F4H, donde la reactancia del cable es igual a la reactancia inductiva del transformador. Se presentó como solución, la operación siempre tripolar de los alimentadores, así como el dejar alguna carga conectada en el secundario, y finalmente en donde se ha presentado el fenómeno, el seccionamiento del cable mediante un juego de tablillas derivadoras.

REFERENCIAS

- [1] Modeling and Analysis Guidelines for Slow Transients—Part III: The Study of Ferroresonance. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol 15 No. 1, Jan 2000, pp. 255-265.
- [2] E. C. Lister "Ferroresonance on rural distribution systems". IEEE 1972 Rural Power Conference.
- [3] R. A. Walling, K. D. Barker, T. M. Compton, L. E. Zimmerman, "Ferroresonant Overvoltages in Grounded Wye-Wye Padmount Transformers with Low-Loss Silicon-Steel Cores", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol 8, July 1993, pp. 1647-1660.



Roberto Ruelas Gómez recibió el título de Ingeniero Mecánico Electricista de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí en 1983, y el Master of Engineering en Ingeniería Eléctrica en 1986 de la Universidad McGill de Montreal, Canadá.

Es Gerente Técnico de Ruel SA, en León, Guanajuato, y Unidad de Verificación en Instalaciones Eléctricas. Es autor de textos sobre Sistemas de Puesta a Tierra y sobre Cálculos de Cortocircuito, y de muchos otros artículos técnicos. Ha sido Presidente del Colegio de Ingenieros Mecánicos Electricistas y Profesionales Afines de León, y, ha ocupado cargos directivos en la Federación de Colegios de Ingenieros Mecánicos Electricistas de la República Mexicana (FECIME).