

DESCONEXIONES FRECUENTES DE PLANTA DE GENERACIÓN POR PROTECCIÓN DE PORCENTAJE DIFERENCIAL

*Frequently tripping of generation plant for percentage differential
protection*

*Desconexões frequentes da planta de geração para proteção
percentual diferencial*

Orlys E. Torres Breffe¹ , Yetsy Silva Cala² , Alberto García Labrada² ,
José M. Veliz Isla²  Lenyer Padrón Suárez³ 

¹ Universidad Tecnológica de La Habana. La Habana-Cuba. Correo:
otorres@electronica.cujae.edu.cu

² Universidad de Moa. Holguín-Cuba. Correo: ysilva@ismm.edu.cu,
josemiguelvelizisla@gmail.com

³ Empresa Fuentes Renovables de Energía. La Habana-Cuba. Correo:
lenyerpadron@gmail.com

Fecha de recepción: 23 de agosto de 2020.

Fecha de aceptación: 05 de noviembre de 2020.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN. En este artículo se analizó la operación incorrecta de las protecciones diferenciales empleadas en generadores eléctricos debido a las corrientes de inrush de los transformadores de potencia. **OBJETIVO.** Encontrar una solución económica a las operaciones incorrectas de las protecciones. **MÉTODO.** Empleando la simulación matemática incluyendo en esta el resultado de las pruebas a los equipos primarios de protecciones se enfrentó la problemática. **RESULTADOS.** Al cambiar algunos ajustes de las funciones de porcentaje diferencial se resuelve el problema provocado por la selección incorrecta de los transformadores de corrientes. **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.** La función de porcentaje diferencial tiene su punto más sensible y vulnerable a las corrientes de inrush en las zonas de bajas corrientes. Los bloqueos por corrientes de inrush no eliminan las operaciones incorrectas



Torres, Silva, García, Veliz, Padrón. Desconexiones frecuentes de planta de generación por protección de porcentaje diferencial.
Número Especial "IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación Indoamérica 2020".

Julio – Diciembre de 2020

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.344>



de las protecciones diferenciales en los esquemas de varios generadores conectados a una sola barra. Es necesario seleccionar transformadores de corrientes con características magnéticas similares para la utilización en las protecciones diferenciales de generadores.

Palabras claves: protección diferencial, inrush, generadores.

ABSTRACT

INTRODUCTION. This article discussed the incorrect operation of differential protections used in electric generators due to inrush of the power transformers. **OBJECTIVE.** Find an economical solution to the wrong operations of protections. **METHOD.** Using mathematical simulation including in this the result of testing the primary protections devices faced the problem. **RESULTS.** Changing some settings of the percentage differential functions solves the problem caused by incorrect selection of current transformers. **DISCUSSION AND CONCLUSIONS.** The differential percentage function has its most sensitive and vulnerable point to inrush currents in low current areas. Inrush current block function does not eliminate incorrect operation of differential protections on multi – generators schemes connected to a single bar. It is necessary to select current transformers with similar magnetic characteristic for use in generator differential protection.

Keywords: differential protection, inrush, generators.

RESUMO

INTRODUÇÃO Este artigo discutiu a operação incorreta de proteções diferenciais utilizadas em geradores elétricos devido as correntes inrush dos transformadores de energia. **OBJETIVO.** Encontrar uma solução econômica para as operações erradas de proteções. **METODO.** Usando simulação matemática incluindo neste o resultado de testes as equipes de proteção primaria enfrentaram o problema. **RESULTADOS.** Alterar algumas configurações das funções percentuais diferenciais resolve o problema causado pela seleção incorreta dos transformadores de correntes. **DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.** A função percentual diferenciais tem seu ponto mais sensível e vulnerável para correntes inrush em áreas de baixa corrente. As travas de corrente Inrush em não eliminam operações incorretas de proteções diferenciais em esquemas multi - geradores conectados a uma única barra. E necessários seleccionar transformadores de correntes com caracterizas magnéticas semelhantes para uso em proteções diferenciais de geradores.

Palavras-chave: proteções diferenciais, inrush, geradores.



Torres, Silva, García, Veliz, Padrón. Desconexiones frecuentes de planta de generación por protección de porcentaje diferencial.
Número Especial “IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación Indoamérica 2020”.



Julio – Diciembre de 2020

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.344>

INTRODUCCIÓN

En las instalaciones de los grupos electrógenos Fuel de Moa se presentaron varios disparos incorrectos de las protecciones de porcentaje diferencial de los generadores cuando se intentaban energizar los transformadores de salida de las baterías de generación. En los generadores sincrónicos no se presentan los problemas comunes de estas protecciones diferenciales como en los transformadores de potencia [1] los cuales son: la no compensación de las corrientes en régimen nominal, ni los problemas de las corrientes de Inrush en uno de los extremos, el cambio de TAPs, entre otros, como. Estos disparos incorrectos provocaban la desconexión total de la planta.

En nuestro país no se había presentado un problema similar en ninguna otra planta de generación ni en otras instalaciones de las redes eléctricas que pudieran ayudar en la solución. Se sabía que las operaciones eran incorrectas porque en los disparos no estaban relacionados con cortocircuitos o alguna otra falla sino con las corrientes de inrush que son fenómenos normales.

MÉTODO

Se utilizó un equipo de pruebas primarias Raptor (SMC). Se analizaron las formas de ondas de disparos ocurridos anteriormente, las curvas de magnetización de los transformadores de corrientes y el ajuste de los relés de porcentaje diferencial existentes en la instalación. Se simuló la instalación de generadores en forma de baterías que conectan a varios generadores en una barra común. En este caso las corrientes de Inrush de los transformadores de potencia se dividirán en los generadores incidiendo de manera muy moderada en la operación de las protecciones de porcentaje diferencial. Luego las corrientes de Inrush de cada batería son divididas por cada uno de los generadores conectados a una misma batería. Finalmente se modeló el comportamiento de los transformadores de corrientes y la protección diferencial en uno de los generadores para determinar su operación para estos regímenes de operación normal de energización de un transformador.

RESULTADOS

Las corrientes de Inrush que se producen en por la energización de un transformador interno de una de las baterías se divide entre los restantes transformadores de las restantes baterías y el sistema de potencia que está conectado a la planta (figura 1).



Torres, Silva, García, Veliz, Padrón. Desconexiones frecuentes de planta de generación por protección de porcentaje diferencial.
Número Especial "IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación Indoamérica 2020".
Julio – Diciembre de 2020



<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.344>

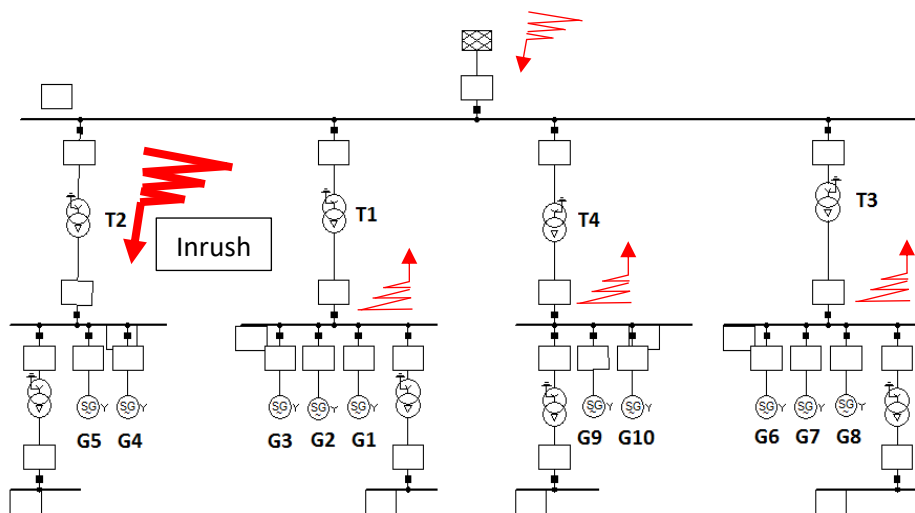
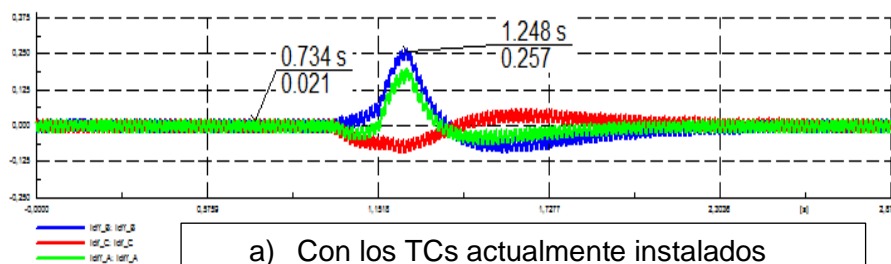


Figura 1. Esquema simplificado en Power Factory de las instalaciones donde las corrientes de Inrush inciden de manera moderada en las protecciones diferenciales.

En las simulaciones se pudo observar que durante las operaciones de energización de los transformadores no se producen grandes cambios en las corrientes de las fases de los generadores y como a medida que existen más generadores conectados menos será el impacto en las corrientes de las fases de los generadores.

Al realizar las pruebas de magnetización [2][3] a los transformadores de corrientes (TCs) utilizados se obtuvo que los del lado del neutro no son similares a los TCs del lado terminal que es la sugerencia del estándar IEEE.C37.102.1995. Las corrientes de Inrush con elevadas componentes de directa provocan corrientes diferenciales elevadas que son las causas de los disparos incorrectos debido a los errores de los TCs.

En la Figura 2 se observa que en los TCs actualmente instalados y en los TCs ideales el comportamiento de las corrientes diferenciales es muy diferente. En el caso de los TCs instalados aparecen componentes de directa en la corriente diferencial que puede ser muy elevadas [4][5].



Torres, Silva, García, Veliz, Padrón. Desconexiones frecuentes de planta de generación por protección de porcentaje diferencial.
Número Especial "IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación Indoamérica 2020".



Julio – Diciembre de 2020

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.344>

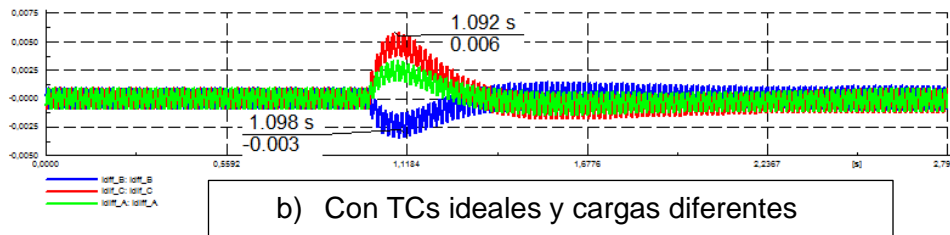


Figura 2. Comportamiento de las componentes RMS en la corriente diferencial con y sin TCs diferentes.

En la Figura 2a se observa que con los TCs diferentes, los errores o corrientes diferenciales alcanzan valores más de 10 veces los valores de errores durante los regímenes normales. En la Figura 2b se observa que empleando TCs idénticos con cargas diferentes los errores en las corrientes son mucho menores.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La causa de la aparición de las corrientes que provocaban el disparo incorrecto de las protecciones diferenciales es que las características de los transformadores de corrientes no son similares, incumpléndose las normas internacionales. El dispositivo SYMAP de protección está utilizando el valor RMS de la señal diferencial lo que lo hace vulnerable a las corrientes de Inrush que son muy contaminadas por armónicos. Un procesamiento matemático que permita el trabajo con la componente fundamental de la corriente diferencial se debe utilizar en los relés diferenciales para los generadores.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Estos trabajos fueron financiados por la Unión Nacional eléctrica y le Termo eléctrica Lidio Ramón Pérez de Felton.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

APORTE DEL ARTÍCULO EN LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Las protecciones de diferenciales porcentaje diferencial es uno de los métodos de protecciones más estables y seguros, pero se demostró que se pueden presentar dificultades cuando se trata de fenómenos eléctricos no lineales donde no se incrementan las corrientes de las fases de los generadores. Se demuestra la



Torres, Silva, García, Veliz, Padrón. Desconexiones frecuentes de planta de generación por protección de porcentaje diferencial.
Número Especial "IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación Indoamérica 2020".



Julio – Diciembre de 2020

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.344>

necesidad de utilizar transformadores de corrientes con características de magnetización muy similares.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

Orlys E. Torres Breffe. Realización de las pruebas, análisis de los datos y diseño de la investigación. Desarrollo de la modelación y la simulación. Redacción de la publicación.

Yetsy Silva, Alberto García, José M. Veliz: Realización de las pruebas y análisis de los datos.

Lenyer Padrón. Análisis de datos. Redacción de la publicación.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la empresa que financió los resultados por la oportunidad de realizar la investigación y confiar en estos profesionales de múltiples universidades.

REFERENCIAS

- [1] N. S. Buryanina, R. O. Gogolev, Y. F. Korolyuk, E. V. Lesnykh, y K. V. Suslov, «Digital Differential Protection of the “Generator-Transformer” Block», en *2019 International Science and Technology Conference «EastConf»*, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/EastConf.2019.8725341.
- [2] X. Lin y Z. Bo, «A novel CT saturation identification scheme for differential protection of generators», en *2011 IEEE Power and Energy Society General Meeting*, 2011, pp. 1-4, doi: 10.1109/PES.2011.6039056.
- [3] F. Blánquez, R. Caballero, y E. Rebollo, *Improvements to generator differential protection based on the criterion of signs of the DC-component*. 2013.
- [4] N. Fischer, D. Finney, y D. Taylor, «How to determine the effectiveness of generator differential protection», en *2014 67th Annual Conference for Protective Relay Engineers*, 2014, pp. 408-420, doi: 10.1109/CPRE.2014.6799018.
- [5] X. Qi, X. Yin, Z. Zhang, D. Chen, Y. Wang, y F. Cai, «Study on the Unusual Misoperation of Differential Protection During Transformer Energization and its Countermeasure», *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 31, n.º 5, pp. 1998-2007, oct. 2016, doi: 10.1109/TPWRD.2015.2499223.



Torres, Silva, García, Veliz, Padrón. Desconexiones frecuentes de planta de generación por protección de porcentaje diferencial.
Número Especial “IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación Indoamérica 2020”.




Julio – Diciembre de 2020


<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.344>

NOTA BIOGRÁFICA




Orlys Ernesto Torres Breffe. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0001-7781-2611>
Es investigador de la Universidad Tecnológica de la Habana. Obtuvo su ingeniería en electricidad en 1995, tiene una maestría en 1999 y un doctorado en ciencias técnicas en 2005. Su línea de investigación es en las protecciones eléctricas, la estabilidad de los sistemas eléctricos de potencia y la calidad de la energía. Actualmente es investigador/docente en la Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba.



Yetsy Silva Cala. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0002-7577-1171>
Es investigador de la Universidad de Moa. Obtuvo su ingeniería en electricidad en 2011, tiene una maestría en 2018. Su línea de investigación es en Calidad de la energía eléctrica. Actualmente es investigador/docente en la universidad de Moa, de la ciudad Moa, provincia de Holguín, Cuba.



José Miguel Veliz Isla. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0002-2501-5693>
Es profesor e investigador de la Universidad de Moa. Obtuvo su ingeniería en electricidad en 2016. Su línea de investigación es en el control de las máquinas eléctricas. Actualmente es investigador/docente en la universidad de Moa, provincia de Holguín, Cuba.




Torres, Silva, García, Veliz, Padrón. Desconexiones frecuentes de planta de generación por protección de porcentaje diferencial.
Número Especial “IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación Indoamérica 2020”.




Julio – Diciembre de 2020

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.344>



Alberto García Labrada. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0002-3990-7019>
Es profesor e investigador de la Universidad de Moa. Obtuvo su ingeniería en electricidad en 2016. Su línea de investigación es en los sistemas eléctricos de potencia con penetración de energía renovable. Actualmente es investigador/docente en la universidad de Moa, provincia de Holguín, Cuba.



Lenyer Padrón Suárez. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0001-5127-3971>
Especialista en Protecciones eléctricas de la Empresa de Fuentes Renovables de Energía. Obtuvo el título de ingeniero Eléctrico en 2015. Actualmente cursa la maestría en ingeniería eléctrica cuya línea de investigación es la aplicación de redes neuronales artificiales en las protecciones eléctricas.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.



Torres, Silva, García, Veliz, Padrón. Desconexiones frecuentes de planta de generación por protección de porcentaje diferencial.
Número Especial “IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación Indoamérica 2020”.



Julio – Diciembre de 2020

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.344>