



Por: Ing. Rafael Franco Manrique, Esp.
Ingeniero Líder de Ventas y Soporte Técnico Software *etap*
Potencia y Tecnologías Incorporadas, PTI. S.A.
Ing. César Augusto Ramos
Ingeniero Auxiliar de Estudios en Sistemas de Potencia *etap*
Potencia y Tecnologías Incorporadas, PTI. S.A.

Deslastre

Deslastre de Carga Inteligente en Sistemas Eléctricos de Potencia

El sistema de deslastre de carga en sistemas de potencia industriales funciona como el último recurso que protege al sistema contra un colapso inducido por una sobrecarga u otro tipo de contingencias

Resumen

Las subestaciones y las plantas de generación actuales en Colombia carecen de sistema integral de control, operación, supervisión, predicción, simulación y monitorización. Los sistemas de deslastre de carga, que gestionan el balance entre generación y carga, no actúan de manera óptima ocasionando la reducción excesiva o insuficiente de la carga. Los sistemas actuales de des-

lastre de carga utilizan relés convencionales de baja-frecuencia (81) y/o soluciones que usan los Interlocks de Breakers con PLCs, intentando renovar un anticuado esquema de preservación de la carga.

Por lo anterior, surge la necesidad de implementar un sistema avanzado, robusto, dinámico de deslastre de carga inteligente (ILS – Intelligent Load Shedding). En este artículo se estudia un sistema eléctrico de deslastre basado en relés 81 por etapas y se contrasta con el sistema gestionado por ILS. Se analizan los resultados de voltaje y frecuencia para ambas configuraciones en el software de simulación y se presentan conclusiones y recomendaciones acerca de la viabilidad de implementar el sistema ILS en los sistemas eléctricos de potencia de generación y T&D.

Palabras Claves del Paper

Deslastre de carga, Deslastre de Carga Inteligente, supervisión y simulación del sistema de potencia, relés de baja frecuencia, PLC, ILS.



I. INTRODUCCIÓN

Las subestaciones y las plantas de generación actuales en Colombia carecen de un completo sistema integral de control, operación, supervisión, predicción, simulación y monitorización, por lo que al ingeniero de campo se le dificulta detectar todos los posibles riesgos y contingencias que se puedan presentar a nivel operativo.

El control, operación, supervisión, predicción, simulación y monitorización para las subestaciones desatendidas, no están disponibles de manera integral y garantizando la confiabilidad, hasta ahora el requerimiento de la intervención humana es necesaria exponiéndola a muchos riesgos.

Consecuentemente, se hace necesario realizar el cálculo de la cantidad de carga óptima a deslastrar (Optimum Load Shedding) ante un evento transitorio ^[1], que permita mantener el sistema operando cuando no están disponibles en tiempo real las necesidades actuales de todo el sistema eléctrico.

Cabe anotar que, los métodos convencionales como Breaker Interlock, Baja Frecuencia Relé 81 o Basados en PLC para el deslastre de carga, no son lo suficientemente óptimos o actúan de forma integral, y en algunos casos resultan excesivos, afectando todo el sistema de generación al deslastrar grandes porciones de carga ^[2].

Por lo anterior, se precisa de un sistema de identificación de problemas potenciales en el sistema a partir de la simulación en tiempo real, que posea además un componente de predicción de la respuesta basado en acciones del operador, registro de eventos y acceso vía web que permita a los usuarios visualizar, simular y gestionar los sistemas eléctricos.

En este artículo se presenta un caso de estudio que muestra como la solución de simulación ILS (Intelligent Load Shedding), selecciona la mejor combinación de cargas en comparación a utilizar un método convencional de deslastre por baja frecuencia. Esta solución se ejecuta en el orden de milisegundos de manera predictiva, a diferencia de un esquema de deslastre por relés de baja frecuencia (81), después de ocurrido una perturbación transitoria en el sistema o una maniobra realizada por el operador, lo que permitirá ahorro de tiempo para evitar apagones indeseados.

II. ANTECEDENTES

En esta sección se efectúa una revisión de cierto número de técnicas de rechazo de carga usadas previamente.

A. Implementación de Rechazo de Carga Convencional

En la Tabla 1 se muestran dichas técnicas de rechazo de carga:

TABLA 1

No.	Técnicas de rechazo de carga convencionales
1	Esquema por enclavamientos de interruptores.
2	Esquema por relés de baja frecuencia (81).
3	Deslastre de carga basado en controladores de lógica programada. PLC.

En la Tabla 2 se muestran las ventajas y desventajas del Esquema por enclavamientos de interruptores:

TABLA 2

Ventajas y Desventajas Esquema por enclavamientos de interruptores	
Ventajas	Desventajas
Este es el método más simple de realizar el rechazo de carga.	Dificultad para cambiar de prioridad de la carga debido a que el rechazo de carga está por lógica cableada.
Cuando un interruptor de un generador o enlace de la red eléctrica sale de servicio por cualquier motivo, las señales de apertura se envían automáticamente a los interruptores de carga.	Solamente una etapa de rechazo de carga está disponible y la cantidad de carga rechazada está definida para el peor escenario.
Es muy rápido, no hay necesidad de procesar datos, ya las decisiones sobre la cantidad de carga a ser rechazada fueron seleccionadas mucho antes de la ocurrencia de falla.	La operación de este método de rechazo de carga, es probable que origine la interrupción total de la operación industrial de una manera no-ordenada. Esta interrupción imprevista puede dar lugar a daño de equipos, de procesos, reducir la vida útil del equipo o situaciones peores.



En la Tabla 3 se muestran las ventajas y desventajas del Esquema por relés de baja frecuencia (81):

TABLA 3

**Ventajas y Desventajas
Esquema por relés de baja frecuencia (81)**

Ventajas	Desventajas
Los relés de baja frecuencia reaccionan ante perturbaciones, no las detectan. Un cambio rápido en frecuencia o el deterioro gradual de la frecuencia inician la apertura en etapas de los interruptores que se encuentran enclavados.	Los relés de frecuencia deben ser lentos para evitar disparos innecesarios y molestos. Además del tiempo que le toma a la frecuencia para alcanzar los ajustes de los relés, hay un retraso intencional ajustado para prevenir disparos innecesarios durante oscilaciones de la frecuencia y desviaciones transitorias. Este retardo puede ser más prolongado debido a la condición de sobrefrecuencia que puede ocurrir durante la falla.
	Los ajustes de un relé de baja frecuencia son determinados generalmente por las condiciones más severas del disturbio y la cantidad mínima de generación local, lo cual provocará un rechazo de carga excesivo para otras fallas no tan severas. La señal del sistema que es enviada al relé de baja frecuencia no proporciona otra información útil como el tipo y la ubicación de la falla. Además, la distancia eléctrica entre los generadores y las cargas es desconocida.
Cuando se alcanza la primera etapa, el relé espera un tiempo predeterminado para evitar aperturas innecesarias y después dispara unos o más interruptores rechazando carga. Este tiempo es para permitir que la frecuencia se recupere, si continúa decayendo, el relé esperará hasta alcanzar la etapa siguiente y después de un periodo adicional de espera, abre otros interruptores de rechazo de carga.	Cuando se presenta una operación de baja frecuencia, el relé 87 abre un grupo fijo de interruptores, sin importar su carga real de funcionamiento. La carga real de los interruptores puede ser diferente que la carga usada para determinar los ajustes del relé.
	La secuencia de la operación de los interruptores puede no ser correcta y/o óptima. El costo de la modificación es alto puesto que puede requerir cambiar el hardware en el campo.
	Los sistemas convencionales que miden la baja frecuencia no pueden ser programados con el know-how (conocimiento) ganado por los diseñadores del sistema de energía.
	El ingeniero de sistemas de potencia debe realizar numerosos estudios que incluyen todas las condiciones y configuraciones concebibles de funcionamiento del sistema para diseñar correctamente el sistema.

En la Tabla 4 se muestran las ventajas y desventajas del Esquema de deslastre de carga basado en controladores de lógica programada (PLC).

B. Criterios y Ajustes del Esquema por Relés de Baja Frecuencia (81)

Para emplear un esquema de deslastre de carga por frecuencia se requiere tener en cuenta los siguientes factores:

- La sobrecarga prevista del sistema.
- Localización y cantidad de relés de Frecuencia.
- Número de etapas para el deslastre de carga.
- Las cargas susceptibles de ser deslastradas (secundarias no esenciales).
- Los intervalos de tiempo entre etapas de deslastre.
- Los ajustes recomendados de los relés.

Un estudio realizado en 2013 [3], considera a manera de criterio un ajuste para la primera etapa del relé de baja frecuencia de 59.2 Hz, obtenido mediante ensayo y error para ese sistema en particular.

Adicionalmente para garantizar la selectividad entre las etapas del esquema de deslastre de carga se utiliza un margen de 0.1 segundos que se determina gráficamente a partir del valor mínimo de frecuencia. Esto conduce a que el valor de la frecuencia para la segunda etapa sea de 58.6 Hz.

En la Tabla 5 se muestran los ajustes del relé de frecuencia usados en este artículo:

TABLA 5

Ajustes del Relé de Frecuencia		
Etapas	Frecuencia	Retardo (s)
Etapas 1	59.2 Hz	0.1
Etapas 2	58.6 Hz	0.1

C. Deslastre de Carga Inteligente

Debido a las desventajas inherentes de los métodos actuales de rechazo de carga, se vuelve necesario un sistema deslastre de carga inteligente para mejorar el tiempo de respuesta, predecir de forma exacta el decaimiento de la frecuencia del sistema, y tomar una decisión rápida, óptima,

MEJORANDO LA RENTABILIDAD DEL SECTOR PETRÓLEO Y GAS.

Shell ofrece una amplia gama de lubricantes de alta calidad para el sector de petróleo y gas, diseñada para brindar la mayor protección, reducir el consumo de lubricante y mejorar la eficiencia de los equipos para reducir costos.

Nuestro objetivo es maximizar el impacto positivo de los lubricantes, brindar la protección necesaria para aumentar la disponibilidad y vida útil de los equipos, reducir los niveles de desgaste de los componentes y mantener la maquinaria crítica limpia para evitar fallas.

pochteca[®]



**Macro Distribuidor
de Lubricantes Shell**

Contáctanos, menciona el código **PMS012016** y recibe un kit promocional en tu primer compra.

Visítanos en: www.pochtecalubricantes.com

Contáctanos: **01-800-813-0600**



TABLA 4

Ventajas y Desventajas Deslaste de carga basado en controladores de lógica programada (PLC).	
Ventajas	Desventajas
El disparo del interruptor se puede programar basado en la demanda del sistema, la generación disponible, y otras lógicas específicas.	La supervisión del sistema de energía se limita a las secciones del sistema que están conectadas con el SCADA
El rechazo de carga se inicia basado en las desviaciones de la frecuencia del sistema y/o otros parámetros.	Se pueden implementar en el PLC tablas pre definidas de prioridad de cargas.
	Estas tablas de reducción de cargas se ejecutan para rechazar bloques de carga secuencialmente hasta alcanzar el nivel preestablecido de rechazo de carga. Las condiciones operativas de todo el sistema a menudo no están presentes en el procedimiento de toma de decisiones del PLC dando por resultado que el rechazo de carga sea escaso o excesivo.
El esquema basado en PLC usado para el rechazo de carga ofrece ventajas sobre el esquema basado en los cambios de frecuencia puesto que tienen acceso directo a la información sobre el estado de funcionamiento real del sistema de energía.	Además, el tiempo de reacción de los sistemas de rechazo de carga (período de tiempo entre el momento que el PLC o relé detecta el disparo para rechazo de carga y el momento en que el interruptor recibe la señal de disparo) durante disturbios transitorios es a menudo demasiado largo y origina que aún más carga sea rechazada.

- Utilizar una base de datos incorporada, donde se almacene el conocimiento de ingeniería adquirido, y a su vez que pueda ser perfeccionada adicionando los casos definidos por el usuario.
- Auto aprendizaje adaptativo y entrenamiento automático del conocimiento básico del sistema impuesto por los cambios en el sistema.
- Debe tomar decisiones rápidas, correctas, y confiables sobre la prioridad del rechazo de carga basadas en el estado real de carga de cada interruptor.
- Debe rechazar la mínima cantidad de carga para mantener la estabilidad del sistema y su frecuencia nominal.
- Debe rechazar las combinaciones óptimas de interruptores de carga con el pleno conocimiento de sus implicaciones en el sistema.

Además de tener la lista de capacidades antes mencionada, el sistema del ILS debe tener una base de conocimiento dinámica. Para que la base de conocimiento sea efectiva, debe poder capturar los parámetros principales del sistema que tienen un impacto directo en la respuesta de la frecuencia del sistema después de la ocurrencia de disturbios. Estos parámetros incluyen:

- Nivel de Intercambio de Energía entre el sistema y la red, antes y después del disturbio.
- Cantidad de generación disponible antes y después del disturbio.
- Dinámicas del generador local.
- Estado actualizado y carga real deslastrada.
- Las características dinámicas de las cargas del sistema. Esto incluye las máquinas rotativas, las cargas de impedancia constante, las cargas de corriente constante, las cargas de potencia constante, las cargas dependientes de la frecuencia, y otros tipos de cargas.

D. Comparación entre ILS y Esquemas de Deslaste

Un esquema comparativo del tiempo de reacción del sistema ILS con el deslaste de carga realizado con un relé de baja frecuencia se ilustra en la Figura 1.

Como se puede observar, el deslaste de carga por relé de baja frecuencia será retrasado hasta que la frecuencia del sistema

y confiable a partir del deslaste. Este sistema debe poseer las siguientes capacidades:

- Debe poder modelar en un espacio finito un sistema complejo de energía con cargas no lineales usando un número limitado de puntos de recolección de datos.
- Debe recordar automáticamente la configuración del sistema, las condiciones de la operación cuando se agrega o se quita carga, y la respuesta del sistema a los disturbios con todas las configuraciones de sistema.
- Reconocimiento de diversos patrones del sistema para predecir su respuesta ante diversos disturbios.

Expo Eléctrica INTERNACIONAL®
Celebra con nosotros el



COMARCOEE



¡Te esperamos!

14, 15 y 16
de Junio 2016
martes, miércoles y jueves



+52 (55) 9113 1040 6 01800 8130 509 /ventas@vanexpo.com.mx
www.expoelctrica.com.mx

f /expoelctrica t @_expoelctrica v ExpoElctricaTV #SoyElctrico

20 Aniversario
Generando Negocios 1997 - 2016



Invitan:



ExpoHidráulica
y Ferretera
INTERNACIONAL

14 | **JUNIO**
15 | **2016**
16 | *martes, miércoles y jueves*

JUNE 14, 15 & 16
tuesday, wednesday & thursday



Invita: **Endress+Hauser** **EH**
People for Process Automation

+ 52 (55) 9113 1040 6 01 800 813 0509 / ventas@vanexpo.com.mx
www.expoHidraulicaInternacional.com.mx

f /expoHidraulicaoficial t @_expoHidraulica

La Mejor Plataforma de Negocios del Sector Hidráulico
y Ferretero **CONGRESO Y EXPOSICIÓN**



Expo Eléctrica
norte

Tecnología de Vanguardia
en Iluminación, Automatización,
Control, Material, Equipo Eléctrico y
Energía Sustentable

+ 52 (55) 9113 1040 6 01 800 813 0509
ventas@vanexpo.com.mx / www.expoelctrica.com.mx

f /expoelctrica t @_expoelctrica v ExpoElctricaTV #SoyElctrico

9 | **NOVIEMBRE**
10 | **2016**
11 | **MONTERREY**
Miércoles, Jueves y Viernes



Cnojointamente con:



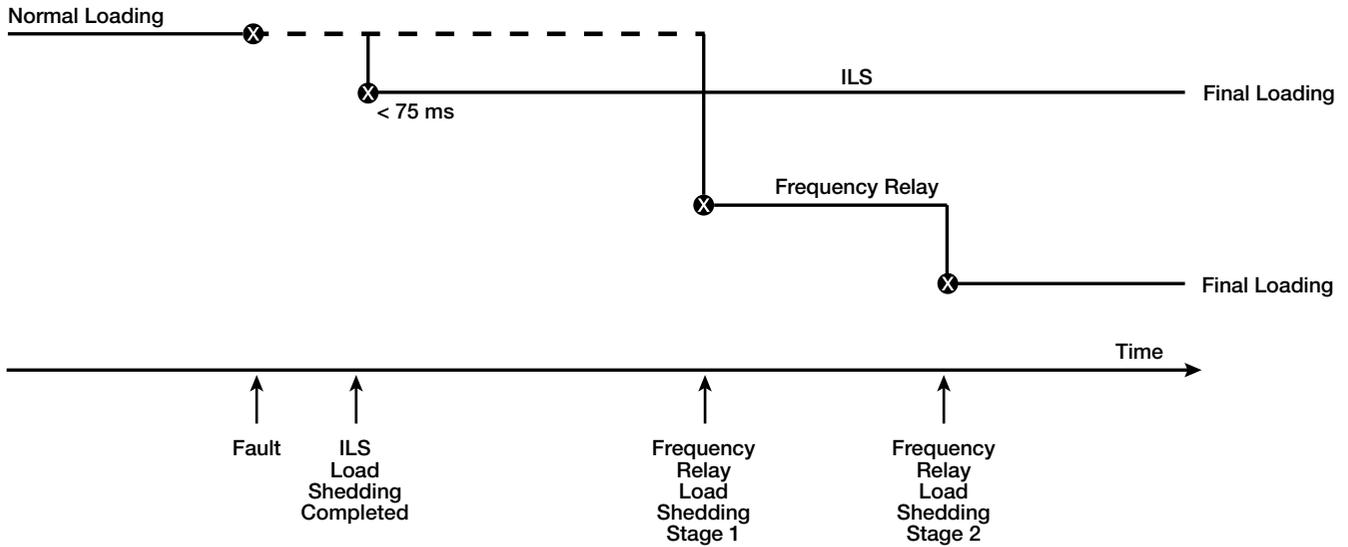


Figura 1. Comparación de Esquemas de Deslastre: ILS vs Relé de baja Frecuencia (81).

Debido a las desventajas inherentes de los métodos actuales de rechazo de carga, se vuelve necesario un sistema deslastre de carga inteligente para mejorar el tiempo de respuesta

descienda o el evento ocurra por debajo del punto de ajuste de los relés en la primera etapa. Se efectuará un rechazo de carga adicional, en caso de ser necesario, si la frecuencia del sistema no se recupera a su valor normal, siendo esta la segunda etapa de protección.

Un esquema comparativo del tiempo de reacción de un sistema del ILS con el deslastre de carga basado en PLC se muestra en la Figura 2. Este esquema, tardará un tiempo más largo para responder ante la ocurrencia de falla, debido a que no funciona con el conocimiento de la topología total del sistema, al intervalo de tiempo de cálculo y retraso al accionamiento asociado con los relés de baja frecuencia.

Figura 2. Comparación de Esquemas de Deslastre: ILS vs Sistema Basado en PLCs.

Entonces tenemos que el tiempo total de reacción para el deslastre de carga, basado en relés de baja frecuencia, es mucho más extenso que un sistema con esquema ILS.

El sistema con esquema de ILS requiere solamente de una etapa de deslastre de carga

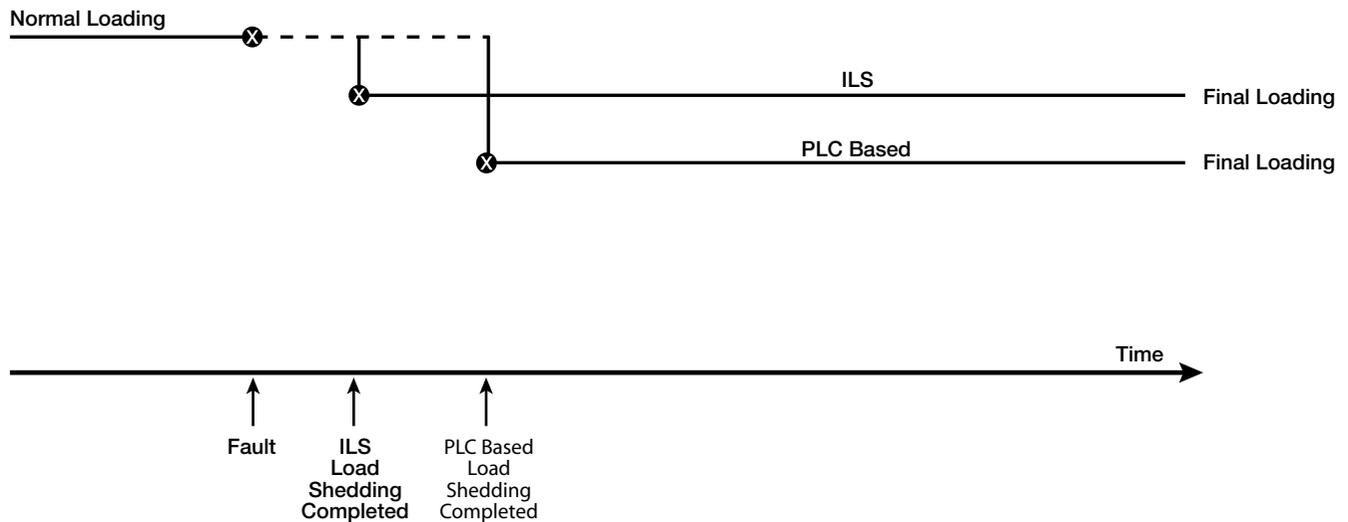
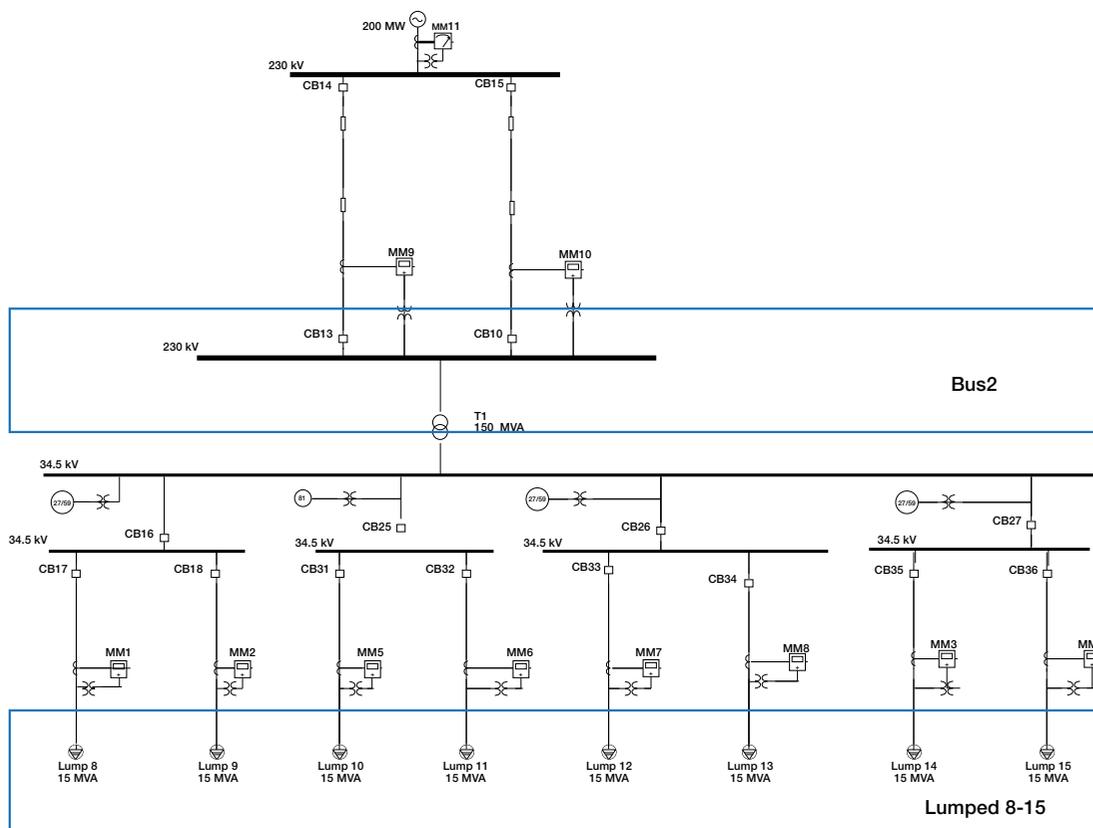


Figura 3. Sistema de Potencia para simulación de ILS.



y presenta un tiempo de reacción mucho más rápido (menos de 100 ms en la mayoría de los casos). A partir de los esquemas anteriormente mostrados, se pueden percibir las ventajas de un sistema ILS sobre los esquemas convencionales de rechazo de carga [1].

En ocasiones también es usado el relé de voltaje (27) para hacer esquemas de deslastre de carga, y en este caso se debe analizar bien los tiempos de respuesta que estos esquemas ofrecen comparados con los sistemas tradicionales como los esquemas por relés de frecuencia (81).

III. CASO DE ESTUDIO

A. Descripción del Caso

En el sistema estudiado en la Figura 3, la salida de una de las líneas provoca una caída de tensión en el lado de las celdas de 34,5 kV de la subestación, la cual a su vez hace disparar los variadores de frecuencia (VFD) que están alejados de la subestación principal en donde la tensión en barras es 0.8 PU, y en los pozos dependiendo de la lejanía puede llegar a 0.75 PU.

Esto ocasiona que los diferentes relés de voltaje operen de manera no óptima, es decir, si

se requiere deslastar sólo 1 MVA, los ajustes de estos relés al detectar esta condición ocasiona la salida de 2 o 3 celdas sin ser necesaria esta maniobra y al final termina deslastando 3 MVA, además del tiempo que conlleva para el relé 27 ejecutar esta decisión, el cual está en el orden de los 400 ms.

Con una de las líneas de 230 kV fuera de servicio, se provoca una disminución en la capacidad de alimentar el sistema eléctrico bajo estudio. Por tanto, el sistema bajo el esquema de deslastre de carga por bajo voltaje, no permite tener un deslastre de carga óptimo, ya que el relé de voltaje (27) posee un retardo elevado para la toma de decisiones y como hemos visto anteriormente este proceso no es optimizado.

El extenso intervalo de tiempo del relé ocasiona aguas abajo el disparo de variadores y demás cargas, que pueden hacer colapsar

El tiempo total de reacción para el deslastre de carga, basado en relés de baja frecuencia, es mucho más extenso que un sistema con esquema ILS

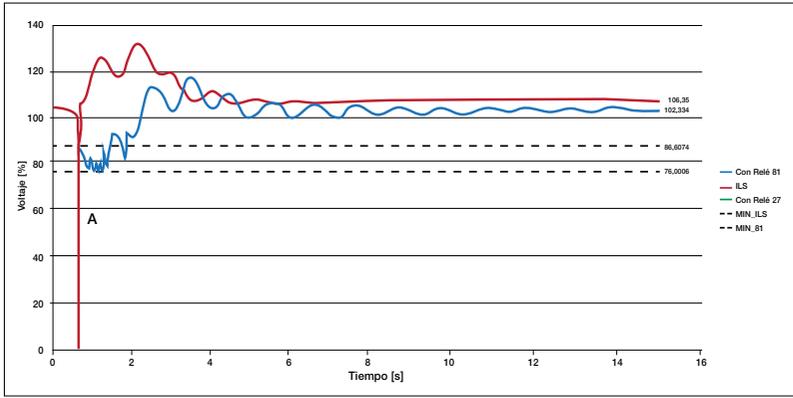


Figura 4. Comparación de los Valores de Tensión para los Esquemas ILS y por relés (81).

el sistema, puesto que todo forma parte de un proceso y si falla un proceso ocasiona un problema al resto del sistema eléctrico.

Ahora, si el sistema tiene implementado un esquema basado en relés de frecuencia ocurre algo similar sólo que ahora es a partir de la frecuencia, es decir, el relé de frecuencia deslastra una porción del sistema que en ocasiones no es necesario hacer un deslastre de toda la carga.

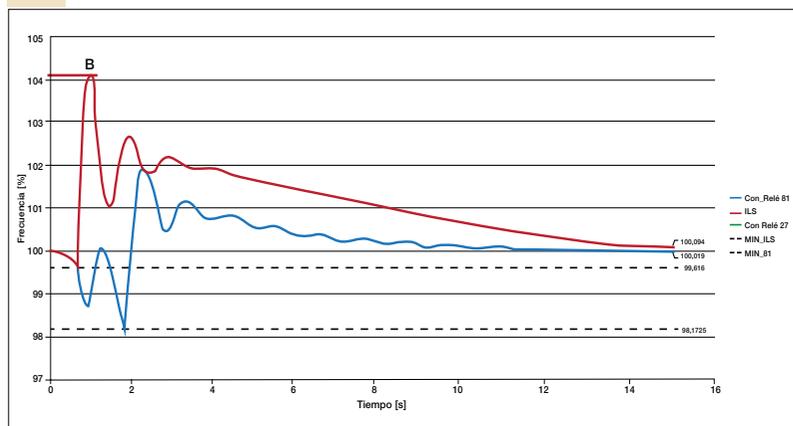
A continuación se muestran los resultados de la simulación basado en un relé de voltaje, relés de frecuencia y los resultados de etap ILS, finalmente se hará un comparativo de los resultados obtenidos.

B. Modelado

En la Figura 3 se muestra el sistema de potencia usado para la simulación del deslastre de carga inteligente:

El sistema usado como caso de estudio, es un sistema radial con alimentación de 230 kV a doble circuito desde el Utility al transformador principal (T1) 230/34.5 kV de 50 MVA que

Figura 5. Comparación de los Valores de Frecuencia para los Esquemas ILS y por relés (81).



suministra potencia a cuatro circuitos ramales dobles de cargas concentradas (Lump8-15).

Los dispositivos de maniobra y protección, son interruptores de potencia accionados por tres relés de voltaje y un relé de frecuencia para el caso de cuatro circuitos ramales.

Los dispositivos de medida indirecta modelados proporcionan información en tiempo real y de alta velocidad, de las variables de medida. El análisis de los datos de medición obtenidos por los medidores permite obtener una mejor conciencia operacional del sistema [4] asistiendo con el flujo de información que usa la solución ILS para tomar las decisiones de deslastre de carga más convenientes para el sistema.

IV. RESULTADOS

En esta sección se muestran los resultados obtenidos a partir de la simulación de ILS.

En la Figura 4 se muestra una gráfica comparativa de la variación de la tensión en la Barra 2 para los esquemas de deslastre de ILS y por relés de baja frecuencia, simulados en el módulo de estabilidad transitoria de la solución utilizada.

El sistema ILS concentra los datos en línea del sistema, junto con las especificaciones y capacidades de los equipos, parámetros de control definidos por el usuario

Podemos observar que el sistema etap ILS actúa sobre la falla en 650 ms (ver punto A) y la oscilación de tensión continúa hasta estabilizarse a los 6.5 s aproximadamente mientras el sistema basado en relé de frecuencia toma más tiempo para estabilizar.

En la Figura 5 se muestra una gráfica comparativa de la variación de la frecuencia en la Barra 2 para los esquemas de deslastre de ILS y por relés de baja frecuencia, simulados en el módulo de estabilidad transitoria.



LA MEJOR COMPAÑÍA PARA UNA INDUSTRIA QUE NO SE DETIENE.

El nivel de especialización en seguros de Responsabilidad Civil
y Daños que México necesita

www.gmx.com.mx

(55) 54.80.40.00

01.800 718.89.46

 GMXSeguros

 @GMXSeguros





Los sistemas convencionales que miden la baja frecuencia no pueden ser programados con el know-how (conocimiento) ganado por los diseñadores del sistema de energía

Por otro lado, observamos que la frecuencia cae hasta un 98.17 por ciento bajo un esquema de relés de baja frecuencia (81) después del inicio del disturbio.

Mientras el sistema etap ILS actúa sobre la falla antes de que el esquema de relé de baja frecuencia comience a oscilar, se observa una oscilación de frecuencia continua pero logra estabilizar en los niveles permitidos [5]. Esto es muy importante ya que una rápida respuesta del sistema de etap ILS le permitió al sistema una recuperación más rápida logrando de este modo, menos tiempo de exposición de oscilaciones a los equipos que comprometen la vida útil y correcta operación, por otro lado, aumentaremos la disponibilidad de la planta y se evitaban apagones indeseados por las oscilaciones prolongadas en el sistema, produciendo así, una mejora importante en los índices de confiabilidad.

V. CONCLUSIONES

- El sistema de deslastre de carga en sistemas de potencia industriales funciona como el último recurso que protege al sistema contra un colapso inducido por una sobrecarga u otro tipo de contingencias. Por tanto, es muy importante brindar o mejorar constantemen-

te estos esquemas de protección con herramientas que agreguen inteligencia a los sistemas de supervisión existentes.

- Disponer de un sistema en tiempo real predictivo es la mejor opción que puede tener un sistema eléctrico de potencia, ya que permite prepararse anticipadamente ante eventos o contingencias y no esperar que ocurra el evento para que las protecciones tradicionales comiencen a operar.
- La preservación de carga crítica se hace normalmente con el uso de esquemas que usan enclavamientos en los interruptores, esquemas por baja frecuencia, y los esquemas basados en PLC los cuales no son óptimos, esta solución permite mejorar este tiempo de manera considerable permitiendo así un mejor desempeño operación del sistema eléctrico.
- Entre las desventajas generales de estos esquemas se incluyen la falta de datos detallados antes y después del disturbio, configuración actual del sistema en tiempo real, el tipo y duración de los disturbios, por mencionar algunos. En este artículo se ha presentado una tecnología óptima, rápida e inteligente de deslastre de carga con toda la disponibilidad de la información conocida como sistema ILS.
- Usando ILS se mejora el tiempo de operación del sistema y se verifica la viabilidad de utilizar un software de simulación para efectuar un deslastre de carga en un sistema de potencia permitiendo mejorar considerablemente los esquemas actuales de deslastre de carga.
- El sistema ILS concentra los datos en línea del sistema, junto con las especificaciones y capacida-





des de los equipos, parámetros de control definidos por el usuario. Posee también una base de conocimiento obtenida de simulaciones fuera de línea, y de otros subsistemas y las tablas dinámicas de deslastre de cargas son actualizadas continuamente. Permitiendo al cliente final registrar o documentar el funcionamiento del sistema para la mejora operativa.

- Para este caso de estudio, el ILS puede realizar el deslastre de carga en menos de 700 milisegundos después de la ocurrencia inicial de un disturbio mientras que en el sistema por relés de baja frecuencia la oscilación se mantiene por casi dos segundos. Colocando en riesgo la operación del sistema y aumentando la probabilidad de apagones indeseados.
- Empleando un esquema de protección basado en ILS, la caída de tensión es un 10 por ciento menor en comparación con un

esquema de protección basado en relés de baja frecuencia (81).

- Los índices de confiabilidad mejorarán puesto que, se cuenta con un sistema que permitirá tener aumentado la disponibilidad de energía suministrada, ya que la solución sólo efectuará el deslastre para la carga requerida y no mediante esquemas por etapas que podrían sacar carga sin requerirlo.

REFERENCIAS

- [1] F. Shokoh, J. Dai, S. Shokoh, J. Tastet, H. Castro, T. Khandelwal and G. Donner, "Intelligent Load Shedding," IEEE Industry Applications Magazine, vol. 17, no. 2, pp. 44-53, Abril 2011.
- [2] M. M. Melgarejo, G. W. Althaus and B. M. d. Toro, "La optimización mediante algoritmos genéticos del proceso de deslastre y reposición de carga redes de secuencia," Vector Plus, no. 21, pp. 13-26, 2003.
- [3] R. A. Gómez and A. M. Vergara, "Metodología para definir un esquema de deslastre de carga por frecuencia empleando el módulo de estabilidad transitoria del software etap," Revista CIDET, no. 9, pp. 41-47, 2013.
- [4] R. B. Bobba, J. Dagle, E. Heine, H. Khurana, W. H. Sanders, P. Sauer and T. YardleyWide, "Enhancing Grid Measurements," IEEE Power & Energy Magazine, pp. 41-47, Enero/Febrero 2012.
- [5] ICONTEC, "NTC 1340, Electrotecnia. Tensiones y Frecuencia Nominales en Sistemas de Energía Eléctrica en Redes de Servicio Público," Bogotá, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2013.



VILLAHERMOSA

EL MEJOR LUGAR PARA LOS NEGOCIOS

www.villahermosa.hamptonbyhilton.com

Ven a conocer nuestro hotel y descubre ocho funcionales salones para realizar tus reuniones, juntas de trabajo y eventos sociales.



GARANTÍA 100% HAMPTON



DESAYUNO CALIENTE INCLUIDO



WI-FI INCLUIDO



ESTR. INCLUIDO



hamptoninnbyhiltonvillahermosa



@hamptonvilla

Hampton Inn by Hilton Villahermosa, Tabasco México.

Tel: 01 (993) 310 58 88 Prolongación Av. 27 de Febrero No. 2804 Col. Atasta C.P. 86100 Contacto:SandraJunco@hilton.com