

# Telecontrol de redes eléctricas

Elaborado por José Ignacio Escudero y Joaquín Luque Rodríguez, Universidad de Sevilla, Departamento de Tecnología Electrónica.

## Análisis de seguridad

El concepto de seguridad en un sistema de generación y distribución de energía eléctrica ya lo vimos cuando hicimos la introducción al concepto de centro de control. Sin embargo, podemos decir, en líneas muy generales, que todos entendemos que una red eléctrica es segura cuando la probabilidad de que se presente un apagón generalizado es baja. El fallo de cualquier elemento simple de la red puede provocar la interrupción del suministro en una amplia zona geográfica. El coste de esa situación tiene dos vertientes: por un lado el consumidor resulta afectado con la incomodidad o paralización de su actividad y por otro lado, el no consumo de energía, con la pérdida de facturación correspondiente, lleva a una disminución de los ingresos de la compañía suministradora, pero no así de sus gastos, que sólo se ven reducidos en muy pequeña medida.

Por ello es evidente que conseguir la seguridad del sistema debe ser unas de las funciones más importantes que debe realizar un centro de control, ya que implica el conservar al sistema de potencia dentro de los límites establecidos sin perder ninguna de sus características requeridas. El sistema debe operar de tal manera que se obtenga el máximo rendimiento económico con la máxima seguridad, dentro de los límites del sistema. Desgraciadamente la optimización de la seguridad y de la economía de operación son objetivos contrapuestos que deben ser cuidadosamente equilibrados.

Para conseguir este objetivo se debe trabajar en tres frentes [DOPA-77]:

- Monitorización del sistema
- Análisis de contingencias
- Estrategias de corrección

Con la primera de ellas, que ya hemos visto en la función SCADA, pretendemos conocer mejor las condiciones actuales en que se desenvuelve el sistema. Se trata de un análisis estático ya que nos limitamos a comparar los datos obtenidos con unos límites de referencia y presentarlos al operador. La segunda determina los posibles efectos producidos por cortes en los servicios del sistema. Por último, la tercera, proporciona al operador del sistema en tiempo real la pauta a seguir para eliminar condiciones indeseables del sistema.

<sup>16</sup> Reducción convencional del sistema externo, Identificación de la red, Equivalente estocástico, etc.

El análisis de contingencias consiste en la simulación de fallos y/o cortes en las unidades de producción de energía así como en los medios de transporte de ésta, con la finalidad de estudiar su efecto sobre las tensiones, los flujos de potencia y la estabilidad del sistema en su conjunto.

Este tipo de análisis de contingencias tiene una doble vertiente en cuanto a su utilidad, ya que se puede utilizar tanto en tiempo real, con los datos que en ese momento se estén produciendo, como con datos hipotéticos y que por tanto sólo sirve para prever futuras situaciones. Existen diferencias fundamentales cuando se lleva a cabo este estudio en ambas situaciones:

- Condiciones actuales del sistema: en tiempo real el estado actual del sistema debe ser conocido para saber a qué estado resultante se irá el sistema cuando se produzca el corte de alguna de los servicios del sistema. También hay que tener en cuenta que la selección de posibles contingencias a estudiar dependerá mucho de las condiciones actuales de funcionamiento del sistema mientras que si utilizamos el análisis de contingencias con datos hipotéticos no estamos limitados por nada en cuanto a nuestras suposiciones.
- Selección de contingencias: en el estudio hipotético las posibles contingencias se simulan de acuerdo con un criterio de orden de contingencias, mientras que en tiempo real estas contingencias dependen de las condiciones actuales lo cual indica que puede incluir contingencias de órdenes diferentes. También ocurre que en los estudios no reales se tiende más a suponer cortes en la producción o transmisión mientras que en tiempo real el estado actual de los interruptores puede resultar de más interés para evitar “caídas” de partes del sistema en cascada.

En el análisis de contingencias existen partes del propio sistema que resultan inaccesibles al SCADA o incluso otros sistemas distintos, interconectados con el sistema que estamos estudiando, que son los llamados sistemas externos. Las condiciones de operación de estos sistemas influyen y afectan al análisis de contingencias que del sistema estamos realizando. Por ello existen diversas técnicas<sup>16</sup> para “sustituir” al sistema externo y poder incluirlo en el análisis de contingencias o en otros módulos de cálculo.

Conocido el equivalente externo del sistema se puede llevar a cabo el análisis de contingencias resolviendo las ecuaciones de la red con las contingencias simuladas correspondientes.

# Contactores y reles térmicos

*Nuevo diseño, con el respaldo y la solidez de siempre.*



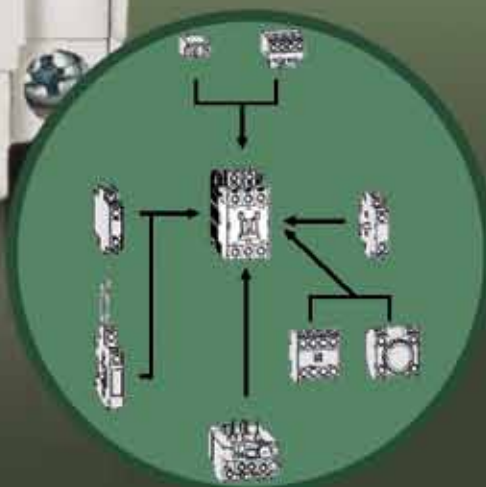
## Nueva Serie HB *telemando*

### Seguros, fuertes y adaptables

*telemando*



Línea HB - 7 A hasta 40 A



## HITACHI



Línea H - 35 A hasta 600 A

Sin embargo si queremos tener en cuenta las incertidumbres en los datos facilitados puede ser útil llevar a cabo un proce- sado posterior de la información obtenida para conseguir re- sultados estadísticos de los mismos en donde, entre otras co- sas, conozcamos su varianza.

Las estrategias de corrección proporcionan al operador ac- tuaciones posibles en el caso de que el sistema haya supera- do alguno de los límites establecidos. Esto ha podido ocurrir como consecuencia de la presencia de contingencias que ha llevado al sistema fuera del estado normal de funcionamien- to. Los principales medios de que dispone el operador para llevar a cabo las acciones de corrección son: la programa- ción de la generación de potencia, cambio en generadores de reactiva, reguladores en carga de transformadores, pro- gramación de tensión e intercambio de potencia con las re- des interconectadas, etc.

Se han propuesto diversos métodos para obtener estas es- trategias de corrección. La mayoría de ellos se basan en op- timizar alguna función del sistema como puede ser el coste de producción, las pérdidas en transporte, etc. sujeto siempre el sistema a las limitaciones físicas de los servicios que éste presta y al cumplimiento de las leyes de la red.

En la figura 8 vemos los distintos estados en que se puede en- contrar el sistema junto con las distintas conexiones que hay entre ellos. Se puede observar cómo, incluso en el estado de emergencia, la situación puede ser reversible, no así cuando aparecen pérdidas de carga importantes en cuyo caso se lle- ga a la “caída” de grandes partes del sistema, lo que nos lle- va a un estado extremo o de colapso, del cual sólo se puede salir a través de la restauración del sistema.

*Otras funciones*

Hasta aquí hemos visto las principales funciones que pueden presentar los centros de control. En la figura 9 representamos en un cuadro esquemático estas funciones indicando la rela- ción que existe entre ellas. En este esquema se han señalado las relaciones más evidentes ya que la información que pro-



Figura 8. Posibles estados del sistema

duce cualquier función está a disposición de las demás fun- ciones si éstas la necesitan.

Sin embargo hay otras funciones, de las que no hemos habla- do todavía y que veremos, no de forma exhaustiva, más breve- mente en este último apartado dedicado a las funciones de un centro de control. Para ello vamos a desarrollar un panorama general de las tareas que desempeñan los centros de control.

En líneas generales diremos, como ya sabemos, que un cen- tro de control dirige todos los aspectos que atañen a un sis- tema de potencia. Las variables que maneja son de dos ti- pos: variables dependientes, como pueden ser la tensión, fa- se, potencia reactiva producida, flujos de potencia, etc. y va- riables independientes, como son el consumo de potencia y de carga, potencias generadas, tomas de transformadores, tensiones de consigna, etc. Algunas de estas últimas varia- bles son definibles por el operador del sistema por lo que se les da el nombre de variables de control.

Entre estos dos tipos de variables existen determinadas rela- ciones que implican restricciones al funcionamiento del siste- ma. Existen restricciones de igualdad, que son ecuaciones o

ALSE MATERIALES ELÉCTRICOS

Cubrimos todas las necesidades de nuestros clientes en Materiales Eléctricos

SCAME

ARGENPLAS UN CABLE DE MARCA

MOELLER

BANDEJAS Stucchi SRL

Camino Gral. Belgrano 4583 Lanús // Tel: 4230-2554 // alse@speedy.com.ar  
 Sucursal Av. Fabian Onzari 1549 lanús //Tel: 42466857

**Más seguro y fácil de instalar**



**superastic**  
**jet**

**Nuevo cable Superastic Jet**  
*Ultrad deslizante*

**Simplemente el mejor**



[www.prysmian.com.ar](http://www.prysmian.com.ar)

Tel.: (+54-11) 4630-2000

Fax: (+54-11) 4630-2100

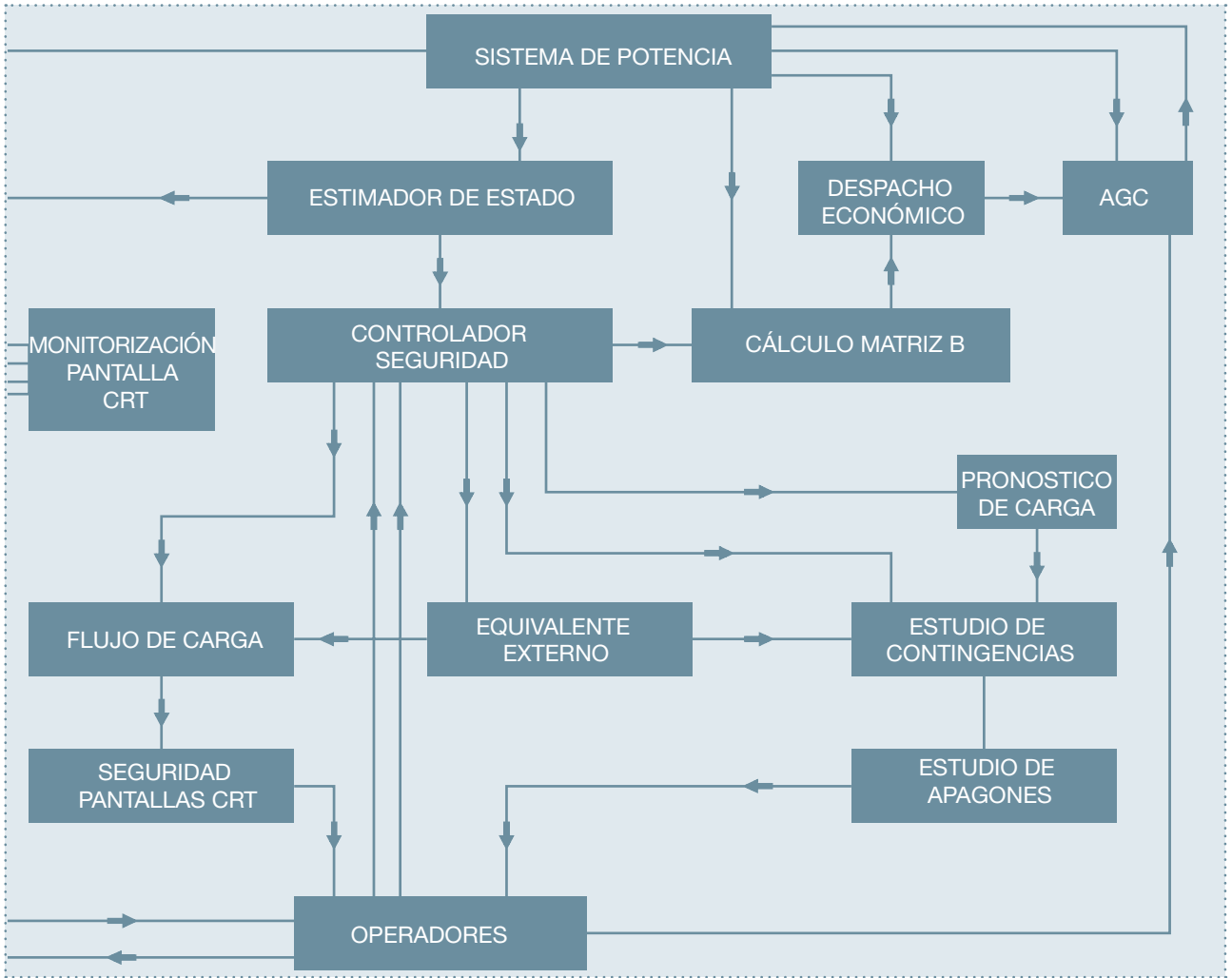


Figura 8. Posibles estados del sistema

sistemas de ecuaciones que la red debe cumplir y restricciones de variables en las cuales se limitan los valores posibles de algunas variables, lo cual se expresa matemáticamente mediante inequaciones. Estas restricciones de variables son de dos tipos: límites físicos de las máquinas, como es la capacidad máxima de generación, capacidad de las baterías de condensadores y reactancias, etc. y límites de explotación, como son los flujos máximos por líneas y transformadores, tensiones máximas y mínimas en los nudos, etc.

Naturalmente ambos tipos de límites no son considerados de igual forma ya que, por ejemplo, un generador no puede suministrar más MW de los indicados por su capacidad máxima, sin embargo, una línea, con una capacidad máxima de transmisión de 200 MVA, puede trabajar temporalmente con 201 MVA.

Como ya hemos visto este control del sistema se lleva a cabo, en la mayoría de los casos, siguiendo un criterio que minimice alguna magnitud en concreto y siempre que las acciones a realizar sobre el sistema nos lleve a un estado posible del mismo. Por ello el centro de control, con los datos sumi-

nistrados por la función SCADA, regula la pareja frecuencia-potencia, igualando la producción de potencia al consumo real en cada instante (función AGC), indicando en cada momento el estado actual del sistema (función estimador de estado), aplicando siempre que se pueda criterios de coste mínimo (función despacho económico), y criterios de minimización de emisiones contaminantes (función despacho de medio ambiente), haciendo mínimo las pérdidas por transporte (función minimización de pérdidas reactivas), minimizando también las desviaciones respecto al perfil óptimo de tensiones (función de control automático de tensiones), haciendo mínimo el número de actuaciones necesarias sobre el sistema para eliminar violaciones de los límites de explotación (función control correctivo) y todo ello conservando al sistema dentro de los márgenes de seguridad establecidos (función análisis de seguridad), en donde las soluciones que se obtengan deben ser flexibles, rápidas y fiables.

Continuará...

# Componentes Eléctricos

Control, maniobra y protección de circuitos y motores eléctricos



Contactores, Relevos, Guardamotores, Arrancadores y Corrección de FP



Comando, Protección y Fusibles

Interruptores, Seccionadores y Conmutadores

**WEG EQUIPAMIENTOS ELÉCTRICOS SA**

Santiago Pampiglione - Parque Industrial - (2400) San Francisco (Cba.)

TEL: +54 (3564) 421484 - FAX: +54 (3564) 421459 - e-mail: [wegee@weg.com.ar](mailto:wegee@weg.com.ar)

Chacabuco 314 Piso 8° - C106AAH - Buenos Aires

TEL: +54 (11) 43341901 - FAX: +54 (11) 43456646 - e-mail: [wegba@weg.com.ar](mailto:wegba@weg.com.ar)

[www.weg.net](http://www.weg.net)

