



# Experiencias acerca de la utilización de un selector de contingencia en la planificación de la operación del SEN

Manuel Barroso Baeza  
Antonio González Morales  
Antonio Martínez García  
Miriam López Pérez

Recibido: Septiembre del 2003

Aprobado: Noviembre del 2003

## Resumen / Abstract

Se muestra la utilidad de un selector de contingencias en tareas de planificación de la operación de los sistemas eléctricos de potencia, especialmente en sistemas longitudinales en los cuales es necesario prever desde la etapa de planificación la seguridad de la operación con especial interés, dadas las consecuencias que pueden acarrear diversas contingencias. El selector forma parte de un paquete de programas empleado actualmente en el Despacho Nacional de Carga (DNC), para la planificación de la operación del Sistema Electroenergético Nacional (SEN), se utiliza diariamente para los estudios de las contingencias más críticas que pueden suceder en el sistema en diversos regímenes, con ello se logra el análisis de la factibilidad de otorgar vías libres o garantizar que los operadores se encuentren bajo alerta ante la ocurrencia de algunas contingencias que pudieran provocar serias violaciones a la seguridad del sistema.

Palabras clave: Contingencias, seguridad, sistemas de potencia

*This work shows the contingencies selector use in order to do the power system operation planning tasks, especially in longitudinal systems where is necessary to prevent from the planning level the security of the operation with very special interest because of the contingencies consequences. The selector belong to the programs package that is using to planning the National Electric Power System operation in the National Control Center actually. The more critical contingencies can be study with this tools and because of that the feasibility of the permission over one transmission element of the system is analyzed. This methodology permit to refuse the permission or to put the operator in alert front some contingencies that could attempt versus the system security.*

*Key words: Contingency, security, power systems*

## INTRODUCCIÓN

A partir de la década de 1970 empezaron a aparecer en las publicaciones especializadas varios trabajos dirigidos a disminuir el esfuerzo computacional que ocasionaba el tener que analizar mediante los flujos de carga cada una de las salidas de líneas y transformadores del sistema, para evaluar la seguridad de este.

En el año 2000 se introduce en el Despacho Nacional de Carga una herramienta computacional dirigida a la planificación de la operación diaria y a mediano plazo del Sistema Eléctrico Nacional, la cual incluye:

1. Asignación de unidades.
2. Despacho Económico de Carga.
3. Análisis de contingencias.
4. Flujo de cargas.

A pesar de que el análisis de contingencias estaba disponible desde la fecha referida, hasta el año en curso, su utilización no había sido sistemática por diversas causas que escapan del alcance de este trabajo, no obstante, actualmente se utiliza a diario para analizar las condiciones de operación en los regímenes de media y máxima demanda.

#### CÓMO SE REALIZA LA PLANIFICACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL SEN

La planificación parte de un pronóstico de la demanda para el día siguiente, en el cual se obtiene la demanda horaria con auxilio de un software que existe en el DNC para ese propósito. La información correspondiente a la disponibilidad de cada una de las unidades se obtiene del área operativa, así como sus límites de capacidad y las que participarán en la regulación frecuencia. El área operativa suministra además las solicitudes de vías libres, la cuales deberán analizarse por parte del departamento de regímenes, es decir, decidirán si es posible otorgar las mismas o no, sobre la base de diversos análisis que realizan para ello.

Con toda esta información se obtiene el cubrimiento óptimo de la demanda hora a hora, con lo cual la herramienta desarrollada permite almacenar una base de datos correspondiente al flujo de carga para la hora seleccionada por el usuario, y analizar desde el punto de vista operativo las condiciones del sistema.

Uno de los análisis más importantes que se realizan en este sentido es el de determinar los voltajes de operación en el sistema lo cual se realiza con un flujo de carga óptimo (Power System Explorer). Igualmente importante es el análisis de las contingencias que pueden violar la seguridad del sistema, es decir, causar violaciones de voltaje y (o) de transferencias.

Otorgar una vía libre presupone el debilitamiento del sistema de transmisión, que en dependencia de la ubicación del elemento a desconectar y las condiciones de operación del sistema; ello causará mayor o menor peligro a la seguridad ante la ocurrencia de alguna contingencia, e incluso en ocasiones sin que suceda ningún otro evento se viola la seguridad en ciertos regímenes de operación.

A pesar de la experiencia de los analistas que laboran en esta tarea en el departamento del regímenes del DNC, es difícil garantizar que sean analizadas todas las posibles contingencias que pueden causar violaciones a la seguridad del sistema, por ello, dichos especialistas han hecho suya esta herramienta.

#### CÓMO TRABAJA UN SELECTOR DE CONTINGENCIAS

El selector tiene como función generar dos listas en las cuales se encuentran ordenadas las contingencias por su grado de severidad en cuanto a violaciones de transferencias en una y violaciones de voltaje en la otra, en este conjunto el selector incluye todas las salidas simples de líneas y transformadores, analizadas una a una.<sup>1</sup>

Este ordenamiento se realiza considerando los denominados índices de comportamiento,<sup>2</sup> los cuales se calculan partiendo de las expresiones siguientes:

$$PI_{MW} = \sum_{l=1}^L W_l \left( \frac{P_l}{P_l^{LIM}} \right)^{2n} \quad \dots (1)$$

donde:

$W_l$ : Factor de peso.

$P_l$ : Potencia activa transferida por la rama  $l$ .

$P_l^{LIM}$ : Límite de transferencia por la rama  $l$ .

$n$ : Número entero.

$$PI_V = \sum_{i=1}^{NB} \frac{W_{V_i}}{2n} \left( \frac{V_i - V_i^{sp}}{\Delta V_i^{LIM}} \right)^{2n} \quad \dots (2)$$

donde:

$V_i$ : Módulo del voltaje en el nodo  $i$ .

$V_i^{sp}$ : Voltaje nominal del nodo  $i$ .

$n$ : Número entero ( $n = 1$ ).

$NB$ : Número de barras.

$W_{V_i}$ : Factor de peso.

$\Delta V_i^{LIM}$ : Desviación límite del voltaje en la barra  $i$ .

Para evaluar los términos de la primera expresión se utiliza un flujo de carga de corriente directa, el cual como se conoce es extremadamente rápido, las sucesivas contingencias se modelan empleando las denominadas técnicas de compensación con lo cual se evita tener que factorizar nuevamente la matriz jacobiana asociada a dicho método, haciendo mucho más rápido el análisis.

En el caso de la segunda, se utiliza una primera iteración del método desacoplado rápido, sobre cuyas matrices asociadas se emplean igualmente las técnicas de compensación para aliviar la carga computacional por la misma razón citada anteriormente.

Una vez obtenidas las dos listas se procede a analizar en detalle las contingencias ordenadas, comenzando por la que ocupa la primera posición, se termina cuando existan tres contingencias sucesivas que no violen la seguridad del sistema, es decir, que no causen

violaciones de límites de transferencias en el caso de las pertenecientes a la primera lista y violaciones de voltaje en el caso de las que corresponden a la segunda.

El hecho de que el selector analice todas las posibles salidas simples de líneas y transformadores en el sistema, garantiza que no se quede ninguna contingencia sin ser analizada, todo ello se realiza de forma automática sin la intervención del analista, este solo obtiene al final las contingencias que causan violaciones, y la información referente a tales violaciones, tal y como se muestra en la figura 1, la cual corresponde con una salida del software desarrollado.

La herramienta posee un inestimable valor, especialmente en un sistema como el del SEN en el cual no se posee de medios adecuados para realizar este análisis en tiempo real, hasta el momento la efectividad de la misma en la previsión de los efectos de diversas contingencias es superior a un 90 %.

Con ello se ha logrado establecer una adecuada disciplina tecnológica en este sentido, pues los operadores son alertados de antemano de tales efectos. Las vías libres que se otorgan son analizadas teniendo en cuenta no solo el efecto directo de las mismas sobre la operación del SEN, sino también considerando la ocurrencia de diversas contingencias en tal situación, ello garantiza una operación segura del sistema.

Resultados obtenidos para un caso real del SEN.

1

## CONCLUSIONES

Después de desarrollar esta investigación se arribó a las siguientes conclusiones:

- La garantía de la operación segura de un sistema longitudinal como el SEN comienza desde la etapa de planificación de la misma, en ella es de vital

importancia analizar el efecto de las contingencias que pueden ocurrir en el mismo.

- El selector de contingencias ha demostrado con un alto grado de efectividad la utilidad del mismo en la planificación de la operación, su utilización hace independiente a esta tarea de la experiencia que posea el personal a cargo de la misma.

- Gracias a la utilización de este software se ha elevado la productividad del trabajo de los especialistas a cargo de la planificación de la operación del SEN.

- Puede plantearse que se ha mejorado la confiabilidad del SEN, pues se desechan aquellas vías libres que atentan contra la seguridad del sistema.

## REFERENCIAS

1. Barroso, Manuel y Antonio Martinez: "Análisis de contingencias en sistemas eléctricos de potencia", Informe Final, CIPEL, Ciudad de La Habana, 1995.
2. Irisarri, G. et al.: "Automatic Contingency Selection for On-Line Security Analysis -Real Time Tests", *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*. Vol. PAS 98, No.5, Sept.-Oct., 1979.
3. López, Miriam: "Optimización de la generación de potencia activa en el SEN", Tesis doctoral, CIPEL, Ciudad de La Habana, 2002.

## AUTORES

**Manuel Barroso Baeza**

Ingeniero Electricista, Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Auxiliar, Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL), Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, Ciudad de La Habana, Cuba

e-mail:mbaeba@yahoo.es

**Antonio González Morales**

Ingeniero Electricista, Doctor en Ciencias Técnicas, Ministerio de la Industria Básica (MINBAS), Ciudad de La Habana, Cuba

e-mail:antoniog@dnc.minbas.cu

**Antonio Martínez García**

Ingeniero Electricista Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Titular, CIPEL, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, Ciudad de La Habana, Cuba

e-mail:amg@cipel.cujae.edu.cu

**Miriam López Pérez**

Ingeniera Electricista, Doctora en Ciencias Técnicas Investigadora Agregada, CIPEL, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, Ciudad de La Habana, Cuba

e-mail:mlopez@cipel.cujae.edu.cu