

El empleo de computadoras en los grandes sistemas electricos

por A. Terlinden

Hoy me propongo informarles acerca de la experiencia que se está desarrollando en Bélgica con el empleo de Computadores para la operación de sistemas eléctricos.

Este problema es objeto de un estudio, particularmente interesante para citar, pues abarca, bajo la dirección científica del Profesor Peretz de la Universidad Libre de Bruselas, a ingenieros provenientes de todas las sociedades de electricidad belgas, del Laboratorio Central Laborelec, de varias sociedades de ingeniería, de varios constructores entre los cuales, mi sociedad ACEC e investigadores universitarios.

Este grupo importante, que está compuesto de 26 ingenieros, sin contar los consejeros, no podría haber sido creado sin la intervención del Gobierno belga, que subsidia parcialmente este estudio por intermedio del Instituto para la Investigación Científica en la Industria y en la Agricultura (I.R.S.I.A.)

De esta investigación que lleva el nombre de Proyecto Descartes, les hablaré a continuación.

Para comenzar, creo que sería útil que les describa el sistema eléctrico belga que, en ciertos aspectos, es muy diferente de los sistemas argentinos. Nuestro país es un país viejo, de una densidad de población muy grande, sobre un territorio minúsculo. El vuestro, es un país gigantesco, lleno de futuro, en donde las distancias están relacionadas con la dimensión del mismo.

El sistema belga, tiene una potencia instalada de 6700MW. Los proyectos de centrales, sobre todo nucleares, deben llevar esta potencia, para 1975, a más de 10.000 MW. La producción de energía ha sido, en 1968, de 25.000 GWh.

Estas cifras son sobretodo elevadas cuando se las compara con la reducida superficie de Bélgica; nosotros tenemos una *densidad de carga extremadamente elevada* comparable a aquella de una gran ciudad de 9 millones de habitantes.

La segunda característica de este sistema, es la reducida distancia que existe entre los centros de producción, 138 en total; 43 de los cuales dependen de sociedades de generación y 93 de industrias repartidas en todo el país.

Esta densidad de centros de producción, *impide separar netamente las líneas de transmisión de las líneas de interconexión.*

La red principal de interconexión está constituida por una línea nortesur de Amberes a Charleroi, prolongándose de oeste a este hasta Lieja. A esta línea de 150 KV. se agregará de poco una línea de 380 KV.

A pesar de esta red de interconexión, se puede decir que a cada anillo de la red se le confía funciones de gran transmisión por la conexión de grandes sub-estaciones de generación y de transformación en el subsistema de transmisión.

Además, debe señalarse las *potencias de cortocircuito* que en tal sistema presentan valores enormes, las cuales deben tenerse en cuenta en la explotación del sistema.

Para la operación del sistema, Bélgica ha sido *dividida en zonas* y las principales están dirigidas a partir de un *puesto de comando.*

Estas son, especialmente, la zona de Amberes dirigida a partir de Merksem; de Bruselas a partir de Schaerbeek; de Charleroi que comanda una

subzona de Lieja, de Mol y de Gand. Cada una de estas zonas comporta una demanda de 500 à 1000 MW.

Todos estos P.C. (Puestos de Comando) de Zona son coordinados por P.C. nacional situado en Bruselas y denominado C.P.T.E. que está encargado particularmente de las interconexiones con los tres países vecinos (Francia, Alemania y Países Bajos), y la repartición económica de la demanda entre los diversos productores.

Habiendo así esbozado la configuración del sistema belga, podemos ver lo que actualmente, y sobre todo lo que en el futuro lleva a pensar en las computadoras para aliviar, y después, posiblemente para reemplazar en parte el pernal de explotación del sistema.

Para cada uno de los P.C. de Zona, el despacho es a la vez difícil y delicado.

- Será necesario que el responsable del despacho de la zona tenga en cuenta los flujos aleatorios que pueden recorrer el sistema de transmisión en los casos de inconvenientes producidos, no solamente en su propia zona, sino también en las zonas vecinas.
- Los niveles de tensión son operados en paralelo, lo que tiene como consecuencia trasladar sobre las líneas de transmisión una parte de las perturbaciones, las cuales aumentan las tensiones en las mismas.

Estas dificultades de operación han conducido progresivamente a llevar más información al « despacho »: alarmas y mediciones.

El número de puestos controlados a distancia y comandados a partir del P.C. ha ido creciendo y se han prácticamente suprimido los encargados locales de las subestaciones.

El despachante se satura rápidamente por la cantidad de información que aparecen en los tableros sinópticos y pupitres, tales como indicadores de MW, MVAR, Amperímetros, Voltímetros, registradores, conmutadores luminosos y señaladores de todas clases.

En el caso de desperfectos que, como los hemos vistos, pueden producirse en su propia Zona (grupo, línea, transformador) como en el exterior de la zona (demanda o tránsito de la perturbación), el despachante de la zona estará obligado a tomar decisiones rápidas y difíciles, y a intervenir directamente en la mayoría de los casos.

Enumeramos rápidamente las decisiones que podría llegar a tomarse:

- Puesta en marcha de un Nuevo grupo de generación o variación de la carga de grupos en funcionamiento. El desarrollo de grupos de pico turbogases que permitiendo alcanzar potencias de 20 a 40 MW en 100 segundos conduce progresivamente a que la decisión de arranque de tales grupos este cada vez más, bajo el control del P.C., ya que se estima que se deberá alcanzar para tales grupos el 10 % de la potencia instalada por tales grupos.
- Acoplamiento o desacoplamiento entre juegos de barras.
- Regulación de relación de carga de transformadores o modificación de consignas de relación de tensión si la regulación es automática.
- Disminución de carga en la clientela.
- Aislamiento de la zona con respecto a las zonas vecinas (islotaje) o aislamiento de partes de la zona o inversamente, reconexión del sistema.
- Acción sobre las baterías de condensadores.
- Modificación de la potencia reactiva suministrada por los generadores.
- Modificación de consignas aplicadas a los automáticos locales.

La operación de una zona se está tornando fuera del alcance de un ser humano y se ha pensado en un primer paso en las computadoras para aliviar la Operación del sistema.

El rol de la computadora en este caso es doble:
Miniaturizar en alguna medida el P.C. y absorber en la computadora las tareas administrativas.

La miniaturización está dada por:

- La concentración en máquinas de escribir de las medidas que antes se encontraban diseminadas en los aparatos de los tableros.
 - La reducción del tablero sipnótico por fijación de fragmentos del sipnótico sobre las pantallas de rayos catódicos comandados por la computadora.
 - La reducción del número de pulsadores de comando operando una conmutación lógica por puesto, Las diferentes tareas administrativas que estarán confiadas a la computadora serán por ejemplo:
 - la confección del libro de guardia consignando todos los acontecimientos en el sistema.
 - relevamiento de los medidores con estadísticas semanales, mensuales o anuales.
 - relevamiento de los intercambios de potencia y estadísticas.
- Si se considera la situación futura del sistema belga, se percibe que hará falta dar, progresivamente, más importancia a las computadoras. En efecto, los proyectos actuales en el sistema prevén un aumento importante de la densidad de carga y un mallaje todavía más pronunciado del sistema. Cada puesto deberá comandar un número creciente de nudos.

Es en el nivel de las potencias de corto-circuito en donde el problema futuro es más grave. Se podría, evidentemente, reforzar las líneas de transmisión de 150 KV o de 380 KV. Esto haría más simple la Operación, pero equivaldría a un costo de inversión elevado para las líneas de reserva, en donde la utilización sería más que de algunas horas por año.

La otra solución consiste en operar el sistema en malla abierta y conectar únicamente dos zonas en el caso de incidente, reduciendo de esta manera en lo posible las potencias de corto-circuito.

Tal política que se justifica completamente desde el punto de vista económico, complica de la misma manera la operación de una zona importante, tal que sobrepasa rápidamente las capacidades humanas, de manera que no puede ser realizado con otro elemento que no sea una computadora. Esta, en una primera etapa, indicará las instrucciones de maniobra a efectuar por el personal. Paralelamente al estudio teórico emprendido, la sociedad E.B.E.S. ha equipado progresivamente el P.C. de Merxem de la zona de Amberes, de manera que esté lista para experimentar los métodos puestos a punto por el grupo de estudio.

* * *

El puesto de Merxem incluye actualmente (ver figura 1):

- una sala de comando con un tablero sipnótico de maniobra.
- un conjunto de tele-transmisión que dispone de 192 canales de transmisión inalámbrica y de 200 pares telefónicos.
- los equipos de tele-control permiten recibir las señalizaciones de las centrales y puestos del sistema y enviarle las órdenes de comando. Actualmente, se reciben alrededor de 5.800 señalizaciones y 1.050 telecomandos pueden ser enviados por señales codificadas. Todos los puestos de 150 y 70 kV están telecomandados.
- una computadora ACEC 80 de 8.000 palabras de memoria a ferritas modularmente ampliable hasta 90.000 palabras y destinada a efectuar la telemedida.
- una segunda computadora idéntica destinada a centralizar alarmas.

El tablero sinóptico de Merxem ha sido estudiado de manera tal que el personal de despacho tenga una representación tan clara y completa como sea posible. Actualmente este tablero mural que tiene 20 metros de largo por 3,5 m. de alto está realizado con bloquitos modulares de 24 × 24 mm., 111.000 en total.

Está previsto que cuando este panel se encuentre saturado, sea reemplazado por una representación sobre una pantalla de rayos catódicos, comandada por la computadora.

En este último caso, el operador tiene normalmente a la vista un esquema simplificado, y en caso de falla puede requerir cualquier parte del sistema o recibir automáticamente sobre esa pantalla la imagen de la parte del sistema que se encuentra alrededor del desperfecto.

En el futuro, la computadora debería determinar el flujo de carga de la nueva configuración del sistema (load-flow) y ficharla igualmente sobre la pantalla catódica.

Los equipos de tele-control instalados por ACEC son del tipo MXCL, que es para las señalizaciones y medidas un sistema cíclico, y del tipo TCCI para los telecomandos.

Las teleseñalizaciones cíclicas que aseguran una gran confiabilidad para la retransmisión en cada ciclo del mensaje, tienen el defecto de crear un atraso en la longitud del ciclo (alrededor de 2,3 segundos) lo que puede ser un inconveniente cuando se necesita regenerar la cronología de las alarmas. Para estas señalizaciones, ACEC ha puesto a punto un sistema denominado TRACEC en el cual cuando acontece un desperfecto en un puesto alejado, éste es transmitido gracias a un sistema de interrogación.

* * *

La primera computadora empleada está destinada a concentrar los valores de medida y realizar su procesamiento. El conjunto denominado computadoras impresoras numéricas, procesa los impulsos provenientes de las 156 telemidas de potencia. Cada impulso es ponderado en su energía y está dirigido hacia los indicadores watímetros y en paralelo hacia la computadora.

Luego de haber pasado por un divisor de impulso que tiene una relación de 5 a 1 se produce la entrada a la impresora de donde el ritmo está comprendido entre 1 y 4 emisiones por segundo.

Estos impulsos llegan a un circuito (figura 2) de entrada de la computadora, munido de un « relais » de séparation galvánica en donde los impulsos son filtrados, ordenados y, cuando la computadora lo ordena se almacenan en la memoria de la misma.

La figura 3 muestra el esquema del conjunto de esta computadora industrial con:

- los diferentes circuitos de entrada;
- una unidad de barrido que en 200 milisegundos examina todos los circuitos de entrada. Como este tiempo es más corto que los impulsos, no hay riesgo de perderlos y así se transfieren a la memoria de la computadora;
- las magnitudes son procesadas en la computadora que posee un reloj interno;
- los resultados son impresos en 6 máquinas de escribir y perforados en una banda de papel.

El objeto de esta computadora es efectuar las totalizaciones de potencia cada cuarto de hora y cada noventa segundos. Las operaciones sucesivas de la computadora consisten en la ponderación de los impulsos para tener en cuenta la escala de la telecuenta, la totalización de los impulsos de un mismo medidor, la totalización de las potencias de varios medidores entre

ellos, detectar los resultados no significativos y alertar a los operadores, etc.

Un esquema simplificado del programa está señalado en la figura 4, en donde se vé como se suceden los programas de barrido (examinación) y el procesamiento de los resultados que son impresos sistemáticamente cada cuatro de hora y, a pedido, cada 90 segundos.

Las planillas impresas son muy diversas, pudiendo imprimirse las planillas de producción y demanda de un Centro, de cargas de puestos, de intercambios de líneas, de balances de juegos de barra. Sobre las planillas se imprimirá el número de código de cada punto considerado.

Los valores activos y reactivos son impresos, normalmente, uno encima de otro. La figura 5 da un ejemplo de tal planilla.

Es evidente, que para la Operación del sistema, estas informaciones tienen una gran utilidad, por lo tanto se ha previsto la posibilidad de transferir los resultados de cálculo de la computadora impresora numérica hacia la computadora de alarma.

* * *

La computadora de señalización de alarmas y maniobras es también una pequeña computadora ACEC 70 que recepciona las informaciones recibidas por teleseñalización.

Desde el momento en que un cambio de posición de un dispositivo es recibido por el telecontrol, el mismo es a la vez enviado hacia un generador de secuencias luminosas que comanda el tablero sipnótico y hacia la entrada de la computadora.

El generador de secuencias luminosas se realiza por medio de micros « relais » de contactos en vacío. Este comanda la intermitencia de la lámpara del tablero, desencadena una señal sonora y la intermitencia de una señal luminosa general del puesto. El tablerista debe silenciar la bocina y dar vuelta la llave de la señal luminosa para detener la intermitencia de la misma.

La misma señal de alarma es transmitida a la entrada de la computadora en donde cada 200 milisegundos un dispositivo escrutador toma la información y la compara con su estado anterior.

Si esta comparación muestra que hubo una modificación de la posición de un disyuntor, la computadora busca en *su memoria* un mensaje que imprime en las máquinas de escribir, en rojo si se trata de un desenganche o en negro si se trata de un enganche.

El mensaje es bastante resumido pero suficientemente claro para el despachante. Por ejemplo: CMTX 70/6,6 4 B, impreso en rojo significará: Central de Merxem, transformador N° 4 70/6,6 kV desenganche del disyuntor de baja tensión.

Este mensaje estará precedido de la impresión de la hora.

* * *

Disponiendo así, de un P.C. de zona equipado, como hemos visto más arriba, se puede preveer una operación racional del sistema en el futuro, de la siguiente manera, por ejemplo:

1. Ante un incidente, el despachante conoce la configuración de su sistema gracias al sipnótico (posición de los disyuntores) y a la computadora impresora numérica (estado de la carga en el sistema) y conoce también por el cálculo de la potencia, la carga de su sistema.
2. En el momento de un incidente, un automático local (« relais » de protección) modifica la configuración que aparece en el tablero.
3. Una nueva configuración de las cargas (Load Flow) es calculada y comparada, desde el momento en que desaparece el transitorio, con

- la distribución real. La computadora determina si la nueva configuración es segura o si por el contrario corre el riesgo de ser peligrosa por el calor producido en los elementos del sistema o por la potencia de corto circuito.
4. La computadora determina para varias configuraciones posibles, lo que sería con la carga actual la temperatura de los puntos calientes de las líneas y transformadores, y elige la configuración más segura.
 5. La computadora indica al operador las operaciones necesarias para pasar de la configuración correspondiente a la falla, a la mejor configuración posible.
 6. La computadora verifica, finalmente, que la nueva configuración responde bien al grado de seguridad deseado.

Se corre el riesgo de que el procesamiento de tales programas necesite un tiempo muy grande, no obstante la rapidez de la computadora, pues cuando se investiga una nueva configuración se puede estar delante de una infinidad de posibilidades.

Para reducir este tiempo de procesamiento se propone efectuar el mismo con previsiones. Se establecerá el régimen diario y se determinará el régimen más restrictivo para el cual se hará a priori el cálculo del flujo de carga. Enseguida se determinará la probabilidad de falla de cada elemento y para aquellos de probabilidad más elevada se determinará a priori la estructura de emergencia.

Esto implica, a continuación, almacenar en la memoria de la computadora la estructura del sistema en emergencia y utilizarla en el momento en que aparece la falla prevista.

Finalmente, si se llega a esta etapa de operación del sistema belga se podría pensar en un despacho económico.

Una continuidad de servicio perfecto puede ser lograda teóricamente solo con una inversión infinita; y prácticamente, admitir una inversión finita equivale a tolerar caídas del servicio y un «costo implícito de la caída».

Esta noción permitiría relacionar la operación del sistema con los criterios económicos.

Como Ustedes han podido ciertamente constatar, el camino a recorrer por las computadoras instaladas, tal como la de Merxem que alivia a los operadores de las tareas absorbentes, es largo, hasta llegar al objetivo que nos hemos fijado.

El equipo entusiasta de universitarios y de ingenieros de la industria que ha podido formarse para este estudio «Descartes», es la mejor garantía para lograr ese objetivo.

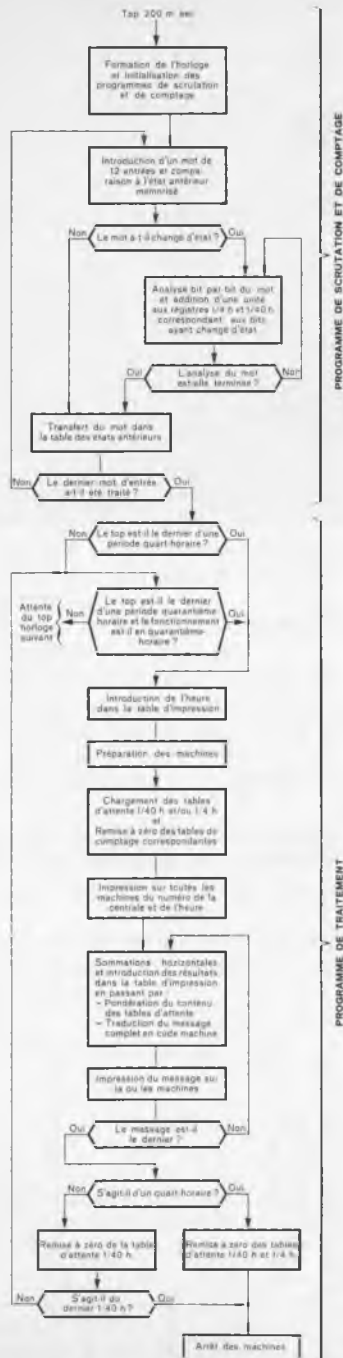


FIG. 4.

					25,3 000,1	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
					25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
	50,6	50,6 077,0	50,6 081,4	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
	12 1 00	50,6	50,6 077,0	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
	50,6	50,6 077,0	50,6 081,4	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
	12 2 00	50,6	50,6 077,0	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
	50,6	50,6 077,0	50,6 081,4	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
	12 3 00	50,6	50,6 077,0	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
1	50,6	50,6 077,0	50,6 081,4	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
2	50,6	50,6 077,0	50,6 081,4	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
3	50,6	50,6 077,0	50,6 081,4	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
4	50,6	50,6 077,0	50,6 081,4	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
5	50,6	50,6 077,0	50,6 081,4	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
6	50,6	50,6 077,0	50,6 081,4	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
	13 0 00	50,6	50,6 077,0	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
	50,6	50,6 077,0	50,6 081,4	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
	13 0 01	50,6	50,6 077,0	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
	50,6	50,6 077,0	50,6 081,4	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
	13 0 02	50,6	50,6 077,0	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
	50,6	50,6 077,0	50,6 081,4	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
	13 0 03	50,6	50,6 077,0	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
	50,6	50,6 077,0	50,6 081,4	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
	13 0 04	50,6	50,6 077,0	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0
	50,6	50,6 077,0	50,6 081,4	25,3	25,3 101,2	25,3	25,3 075,0	050,5 075,0 075,0

Fig. 5.