

NACIONES UNIDAS

CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL



LIMITADO

ST/ECLA/CONF.7/L.2.15
21 de noviembre de 1960

ORIGINAL: ESPAÑOL

CATALOGADO

SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE ENERGIA ELECTRICA

Auspiciado por la Comisión Económica para América Latina, la Dirección de Operaciones de Asistencia Técnica y la Subdirección de Recursos y Economía de los Transportes de las Naciones Unidas, conjuntamente con el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos

México, 31 de julio a 12 de agosto 1961

PROBLEMAS DE LA DISTRIBUCION DE CARGAS EN REDES INTERCONECTADAS

por W. Henning, H. Bauer y H. Stüssinger

NOTA: Este texto será revisado editorialmente

I N D I C E

	<u>Página</u>
1. <u>Introducción</u>	1
2. <u>Instalación distribuidora de carga</u>	1
a) <u>Técnica de la telefunción</u>	1
b) <u>Técnica de regulación de redes</u>	5
c) <u>Aplicación económica favorable de las centrales</u>	7
3. <u>Puestos de mando regionales</u>	13
4. <u>Colaboración práctica</u>	16
<u>Bibliografía</u>	17

1. Introducción

Durante los últimos años se ha entrelazado aún más el servicio en interconexión entre las redes de abastecimiento de energía eléctrica de las distintas compañías de electricidad, tanto en el ámbito nacional como en el internacional. Por esta razón se ha puesto más claramente de manifiesto que no es posible mantener un servicio interconectado tan amplio sin disponer de estaciones centrales de dirección de redes, para cada una de las que contribuyen al servicio interconectado. Las estaciones centrales de dirección de redes se dividen en el distribuidor central de cargas y los puestos de mando regionales.

2. Instalación distribuidora de carga

El puesto central de distribución de carga es de importancia principal para llevar a efecto sin inconvenientes el servicio de interconexión. El citado puesto ha de encargarse de que las fuentes de energía de la red propia y de las redes vecinas que trabajan en servicio de interconexión, se aprovechen en forma económica y cumpliendo con las condiciones establecidas. Además, el puesto central tiene la misión de garantizar el mantenimiento en el suministro de energía eléctrica para los centros de gravedad del consumo cuando de manera imprevista fallen algunas máquinas o líneas de transporte, o cuando se presenten fluctuaciones en la carga inesperadas, y evitar que se separen partes de la red.

a) Técnica de la telefunción

Los cometidos anteriormente relacionados únicamente podrán ser solucionados de forma segura por el puesto central de distribución de carga, cuando éste haciendo uso de los medios auxiliares de la técnica telefuncional (1)* y de la posibilidad de recibir información telefónica, disponga constantemente de una vista de conjunto sobre el estado actual de la producción y distribución de energía eléctrica, así como de la situación de maniobra de la red de altísima tensión utilizada para llevar a término el transporte de la energía.

* Los números entre paréntesis se refieren a la bibliografía al final del texto.

Una instalación de telemetría (2, 3) proporciona una vista de conjunto sobre la generación y distribución de la energía. La citada instalación comprende principalmente los valores que a continuación se exponen:

- i) Suma de la potencia activa y reactiva de los grupos de alternadores de las centrales propias
- ii) Potencia activa y reactiva entregada o recibida en los puntos de acoplamiento con las redes vecinas
- iii) Potencia activa cedida a los centros de gravedad de consumo
- iv) Tensión en los nudos principales de la red y en los puntos de acoplamiento
- v) Frecuencia en los puntos de acoplamiento de la red
- vi) Intensidad en las líneas de interconexión de altísima tensión que participan principalmente en el transporte de la energía.

Los valores de la potencia se transmitirán a instrumentos indicadores montados en el pupitre del distribuidor de cargas. Para ello es además conveniente agrupar las sumas parciales de potencia transmitidas, para constituir sumas totales de la generación de energía, de la cantidad adquirida y de la energía cedida, y su repetición por instrumentos indicadores que también se encontrarán ordenados en el pupitre distribuidor de cargas.

Cuando se necesiten los valores de la potencia transmitidos para elaborar planes de marcha diaria o estudiar determinados procesos del servicio, será necesario prever instrumentos registradores que pueden colocarse fuera del campo visual del distribuidor de cargas, en tableros de paneles dispuestos lateralmente.

Los valores de la potencia activa tienen que ser transmitidos permanentemente y en su totalidad, y los de la potencia reactiva con ciertas limitaciones. Sin embargo, una parte de los valores pertenecientes a la tensión, a la frecuencia y a la intensidad, dadas las grandes distancias a salvar en las instalaciones de distribución de carga, y las líneas de transmisión que por esta razón son de elevado precio, se indicarán únicamente por selección.

Para la vigilancia del estado de conexión de la red de abastecimiento, se utiliza principalmente un esquema de la red formado por pequeños elementos /de mosaico,

de mosaico, en el cual se indican constantemente y de forma especial, la posición en que se encuentran los interruptores de cada una de las estaciones de la red, y se establecen automáticamente las correcciones oportunas cuando cambia de estado de conexión. En detalle se transmiten principalmente:

a) La posición de los interruptores de potencia de las derivaciones de los alternadores, la de las derivaciones por líneas de la red de altísima tensión, y la de las derivaciones de los transformadores hacia la red de media tensión

b) La posición de los seccionadores de las barras colectoras correspondientes

c) Los avisos de contactos a tierra permanentes e instantáneos

d) Avisos de peligro generales e importantes, procedentes de las estaciones de generación y de distribución

e) Siempre que lo exija el servicio:

avisos generales del servicio procedentes de la red de media tensión, tales como fallos de interruptores, contactos a tierra, etc.

Los avisos que se producen automáticamente y que ingresan, tienen que ser indicados en su totalidad por luz intermitente. El distribuidor de cargas acusa el recibo general, transformando al mismo tiempo la luz intermitente en luz permanente. La representación de los avisos de posición de los interruptores correspondientes a las derivaciones, puede llevarse a cabo en forma de aviso por canal simplificado que no distingue la posición de cada uno de los interruptores, sino la conexión del servicio de la derivación en las diversas barras colectoras.

El esquema de conexiones de la red corregido automáticamente y la constante indicación de los valores de medida más importantes, proporciona al distribuidor central de cargas, una amplia vista de conjunto de la situación en que se encuentre actualmente la red de altísima tensión. El distribuidor central de cargas estará además en situación de conocer en pocos segundos el tipo y la extensión de las perturbaciones de importancia que hayan tenido lugar, así como de conocer las consecuencias que son de esperar, pudiendo así tomar las medidas oportunas. Dado que el distribuidor de cargas no debe ejecutar directamente maniobras de conexión

/en la

en la red, tiene éste que encargar al personal de servicio en las diversas centrales y puntos principales de la red, la ejecución de las medidas necesarias.

En el caso de que se tema que la importancia de la perturbación que ha tenido lugar pueda originar el fallo total de la red, la transmisión telefónica de las instrucciones necesarias requiere excesivo tiempo según demuestra la experiencia. Por esta razón el distribuidor de cargas tendrá que disponer además de un tablero de mandos breves que le permita transmitir con independencia de la comunicación telefónica y actuando sobre pulsadores de mando determinados, las instrucciones fundamentales para tomar la carga, desconectar la misma, poner máquinas en disposición de prestar servicio, etc. a las centrales subordinadas, a los puestos de mando regionales y a los demás puntos principales de la red vigilados por personal. La citada transmisión ha de ejecutarse en el curso de pocos segundos.

Los aparatos de telefunción que habrá que disponer para solucionar los cometidos anteriormente citados, tienen que salvar grandes distancias por regla general en el servicio de distribución de cargas. Por este motivo se considerarán para este propósito, principalmente aparatos que puedan funcionar con conductores utilizados para varios fines, para transmitir valores de medidas a distancia, órdenes y avisos con transmisión de impulsos (4, 5). En las instalaciones de distribución de cargas, se emplean principalmente:

- i) Aparatos de telemedida que trabajan según el método de frecuencia de impulso o el de variación de la frecuencia, y que pueden funcionar en el servicio multiplex de frecuencia o de tiempo
- ii) Aparatos para la transmisión de avisos y de órdenes ejecutados principalmente a modo de selectores, que transforman los avisos y órdenes en telegramas de impulsos. También se utilizan emisores de relés sin selectores con transmisión codificada con cadencia, los cuales se complementarán en el futuro mediante elementos de telefunción electrónicos
- iii) Aparatos para el aprovechamiento múltiple de los medios de transmisión, que permiten la transmisión simultánea de valores de telemedida, avisos y órdenes mediante canales radiofónicos, de audiofrecuencia o de onda portadora para líneas de alta tensión.

b) Técnica de regulación de redes

Una de las misiones especiales del distribuidor de carga, es la vigilancia constante de la frecuencia de la red y la ejecución de todas las medidas que tiendan a mantener un valor fijo de la misma. Para este propósito, la potencia de los alternadores que trabajan conectados a la red, tiene que ser adaptada constantemente a la carga variable de la red, porque solamente cuando exista equilibrio entre la potencia consumida y la generada, se mantendrá constante la frecuencia. Esta adaptación de la potencia de los generadores y de la demanda del consumo, se realiza en parte automáticamente mediante el regulador del número de revoluciones de la máquina motriz. Esta regulación tiene sin embargo un carácter estático, por lo que el mantenimiento exacto de la frecuencia únicamente se conseguirá con el correspondiente mando del valor de ajuste del regulador de las máquinas motrices.

Al reunirse varias centrales para constituir una red común, las puntas de carga hacen variar menos la frecuencia porque la carga puede repartirse entre muchas máquinas. Por esto se comprenderá que las redes se extiendan cada vez más y que en general se tienda a establecer el servicio en interconexión con las redes vecinas. Entonces se establecen convenios sobre las potencias que deben intercambiarse durante el servicio normal en tiempos determinados. Al ocurrir una perturbación en una de las redes, las otras que se encuentran interconectadas, auxilian en principio sobrepasando las potencias convenidas contractualmente, con el fin de compensar la potencia que falta. La red afectada debe ocuparse sin embargo, de alcanzar de nuevo su propio equilibrio entre la demanda de energía y la producción de ésta, recurriendo al mando conveniente de los grupos de máquinas motrices, con lo cual se establecerá otra vez el estado convenido de las potencias intercambiadas entre las redes interconectadas.

El cometido de mantener la frecuencia de la red y las potencias intercambiadas con las redes vecinas bajo todas las variaciones de carga en la propia red mediante el mando correspondiente de las centrales abastecedoras, de forma permanente a un valor fijo, supone un problema difícil para el distribuidor de carga. Mediante un regulador automático para la red, quedará el distribuidor de cargas libre de este trabajo. Este no necesitará más que ocuparse de la aplicación conveniente de los grupos de máquinas generadoras

/en la

en la red, mientras que el delicado trabajo de la adaptación constante de la generación de energía a las variaciones de la carga en la red, correrá a cargo del equipo de aparatos de regulación. Las condiciones necesarias para practicar esta clase de servicio de regulación de la red, son las comunicaciones telefuncionales con las centrales y las líneas de telemedida que comunican con los puntos de intercambio con las redes vecinas.

Para la regulación de las redes interconectadas, se ha extendido mucho el método de regulación por la frecuencia y la potencia de intercambio (6). En este método se vigila la frecuencia y la suma de todas las potencias cedidas a las redes vecinas, comparándose con los valores requeridos prescritos. Con todas las diferencias existentes respecto a los dos valores requeridos, se forma una suma en una relación de composición determinada por la red, la cual influye sobre el regulador. Esta clase de regulación tiene la propiedad de que sólo reacciona cuando se produzcan variaciones de carga en la red propia, satisfaciendo así las condiciones del servicio en interconexión. Si por ejemplo una red suministra a otra vecina la potencia convenida según contrato, y la vigilancia de medidas determina que al mismo tiempo que se reduce la frecuencia aumenta correspondientemente la potencia cedida, la suma de las desviaciones resulta entonces ser nula y el regulador no actúa porque se pone de manifiesto que la perturbación se encuentra en la red vecina. Sin embargo, si se reducen simultáneamente la frecuencia y la potencia cedida, la suma de las dos desviaciones actúa sobre el regulador de la red; la caída de la potencia se ha producido en la red propia, siendo preciso que intervenga aquí la regulación.

En el gráfico I se ha representado el servicio en interconexión de tres redes: A, B y C. El distribuidor de carga de la red A, es objeto de observación especial. Desde los puntos en que se cede energía a las redes B y C, se transmiten al distribuidor de cargas A, mediante dispositivos de telemedida, los valores medidos de las potencias cedidas. El distribuidor de cargas A suma los valores y los compara con los valores requeridos prescritos. La diferencia entre el valor efectivo y el valor requerido, se transmite al regulador. La frecuencia es igual en toda la red. Por esta razón puede ser medida localmente por el distribuidor de carga,

/comparándola con

comparándola con el valor requerido. Esta diferencia se entrega también al regulador. Mediante resistencias en serie, puede adaptarse la relación de combinación de la diferencia de frecuencias y la diferencia de la potencia cedida, al estado en que se encuentre la red. En el regulador se elaboran los valores de desviación, prescribiéndose según éstos a las centrales de regulación, un cierto grado de carga, el cual se transmite a las centrales a través de líneas a modo de valores de medida. En las centrales se adapta la potencia de las máquinas al grado de carga prescrito, siendo preciso adicionar localmente y de antemano un cierto valor de la frecuencia, con el fin de alcanzar una característica estática para la carga del grupo de máquinas.

El distribuidor de cargas únicamente tiene que variar los valores requeridos de las potencias cedidas en determinados tiempos, en correspondencia con los convenios establecidos con las redes vecinas, y si fuera preciso reajustar la relación de combinación de las desviaciones de la frecuencia y de la potencia cedida, en concordancia con las condiciones de la red (7).

c) Aplicación económicamente favorable de las centrales

Hay que estudiar qué puntos de vista conviene aplicar para subdividir la potencia total demandada, y en qué centrales debe generarse. Para ello hay que tener en cuenta que para cada situación de la carga, el servicio debe realizarse de manera que los gastos por combustibles sean los mínimos posibles, considerando como es lógico las pérdidas en la red (8, 12). Si se establece el servicio teniendo en cuenta únicamente las pérdidas mínimas en la red, se cometería un error porque los costos mínimos no coinciden con las pérdidas mínimas. Cuando no se desee acoplar automáticamente la regulación según la frecuencia y la potencia de forma directa con las consideraciones para conseguir las condiciones óptimas, bastará con que el distribuidor de cargas central tenga a su disposición una máquina calculadora analógica con la que pueda calcular rápidamente la distribución más conveniente de la carga, teniendo en cuenta la situación de gastos que reine en las centrales. El distribuidor de carga determinará de vez en cuando el reparto de la potencia en correspondencia con la curva de la carga diaria, transmitiendo las órdenes oportunas a las centrales. Se alcanzará otra

/forma mejor

forma mejor de dirigir el servicio haciendo uso del citado aparato para el mando directo de las centrales, mediante dispositivos de mando a distancia, con el propósito de que no se mantenga únicamente constante la frecuencia, sino que al mismo tiempo se reparta la carga automáticamente y de forma óptima en cualquier momento del ciclo de la carga que ha de recorrerse diariamente. Entonces pueden incluirse otras condiciones, por ejemplo las referentes a las potencias suministradas, en la regulación óptima. La potencia cedida o la energía recibida de las otras redes, se valorará con los costes efectivos, por lo que un aparato de mando y regulación analógico central de este tipo, considera las condiciones de potencia en los puntos de acoplamiento teniendo en cuenta las prescripciones de limitación si éstas existiesen, llevando constantemente a las condiciones óptimas y de forma automática la parte concerniente a los costes en todo el servicio de la red. Hay que tener en cuenta que habrá que pasar también de forma automática y económica, por los estados de cambio necesarios para mantener constante la frecuencia. Como condición para pasar por estos estados de cambio, se toma como es lógico, que la frecuencia se mantenga constante, satisfaciéndose también esta condición sin dejar de considerar las situaciones óptimas en lo que a costes se refiere. Habrá por tanto que reunir las condiciones del mantenimiento de la frecuencia y la regulación de la potencia cedida, con las prescripciones para obtener las condiciones óptimas, incluso en la parte concerniente a los aparatos, porque de lo contrario sería factible que por producirse constantemente ciclos de regulación, solamente se alcance raras veces el óptimo de la situación del servicio.

Recordamos en primer lugar algunas prescripciones fundamentales que se observarán para que las centrales marchen bajo las condiciones óptimas. Ya es conocido el método de los incrementos de costes iguales que deja a un lado la situación en que se encuentra la red, el cual se considera anticuado. Si se tienen en cuenta las pérdidas en la red, podrá expresarse esta condición mediante la siguiente fórmula matemática (11, 12):

$$\frac{\delta K_i}{\delta P_i} = \lambda (1 - 2 \sum_k B_{ik} P_k) \quad (1)$$

i, k = 1 ... n)

El primer miembro de esta ecuación es conocido para cada una de las centrales, y constituye el incremento de los costes en el punto de acometida para la red, es decir, el referido a las barras colectoras de la central. Estos incrementos de los costes se obtienen partiendo de las curvas de costes absolutos, diferenciando respecto a la potencia. Los incrementos de los costes se dan a conocer por la representación gráfica de una función, en dependencia de la potencia activa cedida, y pueden introducirse en una máquina calculadora analógica. En el paréntesis de la ecuación (1), se encuentra la expresión de la corrección, que procede de haber tenido en cuenta las pérdidas en la red. Estas pérdidas se expresan de la siguiente forma:

$$P_v = \sum_i \sum_k P_i B_{ik} P_k$$

P_i y P_k son las potencias activas suministradas a la red por las diversas centrales; las magnitudes B_{ik} son los coeficientes de pérdidas conocidos. En el segundo miembro de la ecuación se encuentra además un factor que no es constante. Para resolver claramente el sistema de ecuaciones (1), se necesita otra prescripción más. El distribuidor de cargas encuentra esta prescripción en la potencia suma que se desea obtener en la red y que adquiere la forma:

$$\sum_i P_i = P_v = P_L \quad (3)$$

($i = 1 \dots n$)

en la que $\sum_i P_i$ es la potencia total generada y suministrada a la red, P_v representa las pérdidas totales en la red, siendo la parte derecha de la ecuación, la potencia total de los consumidores P_L .

Como el distribuidor de carga no puede resolver constantemente con la suficiente rapidez estas condiciones matemáticas para determinar el reparto correcto de la potencia activa, se dispondrá en su despacho una máquina calculadora analógica especial, con cuyo auxilio se resuelva de forma rápida y fácil el sistema de ecuaciones. En este aparato se simularán todas las funciones de costes de la totalidad de las centrales. Además se considerará la situación en que se encuentre la red y por tanto las pérdidas que en ella se producen. El distribuidor de cargas no tiene más que actuar sobre

un emisor del valor requerido para ajustar la potencia total deseada. El aparato que queda representado en el Gráfico II, determina por si mismo automáticamente la distribución de la potencia, indicándose las potencias activas de todas las centrales sobre escalas subordinadas, en MW (10, 14).

Esta clase de aparatos (SIELOMAT es una marca de fábrica) son únicamente elementos calculadores para el distribuidor de cargas, sin embargo es fácil apreciar que se pueden aplicar también para la regulación automática de todas las centrales y para mantener automáticamente constante la frecuencia de la red.

Consideremos en primer lugar una central y una red sin interconectar, sin tener en cuenta en un principio el problema de la regulación de la potencia cedida. En este caso, las desviaciones de la potencia determinada por los consumidores respecto a un valor inicial existente, se notarán porque la frecuencia de la red crecerá o decrecerá. El aparato SIELOMAT dispone como ya se ha dicho de un emisor del valor requerido para la potencia total deseada. Si se influyen en sentido correcto sobre este emisor del valor requerido, por la desviación de la frecuencia mediante un automatismo, se tiene la posibilidad de influir directamente con mando a distancia sobre los reguladores de las máquinas motrices de las centrales, partiendo del SIELOMAT. El SIELOMAT dispone de una indicación para cada central de la cual se puede tomar la orden de mando. El fundamento de la desviación de la frecuencia, estriba en que no se sigue cumpliendo el balance de potencias. Si la frecuencia disminuye, será necesario elevar la potencia generada y vice-versa, lo que se realiza graduando el emisor del valor requerido en el SIELOMAT. Este aparato determina instantáneamente la distribución de la potencia económica que sea necesaria para la nueva situación creada, y ajusta correspondientemente los reguladores de las máquinas motrices de las centrales a través de las líneas de mando. En este caso, la regulación de la frecuencia se lleva a efecto manteniendo la aplicación económica de las centrales.

Cuando trabajan varias redes más o menos independientes entre sí estando sin embargo unidas por líneas de interconexión, se presenta el problema de las potencias intercambiadas (9, 14). La regulación de las potencias intercambiadas está subordinada la mayoría de las ocasiones a ciertas condiciones

/convenidas por

convenidas por contrato, habiéndose fijado los costes de las potencias cedidas. Si se estudian por ejemplo, dos redes con un punto de acoplamiento, se supone que las dos redes desean funcionar satisfaciendo las cargas demandadas según puntos de vista económicos particulares para cada una de ellas. Como es lógico, en este caso ha de disponerse de dos centrales distribuidoras de cargas y por tanto de dos aparatos de mando. En lo que a la técnica que debe aplicarse para alcanzar las condiciones óptimas, se refiere, el punto de intercambio de las dos redes se considerará como una central. Según el sentido en que se dirija la potencia, esta "central de intercambio" hipotética trabajará como generador para una de las redes y para la otra como motor. Según los convenios establecidos en el contrato, pueden obtenerse funciones de costes para todo el campo de trabajo de la potencia generador o motor a transmitir, siendo estas funciones dependientes de la situación instantánea en que se encuentra la carga en cada una de las partes de la red. Se trata del incremento de los costes de suministro que se han denominado con el factor λ en la ecuación (1). El incremento de los costes de suministro se refiere al lado de carga, es decir, que para cada situación general de la carga en ambas redes, habrá dos factores λ_A y λ_B para las redes A y B. Si el aparato distribuidor de cargas de la red A transmite estos factores al de la red B y vice-versa, el sistema para conseguir las condiciones óptimas de cada parte de la red, tendrá en cuenta los verdaderos costes de la potencia cedida.^{1/} Cuando el servicio se realice de esta forma, será factible cumplir ciertas condiciones limitadoras respecto a la potencia cedida. Esto se consigue previendo para el punto de intercambio en las máquinas calculadoras analógicas, unos flancos de los costes muy escarpados, que se pueden ajustar a mano arbitrariamente. Al bajar bruscamente la frecuencia en un lado cualquiera, se garantiza a pesar de todo, que se aumentará brevemente la potencia intercambiada, hasta alcanzar el valor necesario para auxiliar a la frecuencia. Las situaciones de costes en las centrales y en los puntos de intercambio, no actúan en casos de emergencia, limitando de

^{1/} Visto estrictamente cada uno de los factores λ_A y λ_B , debería ser multiplicado por un miembro de corrección que dependiese de ciertas partes proporcionales de las pérdidas en combinación con la potencia transmitida. Datos más exactos pueden tomarse de la literatura citada.

tal modo que las centrales no se aplicarían según su potencia, sino que por el contrario entrarían en función garantizando una potencia mayor a la normal, teniendo en cuenta al mismo tiempo la situación de costes entre sí durante el proceso de regulación.

Otra de las incógnitas se refiere al empleo de las turbinas de vapor dada su capacidad de regulación (13, 14). Por razones que conciernen a la termotecnia, se han establecido para este caso, ciertas limitaciones que son tenidas en cuenta con facilidad por el aparato SIELOMAT. En este caso han de disponerse en la máquina calculadora, limitaciones de la velocidad de ajuste para las potencias de las centrales, dependiendo del campo de servicio en correspondencia con las velocidades de variación admisibles de la potencia. De esta forma es posible que participen también las centrales térmicas a la regulación de la frecuencia con auxilio del aparato SIELOMAT, siguiendo las magnitudes admisibles de la potencia y manteniendo las condiciones óptimas y las prescripciones de limitación.

Como en las centrales de caudal pasante la potencia activa cedida queda determinada por el caudal que fluye en la unidad de tiempo, la potencia activa no es una incógnita. Sin embargo, desempeña una función al considerar las pérdidas y al hacer el balance de potencias. En las ecuaciones para conseguir las ecuaciones óptimas, resulta una valoración del agua (10). El aparato SIELOMAT para conseguir las condiciones óptimas, tiene en cuenta este hecho automáticamente.

En las centrales que disponen de embalse, la valoración del agua debe hacerse de otra forma. Puede demostrarse que la valoración del agua ha de efectuarse partiendo de incrementos de los costes constantes. Para ello, hay que considerar que la valoración del agua en dependencia de todas las situaciones de la carga, tiene que realizarse siempre en los costes de combustible de las otras centrales participantes. Lo principal para el proceso de cálculo, es aclarar en primer lugar las ideas sobre el ciclo de trabajo. Como es lógico, el ciclo de trabajo depende de las condiciones meteorológicas, estribando en esto la única pero gran inseguridad del método. Si se conociese un ciclo meteorológico y los caudales que fluyen durante este período de tiempo, resulta como condición para este clase de servicio con embalse, que la suma de los caudales aprovechados para generar energía

en este ciclo de trabajo y la totalidad de la cantidad de agua que fluye - que en este caso se introduce con signo contrario - sea nula. Si se supone una valoración constante del agua que en principio puede tener cualquier magnitud, y se recorre la curva de la carga diaria, mensual o anual de la red, se encontrará una aplicación del trabajo de la central hidroeléctrica exactamente definida. En esta primera prueba el resultado podría proporcionar por ejemplo, un trabajo del agua excesivamente grande. De ello se puede deducir que el incremento constante de los costes supuesto para la valoración del agua, era demasiado pequeño. Si se repite el cálculo después de haber variado debidamente los valores para el incremento de los costes, se conseguirá finalmente y de forma iterativa la valoración correcta del agua de que se dispondrá con exactitud en el caso de que el caudal pasante se esté aprovechando para generar energía. Sin embargo puede ocurrir que un ciclo anual por ejemplo, se subdivida en varios ciclos parciales. Al ejecutar estas investigaciones, una máquina calculadora para el distribuidor de cargas del tipo SIELOMAT, es un auxiliar útil.

3. Puestos de mando regionales

Para realizar las instrucciones determinadas por el puesto central de distribución de cargas, conviene disponer otros puestos de servicio centrales que son los llamados puestos de mando regionales. Por regla general, estos puestos se encuentran en la sala de maniobra de una gran estación de la red, y tienen la misión de vigilar las estaciones de distribución y de transformación que se encuentren en el interior de una determinada región de la red, y especialmente las de media tensión, maniobrándolas a distancia. Contrariamente a como sucede con las funciones del puesto distribuidor de cargas, de quien dependen, se ha previsto que estas estaciones puedan influir siempre directamente sobre el estado del servicio mediante el mando a distancia de los interruptores o la graduación de los transformadores de regulación.

En correspondencia con la misión a cumplir, la sala de mando de un puesto de mando regional, no tiene necesidad de estar equipada de un sistema netamente de vigilancia como ocurre con el puesto de distribución de cargas,

/sino que

sino que ha de disponer de esquemas simbólicos de conexiones en los pupitres o en los tableros, en los cuales generalmente, para los interruptores mandados a distancia se encuentran otros de mando con acuse de recibo, y para los interruptores vigilados a distancia otros interruptores con acuse de recibo. Para reducir el espacio ocupado y por razones de claridad, se hará uso de interruptores de tipo constructivo pequeño. Si se supusiese que fuera preciso ejecutar grandes variaciones del esquema de la red regional por haber ejecutado ampliaciones, haber agregado estaciones o por haber prolongado la gama de tensiones, es recomendable usar entonces, la forma constructiva de mosaicos para formar el esquema simbólico de conexiones.

El vigilante del puesto regional de mando ha de ocuparse de cada uno de los órganos, es decir, de cada interruptor o seccionador de potencia, transformador, máquina, etc., o sea que tiene que recibir avisos aislados de los interruptores y valores de medida, en contraposición a como ocurre con el distribuidor de cargas, para cuya información bastan los avisos colectivos y los valores de medida sumados. Los dispositivos de telefunción que éste necesita, han de ser apropiados para llevar a cabo los siguientes procesos telefuncionales:

- i) Mando a distancia y aviso de posición de los interruptores de potencia
- ii) Aviso de posición de los seccionadores. Si las estaciones no tienen personal de vigilancia y se ejecuta con frecuencia el cambio de barras colectoras, los seccionadores tienen que tener mando a distancia
- iii) Transmisión de avisos de peligro especiales para proteger partes aisladas de instalaciones como transformadores, rectificadores, etc.
- iv) Transformación de avisos de peligro en general, por ejemplo para los servicios auxiliares
- v) Graduación de los transformadores de regulación y bobinas de puesta a tierra
- vi) Avisos de posición final o de los escalones de los transformadores y de las bobinas de puesta a tierra
- vii) Transmisión de avisos de contactos a tierra y puesta en función de un automatismo para localización de contactos a tierra

/viii) Puesta

viii) Puesta en servicio y desconexión de un automatismo local para poner en servicio máquinas, la conexión en paralelo y la regulación automática

ix) Regulación a distancia y continua de máquinas, compuertas de presa, etc., cuando las centrales hidráulicas se incluyen en el campo de disposición del puesto de mando regional

x) Selección de valores medidos a distancia.

Por regla general, la medida a distancia comprende los siguientes valores aislados:

a) Potencia activa y en parte potencia reactiva de cada una de las derivaciones de generadores y de consumidores preferentes

b) Tensiones de las barras colectoras

c) Corrientes de carga en las derivaciones de consumidores o en las líneas de interconexión

d) Tensión de comparación y frecuencia ajena al tratarse de sincronización a distancia

e) Aviso de posición de las magnitudes continuamente reguladas a base de la técnica de las medidas, tales como la posición de las compuertas de la central, nivel del agua, etc., siempre que no estén comprendidas en el método digital de telemedida.

De forma parecida a como se hace con las instalaciones distribuidoras de carga, para las instalaciones regionales de mando puede transmitirse una parte de los valores de medida necesarios y especialmente los valores de la intensidad y de la tensión, mediante selección, indicándose en un instrumento común.

La extensión de la instalación telefuncional para las diversas estaciones de la zona de la red, viene dada por el tamaño de la estación de que se trate y por el hecho de que tenga o no personal de vigilancia. En el caso de que la estación funcione sin personal de vigilancia, lo que ocurre generalmente con las estaciones pequeñas y medianas, la instalación telefuncional ha de disponer de un equipo más extenso en lo que al número y clase de avisos de peligro y de servicio se refiere, así como en lo que respecta al mando de los seccionadores que resulta necesario por este motivo, que el que sería preciso para una estación que se encontrase constantemente vigilada.

Con vistas al hecho de que en el ámbito de un puesto regional de mando tienen que cubrirse por regla general distancias mucho menores que en el caso de las instalaciones del distribuidor de cargas, y a que corrientemente para el desarrollo de las diversas misiones telefuncionales se dispone de conductores dobles libres de un cable para telecomunicación, para los puestos regionales de mando además del método de mando a distancia y medida a distancia citado para el distribuidor de cargas, puede emplearse el simple método que a continuación se expone:

- i) Para el mando a distancia; el mando con un solo conductor
- ii) Para la medida a distancia: el método de transformación de los valores de medida por transmisión por corriente continua para servicio a través de líneas no influidas por la alta tensión y la medida con rectificadores para la transmisión de valores de la intensidad de corriente y de la tensión.

Los aparatos para el aprovechamiento múltiple de la línea de transmisión dadas las cortas distancias a cubrir en los puntos regionales de mando, se emplean menos que en las instalaciones distribuidoras de cargas. Siempre que se haga uso de éstas, se tratará principalmente de aparatos de transmisión con audiofrecuencia, y en casos especiales, mediante dispositivos de radio y en parte combinaciones con el tráfico hablado con los automóviles de las brigadas de reparación de averías.

4. Colaboración práctica

Mientras que el servicio del puesto central distribuidor de cargas y de los puestos regionales de mando subordinados se desarrolla por regla general siguiendo un plan diario ya fijado bajo la responsabilidad propia de cada uno de estos puestos para dirigir la red, las funciones del distribuidor de cargas y de los puestos regionales de mando coinciden entre sí en el caso de que se produzca una perturbación de importancia en la red o de que haya un gran fallo de la energía. En estos casos, el distribuidor central de cargas será informado a través de los aparatos de telemedida y telefunción previstos en pocos segundos, sobre las perturbaciones ocurridas en la red, sus extensiones, y la importancia que éstas tengan para el servicio. Además, estará en condiciones de transmitir con

independencia de cualquier comunicación telefónica y recurriendo al telégrafo de órdenes breves, las intrucciones necesarias para que sean realizadas las medidas pertinentes relacionadas con la perturbación, como por ejemplo desconexiones de carga, admisión de carga, etc., por los puestos de mando regionales o por las centrales. Esta transmisión se ejecuta también en unos segundos.

Los puestos regionales de mando a su vez, están en disposición de llevar a efecto dentro de su zona en un tiempo muy breve, las instrucciones generales recibidas del distribuidor de cargas, por ejemplo la desconexión de la carga en las diversas estaciones o la aplicación de reservas hidráulicas, con lo que se alcanza la capacidad de reacción del distribuidor central de cargas en presencia de los incidentes del servicio correspondiendo a las exigencias del servicio actual en interconexión, que solamente se puede conseguir con la extensa aplicación de las partes constructivas de la técnica telefónica.

Bibliografía

- (1) Henning, W.: Die Fernbedienungstechnik im Dienste der Elektrizitätsversorgung, Oldenbourg-Verlag, Munich 1959
- (2) John, S.: Fernmessverfahren für beliebige Entfernungen und Übertragungskanäle, Karlsruhe: Braun 1957
- (3) Kraushaar, E.: Estudio resumido de los sistemas Siemens de telemedición para la economía eléctrica, Revista Siemens 1959, págs. 94 a 99
- (4) Pumpe, G.: Fernwirkübertragung auf Fernsprechwegen, ETZ A 1958, n° 2, págs. 40 a 45
- (5) Bergmann, G.: Fernwirkübertragung auf Hochspannungsleitungen, Siemens-Zeitschrift 1957, n° 7, págs. 337 a 343
- (6) Stössinger, H.: Leistungs- und Frequenzregelung im Verbundbetrieb, Regelungstechnik 1956, n° 5, págs. 113 a 117, y n° 6, págs. 139 a 143
- (7) Maier, F.: Gerätetechnische Lösungen auf dem Gebiete der Verbundregelungen, Elektrotechnische Zeitschrift A 1960, n° 6, págs. 209 a 218
- (8) Theilsiefje, K.: Was kosten Netzverluste? Elektrizitätswirtschaft, 1960, n° 7, pag. 179

/(9) Theilsiefje,

- (9) Theilsiefje, K.: Theorie der wirtschaftlich-optimalen Übergabeleistungsregelung im Verbundbetrieb. Próxima publicación
- (10) Bauer, H. y Edelmann, H.: Der SIELOMAT, ein Hilfsmittel des Lastverteilers für optimalen Kraftwerkseinsatz. Elektrizitätswirtschaft 1958, n° 7, n° 10, n° 13, págs. 173, 301, 389
- (11) Bauer H.: Optimaler Verbundbetrieb. Archiv für Elektrotechnik 1955, pág 13
- (12) Bauer, H.: Günstigste Lastverteilung und Verluste en Drehstromnetzen. Elektrizitätswirtschaft 1956, pág. 600
- (13) Theilsiefje, K.: Berechnung der Zuwachskostenkurven von Dampfkraftwerke und Einfluss ihrer Unstetigkeiten auf die optimale Lastverteilung. Elektrizitätswirtschaft 1958, pág. 694
- (14) Bauer, H.: Machine a calculer analogique "SIELOMAT" et son application a la répartition automatique optimale des charges et a la régulation de fréquence et de puissance. Une vue d'ensemble pour l'avenir-. Bulletin Scientifique de l'A.I.M. Association des Ingénieurs Electriciens sortis de l'Institut Electrotechnique Montefiore, Lieja, n° 4, Abril 1960.

GRAFICO I

Regulación automática de la potencia-frecuencia

A	Red A	1.	Regulador de la red
B	Red B	2.	Característica de la red
C	Red C	3.	Frecuencia
D	Central eléctrica	4.	Valor requerido de la frecuencia
E	Distribuidor de carga	5.	Potencia
F	Estación de intercambio	6.	Valor requerido de la potencia
		7.	Grado de carga
		8.	Regulador

GRAFICO II

Servicio a distancia de una gran red abastecedora

- | | | | |
|---|--------------------------------------|----|---|
| A | Distribuidor de carga | 1. | Aviso de posición para el distribuidor de carga (aviso colectivo) |
| B | Distribuidor de carga regional | 2. | Medida a distancia para el distribuidor de carga (sumas de valores) |
| C | Estación transformadora | 3. | Ordenes breves desde el distribuidor de carga |
| D | Estación de intercambio | 4. | Regulación a distancia desde el distribuidor de carga |
| E | Central eléctrica para cubrir puntas | 5. | Arranque a distancia desde el distribuidor de carga |
| F | Central térmica | 6. | Mando a distancia desde el puesto de mando regional |
| G | Central hidroeléctrica | 7. | Aviso de posición para el puesto de mando regional |
| | | 8. | Medida a distancia para el el puesto de mando regional |

FIGURE I
GRAFICO I

ST / ECLA / CONF. 7 / L. 2. 15

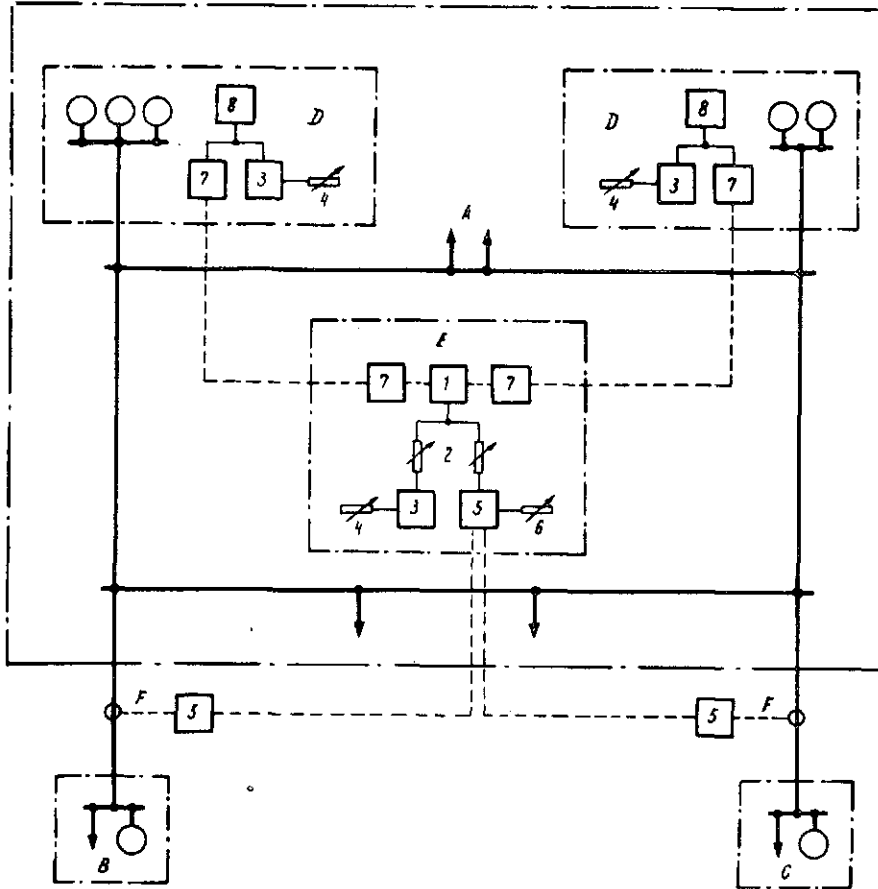


FIGURE II
GRAFICO II

