

Compañías generadoras de Energía

¿Como se controla el Flujo de Energía?

Desde 1937 la Comisión Federal de Electricidad está a cargo de las distintas actividades relacionadas con la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.

Para desarrollar sus tareas, la CFE cumple una clara misión, buscando alcanzar objetivos estratégicos claros y sustentada en sólidos valores corporativos.

Para desarrollar sus tareas, cuenta con una extensa planta de trabajadores especializados, técnicos y profesionistas en las áreas más diversas: electricidad, finanzas, sistemas, comunicación, administración, etc., conformando un equipo humano que cubre toda la República Mexicana.

CENTRAL TERMOELÉCTRICA

SALAMANCA

Subdirección de Generación

Subgerencia de Generación de Termoeléctrica Central

INTRODUCCIÓN

Gracias a la energía eléctrica la sociedad ha llegado a su actual desarrollo material. La multiplicación de la fuerza mediante el aprovechamiento de los

energéticos, el transporte, las comunicaciones, la industria, la posibilidad de hacer grandes obras, el control del clima, etc., se deben a ella.

Aun cuando en todos los procesos en los que se emplea podría ser sustituida con otros energéticos, los costos de los motores, los aparatos, la iluminación son considerablemente más bajos cuando la fuente de energía es la electricidad, de suerte que su consumo caracteriza el grado de desarrollo de un país. Puede producirse con diversos energéticos primarios: la energía potencial del agua; los combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo); el vapor del subsuelo; la reacción nuclear de fisión; el viento y el sol.

Utilizando corriente alterna, la electricidad puede ser transmitida a grandes distancias y después transformada para ser utilizada en las diversas aplicaciones con costos competitivos. Los sistemas de producción de energía eléctrica son sensibles a las economías de escala y la eficiencia de transformación de energéticos primarios, sobre todo en plantas termoeléctricas, es también favorecida por las grandes capacidades, a esto se debe que los desarrollos tecnológicos en sistemas de producción tiendan a la instalación de grandes unidades.

Además, como una de las características de la energía eléctrica es que debe producirse en el instante mismo en que se demanda, resulta muy conveniente tener grandes sistemas de producción interconectados, con el objeto de mantener una reserva, en condiciones económicas adecuadas, para sustituir las fallas en los equipos y para hacer posibles operaciones de mantenimiento de las instalaciones.

La electricidad es una fuente muy cómoda de energía y la gente con acceso a ella da por un hecho que al operar el interruptor, podrá iluminar una habitación, acondicionar la temperatura de su casa, enfriar y conservar sus alimentos, mover el molino de una laminadora, operar un telar, producir aluminio y poner en

marcha todos los procesos, tanto en la vida ordinaria, como en la industria en general.

Hacer disponible la electricidad en el momento en que se requiere, implica una serie de actividades que pueden dividirse en dos grandes rubros: por un lado la operación de las instalaciones, el manejo de todo el sistema para entregar la energía a los consumidores, y por otra parte, la planeación, el diseño y la construcción de las instalaciones necesarias para hacer frente a la demanda, que tiende a crecer en función del desarrollo de la economía general del país.

TIPOS MAS IMPORTANTES DE DENTRALES GENERADORAS

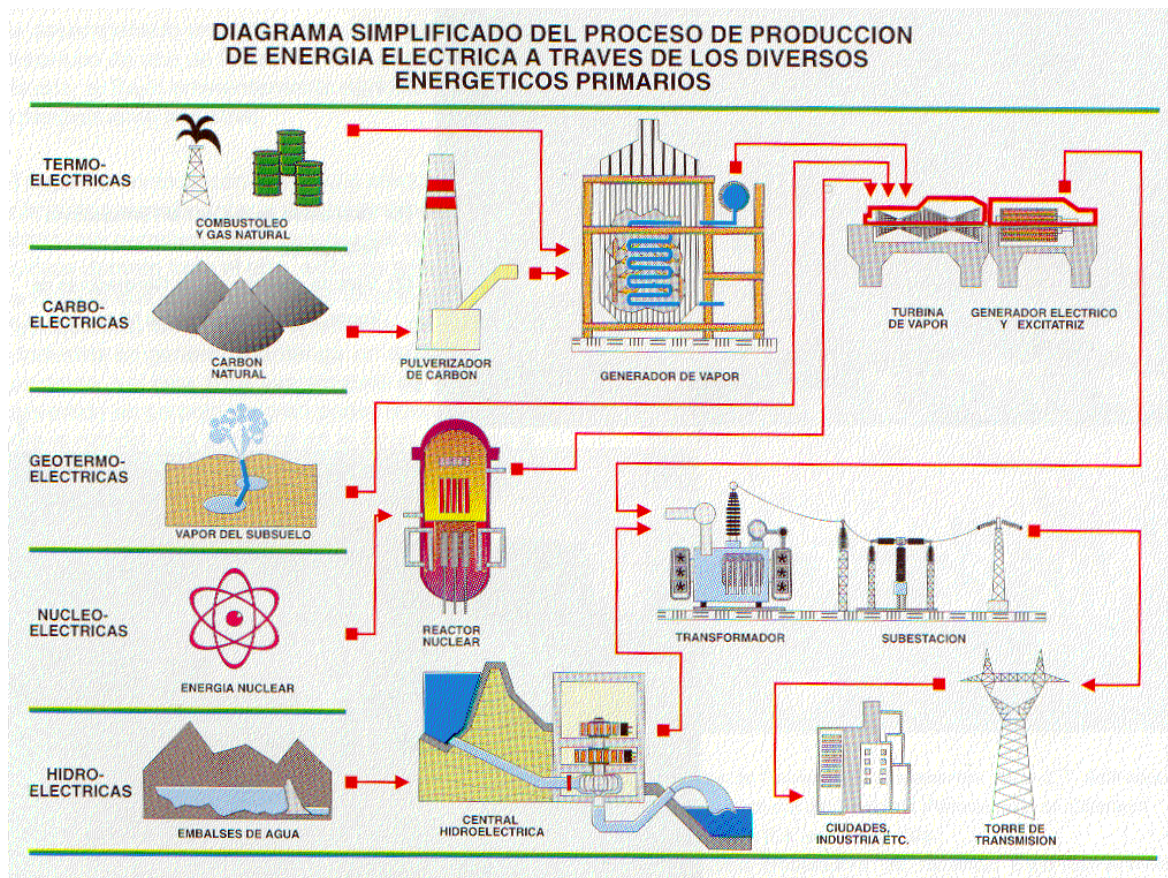
Termoeléctricas

Carnoeléctricas

Geotermoeléctricas

Nucleoeléctricas

Hidroeléctricas



CONTRIBUCIÓN AL SISTEMA ELECTRICO NACIONAL

Desde su puesta en servicio en el año de 1970 a nuestros días, la Central Termoeléctrica Salamanca ha desempeñado un papel preponderante en el desarrollo de una de las zonas más importantes de México, el Bajío eminentemente agrícola y potencialmente industrial.

El Bajío ha contado con la energía eléctrica suficiente para alimentar a una gran cantidad de pozos que permiten irrigar una amplia variedad de cultivos durante todo el año, además esta energía ha logrado que la industria tanto en sus ramas de; Petroquímica, Química, Agropecuaria, de Alimentos e Industria en general, mantenga un desarrollo constante, así esta zona virtualmente se ha convertido en un polo de gran poder económico

para la nación, que permitirá en el futuro, gracias a la energía, consolidar un papel de vanguardia en las diversas ramas de su actividad económica.



CARACTERÍSTICAS GENERALES

La Central cuenta con 4 unidades generadores, dos con capacidad de 158,000 KW y dos de 300,000 KW, haciendo un total de 916,000 KW de potencia instalada, que la colocan como la cuarta entre las Termoeléctricas del país.

En su totalidad, aporta al Sistema Eléctrico Nacional un promedio de 6,400 millones de KWH anuales, suficientes para abastecer de energía a una población de siete millones de habitantes.

Los Generadores de Vapor son del tipo hogar presurizado. Pueden utilizar indistintamente combustóleo o gas natural para una producción total de 2,900 toneladas por hora a plena carga, el consumo diario es de 5,000,000 de litros de combustible o 4,500,000 metros cúbicos de gas.

Para su circuito de enfriamiento le abastecen de agua 25 pozos profundos, el circuito es cerrado con el sistema de Torres de Enfriamiento tipo húmedo.

Todas las Turbinas cuentan con un paso de impulso y los pasos restantes son de reacción. Los Generadores eléctricos son enfriados con hidrógeno.

Dentro de las principales, es, en el Cuarto de Control donde se alojan los dispositivos de mando, de protección y medición de todos los equipos de la Central. Desde este Centro se ejecutan, a control remoto, las maniobras que permiten poner en marcha las Unidades, su sincronización al Sistema, variar el régimen de generación, arrancar y parar bombas, ventiladores y demás dispositivos involucrados en su operación.

Se controlan asimismo, los interruptores de las Líneas de transmisión que la conectan con el Sistema.

(1) Vista interior de la Casa de Máquinas, al frente Turbogeneradores de las unidades 1 y 2

(2) Vista de Turbogeneradores Unidades de la 4 a la 3.

(3) Vista general del Cuarto de Control.

1 2 3

PRINCIPALES COMPONENTES

A) GENERADORES DE VAPOR:

El ciclo termodinámico de la Central es regenerativo con una etapa de recalentamiento y siete etapas de calentamiento, tal como se indica en el Diagrama de Flujo, en el cual se observa que el vapor proviene del Generador de Vapor, diseñado para quemar aceite combustible (combustóleo) o gas natural.

Las condiciones de salida de vapor hacia la turbina para las unidades de 300 MW tienen las siguientes características:

PRESION 180 KG/CM2.

TEMPERATURA VAPOR PRINCIPAL 540 °C.

TEMPERATURA VAPOR RECALENTAD 540 °C.

VAPOR PRINCIPA 950,000 KG/H.

Cada Generador de Vapor cuenta con dos ventiladores de gran capacidad de tiro forzado, para con estos abastecerse del aire necesario para la combustión.

El aceite combustible proviene, directamente de la Refinería de PEMEX por oleoducto y adicionalmente se cuenta con una estación de descarga de aceite combustible en base a carros de ferrocarril, para emergencias, contando además con las facilidades para su manejo, como tanques de almacenamiento y de servicio diario, sistemas de trasiego, calentamiento y alimentación a la caldera.

Vista lateral de la central mostrando el generador de vapor

B) CASA DE MÁQUINAS:

1. TURBOGENERADORES:

Los turbogeneradores son de tipo TANDEM COMPOUND de doble flujo en el escape, una etapa de recalentamiento, dos cilindros (Alta- intermedia y baja presión), condensación, 3,600 RPM., 560 mm. de mercurio de vacío absoluto en la presión de escape y extracciones de vapor para calentamiento de; agua de alimentación a la caldera, con los accesorios y auxiliares necesarios para su operación.

2. CONDENSADOR:

El vapor de escape de la turbina descarga al condensador de superficie de dos pasos de cajas divididas, con una capacidad de almacenamiento en el pozo caliente de 4 minutos a plena carga, en donde se condensa por medio del agua de enfriamiento que proviene del sistema de agua de circulación, cuyo repuesto proviene de la red de pozos profundos situada en el perímetro de la Central.

El agua de enfriamiento o circulación, se suministra por medio de dos bombas de gran capacidad cada una, accionadas por motores de 4,160 volts, 1,500 H.P. En el condensador por el lado de vapor se suministra agua de repuesto al ciclo, la cual proviene de la Planta Desmineralizadora, alimentada con agua de la red de pozos

profundos.

3. BOMBAS DE CONDENSADO:

Del condensador se extrae el agua formada de la condensación del vapor por medio de bombas de condensado del 100% de capacidad cada una, que envían el agua a través de calentadores de superficie de baja presión y descargan al deareador o calentador de contacto directo y de éste el condensado descarga por gravedad al tanque de oscilación o almacenamiento con capacidad para cinco minutos a plena carga.

En el caso de Unidades de 300 MW. son accionadas por motores de 850 H. P.

4. BOMBAS DE AGUA DE ALIMENTACION:

Del tanque de almacenamiento del deareador, estas bombas succionan el agua de condensado para enviarla a través de calentadores de superficie de alta presión, hasta el generador de vapor. Se cuenta con 3 bombas de agua de alimentación del 50% de capacidad cada una, accionadas por motores de 6,000 H.P.

FUNCIONAMIENTO DE LA CENTRAL

Principios de generación de energía

En el Diagrama de Flujo siguiente se muestran en forma general las principales etapas que tienen lugar, para la generación eléctrica de una Central Termoeléctrica.

En el Diagrama se muestra que existen 6 formas de energía antes de que esta pueda salir de la Central.

La energía química del combustible se libera combinando combustible y aire en un quemador, que mediante la combustión de esta mezcla, produce en el hogar de la caldera energía térmica.

Una parte de la energía térmica o el calor, producto de la combustión en el hogar de la caldera es transmitida al agua y vapor por radiación, transmisión y convección.

El resto del calor de los gases sale con estos a través de la chimenea siendo éste, aproximadamente 10% de la energía disponible en los gases de la combustión.

El vapor que se produce al calentarse el agua se conduce por tuberías y ya en la turbina, mediante dispositivos llamados toberas la energía calorífica del vapor se transforma en energía cinética, esta energía cinética contenida en el vapor es dirigida mediante aspas fijas a los álabes del rotor de la turbina, ejerciendo una fuerza sobre dichos álabes, lo cual hace que el rotor de la turbina gire.

En esta forma la energía cinética de vapor se transforma en energía mecánica mediante la rotación del rotor.

La flecha rotatoria mueve el rotor del generador que consiste en un campo magnético que produce líneas de fuerza magnética. Cuando estas líneas de fuerzas magnéticas son cortadas por los conductores de las bobinas del estator, se crea una corriente eléctrica, siendo en esta forma como la energía mecánica de rotación se convierte en energía eléctrica.

El vapor que sale de la turbina se condensa en el condensador y en forma de agua retorna al generador de vapor para que se repita el ciclo.

La eficiencia del ciclo de vapor es de aproximadamente 40%, la eficiencia mecánica y eléctrica es de alrededor del 97% de la caldera del 85%. De acuerdo con lo anterior la energía aprovechada del combustible

al salir en forma de energía eléctrica es de:

$$0.85 \times 0.4 \times 0.97 = 0.330$$

Estas son las etapas básicas para producir energía eléctrica a partir de los combustibles.

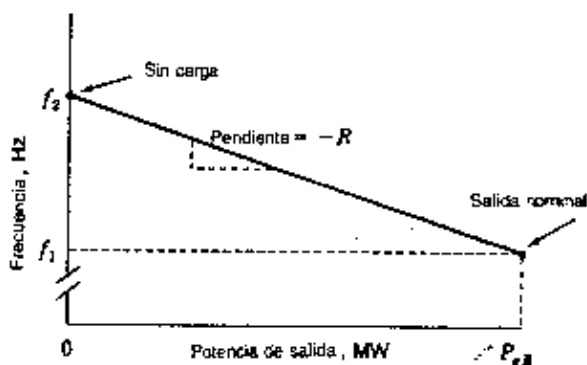
OPERACIÓN DE LA CENTRAL

DIAGRAMA DE FLUJO:

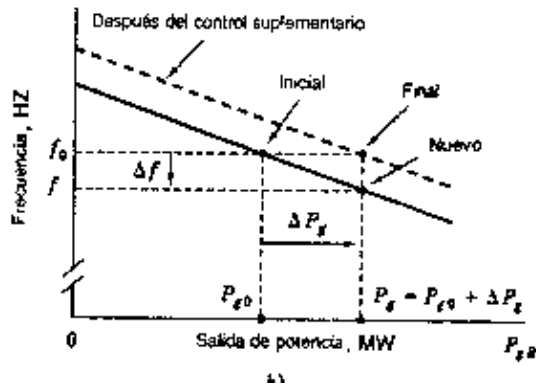
CONTROL AUTOMÁTICO DE LA GENERACIÓN

Casi todas las compañías generadoras tienen líneas de interconexión con las compañías vecinas. Las líneas de interconexión permiten compartir las fuentes de generación en emergencias y economías de la producción de potencia bajo condiciones normales de operación. Con el propósito de tener control del sistema, éste se subdivide en *áreas de control* que, generalmente, forman las fronteras de una o más compañías. El *intercambio neto* de potencia en las líneas de interconexión de una área es la diferencia algebraica entre la generación del área y la carga del área (más las pérdidas). Se hace una programación con las áreas vecinas para tales flujos en las líneas de interconexión y mientras una área mantenga el intercambio de potencia programado está, evidentemente, cumpliendo con su responsabilidad primaria de absorber sus propios cambios de carga. Pero como cada área comparte los beneficios de la operación interconectada, también se espera que comparta la responsabilidad de mantener la frecuencia del sistema.

Los cambios en la frecuencia ocurren porque varía aleatoriamente la carga del sistema a través del día de manera que no se puede asegurar una predicción exacta de la demanda real de potencia. El desbalance entre la generación de potencia real y la demanda de la carga (más las pérdidas), a través del ciclo diario de carga, causa que la energía cinética de rotación se añada o se tome de las unidades generadoras en operación y como resultado, la frecuencia a través del sistema interconectado varía. Cada área de control tiene una instalación central llamada *centro de control de energía*, que mide la frecuencia del sistema y los flujos reales de potencia en las líneas de interconexión con las áreas vecinas. La diferencia entre la frecuencia deseada y la real del sistema se combina con la diferencia del intercambio total programado para formar una medida compuesta, conocida como *error de control de área*, o simplemente ECA. Para eliminar el error de control de áreas el centro de control de energía envía órdenes a las unidades generadoras en las plantas de potencia dentro de su área para controlar las salidas del generador, de manera que se restaure el intercambio de potencia a los valores programados y que se restaure la frecuencia del sistema al valor deseado. La medición, telemetría, procesamiento y funciones de control se coordinan dentro del área individual por medio del sistema de control automático de generación (CAG), basado en computadora, que se tiene en el centro de control de energía.



a)



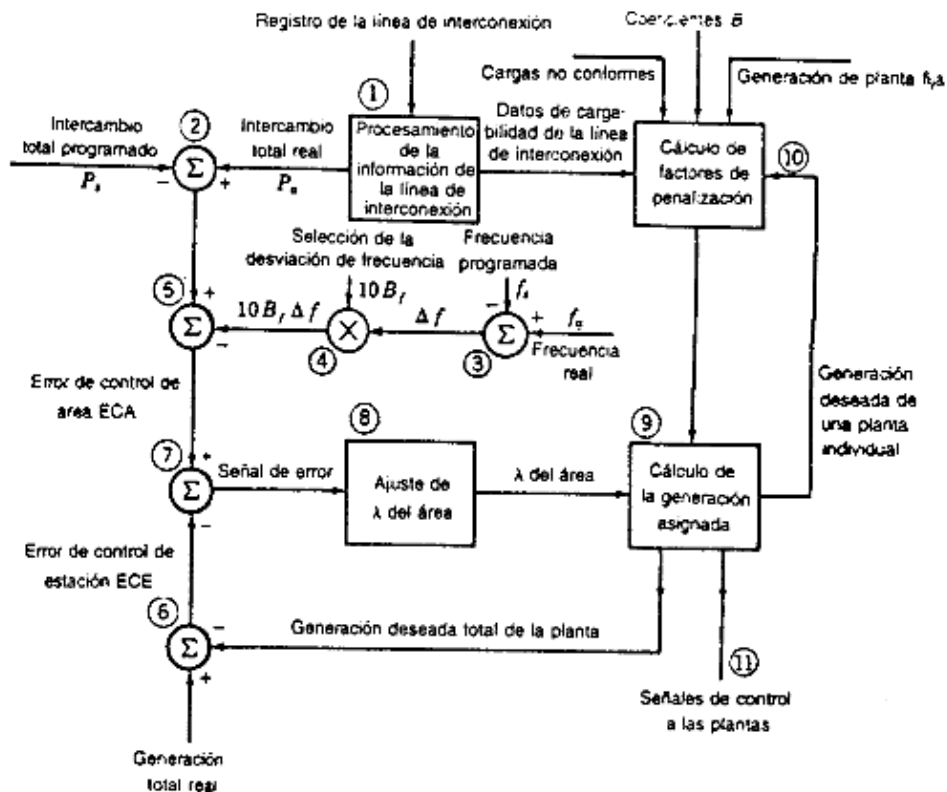
b)

Con el fin de entender las acciones de control en las plantas de potencia, considérese primero la combinación caldera-turbina-generador de una unidad generadora térmica. La mayoría de los turbogeneradores de vapor (y también de las hidroturbinas), que se encuentran en servicio, están equipadas con *gobernadores de velocidad* de la turbina. La función del gobernador de velocidad es medir continuamente la velocidad turbina-generador y controlar las válvulas reguladores que ajustan el flujo de vapor en la turbina (o la posición de la compuerta en las hidroturbinas), en respuesta a los cambios en la "velocidad del sistema o frecuencia. Se usarán los términos *velocidad* y *frecuencia* indistintamente porque describen, cantidades que son proporcionales. Con el fin de permitir la operación en paralelo de las unidades generadoras, la característica que gobierna la velocidad en función de la potencia de salida de cada unidad tiene una pendiente decreciente que significa que un incremento en la carga viene acompañado de un decremento en la velocidad, de la manera mostrada por la línea recta de la figura 1 a). La *pendiente decreciente en por unidad o regulación de velocidad R_n* de la unidad generadora, se define como la magnitud del cambio de la velocidad en estado permanente (expresada en por unidad de la velocidad nominal), cuando la salida de la unidad se reduce gradualmente desde la potencia nominal de 1.00 por unidad hasta cero. Así, la regulación por unidades es simplemente la magnitud de la pendiente de la característica velocidad-potencia de salida cuando el eje de la frecuencia y el eje de la potencia de salida están en por unidad de sus respectivos valores nominales.

La unidad aislada de la figura 1 podría continuar operando a la frecuencia reducida f si no fuera por la acción de *control suplementario del cambiador de velocidad*. El mecanismo de control de velocidad tiene un motor de cambio de velocidad que puede variar paralelamente la característica de regulación a la nueva posición mostrada por la línea punteada de la figura 1 b).

Efectivamente, el cambiador de velocidad complementa la acción del gobernador al cambiar la velocidad para permitir más energía desde la fuente mecánica, a través de un incremento de la energía cinética de la unidad generadora de manera que esta pueda operar nuevamente a la frecuencia deseada .

El siguiente diagrama de bloques ilustra la operación de control por computadora de un área en particular.



El diagrama a bloques indica el flujo de información por computadora que controla un área en particular. Los números encerrados en círculos que son adyacentes al diagrama identifican las posiciones sobre él que permiten simplificar el análisis que se hará de la operación de control. Los círculos mas grandes en el diagrama que encierran los símbolos $\times$ o Σ , indican los puntos de multiplicación o suma algebraica de las señales que entran en ellos.

En la posición 1 se indica el procesamiento de información del flujo de potencia en las líneas de interconexión con las otras áreas de control.

En la posición 2 se resta el intercambio total programado del intercambio total real.

CONCLUSIÓN

Me pareció una investigación muy interesante pero muy complicada, aprendí mucho de esto ya que en nuestra carrera llevamos la materia de instalaciones eléctricas la cual se muy padre e interesante, en ella visitamos varias empresas, y una de ellas era PROLEC, GE. Es actualmente el fabricante más grande de transformadores de latinoamérica, el cual ofrece al mercado transformadores desde 5 hasta 500 000KVA con voltajes hasta de 500KV y un nivel basico de impulso de 1,550KV. en ella vimos los transformadores tipo pedestal, tipo subestación y tipo poste. Tambien en otros viajes tuve la oportunidad de visitar la Central Termoeléctrica de Salamanca donde se ve muchas cosas que vamos a ver en el curso.

BIBLIOGRAFÍA

<http://www.cfe.gob.mx/>

<http://www.conae.gob.mx/>

<http://www.dankoffsolar.com/reference/charge.html>

Folleto de la Central Termoeléctrica de Salamanca, CFE.

<http://www.energia.gob.mx/>

STEVENSON, *Análisis de sistemas eléctricos de Potencia*. Ed. Mc Graw Hill. 1992

http://www.sce.com/solutnsca/index_so.htm

www.iberdrola.com Iberdrola España

www.sce.com Southern California Edison

www.edf.com Electricité de France

www.entergy.com Entergy Power Co.

www.fpl.com Florida Power Light

www.aps.com Arizona Public Service Co.

www.tva.com Tennessee Valley Authority

www.csw.com Central South West Corporation.

www.sdge.com San Diego Gas & Electric Company.

www.enel.com Enel Italy

Fig. 1

- a) Característica de control de velocidad gobernador de una unidad generadora.
- b) Incremento, antes y después , en la carga y control suplementario.