

CNEA AC 25/75

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

CENTRAL NUCLEAR EN ATUCHA

PARTE ELECTRICA DE LA CENTRAL

GENERALIDADES

Ing. Héctor Golán e Ing. Pedro Flammia

C.N.A.

Apuntes de Curso

Buenos Aires-Argentina
1975

1. Sistema eléctrico en general

La totalidad del sistema eléctrico de la CNA está representado en plano "Esquema general" ØU₁.

En la totalidad de la instalación, se tienen los siguientes niveles de tensión:

220 KV con neutro a tierra : conexión a la red de salida.
 132 KV, con neutro a tierra: línea de arranque
 21 KV, con neutro aislado: (más adelante se volverá sobre el tema) salida del generador.
 380/220 V sistema de baja tensión, para servicios propios e instalación de emergencia con conductor de protección.
 240 V de corriente continua: sistema de accionamiento de las barras de control.
 220 V de corriente continua: Accionamiento y protección.
 + 24 V de corriente continua: Accionamiento, automatismo, supervisión, enclavamientos, protección, etc.
 6.6 KV, con neutro aislado: servicios propios e instalación de emergencia.

La regulación o adecuación de la tensión es posible en los siguientes puntos:

Generador: + 5% para el sistema de servicios propios.

Transformador de bloque: + 11 % (bajo carga) para adecuar la tensión a las necesidades del sistema de 220 KV.

Transformador de arranque: + 16% (bajo carga) para el sistema de servicios propios.

1.1. Conexión de bloque:

La conexión del bloque generador, transformador, transformador de servicios propios, corresponde al tipo "monoblock". Esta conexión garantiza para perturbaciones o fallas en el sistema exterior, el suministro ininterrumpido de los servicios propios.

Así tenemos que, la energía producida en el generador, a una tensión de 21 KV, es llevada mediante un sistema de barras rígido a los bornes de los transformadores: principal (AT), a través del cual se entrega dicha energía a la red de 220 KV de AyEE y al transformador de servicio propio (BT), con lo que se suplen las necesidades internas de la Central.

Mediante la colocación de un interruptor (AQ) en las barras de salida del generador, es posible alimentar los servicios propios, aún cuando el generador no se encuentre en operación, desde la red de 220 KV. Este interruptor del generador, de una corriente nominal de 12.000 A a 21 KV, es capaz de interrumpir la plena carga, en servicio normal, del generador, no así las potencias que pueden desarrollarse en un cortocircuito. De esta manera, a los efectos de fallas internas al bloque, el sistema se comporta como "monoblock rígido"; en otras palabras, las acciones de las protecciones inherentes a fallas internas del block, actúan sobre:

- a) Los interruptores de los transformadores: principal, en 220 KV (AC04) y de salida del de servicios propios (BA y BB13).
- b) La excitación del generador y
- c) Las válvulas de cierre rápido de turbina.

El sistema de alimentación de los servicios propios, esta dividido, en general en dos medias barras las que, en operación normal, se operan siempre separadas.

A través de enclavamientos se evita que el interruptor de acople entre barras se cierre cuando cada barra está alimentada a través de su fuente normal. Esta separación en 2 semi barras, así como la alimentación a través de un transformador de tres arrollamientos ofrece ventajas, en vista a la disponibilidad y seguridad (se limita la influencia de una posible falla en la instalación) y a la reducción de las potencias de cortocircuito.

En caso de falla de uno de los transformadores de 6.600/380 V, la operación continua sin inconvenientes ya que para esa eventualidad se ha previsto que c/u de ellos sea del 100% de la potencia requerida con las dos semibarras acopladas. El comando y la supervisión de la totalidad del suministro de la instalación se realiza en forma centralizada desde el pupitre, o bien desde el tablero eléctrico, en la sala de control.

1.2.

Instalación de 220 KV y red (Esquema de AyEE: Transmisión Zona Sur) como límites del suministro conforme al contrato entre CNEA y SIEMENS A.G. se han tomado los bornes de 220 KV del transformador principal(o de bloque) que son los que fijan, igualmente, el límite de la instalación entre CNA y AyEE. Sin entrar en mayores detalles, la instalación de 220 KV y red están compuestas por: En subestación Atucha un interruptor de bloque (AC04) con dos seccionadores a su salida, cada uno le permite derivar la energía a una de las dos barras (en la actualidad solo una es operable, ya que faltan los seccionadores de los interruptores de la línea de la otra). Luego se tienen dos interruptores de línea (AC01 y AC02) con sus correspondientes seccionadores, que alimentan una doble terna a Via Lia. Allí, también mediante dobles ternas, se tienen las uniones con las subestaciones Morón y Ramallo de AyEE. En los interruptores citados existen puestos de sincronización.

A efectos de mantener la unidad del conjunto y una conducción de la operación sin tropiezos, AyEE determinó la utilización, para los comandos, protección, supervisión, etc., de las mismas técnicas que en el resto de la instalación. Asimismo todo el conjunto de aparatos necesarios a la protección, medición, etc. si bien en sus propios armarios, se encuentran montados, con los restantes aparatos similares de la Central, en el recinto auxiliar de la sala de Control.

1.3. Línea de arranque en 132 KV. (Esquema de AyEE citado)

Como línea de arranque se cuenta con una línea de 132 KV proveniente

de la subestación Zárate de AyEE, la cual a través de una celda (pertene-
ciente también a AyEE) alimenta el transformador de arranque (BS) de la
Central. A través de este transformador se logra la alimentación de las
barras de servicios propios como en el caso visto para el transformador
de servicios propios.

La operación en paralelo de estos dos transformadores, de arranque
y servicios propios, en consideración a las potencias de cortocircuito,
no está permitida y su concreción está impedida mediante enclavamientos
entre los interruptores de alimentación a las barras.

La disponibilidad de esta línea de 132 KV, y especialmente en caso
de una detención por perturbación o falla de la Central, tiene una especial
significación desde el punto de vista de la seguridad (deben presentarse
dos fallas independientes una de otra antes de que sea necesario recurrir
a la instalación de emergencia). Para ello es importante que, fallas que
se presenten en el sistema de 220 KV no se trasladen al sistema de 132 KV.
Para ello se deben contar con una selectividad tal que permita el suministro
ininterrumpido desde la Central San Nicolás de esta línea, o bien un esca-
lonamiento selectivo de las protecciones entre AyEE y SEGBA.

2. Formas de operación

Se describen las distintas formas de conexión para lograr el abaste-
cimiento de los servicios propios, para los siguientes estados operativos
de la Central:

- arranque
- detención
- generación

2.1. A través de la red de 132 KV

Arranque y detención: La energía necesaria se toma de la red de 132
KV, la que se conduce a través del transfo de arranque y los interruptores
BA14 y BB14 a las barras correspondientes. La tensión en vacío del diseño
de estas barras es de 6.95 KV, a efectos de tener, co-n el arranque de los
motores grandes, una caída de tensión menor, referida a la tensión nominal
de los motores.

Esto vale también para el caso de la operación en bloque (generación)
con lo que en caso de tenerse una conmutación de los servicios, a causa de
una perturbación, al transformador de arranque, se asegura una detención
sin complicaciones de la instalación.

Las variaciones necesarias de tensión a efectos de adecuar la tensión
de las barras se consiguen mediante el conmutador baja carga del transfo,
pudiendo realizarse en forma manual o automática.

2.2. A través de la red de 220 KV

Arranque y detención: Manteniendo abierto el interruptor del genera-

dor (AQ) se toma la energía de la red de 220 KV, a través de los transformadores de bloque y servicio propio, y de los interruptores BA y BB13. Para distintos valores de tensión de la red, se adecua la tensión de las barras de servicio propio a través del conmutador bajo carga del transformador principal. En este caso solo es posible actuar manualmente sobre el conmutador.

En tanto se cuente con tensión en esta red, se da preferencia al arranque a través de esta conexión, con lo que, por sincronización del generador a través de su interruptor, se tienen directamente las condiciones de operación normal (es decir no es necesaria la conmutación de los servicios propios). Asimismo se procede en caso de detención de la instalación, con presencia de tensión en 220 KV.

2.3. A través del bloque (generación)

En este caso, y como ya se mencionó, la energía necesaria para los servicios propios es suministrada por el propio generador. La sincronización a la red se puede lograr bien con el interruptor de bloque, bien con cualquiera de los interruptores de 220 KV.

2.4. Conmutación de la alimentación:

La conmutación de los servicios propios, se puede producir:

- a) Manualmente: se logra la excitación del aparato de conmutación por actuación manual desde el pupitre de control y se produce separadamente para cada media barra, ya sea desde el transformador de 132 KV al de servicios propios o viceversa.
- b) Automáticamente: Excitado por alguna de las protecciones eléctricas del sistema, y se produce simultáneamente para ambas semibarras; también como en el caso anterior, en una u otra dirección, solo que en el sentido 132 KV a 220 KV, el relé verifica que haya tensión en este lado antes de ordenar el cierre de los interruptores.

La actuación de las protecciones que ordenan la conmutación de la red de 220 KV a la de 132 KV son:

Relé de puesta a tierra estatórica 80% y 100%.
 Relé diferencial del alternador, del bloque, y del transfo de servicios auxiliares.
 Relé de subexcitación.
 Relé de máxima corriente del alternador.
 Protección del variador bajo carga del transfo principal.
 Buchholz del transformador principal y del de servicios propios.
 Relés de frecuencia.
 Relé de máxima corriente del lado 21 KV del transfo de servicios propios.
 Y recíprocamente las que ordenan la conmutación automática de la línea de 132 KV, a la de 220 KV son:
 Relé Buchholz.
 Protección del variador bajo carga.

Relé diferencial.

Relé de sobrecorriente lado 132 KV.

El tiempo de conmutación es del orden de los 150 - 200 ms., posibilitado por un aparato electrónico muy rápido, aunado a interruptores de actuación también muy rápidos (60 ms), lo que permite la continuación de la operación sin tropiezos. En casos muy desfavorables en los que el tiempo de actuación llegara a ser de 300 a 400 ms., se tendría para los motores un factor de arranque de 1.5 a 2, con lo que todavía así, la caída de tensión permanece al producirse la reconexión de los motores dentro de límites permitidos.

Un tiempo mayor de interrupción de la tensión (> 0.5 seg.) dará lugar, seguramente, a la detención del reactor a través de la protección de velocidad de las bombas principales.

2.5. Arranque de las bombas principales de refrigeración del reactor

A raíz de las desfavorables condiciones de la red a efectos del arranque de las bombas principales (potencias de cortocircuito muy pequeñas en la red de 132 KV y aún en la de 220 KV) y a los grandes momentos de inercia de las bombas (volante adicional de cerca de 6 tm^2), se debió recurrir a una serie de medidas que posibilitaran el arranque sin objeciones de las bombas.

Así tenemos:

- a) Elevación de la potencia de cortocircuito para las derivaciones de las bombas.
- b) Montaje de reactancias para la limitación de la potencia de cortocircuito para las restantes celdas de 6.6 KV.
- c) Colocación de un interruptor de acoplamiento para el acoplamiento longitudinal de ambas medias barras de 6.6 KV. Su accionamiento se logra solo cuando se da orden de arranque, a una cualquiera de las bombas principales, permaneciendo cerrado durante unos 60", con lo que queda cubierto el tiempo de arranque de la bomba. Durante el trabajo en paralelo de ambas medias barras, la instalación de 6.6 KV se ve sobrecargada desde el punto de vista de las potencias de cortocircuito, por un corto espacio de tiempo (60") (permitido conforme a la norma VDE 0101 17 b).

3. Criterio de diseño

Dentro de los marcos del subtítulo, discutiremos aquí los principales criterios de diseño, determinados por las relaciones de la red.

3.1. Potencias de cortocircuito en las redes de 132 KV y 220 KV

Siemens basó el dimensionado de la instalación en un estudio efectuado hacia Octubre de 1968, el que arrojaba los siguientes valores para las potencias asimétricas de cortocircuito.

	carga débil	carga fuerte
Línea de 132 KV en Atucha antes del transformador de arranque	450	590 MVA
Línea de 220 KV en Atucha antes del transformador de bloque	810	1470 MVA
Generador	640	1940 MVA

En los bornes del transformador de servicios propios, es decir en las barras de 21 KV, se tiene en el servicio en bloque bajo los valores mencionados, una potencia de cortocircuito máxima del orden de los 3.000 MVA.

En cambio vemos que para un estado del sistema con baja demanda (valores correspondientes a carga débil) los valores son bajos, lo que hace necesario recurrir al interruptor de acoplamiento entre barras según lo mencionado en el punto 2.5.

Evidentemente en la medida que las condiciones de la red vayan variando, y ésta se vaya robusteciendo, puede llegar a hacerse innecesario tener que recurrir al mencionado acoplamiento.

3.2. Cargas de cortocircuito del bloque e instalación de servicio propio.

3.2.1. La máxima potencia de cortocircuito, con una corriente de $J_a=210$ KA se presenta en la derivación al transformador de servicios propios. En las barras de salida del generador la corriente de cortocircuito suministrada por el alternador alcanza un valor de $J_a=140$ KA, y dado que la suministrada por la red es menor, resulta ser éste el valor determinante para el dimensionado.

3.2.2. Instalación de 6.6 KV

Para determinar la potencia de cortocircuito, deben tomarse en consideración:

- a) La contribución de la red (servicio propio o bien a través del transfo de arranque).
- b) La contribución de la turbina hidráulica.
- c) La contribución eventual de los generadores diesel.
- d) La contribución de los motores conectados.

Evidentemente exceptuando el corto lapso de tiempo, en el que se encuentra conectado el interruptor de acoplamiento de las semibarras, la máxima potencia de cortocircuito se tendrá con la simultaneidad de los puntos a) a d).

Para este caso resultan los siguientes valores:

Para el tramo de alimentación de las bombas principales del reactor:
Potencia de cortocircuito simétrica 305 MVA (máximo permitido 350 MVA).

Para el tramo de semibarra, detrás de la reactancia 227 MVA
(máximo permitido 250 MVA).

3.3. Criterio de diseño de los transformadores de servicio propio y arranque

Los criterios de diseño son:

- a) Carga de cortocircuito.
- b) Caída de tensión
- c) Potencia nominal (carga permanente)

a) y b) ya fueron comentados.

Para el punto c), es válido lo siguiente: Para el dimensionado de los arrollamientos secundarios se tomó en consideración la máxima carga posible de motores de cada barra, es decir incluidas las reservas. De la carga de los transformadores para baja tensión (6.6/380) se tomó el 60% de la potencia total de los transformadores, ya que no se supone que puedan fallar la totalidad de los transformadores de una barra, con lo que al conmutar los servicios se sobrecargaría el transformador (de arranque o servicios propios). Para el dimensionado del arrollamiento primario de los transformadores (de servicios propios y arranque) se restó a la carga total dada por la suma de las cargas de los arrollamientos secundarios, la carga de reserva de los motores, la de reserva de los transformadores de baja tensión y la carga correspondiente a la potencia suministrada por la turbina hidráulica. Los interruptores de alimentación de 6.6 KV (BA y BB13 y BA y BB14) son de una corriente nominal de 2500 A, las restantes derivaciones fueron diseñadas para 630 A nominales.

Para el dimensionado desde el punto de vista dinámico y técnico de las barras así como de aparatos tales como por ejemplo transformadores de intensidad, interruptores, etc., se tomaron en cuenta las potencias de cortocircuito correspondientes, 350 y 250 MVA.

4. Alternador

4.1. Generalidades

Se trata en nuestro caso de un alternador de dos polos en el que se encuentran refrigerados por H₂ los arrollamientos estatóricos, incluidas las conexiones con las barras de salida del alternador y los aisladores y transformadores de intensidad pasante. También mediante el H₂ se extrae el calor generado por pérdidas en el hierro, pérdidas por roce, etc. La utilización de H₂ presupone que el alternador debe ser capaz de soportar la presión del mismo y ser estanco.

En cada extremo se cierra la carcasa mediante escudos frontales. En el extremo sobre el lado turbina se encuentran colocados en forma vertical los refrigerantes de H₂. Las partes esenciales constitutivas del generador son:

en el estator:

Carcasa	refrigerante de H ₂
Paquete magnético	caja de conexiones
Bobinado estatórico	

En el rotor:

Eje	Campanas para ajuste del bobinado
Bobinado rotórico	Conductores de conducción de la cto.

Además

Cojinetes

Sellos del eje

Para su operación son necesarias las siguientes instalaciones auxiliares:

Suministro de aceite

Excitación

Provisión de gas

El calor producido en el interior del alternador es cedido por el H_2 , en los refrigerantes, al agua de refrigeración. En todos los casos sin excepción, es utilizada la refrigeración directa, con lo cual el calor pasa directamente al refrigerante en su lugar de producción.

4.2.

Anteriormente los alternadores se refrigeraban solo por aire, la refrigeración era indirecta, es decir que el calor producido en los devanados del estator y del rotor era conducido, a través del aislante y de las chapas (estatóricas o rotóricas) al aire. La temperatura media de los devanados, era superior respecto a la del aire frío, en la suma de tres componentes:

Δt en el aislamiento

Δt en el hierro

Δt debido a calentamiento del aire en el entre hierro, por las pérdidas de ventilación y partes de las pérdidas eléctricas.

La primer componente es la mayor y no depende de la clase de medio refrigerante. No obstante, y debido al empleo del H_2 como medio refrigerante, se ha logrado con la misma clase de refrigeración (indirecta) un aumento esencial de la potencia, debido a una mejor transmisión del calor y a la reducción del calentamiento del gas, a consecuencia de las menores pérdidas de fricción del H_2 . Con esto se llega hasta potencia del orden de los 80 - 100 MVA. Además se aumenta la posibilidad de absorción térmica del gas y se mejora la transmisión de calor aumentando la presión del gas. Por regla general no se suelen sobrepasar, en este tipo de refrigeración, los 3 Kg/cm² de presión de H_2 .

El aumento de la presión del H_2 en realidad produce un aumento de la transmisión de calor, pero no aumenta notablemente la capacidad de absorción térmica del gas. Como también aumentan las pérdidas por roce (fricción) se llega a un punto en que no se obtiene un incremento apreciable de la potencia al incrementar la presión.

La temperatura del conductor, por encima de la del gas frío no depende, además, ni del medio refrigerante, ni de la presión y velocidad del gas (caída de temperatura en el aislamiento y en el hierro).

La exigencia de construir máquinas de una potencia cada vez mayor, hizo necesario introducir un nuevo tipo de refrigeración directa de los conductores.

Con esta refrigeración el calor producido en el Cu se transmite direc-

tamente desde los conductores al gas refrigerante, eliminándose así la caída de temperatura en la resistencia térmica del aislamiento y en el hierro. Para el calentamiento de los conductores es decisivo ahora, solamente la transmisión del calor al gas y el calentamiento del gas, magnitudes que pueden ser, ahora sí, influenciadas por el gas, y la presión y velocidad de este. Con lo que ahora resulta ventajoso pasar a presiones mayores que 3 Kg/cm^2 . Sin embargo se tiene también aquí una limitación dada por el considerable aumento de la pérdida de carga del gas, en los pequeños canales dentro del conductor. En otras palabras, las pérdidas por roce en máquinas de este tipo, son más altas que en las máquinas de refrigeración indirecta, a igualdad de potencia.

4.3. Sellos y aceites de sellos

En los extremos del rotor del alternador, a su salida de la carcasa, se debe asegurar un cierre hermético a los gases. Para esto, en cada uno de los escudos frontales del alternador, hay una junta radial. La misma se compone, en esencia, de un "soporte de la junta anular" con la junta anular (el cual para impedir la fuga de corrientes por el eje, está abulonado y aislado del escudo porta cojinetes) y de un cierre tipo laberinto, parte abulonado al soporte de la junta anular y parte al escudo porta cojinetes. La junta anular de acero, recubierta del metal antifricción en su superficie de contacto con el eje está alojada en su soporte con muy pequeños juegos radiales y axiales. La junta puede moverse, pero está impedida de girar mediante un perno que la fija al soporte porta junta. Desde la instalación de aceite de sellos, el aceite es enviado hacia la cámara anular. Por una serie de perforaciones radiales practicadas en la junta anular, el aceite pasa a una ranura que hay en la superficie de rodadura de la junta y se introduce entre ésta y el eje, además fluye entre la junta misma y su soporte asegurando así un sellado estanco. La presión de aceite es mantenida alrededor de 0.8 a 1 Kg/cm^2 por encima de la presión de gas en el alternador con el objeto de asegurar el correcto funcionamiento del sello. Asimismo, para presiones de H_2 superiores a 1 Kg/cm^2 debe ponerse en funcionamiento la conexión de alivio axial de la junta; se trata de aceite a presión proveniente del sistema de comando de la turbina, el que actuando sobre el lado opuesto al H_2 , compensa el empuje de éste para altas presiones, con lo que se garantiza el correcto posicionado de la junta anular.

Como el aceite asegura no solo el sello, sino que también tiene la función de lubricar la junta anular, la instalación de aceite de sellos debe estar en funcionamiento, siempre que el alternador gire, o este lleno de H_2 .

4.4. Excitación

4.4.1. Generalidades

El árbol del grupo excitatriz está rígidamente acoplado al eje del alternador, directamente detrás del cojinete de éste último, siendo sostenido por un cojinete dispuesto entre la excitatriz principal y la auxiliar. Este cojinete está aislado con respecto a la base y conectado al sistema de abastecimiento de aceite del turbogruppo. El grupo excitatriz está refrigerado por aire en circuito cerrado; en el dibujo adjunto se ven los trayectos recorridos por el aire.

El grupo y los rectificadores rotantes están cubiertos por una envoltura, compuesta de dos partes y que los protege contra el ensuciamiento y los contactos involuntarios sirviendo además para conducir el aire de refrigeración.

4.4.2 Principio de funcionamiento

Con el empleo de excitatrices de corriente trifásica con rectificadores rotativos, el generador y su equipo de excitación no tienen anillos colectores ni colector y por lo tanto tampoco escobillas. En el dibujo que se adjunta se ve la conexión de principio del equipo de excitación. El equipo de excitación consta de una excitatriz auxiliar con polos permanentes; en el inducido de esta se obtiene una tensión alterna del orden de los 200 V y 400 Hz. Esta tensión alterna es rectificada y regulada (armarios JD) y conducida a la parte fija de la excitatriz principal. En el rotor de esta se engendra una f.e.m. trifásica que es conducida a un puente rectificador obteniendo a la salida de él la corriente continua necesaria para excitar el alternador. En serie con c/u de los diodos se encuentra un fusible que, en caso de avería de uno de los diodos, impide la pérdida total de la excitación.

No es posible medir directamente la corriente de excitación por lo que en el estator de la excitatriz principal se haya instalado un dispositivo de medición inductiva con el cual se puede determinar la corriente de excitación. Para la supervisión de los fusibles en servicio, se cuenta con un sistema de iluminación estroboscópica montada en forma permanente, el cual permite visualizar el estado de la totalidad de los diodos. La máquina cuenta con un exceso de diodos, lo que hace que pueda continuarse en servicio con ella, aún con fusibles disparados (o diodos averiados). Hasta con 6 diodos fuera de servicio por rama del puente se puede continuar con el servicio normal a plena carga; luego se debe ir reduciendo carga, según el diagrama correspondiente del alternador.

La comprobación de contactos a tierra se realiza mediante las dos únicas escobillas que posee el sistema. Al presionar el botón de "prueba" las escobillas son forzadas a tomar contacto con dos anillos, con lo que el rotor es puesto a tierra por un lado, y alimentado por el otro con una tensión alterna. Luego de terminada la comprobación, el sistema (las escobillas) es llevado a posición de reposo por resortes de reposición.

4.5. Operación

Se tratará aquí de la operación del alternador según su diagrama de carga (supuestas realizadas todas las maniobras necesarias a la puesta en marcha y sincronizado del alternador) en función de la presión de H_2 y de la tensión en bornes. Existe un programa para la computadora (Nr Pb05/01 BKS) el que supervisa los distintos estados de carga del alternador (comparándolos con la curva de carga). En resumen se trata de lo siguiente: El diagrama de carga del generador es una curva limitadora de carga para los generadores sincrónicos. Puntos de operación dados por las cargas activas y reactivas, que se encuentren dentro de esta curva límite, determinan estados permitidos de carga, en tanto que puntos exteriores a ella indican sobrecarga del generador. El programa determina cíclicamente (por ejemplo

cada minuto) el lugar de los puntos de operación, referidos al diagrama de carga y da un aviso en caso de que el punto de operación (durante el periodo del ciclo de preguntas) hubiera sobrepasado o estuviera por debajo de aquélla.

Correspondientemente son posibles dos formas de aviso:

- a) Aviso de sobrecarga:
Ellos dicen en que forma (bien la potencia activa y/o bien la potencia reactiva, y el valor) se sobrepasó la curva limitadora así como el lugar del punto de operación referido a la curva e indican los valores necesarios para efectuar las conexiones del caso.
- b) Avisos normales:
Son avisos de retorno, los cuales permiten ubicar los puntos de operación en el diagrama. Ellos dan el nuevo estado de carga (Potencia activa y reactiva) así como los correspondientes valores límites (en el mismo cuadrante del diagrama).

Para la conformación del diagrama se toman los siguientes parámetros: presión y temperatura del gas refrigerante (H₂) y la tensión del generador.

5. Suministros propios, turbina hidráulica, parte eléctrica, corriente de emergencia.

5.1. Suministro de consumo propio

La instalación de servicio propio es alimentada en servicio normal de la CNA a través del transformador del mismo nombre y en todos los casos para los distintos niveles de tensión por 2 semibarras. (Lo que ya fue mencionado anteriormente - punto 1.1).

Para aquellos servicios que son necesarios para garantizar una segura detención de la Central, en caso de emergencia, se ha previsto su alimentación mediante un sistema de generación de emergencia, compuesto por tres grupos diesel de 2 MVA c/u, siendo necesarios dos de ellos para cubrir las exigencias de la carga. En servicio normal ambas semibarras de emergencia están unidas entre sí y alimentadas desde las barras normales (BA o BB) a través de los interruptores BU01 o BV01. En caso de tenerse una orden de "generación de corriente de emergencia" el interruptor de unión con las barras normales se abre y durante el tiempo en el que se ponen en marcha los diesel y comienzan a generar, la demanda es cubierta por la turbina hidráulica que es capaz de generar sus 3.9 MVA aproximadamente durante 40 segundos, alimentada por el agua almacenada en la pileta de efecto sifón.

5.2. Descripción

5.2.1 Instalación de 6.6 KV (Esquema general Ø-U₁)

La instalación normal de 6.6 KV ya fue descripta en líneas generales. La instalación de generación de emergencia, barras BU y BV, a la que hicimos mención más arriba, tiene la particularidad a más de poseer generación

propia, de realizar el acople entre semibarras mediante 2 interruptores en serie (BU03 y BV03) a fin de garantizar una segura separación de las semibarras en caso de un cortocircuito en c/u de ellas. Esta descripción se mantiene también para las barras de 380 V de emergencia.

Las semibarras de emergencia, en servicio normal, están acopladas entre sí y a una de las semibarras normales (BU01 o BV01 cerrados). Mediante distintos enclavamientos se supervisa el accionamiento de los distintos interruptores de forma de garantizar la apertura y cierre selectivo de los interruptores en caso de cortocircuitos en las barras.

5.2.2 Instalación de 380 V

La alimentación de los usuarios de 380 V está dividida en distintas semibarras correspondientemente con la concepción tecnológica de la Central; así por ejemplo tenemos:

Semibarras CA/CB alimentación de usuarios convencionales
 " CC/CD alimentación de usuarios para el reactor y circuitos auxiliares de éste, que se encuentra en el edificio de maniobras.
 " CW/CX idem para los que se encuentran alimentados desde el edificio de auxiliares del reactor
 " CE/CF Mantenimiento de presión del reactor
 " CL/CM Iluminación normal
 " EU/EV Usuarios sobre el sistema de emergencia conectados en el edificio de maniobras
 " EW/EX Idem para conectados en el edificio de auxiliares del reactor

Adicionalmente se cuenta con dos líneas de 380 V alimentada una por dos grupos convertidores rotativos, que se alimentan de las barras de 220 V de corriente continua, y asegura la disponibilidad de tensión para la computadora y la otra por convertidores estáticos que garantizan la tensión para los armarios de medición y regulación. En caso de la falta de tensión en una semibarra de 380 V se cierra el interruptor de acople de las semibarras, manteniéndose la alimentación de la semibarra por el restante transformador.

5.2.3 Iluminación

La iluminación de la planta está dividida en:

- iluminación normal
- iluminación de emergencia
- iluminación de huida

La iluminación normal está alimentada de las semibarras CL/CM y la de emergencia (FL) de las semibarras EU/EV o EW-EX. Ambas están siempre conectadas en los distintos recintos y suministran la iluminación total del mismo.

Si faltara la iluminación normal, permanece la de emergencia, con un nivel de iluminación menor, pero suficiente. La iluminación de huida está conectada a la instalación de 220 V de corriente continua, y recibe orden

de conectar cuando falta tensión en la iluminación de emergencia.

5.2.4 Instalación de 220 V, 240 V y 24 V de corriente continua

Tenemos aquí:

semibarras	EA/EB de 220 V para los usuarios de 220 V, la iluminación de emergencia, convertidores de la computadora y convertidores estáticos de alimentación de los armarios de medición y regulación.
barra	EC de 240 V para las barras de control.
semibarras	EH/EJ para los servicios de 24 V de la Central excepto los del edificio de auxiliares.
"	FE/FF para las necesidades de 24 V del edificio de auxiliares.

Como se desprende de lo dicho, también las barras de corriente continua, excepto la EC, están divididas en dos semibarras, alimentadas c/u por su correspondiente rectificador, los que por razones de seguridad están alojados en recintos separados. Cada semibarra en 220 está alimentada por un rectificador y una batería, mantenida en compensación. Los distintos usuarios están conectados a ambas semibarras y acoplados mediante diodos. Un rectificador de reserva, permite el reemplazo de cualquiera de los otros dos en caso de falla, y a través de una barra de carga, la "carga fuerte" de una de las dos baterías. Durante este proceso la batería se desconecta de la semibarra, por lo que, en caso de faltar tensión de alterna en ese momento, los usuarios quedan alimentados a través de una sola semibarra. Los rectificadores admiten una sobrecarga permanente mayor del 50% de la nominal. Por el contrario, la instalación de corriente continua de las barras de control (barra EC) consta de una sola barra a fin de permitir una distribución equilibrada de la carga de los rectificadores. Estos son 4 sin regulación de tensión y de 800 A nominales c/u. Esta línea está unida mediante cables con diodos a la instalación de 220 V de corriente continua lo que permite, en caso de falta de tensión de alterna, mantener las barras de control en su posición. Mediante los diodos, se impide la influencia de la instalación de 240 V en la de 220 V. En la instalación de 24 V se tiene nuevamente dos semibarras, las que también cuestan con sus respectivas baterías y rectificadores. Los usuarios también en este caso están acoplados mediante cables y diodos a ambas semibarras. También se cuenta aquí con rectificadores de reserva, para los que son válidas las mismas consideraciones que para 220 V.

Las semibarras FE/FF en el recinto de edificios de auxiliares se encuentran alimentadas a las semibarras EH/EJ.

5.3. Baterías de 220 y 24 Volts

Las baterías de 220 V. fueron diseñadas teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, cada una un 100% de los servicios en 220 V y este valor elevado en un factor 5 para contemplar las necesidades de la barra EC; de esta manera se tiene que las mismas admiten una descarga de 1000 A durante 1 minuto. Como las baterías de Ni-Cd mantienen la tensión (en corto tiempo), pero para grandes corrientes, mejor que las de plomo, se eligen de aquel tipo.

Las baterías de 24 V, también de Ni-Cd, fueron dimensionadas para mantener la tensión durante un tiempo de 15'.

5.4. Rectificadores

Los rectificadores de ambos sistemas son del tipo puente con regulación (tyristores) y limitación de corriente; la tensión se mantiene entre el 0 y 100% dentro del $\pm 1\%$. La carga de las baterías se efectúa según las características V-I; al alcanzarse la tensión de 1.55 V/celda correspondiente a la tensión de formación de gases, se conecta un relé de tiempo, el cual al cabo de 2 hrs finaliza la carga fuerte y conmuta automáticamente a carga de compensación.

Los cuatro rectificadores para la barra EC son sin regulación; a través de un conmutador es posible ajustar la tensión de continua según la tensión de alterna. Estos rectificadores son capaces de soportar una sobrecarga del 200% durante 20 segundos.

5.5. Turbina hidráulica (parte eléctrica)

La turbina hidráulica permite recuperar, aproximadamente 3.5 Mw, de los gastados en potencia de bombeo para el agua de circulación al condensador. Normalmente ella trabaja regulando nivel en la pileta de efecto sifón.

En caso de "generación de emergencia" la regulación de la turbina conmuta automáticamente a regulación de velocidad, con lo que se tiene disponibilidad de la energía de la turbina durante unos 40 segundos. Durante este tiempo se arrancan automáticamente los diesel de emergencia y se conectan a las barras de emergencia, con lo que la turbina al estar tres diesel conectados, recibe orden de detención.

Además de las protecciones normales del generador de la turbina, de las cuales se hablará en el punto 6, protecciones, se dispone de relés direccionales en c/u de los interruptores BV01 y BU01, con los que se impide que el generador se desconecte por sobrecarga debida al exceso de consumo de las barras normales.

La estática de la turbina es del 2%.

Sistema de excitación de la turbina:

El sistema de excitación es del tipo estático; la energía necesaria se toma de un transformador de tres arrollamientos. La tensión secundaria obtenida es rectificada en un puente de diodos, regulada y luego conducida al rotor del generador. La desexcitación se logra por el cierre de un interruptor que cortocircuita por un lado la alimentación y por otro la salida, del puente de diodos. El sistema de excitación es similar en los grupos diesel, solo que en este caso la excitación no puede disminuirse por debajo de un determinado valor fijo.

5.6. Operación con "generación de emergencia"

Todos aquellos usuarios que son necesarios para la detención segura

de la Central, están conectados a la instalación de emergencia. Como gran parte de ellos son utilizados también durante el servicio normal, las barras de emergencia están unidas en este caso con las barras normales, y se abren en el caso de "generación de emergencia".

5.6.1 Corriente de emergencia ("generación de emergencia"). Definición y desencadenamiento

Se define como generación de emergencia aquel caso para el cual no se dispone de ningún tipo de alimentación normal. El mismo se desencadena cuando por lo menos se presentan dos tipos de fallas eléctricas independientes una de otra, las que conducen a la falta de tensión en dos semibarras de 6.6 KV. Por ejemplo:

- a) Perturbaciones en el suministro desde el bloque y en ambas conmutaciones automáticas: al presentarse alguna perturbación en el alternador, transformador de bloque o de servicios propios se da una orden de conmutación de los auxiliares. Si ambas conmutaciones fallan, quedan las barras de servicio propio sin tensión.
- b) Perturbaciones en la red de 220 y 132 KV: tenemos la misma consecuencia que en el caso anterior.
- c) Perturbaciones en ambas semibarras BA y BB de 6.6 KV: idem caso anterior.

Perturbaciones en la red de 220 KV, en la de 132 KV o en ambas conducen a la apertura de los interruptores de las correspondientes líneas. Pero ellas no significan perturbaciones para el generador, por lo que éste continúa alimentando los servicios propios, con lo que no se tiene necesidad de la generación de emergencia.

Perturbaciones en la turbina o en el reactor originan el "cierre de las válvulas de cierre rápido" o el "scram" del reactor, el cierre de "válvulas de cierre rápido" y finalmente se desexcita el alternador y se ordena abrir el interruptor del mismo, manteniéndose alimentados los servicios desde la red de 220 KV.

El caso de "generación de emergencia" induce forzosamente al Scram del reactor, por bajo número de revoluciones de las bombas principales del reactor.

A raíz de su especial significación la señal de "corriente de emergencia" es conformada y luego conducida, mediante dos vías independientes.

Las causas que originan corriente de emergencia son: (esquemas de funciones UF04)

- a) Falta simultánea de tensión en barras BA y BB ($U < U_{\min}$) con retardo de 2" la orden sigue adelante.
- b) Interruptores: de excitación del generador, del bloque, y de 132 KV, desconectados.
- c) Señal manual de "corriente de emergencia". Esta ordena la apertura de BV01 y BU01; con la llegada de los avisos de que estos están

abiertos, sigue adelante la orden. Para que cualquiera de las señales conformadas según a, b ó c, puedan ser efectivas, debe hallarse en posición "activa" (es decir conectada) la llave interruptora del sistema de corriente de emergencia. La señal "generación de emergencia" ordena la desconexión de los interruptores BU01 y BV01 y la inmediata puesta en marcha de los diesel de emergencia.

5.6.2. Corriente de emergencia con la turbina hidráulica

Al declararse la necesidad de generación de emergencia, se desconecta automáticamente la regulación de nivel, el limitador de apertura recibe orden de abrir totalmente con lo que queda realmente activa la regulación de velocidad, y el by-pass recibe orden de cerrar. Como el posicionado de velocidad está en 51.5 Hz, la barra de emergencia trabaja primeramente a esta frecuencia.

Por entrada en servicio de dos diesel, el posicionador de velocidad de la turbina recibe orden de reducir la velocidad a un valor correspondiente a 51 Hz, a fin de que, aún en el caso más desfavorable, los diesel puedan tomar carga, evitando su salida por la protección de "energía de retorno".

Con tres diesel en servicio el dispositivo distribuidor de la turbina recibe orden de cierre. Al tomar un valor por debajo del correspondiente a la posición de marcha en vacío, recibe orden de abrir el interruptor del generador, y la turbina recibe una orden de detención.

5.6.3. Corriente de emergencia con los diesel Generalidades

Arranques, así como detenciones normales de los diesel, son posibles solo desde el panel de control de los mismos, ubicados junto a éstos en -4.50 mts. en el edificio de máquinas.

Cada diesel posee su propio armario Simatic, sus propios auxiliares y su alimentación de corriente propia. Para los tres, existe un solo aparato de sincronización, colocado en un armario junto a los restantes. El arranque automático de los diesel se produce por:

- 1) Señal de "generación de emergencia".
- 2) Señal de preparados para "generación de emergencia".

Esta señal es conformada por: (Ø F04)

- 2a) Tensión menor que mínimo en una cualquiera de las barras BA ó BB.
- 2b) Señal normal de "preparados para corriente de emergencia".
- 2c) Pérdida grande (NZ53)
- 2d) Pérdida pequeña (NZ52)
- 2e) Menos de dos bombas de circulación al condensador, en operación.
- 2f) Servicio en isla: (ambos interruptores de interconexión con las barras normales, o uno de ellos y uno de los de acoplamiento longitudinal desconectados).
- 2g) Nivel en pileta de efecto sifón < min 1 ó perturbaciones en la pileta o cierre rápido de turbina (fallas mecánicas o eléctricas).

Luego de una orden automática de arranque, los diesel solo pueden ser detenidos (excepción hecha de fallas o perturbaciones) por intervención manual del operador. Ejemplo:

Estando presente la señal de "generación de emergencia" o de "preparados para generación de emergencia" y con tres diesel en marcha puede detenerse cualquiera de ellos a elección (debe observarse cuidadosamente que el programa automático de desconexión se haya completado, a fin de que el diesel esté pronto a volver ser arrancado en caso de falla de alguno de los otros dos).

Recibida la orden de arranque, el diesel es llevado hasta una velocidad de 1.560 r.p.m. correspondientes a 52 Hz (estatismo del 4%) y con el generador todavía sin excitar, conectado a la red de emergencia. En cerca de 100 ms. el diesel se frena hasta los 51 Hz de frecuencia de la barra (ver punto 5.6.2.), tomando una gran corriente reactiva. Por ese motivo los diesel son conectados uno después de otro cada 4"; es decir el primero que entra, bloquea la entrada de los otros dos, por 4". Luego de un corto tiempo el diesel recibe orden de excitarse y comienza a tomar carga, repartiéndola con la turbina hidráulica, según sus respectivas estáticas.

3) Señal manual de arranque automático.

4) Por exigencia del servicio debido a fallas de alguno de los otros.

5.6.3.1. Programa de arranque de los diesel

Diesel 1 y 3:

La primera condición para que el programa pueda concretarse es que esté "activada" la llave interruptora del programa en el panel de control de los diesel. Cumplida, entonces, esta condición, con presencia de una orden de arranque, entramos en el:

Paso N° 1; Se ordena el arranque del diesel, con el de los auxiliares necesarios (bomba de lubricación). Si al cabo de 10", no se tienen los avisos de retornos que confirman que las ordenes dadas, en este paso, se han cumplido o bien falta alguna de las condiciones necesarias para seguir adelante, se ordena la detención del diesel, y se da un aviso de perturbación.

Concretado el paso N° 1, lo que significa que:

- a) El interruptor de amortiguamiento está abierto (aviso de retorno).
- b) El interruptor de excitación está abierto.
- c) Se sobrepasó el número de revoluciones de encendido.

El diesel pregunta, a su barra correspondiente, si hay tensión presente; si la respuesta es sí, se pasa al paso N° 2; si la respuesta es no, se pasa al paso N° 5. Suponemos que la respuesta es sí, pasamos al paso N° 2: Se ordenan las siguientes acciones:

- a) Desexcitar
- b) Medir el deslizamiento

Además si la orden de arranque fue dada por "generación de emergencia"

se ordena la apertura de los interruptores BU y BV01.

La duración prevista para el cumplimiento de este paso es de 15 seg. pero si el mismo es sobrepasado solo se da aviso.

Concluido el paso 2, se vuelve a preguntar si hay tensión en la barra correspondiente; si no la hay el programa salta al paso 5.

Suponemos que la respuesta es sí. Cumplido, además, que:

- 1°) Aviso de retorno del interruptor de excitación abierto.
- 2°) Aviso de retorno del interruptor de amorgiguación abierto.
- 3°) Interruptor BU01 (y BV01) abierto o barra BA independizada (ó BB) o que no esté presente la señal de "generación de emergencia".
- 4°) Que el generador no tenga tensión en bornes.
- 5°) Tensión presente en la barra correspondiente.
- 6°) Deslizamiento $\leq 4\%$.
- 7°) Que se disponga de la "autorización" por parte de los otros diesel para conectar (espera de 4" según se describió más arriba).

Pasemos al

Paso N° 3: En él recibe orden de cerrar el interruptor del diesel; además orden de desexcitar el generador y luego esperar un segundo.

El proceso es vigilado, si al cabo de 1" no se verificaron estas acciones, se produce la detención del diesel por perturbación.

Cumplidas estas acciones y el interruptor de amortiguación conectado, pasamos al

Paso N°4: En este paso se ordena: a) excitar el generador (si el generador no se autoexcita y siendo el número de revoluciones del diesel superior al de encendido, se inyecta una tensión independiente). b) Posicionar el variador de velocidad en la posición de 52 Hz (si BU01 y BV01 están abiertos, y si no aumentar la velocidad a fin de posibilitar la toma de carga por parte del diesel). Luego de 4", el programa pasa al punto 7, y allí se mantiene hasta que alguna orden lo detiene.

Cuando en cambio, luego del paso 1 ó 2 no se mide tensión en la barra correspondiente, el programa salta al

Paso N° 5: En este paso se ordena que todas las posibles alimentaciones de la barra se abran (para el diesel 3, incluye a la turbina hidráulica) y se ordena excitar el diesel. Luego se pasa al

Paso N° 6: El generador excitado es conectado a la red de emergencia y se bloquea la conexión de las otras alimentaciones. Luego se pasa al Paso N° 7 donde el generador toma carga al igual que anteriormente.

Para el diesel N° 2 el programa, dado que el mismo puede conectar sobre una u otra barra, es algo diferente. En principio se da preferencia a la barra BV.

En el paso N° 2 (el paso N° 1 es exactamente igual para los 3 diesel) el diesel espera hasta obtener una respuesta a las preguntas: hay tensión

en alguna de las dos barras? ó ¿falta tensión en ambas barras?.

Si la primer pregunta es afirmativa, es decir el diesel se va a conectar, mediante la "sincronización basta" a la red, el programa pasa al

Paso N° 3: Que resulta ser exactamente igual al paso N° 2 de los restantes programas. Como antes, cumplidas las condiciones exigidas, y contestadas afirmativamente las preguntas formuladas (en este caso se pregunta a las dos barras si una u otra tiene tensión, en cambio en los otros programas a la barra correspondiente) se pasa al

Paso N° 4: En el que el diesel es conectado a la red, sin excitar. Si la barra BV tiene tensión, a esta barra; si BU no tiene tensión, a la barra BU. Cumplido, pasamos al

Paso N° 5: Que resulta ser exactamente igual al paso N° 4 de los restantes programas. De allí se pasa al

Paso N° 10: Y el diesel se mantiene generando.

Si, después del paso 2 ó 3, la pregunta ¿falta tensión en ambas barras? es contestada afirmativamente, el programa pasa a través de una memoria (que bloquea la posibilidad de retomar el paso N° 2 en caso de presentarse tensión al cabo de algunos instantes) al

Paso N° 6 u 8: La función de entrada a ambos pasos es alimentada, pero sigue adelante por el paso 6 u 8 depende de la respuesta que se tenga a las preguntas:

En el paso 6: ¿El diesel 3 avisó de alguna perturbación? o ¿El diesel 3 tiene en posición inactiva la llave interruptora del programa? Cualquiera de ellas me dice que el diesel 3 no va a ser conectado, por lo menos en un cierto tiempo y entonces entró al paso 6 (el paso 8 es para el caso del diesel N° 1) el que ordena la apertura de todos los interruptores de alimentación a la barra VB, y la excitación del diesel. Cumplidas estas órdenes y recibidos los correspondientes avisos, pasamos al

Paso 7: En él se cierra, sobre la barra, el interruptor del generador ya excitado y se bloquean la posibilidad de cierre, de los interruptores BV01, BV03 y BY03 D01. Se pasa luego al

Paso 10: Donde se mantiene el diesel generando.

Correspondientemente sucede para los pasos N° 8 y 9 con el diesel N° 1.

5.6.3.2. Programas de detención

Describiremos sólo el de grupo N° 1 siendo los restantes programas similares. El programa automático de parada de los diesel, solo puede ser, puesto en funcionamiento, mediante orden manual, y así:

- 1° Ninguna orden de "arranque" de los diesel (en condición "y" con ambas redundancias) está presente y se presiona el botón "Reconexión" (hacia la barra correspondiente) desde sala de control o se da señal

manual de "reposo" desde el tablero de control local.

- 2° Con señal de "arranque de los diesel" (ambas redundancias) y aviso de que tres generadores están conectados, y orden manual de "reposo" desde el tablero local de control.

De esta manera entramos al

Paso N° 1: Donde se espera un segundo y luego se pasa al

Paso N° 2: Donde se ordena la conexión del sincronismo automático, y posteriormente el cierre del interruptor de acoplamiento correspondiente (BV01 ó BU01); de ahí en más, se desconecta sucesivamente el generador de la red y el diesel espera durante 5 minutos (a efectos de uniformar temperaturas) luego recibe orden de detenerse y, de conectarse la lubricación permanente y la calefacción (según enclavamientos) y, por último, el regulador de velocidad, recibe orden de posicionarse, de manera de quedar predispuesto para que el diesel al arrancar sea llevado a 50.5 Hz. Para comprobar el funcionamiento de los diesel se presentan varias posibilidades:

- a) Prueba del motor solamente: por arranque manual, desde el tablero local.
- b) Prueba del motor con sincronización manual.
- c) Prueba del programa automático desde el pupitre local.
- d) Botón de "Preparados para generación de emergencia" desde el tablero GE (sala de control).

6. Protecciones

6.1. Generalidades

Ya habíamos comentado que para las protecciones eléctricas, el generador, transformador principal y el de servicio propio se comporta como una unidad. El esquema general de las protecciones del block, responde a la sigla ØF1, y el de los transformadores de servicio propio y arranque al ØF2.

6.2. Protecciones del alternador y del bloque

Correspondientemente a las distintas posibilidades de fallas, se tienen los siguientes tipos de protecciones:

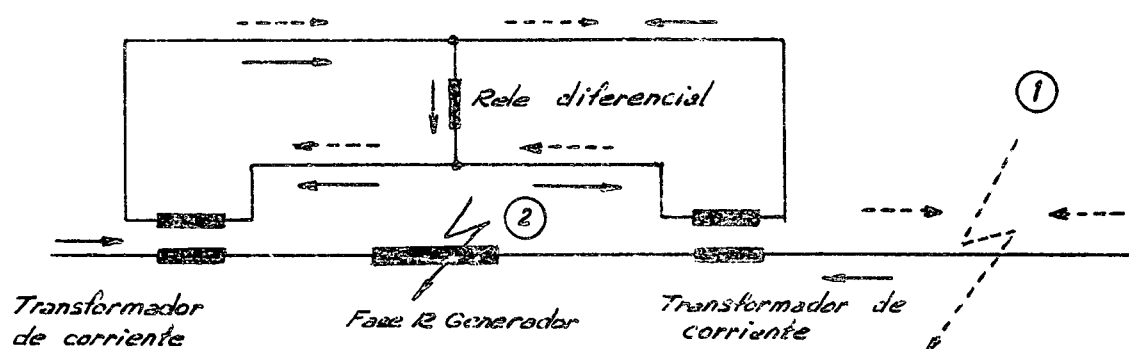
Protección diferencial:

La protección diferencial (RG23) se utiliza en nuestras instalaciones para la protección contra posibles contactos entre fases del alternador y además para la protección contra puestas a tierra del devanado estático. Esta última protección por su principio de medición protege el arrollamiento en un 80%, cubriendo el restante 20% el relé de puesta a tierra estática RG5a que describiremos más adelante. La protección diferencial efectúa las siguientes órdenes:

- 1) Dispara el interruptor AC04 de línea 220 KV.
- 2) Dispara el interruptor de excitación.
- 3) Dispara las válvulas de cierre rápido de turbina.

- 4) Abre los interruptores de 6.6 KV (BA13 y BB13).
- 5) Produce conmutación de los servicios auxiliares.
- 6) Envía avisos a la sala de control.

Su principio de funcionamiento es el representado en la figura siguiente en la cual, por simplicidad, se considera sólo una fase del generador:



La zona protegida por esta protección es la comprendida entre los dos trafos de corriente. Fuera de esta zona no protege y por otra parte no es deseable su actuación pues si suponemos por ejemplo un cortocircuito en (1) la corriente en el circuito de protecciones es como lo indican las flechas de puntos y por la bobina de disparo no circula corriente. Pero si la falla ocurre en (2) las corrientes son las indicadas por las flechas llenas y hay una corriente diferencial que excita el relé.

Protección de puesta a tierra (RG5a 100%)

Hemos visto anteriormente que la protección diferencial cubre un 80% del arrollamiento, valor este que se considera a partir de los bornes del generador hacia el centro estrella. A medida que la puesta a tierra se acerca al centro estrella, las tensiones generadas son cada vez más pequeñas hasta anularse en este punto. Por ello la protección anterior no alcanza a actuar en esta zona y es por esta razón que se preve la colocación del RG5a que cubre el 20% restante de arrollamiento del alternador. Este relé trabaja con la tensión de la 3a. armónica contenida en la fundamental del generador y tiene un valor en el centro estrella que puede ser empleado como sistema de referencia para medir corrientes a tierra.

Para la medición de la 3a. armónica usamos un relé de tensión a través de un filtro para banda de 150 Hz. tomado de un transformador de puesta a tierra en conexión triángulo abierto tal como lo muestra la fig. b. En condiciones normales la 3a. armónica no alcanza a excitar el relé pero ante una puesta a tierra ésta alcanza un valor más elevado que excita la bobina de disparo.

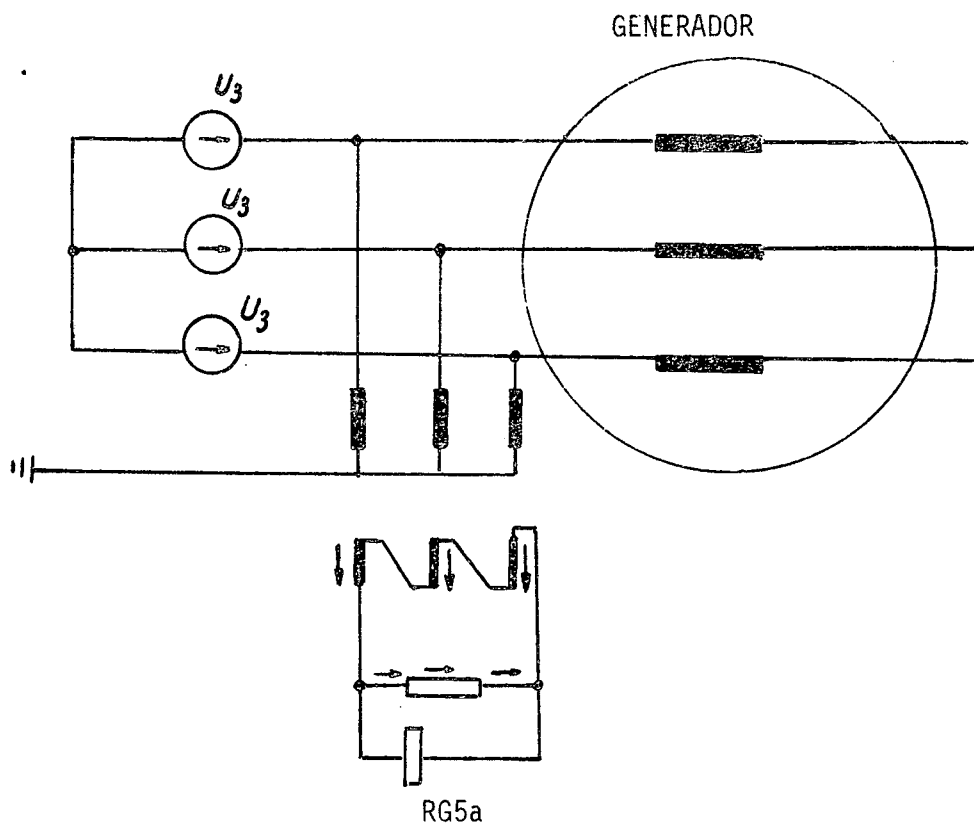


Fig. b

Relé de puesta a tierra rotórica (LES9)

Este equipo consta esencialmente de un circuito de medición, un filtro pasabanda, un relé de corriente y dos escobillas con anillos rozantes (ver fig. c).

El filtro pasabanda está conectado en forma asimétrica por medio de una escobilla a un anillo rozante que está conectado al centro estrella del rotor. La otra salida es conectada también mediante una escobilla y anillo rozante a la masa del eje del generador. Las escobillas en funcionamiento normal están levantadas y solamente para las pruebas de la instalación son apoyadas en los anillos, comandadas desde la sala de control.

El circuito de medición es alimentado a través de un transformador de tensión. Cuando se produce una puesta a tierra del rotor el relé de corriente la acusa y envía un aviso a la sala de control.

Relé de subexcitación (RG66a)

Si se reduce la excitación de un alternador que está sometido a una carga, el factor de potencia pasará al sector capacitivo, hasta que la máquina a medida que disminuye su excitación pierda su estabilidad al aumentar el ángulo de la rueda polar con respecto al de la red. La protección contra la subexcitación tiene por objeto emitir un aviso o una orden de desconexión, cuando se haya sobrepasado la relación máxima admisible entre la potencia aparente capacitiva y la efectiva, por ser muy

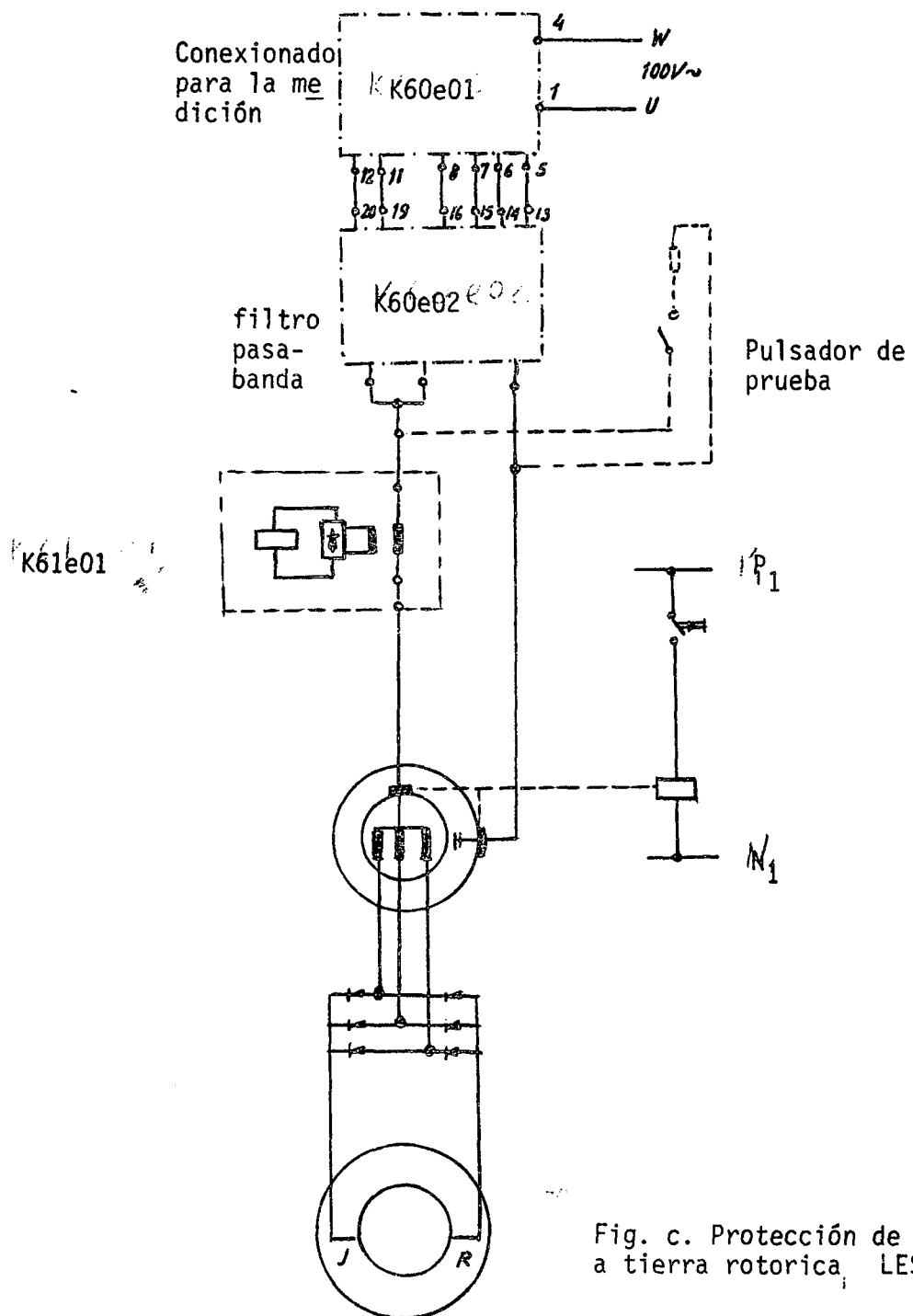
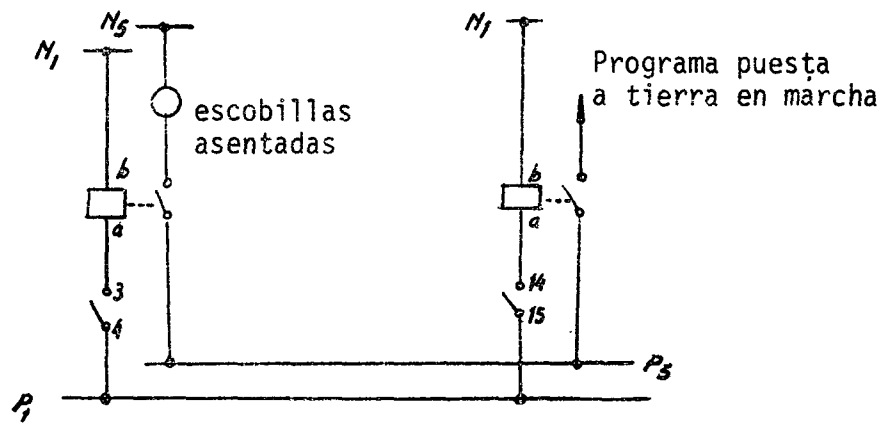


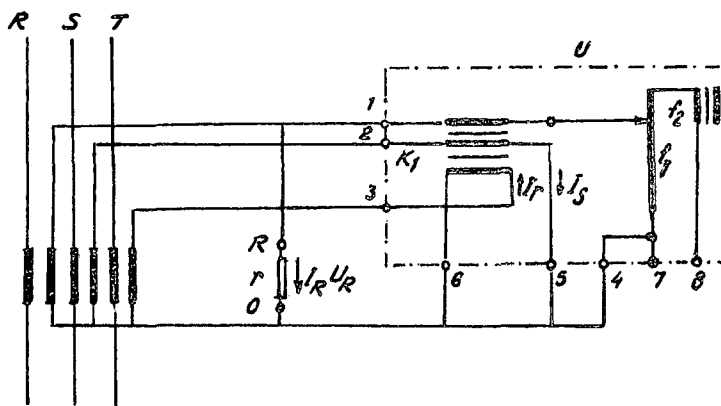
Fig. c. Protección de puesta a tierra rotórica, LES. E.

pequeña la excitación. Si la excitación del generador falla por completo, éste toma de la red la corriente magnetizante y el generador entra en marcha asincrónica con problemas de rápido calentamiento. En definitiva, lo que realiza esta protección es vigilar el ángulo de carga del rotor respecto al de la red y cuando éste es intolerable con un tiempo ajustable entre 0.2 y 1.5 seg. desconecta el grupo de la red.

En caso de fuerte desexcitación se da un aviso (con retardo entre 3 y 30 seg.) y desconexión (con retardo entre 10 y 100 seg.).

Protección contra carga asimétrica (RG83 + RG183)

Cuando hay asimetría en la carga del generador aparece un campo giratorio inverso, con corrientes inducidas en el rotor de frecuencia doble y que provoca en éste fuertes calentamientos que son proporcionales al cuadrado de esta corriente inversa y al tiempo de su existencia que pueden poner en peligro a la máquina. El dispositivo completo de protección se compone de un filtro de secuencia inversa RG83 en el que está incluido además del relé auxiliar, también el relé de medida de la primera etapa (alarma), del relé inductivo RG183, que forma la línea característica $I_i = f(t)$. El filtro de secuencia inversa trabaja como lo indica la figura d.



r: shunt
u: filtro de secuencia
inversa
k1: reactancia
f1, f2: transformador de
corriente

Fig. d.
Conexión del filtro de secuencia inversa

El filtro de secuencia inversa utiliza una conexión del tipo de 90° . Para ello se toma su corriente por ej. I_R y otra la I_{T-S} tal como lo indica la fig. d. La corriente I_R genera la caída de tensión U_R en el shunt-r, mientras que la corriente I_{T-S} induce en el tercer devanado de la reactancia K1 la tensión U_{T-S} , desfasada en avance 90° . La suma de las tensiones U_R y U_{T-S} en los bornes del transformador f1 es cero si el campo giratorio es directo (fig. d1).

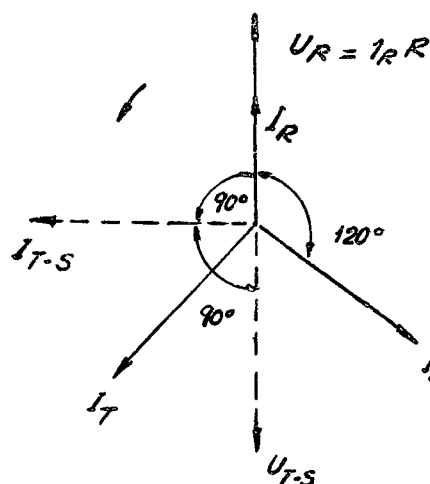


Fig. d1

Cuando el campo tiene sentido inverso las tensiones U_R y U_{T-S} se suman según la fig. d2, y el valor de la tensión en f1 será proporcional a la corriente inversa del sistema trifásico RST.

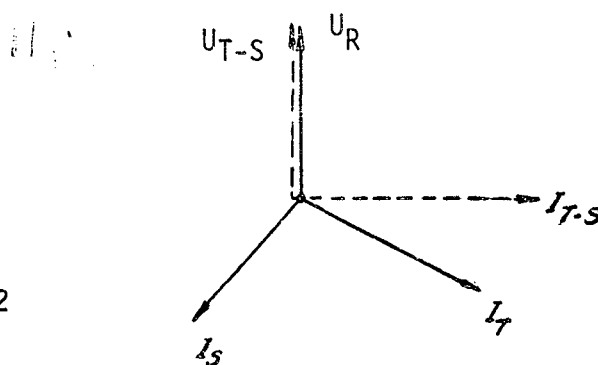
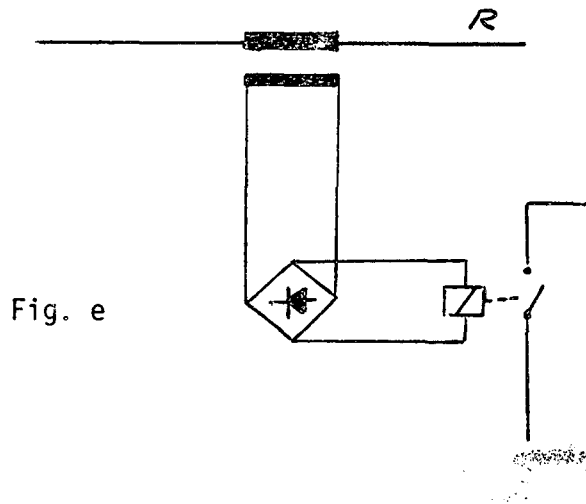


Fig. d2

Esta corriente inversa es luego enviada a la bobina de accionamiento del relé. Este relé en su primer etapa envía para un desequilibrio del 8-12.5% un aviso y que es ajustable, en tiempo, entre 2 y 20 seg. desequilibrios mayores provocan la separación del bloque con la apertura del interruptor de 220 KV AC04.

Relé de sobrecarga (RA15)

Para la protección de posibles sobrecargas se utiliza el relé RA15 que tiene un tiempo ajustable entre 2 y 20 seg. Su conexión y funcionamiento es sencillo y se ilustra en la fig. e.



Este relé envía solo aviso.

Protección de subimpedancia (RIKZ7g)

Si se realiza la coordinación de las protecciones de una red, bajo el supuesto de utilización de relés de máxima corriente, se llega a que los relés de sobrecorriente del generador deberían ajustarse a retardos de tiempo tales que, en la práctica, equivaldría a sostener durante un tiempo excesivo un cortocircuito eventual en los bornes del generador o en las proximidades de éste. En el primer caso, bornes del generador actuarían en un tiempo muy corto la protección diferencial pero si el corto se produjera en las barras caera fuera del campo de acción de este tipo de protección. Por este motivo se recurre a proteger los alternadores con protecciones de subimpedancia cuyo principio de medición parte del hecho que al producirse un cortocircuito, se incrementa la corriente y disminuye la tensión. Cuanto más cerca de los bornes del generador se produzca el cortocircuito, mayor será la intensidad de la corriente, y mayor será la caída de la tensión, con lo que el cociente

$$Z = \frac{U}{I}$$

tiende a valores mínimos. Surge de aquí, claramente, el principio de medición del relé: se alimenta el mismo con una tensión y una corriente, y se vincula estas dos magnitudes de forma de obtener el cociente de ambas. Evidentemente, utilizando conexiones apropiadas se puede medir resistencia y también reactancias. En nuestro relé, el principio elegido es el de medición de resistencias. Cuando la resistencia definida como dijimos cae por debajo del valor de ajuste del relé, éste emite una orden de disparo en tiempos del orden de los 50 ms. del interruptor AC04. El relé tiene la

posibilidad de ser ajustado en varios escalones, lo que se utiliza para constituir con él la protección de reserva del relé de impedancia del propio AC04.

Protección diferencial para transformadores (RT22b)

La figura f ilustra el circuito total de la protección diferencial para un transformador de dos arrollamientos. El sistema RT22b puede comparar solo corrientes de igual magnitud y relación de fase, por lo tanto el mismo debe equiparse con un conjunto de trafos intermedios. Estos adaptan la magnitud y relación de fase de las corrientes secundarias de los T.I. entre sí.

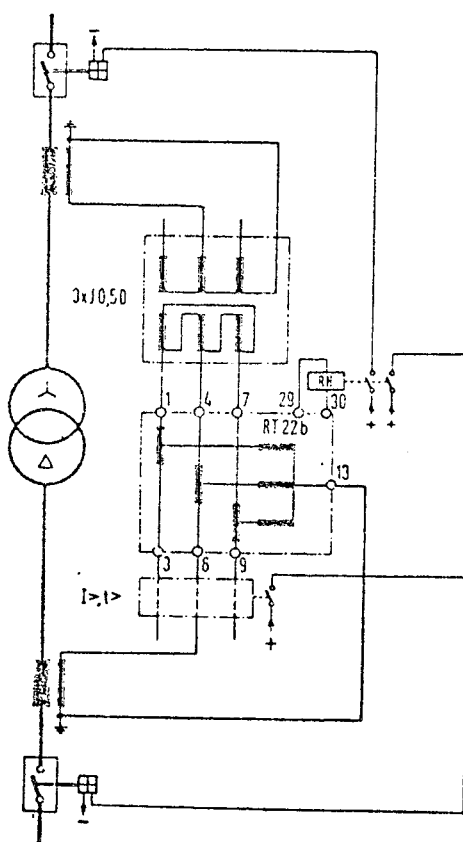


Fig. f. Conexión de la protección RT226 para un transformador de dos arrollamientos.

La protección diferencial debe desconectar totalmente al trafa del sistema. Por consiguiente, los relés deben operar abriendo ambos interruptores. Los principios aplicados para los trafos de dos arrollamientos son válidos para los de arrollamientos múltiples. Para los de tres arrollamientos debe utilizarse además una unidad estabilizadora RT23 tal como lo indica la Fig. f'.

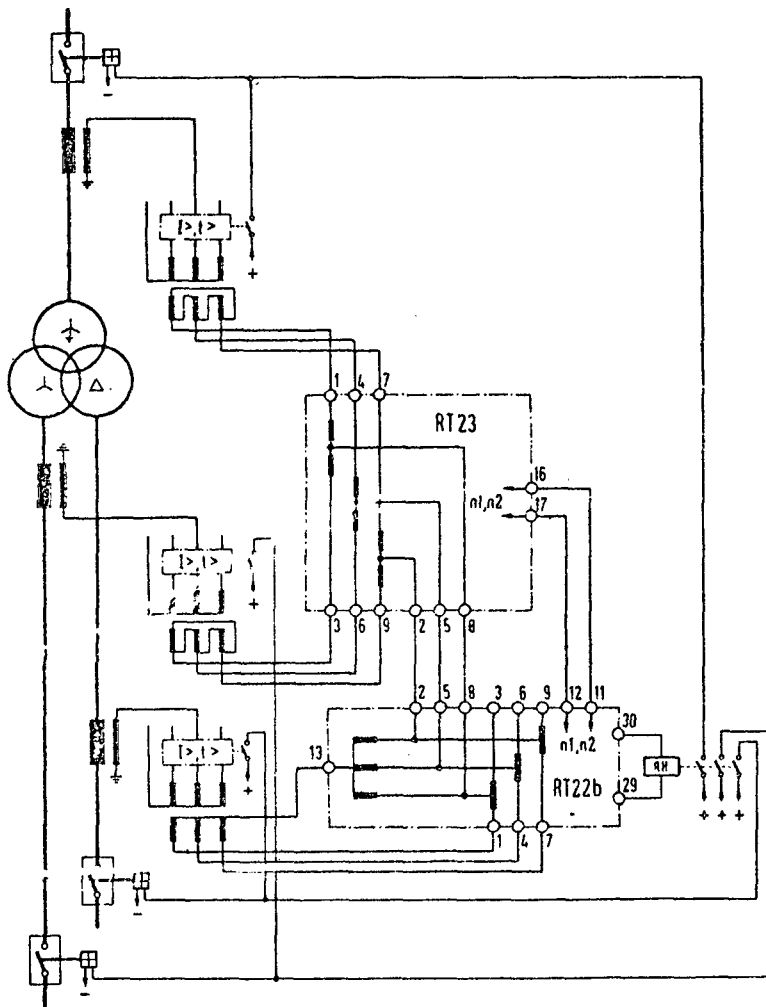


Fig. f'. Conexión de la protección

Relé de frecuencias (R1f20)

El relé R1f20 se utiliza para detectar aumentos o disminuciones de la frecuencia. El esquema es el que indica la Fig.9 . El relé se conecta a través del trafa Tr3. Este alimenta a su vez a dos trafos intermedios Tr1 y Tr2. El primer circuito primario del trafa intermedio está equipado con un circuito resonante consistente en la reactancia Dr1, trafa Tr4 y

y capacitor Ko1. De esta forma, la relación de fase de la corriente en este circuito es una función de la frecuencia. La reactancia Dr2 se inserta en el segundo circuito primario. En la condición de resonancia la corriente de este circuito está desplazado respecto de la del otro circuito en casi 90° . Los devanados primarios en uno de los circuitos se conectan en serie y en el mismo sentido mientras que los del otro circuito se conectan también en serie pero en oposición. Cuando la frecuencia está próxima al valor de ajuste del relé, la corriente del circuito resonante se desplaza de la que circula por la reactancia Dr2 en 90° . Por lo tanto las corrientes secundarias de los dos trafos Tr1 y Tr2 son iguales en magnitud. El relé de bobina móvil está desenergizado y su contacto está en la posición central. Cuando la relación de fases de la corriente que circula en el circuito resonante cambia en función de la frecuencia las corrientes rectificadas varían en sentidos opuestos y la diferencia entre ellas provoca la respuesta del relé "D".

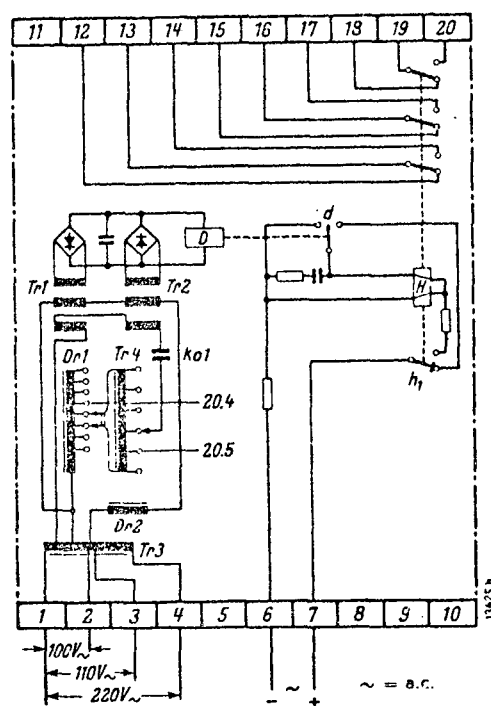
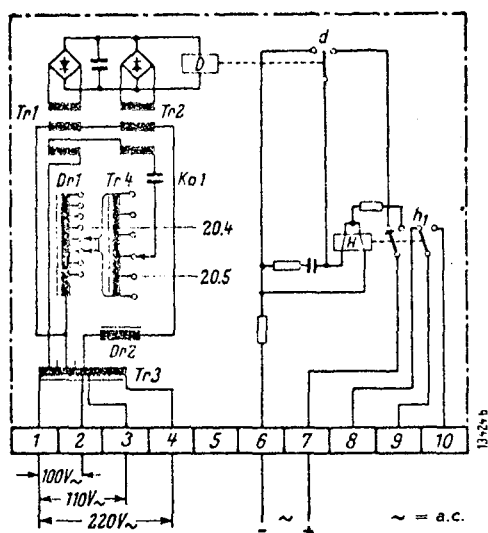


Fig. g

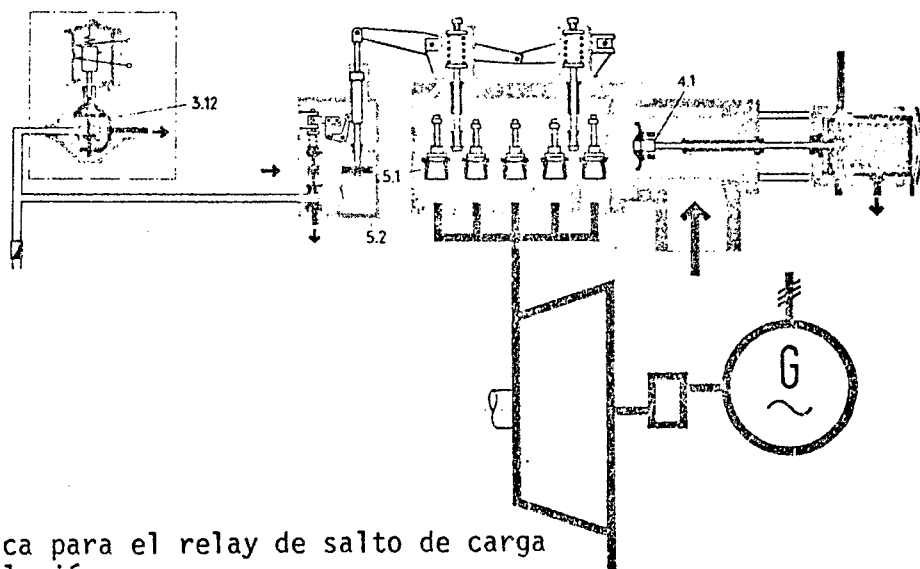
Relay de frecuencia tipo R1f20 con relay auxiliar RH25.

Relay de frecuencia tipo R1f20 con relay auxiliar RH29

Relé de rechazo a salto de carga (R1W80a)

El relé R1W80a se usa con el regulador de velocidad de la turbina para asegurar que aún frente a un gran salto de carga la velocidad de la máquina está controlada por debajo de los límites y evitar que el relé de sobrevelocidad active la válvula de cierre rápido. Una repentina descarga de la turbina, es decir, un brusco cambio negativo de carga, es detectado instantáneamente por el relé en forma eléctrica, y convertido posteriormente en un pulso eléctrico de duración ajustable. Este pulso es utilizado para operar una válvula solenoide 3.12 fig.h, la que actúa sobre el circuito secundario de aceite del regulador hidráulico de velocidad. Esta válvula sobre un agujero de drenaje pasa el aceite secundario, con lo cual se reduce apreciablemente la presión en este circuito de mando. Esto provoca una reducción o cierre en la apertura de las válvulas reguladoras 5.1 del regulador hidráulico de velocidad. Puesto que este relé trabaja en respuesta a un cambio de carga, el cual anticipa el consiguiente cambio de velocidad, se desprende que el R1W80a actúa sobre el sistema de regulación de la turbina antes que el regulador hidráulico de velocidad pueda accionar a través del circuito de aceite secundario. Al llegarse al final del pulso de control la válvula solenoide cierra nuevamente, provocando la presurización del aceite secundario y el regulador hidráulico de velocidad abre las válvulas de control en concordancia con la nueva condición de carga.

Todavía, si el salto de carga (o la reducción de carga) fuera superior a valores del 65-70% el relé actúa sobre las válvulas de rotura de vacío del condensador, llevándolo a valores de alrededor de 80%, con lo que se consigue un frenado adicional de la turbina.



- 3.12 válvula magnética para el relay de salto de carga
- 5.1 válvula de regulación
- 5.2 cilindro de regulación
- 4.1 válvula de cierre rápido
- A aceite secundario
- B aceite cierre rápido

Fig. h.. Esquema de funcionamiento de la parte de turbina de vapor

6.3. Protecciones del transformador del bloque

A más de las protecciones comunes del transfo, Buchholz alarma, Buchholz disparo y protección del conmutador baja carga, se tiene:

6.4. Protecciones del transformador de servicios propios

Cuenta asimismo con sus correspondientes Buchholz (alarma y disparo), además con:

Relé diferencial (RT22) ordena desconexión del bloque y conmutación de auxiliares.

Relés de máxima corriente (R3AS7) lados 21 y 6.6 KV. El primero conmutación del bloque y su detención; el segundo solo apertura de los interruptores BA13 o BB13 correspondientes.

6.5. Protección del transformador de arranque

Cuenta con:

Protección Buchholz
Protección del conmutador bajo carga
Diferencial
Sobrecorriente lados 6.6 KV
Sobrecorriente lado 132 KV

ordenan desconexión del transfo y conmutación salvo en el caso de los relés de 6.6 KV de sobrecorriente.

6.6. Protecciones de la turbina hidráulica:

Fueron previstas las siguientes:

Diferencial del generador (RG22)
Protección de puesta a tierra estatórica (R1W3g)
Alarma puesta a tierra rotórica (RG60)
Sobretensión (RU15)
Sobrecorriente (R3AS7)
Retorno de energía

Estas protecciones trabajan exactamente como las descritas anteriormente. Salvo la de puesta a tierra rotórica, todas las demás dan orden de desconexión al interruptor, desexcitación y cirre rápido de turbina.

6.7. Protecciones de los diesel

Cuenta exactamente con las mismas protecciones que la turbina hidráulica, pero con el agregado de la protección de subexcitación. Los criterios de desconexión son exactamente iguales que anteriormente.