

27 FEB 1978

ES

11

21

22

NUMERO	452.536
FECHA DE PRESENTACION	20-10-1976

A 1



CONCEDIDA

PATENTE DE INVENCION

P.- 63.987

WE Case No.
46.145

30 PRIORIDADES:	32 FECHA	33 PAIS
31 NUMERO		
625.625	21-10-75	E.U.A.

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	F00D	

54 TITULO DE LA INVENCION
"PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS EN UN SISTEMA DE CONTROL PARA CONTROLAR AUTOMATICAMENTE EL FUNCIONAMIENTO DE UNA CENTRAL DE TURBINA"

71 SOLICITANTE (S)
WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
Westinghouse Building, Gateway Center, Pittsburgh, Pensilvania 15222, Estados Unidos de América

72 INVENTOR (ES)
William Randolph Berry, Charles Lewis Groves, Jr. y Eddie Yung Hwang

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE
DON FERNANDO DE ELZABURU MARQUEZ

1 La presente invención se refiere a centrales pro-
ductoras de energía a base de turbinas; y, más en particu-
lar, a un sistema perfeccionado para controlar automática-
mente una central o instalación movida por turbinas de va-
5 por basándose en los esfuerzos térmicos producidos en el
rotor de la turbina de alta presión (HP) y en el rotor de
la turbina de recalentamiento intermedio.

 Los sistemas productores de energía por turbinas
de vapor incluyen, como tipo, una parte o sección de turbi-
10 na de alta presión en la que se introduce el vapor directa-
mente desde el generador de vapor. El vapor que sale de la
turbina de alta presión, después de recalentado, se intro-
duce en una parte o sección de turbina de recalentamiento
intermedio que, en el caso de los sistemas generadores de
15 vapor con combustible fósil, suele denominarse de presión
intermedia (IP); y luego en una parte o sección de turbina
de baja presión (IP), antes de darle escape al condensador.
Un rotor, dotado de un ánima o taladro central axial, atra-
viesa en posición central las cajas o envolventes de turbi-
20 na; y la rotación del rotor se obtiene mediante el paso
del vapor por unos álabes alternativamente fijados al ro-
tor y a la envolvente. El generador, que va fijado al ro-
tor, puede estar enfriado o refrigerado por gas hidrógeno
(H₂).

25 El rotor de la sección de turbina de alta pre-
sión puede ser, típicamente, de un diámetro del orden de
los 60 centímetros, por ejemplo, y la sección de turbina
de presión intermedia (IP) incluye un rotor que puede tener
del orden de un metro o más de diámetro. La superficie
30 del rotor de IP está llena de ranuras y otras irregularida-

1 des, en particular por donde van fijados los álabes de la
turbina.

5 Sabido es que, siempre que la turbina vaya a ex-
perimentar variaciones de velocidad, y el generador haya
de sufrir variaciones de carga, es preciso tener cuidado
para que no se produzcan daños, sea por esfuerzos térmicos,
sea por dilatación térmica de partes contiguas con distin-
tos coeficientes, sea por sobrepasarse la capacidad del ge-
nerador. Una turbina que sufra esfuerzos térmicos origina-
dos por una distribución desigual del calor en los rotores,
10 tiende a desarrollar grietas en los lugares del rotor más
expuestos a la más amplia y más frecuente variación de tem-
peratura del vapor. Asimismo, tales grietas se presentarán
cuando la turbina se acelere demasiado deprisa, cuando los
15 rotores de turbina no están a temperaturas uniformes.

Se han propuesto ya diversos sistemas de control
automático de centrales movidas por turbinas, y entre ellos
se incluye el revelado por la patente británica número
1.433.612 de Giras.

20 Esta patente británica de referencia incluye un
sistema automático de arranque o puesta en marcha para cen-
trales movidas por turbinas de vapor, que controla la tur-
bina bajo las sollicitaciones térmicas de los esfuerzos de
rotor de HP (alta presión), a partir del "despegue" respec-
to de los mecanismos de arranque, hasta llegarse a alcanzar
25 la velocidad de sincronismo, y la aplicación de carga ini-
cial. El sistema vigila las condiciones de la central, in-
formando al operador sobre la existencia de condiciones pe-
ligrosas tras la aplicación de carga inicial. Este sistema
30 de arranque de la técnica ya conocida reconoce que el ro-

1 tor de IP(presión intermedia) es el que se considera más
crítico para velocidades superiores a la de acondiciona-
miento térmico, o penetración del calor a fondo, que es de
aproximadamente dos tercios de la velocidad de sincronismo
5 cuando la temperatura del rotor está por debajo de 121°C.
El metal del rotor, por debajo de los 121°C, se halla en
un estado quebradizo, que puede dar lugar al desarrollo de
grietas en el caso de que haya velocidades excesivas.

En este sistema, se impide que la turbina exceda
10 de la velocidad de acondicionamiento térmico durante un pe-
ríodo o espacio de tiempo basado en una curva de tiempo en
función de temperatura, que debe estimarse con prudente
criterio conservador con el fin de proteger la turbina.
Concretamente, el cálculo de este tiempo de acondiciona-
15 miento térmico, o curva de tiempo en función de la tempe-
ratura, se basa prudentemente en la más baja de cuatro tem-
peraturas calculadas. Se establece una comparación entre
las cuatro temperaturas calculadas siguientes: 1) la tempe-
ratura media del volumen del rotor, existente antes de
20 abrir las válvulas de admisión de vapor; 2) la temperatura
media del volumen del rotor a 2200 rpm; 3) la temperatura
del metal de la turbina de primera etapa antes de abrir
las válvulas de admisión de vapor; y 4) la temperatura del
metal de primera etapa a 2200 rpm. Una vez alcanzada la ve-
25 locidad de acondicionamiento térmico, se determina la mag-
nitud del tiempo de acondicionamiento térmico basándose en
la más baja temperatura seleccionada de las arriba indica-
das, para una temperatura de vapor de recalentamiento inter-
medio de 260°C. Una vez transcurrido el tiempo de acondicio-
30 namiento, se efectúa una comprobación final de la tempera-

1 tura media del volumen del rotor de alta presión antes de
declarar la terminación del acondicionamiento térmico, y de
dejar que la turbina prosiga su aceleración. En el caso de
que la más baja de estas temperaturas sea superior a 121°C,
5 se considera innecesario el acondicionamiento térmico.

Después de transcurrido el tiempo de acondicionamiento térmico prefijado, el sistema acelera la turbina aproximadamente a las 3300 rpm, a un régimen de aceleración que viene determinado por una deformación calculada del rotor de alta presión, que se compara con un límite de deformación seleccionado para el rotor. Después de que el sistema pase automáticamente del control por válvula de estrangulación al control por válvula de regulador automático de velocidad, a las 3300 rpm, la turbina se acelera hasta llegar a la velocidad de sincronismo. Tras la aplicación de una carga mínima, el sistema es sólo supervisorio, es decir, se vigilan diversos parámetros y se imprimen o escriben los mensajes apropiados para ayudar al operador en el control de la turbina hasta llegar a la carga deseada.

20 En la patente británica arriba mencionada, la deformación térmica superficial del rotor de HP (alta presión) es proporcional a la diferencia media de temperaturas de superficie a volumen, y determina la aceleración de la turbina. Una comparación del valor presente (en un momento dado) de la deformación térmica con los valores de deformación térmica precedentes determina el tipo de transitorio térmico que está experimentando el rotor, y selecciona el camino o trayecto apropiado de aceleración a seguir. La temperatura superficial del rotor se calcula en función de la temperatura del vapor de HP de primera etapa, el coeficien-

1 te presente de transmisión de calor y el historial de la
temperatura del metal del rotor. La magnitud de la deforma-
ción del rotor viene determinada por la temperatura media
de superficie a volumen del rotor, que se utiliza para de-
5 terminar la deformación superficial del rotor, a base de
su historial presente y pasado. El coeficiente de transmi-
sión de calor se calcula en función de la velocidad, alcan-
zando su mayor valor en el modo de marcha a la velocidad
de régimen.

10 El sistema de la patente británica antes mencio-
nada es ventajoso en tanto en cuanto se hace girar hasta el
arranque de la turbina mediante la aplicación de una carga
inicial; ahora bien, el acondicionamiento térmico del rotor
crítico, de la turbina de IP, se basa en una curva de tiem-
15 po en función de temperatura, lo que puede dar lugar a que
transcurra un tiempo innecesario. Con dicho tiempo transcu-
rrido de acondicionamiento térmico consecutivamente estima-
do, los cálculos de esfuerzos en el rotor de HP dan una pro-
tección contra esfuerzos térmicos suficiente para llegar
20 con funcionamiento automático hasta la velocidad de sincro-
nismo.

Respecto al cálculo de la deformación del rotor
de HP y a los diversos medios para controlar la turbina
con arreglo a dicha deformación, se hace referencia a la
25 patente de EE.UU. Nº 3.448.265 titulada "Un sistema y méto-
do para hacer funcionar las turbinas de vapor en mejores
condiciones dinámicas", de William R. Berry y cedida al
mismo cesionario del presente invento, en la cual se ana-
lizan con detalle los efectos de la aplicación de carga tér-
mica en el funcionamiento admisible de la turbina, y la
30

1 cual se incorpora a la presente como referencia con el pro-
pósito de indicar el fundamento de ciertos aspectos de la
presente invención. La mencionada patente de Berry revela
un método perfeccionado de determinar los esfuerzos presen-
5 tes (en un momento dado) en el rotor en función de la tem-
peratura de vapor vigilada de la cámara de impulsión de la
turbina de HP, comparar el esfuerzo presente con un límite
prefijado de esfuerzo, y derivar de tal comparación una se-
ñal de control mediante la cual se regule el vapor de en-
10 trada o admisión a la turbina de HP. En tal sistema de la
técnica ya conocida, la presión de vapor en la cámara de
impulsión de la sección de turbina de HP (alta presión)
puede controlarse adicionalmente mediante consideraciones
de carga en el ánima o taladro central del rotor, o de de-
15 formación de la envolvente. Los efectos de dilatación y
contracción térmicas en las respectivas regiones de la tur-
bina se controlan así en función del esfuerzo calculado en
tales regiones, basándose estos cálculos en la condición
del vapor de admisión, las cargas de fuerza centrífuga y
20 otras variables de entrada, vigiladas.

La patente de Berry enseña que es posible efectuar cálculos de esfuerzos térmicos en el ánima o taladro central, para la turbina de recalentamiento intermedio, me-
25 diante la acción de determinar la temperatura de la super-
ficie del rotor en la región de vapor de admisión de la
parte o sección de presión de recalentamiento intermedio,
basándose en la medida de temperatura del vapor de la cáma-
ra de admisión de recalentamiento intermedio y en la con-
ductancia variable e inferior de transmisión de calor de la
30 superficie del rotor de recalentamiento intermedio, de

1 igual manera que en la turbina de HP.

En la patente de Berry se sugiere que, en el caso de que en el procedimiento de arranque se utilice un tiempo de acondicionamiento térmico prefijado, es posible
5 eliminar las determinaciones de carga en el ánima o taladro central del rotor en línea. En dicha patente de Berry se dice que la conductancia de transmisión de calor de la turbina de IP se determina además en función prefijada del gas
to de vapor de IP y de la presión o densidad (peso específico) del vapor de IP, es decir: $K_{(IS)_{IP}} = W_s SF, P_{IP}$,
10 siendo W_s la velocidad efectiva de la turbina, SF el gasto de vapor de IP, y P_{IP} la presión del vapor de IP, y siendo $K_{(IS)_{IP}}$ la conductancia de transmisión de calor del rotor de presión intermedia (IP).

15 Otro ejemplo concreto de funcionamiento de turbina de la técnica ya conocida, basado en consideraciones de esfuerzo en el rotor, es el descrito en la patente de EE.UU. Nº 3.446.224 concedida a Zwicky el 27 de mayo de 1969. En esta patente se calculan los esfuerzos en la superficie y en el ánima del rotor por medio de mediciones
20 de temperatura y de velocidad; se calculan unos márgenes de seguridad para los esfuerzos, y se aplica el más bajo de los márgenes de esfuerzo de seguridad en la superficie o en el ánima, sea como señal de referencia de aceleración, sea como señal de referencia de régimen o tasa de carga,
25 para controlar la aceleración y la carga de la turbina. Los cálculos de esfuerzo en el ánima y temperatura en el ánima se hacen tomando periódicamente la temperatura de vapor de la envolvente interior en tres intervalos de tiempo consecutivos y multiplicando por unas constantes prefijadas. Los
30

1 intervalos de tiempo sólo se hacen variar con arreglo al
diámetro del rotor. En la patente de EE.UU. Nº 3.561.216
de Moore, concedida el 9 de febrero de 1971, se revela un
5 sistema controlado por esfuerzos de rotor, que calcula los
esfuerzos en el rotor de igual manera que en la patente de
Zwicky. En esta patente, el régimen de carga y el paso o
transferencia de "única a secuencial" de las válvulas vie-
nen gobernados por el esfuerzo más alto de todos los esfuer-
zos térmicos calculados. La patente de EE.UU. Nº 3.577.733,
10 concedida a Manuel el 4 de mayo de 1971, revela un método
de cargar una turbina de vapor y pasar de uno a otro de
unos modos de admisión de vapor, en arco parcial y a pleno
arco, durante la carga mientras se mantiene un régimen o
tasa constante de calentamiento.

15 En cada uno de los ejemplos de la técnica ya co-
nocida se describen distintos sistemas, sea para prevenir
las variaciones cíclicas de temperatura de los rotores de
turbina, sea para calcular los esfuerzos en el rotor, con
el fin de que una turbina pueda hacerse funcionar sin inde-
20 bida deformación térmica. En estas patentes se reconoce que
las diferencias térmicas máximas aparecen en el rotor de
alta presión, a causa de las diferencias de temperatura del
vapor y del pequeño diámetro del rotor; y las patentes de
Berry y de Zwicky sugieren que tales esfuerzos pueden cal-
25 cularse respecto al rotor de la turbina de recalentamiento
intermedio, así como para el rotor de la turbina de alta
presión, tomando un tiempo más largo para la conductancia
térmica.

30 Un sistema de control automático de turbina, que
controle la turbina sin intervención del operador hasta la

1 aplicación de una carga deseada introducida por operador,
debe ser eficaz en su funcionamiento; y tomar en conside-
ración toda condición de funcionamiento no deseable que
tienda a abreviar la duración o vida útil de las partes
5 componentes de la instalación. Al así hacerlo, el sistema
ha de tener una flexibilidad tal que las condiciones no de-
seables puedan prevenirse o rectificarse sin interrumpir
el funcionamiento de la turbina. Además de todo esto, es
conveniente que el sistema sea capaz de aumentar o dismi-
10 nuir el régimen o tasa de toma de carga con arreglo a di-
chas condiciones hasta alcanzar un punto o medio en que
actúa un operador.

El esfuerzo térmico de los rotores, tanto de IP
como de IP, es el que ha de considerarse para tal sistema,
15 así como las limitaciones o necesidades del generador eléc-
trico. De igual modo, dicho sistema ha de controlar en
tiempo real recorriendo todas las fases de su funcionamien-
to, con las adecuadas predicciones de lo que vaya a suce-
der en el caso de que el sistema esté controlando la cen-
20 tral o instalación a un determinado régimen de aumento de
carga.

En la determinación del esfuerzo térmico del ro-
tor de la turbina de IP, tal sistema ha de tener en cuenta
los puntos críticos de esfuerzo que existan en sentido
25 axial a lo largo del rotor, así como prever los distintos
esfuerzos para tipos diferentes de monturas de álabe.

Es objeto principal de la presente invención un
sistema perfeccionado para controlar automáticamente una
central productora de energía a base de turbinas de vapor,
30 basándose en los esfuerzos térmicos presentes en el rotor

1 de la turbina de alta presión (HP) y en el rotor de la tur-
bina de recalentamiento intermedio.

Teniendo en cuenta el objeto arriba indicado, la
invención reside en un sistema de control para controlar
5 automáticamente el funcionamiento de una central movida por
turbinas de vapor, que comprende una turbina de vapor dota-
da de una sección de alta presión y una sección de turbina
de recalentamiento intermedio, un generador eléctrico aco-
plado a dicha turbina, para producir energía eléctrica
10 cuando está conectado a una carga, y unos medios de válvula
de admisión de vapor para regular el paso de vapor a la
turbina, caracterizado por el hecho de que dicho sistema
comprende: unos primeros medios de detección para detectar
la temperatura del vapor en unos lugares prefijados dentro
15 de la turbina de vapor; unos segundos medios de detección
para detectar la temperatura de unas partes metálicas es-
tacionarias de la turbina situadas en lugares prefijados
dentro de la turbina de vapor; unos medios de calcular do-
tados de los componentes siguientes: unos medios goberna-
20 dos por los medios de detección primeros y segundos, para
generar datos relativos a los esfuerzos térmicos de los ro-
tores de turbina de alta presión y de recalentamiento in-
termedio; unos medios para generar una señal que regule la
aceleración de la turbina con arreglo a los datos generados
25 relativos a los esfuerzos térmicos; y unos medios goberna-
dos por la señal de régimen de aceleración, para controlar
las válvulas de admisión de vapor en el sentido de regular
el paso de vapor a la turbina.

Con arreglo a una forma preferida de esta inven-
30 ción, el sistema controla el funcionamiento de una central

1 movida por turbinas de vapor partiendo del arranque en
frío o en caliente, hasta la aplicación de su plena carga
de megavatios, sin necesidad de la intervención de un em-
pleado. El sistema prevé la acción de acelerar la turbina
5 a partir de la velocidad cero, pasando por la velocidad de
acondicionamiento térmico hasta la velocidad de sincronis-
mo, con arreglo a los esfuerzos térmicos en tiempo real,
tanto en el rotor de HP como en el de IP. Durante este con-
trol, el sistema es capaz de hacer variar la tasa de acele-
10 ración, sea dejando de acelerar por completo, sea retenién-
dola o manteniéndola constante, sea aumentándola o disminu-
yéndola. En respuesta a la puesta o colocación del genera-
dor "en línea", el sistema hace variar el régimen de toma
de carga, sea interrumpiendo por completo toda acción de
15 carga adicional, sea manteniéndola constante, o bien aumen-
tándola o disminuyéndola con arreglo a las posibilidades del
generador así como a las limitaciones térmicas de HP y de IP.

En uno de sus aspectos, el sistema incluye la de-
terminación de la distribución de calor en sentido tanto
20 axial como radial para el rotor de IP, teniendo en cuenta la
desigualdad de transmisión de calor dentro de áreas del ro-
tor que dan frente a un álabe estacionario y otro móvil.

La invención se desprenderá más fácilmente de la
siguiente descripción de una forma ilustrativa de ejecución
25 de la misma, tomada en relación con los dibujos adjuntos,
en los cuales:

- la figura 1 es un esquema funcional o por blo-
ques de una instalación tipo de turbogenerador, puesta en
funcionamiento con arreglo a los principios de la presente
30 invención;

1 - la figura 2 es un esquema funcional de una estructura tipo de sistema de control para la instalación de turbogenerador de la fig. 1;

5 - la figura 3 es un esquema funcional de un sistema de control automático de turbina, que ilustra la organización global de un sistema de control automático de puesta en marcha y régimen de adquisición o toma de carga de una turbina;

10 - las figuras 4A y 4B son unos organigramas o diagramas de circulación del programa P00 de control automático de turbina del sistema de la fig. 3;

- las figuras 5A y 5B son unos organigramas del programa P01 de esfuerzos de rotor de HP del sistema de la fig. 3;

15 - las figuras 6A y 6B son unos organigramas del programa P16 de esfuerzos de rotor de IP, o recalentamiento intermedio, del sistema de la fig. 3;

20 - las figuras 7A, 7B y 7C son unos organigramas del programa P04 de control de esfuerzos de rotor del sistema de la fig. 3;

- las figuras 8A y 8B son unos organigramas del programa P14 de acondicionamiento térmico del sistema de la fig. 3;

25 - las figuras 9A, 9B y 9C son unos organigramas del programa P09 de supervisión de generador del sistema de la fig. 3;

- las figuras 10A y 10B son gráficas que explican las curvas de posibilidades reactivas de un generador;

30 - la figura 11 da unas curvas ilustrativas de las

1 posibilidades reactivas del generador;

- las figuras 12A, 12B, 12C y 12D son unos organigramas del programa P07 de control de demanda de velocidad y aceleración y control de régimen de carga del sistema de la fig. 3;

- la figura 13 es una vista en sección longitudinal de un rotor tipo de turbina de IP, con los álabes y la envolvente, según la invención; y

- la figura 14 ilustra la porción del rotor de IP comprendida dentro de las líneas 14-14 de trazo interrumpido de la fig. 13, e ilustra la determinación del flujo térmico del rotor, utilizada en el sistema de control de la presente invención.

Con referencia en primer lugar a las figs. 1 y 2, se ilustra en ellas una turbina grande de vapor 10 (fig. 1), de un solo recalentador intermedio, construida de manera ya conocida y mandada por medio de un sistema de control 11 (fig. 2), en una instalación de producción de energía eléctrica 12 alimentada por combustible fósil, con arreglo a los principios de la presente invención. Como se irá haciendo cada vez más evidente a medida que transcurra esta descripción, es posible hacer funcionar también otros tipos de turbinas de vapor y de centrales eléctricas con arreglo a los principios de la invención. La turbina 10 y su sistema de control 11, y la instalación 12 generadora de energía eléctrica son como las descritas en la mencionada patente británica N^o. 1.433.612 incorporada a la presente como referencia.

La turbina 10 está provista de un solo árbol de salida 14, que mueve un generador 16 de corriente alterna

1 de gran tamaño, de tipo usual, con el fin de producir ener-
gía eléctrica trifásica percibida por un detector de poten-
cia 18. Como tipo, el generador 16 va conectado, por medio
5 de uno o más disyuntores por fase, a una extensa red de dis-
tribución de energía eléctrica y, una vez así conectada,
hace que la disposición de turbogenerador funcione a la ve-
locidad síncrona durante las condiciones de régimen perma-
nente. En condiciones transitorias de variación de la car-
ga eléctrica, la frecuencia del sistema puede verse afecta-
10 da, resultando de ello unas variaciones de velocidad corres-
pondientes del turbogenerador.

Después del sincronismo, la contribución de po-
tencia del generador 16 a la red viene normalmente determi-
nada por el gasto de vapor de turbina que en este caso se
15 esté suministrando a la turbina 10 a una presión de estran-
gulación sustancialmente constante. El vapor de presión de
estrangulación constante para mover la turbina 10 viene de
sarrollado por un sistema generador de vapor 17 que puede
estar dispuesto en forma de caldera usual del tipo cilín-
20 drico o de "pasada única", por ejemplo, alimentado por com-
bustible fósil, tal como carbón pulverizado, gasóleo o gas
natural.

En este caso, la turbina 10 es del tipo de flujo
axil de varias etapas, e incluye una sección de alta pre-
25 sión 20, una sección de turbina 21 de recalentamiento in-
termedio o de presión intermedia y una sección de baja pre-
sión 22. Cada una de estas partes o secciones de turbina
puede incluir una pluralidad de etapas de expansión propor-
cionadas por paletas estacionarias, y un rotor de álabes,
30 de acción recíproca con aquellas, conectado al árbol 14.

1 La turbina 10, en este ejemplo, emplea cámaras
de distribución de vapor del tipo de dos frentes, y el flu-
jo de vapor se dirige a las cámaras de distribución de va-
por de la turbina (no indicadas específicamente) por medio
5 de cuatro válvulas principales de admisión, o válvulas de
estrangulación de admisión, TV1...TV4. El vapor se dirige
desde las cámaras de distribución de vapor de admisión a
la primera etapa de expansión de la sección de alta presión,
por medio de ocho válvulas de admisión de regulador GV1...
10 GV8 dispuestas para suministrar vapor a unas entradas de
admisión repartidas en arco en torno a la envolvente de tur-
bina de alta presión, constituyendo todo ello una disposi-
ción de válvulas de regulador en cierto modo típica para
turbinas grandes de combustible fósil.

15 En las aplicaciones en que las válvulas de estran-
gulación tienen capacidad o medios para el control de gas-
to, las válvulas de regulador GV1...GV8 están, típicamente,
abiertas por completo todas ellas durante la totalidad o
parte del proceso de arranque, haciéndose variar entonces
20 el gasto de vapor por medio de control de pleno arco por
válvulas de estrangulación. En un punto dado del procedi-
miento de arranque y puesta en carga, se efectúa, de modo
normal y preferiblemente automático, el cambio o transferen-
cia del control de pleno arco por válvulas de estrangula-
ción al control de pleno arco por válvulas de regulador, a
25 causa de las pérdidas de energía de estrangulación y/o la
reducida capacidad de control por estrangulación.

 En el modo de arco parcial, las válvulas de regu-
lador se hacen funcionar en una secuencia prefijada, usual-
30 mente encaminada a lograr un equilibrio térmico en el rotor

1 y una producción de esfuerzos relativamente reducida en los
álabes del rotor, que den por resultado la velocidad y/o el
nivel operativo de carga deseados para la turbina. Por ejem-
plo, en un modo tipo de control por válvulas de regulador,
5 las válvulas de regulador GV5...GV8 se hacen funcionar con-
juntamente de vez en cuando con el fin de definir unas posi-
ciones que den el gasto de vapor total deseado. Después de
haber llegado las válvulas de regulador GV1...GV4 al final
de su campo o región de control: esto es, al quedar comple-
10 tamente abiertas o en algún punto de superposición antes de
alcanzar las posiciones de completamente abiertas, las vál-
vulas de regulador GV5.. GV8 se ponen secuencial o sucesi-
vamente en funcionamiento por su orden numérico, dando un
control de gasto de vapor continuado a mayores niveles de
15 gasto de vapor. Esta sucesión o secuencia de funcionamiento
de las válvulas de regulador se basa en la suposición de
que las entradas controladas por válvulas de regulador se
hallan repartidas en arco, en torno a los 360º de periferia
de la envolvente de alta presión de la turbina.

20 En la disposición descrita con capacidad de con-
trol por válvulas de estrangulación, el método preferido de
puesta en marcha y en carga de la turbina consiste en ele-
var la velocidad de la turbina a partir de la correspondien-
te al mecanismo de arranque (de unas 2 rpm), hasta aproxima-
25 damente el 80% de la velocidad de sincronismo, bajo control
por válvulas de estrangulación: pasar o cambiar luego a con-
trol de pleno arco por válvulas de regulador y elevar la ve-
locidad de la turbina hasta la velocidad de sincronismo; ce-
rrar entonces los disyuntores del sistema de potencia; y sa-
30 tisfacer la demanda de carga con control de arco pleno o

1 parcial por válvulas de regulador de velocidad.

5 Después de haber cruzado el vapor al otro lado del sistema de álabes de impulsión de primera etapa, pasando al sistema de álabes de reacción de primera etapa de la sección de alta presión, se dirige el vapor a un sistema de recalentador intermedio 23 asociado, en relación de transmisión de calor, con el sistema generador de vapor 17, según lo indicado con el número de referencia 24. Con el nivel de entalpía aumentado, el vapor así recalentado pasa desde el sistema de recalentador intermedio 23 a través de la sección 21 de turbina de presión intermedia y de la sección 22 de turbina de baja presión. Desde esta última, el vapor viciado escapa a un condensador 25 desde el cual se devuelve una corriente de circulación de agua (no indicada) al sistema 17 generador de vapor.

15 Para controlar el flujo de paso de vapor de recalentamiento intermedio, hay una o más válvulas de cierre SV de recalentamiento intermedio normalmente abiertas y que se cierran sólo cuando se dispara la turbina. En el circuito de paso de vapor de recalentamiento intermedio hay previstas también unas válvulas de interceptación IV (de las cuales sólo hay una representada).

25 En el sistema tipo de generación de vapor por caldera cilíndrica o de tambor con combustible fósil, el sistema de control de la caldera hace funcionar a ésta de modo que la presión de estrangulación de vapor está regulada para que sea sustancialmente constante, o esté comprendida dentro de un intervalo de valores prefijado. Un detector 26 de la presión de estrangulación, de un diseño usual adecuado, detecta o percibe la presión de estrangulación

30

1 de vapor para los fines de vigilancia de datos y/o de control de la turbina o de la central. De convenir así, en aplicaciones a centrales nucleares o de otro tipo, la acción de control de la turbina puede tender a un control de
5 presión de estrangulación además o en lugar de un control de la velocidad y/o de la carga.

En general, la potencia o la carga de régimen permanente desarrollada por una turbina de vapor alimentada con vapor de una presión de estrangulación sustancialmente constante es proporcional a la razón o relación de
10 la presión de impulsión de primera etapa respecto a la presión de estrangulación. Cuando la presión de estrangulación se mantiene sustancialmente constante por medio de un control exterior, la carga de la turbina es proporcional
15 a la presión de impulsión de primera etapa. Se emplea un detector usual de presión 27 para detectar la presión de impulsión de primera etapa, para un uso asignado de control en el sistema de control 11 de la turbina.

Se prevé un sistema 28 de detección de velocidad, para determinar la velocidad del árbol de la turbina,
20 con fines de control de velocidad y de control de participación en la frecuencia; y este sistema puede incluir, por ejemplo, un dispositivo captador de reluctancia (no representado), magnéticamente acoplado a una rueda de muescas
25 (tampoco representada) montada en el árbol 14 del turbogenerador. En el presente caso se emplea una pluralidad de detectores o sensores para la detección de velocidad.

Para las cuatro válvulas de estrangulación TV1..TV4 y las ocho válvulas GV1...GV8 de regulador de velocidad se prevén, respectivamente, unos activadores 30 de
30

1 válvula de estrangulación y unos activadores 31 de válvula
de regulador, hidráulicamente accionados. También se prevén
unos activadores hidráulicamente accionados 32 y 33 para
las válvulas de cierre SV y de interceptación IV de recalen-
5 tamiento intermedio. Una alimentación 34 de fluido hidráuli-
co de alta presión suministra el fluido de control o de man-
do para el funcionamiento de los activadores de las válvu-
las TV1...TV4, GV1...GV8, SV e IV. Para las necesidades de
lubricación de la instalación de turbina se prevé, por se-
10 parado, un sistema de aceite lubricante (no representado).

Los activadores 30 y 31 de las válvulas de admi-
sión se hacen funcionar por medio de unos mandos o contro-
les electrohidráulicos de posición respectivos, 35 y 36,
que forman parte del sistema de control 11. De convenir así,
15 los activadores 33 de las válvulas de interceptación pueden
hacerse funcionar también por medio de un control de posi-
ción (no representado). Se prevén unos detectores respecti-
vos de posición de válvula, PDT1...PDT4 y PDG1...PDG8, para
generar unas señales respectivas de retroacción, de posi-
20 ción de válvula, que se combinan con unas señales respecti-
vas SP de punto de ajuste de posición de válvula con el fin
de dar unas señales de error de posición a partir de las
cuales se generan las señales de control de salida.

Las señales SP de punto de ajuste son generadas
25 por un regulador o controlador que forma parte también del
sistema de control 11. Los detectores de posición se prevén
de una forma usual adecuada: por ejemplo, pueden ser unos
transformadores diferenciales variables lineales que gene-
ren señales negativas de retroacción de posición para su
30 suma algebraica con las señales SP de punto de ajuste de

1 posición de válvula.

La combinación de un amplificador, convertidor, activador hidráulico 30 o 31 y el detector de posición de válvula asociado, y otros dispositivos variados, constituye un bucle de control analógico electrohidráulico local de posición de válvula para cada válvula de admisión de vapor, sea de estrangulación, sea de regulador, según se enseña y describe en la mencionada patente británica.

Con referencia a la fig. 2, el sistema de control 11 a base de calculadora numérica programada (ordenador) hace funcionar la turbina 10 con mejores características de funcionamiento dinámico, y puede incluir un equipo físico usual en forma de unidad central de tratamiento 40 y equipo de enlace de entrada/salida asociado, tal como el puesto en el mercado por la Westinghouse Electric Corporation y descrito con detalle en la revista "Westinghouse Engineer", mayo de 1970, vol. 30, Nº 3, págs. 88 a 93. Como se desprende de la descripción dada más adelante, el sistema de control de esta invención, para efectuar los cálculos indicados, puede hacer uso de cualquier ordenador (computador programable) de uso general, de uso especial o de los denominados microordenadores o "microprocesadores", que tenga posibilidades de trabajo en tiempo real, en combinación con el aparato de control ilustrado en la fig. 1 y con el equipo de enlace adecuado, o equivalentes de los mismos, como se indica en la fig. 2. Asimismo se sobreentiende que pueden usarse aparatos calculadores analógicos de usos especiales para efectuar los cálculos específicos requeridos, en la práctica de esta invención, para controlar el funcionamiento de cualquier turbina en particular.

1 El equipo de enlace para la unidad central de
tratamiento 40 del ordenador incluye un sistema de entrada
usual 41 para cierre de contactos, que explora señales de
contacto u otras similares representativas del estado de
5 diversas condiciones de la instalación y del equipo. Tales
contactos vienen indicados en general por el número de re-
ferencia 42 y podrían ser, como tipo, unos contactos de re-
lés de mercurio (no representados), accionados por unos
circuitos de excitación (tampoco representados) capaces de
10 detectar las condiciones prefijadas asociadas a los diver-
sos dispositivos del sistema. Los datos de contactos repre-
sentativos de estado se usan en funciones de enclavamiento
en programas de control o de otro tipo, funciones de siste-
ma de protección y alarma, vigilancia y registro de progra-
15 mación y registros de demanda, funcionamiento de un con-
trol manual supervisorio 43 ejecutado por ordenador, etc.

El sistema de entrada 41 relativo a cierres de
contacto acepta también señales numéricas de referencia de
carga, según lo indicado por el número de referencia 44.
20 La referencia de carga 44 puede ser manualmente ajustada
por el operador con el fin de definir el nivel deseado de
generación de potencia (megavatios), y el sistema 11 de
control por ordenador de la presente invención controla la
turbina 10, aumentando la carga para satisfacer la demanda
25 de generación de energía.

También se prevén enlaces de entrada por medio
de un sistema 45 usual de entradas analógicas, que muestrea
las señales analógicas procedentes de la instalación 12 a
una velocidad o con una frecuencia prefijadas (por ejemplo,
30 tal como la de 15 puntos por segundo para cada entrada de

1 canal analógico) y convierte las muestras de señal en valo
res numéricos para su introducción en el ordenador. Las se
ñales analógicas están engendradas por el detector de poten
cia 18, el detector 27 de presión de impulsión, los detecto
5 res PDIV y PDRV de posición de válvula, los detectores de
temperatura 46 y 47 y una diversidad de sensores analógicos
48, varios detectores de gasto de vapor, otros detectores
de temperatura del vapor, detectores de temperatura de tra-
bajo de una diversidad de equipos, detectores de presión y
10 temperatura del hidrógeno refrigerante de los generadores,
etc. Un sistema usual 49 de entrada de impulsos proporciona
señales de detector del tipo de impulsos, tales como las
generadas por el detector de velocidad 28, para su intro-
ducción en el ordenador. Estas señales de "contrapartida"
15 de las señales analógicas y de entrada de impulsos, se
usan en la ejecución de programas de control, funciones de
protección y sistema de alarma, registros programados y de
demanda, etc.

Unos dispositivos de entrada y salida de informa
20 ción permiten introducir y sacar del ordenador información
codificada y no codificada. Entre estos dispositivos se
incluye un sistema usual 50 de impresión y lectura de cin-
ta que se usa para varios fines, incluida, por ejemplo, la
introducción de programas en la memoria de núcleos de la
25 unidad central de tratamiento. También se prevé un sistema
de teletipo (teleimpresor) 51 usual que se emplea para fi-
nes tales como, por ejemplo, registrar salidas impresas,
según lo indicado por el número de referencia 52, y otros.
Se usan también unos dispositivos de presentación alfanumé
30 ricas y/o de otros tipos (53, 54 y 55) para comunicar in-

1 formación acerca de deformaciones de rotor, y otra información según se describe más adelante.

Hay un sistema usual de "interrupción" (ruptura en la secuencia de ejecución de un programa) 56 provisto del
5 equipo físico y circuitería adecuados para controlar la transferencia de entrada y salida de información entre la unidad de tratamiento 40 del ordenador y el equipo, más lento, de entrada/salida. Así, a la unidad de tratamiento 40 se le aplica una señal de interrupción cuando hay una entrada
10 dispuesta para su introducción o asiento, o bien cuando se ha terminado una transferencia de salida. En general, la unidad central de tratamiento 40 actúa al producirse las interrupciones, con arreglo a un programa ejecutivo usual. En algunos casos, se acusa recibo de interrupciones particulares y se actúa u opera sobre ellas sin limitaciones de prioridad ejecutiva.
15

El enlace para salidas viene proporcionado, para el ordenador, por medio de un sistema usual 57 de salida de cierres de contacto, que actúa en unión de un sistema
20 analógico de salidas 58 usual y con un sistema de salida 90 de control de posición de válvulas. Al sistema de salida de control de posición de válvulas va acoplado un mando o control manual 59 que puede hacerse funcionar para obtener un mando manual de la turbina durante los períodos de parada
25 del ordenador y otros intervalos de tiempo deseados.

Ciertas salidas numéricas de ordenador se aplican directamente para efectuar acciones de control, determinadas por programa y gobernadas por contactos, de partes de
30 equipo entre las que se incluyen los sistemas de lubricación y fluido de válvulas de alta presión, según lo indica-

1 do con el número de referencia 60, dispositivos de alarma
61 tales como zumbadores y de presentación, y sistemas y
dispositivos auxiliares 62 prefijados de la instalación,
tales como el sistema de hidrógeno refrigerante del genera-
5 dor. Las salidas numéricas de ordenador se aplican de igual
modo directamente al impresor de cinta y al sistema de tele
tipo 51, y a los dispositivos de presentación 53, 54 y 55.

Otras señales numéricas de salida del ordenador
se convierten primero en señales analógicas, mediante el
10 funcionamiento del sistema 58 de salidas analógicas y de
los sistemas de salida de control de posición de válvulas.
Las señales analógicas se aplican luego a los dispositivos
y sistemas auxiliares 62, los sistemas 60 de lubricación y
de fluido y los controles de válvula 50, para efectuar ac-
15 ciones de control determinadas por programa. Las señales
respectivas aplicadas a los controles 35, 36 y 37 de las
válvulas de vapor son las señales SP de punto de ajuste de
posición de válvulas, ya citadas anteriormente.

Organización general

20 Con referencia a la fig. 3, el sistema de con-
trol automático de la turbina está incluido en y forma par-
te del sistema de control numérico electrohidráulico (DEH)
designado con el número de referencia 70, del cual se des-
cribe una forma de ejecución en la mencionada patente bri-
25 tánica. La citada patente británica incluye también la des-
cripción de un sistema de arranque automático de turbina
(sistema ATS) como el aquí descrito anteriormente; y cuan-
do ciertos detalles del sistema ATS de la patente británi-
ca son comunes o se utilizan ya en el sistema de la presen-
30 te invención, tales detalles se describen aquí lo bastante

1 para permitir una comprensión del sistema del presente in-
vento.

5 Hay un programa P00, designado con el número 71,
controlado por el programa sincronizador auxiliar del sis-
tema DEH básico indicado en 70. Este programa recibe los
estados lógicos del sistema DEH básico y controla periódicamente el funcionamiento de cada uno de los diversos sub-
programas del sistema ATC, de control automático de la tur-
bina, según se describe en relación con las figs. 4A y 4B.
10 Un programa P07, designado con el número 72, proporciona
una entrada al sistema DEH básico 70 para controlar la de-
manda de velocidad de la turbina y la aceleración y régi-
men de adquisición de carga del generador. El sistema DEH
básico 70 proporciona una entrada al programa P07 corres-
pondiente a la demanda de carga, por parte del operador,
15 del generador de la turbina. El programa P07 da dichos pa-
rámetros de velocidad, aceleración y régimen de adquisi-
ción de carga bajo el vínculo o condicionamiento de los di-
versos programas P01...P06 y P08...P16, según se describe.

20 En cada uno de los organigramas o diagramas de
circulación para los programas hay unos bloques o espacios
triangulares cuya leyenda lleva como prefijo la designa-
ción del programa particular, tal como el P01, seguida de
la letra M y un número. Cada bloque triangular representa
25 un mensaje entregado al operador del sistema, sea por la
máquina de escribir, sea por medio de una luz indicadora.
Al describir los programas se omiten las referencias a los
bloques indicadores, siguiendo la última indicación dada a
la descripción del programa particular.

30 El programa P01 indicado en 73 calcula la infor-

1 mación relativa al rotor de alta presión. Tales cálculos in-
cluyen la temperatura superficial del rotor de alta presión
y la temperatura media del volumen del rotor y la diferen-
5 cia efectiva de temperaturas entre la de la superficie del
rotor y la temperatura media del volumen del rotor. Asimis-
mo, calcula los límites de esfuerzo para la adquisición de
carga y los límites de esfuerzo durante el control de velo-
10 cidad de amplio margen o intervalo. Un programa P16 desig-
nado en 74 calcula la temperatura de la superficie del ro-
tor de IP, la temperatura del ánima o taladro central, la
temperatura media del volumen y la diferencia efectiva de
temperaturas entre la temperatura superficial y la tempera-
15 ratura media del volumen, del rotor de IP. Este programa P16
fija también el límite de la diferencia efectiva de tempe-
raturas en el rotor de IP.

Un programa P04, que proporciona un control de
esfuerzos en rotor, es el designado con el número 75, y da
entrada al programa P07, indicado en 72, para controlar la
carga aplicada al generador con arreglo a los esfuerzos en
20 el rotor de alta presión (HP) y a los esfuerzos en el rotor
de presión intermedia (IP), procedentes de los programas
P01 y P16.

El programa P14 indicado en 77, que determina el
espacio de tiempo en que la turbina marchará a una veloci-
25 dad constante de acondicionamiento térmico, está controla-
do por el programa P16 de esfuerzos de rotor de IP, del
bloque 74, y por el programa P01 de esfuerzos en el rotor
de HP, del bloque 73. Un programa P09, indicado en el blo-
que 78, calcula y determina los diversos parámetros de ge-
30 nerador que se utilizan en el control del régimen de adqui

1 sición de carga del generador de la turbina.

Las porciones restantes del sistema se mencionan simplemente en cuanto a su función general con respecto al trabajo efectivo del sistema de control automático de tur-
5 bina de la presente invención, pero los detalles de los programas restantes no forman parte alguna del presente in-
vento. Por ejemplo, un programa P03, indicado en 79, com-
prueba todas las condiciones que no dejan a la turbina ro-
dar por sí sola despegando del mecanismo de arranque. Un
10 programa P05, indicado con el número 80, analiza las entra-
das de vibración presentes en un momento dado, procedentes
de la turbina, y adopta una acción con arreglo a una ten-
dencia de vibración previamente determinada.

Un programa P02 indicado en 81 comprueba las di-
15 ferencias de temperatura de un lado a otro de la pared de
la cámara de distribución de vapor, y controla la turbina
en el sentido de evitar los extremados esfuerzos origina-
dos por aquellas. Un programa P12, designado con el número
82, controla la turbina con arreglo a la diferencia exis-
20 tente entre la presión de escape de LP (baja presión) y la
temperatura del vapor de recalentamiento intermedio. Un
programa P06 indicado en 83 controla la turbina con arre-
glo a toda contingencia de detección de agua y de válvula
de desagüe. Un programa P11, designado con el número 84,
25 comprueba la posición del rotor longitudinalmente en la
envolvente, y la dilatación diferencial, con el fin de con-
trolar la turbina bajo un control automático de turbina.
Un programa P10 indicado en 85 comprueba el vapor de pren-
saestopas, el vapor de escape de LP y el vacío de condensa-
30 dor, en el sistema de control automático de la turbina. Un

1 programa P08, designado con el número 86, comprueba la tem-
peratura del metal de los cojinetes y la del aceite, en re-
lación con el control automático de la turbina. Un progra-
5 ma P13 indicado en 87 explora los sensores o detectores
analógicos previstos para determinar los esfuerzos en el
rotor de HP y en el de IP, y determina si existe o no un
fallo de detector que llegue a impedir el adecuado funcio-
namiento del sistema de control automático de turbina; y,
10 finalmente, un programa P15, designado con el número 76,
funciona regulando la secuencia operativa del sistema de
control automático de turbina a partir del mecanismo de
arranque, a través del período de acondicionamiento térmi-
co, hasta la sincronización y el control de la toma de car-
15 ga del generador. Por ejemplo, a partir de la señal de ve-
locidad del sistema de control numérico electrohidráulico
(DEH) básico, comprueba la velocidad efectiva y, por el
programa P14, determina si el acondicionamiento térmico es
20 tá completo, y ajusta adecuadamente la velocidad "objeti-
vo" a que se tiende para el siguiente "plató" (parte hori-
zontal del diagrama), a un régimen determinado por los es-
fuerzos de rotor. Proporciona una sincronización automáti-
ca a las 3600 rpm, tras alcanzar cierta velocidad; y, cuan-
do el disyuntor se cierra inicialmente, el índice de adqui-
sición de carga se fija a un valor o tasa particular, según
25 el esfuerzo presente en el rotor.

Con referencia al programa P00 de las figs. 4A y
4B, que es puesto en acción cada segundo por el sincroniza-
dor del sistema DEH, dicho programa inicia el funcionamien-
to de cada uno de los demás programas P01...P16 indicados
30 en forma de bloque o recuadro en la fig. 3. Antes de poner

1 se en funcionamiento el sistema de control automático de
turbina (ATC), el ordenador se hace funcionar durante un
período de dos horas con el fin de que puedan verificarse
2 todos los cálculos efectuados. Durante este tiempo, se com
5 prueban los diversos sensores en cuanto a validez, y se da
salida impresa a los mensajes apropiados, o se encienden
las luces indicadoras adecuadas, que informen al operador
acerca del estado o condición del sistema. En el caso de
que cualquiera de los cálculos asociados o relativos a los
10 esfuerzos de alta presión no sea válido, pero puedan serlo
los asociados a esfuerzos de IP (presión intermedia), por
ejemplo, el sistema de control automático de turbina no
controlará entonces la turbina, sino que estará simplemente
en situación supervisoria de modo que el operador pueda
15 poner en marcha la turbina, sin hacer caso de ninguna in-
formación concerniente al estado o condición de la turbina
de alta presión. Aun cuando los organigramas de las figs.
4A y 4B, en unión de sus leyendas apropiadas, se explican
por sí solos, respecto a muchos detalles, hay que señalar
20 que inicialmente, al ser puesto en acción el ordenador, el
programa comienza por el bloque 90, dando principio al re-
cuento de un tiempo de dos horas del ordenador. Un regis-
tro denotativo o bloque de decisión designado con el núme-
ro 91, activado por el sistema DEH básico para indicar el
25 comienzo del período o intervalo de tiempo, es reconocido
por el programa; y si el registro denotativo está activado
se despeja el de "tiempo transcurrido" de ordenador, indi-
cado en 92, el cual está puesto en comunicación con el sis-
tema DEH básico. Entonces se activa el registro indicador
30 o denotativo de "operador-automático" y se pone a cero un

1 contador de dos minutos, dando comienzo un recuento de dos
minutos, antes del de dos horas anteriormente citado, con
el fin de asegurar que los diversos aparatos inscriptores
y demás equipo periférico estén en funcionamiento. Luego,
5 cada vez que el programa se haga marchar durante los dos
primeros minutos, el contador de dos minutos se incrementa
en un segundo, como se indica en 93, y el programa sale por
94. Al final del período de dos minutos, el contador de dos
horas de HP y el contador de dos horas de IP se ponen a ce-
10 ro, como se indica en 95. Durante el período de dos minu-
tos, el programa se inicia a cada segundo en 96. Durante es-
te período se despejan diversos valores en el sistema, y
se activan varios registros denotativos. Por ejemplo, como
se indica en 97, se activan los registros de "esfuerzo de
15 HP no válido" y "esfuerzo de IP no válido". Como se indica
en 98, los niveles de recuento de temperatura de metal que
pueda haber almacenados en el ordenador, y los niveles de
recuento de dilatación diferencial, se ponen todos a cero;
y se despejan todos los registros denotativos de "luces de
20 estado" del control automático de turbina (ATC), así como
los de "dilatación diferencial anticipada" y "temperatura
de metal anticipada", indicados en 99. Al final del perío-
do de dos minutos, el programa comienza a cada segundo en
el bloque 100 y se salta los bloques anteriormente descri-
25 tos para comprobar, directamente en 101, si el DEH ha orde-
nado al control automático que se haga cargo del control
del funcionamiento de la turbina al final de período de dos
horas. El programa comprueba luego, en 102...105, diversos
registros denotativos relativos a la integridad y condición
30 del sistema. En el caso de que tales registros están "pues-

1 tos" o activados, se da salida impresa a unos mensajes
apropiados, según lo indicado por los triángulos rotulados
POOM01...POOM06. Por ejemplo, si el registro denotativo
102 está activado (respuesta afirmativa o "sí"), el mensa-
5 je impreso que sale advierte al operador que hay un detec-
tor o sensor vital fuera de servicio. Si está activado el
registro denotativo 103, el operador recibe aviso de que
existe una condición de disparo de turbina. Si el registro
denotativo 104 está activado, el operador es advertido de
10 que no son válidos los cálculos de esfuerzo del rotor; y
si el activado es el registro denotativo del bloque 105,
el operador recibe aviso de que el sistema de ATC (control
automático de turbina) no se ha hecho cargo del control;
porque el operador ha iniciado tal acción haciendo que la
15 demanda de carga real y efectiva sea lógica para con la
carga. En el caso de que el operador no haya pulsado el bo-
tón correspondiente para poner el ATC en control, como se
indica en 101, el programa efectúa una verificación para
determinar si tiene que estar bajo la supervisión de tur-
20 bina; y si el operador ha hecho funcionar dicho mando, se-
gún lo indicado en 106, el programa comprueba entonces
otras condiciones, indicadas en los bloques 107, 108, 109
y 110. Salen impresos unos mensajes apropiados, según lo
indicado por los bloques triangulares POOM07 y POOM08. Así,
25 durante las dos primeras horas de funcionamiento del orde-
nador, el sistema de ATC permitirá al operador poner en
marcha el sistema bajo una condición de operador-automáti-
co, sin que tal sistema haga otra cosa que sencillamente
imprimir como salida los diversos valores con fines super-
30 visorios solamente, y no para controlar la turbina. Con re

1 ferencia a la fig. 4B, el camino o trayecto de programa en
111, a la salida de los bloques 109 y 112 (fig. 4A), pone
en acción las "subrutinas" P01...P16 periódicamente, como
se indica en cada uno de los bloques adecuadamente rotula-
5 dos.

Con referencia a las figs. 5A y 5B, el programa
P01 de esfuerzos en rotor de HP, pedido cada cinco segun-
dos por el programa P00, hace uso, en sus cálculos, de va-
rias entradas detectadas, asociadas a la turbina de alta
10 presión. Estas entradas incluyen las de temperatura del me-
tal de primera etapa, temperatura del vapor de primera eta-
pa y temperatura del vapor de estrangulación. Tras compro-
bar el tiempo a partir del arranque, y los diversos regis-
tros denotativos de "no válido" efectuados por los bloques
15 de decisión comprendidos dentro del recuadro de trazo y
punto 113, el programa P01 comprueba la condición funcional
del generador de turbina en 114, 115 y 116, para determinar
si éste se halla movido por el mecanismo de arranque, o ba-
jo control de velocidad de amplio margen, o bien si ha trans-
20 currido el tiempo de acondicionamiento térmico. Al comienzo
del período de dos horas de recuento, antes mencionado, se
empieza por la temperatura de rotor de alta presión con el
valor de la temperatura de metal de primera etapa, según lo
indicado en 117. Asimismo, si la temperatura del metal de
25 primera etapa es menor de 121°C, según lo indicado por el
bloque de decisión 118, el límite de diferencia de tempera-
tura efectiva del rotor de HP se toma entonces igual al lí-
mite de temperatura de HP en frío, lo que, en otros térmi-
nos, indica al sistema que se trata de un arranque "en frío".
30 En el caso de que la temperatura del metal de primera etapa

1 sea mayor de 121°C, el límite de la diferencia de temperatu-
ras se fija igual a un límite de temperatura de HP calien-
te, indicando con ello que el arranque es "en caliente". En
el caso de que el bloque 115 indique que el disyuntor prin-
5 cipal está abierto, y el 116 que ha terminado el acondicio-
namiento térmico, se activa entonces en 120 el registro de-
notativo de límite de arranque "en caliente".

El sistema prevé asimismo un régimen "fuerte" o
alto de toma o adquisición de carga y un régimen normal de
10 adquisición de carga. El límite efectivo de diferencia de
temperatura para un régimen "fuerte" de adquisición de car-
ga es distinto del correspondiente a un régimen normal, lo
que permite al operador, para ciertas situaciones, aumen-
tar la carga en el generador más deprisa de lo normal. Esta
15 posibilidad se ilustra en 121 y 122, que son unos bloques o
registros denotativos controlados por un bloque de decisión
sobre "régimen alto de adquisición de carga", indicado en
123. Se prevé un contador de cinco minutos, indicado en
125, que calcula un coeficiente de transmisión de calor in-
20 dicado en 126. Una vez transcurrido el período de cinco mi-
nutos de marcha del contador, el coeficiente de transmisión
de calor calculado se mantiene en su valor actualizado (pre-
sente en un momento dado), según lo indicado en 127. En el
caso de que los disyuntores principales se abriesen, se
25 vuelve a calcular el coeficiente de transmisión de calor
para el período de cinco minutos. A la salida de los bloques
119 y 120, que ajustan el límite de diferencia efectiva de
temperatura, sea igual a un límite de temperatura de HP "en
caliente", sea igual a un límite de temperatura de HP "en
30 frío", se repone a cero el contador citado en el bloque

1 128, y se calcula el coeficiente de transmisión de calor
según lo indicado en 130. El bloque 130 calcula el coefi-
ciente de transferencia o transmisión de calor para un con-
5 126 calcula el coeficiente de transmisión de calor para un
control por carga, como se describe en lo que antecede.

La temperatura de superficie del rotor de HP y
la temperatura media de volumen de rotor, y la diferencia
efectiva de temperaturas, se calculan en 131. Los quince
10 últimos valores de la diferencia efectiva de temperaturas
calculados por el bloque 131 se actualizan, como se indica
en 132, a cada minuto según lo indicado en 133. También a
cada minuto se usa la tabla actualizada para extrapolar un
valor anticipado de la diferencia efectiva de temperaturas
15 de rotor de HP, en quince minutos a partir de aquí, como
se indica en 134. El programa comprueba luego en 135 la
diferencia efectiva actual o presente de temperaturas, res-
pecto al valor límite del sistema, siempre y cuando no es-
té activado el indicador de "esfuerzo de HP no válido" en
20 136, saliendo impreso un mensaje apropiado.

En la presente forma de realización del invento,
hay cuatro sensores o detectores de temperatura del vapor
de estrangulación distintos, situados en diferentes luga-
res. La diferencia entre estas diversas temperaturas de en-
25 trada se comprueba en 137, para determinar si tal diferen-
cia es mayor de 13,9°C. A continuación, se comprueba el
disyuntor principal y, si está abierto, hay un retorno del
programa. Si el disyuntor se halla cerrado, se comprueba
entonces la carga del generador en 138 y, si es menor del
30 20%, no se almacena ninguna de las temperaturas de estran-

1 gulación, y el contador de cinco minutos del sistema se re-
 pone a 300 segundos. Un bloque 140 efectúa una comproba-
 ción para determinar si alguna de las temperaturas de va-
 5 por de estrangulación almacenadas tiene un valor presente
 mayor de 66°C. El sistema comprueba luego en 141 el número
 de temperaturas de admisión o estrangulación almacenadas;
 y si el número de éstas es igual o mayor que seis se actua-
 lizan los valores, lo cual se produce a intervalos de cin-
 co minutos, para los cuatro sensores de temperatura del va-
 10 por de estrangulación que hay en el sistema.

Las fórmulas usadas en el cálculo del coeficien-
 te de transmisión de calor por los respectivos bloques 126
 y 130 son:

15 Coeficiente de transmisión de calor del vapor a la super-
 ficie del rotor en primera etapa de HP

Modo de control por velocidad:

$$H = C_1 P + C_2 N + C_3 P^2 + C_4 N^2 + C_5 P \cdot N + C_6$$

Modo de control por carga:

Para T menor de 300 segundos,

20 $H = C_7 + C_8 \cdot T$

Para T igual o mayor que 300 segundos,

$$H = C_9$$

siendo $C_1 \dots C_9$ unas constantes de transmisión de calor,

N, la velocidad en rpm,

25 P, el valor más alto de la presión de condensa-
 dor (Nos. 1, 2 y 3)

T, el tiempo en segundos a partir del cierre del
 disyuntor principal.

30 La temperatura superficial del rotor de HP se cal-
 cula de modo que sea la temperatura del vapor de primera

1 etapa a la presión y temperatura existentes del vapor de estrangulación, y la temperatura media de volumen $T_{AVG}(t)$ para el rotor de HP se calcula con arreglo a la fórmula siguiente:

5 Temperatura de rotor de 1ª etapa de HP

Temperatura superficial del rotor:

$$T_1(t) = C_{1,1} \cdot H \cdot T_{IMP} + C_{2,1} \cdot T_2(t-1) + (C_{3,1} - C_{1,1} \cdot H) \cdot T_1(t-1)$$

Temperatura de segmentos intermedios ($i = 2 \dots$

10 ($L-1$):

$$T_i(t) = C_{1,i} \cdot T_{(i-1)}(t-1) + C_{2,i} \cdot T_{(i+1)}(t-1) + C_{3,i} \cdot T_i(t-1)$$

Temperatura en el ánima del rotor:

$$T_L(t) = C_{1,L} \cdot T_{(L-1)}(t-1) + C_{3,L} \cdot T_L(t-1)$$

15 Temperatura media de volumen del rotor:

$$T_{AVG}(t) = \frac{\sum_{i=1}^L T_i(t) \cdot (V_i)}{\sum_{i=1}^L V_i}$$

A continuación, la diferencia efectiva de temperaturas entre la temperatura $T_1(t)$ superficial del rotor y la temperatura media $T_{AVG}(t)$ del volumen del rotor se halla con arreglo a la fórmula siguiente:

20

Diferencia efectiva de temperaturas del rotor

Para ranuras de raíz en T:

$$T_{DIF}(t) = C_{10} \cdot T_1(t) + (1 - C_{10}) \cdot T_u(t) - T_{AVG}(t)$$

25

Para ranuras de entrada lateral:

$$T_{DIF}(t) = T_{AVG}(t) - T_1(t) + C_{11} N^2$$

siendo $T_i(t)$ la temperatura presente del segmento de orden \underline{i} ;

30

$T_i(t-1)$, la temperatura anterior del segmento de orden \underline{i} ;

- 1 $C_{i,i}$, las constantes de conducción del calor del
segmento de orden i ($i = 1...3$);
- H, el coeficiente de transmisión de calor (del va
por a la superficie del rotor);
- 5 T_{IMP} , la temperatura del vapor de 1ª etapa (el va
lor mayor de los obtenidos en dos sensores);
- V_i , el volumen del segmento de orden i ;
- L, el número de segmentos (hasta 24);
- C_{10} , C_{11} , unas constantes de esfuerzo;
- 10 $T_u(t)$, una función que depende de la profundidad
de las ranuras; y
- N, la velocidad presente, en rpm.

Para extrapolar el valor anticipado en quince mi-
nutos, $T_{ANTICIP}$, de la diferencia T_{DIF} de temperaturas efec-
15 tivas del rotor de HP, se usa la fórmula siguiente:

$$T_{ANTICIP} = \left[(3 \cdot 15 + 1) \cdot T_{DIF}(t) - 2 \cdot \sum_{i=1}^{15} T_{DIF}(t-i) \right] / (15+1)$$

$$= 2,875 T_{DIF}(t) - 0,125 \sum_{i=1}^{15} T_{DIF}(t-i)$$

20 siendo $T_{DIF}(t)$ el valor presente de la diferencia efectiva
de temperaturas del rotor; y

$T_{DIF}(t-i)$, el valor de orden i almacenado, anterior,
de la diferencia efectiva de temperaturas
del rotor.

25 Las indicaciones de operador iniciadas por el pro
grama PO1 comprenden las de "esfuerzo de rotor de HP no vá-
lido-Vidar fuera de servicio", "la diferencia de temperatu-
ras del vapor excede de 13,9°C" y "esfuerzo de HP no válido,
cálculo menor de dos horas", por ejemplo.

30 Con referencia a las figs. 6A y 6B, el programa

1 P16 de esfuerzo de rotor de IP se pone en acción cada cinco segundos, a consecuencia del programa P00. La porción del programa comprendida entre líneas de trazo y punto 145 proporciona el recuento de dos horas, igual al del programa P01 de esfuerzos de rotor de HP antes descrito. El programa P16 utiliza en sus cálculos la temperatura del anillo de álabes de IP, la temperatura del vapor de entrada de IP y la temperatura del vapor de escape de IP. El programa verifica primero la condición de la instalación; es decir, si la turbina está o no moviéndose con su mecanismo de arranque, como se indica en 146; la condición del disyuntor principal en 147; y si el tiempo de acondicionamiento térmico ha terminado o no, según se indica en 148. Luego, se calcula en 150 y 151 la temperatura del vapor de ambiente del rotor de IP, y en 152 se calcula la temperatura del anillo de álabes de IP, mientras la turbina sigue todavía arrastrada por su mecanismo de arranque. Si el disyuntor principal está abierto, se calcula en 153 el coeficiente de transmisión de calor del vapor a la superficie del rotor de IP. Se comprueba la temperatura del metal del anillo de álabes de IP, para ver si es mayor de 121°C, menos un margen prefijado, en 154. Si es menor de 121°C, se fija el límite de la diferencia efectiva de temperaturas en el rotor de IP para que sea igual a un límite de temperatura de rotor de IP en frío, como se indica en 155; y si excede de 121°C, el límite de la diferencia efectiva de temperaturas del rotor de IP se pone en 156 a un valor igual al límite de temperatura del rotor de IP en caliente. El programa P16 calcula entonces la temperatura de la superficie del rotor de IP, la temperatura del ánima del rotor de IP, la

1 temperatura media de volumen del rotor de IP y la diferen-
cia efectiva de temperaturas del rotor de IP, según lo in-
dicado por el bloque de acción 157. Cada minuto de funcio-
namiento, el valor anticipado de la diferencia efectiva de
5 temperaturas del rotor de IP se extrapola en 158, y los
quinze últimos valores almacenados de esta diferencia efec-
tiva de temperaturas del rotor de IP se actualizan en 160.
Tras comprobarse la validez del esfuerzo de IP en 161, se
verifica en 162 el valor de la presente diferencia efecti-
10 va de temperaturas de rotor de IP, respecto al valor lími-
te que previamente se había fijado en 155 o en 156. El pro-
grama comprueba luego, en 163, si la temperatura del vapor
de admisión de IP, de una a otra de las válvulas de cierre
de recalentamiento intermedio, difiere en más de 13,9°C.

15 Si el disyuntor principal está cerrado, según lo
indicado en 147, tras el cálculo de la temperatura del va-
por de ambiente del rotor de IP en 150, se calcula en 164
el coeficiente de transmisión de calor al rotor de IP en
función del gasto de vapor. Luego, se comprueba el regis-
tro denotativo de alto o bajo régimen de adquisición de
20 carga; y, según qué régimen esté ajustado, el límite de
diferencia efectiva de temperaturas del rotor de IP se fi-
ja igual al límite de temperatura del régimen de carga al-
to" de IP o al límite de temperatura del "régimen normal
de carga". Si en 165 se indica que el disyuntor principal
25 está cerrado, se comprueba entonces la carga, para determi-
nar si es mayor del 20%. Si dicha carga es menor del 20%,
se pone a cero el número de valores de temperatura del va-
por de entrada o admisión almacenados. Si la carga es ma-
30 yor del 20%, se almacena entonces cada cinco minutos la tem

1 peratura del vapor de admisión y luego, para el sensor o
 detector (FRS) correspondiente, se determina la diferencia
 entre la temperatura del vapor de admisión y cualquiera de
 los valores almacenados, con el fin de determinar si exce-
 5 de de 66°C. A continuación se actualiza, en 167, el número
 de valores almacenados de temperatura de vapor de admisión.

La temperatura del vapor ambiente del rotor de
 IP, para las diversas condiciones de la turbina, se calcu-
 la mediante la fórmula siguiente:

10 Temperatura de vapor ambiente del rotor de IP

Turbina en arrastre con mecanismo de arranque:

$T_{A1}(t) = T_{A2}(t) = T_{A3}(t) = T_{IP}$ anillo de álabes
 Rodadura fuera de arrastre (desde el "despegue") has-
 ta la velocidad de sincronismo:

15
$$T_{A0}(t) = C_9 \cdot T_{VRIC} + C_{10} \cdot T_{IP EXH}$$

$$T_{A2}(t) = \frac{(C_{11} \cdot G - 0,5 \cdot K_{A1}) \cdot T_{A0}(t) + K_{A1} T_{11}(t-1)}{C_{11} \cdot G + 0,5 \cdot K_{A1}}$$

20
$$T_{A1}(t) = 0,5 \cdot [T_{A0}(t) + T_{A2}(t)]$$

$$T_{A3}(t) = C_{12} \cdot T_{VRIC} + C_{13} \cdot T_{IP EXH}$$

Turbina en carga (generador en línea):

$$T_{A1}(t) = T_{A2}(t) = C_{14} \cdot T_{VRIC} + C_{15}$$

$$T_{A3}(t) = C_{15} \cdot T_{VRIC} + C_{17}$$

25 siendo $T_{A0}(t)$ la temperatura presente del vapor que entra
 en las tiras de cierre hermético (véase la
 fig. 14);

$T_{A1}(t)$, $T_{A2}(t)$ y $T_{A3}(t)$, la temperatura ambiente pre-
 sente en las partes correspondientes de la fig.

30 14;

- 1 $C_9 \dots C_{17}$, unas constantes de cálculo;
- T_{IP} anillo de álabes, la temperatura del metal en el anillo de álabes de IP;
- 5 T_{VRIC} , la temperatura del vapor caliente de recalentamiento intermedio (valor promedio de dos sensores);
- $T_{IP EXH}$, la temperatura del vapor de escape de IP
- $T_{A1}(t-1)$, la temperatura anterior de iteración del punto de entramado (1,1) de la fig. 14;
- 10 K_{A1} , la conductancia térmica del punto de entramado (1,1) de la fig. 14, al vapor de ambiente; y
- G , el gasto o caudal de vapor.

La temperatura del rotor de IP, incluidas la temperatura de superficie, la temperatura de segmentos intermedios (según lo indicado en la fig. 14), la temperatura del ánima o taladro central del rotor, la temperatura media de volumen del rotor $T_{AVG}(t)$, y la diferencia efectiva $T_{DIF}(t)$ de temperaturas del rotor para los diversos tipos de ranuras del rotor de la turbina, se calculan según lo

15

20 indicado en el recuadro o bloque de acción 157, con arreglo a las fórmulas siguientes:

Temperatura del rotor de IP

Temperatura de la superficie del rotor ($i=1$):

Para $j=1 \dots 3$ y $N=(j-1) \cdot 5$,

25

$$T_{1,j}(t) = C_{1,(N+1)} \cdot K_{Aj} \cdot \sqrt{T_{Aj}(t-1) - T_{1,j}(t-1)} +$$

$$C_{1,(N+2)} \cdot T_{1,(j-1)}(t-1) + C_{1,(N+3)} \cdot T_{1,j}(t-1) +$$

$$C_{1,(N+4)} \cdot T_{1,(j+1)}(t-1) + C_{1,(N+5)} \cdot T_{2,j}(t-1)$$

30

$$T_{2,j}(t) = C_{2,(N+1)} \cdot T_{1,j}(t-1) + C_{2,(N+2)} \cdot T_{2,(j-1)}(t-1) +$$

$$C_{2,(N+3)} \cdot T_{2,j}(t-1) + C_{2,(N+4)} \cdot T_{2,(j+1)}(t-1) +$$

$$C_{2,(N+5)} \cdot T_3(t-1)$$

1 Temperatura de segmentos intermedios ($i=2\dots 7$):

Para $i=2$, $j=1\dots 3$ y $N = (j-1) \cdot 5$,

$$T_{2,1}(t) = C_{2,(N+1)} \cdot T_{1,1}(t-1) + C_{2,(N+2)} \cdot T_{2,(1-1)}(t-1) + \\ C_{2,(N+3)} \cdot T_{2,1}(t-1) + C_{2,(N+4)} \cdot T_{2,(1+1)}(t-1) + \\ 5 \quad C_{2,(N+5)} \cdot T_3(t-1)$$

Para $i=3$

$$T_3(t) = C_{3,1} \cdot T_{2,1}(t-1) + C_{3,2} \cdot T_{2,2}(t-1) + \\ C_{3,3} \cdot T_{2,3}(t-1) + C_{3,4} \cdot T_3(t-1) + C_{3,5} \cdot T_4(t-1)$$

Para $i = 4\dots(L-1)$

$$10 \quad T_j(t) = C_{i,1} \cdot T_{(i-1)}(t-1) + C_{i,2} \cdot T_i(t-1) + \\ C_{i,3} \cdot T_{(i+1)}(t-1)$$

Temperatura del ánima del rotor ($i=L$):

$$T_i(t) = C_{i,1} \cdot T_7(t-1) + C_{i,2} \cdot T_i(t-1)$$

Temperatura media de volumen de rotor:

15

$$T_{AVG}(t) = \frac{\left(\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^3 T_{i,j}(t) \cdot V_{i,j} \right) + \left(\sum_{K=3}^L T_K(t) \cdot V_K \right)}{\left(\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^3 V_{i,j} \right) + \left(\sum_{K=3}^8 V_K \right)}$$

20

Diferencia efectiva de temperaturas de rotor:

Para ranuras de entrada lateral,

$$T_{DIF}(t) = T_{AVG}(t) - T_{1,2}(t) + C_{19} \cdot N^2$$

siendo $C_{i,j}$ unas constantes de conducción del calor;

25

$T_{i,j}(t)$, la temperatura presente del segmento de orden i , subsección de orden j ;

$T_{i,j}(t-1)$, la temperatura anterior de lo mismo precedente;

$V_{i,j}$, el volumen del segmento de orden i , subsección de orden j ;

30

- 1 V_K , el volumen del segmento de orden k ;
 C_{19} , unas constantes de esfuerzo;
 L , el número de segmentos; y
 N , la velocidad presente, en rpm.

- 5 El coeficiente H de transmisión de calor del vapor de rotor de IP a la superficie del rotor de IP se calcula con arreglo a la siguiente fórmula:

Coeficiente de transmisión de calor del vapor a la superficie de rotor IP

10
$$H_1 = C_1 \cdot G^{0,7}$$

$$H_2 = H_3 = C_2 \cdot G^{0,8}$$

siendo H_1 , H_2 y H_3 unos coeficientes de transmisión de calor (véase la fig. 14);

- 15 G , el gasto de vapor (tanto por ciento del nominal):
 G = resultado calculado por el sistema DEH básico, cuando se está bajo el modo de control por régimen de carga, y
 $G = C_3 P + C_4 N + C_5 \cdot P^2 + C_6 \cdot N^2 + C_7 \cdot P \cdot N + C_8$, cuando
 20 se está bajo el modo de control por velocidad;
 $C_1 \dots C_8$, unas constantes de cálculo;
 P , el valor más alto de la presión de condensador (n^{os}. 1, 2 y 3);
 N , la velocidad de la turbina, en rpm.

- 25 La conductancia de calor del rotor de IP a la temperatura del vapor ambiente (K_{A1} , K_{A2} y K_{A3}) se calcula con arreglo a la fórmula siguiente:

Conductancia térmica del rotor de IP para con el vapor ambiente:

$$K_{A1} = \frac{1}{C_{18}/H_1 + C_{19}}$$

$$K_{A2} = K_{A3} = \frac{1}{\frac{C_{20}}{\text{LOG}_E(1+C_{21} \cdot H_2)} + C_{22}}$$

siendo K_{A1} , K_{A2} y K_{A3} la conductancia térmica en los puntos de entramado (1,1), (1,2) y (1,3) de la fig. 14;

H_1 , H_2 , los coeficientes de transmisión de calor; y $C_{19} \dots C_{22}$, unas constantes de cálculo.

La extrapolación de la diferencia efectiva de temperaturas del rotor de IP, calculada en 158, se efectúa de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$T_{\text{ANTICIP}} = \left[3 \cdot 15 + 1 \cdot T_{\text{DIF}}(t) - 2 \cdot \sum_{i=1}^{13} T_{\text{DIF}}(t-i) \right] / (15+1)$$

$$= 2.875 \cdot T_{\text{DIF}}(t) - .125 \sum_{i=1}^{15} T_{\text{DIF}}(t-i)$$

siendo $T_{\text{DIF}}(t)$ el valor presente de la diferencia efectiva de temperaturas del rotor de IP; y

$T_{\text{DIF}}(t-i)$, el valor anterior de orden i almacenado, de la indicada diferencia.

Las indicaciones de operador iniciadas por el programa Pl6 son las siguientes:

Pl6M01 = Esfuerzo presente en rotor de IP mayor del límite de duración admisible (% = Lím.) = XXX

Pl6M02 = Descenso de temperatura del vapor caliente de recalentamiento intermedio 66°C, a un régimen

1

que excede de $167^{\circ}\text{C}/\text{hora}$

P16M03 = La diferencia de temperaturas de vapor entre valores almacenados excede de $13,9^{\circ}\text{C}$.

5

P16M04 = Cálculo de esfuerzos en rotor no válido, menos de 2 horas.

10

Con referencia ahora a las figs. 7A, 7B y 7C, el programa P04, denominado de control de esfuerzos en rotor, se pone en acción cada treinta segundos y funciona mandando el programa P07 de control de demanda de velocidad de la turbina y aceleración y régimen de adquisición de carga del generador, con arreglo a los cálculos y lógica arriba descritos, de esfuerzo de rotor de HP y de rotor de IP, de los programas P01 y P16 respectivamente. Cada vez que se pasa el programa P04, éste despeja primero los diversos registros indicativos o denotativos, como se indica en 170; y luego comprueba el estado operacional de la turbina, según lo indicado por los bloques 171 y 172. En el caso de que el esfuerzo de HP no sea válido, o de que esté activado el registro denotativo de esfuerzo de IP no válido, el programa

15

20 P04 hace una verificación en 173, para determinar si el contador de dos horas antes descrito ha terminado su recuento, Si ello es así, se detecta en 174 la velocidad o tasa de variación de temperatura del vapor de primera etapa, para determinar si esta variación es mayor de 167°C por hora. Si

25 es mayor, el bloque 175 determina si la velocidad de la turbina es mayor de 600 rpm; y el bloque 176 determina si la velocidad de la turbina es menor de 3200 rpm. Si esta velocidad es menor de 3200 rpm, el bloque 177 comprueba la condición del disyuntor principal. Además, se activa en 178 un

30 registro denotativo para retener la temperatura de primera

1 etapa, y el programa P14 pone a cero el aumento o disminu-
ción admisible en las variaciones de carga, según lo indi-
cado en 180.

5 Una vez satisfechas todas las condiciones, de tal
modo que la turbina puede ser controlada por el sistema au-
tomático (ATC), el programa comprueba en 181 la condición
del disyuntor principal. Si el disyuntor está abierto, in-
dicando que el sistema se halla bajo control de velocidad
de amplio margen, el valor absoluto de la presente diferen-
10 cia efectiva de temperaturas del rotor de HP se compara con
el valor límite de HP, en 182. Si la diferencia de tempera-
turas es mayor que el valor límite de HP, se activa en 183
el registro denotativo de "retención o mantenimiento de es-
fuerzo de rotor". El programa verifica entonces en 184 la
15 condición de dicho registro denotativo de "retención de es-
fuerzo de rotor", y la condición del disyuntor principal
en 185. A continuación se compara el valor absoluto de la
presente diferencia efectiva de temperaturas del rotor de
IP con el valor límite de IP, en 186; y si dicha diferen-
20 cia de temperaturas es igual o mayor que el valor límite de
IP, se activa en 187 un registro denotativo de "retención
de esfuerzo de rotor". Después de volverse a comprobar (en
188) la condición del disyuntor principal, se pone a cero
en 180 el aumento o disminución admisible de cualquier va-
25 riación de carga. Así, en estas condiciones, el sistema per-
mite controlar la turbina en la velocidad o carga "presente",
en las que esté funcionando en un momento dado, pero no per-
mite un aumento de velocidad ni de régimen de adquisición
de carga. Para otras condiciones, considerando primero el
30 estado o condición del rotor de HP, en el cual el bloque

1 182 determina que la diferencia presente de temperaturas es
menor que el valor límite para HP, hay un bloque 190 que de
termina si el valor absoluto de la diferencia efectiva an-
ticipada de temperaturas del rotor de HP es igual o mayor
5 que el valor límite de HP. Suponiendo que dicha diferencia
anticipada de temperaturas sea igual a dicho valor, se com-
prueba en 191 el valor absoluto de la temperatura presente
de HP, para determinar si la citada diferencia es mayor que
el 85% del valor límite de HP. Si tal es el caso, el progra-
10 ma prosigue entonces por el bloque 183, y se activa el re-
gistro denotativo de "retención de esfuerzo de rotor", co-
mo en el ejemplo anterior. Suponiendo que la diferencia pre-
sente de temperaturas sea menor del 85% del valor límite de
HP, se activa un registro denotativo de "reducir régimen de
15 esfuerzo en rotor", según el bloque 192; y el programa pro-
sigue siguiendo el mismo camino descrito en el ejemplo an-
terior.

Suponiendo que la diferencia anticipada de tempe-
raturas del rotor de HP es menor que el valor límite de HP,
20 se hace en 193 una comprobación para determinar si el valor
absoluto de la diferencia anticipada de temperaturas es ma-
yor del 75% del valor límite de HP. Si es éste el caso, se
activa el registro denotativo en 192 para reducir el régi-
men de esfuerzo, lo mismo que en el ejemplo precedente. Su-
25 poniendo que tal diferencia de temperaturas sea menor del
75% del valor límite de HP, se comprueba luego la diferen-
cia anticipada efectiva de temperaturas del rotor de HP, en
194, para determinar si es mayor del 50% del valor límite
de HP. Así, estando la diferencia anticipada de temperaturas
30 entre el 50% y el 75% del valor límite de HP, se activa en

1 195 un registro denotativo para mantener el mismo régimen,
y el programa prosigue como en el ejemplo precedente. De
ser el valor de la diferencia anticipada de temperaturas
del rotor de HP menor del 50% del valor límite de HP, el
5 sistema efectúa entonces, en 196, una verificación para de-
terminar si la diferencia presente efectiva de temperaturas
del rotor de HP es o no mayor del 90% del valor límite de
HP. Si tal es el caso, se activa en 195 el registro denota-
tivo para mantener el mismo régimen. En el caso de que el
10 valor de la presente diferencia de temperaturas del rotor
de HP sea menor que el 90% del valor límite de HP, se acti-
va entonces un registro denotativo de "aumentar régimen de
esfuerzo de rotor", en 197, para aumentar el régimen de ve-
locidad de la turbina. Ahora bien, la condición del rotor
15 de IP o de recalentamiento intermedio predomina sobre los
ejemplos anteriormente dados de la condición de esfuerzos
presentes y anticipados en el rotor de HP. Así, el programa
recorre un único camino que entra por el bloque 184, para
comprobar la condición del rotor de IP, o de recalentamien-
to, bajo control de velocidad de amplio margen.
20

Con respecto al esfuerzo en rotor de IP, después
de activados los registros denotativos apropiados, según
lo descrito anteriormente en relación con el esfuerzo en
rotor de HP, el sistema comprueba en 184 la condición o es-
25 tado del registro denotativo de "retención de esfuerzos de
rotor". En el caso de que esté activado, y el bloque 188
indique que el disyuntor principal está abierto, se pone
a cero en 180 el aumento y disminución admisibles de la va-
riación de carga, sin necesidad de comprobar la condición
30 de los esfuerzos en rotor de IP. Ahora bien, en el caso de

1 que el registro denotativo de "retención de esfuerzos de
rotor" no esté activado, el bloque 185 comprueba la condi-
ción o estado del disyuntor principal, que para esta situa-
ción está abierto, y se compara la diferencia efectiva de
5 temperaturas de rotor de IP con su valor límite. En el ca-
so de que la diferencia presente de temperaturas del rotor
de IP sea igual o mayor que su valor límite, se activa en
187 el registro denotativo de "retención de esfuerzos de
rotor" y el programa toma la salida del modo antes mencio-
10 nado. Ahora bien, en el caso de que la diferencia efecti-
va de temperaturas de IP sea menor que el valor límite, se
comprueba en 200 la diferencia anticipada de temperaturas
para determinar si es igual o mayor que su valor límite.
Si tal es el caso, se verifica en 201 la diferencia efec-
15 tiva presente de temperaturas de rotor de IP, para determi-
nar si es igual o mayor que el 85% del valor límite; y, de
ser éste el caso, se activa en 187 el registro denotativo
de "retención de esfuerzos de rotor". En el caso de que la
diferencia presente de temperaturas del rotor de IP sea
20 menor del 85% del valor límite de IP, se activa en 202 el
registro denotativo de "reducir régimen de esfuerzos de
rotor". En el caso de que el bloque 186 dé una respuesta
negativa, indicando que la diferencia de temperaturas del
rotor de IP es menor que el valor límite de IP, y de que
25 un bloque 203 determine que el valor absoluto de la dife-
rencia efectiva anticipada de temperaturas del rotor de IP
sea igual o mayor que el 75% del valor límite de IP, el
bloque decisorio 202 activa el registro denotativo de "re-
ducir régimen de esfuerzos de rotor". De ser dicha diferen-
30 cia anticipada de temperaturas del rotor de IP menor del

1 75% del valor límite de IP, pero mayor que el 50% del va-
lor límite de IP según lo indicado en 204, se activa enton-
ces el registro denotativo de "aumentar régimen de esfuer-
zos de rotor", en 205. De ser dicha diferencia anticipada
5 de temperaturas menor del 50% del valor límite de IP, pero
siendo el valor absoluto de la diferencia presente de tem-
peraturas del rotor de IP igual o mayor que el 90% del va-
lor límite de IP, en 206, se despeja entonces en 205 el re-
gistro denotativo de "aumentar régimen de esfuerzos de ro-
10 tor". En el caso de que la diferencia efectiva presente de
temperaturas del rotor de IP sea menor del 90% del valor
límite para el rotor de IP, y al no haber sido activado el
registro denotativo de "seguir al mismo régimen" por la
comparación de esfuerzos de HP antes mencionada, que se com-
15 prueba en 207, se activa entonces en 208 el registro denota-
tivo de "aumentar el régimen de esfuerzos de rotor".

Para el control de carga de la turbina, hay un
bloque decisorio 181 que determina que el disyuntor princi-
pal está cerrado. Luego, en un bloque de decisión 210, se
20 determina si la carga está o no aumentando y el rotor de
HP se está calentando; o bien si la carga está disminuyendo
y el rotor de HP se está enfriando. Si se está produciendo
una u otra condición, se sigue entonces la lógica anterior-
mente descrita para el rotor de HP en relación con el con-
25 trol de velocidad de amplio margen, activándose los regis-
tros denotativos apropiados, sea para retener o mantener
el esfuerzo de rotor, reducir el régimen de esfuerzos de ro-
tor, permitir que este régimen siga igual o aumentar el ré-
gimen o tasa de variación de esfuerzos de rotor. Ahora bien,
30 en el caso de que el rotor de HP no se esté calentando ni

1 enfriando, según lo decidido en 210, el programa comprueba
entonces, en 196, la diferencia efectiva presente de tempe-
raturas de rotor de HP, para determinar si hay que activar
o no el registro denotativo en 195 con el fin de hacer que
5 el régimen de carga siga igual, o bien activar en 197 el
registro denotativo para aumentar el régimen de esfuerzos
del rotor. Para el esfuerzo de IP, con el disyuntor princi-
pal cerrado en 185, se comprueba en 211 el calentamiento
y enfriamiento del rotor de IP con el aumento o disminu-
10 ción de carga. En el caso de que la carga esté aumentando
y el rotor de IP calentándose, o bien la carga disminuyen-
do y el rotor de IP enfriándose, se verifican entonces los
mismos valores antes descritos en relación con el esfuerzo
de IP para el control de velocidad de amplio margen. En
15 cambio, si no sucede así o no es éste el caso, se compara
entonces el valor de la diferencia presente de temperatu-
ras del rotor de IP, en 206, sea para despejar (anular)
en 205 el régimen de aumento de esfuerzos de rotor si la
diferencia es igual o mayor que el 90% del valor límite de
20 IP, sea para activar el régimen de aumento de esfuerzos de
rotor, en 208, si el registro denotativo para hacer que el
régimen siguiera igual en 207 no fue previamente activado
por la comparación de esfuerzos de HP.

25 Tras activarse los registros denotativos en re-
lación con la lógica anteriormente descrita para el control
de carga, la indicación de que el disyuntor principal está
cerrado, hecha por el bloque decisorio 188, da origen enton-
ces a un cálculo de las variaciones admisibles de la tempe-
ratura del vapor de primera etapa para el margen presente
30 de esfuerzos del rotor de HP, según lo indicado por el blo

1 que decisivo 212. A continuación, partiendo del sistema
DEH básico (fig. 2), el sistema determina el funcionamien-
to en el modo de válvulas, en 213. Si el registro denotati-
vo del modo de válvula única se activa, indicando que el
5 sistema está funcionando con admisión de pleno arco, se
calcula entonces el aumento y disminución admisible en las
variaciones de carga, basándose en las características de
válvula única, según lo indicado en 214. En el caso de que
el sistema se halle funcionando en el modo secuencial o
10 de arco parcial, se calcula entonces en 215 el aumento y
disminución admisible en las variaciones de carga, basándo-
se en las características de válvulas secuenciales. En el
caso de que por el programa P07 (que más adelante se des-
cribe) venga activado un registro denotativo de "modo de
15 retención", según lo indicado en 216, el programa efectúa
entonces una verificación, en 217, para determinar si la
demanda "objetivo" (a que se tiende) almacenada es mayor
que la referencia de carga. Si tal es el caso, se pone en-
tonces a cero, en 218, el aumento de carga admisible. Si
20 la demanda "objetivo" es menor que la referencia de carga,
se pone entonces a cero, en 219, la disminución de carga
admisible.

Para determinar si la carga está aumentando y el
rotor de HP calentándose, o bien si la carga está disminu-
yendo y el rotor de HP enfriándose, en 210, se compara la
25 temperatura del vapor de primera etapa con la temperatura
calculada para la superficie del rotor. Si la temperatura
del vapor de primera etapa es mayor que la temperatura cal-
culada para la superficie del rotor, el rotor de HP se está
30 calentando. Si la temperatura del vapor de primera etapa no

1 es mayor que la temperatura calculada de la superficie del
 rotor, el rotor se está enfriando. Respecto a la determina
 ción para el rotor de IP en 211, el rotor de IP se está ca
 lentando si la temperatura calculada para el vapor ambien
 5 te es mayor que la temperatura calculada de la superficie
 del rotor en el punto de retícula o entramado (1,2) (fig.
 14). Si la temperatura de vapor ambiente calculada no es
 mayor que la temperatura calculada de la superficie del ro
 tor, en dicho punto de entramado, el rotor de IP se está
 10 enfriando.

A las variaciones de temperatura del vapor de
 primera etapa admisibles para el presente margen de esfuer
 zos de rotor de HP, calculadas en 212, se llega con árre
 glo a las fórmulas siguientes:

15 Para rotor con ranuras de raíz en T:

$$T_{\text{INCR}} = \frac{T_{\text{AVG}}(t) - (1 - C_{10}) T_u(t) + T_{\text{Limit}}}{C_{10}}$$

20

$$T_{\text{DECR}} = \frac{T_{\text{AVG}}(t) - (1 - C_{10}) T_u(t) - T_{\text{Limit}}}{C_{10}}$$

Para rotor con ranuras de entrada lateral:

25

$$T_{\text{INCR}} = T_{\text{AVG}}(t) + C_u \cdot N^2 + T_{\text{Limit}}$$

$$T_{\text{DECR}} = T_{\text{AVG}}(t) + C_u \cdot N^2 - T_{\text{Limit}}$$

siendo T_{INCR} el aumento o incremento admisible de tempera
 tura del vapor de 1ª etapa;

30 T_{DECR} , el decremento o disminución admisible de tem
 peratura del vapor de primera etapa;

1 $T_{AVG}(t)$, la temperatura media presente de volumen del rotor HP;

$T_u(t)$, la temperatura T_u presente en el rotor de HP;

C_{10} , C_u , unas constantes de cálculo de esfuerzo;

5 N , la velocidad en rpm; y

T_{Limit} , el límite de diferencia efectiva presente de temperaturas del rotor de HP.

En 214, el aumento y disminución admisibles de la carga, basados en características de válvula única, se calculan con arreglo a las fórmulas siguientes:

Funcionamiento con válvula única:

$$MW_{INCR} = \frac{T_{INCR} - T_{IMP}}{M_1} \cdot MW_{RATED}$$

15

$$MW_{DECR} = \frac{T_{IMP} - T_{DECR}}{M_1} \cdot MW_{RATED}$$

20

Si $MW_{INCR} < 0$, poner $MW_{INCR} = 0$

Si $MW_{DECR} < 0$, poner $MW_{DECR} = 0$

25

siendo M_1 la pendiente de la curva de temperatura del vapor de primera etapa en función de la potencia en MW, en las condiciones nominales de admisión o estrangulación.

30

La variación (aumento y disminución) de carga admisible, basada en las características de válvulas secuenciales, calculada en el bloque 215, lo es con arreglo a las fórmulas siguientes:

$$T_{R1} = T_{RATED} - (LB_{RATED} - L_{Present}) \cdot M_3,$$

(para $L_{Present} \leq LB_{RATED}$);

$$T_{R1} = T_{RATED} + (L_{Present} - LB_{RATED}) \cdot M_2,$$

(Para $L_{Present} > LB_{RATED}$);

$$LB_{Present} = LB_{RATED} \left(\frac{TO_{Present}}{TO_{RATED}} \right);$$

$$TR_2 = T_{RATED} - (LB_{RATED} - LB_{Present}) \cdot M_3,$$

(Para $L_{Present} \leq LB_{RATED}$);

$$TR_2 = T_{RATED} - (LB_{RATED} - LB_{Present}) \cdot M_2,$$

(Para $L_{Present} > LB_{RATED}$);

$$T_{BP} = T_{R2} - (T_{R1} - T_{IMP});$$

15 (i) Si $T_{DECR} \geq T_{BP}$:

$$MW_{INCR} = \frac{T_{INCR} - T_{IMP}}{M_2} \cdot MW_{RATED}$$

$$MW_{DECR} = \frac{T_{IMP} - T_{DECR}}{M_2} \cdot MW_{RATED}$$

20

(ii) Si $T_{INCR} \leq T_{BP}$:

$$MW_{INCR} = \frac{T_{INCR} - T_{IMP}}{M_3} \cdot MW_{RATED}$$

$$MW_{DECR} = \frac{T_{IMP} - T_{DECR}}{M_3} \cdot MW_{RATED}$$

25

(iii) Si $T_{INCR} > T_{BP} > T_{DECR}$:

Para $T_{IMP} \geq T_{BP}$,

$$MW_{INCR} = \frac{T_{INCR} - T_{IMP}}{M_2} \cdot MW_{RATED}$$

30

$$1 \quad MW_{DECR} = \left(\frac{T_{IMP} - T_{BP}}{M_2} + \frac{T_{BP} - T_{DECR}}{M_3} \right) \cdot MW_{RATED}$$

Para $T_{IMP} < T_{BP}$,

$$5 \quad MW_{INCR} = \left(\frac{T_{INCR} - T_{BP}}{M_2} + \frac{T_{BP} - T_{IMP}}{M_3} \right) \cdot MW_{RATED}$$

$$MW_{DECR} = \frac{T_{IMP} - T_{DECR}}{M_3} \cdot MW_{RATED}$$

Si $MW_{INCR} < 0$, por (i), (ii) o (iii):

10 poner $MW_{INCR} = 0$;

Si $MW_{DECR} < 0$, por (i), (ii) o (iii):

poner $MW_{DECR} = 0$;

siendo LB_{RATED} el tanto por ciento de carga en el punto de quiebro de la curva de temperatura del vapor de primera etapa en función de los MW, en las condiciones nominales de admisión o estrangulación;

15

T_{RATED} , la temperatura del vapor de primera etapa en el punto de quiebro arriba citado;

20

$LB_{Present}$, el tanto por ciento de carga en el punto de quiebro de la curva de temperatura del vapor de primera etapa en función de los MW, en las condiciones presentes de admisión o estrangulación;

25

T_{BP} , la temperatura del vapor de primera etapa en el punto de quiebro arriba citado;

$L_{Present}$, la referencia presente de carga, en tanto por ciento;

30

T_{R1} , la temperatura del vapor de primera etapa, correspondiente al tanto por ciento de carga pre

1

sente;

5

T_{R2} , la temperatura del vapor de primera etapa, correspondiente al tanto por ciento de carga $LB_{Present}$ de la curva de condiciones nominales de admisión (estrangulación);

10

M_2 , la pendiente del sector superior de la curva de temperatura del vapor de primera etapa en función de los MW, en las condiciones nominales de admisión;

M_3 , la pendiente del sector inferior de la curva de temperatura del vapor de primera etapa en función de los MW, en las condiciones nominales de admisión;

15

T_{IMP} , la temperatura presente del vapor de primera etapa;

T_{INCR} , T_{DECR} , procedentes de P04.2;

MW_{RATED} , la potencia nominal en megavatios;

20

MW_{INCR} , el incremento de carga admisible, en megavatios; y

MW_{DECR} , el decremento de carga admisible, en megavatios;

25

La activación de los diversos registros denotativos sea para retener los esfuerzos de rotor, reducir el régimen de esfuerzos de rotor, aumentar el régimen de esfuerzos de rotor o regular este régimen de modo que siga igual, es utilizada por el programa P07 para controlar la demanda de velocidad y la aceleración y el régimen de adquisición de carga como más adelante se describe.

30

Las indicaciones de operador iniciadas por el

1 programa P04 son las siguientes:

P04M01 = retener carga; cambio rápido de temp. de vapor 1ª etapa; Lím. = YYYC; cambio = XXXC.

5 P04M02 = retener velocidad; cambio rápido de temp. de vapor 1ª etapa; lím. = YYYC; cambio = XXXC.

Con referencia ahora a las figs. 8A y 8B, el programa P14 de acondicionamiento térmico es activado por el programa P00 cada 60 segundos. El programa determina primero si el registro denotativo de "terminado acondicionamiento térmico" está activado en 230, que es despejado o desactivado por el programa P16 cada vez que se pone en marcha cuando la turbina va con el mecanismo de volteo o de arranque. En el caso de que dicho registro de "terminado acondicionamiento térmico" esté activado, el programa no hace sino retornar, sin más acción. En el caso de que el registro denotativo de "terminado acondicionamiento térmico", en 230, no esté activado, el programa efectúa entonces una verificación para determinar la validez de la señal de esfuerzos en IP, en 231. Si el sistema muestra una señal afirmativa (esfuerzos en IP no válidos), el bloque 232 despeja el registro denotativo de "acondicionamiento térmico en marcha", y se pone en acción el programa. Si las señales de esfuerzo indican validez, el bloque decisorio 233 determina si el registro denotativo de "acondicionamiento térmico en marcha" está activado. Si no lo está, el bloque decisorio 234 determina si la velocidad real y efectiva es menor que la velocidad de acondicionamiento térmico, lo cual informa al sistema de que la velocidad de la turbina no ha alcanzado toda-

1 vía las 2200 rpm aproximadamente. Si la velocidad real no
es menor que la velocidad de acondicionamiento térmico, se
activa el registro denotativo de "acondicionamiento térmi-
co en marcha", según lo indicado por el bloque 235. Este
5 mismo indicador 235 se usa también para encender o apagar
la lámpara de estado de ATC, indicativa de que está en mar-
cha un "acondicionamiento térmico".

El sistema efectúa luego una verificación en
236, para determinar si la temperatura del ánima del rotor
10 de IP es mayor de 121°C más un determinado margen. Luego,
si no está activado el registro denotativo de fallo del
sensor de temperatura del metal de IP, en 237, el operador
es informado acerca de ello. Si el sensor está inutiliza-
do, el bloque decisorio 238 determina entonces si el ope-
15 rador ha pasado a "control por ATC". Si no lo ha hecho, se
desactiva un registro denotativo indicado en 239, que ex-
tingue la posibilidad de que el operador predomine sobre
el control por ATC. Si el sistema de turbina está en con-
trol por ATC, se activa entonces un indicador que advierte
20 al operador de que compruebe la curva de acondicionamiento
térmico para ver si hay un tiempo de acondicionamiento su-
ficiente, antes de intentar predominar sobre el sistema
de ATC. En el caso de que el operador haya accionado el
pulsador de predominio, según lo indicado por el bloque
25 240, se enciende una lámpara de panel informando al opera-
dor de que el acondicionamiento térmico ha dado fin, por
la acción de predominio por parte del operador. En 241 se
activa el registro denotativo de "predominio tolerado" pa-
ra el sistema DEH básico. Así, en el caso de que la tempe-
30 ratura calculada para el ánima del rotor de IP sea mayor

1 de 121°C más un margen, y el sensor del anillo de álabes de IP haya fallado, el operador puede predominar sobre el sistema de ATC, al habérsele dado los mencionados avisos.

5 Si el registro 237 indica que el sensor de temperatura del anillo de álabes de IP no ha fallado, se efectúa entonces en 242 la determinación de si la temperatura del metal del anillo de álabes de IP es mayor de 121°C más un margen prefijado. Si tal es el caso, el operador recibe información de que el acondicionamiento térmico ha terminado, y de que la temperatura calculada para el ánima del rotor es mayor que una temperatura prefijada; y también de que la temperatura del anillo de álabes de IP es mayor que una temperatura prefijada. Asimismo, el bloque 243 activa el índice denotativo de "acondicionamiento térmico terminado" para los demás subprogramas del sistema de ATC, y despeja o desactiva el registro de "acondicionamiento térmico en marcha", en 244, para los programas de ATC apropiados.

10 Ahora bien, en el caso de que la temperatura del metal del anillo de álabes sea menor de 121°C más el margen prefijado, el bloque 245 determina si el tiempo de acondicionamiento térmico restante es mayor de cero. Si es mayor que cero, se incrementa en un minuto el tiempo de acondicionamiento térmico restante, como se indica en 246; y si no es mayor que cero, se comprueba en 247 un contador "C" de diez minutos, para determinar si da menos de diez minutos. Si el contador da menos de diez minutos, se incrementa en un minuto en 248; y si no da menos de diez minutos, el contador "C" de diez minutos se pone a cero en 249. Al operador se le informa también de que es necesario un tiempo de acondicionamiento térmico adicional, porque la temperatura del ani-

15

20

25

30

1 llo de álabes de IP es menor de un valor prefijado. El con-
tador "C" está previsto para informar al operador acerca de
esta situación cada diez minutos.

5 El registro denotativo de temperatura del ánima
del rotor de IP, que indica que la temperatura es menor de
121°C más un margen, se utiliza para dar al operador, con
fines meramente indicativos, una estimación del tiempo
total de acondicionamiento térmico que puede necesitarse.
10 Esto se consigue estimando en 250 el tiempo de acondiciona-
miento térmico requerido, e informando al operador acerca
de este tiempo por medio del indicador que más adelante se
relaciona. Asimismo, si la temperatura del ánima del rotor
de IP es menor de 121°C más el margen citado, el programa
verifica en 251 si se ha activado el registro denotativo
15 de "tiempo de acondicionamiento térmico rectificado"; y si
el tiempo de acondicionamiento térmico restante no ha expi-
rado, según lo indicado en 252, el tiempo de acondiciona-
miento térmico restante se incrementa entonces en un minu-
to, en el bloque 253. Los bloques 254, 255 y 256 suminis-
20 tran la lógica para comprobar e informar al operador cada
diez minutos, por medio del indicador apropiado, de que se
requiere un tiempo de acondicionamiento térmico adicional
con arreglo a la temperatura necesaria calculada para el
ánima del rotor.

25 Las indicaciones de operador iniciadas por el
programa P14 son las siguientes:

P14M01 = Se necesita acondicionamiento térmico;
temp. calculada del ánima de rotor =
XXXX

30 P14M02 = Tiempo de acondicionamiento térmico es-

1

timado = XXX minutos

P14M03 = Se necesita calor acond. térmico adicional; temp. calculada del ánima de rotor para un lím. de YYYY, XXXC.

5

P14M04 = Se necesita calor acond. térmico adicional; temp. calculada del anillo álabes IP para un lím. de YYYY, XXXC.

10

P14M05 = Temp. ánima rotor calculada YYYY, mayor que temp. anillo álabes IP; sensor inutilizado

P14M06 = Comprobar curva acond. térmico buscando tiempo acond. suficiente antes de predominar

15

P14M07 = Acond. térmico finalizado por predominio operador

P14M08 = Acond. térmico terminado (completo)

P14M09 = Temp. ánima rotor calculada mayor de YYYY; temp. anillo álabes IP mayor de YYYY.

20

Con referencia ahora a las figs. 9A, 9B, 9C, para el control automático de la adquisición de carga del generador (programa P09), no sólo es preciso verificar y controlar las condiciones de la turbina sino también diversos parámetros de funcionamiento del propio generador eléctrico. El programa para supervisar la condición del generador es iniciado cada sesenta segundos por el programa P00. Dicho programa entra por 260 y despeja el registro denotativo de "temperatura alta del gas refrigerante" y "avería en el sistema de hidrógeno (designado en lo sucesivo H₂)". El sistema determina luego, en 261, si la temperatura de des-

30

1 carga o salida del refrigerador de H_2 es menor de $48^{\circ}C$. En
dicho bloque decisorio 261, se utiliza el valor más alto
de hasta cuatro detectores de temperatura del refrigerador
de H_2 . Si la temperatura es igual o mayor de $48^{\circ}C$, un indi-
5 cador informa al operador de que la temperatura de descar-
ga del refrigerador de H_2 está en su límite superior. Si
es menor que los $48^{\circ}C$, el indicador se despeja o desactiva.
El programa determina entonces, en 262, si la temperatura
de descarga o salida del refrigerador de H_2 es o no mayor
10 de $25^{\circ}C$. Si la temperatura no es mayor de $25^{\circ}C$, el opera-
dor es informado de que el límite inferior de temperatura
de descarga del refrigerador de H_2 es igual a una tempera-
tura prefijada; y si excede de dicha temperatura, se despe-
ja o anula la citada indicación al operador. Para el blo-
15 que decisorio 262 se usa el valor más bajo de hasta cuatro
sensores de la temperatura de descarga del refrigerador de
 H_2 . En 263 se efectúa una verificación para determinar si
la diferencia entre la más alta y la más baja temperatura
de descarga de gas de las bobinas de estator del generador
20 es o no menor de $8^{\circ}C$. Si no es menor, se informa al opera-
dor de que la máxima diferencia de temperatura entre las
salidas de gas excede del límite de temperatura; y si es
menor que el límite máximo de $8^{\circ}C$, se anula dicha indica-
ción.

25 A continuación se comprueba la presión de H_2 , en
el bloque 264, para determinar si es menor que el límite
máximo. Si no es menor que el límite máximo, un indicador
informa entonces al operador de que hay avería en el sis-
tema de H_2 , y se activa en 265 un registro denotativo de
30 "avería en sistema de H_2 " para uso en el programa PO7 que

1 más adelante se describe. También para uso en el programa
PO7 se prevé un registro denotativo de "temperatura alta
del gas refrigerante", en 266. El programa determina luego,
en 267, si la presión de H_2 es superior al límite mínimo;
5 si no lo es, se activa en 268 un registro denotativo de
existir "avería en sistema de H_2 ", para uso por parte del
programa PO7. El programa PO9 verifica luego la pureza del
sistema de hidrógeno; y si ésta es del 100%, según lo indi-
cado en 269, el programa determina luego, en 270, si el la-
10 do o cara de H_2 de la temperatura del aceite de cierre hi-
dráulico (hermético) está fuera de límites. Si está por ba-
jo de $27^{\circ}C$ o por encima de $49^{\circ}C$, se da una indicación de
este hecho al operador. En el caso de que la pureza del H_2
sea menor de 90% pero mayor de 85%, se da al operador una
15 indicación de que la pureza del H_2 está baja. Si es menor
del 85%, se da entonces la indicación de que la pureza del
 H_2 está muy baja, y se activa en 271 un registro denotati-
vo de "avería en sistema de H_2 ", para el programa PO7.

El programa comprueba a continuación el lado de
20 aire de la temperatura del aceite de cierre hidráulico, en
el bloque 272. Si está por bajo de $27^{\circ}C$ o por encima de
 $49^{\circ}C$, se da al operador una indicación de que la temperatu-
ra del aceite de cierre hidráulico, por el lado del aire,
está fuera de límites. Si la presión del aceite del cierre
25 hidráulico menos la presión del H_2 no es mayor de $0,28 \text{ kg/cm}^2$
manométricos, según lo indicado en 273, se informa en-
tonces al operador de que la presión diferencial del cie-
rre hidráulico es baja, y de que hay que corregir la ave-
ría inmediatamente o parar y purgar el sistema de H_2 . Por
30 consiguiente, se activa en 274 un registro denotativo de

1 "avería en sistema de H₂", para el programa P07.

En el panel de H₂ del generador existe cierto número de avisadores, cuyos contactos se cierran para una condición de alarma respectiva. El programa comprueba, en 275, si alguno cualquiera de estos contactos de avisador de generador está cerrado y, si lo está, se efectúa la indicación apropiada y se activa en 276 un registro denotativo adecuado, para el programa P07. La porción del programa contenida dentro de las líneas de trazo y punto, designada con el número 277, se prevé para los generadores que estén refrigerados por agua, y no hace más que comprobar el estado de la bomba de agua y las temperaturas de entrada y salida de agua, con el fin de informar al operador de manera acorde, por medio de los diversos indicadores. En 278 se comprueba la temperatura del aire de la excitatriz y, si es mayor de 52°C, se informa de ello adecuadamente al operador y se activa un registro denotativo de "temperatura alta del gas refrigerante", para el programa P07. En 280 se efectúa una comprobación similar, para determinar si la temperatura del aire de la excitatriz es menor de 52°C en otra parte de la excitatriz, y se activa un registro denotativo igual, en 281, para el programa P07. Si la diferencia de temperatura entre el aire que sale de la excitatriz y el aire que entra en la excitatriz no es menor de 27°C, como se indica en 282, se informa de ello al operador. En el bloque 283, se interroga a cada entrada de contacto procedente del equipo regulador de tensión, para determinar si alguno de los contactos del regulador de excitatriz está cerrado. Si tal es el caso, se activa en 284 un registro denotativo apropiado de "monitor de excitatriz",

1 para uso por el programa PO7. Si el disyuntor principal
no está cerrado, según lo indicado en 285, se produce un
retorno del programa. En cambio, si el disyuntor principal
5 está cerrado, indicando con ello que el sistema se halla
en control de régimen de adquisición de carga, el programa
calcula, en 286, el valor esperado y el límite de la ele-
vación de temperatura del gas de salida de las bobinas de
estator del generador. Si el generador está refrigerado
por agua, el cálculo sería entonces el de la elevación de
10 temperatura del agua. El programa efectúa luego una veri-
ficación, en 287, para determinar si la temperatura de sa-
lida o descarga del gas en las bobinas de estator del gene-
rador, menos la temperatura de salida del enfriador de H_2 ,
es menor que la elevación de temperatura calculada del blo-
15 que 286. Si no es menor que la elevación de temperatura
calculada, se informa de ello al operador. Luego, si la tem-
peratura de descarga de gas de las bobinas de estator del
generador menos la temperatura de salida del enfriador de
 H_2 no es menor que el límite de elevación de temperatura
20 calculado, según lo indicado en 288, se informa también
de ello al operador.

La elevación esperada de temperatura del agua o
del gas de descarga de bobinas de estator del generador,
o el límite de elevación de la misma, se ilustra para di-
25 versos tipos de generador en la tabla de la fig. 10, bajo
el encabezamiento adecuado. Para determinar la temperatura
de descarga de gas de las bobinas de estator del generador,
se usa el valor más alto de hasta doce sensores o detecto-
res de la temperatura del gas de descarga de las bobinas
30 de estator del generador; y se usa el valor más bajo de

1 hasta cuatro sensores de temperatura para la del aceite del
enfriador de H₂.

Las posibilidades reactivas del generador son de
importancia primordial en el control automático del régi-
5 men de adquisición de carga. Estas posibilidades reactivas
del generador no deben sobrepasarse durante la operación
de poner en carga el generador. En la presente forma de
realización del invento, se usa la presión presente de H₂
para seleccionar una curva de posibilidades apropiada, que
10 se establece partiendo de un máximo posible de cuatro jue-
gos o familias de curvas. Una familia de curvas consta de
tres arcos de circunferencia (véase la fig. 11) con cen-
tros en C1, C2 y C3 y de longitudes de radio R1, R2 y R3,
respectivamente. Los arcos de circunferencia dividen el
15 lado positivo de megavattios, del plano de megavares (MVAR)
menos el de megavattios (MW), en tres regiones diferentes,
a saber: región limitativa de arrollamientos de estator,
región limitativa de núcleos de estator y región limitati-
va de arrollamientos de rotor.

20 El programa despeja primero, en 290, un registro
denotativo que indica al sistema que se sobrepasan las po-
sibilidades reactivas del generador, y que se sobrepasan
también las de la curva de megavoltamperios (MVA) en fun-
ción de la frecuencia. Luego, se calculan en 291 los MVA,
25 el factor de potencia (PF) y el máximo de MVA admisibles,
a la presente frecuencia, Los MVA, el factor de potencia
y el máximo de MVA admisibles a la presente frecuencia se
calculan con arreglo a las fórmulas siguientes:

MVA y factor de potencia del generador:

30
$$MVA = \sqrt{(MVAR)^2 + (MW)^2};$$

1

$$PF = MW/MVA ;$$

PF en retardo, si MVAR es positivo;

PF en adelanto, si MVAR es negativo;

siendo MW la lectura presente de megavatios, y

5

MVAR, la lectura presente de megavares

Máximo de MVA admisible a la presente frecuencia

Para $N \geq 3600$ rpm:

$$\text{Máx. MVA admisible} = 100\% \text{ RMMVA} = \text{RMMVA}$$

Para N menor de 3600 rpm:

10

$$\text{Máx. MVA admisible} = \sqrt{100 - (60 - N/60) \cdot 12,5/57\%}$$

$$\cdot \text{RMMVA} =$$

$$= \sqrt{100 - 0,04167 \cdot (3600 - N) 7\%}$$

$$\cdot \text{RMMVA} =$$

$$= (0,4167 \cdot 10^{-3} \cdot N - 0,5) \cdot \text{RMMVA},$$

15

siendo RMMVA el máximo de MVA nominales, y

N la velocidad presente, en rpm.

A continuación, el bloque decisorio 292 verifica si el valor presente de MVA es menor que el máximo de MVA admisible. Si no lo es, el operador es entonces informado de que

20

se sobrepasa el límite de la curva de MVA del generador en función de la frecuencia; y se activa un registro denotati

vo correspondiente en 293. El programa comprueba, en 294,

si la presión de H_2 está dentro de los límites de funcionamiento, lo que viene indicado por la activación de los re-

25

gistros denotativos 265 y 268. Si no está dentro de límites operativos, se produce una devolución o retorno del programa. Si la presión de H_2 está dentro de los límites de fun-

cionamiento, se elige entonces la familia apropiada de curvas de posibilidades reactivas del generador, basada en la

30

presión de H_2 existente y con arreglo a la fig. 11, en el

1 bloque de acción 295. Si el valor de MVAR es mayor de cero
(positivo), según lo indicado en 296, el bloque 297 efectúa entonces una verificación para determinar si el factor
de potencia en retardo, calculado, es mayor que el factor
5 de potencia correspondiente a la familia de curvas elegida.
Si la indicación de 297 es negativa, se fija en 298 un centro y radio para la correspondiente región limitativa de
arrollamientos de rotor. A continuación se calcula, en 299,
la distancia entre el punto de funcionamiento del generador
10 y el centro del arco de circunferencia que define la región
limitativa elegida de la fig. 11. Si el radio de la región
elegida no es mayor que la distancia calculada, según la
comprobación hecha por el bloque 300, se activa en 301 un
registro denotativo de "sobrepasadas las posibilidades reactivas del generador", y se da al operador la indicación
15 adecuada de ello.

En el caso de que el valor de MVAR no sea mayor de cero, el bloque 302 efectúa una verificación para determinar si el factor de potencia en adelanto, calculado, es
20 menor del 95%. Si es menor del 95%, se fija en 303 el centro y el radio de la correspondiente región limitativa de
núcleos de estator. Si el valor de MVAR es mayor de cero y el factor de potencia en retardo calculado es mayor que
el valor de factor de potencia correspondiente a la familia de curvas elegida, se fija entonces en 304 el centro
25 y el radio de la correspondiente región limitativa de arrollamientos de estator. La distancia desde el punto de funcionamiento del generador al centro de arco elegido de la
región limitativa apropiada en el plano MW-MVAR se calcula
30 con arreglo a la fórmula siguiente:

- 1 PO9M11: Presión H₂ alta; lím. = YYY atm; presión =
XXX kg/cm²
- PO9M12: Presión H₂ baja; lím. = YYY atm; presión =
XXX kg/cm²
- 5 PO9M13: Cambio en bombas agua estator generador
- PO9M14: Sobre pasado límite curva KVA vs. frec. en ge
nerador
- PO9M15: Pureza H₂ muy baja; menor de 85%; pureza =
XXX
- 10 PO9M16: Temp. aceite cierre lado H₂ fuera de límites;
lím. = YYYY; temp. = XXXC
- PO9M17: Temp. aceite cierre lado aire fuera de lími-
tes; lím. = YYYY; temp. = XXXC
- PO9M18: Presión diferencial cierre baja; corregir fa-
15 llo inmediatamente o parar y purgar H₂
- PO9M19: Pureza H₂ baja; menor de 90
- PO9M20: Elev. temp. descarga bob. estator generador
alta; lím. = YYYC; elevación = XXXC
- PO9M21: La carga del generador sobrepasa la curva de
20 posibilidades; XXX kg/cm²

Con referencia ahora a las figs. 12A...12D, el programa PO7 controla la demanda de velocidad y la aceleración cuando la instalación de turbina está en control de velocidad de amplio margen; y el control de régimen de adquisición de carga cuando el disyuntor está cerrado; todo ello con arreglo a una información que incluye las diversas condiciones de registro denotativo de los programas antes descritos. El programa de demanda de velocidad y aceleración, y de control del régimen de adquisición de carga, PO7
25 es puesto en acción en cada segundo, por el programa PO0.
30

1 Dicho programa verifica primero en 310 las diver-
sas condiciones que pueden ser detectadas por otros progra-
mas y que hayan de introducir un disparo o parada de la tur-
bina. Por ejemplo, y con referencia a la fig. 3, una exce-
5 siva vibración detectada por el programa 80, o una detec-
ción de agua producida por el programa 83, etc. En el caso
de que exista tal condición y no esté activado el registro
denotativo de disparo o desenganche de la turbina, en 311,
se activa entonces el registro denotativo de "parar turbi-
10 na", para uso por parte del programa P00, con el fin de pa-
sar de control de ATC a control automático por operador en
312. El operador es informado de que el sistema de ATC ha
pedido un disparo o paro de turbina. A continuación se ha-
ce que funcionen las diversas salidas de contactos para
15 los distintos circuitos de alarma y desenganche. En el ca-
so de que no haya condición alguna que exija una parada de
turbina, se despeja o anula en 313 el registro denotativo
de "parar turbina"; y se abren en 314 las salidas de con-
tactos para los circuitos de alarma y disparo.

20 Un bloque decisorio 315 comprueba si el sistema
está o no en control de carga o de velocidad de amplio mar-
gen. En el caso de que se halle en control de velocidad de
amplio margen, se efectúan en 316 y 317 unas verificacio-
nes para determinar si el programa P12 (fig. 3) ha fijado
25 alguna condición que resulte perjudicial para los álabes
de la turbina. De ser así, un indicador informa al opera-
dor para que reduzca velocidad, con el fin de evitar reca-
lentamiento de los álabes de LP. Tras comprobarse en 318
que el sistema de ATC es el que está en control, se activa
30 un registro denotativo de "reponer demanda objetivo", y se

1 hace que la demanda "objetivo" almacenada sea igual a la
demanda objetivo de ATC. La velocidad de demanda objetivo
se obtiene del programa P12 (fig. 3), e incluye una velo-
5 cidad de 605 rpm a la cual se hace bajar la de la turbina
cuando la velocidad real y efectiva es mayor de 2150 rpm,
en el caso de que las condiciones de vapor vayan a produ-
cir un sobrecalentamiento peligroso de los álabes; e inclu-
ye la velocidad de acondicionamiento térmico a la cual ha-
bría de hacerse bajar la turbina si la velocidad real y
10 efectiva es mayor de 3550 rpm. Así, de requerirse una con-
dición de reducción de velocidad, según la velocidad de la
turbina procedente del programa P12, la referencia de ála-
bes de turbina se fija igual a la demanda objetivo de ATC,
en el bloque 320, como antes se ha descrito.

15 En 321 se vuelve a verificar el disyuntor princi-
pal y, si está abierto, el bloque 322 efectúa una comproba-
ción para determinar si la velocidad real y efectiva está
dentro de ± 7 rpm de la velocidad de demanda de DEH. Duran-
te cada operación del programa se almacena el estado de
20 "retener velocidad"; y si el registro denotativo de "rete-
ner velocidad" en 337 no está activado, se actualiza enton-
ces, en 338, el registro de "retener velocidad" anteriormen-
te almacenado. Si el registro denotativo de "retener velo-
cidad" está activado, se comprueba entonces, en 339, la di-
25 ferencia existente entre el registro denotativo y el esta-
do anterior almacenado, y se actualiza en 340. A continua-
ción, se pone la "velocidad de comprobación" igual a la ve-
locidad real en 341; y el programa prosigue en 329 del modo
antes descrito.

30 Después de actualizada en 338 la indicación de

1 "retener velocidad" anteriormente almacenada, y de haberse
determinado en 342 que las señales de esfuerzos de HP e IP
son válidas, se comprueban las entradas del programa de
control de esfuerzos de rotor para determinar el régimen
5 apropiado de aceleración o deceleración en control de ve-
locidad de amplio margen, y el régimen apropiado de adqui-
sición de carga en megavatios por minuto (como más adelan-
te se describe), en control de carga. La memoria del orde-
nador tiene almacenado un índice de tasas o regímenes con
10 la información siguiente:

<u>Índice de régimen nº.</u>	<u>Régimen de aoele- ración (rpm/min.)</u>	<u>Régimen de carga (% MW/min.)</u>
1	50	0,5
2	100	1,0
3	150	1,5
15 4	200	2,0
5	200	2,5
6	300	3,0
7	350	3,5
8	400	4,0
20 9	450	4,5
10	500	5,0

El programa P07 efectúa luego una comprobación para deter-
minar, en 343, si hay activado un registro denotativo para
25 reducir el régimen de esfuerzos del rotor; o bien en 344
para aumentar el esfuerzo de rotor. Si el bloque 343 se
halla en estado afirmativo, se comprueba en 345 el índice
de este régimen, para determinar si está en el mínimo de
régimen de aceleración o adquisición de carga. En el caso
30 de que el programa P04 no indique que hay que reducir o au

1 mentar el esfuerzo de rotor, se pone a cero en 346 un con-
tador de reducción de tres minutos, y se pone a cero en
347 un contador de aumento de tres minutos. En el caso de
que el índice de régimen esté en su valor más bajo, esto
5 es, sea igual a 1, se verifica entonces en 348 el registro
denotativo para reponer o desactivar la demanda objetivo.
Si el registro denotativo 348 está activado, se anula en-
tonces o despeja en 349, y la demanda objetivo almacenada
se pone igual a la demanda de DEH en 350, porque el régi-
10 men no puede bajar de 1. Si el bloque 348 da negativo, se
sigue entonces el programa, en control de velocidad de am-
plio margen, recorriéndose los bloques 321...326 antes des-
critos. En el caso de que el índice de régimen no esté en
su valor más bajo, el bloque 351 efectúa entonces una com-
15 probación para determinar si el contador de reducción de
tres minutos está a menos de 180 segundos. Si lo está, se
incrementa entonces en un segundo, en 352, y el programa
continúa recorriendo los bloques 348, 349 y 350 antes des-
critos. Si el contador de tres minutos está a su tiempo
20 máximo, se pone a cero en 353. Asimismo, se reduce en una
unidad el índice de régimen, en el bloque 354, lo cual re-
duce el régimen de aceleración de la turbina, en control
de velocidad de amplio margen. Por consiguiente, también
se reduce el régimen de adquisición de carga de la turbina
25 si se está en control de carga.

Si el programa P04 activa el registro denotativo
de régimen de "aumento de esfuerzo de rotor", se comprueba
en 355 el índice de régimen para determinar si es igual al
de máximo régimen, o índice 10. Si lo es, el programa pro-
30 sigue entonces yendo al bloque 348, antes descrito, porque

1 el régimen de aceleración o el de adquisición de carga está
a su máximo. Si no está a su máximo, se comprueba en 356 el
contador de tiempo de tres minutos de aumento, para determi-
nar si ha transcurrido el tiempo. Si no ha transcurrido, se
5 incrementa entonces en un segundo, en 357, el contador de
tres minutos de aumento. Si ha transcurrido, se pone a cero
el contador en 358, y se aumenta en una unidad el índice de
régimen en 359.

Así, el programa P04 de control de esfuerzos de
10 rotor regula el régimen de aceleración o deceleración, en
control de velocidad, a intervalos de tres minutos; y el
programa P04 de control de esfuerzos de rotor regula el ré-
gimen de adquisición de carga de la turbina a intervalos de
tres minutos, operando en control de carga. En la presente
15 forma de realización del invento, el sistema se halla es-
tructurado de modo que el índice de régimen tiene inicio en
el número de índice 4.

Tras haber sido reducido o aumentado el índice de
régimen en una unidad, en los respectivos bloques 354 y 359,
20 y después de haberse comprobado la condición del disyuntor
principal en 360, el régimen de aceleración de control auto-
mático de turbina se hace igual al índice de régimen, en
361, para el control de velocidad de amplio margen, y el
régimen de toma o adquisición de carga de la turbina se ha-
25 ce igual al índice de régimen de carga en 362. Si el disyun-
tor principal está abierto, el programa prosigue, pasando
al bloque 348 antes descrito.

Suponiendo que el disyuntor principal de circui-
tos esté cerrado, el programa proporciona una acción automá-
tica de aumentar o disminuir, o retener, el régimen de au-
30

1 mento de la carga, en megavattios por minuto, que se esté
engendrando por el generador de la turbina. El programa en-
tra por 310 y sigue a 315 si no hay condiciones de parada
o desenganche de la turbina; y luego despeja el registro
5 denotativo de "retener carga" en 370 (fig. 12C). En el ca-
so de que cualquiera de los demás programas haya detectado
una condición de la turbina que exija "retener o mantener
la carga" en 371, hay un registro denotativo en 372, deter-
minado por 373; y si existe tal condición, se activa un
10 registro denotativo 374 de "retener carga". Después de ve-
rificar la condición del registro de "retención de sensor
de predominio" en 375, y de activarse o no el registro de-
notativo apropiado de 376, se verifica el registro denota-
tivo de "retener carga" en 377. Si el registro denotativo
15 está activado, se efectúa en 378 una comprobación para de-
terminar si el registro de "retener carga" es distinto del
almacenado durante una operación anterior del programa. Si
no está activado, se actualiza el estado presente de "re-
tención de carga", en 379. Si el registro denotativo de
20 "retener carga" es distinto del estado anteriormente alma-
cenado, este estado anteriormente almacenado se actualiza
también, en 380. Si el ATC es el que lleva el control, se-
gún lo determinado por 381 a partir del sistema DEH básico,
el registro denotativo 382 efectúa la determinación de si
25 es el sistema automático de despacho o ejecución (ADS) el
que lleva el control. Si el ATC no está en control, se
produce simplemente un retorno del sistema. Si el sistema
automático de despacho (ADS) no es el que lleva el control,
la demanda objetivo almacenada se pone entonces igual a la
30 demanda objetivo de ATC, y se repone entonces el registro

1 denotativo de demanda objetivo, para 383. La demanda obje-
tivo de ATC se fija entonces igual a la referencia de car-
ga de DEH, en 384. Si el registro denotativo de "retener
5 carga" no está en condición distinta de la del estado an-
teriormente almacenado, el programa prosigue entonces hasta
321 (fig. 12D), que comprueba la condición del disyuntor
principal.

Como esta porción del programa está relacionada
únicamente con el control de la carga, el disyuntor princi-
10 pal se halla cerrado y el programa detenido, si es el sis-
tema automático de despacho (ADS) el que lleva a su cargo
el control, en 385. Si el operador introduce una demanda
de carga igual a la carga de DEH, según lo indicado en 386,
el sistema activa entonces un registro denotativo de "car-
15 ga igual a demanda", en 387. Se despeja el registro de "ré-
gimen de carga alto" 388 para el programa P01 anteriormente
descrito. En el caso de que el ADS lleve a su cargo el con-
trol, se activa un registro denotativo 389, para despejar
o anular la indicación de "carga igual a la demanda de car-
20 ga".

Suponiendo que no hay activado ningún registro
denotativo de "retener carga", el bloque 342 efectúa una ve-
rificación para determinar la validez del cálculo de esfuer-
zos de HP o de IP, y comprueba los registros denotativos pa-
25 ra, sea reducir, sea aumentar, el régimen de reducción de
esfuerzos de rotor, en 343 y 344, como se ha descrito ante-
riormente. El programa sigue luego los caminos indicados en
relación con la descripción de los bloques 345...347 y 351
...359 antes indicados en relación con el control de velo-
30 cidad de amplio margen. El programa comprueba luego la con-

1 dición del disyuntor principal; y el bloque 362 activa el
régimen de adquisición de carga de la turbina, para que sea
igual al índice de régimen de carga que fue aumentado o
disminuido, en 354 o en 359. El régimen de adquisición de
5 carga de la turbina se compara con el del generador en 390;
y si el régimen de adquisición de carga de la turbina es
mayor, se activa el régimen de adquisición de carga de ATC
para que sea igual al régimen de adquisición de carga del
generador, en 391. Si el régimen de adquisición de carga
10 del generador no es mayor que el régimen de adquisición de
carga de la turbina, se activa entonces el régimen de ad-
quisición de carga de ATC (control automático de turbina)
para que sea igual al régimen de adquisición de carga de
la turbina, en 392. El programa continúa luego en el blo-
15 que decisorio 348 antes descrito.

Las indicaciones de operador iniciadas por el
programa PO7 son las siguientes:

- PO7MO1 = Parada de turbina pedida por ATC
- PO7MO2 = Reducir velocidad para reducir recalentamien-
20 to de álabes de LP
- PO7MO3 = Retener velocidad; vibración alta
- PO7MO4 = Retener velocidad en retardo hasta reducir
a Z1, Z2 o Z3, para evitar resonancia de ála
bes
- 25 PO7MO5 = El esfuerzo de rotor inicia decremento de ré
gimen bajo
- PO7MO6 = El esfuerzo de rotor inicia decremento de ré
gimen de aceleración
- 30 PO7MO7 = El esfuerzo de rotor inicia incremento de ré
gimen bajo

- 1 PO7M08 = El esfuerzo de rotor inicia incremento de régimen de aceleración
- PO7M09 = Sensor de retener velocidad averiado; predominio de operador admisible
- 5 PO7M10 = Condición de alarma de retención velocidad en turbina
- PO7M11 = Condición de alarma en sistema retención de velocidad del generador
- PO7M12 = Sensor bajo de retención averiado; predominio de operador admisible
- 10 PO7M13 = Condición de alarma de retención baja en turbina
- PO7M14 = Condición de alarma en sistema retención baja de generador

15 Con referencia a la fig. 13, una parte o sección 400 de turbina de IP incluye un rotor 401 dotado de unos álabes rotatorios 402 que están situados en posición para girar respecto a unos álabes estacionarios 403, en respuesta a la fuerza propulsora del vapor de recalentamiento intermedio que entra por la admisión 404 y en la cámara 405. El vapor escapa por unas cámaras 406 y unos conductos 407, yendo a la parte o sección de turbina de baja presión (LP).

20

Los álabes estacionarios 403, que están situados entre los álabes rotatorios 402, van fijados a un anillo 408 de álabes. La temperatura del anillo de álabes 408 se detecta por medio de un termopar 410 que se extiende, por su extremo sensor, hasta penetrar en el anillo 408 de álabes, y que por su extremo exterior atraviesa la envolvente 411. El extremo exterior del termopar 410 está destinado a ir conectado al sistema de control de la presente invención. El ro-

25

30

1 tor 401 tiene un ánima o taladro central 412 que se extien-
de atravesándolo o recorriéndolo en sentido axial. La por-
ción del rotor 401 comprendida entre las líneas 14-14 de
trazo interrumpido ilustra aquella parte del rotor para la
5 cual se efectúan los cálculos de esfuerzo en el presente
sistema.

Con referencia ahora a la fig. 14, que represen-
ta de forma ampliada la citada porción de la turbina de IP
comprendida entre las líneas 14-14 de trazo interrumpido
10 de la fig. 13, las partes semejantes de la misma se designan
en ella con los mismos números de referencia.

Con referencia a la vista fragmentaria de la fig.
14, los álabes rotatorios 402 y 402' pueden ir fijados al
rotor 401 de manera ya conocida. En la presente forma de
15 realización del invento se describen los cálculos de es-
fuerzos, para fijaciones de álabes, sea del tipo usual de
"entrada lateral" ya conocido, sea para el de ranuras de
raíz en T. Frente a cada álabe rotatorio y estacionario,
402' y 403, del rotor de IP, hay un segmento axial P que se
20 extiende radialmente hacia dentro, desde la superficie del
rotor 401 hasta el ánima 412, que es aquella área del ro-
tor comprendida entre las líneas 415 y 416 en la que hay
diferentes coeficientes de transmisión de calor y conductan-
cias térmicas. Aun cuando en la fig. 14 se representa sólo
25 una de dichas áreas, la 415, 416, el rotor en toda su lon-
gitud puede considerarse compuesto de unos segmentos imagi-
narios contiguos, cada uno de los cuales tiene característi-
cas similares respecto a los diversos puntos de conductan-
cia y coeficientes de transmisión de calor de cada segmen-
30 to.

1 Por ejemplo, para el área del ánima que se ex-
tiende radialmente hacia dentro en bordes opuestos de los
álabes 402' y 403, el rotor se halla sometido al calor pro-
cedente del vapor que fluye con un gasto G, en sentido
5 axil, cruzando o pasando por los álabes 402, 403 y 402',
etc., y una porción del vapor circula por unos pasajes 420,
421 y 422 en torno a unas tiras de cierre hermético, tales
como las 423, que se extienden radialmente en estrecha pro-
ximidad con respecto a una superficie periférica 424 del
10 rotor 401, proporcionando un cierre hermético compensador
respecto al vapor.

Como se desprende de la vista fragmentaria de la
fig. 14, la superficie periférica del rotor de IP está lle-
na de irregularidades, entre las que se incluyen unas ranu-
15 ras situadas bajo las tiras 423 de cierre hermético, así
como las prolongaciones periféricas que asientan en la ba-
se de los álabes rotatorios 402 y 402' sea en la configu-
ración de "entrada lateral", sea en la de "raíz en T". De-
bido a estas irregularidades, que dan lugar a diferencias
20 de diámetro del rotor en intervalos axiales separados por
muy poca distancia, la conductancia térmica es distinta pa-
ra diversas porciones de cada uno de los segmentos indivi-
duales, tales como las ilustradas en el área comprendida
entre las líneas 415 y 416. Asimismo, la conductancia K si-
25 gue distintos caminos de entrada en el rotor, en cada uno
de los mencionados segmentos radiales. Por ejemplo, en cuan-
to a la conductancia K_{A1} , el calor se propaga sustancialmen-
te en sentido radial hacia dentro hasta el punto de retícu-
la o entramado 1,1 y el punto de entramado 2,1. La conduc-
30 tancia térmica K_{A2} se propaga en un trayecto indicado por

1 la línea de referencia de trazo interrumpido, hasta un punto
to 1,2 del interior del rotor 401, punto que se halla separado a cierta distancia en sentido axial del punto 1,1. También se conduce calor en el trayecto K_{A3} , en el álabe 402, hasta un punto de entramado 1,3. El coeficiente H_1 de transmisión de calor desde el espacio comprendido entre las tiras 423 de cierre hermético recorriendo la conductancia K_{A1} es hasta 10 veces mayor que el coeficiente H_2 de transmisión del calor que recorre los trayectos de conductancia K_{A2} y K_{A3} . Así, existe un flujo sustancial de calor en sentido axial en el rotor 401, así como en sentido radial desde la superficie del rotor hasta el ánima 412. Este flujo de circulación de calor, para cada una de las áreas radiales 415, 416 del rotor de IP, se propaga desde el punto de entramado 1,1 hacia el 2,1, porque el coeficiente de transmisión de calor es más alto en el trayecto que pasa por 2,1. La indicación T_{A0} en el trayecto 420 representa la temperatura ambiente efectiva del vapor; y es función de la admisión de vapor de recalentamiento intermedio y del escape de vapor de recalentamiento intermedio después de salir éste de la sección de turbina de IP. La temperatura T_{A2} en el trayecto 421 es igual a la temperatura en el punto de entramado 1,1 y a T_{A0} . Por lo tanto, la temperatura T_{A2} puede obtenerse de T_{A0} , y la temperatura T_{A1} de debajo de la tira 423 de cierre hermético es el promedio.

El enfoque bidimensional conforme a la presente invención da una mayor exactitud en la determinación del promedio de temperatura en volumen del rotor. Según se ha visto, es innecesario proseguir el cálculo bidimensional hacia dentro, más allá de los puntos de entramado o cuadrí

1 cula 2,1 y 2,2 y 2,3. A medida que el trayecto de conduc-
ción profundiza en el rotor, los cálculos pueden limitarse
entonces simplemente a una sola dimensión radial, y no a
dimensiones tanto axial como radial como sucede junto a las
5 porciones radiales exteriores del rotor. Los detalles de
cálculo de las diversas cantidades usadas en la determina-
ción en tiempo real del esfuerzo de rotor se desprenden de
las fórmulas expuestas en relación con el programa P16.-

Las páginas de apéndice A1...A71 constituyen una
10 relación programática, de los programas aquí descritos, in-
cluido el programa P15.

Para resumir en términos generales, el funciona-
miento de la central o instalación de turbina se controla
automáticamente a partir de la rodadura del mecanismo de
15 arranque hasta la aplicación de la carga de megavatios de-
seada, con arreglo a la condición en línea, en tiempo real,
de la instalación, de la manera siguiente:

El sistema de control permite almacenar en el or-
denador una pluralidad de regímenes de aceleración de velo-
20 cidad, y de adquisición de carga. Estos regímenes varían
por incrementos desde un mínimo prefijado hasta un máximo
prefijado; y el sistema, a intervalos periódicos, seleccio-
na estos regímenes con arreglo a unas condiciones presen-
tes y predichas de la instalación. Por ejemplo, el sistema
25 es capaz, sea de retener el régimen de adquisición de car-
ga, al valor o índice presente seleccionado; sea de redu-
cir el régimen o velocidad de adquisición de carga hasta
seleccionar el régimen reducido deseado, y luego retenerlo
o mantenerse en este régimen reducido; sea de aumentar el
30 régimen o velocidad de adquisición de carga hasta el valor

1 deseado, y luego retenerlo o mantenerse en él.

5 En la puesta en marcha de la turbina, tras "despegar" ésta o dejar de ser arrastrada por el mecanismo de arranque, el sistema elige uno (prefijado) de los regímenes de aceleración almacenados, siempre y cuando las condiciones de la instalación lo permitan. El sistema elige luego un límite de esfuerzo para la turbina de alta presión (HP) y la de presión intermedia (IP), límite que puede variar para el rotor de HP según la temperatura de la turbina de HP al "despegar" ésta del mecanismo de arranque y al estar sometida a carga, y para el rotor de IP según éste se esté calentando o enfriando. La diferencia efectiva de temperaturas, tanto para el rotor de HP como para el rotor de IP, se compara repetitivamente con su límite respectivo seleccionado. Además, se compara también la diferencia efectiva de temperaturas anticipada para un tiempo o instante futuro prefijado. Según el resultado de tales comparaciones, presente y anticipada, el sistema permite retener o mantener el esfuerzo, aumentar el esfuerzo o reducir el esfuerzo. Estas órdenes dan por resultado que el régimen de aceleración o el de adquisición de carga varíen incrementalmente en el sentido requerido, o sigan igual.

25 Antes de la sincronización, y al llegarse a la velocidad de acondicionamiento térmico, la turbina se mantiene a esta velocidad durante un período o intervalo de tiempo que depende de la temperatura calculada del ánima del rotor y de la temperatura real y efectiva del anillo de álabes de la turbina de IP. El sistema compara periódicamente estos valores y, al llegar ambas temperaturas a un

30

1 nivel prefijado, se permite al sistema aumentar la veloci-
dad de la turbina con sometimiento a las condiciones de ro-
tor de turbina de HP y de IP, según lo descrito anteriormen-
te.

5 Al cerrarse el disyuntor de circuitos, y tras la
aplicación de carga inicial, el sistema, en respuesta a la
acción del operador o de otros medios que pidan una carga
eléctrica "objetivo" (a la cual se tiende), modifica periód-
dicamente su régimen de adquisición de carga bajo las limi-
10 taciones de los rotores de turbina de HP y de IP y las po-
sibilidades del generador eléctrico.

En breves términos, los condicionamientos o limi-
taciones del generador que controlan el régimen de adquisi-
ción de carga incluyen la potencia aparente máxima admisi-
15 ble (megavoltamperios) y las posibilidades reactivas del
generador. La curva de posibilidades reactivas del genera-
dor se basa en la presión de hidrógeno existente, haciéndose
se una determinación de si el factor de potencia en retar-
do calculado es mayor que el valor de factor de potencia
20 de una curva seleccionada.

La determinación de esfuerzo del rotor de IP y
de la temperatura de ánima del mismo se calcula en dos di-
mensiones, para mayor exactitud.

Se sobrentiende que, aun cuando en relación con
25 el presente invento se habla de un ordenador o calculador
numérico programado, dotado de unidad central de tratamien-
to, para ejecutar las funciones aquí expuestas puede usar-
se un "microordenador" o un sistema analógico o numérico de
conexión fijo.

30

1 A continuación se explican los significados de letras de referencia incluidas en los dibujos.

FIGURA 1

5

ST - vapor

FIGURA 3

10

PR - programa de control ATC

ST - estados lógicos ATC

DEM - demanda de carga operador

SDM - demanda de velocidad ATC

RAT - régimen de carga aceleración ATC

15

SPD - demanda de velocidad y control régimen de carga aceleración

STR - esfuerzo rotor HP

STC - control esfuerzo rotor

SEQ - control de secuencia

20

ECC - excentricidad y vibración

DET - detección fallo perceptor

LPE - presión escape LP en función temperatura vapor de recalentamiento

SST - esfuerzo rotor IP

25

SOK - acondicionamiento térmico

GEA - engranaje girando

MFL - temperatura metal cámara distribución de vapor

SUP - supervisión generador

VAL - contingencia de detección de agua y de válvula de desague

30

- 1 ROP - posición de rotor y dilatación diferencial
GLA - vapor prensaestopas, vapor escape LP, vacío condensador
BER - temperatura metal y aceite cojinetes

5

FIGURA 4A

- ST - arranque
FR - del sistema DEH de base
10 COM - está ajustado indicador "tiempo transcurrido de ordenador"
N - no
Y - sí
FO - para
15 CN - está ajustado indicador "ATC en control"
CL - despejar
TUR - está ajustado indicador "supervisión de turbina desconectada"
FRO - de
20 CLE - despejar indicador "tiempo transcurrido de ordenador"
CHC - despejar todos los indicadores luminosos de estado de ATC "verificar dilatación diferencial anticipada",
"verificar temperatura de metal anticipada"
VIT - está ajustado indicador "fallo del perceptor vital
25 de ATC"
VID - está ajustado indicador "Vidar fuera de servicio"
FRB - para sistema DEH de base
STA - ajustar indicador "rechazo de ATC para funcionamiento automático"
30 STN - ajustar número de recuento de temperatura de metal en

130278

- 1 memoria = 0, número de recuento de dilatación dife-
rencial en memoria = 0
- TR - está ajustado indicador "disparar turbina"
- 5 SUP - está ajustado indicador "pulsador supervisión desco-
nectado"
- STM - ajustar contador 2 min = 0
- STR - ajustar "esfuerzo HP inválido", "esfuerzo IP inválido"
- STRE- está ajustado indicador "esfuerzo HP inválido" o "es-
fuerzo IP inválido"
- 10 CNT - es contador 2 min \geq 120 seg
- STC - ajustar contador HP 2 hr = 0, contador IP 2 hr = 0
- EQ - está ajustado indicador "demanda equilibrada de carga"
- INC - incrementar contador 2 min en 1 seg
- EX - salida
- 15 CLA - despejar indicador "supervisión solamente"
- SUPV - está ajustado indicador "supervisión solamente"
- SSU - ajustar indicador "supervisión solamente"
- ATR - está ajustado indicador "rechazo de ATC para funcio-
namiento automático"
- 20 CLT - despejar indicador "rechazo de ATC para funcionamien-
to automático".
- FIGURA 4B
- 25 C01 - llamada subrutina P01 cada 5 seg
- C16 - llamada subrutina P16 cada 5 seg
- C02 - llamada subrutina P02 cada 10 seg
- C06 - llamada subrutina P06 cada 10 seg
- C15 - llamada subrutina P15 cada 10 seg
- 30 C04 - llamada subrutina P04 cada 30 seg

- 1 CO5 - llamada subrutina P05 cada 5 seg
CO7 - llamada subrutina P07 cada 1 seg
HAT - ha cambiado indicador luminoso de estado de ATC
Y - sí
5 N - no
ST - almacenar el nuevo estado para imagen de memoria
STB - ajustar el bitio CCO luminoso al nuevo estado correspondiente
EX / - salida
10 RL - repetir ciclo tantas veces como número de luces
CO8 - llamada subrutina P08 cada 60 seg
FR - de
RU - está ajustado indicador "funcionamiento de P03"
CO3 - llamada subrutina P03 cada 60 seg
15 CO9 - llamada subrutina P09 cada 60 seg
C10 - llamada subrutina P10 cada 60 seg
C11 - llamada subrutina P11 cada 60 seg
C12 - llamada subrutina P12 cada 60 seg
C13 - llamada subrutina P13 cada 5 seg
20 C14 - llamada subrutina P14 cada 60 seg

FIGURA 5 A

- ENT - entrada
25 ST - ajustado por
STR - está ajustado indicador "esfuerzo HP inválido"
FR - de
STA - está ajustado indicador "fallo perceptor de vapor 1ª etapa"
30 COU - ajuste de contador HP 2 hr = 0

130278

- 1 N -- no
COUN - es contador HP 2 hr \geq 7200 seg
CUN - es contador HP 2 hr = 0
Y - sí
- 5 MTL - está ajustado indicador "fallo perceptor metal 1ª etapa"
FO - para
CL - despejar indicador "esfuerzo HP inválido"
CLE - despejar
- 10 INC - incrementar contador HP 2 hr en 5 seg
INT - iniciar temperatura rotor HP = temperatura metal 1ª etapa
TUR - está turbina conectada girando engranaje
TEM - es temperatura metal 1ª etapa $<$ 121°C
- 15 RTR - ajustar límite diferencia temperatura efectiva rotor
HP = límite frío de temperatura HP
T - a
RTRE - ajustar límite de diferencia de temperatura efectiva del rotor HP = límite caliente de temperatura HP
- 20 BR - está cerrado disyuntos principal
SOA - está ajustado indicador "acondicionamiento térmico completo"
LD - está ajustado indicador "régimen de carga alto"
- LIM - ajustar límite diferencia de temperatura efectiva del rotor HP = límite temperatura régimen de carga alto HP
- 25 CF - es contador "F" 60
HPR - ajustar límite diferencia temperatura efectiva rotor = HP límite temperatura régimen carga normal HP
- 30 INCR - incrementar contador "F" en 1

- 1 CLR - despejado por
PR - es diferencia presente de temperatura efectiva del rotor HP $\bar{<}$ valor límite
MS - mensaje reimpresso cada 2 min
- 5
- FIGURA 5B
- ST - ajustar contador "F = 0"
COM - computar coeficiente transferencia de calor
- 10 COS - computar temperatura superficial rotor HP y volumen rotor, promediar temperatura y diferencia de temperatura efectiva
COU - es contador 1 min \geq 60 seg
N - no
Y - sí
- 15 INC - incrementar contador 1 min en 5 seg
STC - ajustar contador 1 min = 0
F - para
EX - extrapolar valor anticipado 15 min de diferencia de temperatura efectiva del rotor HP
- 20 UP - actualizar los 15 valores últimos almacenados de diferencia de temperatura efectiva del rotor HP
STH - ajustar H = valor alto presente
CL - despejar
- 25 THR - es número de temperatura de estrangulación almacenada \geq 6
UPD - actualizar los 6 últimos valores almacenados de vapor de estrangulación (\neq 1, 2, 3 y 4)
RE - retorno
- 30 INCR - incrementar número de temperatura de estrangulación

1 almacenada en l

THRS - es diferencia de temperatura de vapor de estrangulación (entre ~~#~~1,2,3 y 4) $< -3,9^{\circ}\text{C}$

CLP - despejar POLMO3

5 BR - está cerrado disyuntor principal

LD - es carga $< 20\%$

COT - es contador 5 min ≥ 300 seg

SCT - ajustar contador 5 min = 0

FRS - es FRS (cualquiera de la temperatura de vapor de estrangulación almacenada - valor presente) $> 65,5^{\circ}\text{C}$

1 10 STH - ajustar número de temperatura de estrangulación almacenada = contador 0,5 min = 300 seg

INCM - incrementar contador 5 min en 5 seg

15

FIGURA 6A

ENT - entrada

CL - despejado por

ST - ajustado por

20 STR - está ajustado indicador "esfuerzo IP inválido"

Y - sí

N - no

FR - de

REH - está ajustado indicador "fallo perceptor vapor de re-

25 calentamiento"

STC - ajustar contador IP 2 hr = 0

RE - retorno

FO - para

SCT - es contador IP 2 hr ≥ 7200 seg

30 SCR - es contador IP 2 hr = 0

- 1 MTL - está ajustado indicador "fallo perceptor de temperatura de metal IP"
- CLE - despejar
- CLR - despejar indicador "esfuerzo IP inválido"
- 5 INC - incrementar contador IP 2 hr en 5 seg
- INT - iniciar temperatura rotor IP = temperatura metal anillo de álabes IP
- TUR - está turbina conectada girando engranaje
- STA - ajustar temperatura vapor ambiente = temperatura anillo álabes IP
- 10 CLS - despejar indicadores "acondicionamiento térmico completo", "acondicionamiento térmico resincronizado"
- COM - computar coeficiente transferencia de calor rotor IP en función de velocidad y contrapresión
- 15 RTS - es temperatura superficie rotor IP > temperatura media por volumen rotor IP
- BR - está cerrado cisyuntor principal
- DID - fallaron ambos canales de velocidad
- STV - ajustar contador IP 2 hr = 0, indicador "esfuerzo IP inválido"
- 20 COP - computar temperatura vapor ambiente rotor IP
- CMP - computar coeficiente transferencia de calor rotor IP en función de flujo
- STP - ajustar límite diferencia de temperatura efectiva rotor IP = límite diferencia de temperatura de carga rotor IP
- 25

FIGURA 6B

30 FO - para

130278

- 1 STR - ajustar límite diferencia de temperatura efectiva
rotor IP = límite diferencia de temperatura de rodadura rotor IP
- COM - computar temperatura superficial rotor IP, temperatura ánima, temperatura media por volumen y diferencia de temperatura efectiva
- 5 COU - es contador 1 min > 60 seg
- N - no
- Y - sí
- 10 INC - incrementar contador 1 min en 5 seg
- ST - ajustado por
- CL - despejado por
- STN - está ajustado indicador "esfuerzo IP inválido"
- STP - es (diferencia de temperatura efectiva presente rotor IP) < valor límite
- 15 STT - ajustar límite diferencia de temperatura efectiva rotor IP = límite diferencia de temperatura de calentamiento rotor IP
- STC - ajustar contador 1 min = 0
- 20 EX - extrapolar valor anticipado 15 min de diferencia de temperatura efectiva rotor IP
- UP - actualizar 15 últimos valores almacenados de diferencia de temperatura efectiva rotor IP
- MS - mensaje reimpresso cada 2 min
- 25 CLR - despejar
- INL - es diferencia de temperatura vapor de entrada IP entre $\#1$ y $\#2 < 3,9^{\circ}\text{C}$
- BR - está cerrado disyuntor principal
- LD - es carga $\geq 20\%$
- 30 CT - es contador 5 min ≥ 300 seg

- 1 STO - ajustar contador 5 min = 0
- BTW - es FRS diferencia entre temperatura de vapor de entrada IP presente y cualquiera de los valores almacenados $> 65,5^{\circ}\text{C}$
- 5 STM - ajustar número de temperatura de vapor de entrada IP almacenada = 0, contador 5 min = 300 seg
- INR - incrementar contador 5 min en 5 seg
- RE - retorno
- UPD - actualizar 6 últimos valores almacenados de temperatura de vapor de entrada IP ($\neq 1$ y $\neq 2$)
- 10 STD - es número de temperatura de vapor de entrada IP almacenada ≥ 6
- INM - incrementar número de temperatura de vapor de entrada IP almacenada en 1

15

FIGURA 7A

- ENT - entrada
- OL - despejar indicador "retener esfuerzo rotor", indicador "reducir régimen esfuerzo rotor", indicador "aumentar régimen esfuerzo rotor", indicador "retener temperatura 1ª etapa", indicador "mantener mismo régimen"
- 20 TUR - está turbina enganchada
- Y - sí
- 25 N - no
- TRG - está turbina conectada girando engranaje
- CLE - despejado por
- STB - ajustado por
- 30 STN - está ajustado indicador "esfuerzo HP inválido" o "esfuerzo IP inválido"

130278

- 1 RE - retorno
- COU - es contador HP 2 hr $>$ 300 seg
- STM - es régimen de cambio de temperatura vapor 1ª etapa
 $\geq 149^{\circ}\text{C/hr}$
- 5 SP - es velocidad $>$ 600 rpm
- SPD - es velocidad $<$ 3200 rpm
- STD - ajustar indicador "retener temperatura 1ª etapa"
- TO - para
- CLR - despejar
- 10 BR - está cerrado disyuntor principal
- CAC - calcular cambios de temperatura vapor 1ª etapa admisibles en el margen actual de esfuerzos rotor HP
- FRB - de sistema DEH de base
- SNG - está ajustado indicador "modo de válvula única"
- 15 CLC - calcular cambios de carga crecientes y decrecientes admisibles con base en características de válvula única
- FR - de
- HL - está ajustado indicador "retener carga"
- 20 TAR - es demanda de objetivo almacenada $>$ referencia de carga
- ALI - ajustar incremento de carga admisible = 0
- ALD - ajustar decremento de carga admisible = 0
- CAV - calcular cambios de carga crecientes y decrecientes admisibles con base en características de válvulas se-
- 25 cucionales

FIGURA 7B

- 30 BR - está cerrado disyuntor principal

- 1 N - no
 Y - sí
 SP - en velocidad
 LD - en carga
- 5 FR - de
 ABS - es valor absoluto de diferencia de temperatura efectiva presente rotor HP \geq valor límite HP
 FO - para
 ST - ajustar indicador "retener esfuerzo rotor"
- 10 STH - está ajustado indicador "retener esfuerzo rotor"
 LDI - está aumentando carga y disminuyendo calor o carga rotor HP y enfriándose rotor HP
 ABV - es valor absoluto de diferencia de temperatura efectiva anticipada rotor HP \geq valor límite HP
- 15 ABD - es valor absoluto de diferencia de temperatura efectiva presente rotor HP \geq 85% valor límite HP
 ABT - es valor absoluto de diferencia de temperatura efectiva anticipada rotor HP \geq 75% valor límite HP
 ABM - es valor absoluto de diferencia de temperatura efectiva anticipada rotor HP \geq 50% valor límite HP
- 20 ABF - es valor absoluto de diferencia de temperatura efectiva presente rotor HP \geq 90% valor límite HP
 STR - ajustar indicador "reducir régimen esfuerzo rotor"
 STS - ajustar indicador "mantener mismo régimen"
- 25 STI - ajustar indicador "aumentar régimen esfuerzo rotor"

FIGURA 7C

- BR - está cerrado disyuntor principal
- 30 N - no
- 130278

- 1 Y - sí
- FR - de
- ABS - es valor absoluto de diferencia temperatura efectiva presente rotor $IP \geq$ valor límite IP
- 5 FO - para
- ST - ajustar indicador "retener esfuerzo rotor"
- LD - está aumentando carga y disminuyendo calor o carga rotor HP o enfriándose rotor IP
- 10 ABV - es valor absoluto de diferencia de temperatura efectiva anticipada rotor $IP \geq$ valor límite IP
- AEP - es valor absoluto de diferencia de temperatura efectiva presente rotor $IP \geq 85\%$ valor límite IP
- ABT - es valor absoluto de diferencia de temperatura efectiva anticipada rotor $IP \geq 75\%$ valor límite IP
- 15 ABD - es valor absoluto de diferencia de temperatura efectiva anticipada rotor $IP \geq 50\%$ valor límite IP
- ABF - es valor absoluto de diferencia de temperatura efectiva presente rotor $IP \geq 90\%$ valor límite IP
- STR - ajustar indicador "reducir régimen esfuerzo rotor"
- 20 CL - despejar indicador "aumentar régimen esfuerzo rotor"
- STI - ajustar indicador "aumentar régimen esfuerzo rotor"
- STA - ajustar cambios de carga crecientes y decrecientes admisibles = 0
- RE - retorno
- 25 RM - está ajustado indicador "mantener mismo régimen"

FIGURA 8A

- ENT - entrada
- CL - despejado en
- 30 SOA - está ajustado indicador "acondicionamiento térmico"

- 1 completo"
- ~~N~~ - no
- Y - sí
- FR - de
- 5 STR - está ajustado indicador "esfuerzo IP inválido"
- SOK - está ajustado indicador "acondicionamiento térmico en
marcha"
- BOR - es temperatura ánima rotor IP > (121°C + margen #1)
- CLE - despejar
- 10 CLS - despejar indicador "acondicionamiento térmico en mar-
cha"
- SP - es velocidad real < velocidad acondicionamiento térmi-
co
- SOP - ajustar indicador "acondicionamiento térmico en mar-
cha"
- 15 RE - retorno
- RT - está ajustado indicador "acondicionamiento térmico re-
sincronizado"
- EST - estimar tiempo acondicionamiento térmico requerido a
partir de curvas acondicionamiento térmico
- 20 RTM - ajustar indicador "acondicionamiento térmico resincro-
nizado"
- MTL - es temperatura metal anillo álabes IP > (121°C - mar-
gen #2)
- 25 FO - para
- SSO - ajustar indicador "acondicionamiento térmico completo"
- RHS - es tiempo acondicionamiento térmico remanente > 0
- INC - incrementar tiempo acondicionamiento térmico remanen-
te en 1 min.
- 30 COU - es contador 10 min "C" < 10 min

1 INR - incrementar contador 10 min "C" en 1 min
 STC - ajustar contador 10 min "C" = 0

FIGURA 8B

5 FR - de
 MTL - está ajustado indicador "fallo perceptor temperatura
 metal IP"
 N / - no
 10 Y - sí
 CL - despejar
 FRO - de sistema DEH de base
 CNT - está ajustado indicador "ATC en control"
 CLE - despejar indicador "predominio tolerado"
 15 OVR - está ajustado indicador "pulsador predomonio apreta-
 do"
 FOR - para sistema DEH de base
 SOV - ajustar indicador "predominio tolerado"
 RE - retorno
 20 SOK - es tiempo acondicionamiento térmico remanente > 0
 DCR - decrementar tiempo acondicionamiento térmico remanen-
 te en 1 min
 COU - es contador 10 min "B" < 10 min
 INC - incrementar contador 10 min "B" en 1 min
 25 STC - ajustar contador 10 min "B" = 0

FIGURA 9A

ENT - entrada
 30 CL - despejar indicadores "temperatura gas refrigerante al-

- 1 ta", "sistema H₂ defectuoso"
- DSC - es temperatura descarga refrigerador H₂ < 48°C
- Y - sí
- N - no
- 5 CLE - despejar
- COL - es temperatura gas refrigerador H₂O > 25°C
- STT - es temperatura descarga gas bobina estator generador
(máxima-mínima) < 8°C
- STG - ajustar indicador "temperatura gas refrigerante al-
- 10 ta"
- FO - para
- PR - es presión H₂O < límite máximo
- PRS - es presión H₂ > límite mínimo
- FAL - ajustar indicador "sistema H₂ defectuoso"
- 15 STF - es 27°C < temperatura aceite cierre lateral de aire
< 49°C
- PUR - es pureza H₂O > 100%
- PUT - es pureza H₂O > 90%
- PUI - es pureza H₂O > 85%
- 20 STFH - es 27°C < temperatura aceite cierre lateral H₂ < 49°C

FIGURA 9B

- PR - es diferencia presión aceite de cierre menos presión
- 25 H₂ > 0,28 kg/cm² man
- Y - sí
- N - no
- CL - despejar
- CLE - despejar indicador "anunciador generador"
- 30 CNT - está cerrado cualquier contacto a anunciador generador

- 1 CLP - despejar P09MXX
- BOT - están desconectadas ambas bombas de agua de estator
#1, #2
- FAS - ajustar indicador "sistema H₂ defectuoso"
- 5 STG - ajustar indicador "anunciador generador"
- FO - para
- EXC - está temperatura aire excitatriz #33 en 52°C
- STR - es diferencia temperatura agua refrigerante estator
(salida-entrada) < 31°C
- 10 STC - es 25°C < temperatura entrada agua refrigerante es-
tator < 60°C
- PUP - es estado bombas de agua de estator #1 o #2 dife-
rente de su estado anterior
- STH - ajustar indicador "temperatura gas refrigerante alta"
- 15 EXT - es temperatura de aire excitatriz en #34 < 52°C
- XTI - es (salida de aire excitatriz #31 - entrada aire ex-
citatriz #33) < 27°C
- EXI - es (salida aire excitatriz #32 - entrada aire exci-
tatriz #34) < 27°C
- 20 CLM - despejar indicador "monitor excitatriz"
- UP - actualizar estados previos de ambas bombas de agua
de estator #1, #2
- FIGURA 9C
- 25 MON - está cerrado algún contacto de vigilancia para contro-
lador de excitatriz
- N - no
- Y - sí
- 30 CL - despejar P09MYX

- 1 FR - de
- ST - está ajustado indicador "elevación temperatura estator calculada válida"
- 5 CAL - calcular temperatura esperada y límite de elevación temperatura gas o H₂O de descarga bobinas estator generador
- GEN - es (temperatura descarga bobinas estator generador - temperatura salida refrigerador H₂O) < elevación esperada calculada
- 10 CLR - despejar P09M05
- EXC - ajustar indicador "monitor excitatriz"
- FO - para
- GENL - es (temperatura descarga bobinas estator generador - temperatura salida refrigerador H₂) < límite elevación calculado
- 15 CLI - despejar indicadores "capacidad reactiva generador excedida", "curva MVA en función frecuencia excedida"
- CLE - despejar
- 20 VS - está ajustado indicador "curva MVA en función frecuencia válida"
- CAP - está ajustado indicador "curva de capacidad válida"
- RE - retorno
- CAC - calcular distancia entre punto funcionamiento generador y centro arco circular de región limitadora seleccionada
- 25 CLC - calcular factor de potencia MVA y MVA max. admisible a frecuencia presente
- PR - está presión H₂O dentro límites funcionamiento
- 30 SEN - seleccionar ajuste curva capacidad generador apropiada

- 1 da con base en presión H_2 existente
- MV - es
- LG - es factor de potencia de retraso calculado $>$ valor
factor de potencia de juego de curvas seleccionado
- 5 ROT - limitación devanado rotor, ajustar centro y radio
para esta región
- LD - es factor de potencia de adelanto calculado $<$ 0,95
- COR - limitación núcleo estator, ajustar centro y radio pa-
ra esta región
- 10 WDG - limitación devanado estator, ajustar centro y radio
para esta región
- PRS - es MVA presente \leq MVA max. admisible
- CLP - despejar P09ML4
- SEL - es radio región seleccionada $>$ distancia calculada
- 15 RA - ajustar indicador "capacidad reactiva generador ex-
cedida"
- STF - ajustar indicador "curva MVA en función frecuencia ex-
cedida"
- 20 FIGURA 10A
- GEN - generadores
- EXP - elevación esperada de temperatura de gas o H_2O de
descarga de bobinas de estator de generador
- 25 RIS - límite de elevación de gas o H_2O de descarga de bob-
inas de estator de generador
- HY - refrigerados por hidrógeno
- WIT - con bobinas de estator de respiradero único, presión
nominal de gas $4,2 \text{ kg/cm}^2 \text{ man}$
- 30 WID - con bobinas de estator de doble respiradero, presión

- 1 nominal de gas $4,2 \text{ kg/cm}^2 \text{ man}$
- WIV - con bobinas de estator de doble respiradero, presión nominal de gas $5,25 \text{ kg/cm}^2 \text{ man}$
- WIW - con bobinas de estator refrigeradas por agua, presión nominal de gas $5,25 \text{ kg/cm}^2 \text{ man}$
- 5 COV - convencionalmente refrigerados
- RIC - elevación RTD esperada de bobinas de estator empotradas
- LIM/ - límite de elevación RTD de bobinas de estator empotradas
- 10

FIGURA 10B

- 15 GEN - generadores
- TY - tipo
- IND - índice
- AC - real
- CUR - curvas de capacidad reactiva de los generadores
- CUV - juego de curvas utilizado
- 20 COR - coordenadas centrales
- R - radio
- LI - líneas de factor de potencia
- LD - adelanto
- LG - retraso
- 25 HY - refrigerados por hidrógeno
- WIT - con bobinas de estator de respiradero único, presión nominal de gas $4,2 \text{ kg/cm}^2 \text{ man}$
- WID - con bobinas de estator de doble respiradero, presión nominal de gas $4,2 \text{ kg/cm}^2 \text{ man}$
- 30 WIV - con bobinas de estator de doble respiradero, presión

- 1 nominal de gas 5,25 kg/cm² man
 WIW - con bobinas de estator refrigeradas por agua, presión
 nominal de gas 5,25 kg/cm² man
 COV - convencionalmente refrigerados

5

FIGURA 11

- ROT - limitación devanado rotor
 STA - limitación devanado estator
 10 STC - limitación núcleo estator
 P.F.LD - adelanto factor de potencia
 P.F.LG - retraso factor de potencia

FIGURA 12A

15

- ENT - entrada
 CND - se requiere alguna condición de otro subprograma pa-
 ra disparar turbina
 Y - sí
 20 N - no
 TR - está ajustado indicador "disparar turbina"
 ST - ajustar indicador "disparar turbina"
 CLO - cerrar CCO para alarma disparo de turbina
 FRB - de sistema DEH de base
 25 SAT - está ajustado indicador "ATC en control"
 CLS - cerrar CCO para circuito disparo ATC
 RE - retorno
 FO - para
 CL - despejar indicador "disparar turbina"
 30 CLE - despejar

- 1 OP - abrir CCO para circuitos alarma de disparo y disparo
ATC
- BR - está cerrado disyuntor principal
- FR - de
- 5 TUR - está ajustado indicador "alarma álabes turbina"
- VIB - está ajustado indicador "alarma vibración"
- CLR - despejar indicador P07MO3 "retener velocidad"
- TUC - está ajustado indicador "condición de turbina requerida para mantener velocidad"
- 10 STT - ajustar indicador "retener velocidad"
- RUN - está ajustado indicador "reducción velocidad álabes turbina"
- STD - ajustar demanda DEH = referencia velocidad álabes turbina
- 15 STR - ajustar indicador "reponer demanda de objetivo", demanda de objetivo almacenada = demanda DEH
- CLT - despejar indicador "reducción velocidad álabes turbina"
- FRM - de programa lógico
- 20 SCH - ajustar "velocidad verificada" = referencia velocidad vibración

FIGURA 12B

- 25 CL - despejar
- GEN - está ajustado indicador "condición de generador requerida para retener velocidad"
- FR - de
- OVE - está ajustado indicador "retener perceptor de predominio"

- 1 N -- no
Y -- sí
FO -- para
HOL -- está ajustado indicador "retener velocidad"
5 HOD -- es indicación "retener velocidad" diferente de estado previo almacenado
STD -- ajustar indicador "retener velocidad"
UP -- actualizar estado previo almacenado "retener velocidad"
10 STH -- ajustar "velocidad verificada" = velocidad real
CHE -- está velocidad verificada dentro de cualquiera de las zonas de resonancia de álabes X1 e Y1
CLE -- despejar P07M04
FRB -- de sistema DEH de base
15 SAT -- está ajustado indicador "ATC en control"
RE -- retorno
CHS -- ajustar velocidad verificada = Z1
RST -- ajustar indicador "reponer demanda de objetivo", demanda de objetivo ATC almacenada = demanda de objetivo ATC
20 STT -- ajustar demanda de objetivo ATC = velocidad verificada
- FIGURA 12C
- 25 CL -- despejar indicador "retener carga"
TUR -- está ajustado indicador "condición turbina requerida para retener carga"
CLE -- despejar
N -- no
30 Y -- sí

- 1 GEN - está ajustado indicador "condición de generador requerida para mantener carga"
- FO - para
- BA - base
- 5 FR - de
- OVE - está ajustado indicador "retener perceptor de predominio"
- ST - ajustar indicador "retener carga"
- HOL - está ajustado indicador "retener carga"
- 10 UP - actualizar estado previo almacenado "retener carga"
- STR - está ajustado indicador "esfuerzo HP inválido" o "esfuerzo IP inválido"
- ROT - está ajustado indicador "reducir régimen esfuerzo rotor"
- 15 STN - ajustar contador de tiempo de reducción 3 min = 0
- HOD - es indicación "retener carga diferente de estado previo almacenado"
- UPD - actualizar estado previo almacenado "retener carga"
- FRB - de sistema DEH de base
- 20 STC - está ajustado indicador "ATC en control"
- SDS-- está ajustado indicador "control ADS"
- STT - ajustar indicador demanda de objetivo almacenada = demanda DEH, "reponer demanda de objetivo"
- STD - ajustar demanda DEH = referencia DEH
- 25 RE - retorno
- IND - es índice de régimen = 1
- RED - es contador de tiempo de reducción 3 min < 180 seg
- INC - incrementar contador de tiempo de reducción 3 min en 1 seg
- 30 STM - ajustar contador de tiempo de reducción 3 min = 0

1 RDU - reducir índice de régimen en 1

FIGURA 12D

5 FR - de
ROT - está ajustado indicador "aumentar régimen esfuerzo rotor"
N - no
Y - sí

10 STC - ajustar contador tiempo de aumento 3 min = 0
IND - es índice de régimen = 10
INT - es contador tiempo de aumento 3 min < 180 seg
INC - incrementar contador tiempo aumento 3 min en 1 seg
INR - incrementar índice de régimen en 1

15 RST - está ajustado indicador "reponer demanda objetivo"
CL - despejar indicador "reponer demanda objetivo"
STD - ajustar demanda DEH = demanda objetivo almacenada
BR - está cerrado disyuntor principal
FRO - de sistema DEH de base

20 SDC - está ajustado indicador "control ADS"
SOP - es demanda ingresada por operador = referencia DEH
SDM - está demanda DEH dentro velocidad ± 7
SDD - es demanda DEH > velocidad real
TUR - ajustar indicador luminoso "deceleración turbina"

25 EQ - ajustar indicador "demanda carga equilibrada"
FO - para
CLE - despejar indicador "régimen de carga alto"
RE - retorno
CLR - despejar indicador "demanda de carga equilibrada"

30 CLV - despejar indicador "cambio referencia velocidad de

- 1 vibración no permitido"
- STA - ajustar indicador luminoso "aceleración turbina"
- CLT - despejar indicador luminoso "deceleración turbina"
- CLA - despejar indicador luminoso "aceleración turbina"
- 5 STT - ajustar régimen aceleración ATC = (índice de régimen) aceleración
- STR - ajustar régimen de carga turbina = (índice de régimen) carga
- CLP - despejar
- 10 STL - es régimen de carga turbina régimen de carga generador
- SAL - ajustar régimen de carga ATC = régimen de carga generador
- SLA - ajustar régimen de carga ATC = régimen de carga turbina
- 15

FIGURA 14

- ROT - álabe rotor
- 20 ST - álabe estator
- RAT - régimen de flujo de vapor G
- CO - conductancia
- GR - punto de rejilla
- PT - trayectoria de conducción
- 25 BOR - superficie agujero ánima
- CAL - sistema de rejilla para cálculo de flujo de calor en rotor IP

30

130278

1

REIVINDICACIONES

5

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

10

1ª.- Perfeccionamientos introducidos en un sistema de control para controlar automáticamente el funcionamiento de una central de turbina que comprende una turbina de vapor dotada de una sección de alta presión y una sección de turbina de recalentamiento intermedio; un generador eléctrico acoplado a dicha turbina para producir energía eléctrica cuando está conectado a una carga, y unos medios de válvula de admisión de vapor para regular el paso de vapor a la turbina, caracterizados por el hecho de que dicho sistema comprende: unos primeros medios de detección para detectar la temperatura del vapor en unos lugares prefijados dentro de la turbina de vapor; unos segundos medios de detección para detectar la temperatura de unas partes metálicas estacionarias de la turbina situadas en lugares prefijados dentro de la turbina de vapor; unos medios de calcular dotados de los componentes siguientes: unos medios gobernados por los medios de detección primeros y segundos, para generar datos relativos a los esfuerzos térmicos de los rotores de turbina de alta presión y de recalentamiento intermedio; unos medios para generar una señal que regule la aceleración de la turbina con arreglo

15

20

25

30

1 a los datos generados relativos a los esfuerzos térmicos;
y unos medios gobernados por la señal de régimen de acele-
ración, para controlar las válvulas de admisión de vapor
en el sentido de regular el paso de vapor a la turbina.

5 2ª.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1ª,
caracterizados por el hecho de que los primeros medios de
detección son capaces de funcionar detectando la tempera-
tura del vapor caliente de recalentamiento intermedio que
entra en la sección de turbina de recalentamiento interme-
10 dio, y la temperatura del vapor que escapa de la sección
de turbina de recalentamiento intermedio; y los medios cal-
culadores incluyen: unos medios de generar datos relativos
a la temperatura del vapor ambiente en lados opuestos de
cada uno de los álabes de turbina contiguos, rotatorio y
15 estacionario, que forman pareja, con arreglo a la tempera-
tura del vapor detectada; unos medios de generar datos re-
lativos a la temperatura del vapor ambiente en un lugar
intermedio entre los de las temperaturas de vapor ambiente
calculadas de lados opuestos de dicho álabe estacionario,
20 entre las tiras de cierre hermético y la superficie del ro-
tor; y unos medios de generar datos relativos a la tempera-
tura en una pluralidad de lugares del interior de la masa
del rotor, repartidos en sentido axial, estando por lo me-
nos dos de estos lugares alineados radialmente con un ála-
be adyacente respectivo, estacionario y rotatorio.

25 3ª.- Perfeccionamientos según la reivindicación
1ª, caracterizados por el hecho de que los medios genera-
dores de datos de esfuerzo térmico para el rotor de turbi-
na de recalentamiento intermedio comprenden: unos medios
de generar un valor de datos relativo a la temperatura me-
30

1 dia de volumen del rotor de recalentamiento intermedio,
que incluyen medios de calcular valores de datos relativos
a la temperatura en una pluralidad de lugares axialmente re-
partidos en el rotor; y unos medios de calcular valores
5 de datos relativos a la temperatura en una pluralidad de
lugares radialmente espaciados en el ánima.

4ª.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones
1ª, 2ª ó 3ª, caracterizados por el hecho de que los medios
calculadores incluyen además unos medios gobernados por los
10 primeros y segundos medios de detección, para generar da-
tos relativos a la temperatura junto al eje de rotación del
rotor de turbina de recalentamiento intermedio; y unos me-
dios gobernados por los datos generados, relativos a la tem-
peratura del rotor de recalentamiento intermedio, para gene-
15 rar una señal que regule la turbina reteniendo o manteni-
do su velocidad en un valor de velocidad prefijado, en los
momentos en que los datos generados relativos a la tempe-
ratura del rotor de recalentamiento intermedio estén por
bajo de un valor prefijado, independientemente de los da-
20 tos generados relativos a los esfuerzos térmicos, suminis-
trándose la señal de retención a los medios de control de
la válvula de admisión de vapor con el fin de regular el
paso de vapor a la turbina.

5ª.- Perfeccionamientos según la reivindicación
25 4ª, caracterizados por el hecho de que los datos de tempe-
ratura generados para el rotor de turbina de recalentamien-
to intermedio son del ánima o taladro central axial de di-
cho rotor.

6ª.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones
30 1ª, 2ª ó 3ª, caracterizados por el hecho de que los medios

1 calculadores comprenden además: unos medios gobernados
por los segundos medios de detección, para generar una
señal que regule la turbina a fin de retener su velocidad
a un valor predeterminado en los momentos en que la tempe-
5 ratura de un punto prefijado de localización de temperatu-
ra del metal de la turbina de recalentamiento intermedio
esté por bajo de un nivel de temperatura prefijado, sien-
do suministrada la señal de retención a los medios de con-
trol de la válvula de admisión de vapor para regular el
10 flujo de paso de vapor a la turbina.

7ª.- Perfeccionamientos según la reivindicación
6ª, caracterizados por el hecho de que la temperatura del
punto prefijado de localización en el metal de la turbina
de recalentamiento térmico es la temperatura del metal del
15 anillo de álabes.

8ª.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones
4ª, 5ª, 6ª ó 7ª, caracterizados por el hecho de que el va-
lor de velocidad prefijado es el de la velocidad de acondi-
cionamiento térmico de la turbina.

20 9ª.- Perfeccionamientos según cualquiera de las
reivindicaciones precedentes, caracterizados por el hecho
de que los medios calculadores comprenden además: unos me-
dios para generar datos relativos a las posibilidades del
generador eléctrico; unos medios de generar una señal que
25 regule el régimen de adquisición de carga eléctrica por
parte del generador, con arreglo a los datos generados re-
lativos al esfuerzo térmico y con arreglo a los datos gene-
rados relativos a las posibilidades del generador eléctri-
co; y unos medios de controlar la adquisición de carga por
30 parte del generador con arreglo a la señal reguladora del

1 régimen de adquisición de carga.

5 10ª.- Perfeccionamientos según la reivindicación
9ª, caracterizados por el hecho de que los medios calcula-
dores incluyen: unos medios de gobernar los medios de con-
trol de adquisición de carga del generador, para retener
o mantener selectivamente la carga a su régimen presente
de generación, o aumentar su régimen de generación, o redu-
cir su régimen de generación; unos medios de generar una
señal eléctrica para reducir selectivamente el régimen de
10 esfuerzos de rotor de la turbina, o aumentar el régimen de
esfuerzos de rotor de la turbina o mantener el esfuerzo de
turbina a su régimen presente; unos medios de generar valo-
res de datos relativos al esfuerzo térmico presente y an-
ticipado del rotor de turbina de alta presión y del rotor
15 de turbina de recalentamiento intermedio; unos medios de
generar valores de datos relativos a las posibilidades
reactivas del generador eléctrico; y unos medios, regula-
dos por los datos de posibilidades de carga reactiva y por
los datos de esfuerzo térmico, para controlar los medios
20 de control de adquisición de carga del generador.

11ª.- Perfeccionamientos introducidos en un siste-
ma de control para controlar automáticamente el funcionamien-
to de una central de turbina.

25 Tal y como se ha descrito en la Memoria que ante-
cede, representado en los dibujos que se acompañan y con
los fines que se han especificado.

1

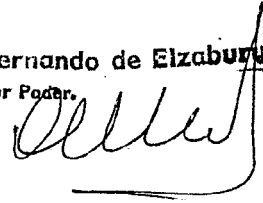
Esta Memoria consta de CIENTO DIECINUEVE hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 16.FEB.1978

P.A.

5

Fernando de Elizaburu
Por Poder.



10

15

20

25



30

130278

VAL

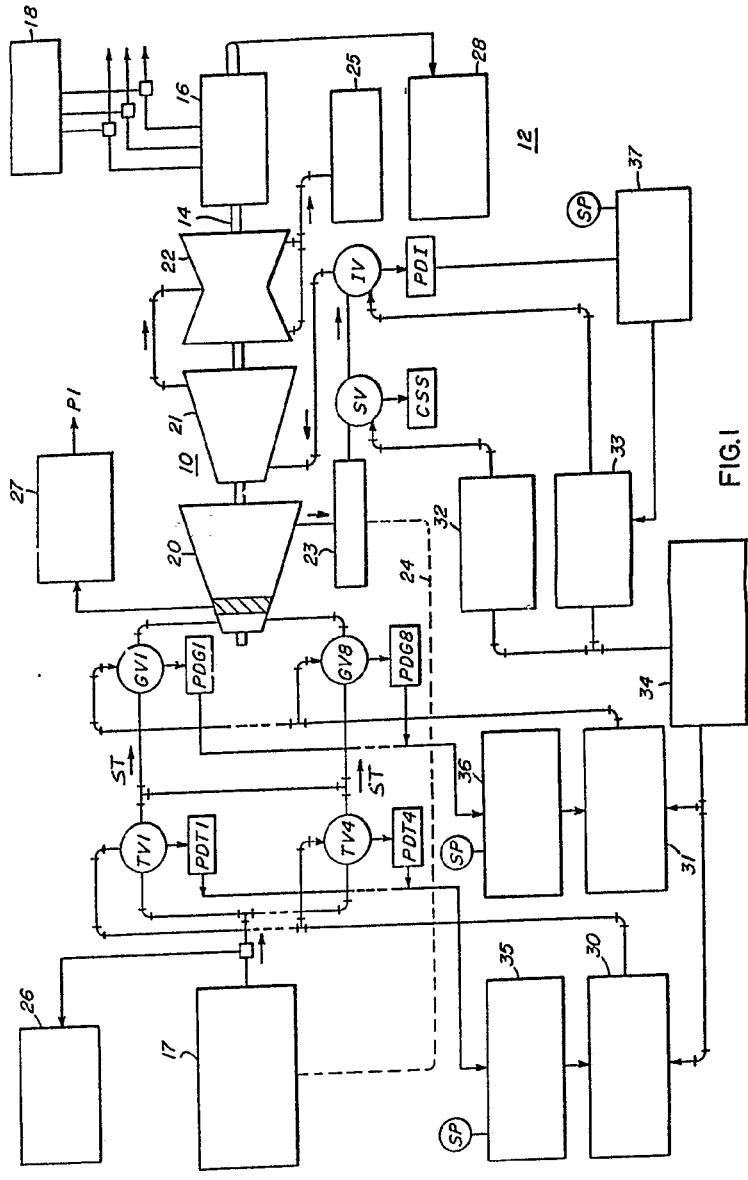
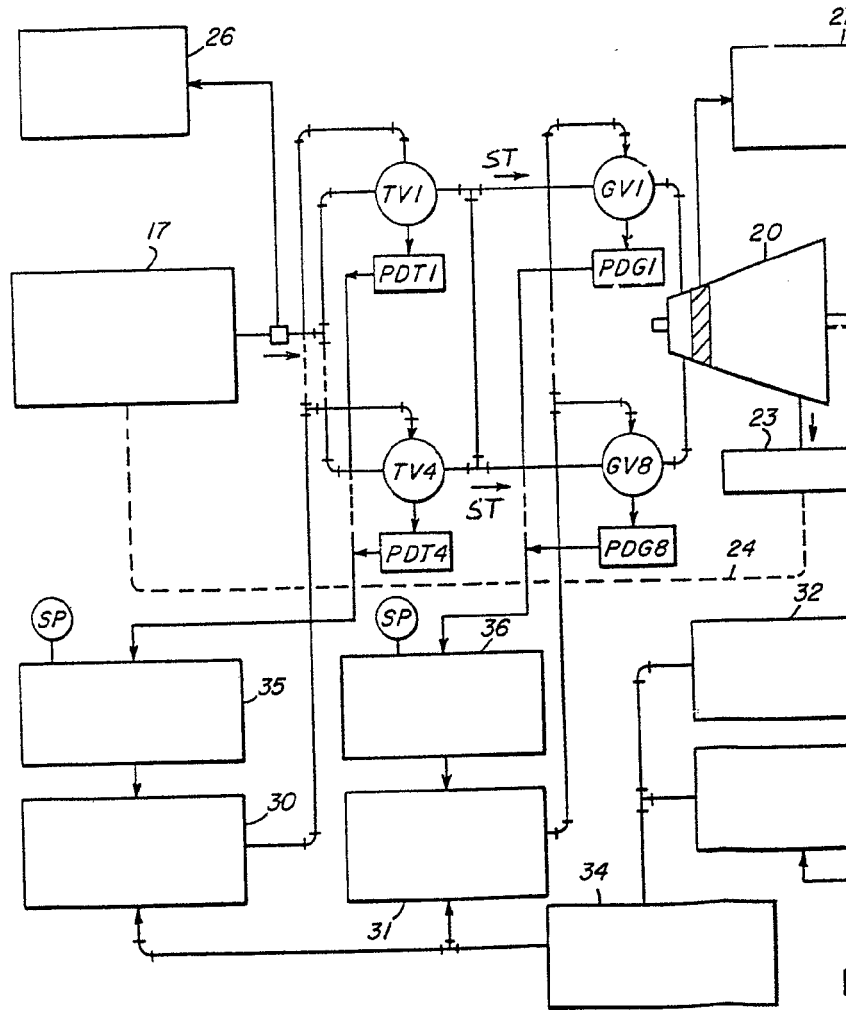


FIG. 1

Escuela de Ingeniería
Eléctrica

6 3 9 8 7 5



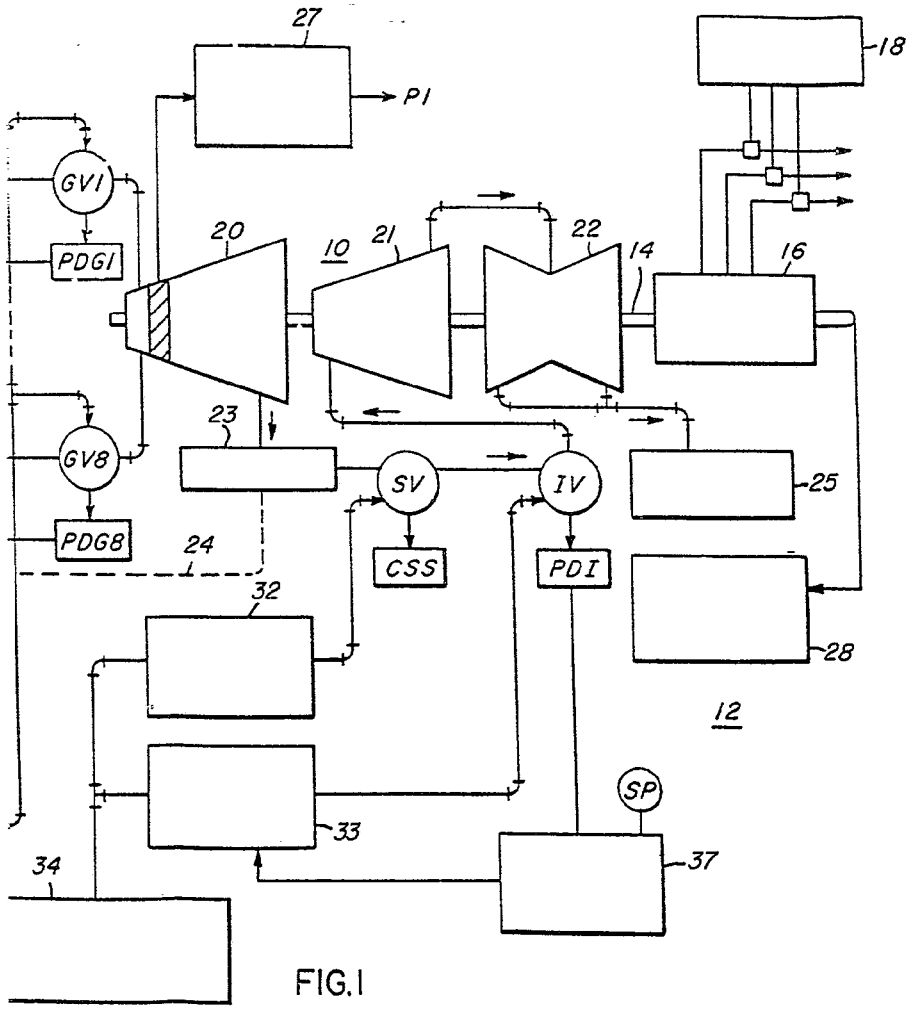
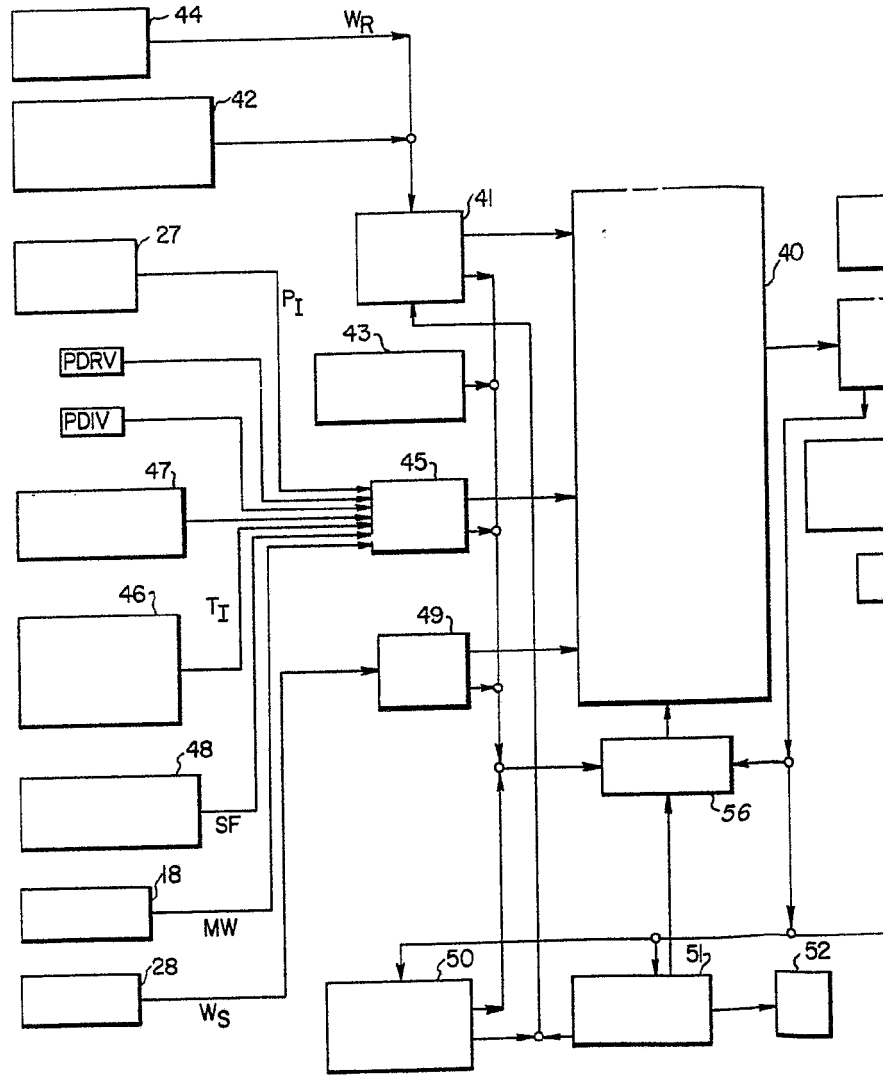


FIG. 1

Approved as accurate
[Signature]



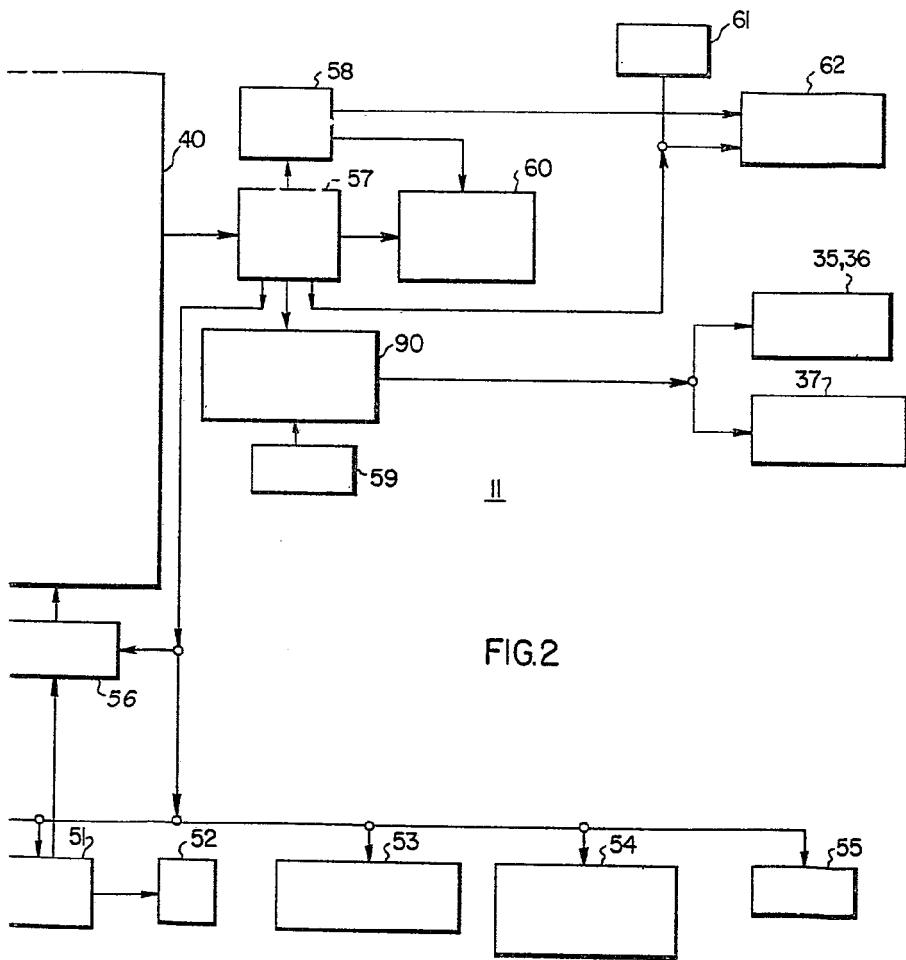


FIG. 2

Germánico de Alzaburu
Soc. de
[Signature]

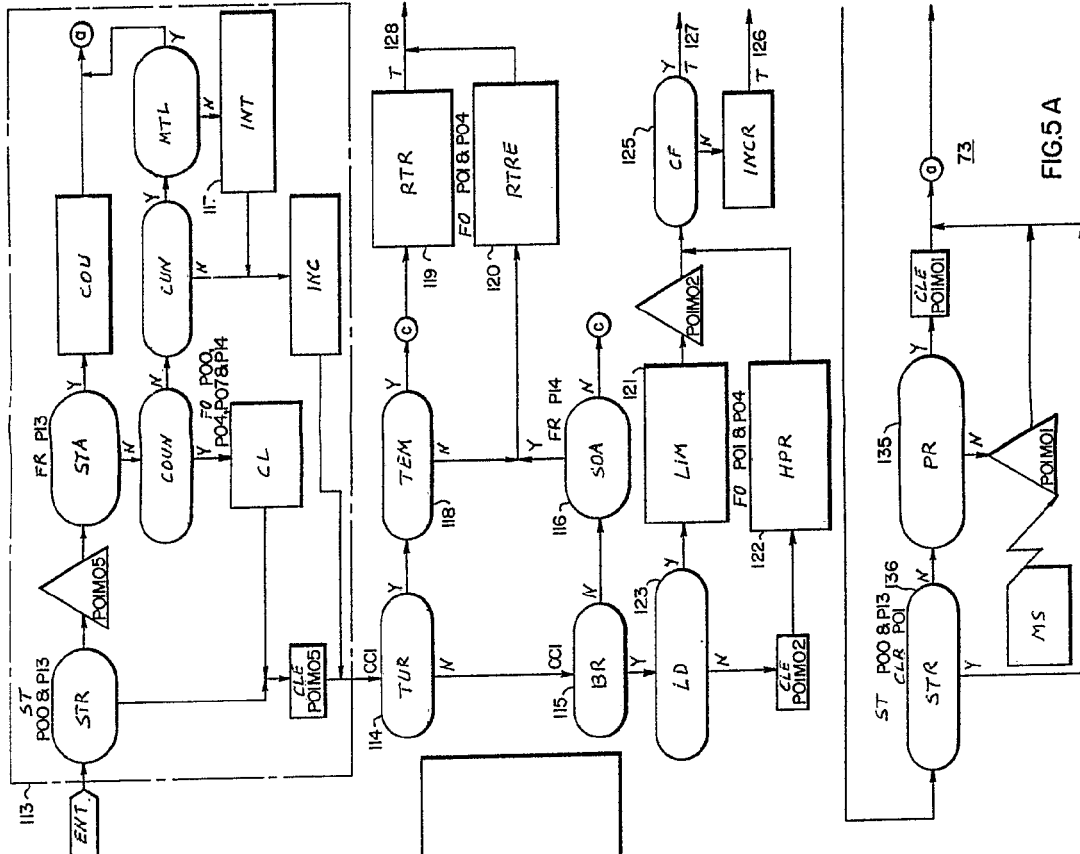


FIG. 3

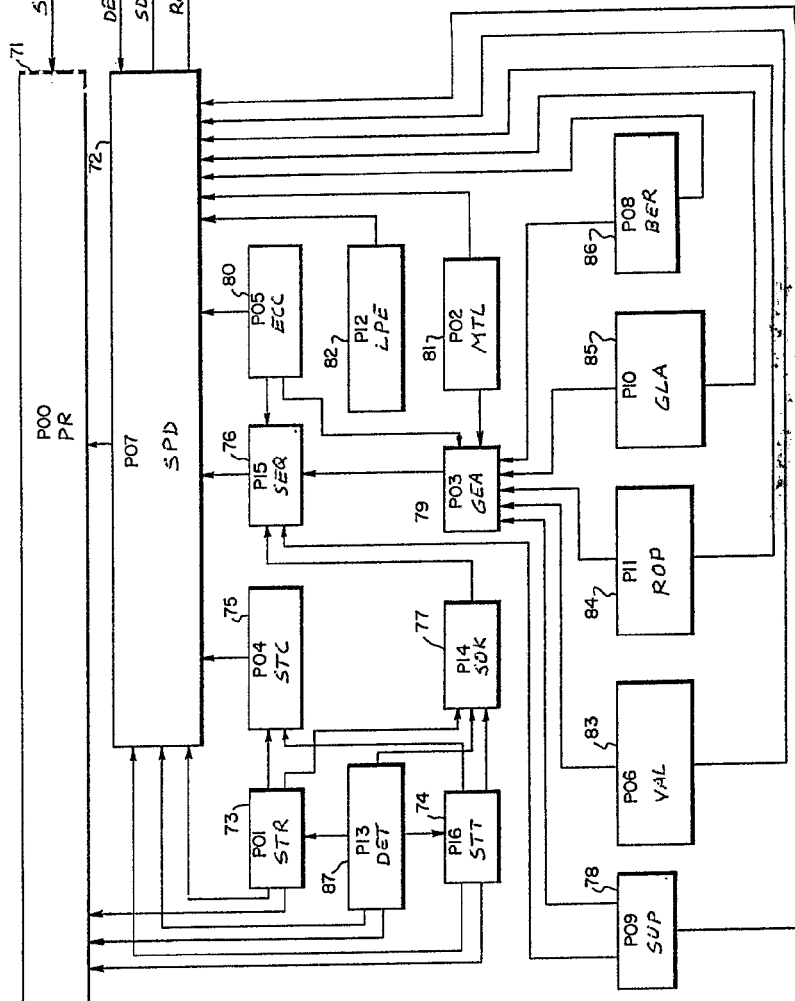
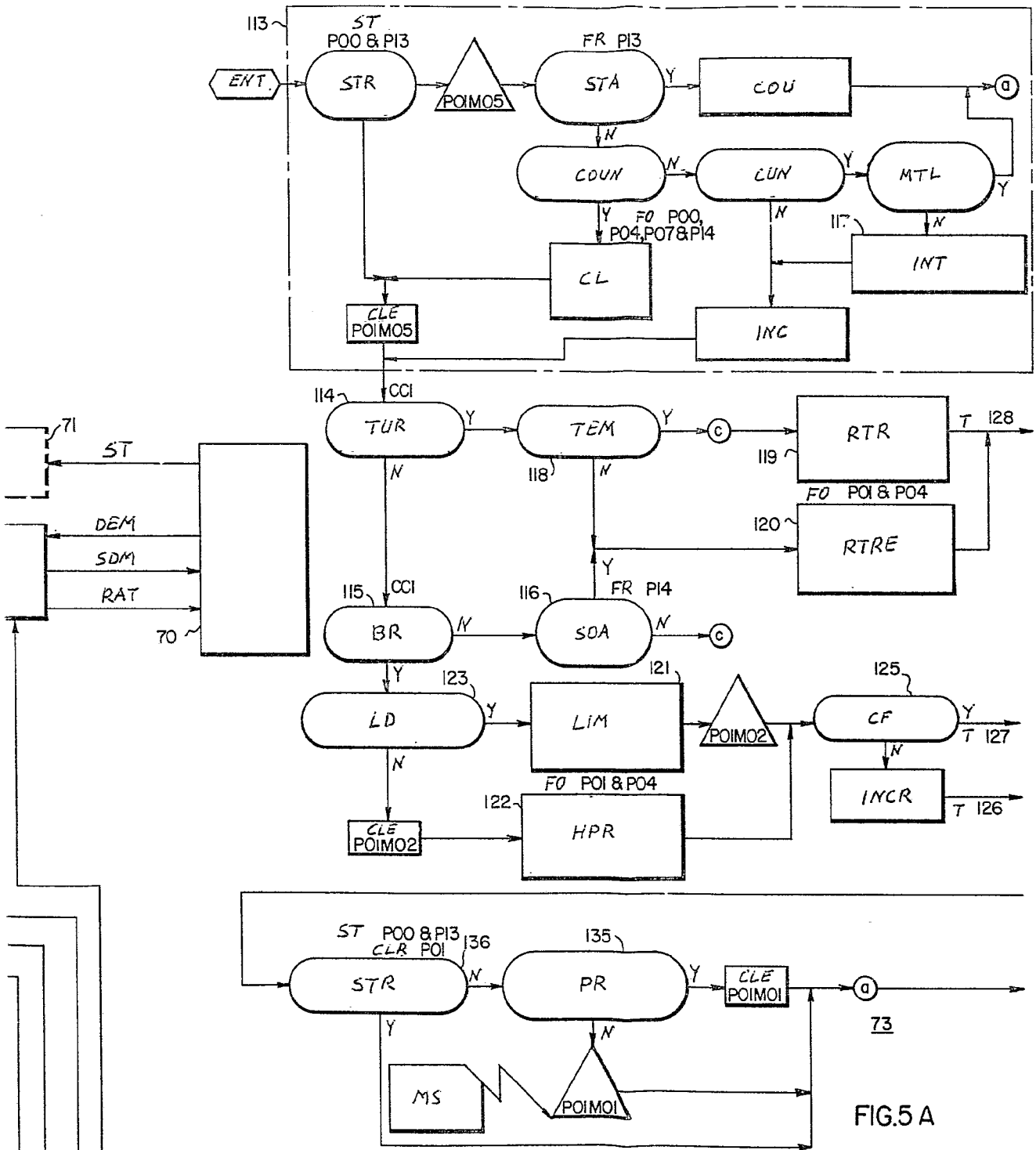


FIG. 5A

7-15-8 (10/20/80)



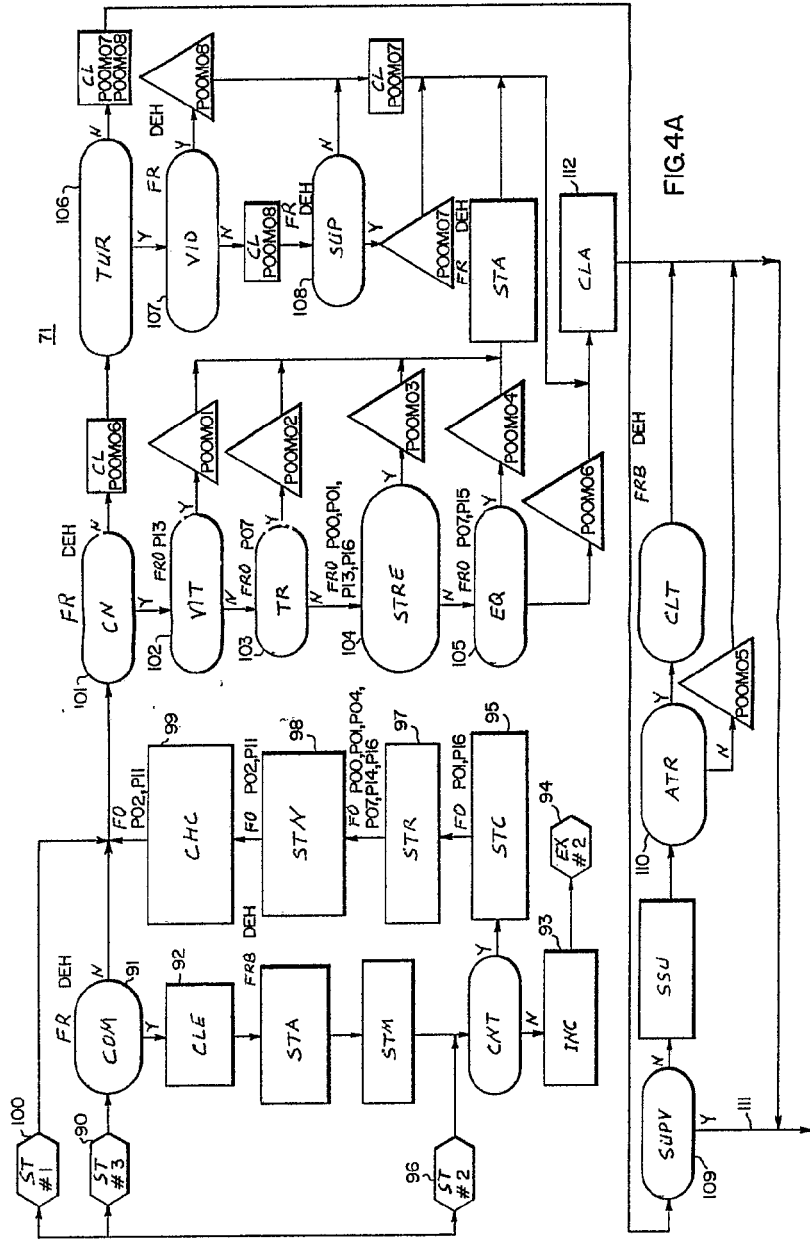
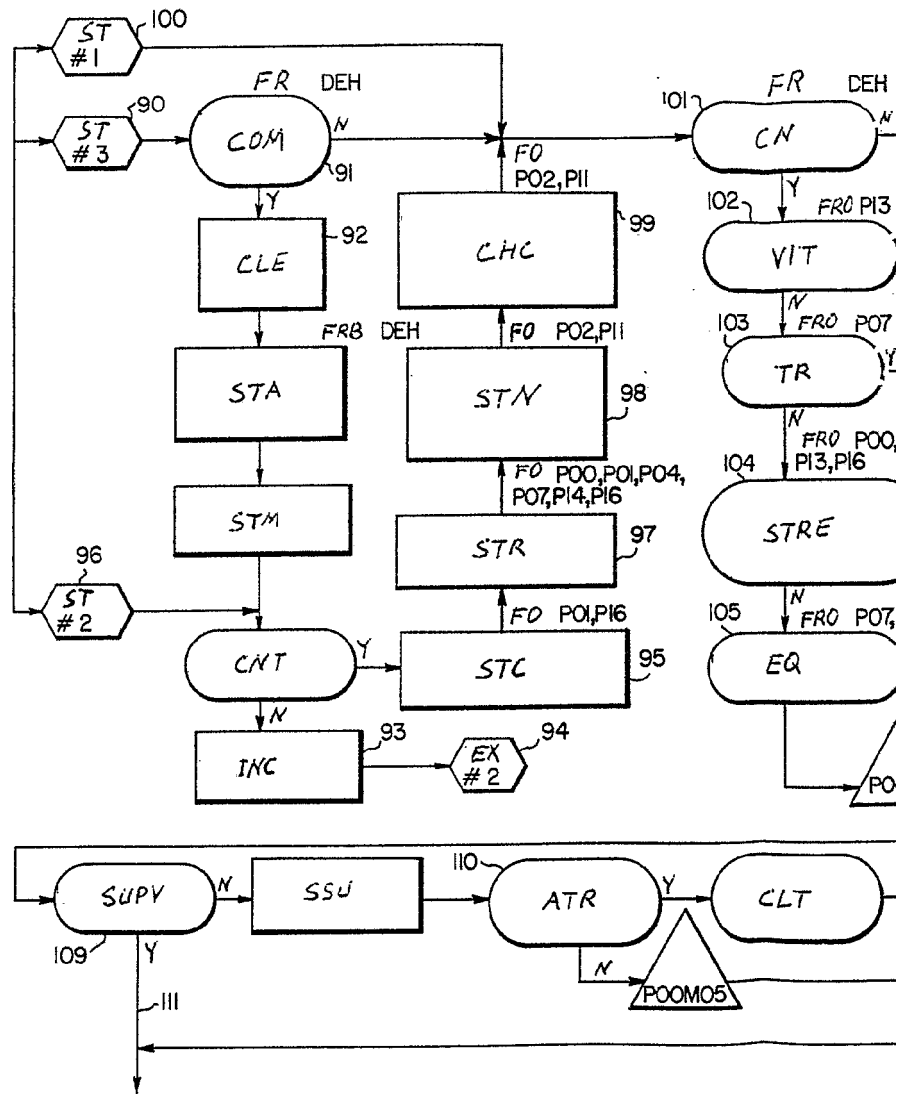


FIG 4A

Approved for Release
by NSA

SECRET



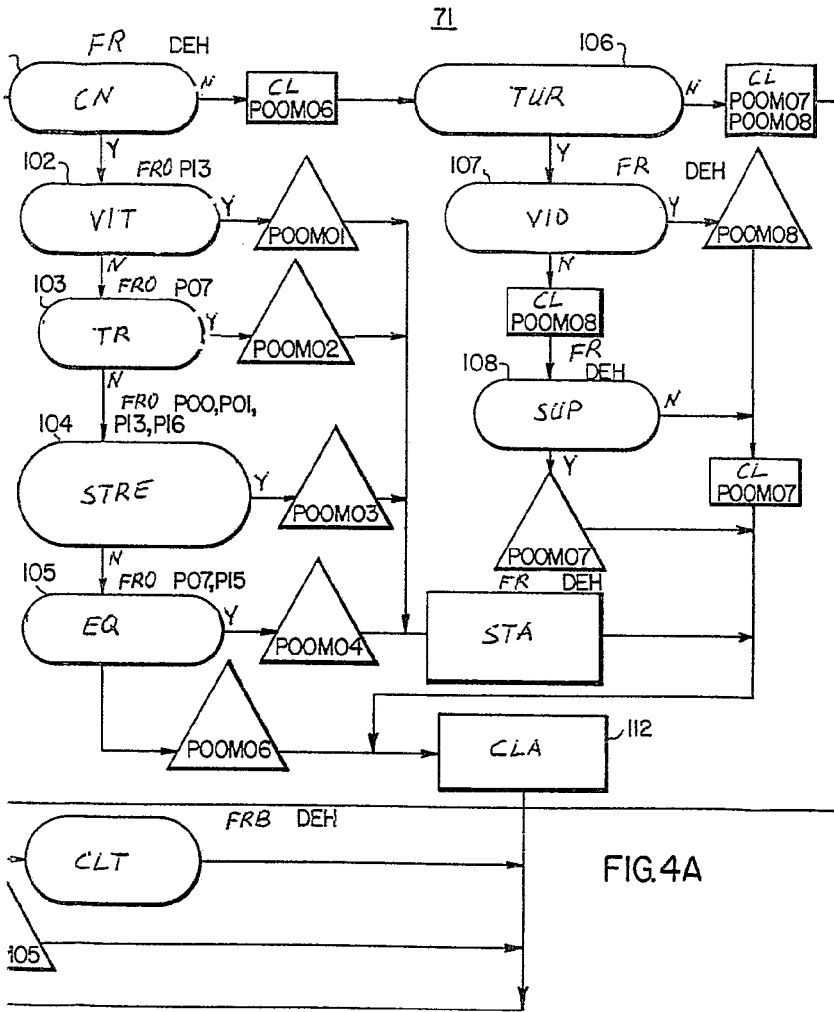


FIG. 4A

Handwritten signature

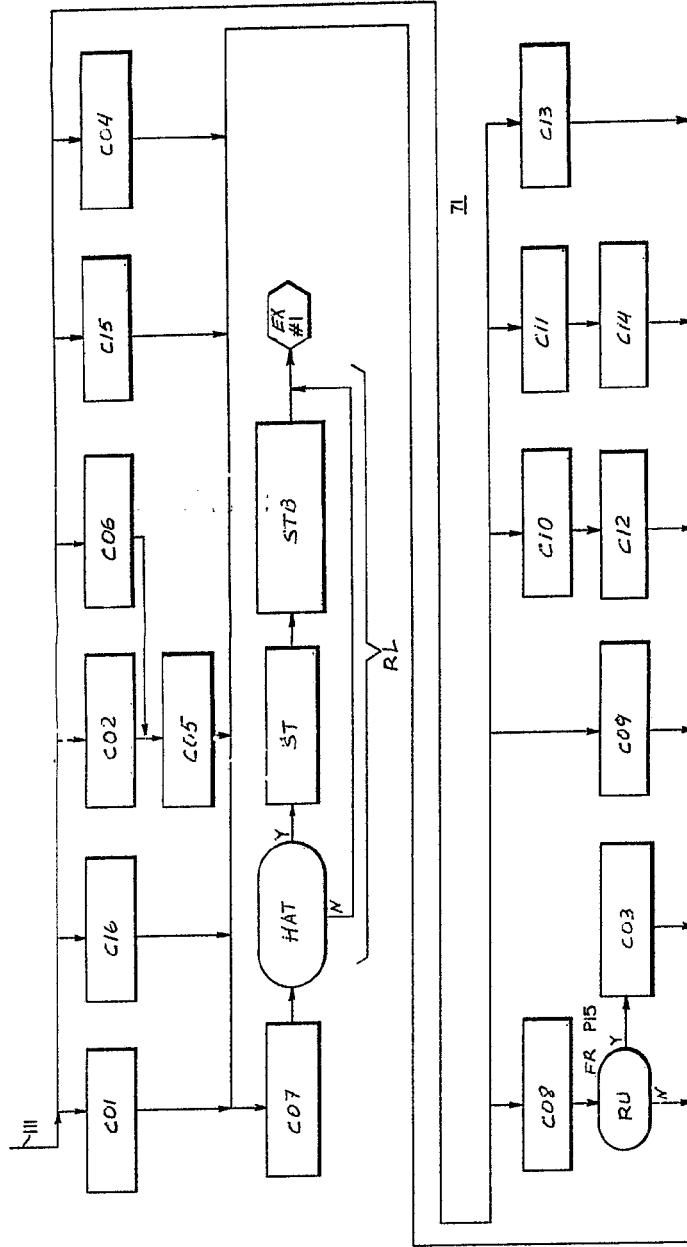


FIG.4B

Fernando de Elzaburu
for P&S

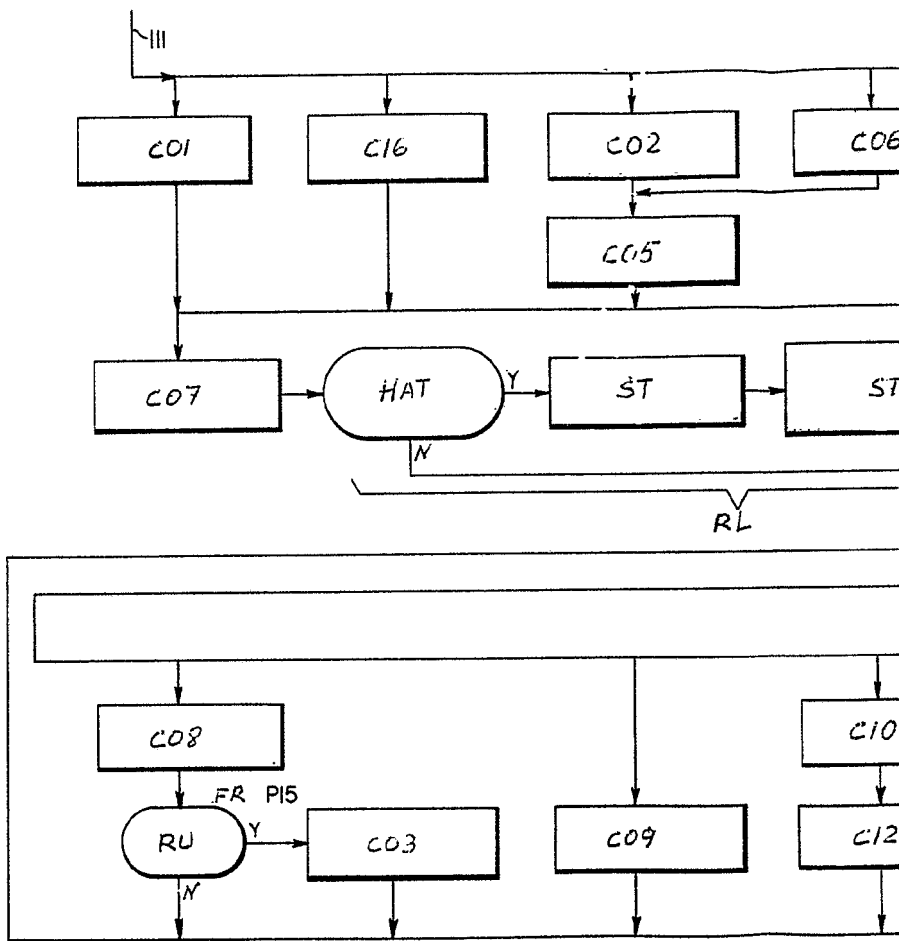


FIG.4B

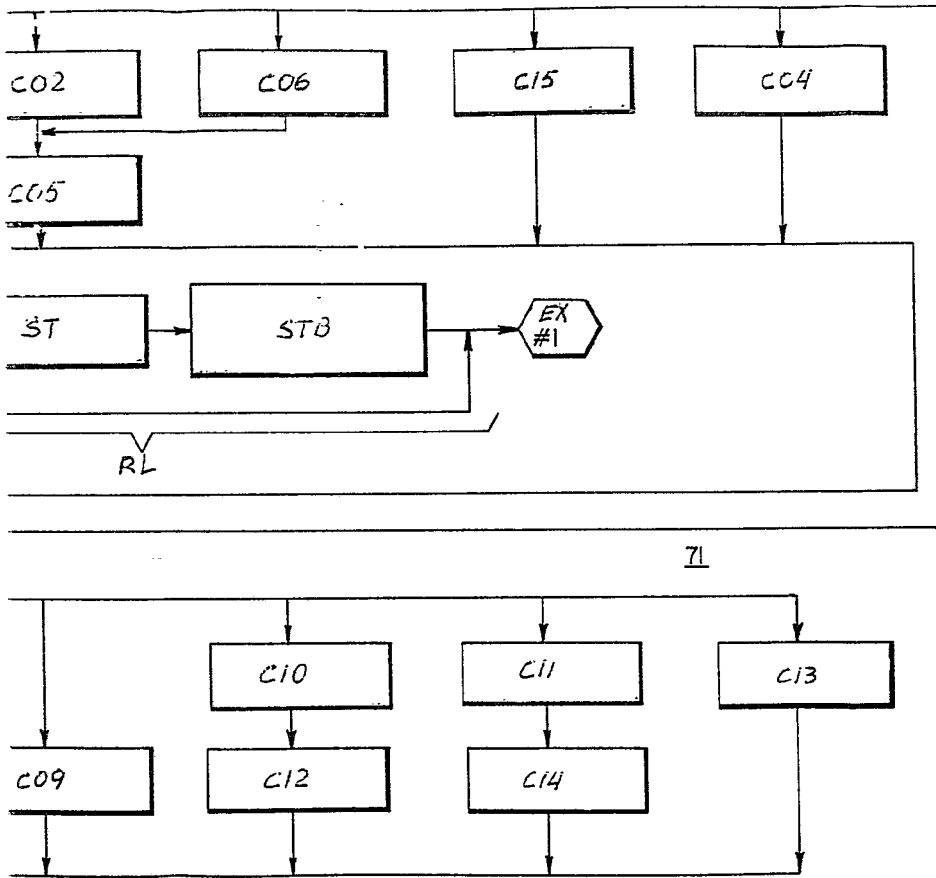


FIG.4B

Feruzo de Elizabete
Car Pede

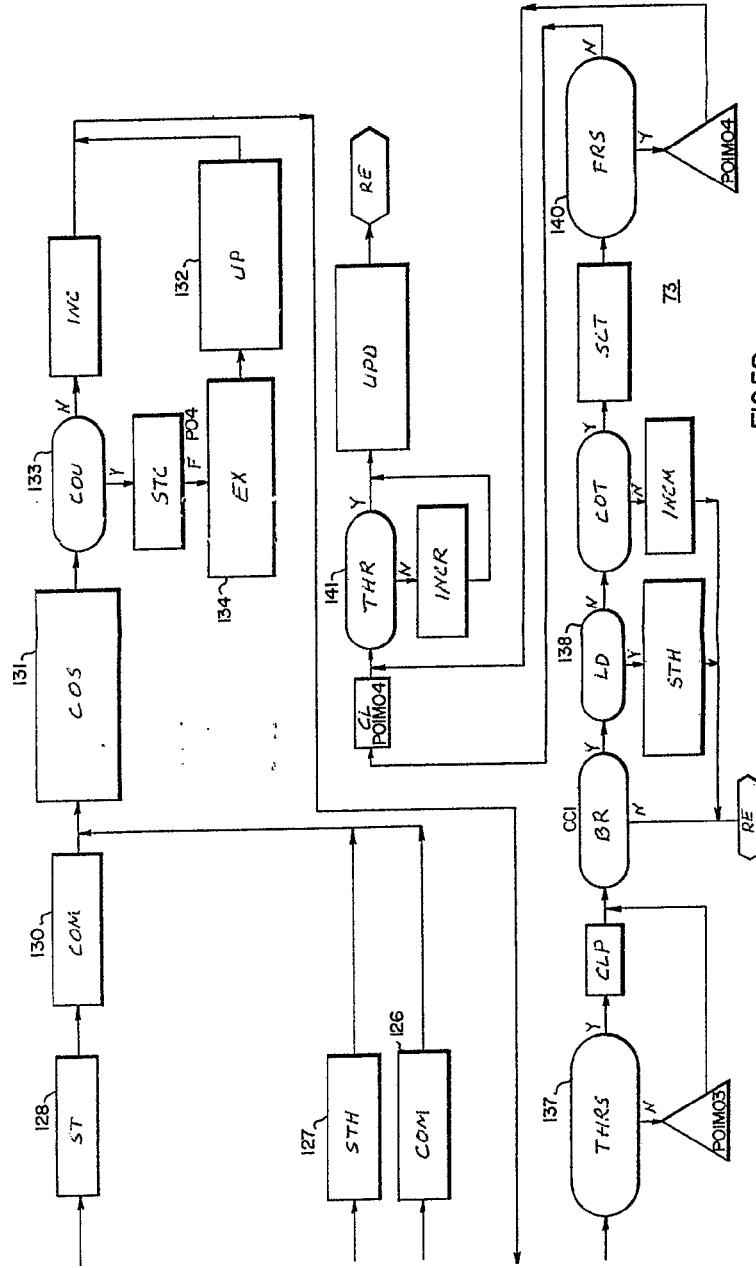
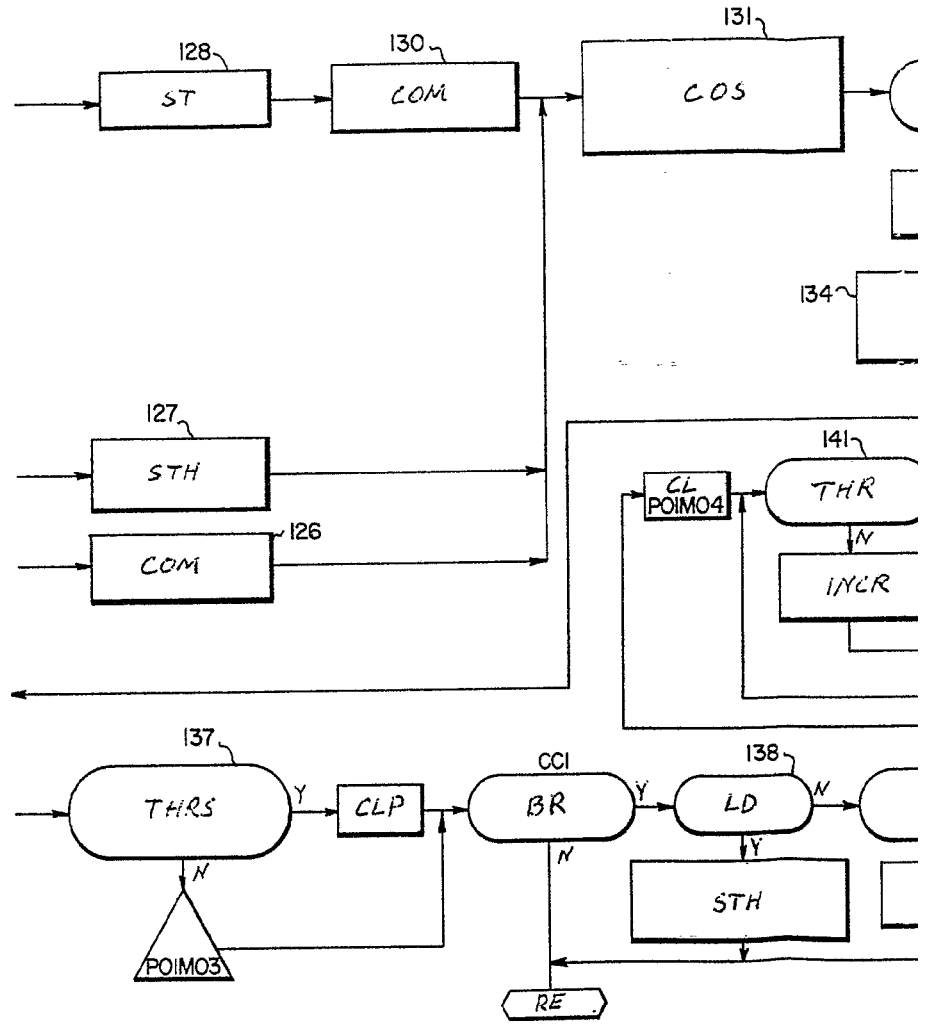


FIG. 5B

Fernando d. Lizaburu
[Signature]



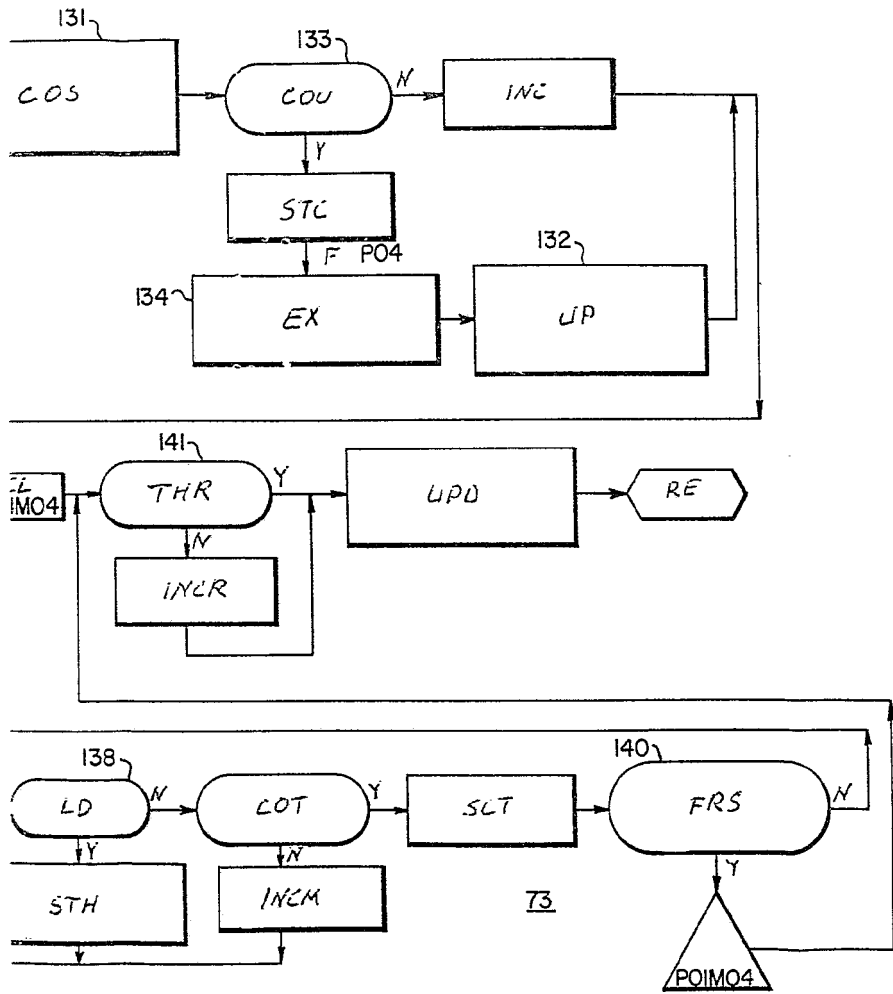


FIG.5B

Heriberto A. Serrano
Ingeniero en Electricidad
[Handwritten Signature]

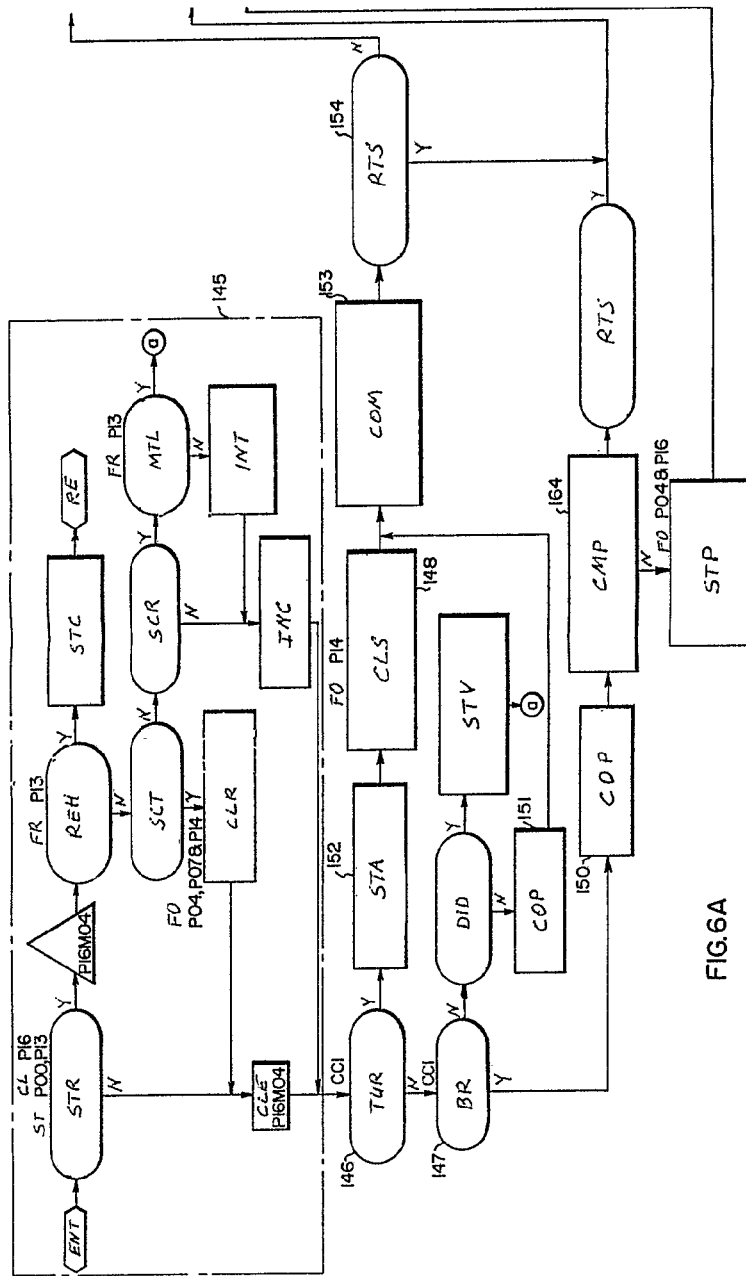


FIG. 6A

[Handwritten signature]

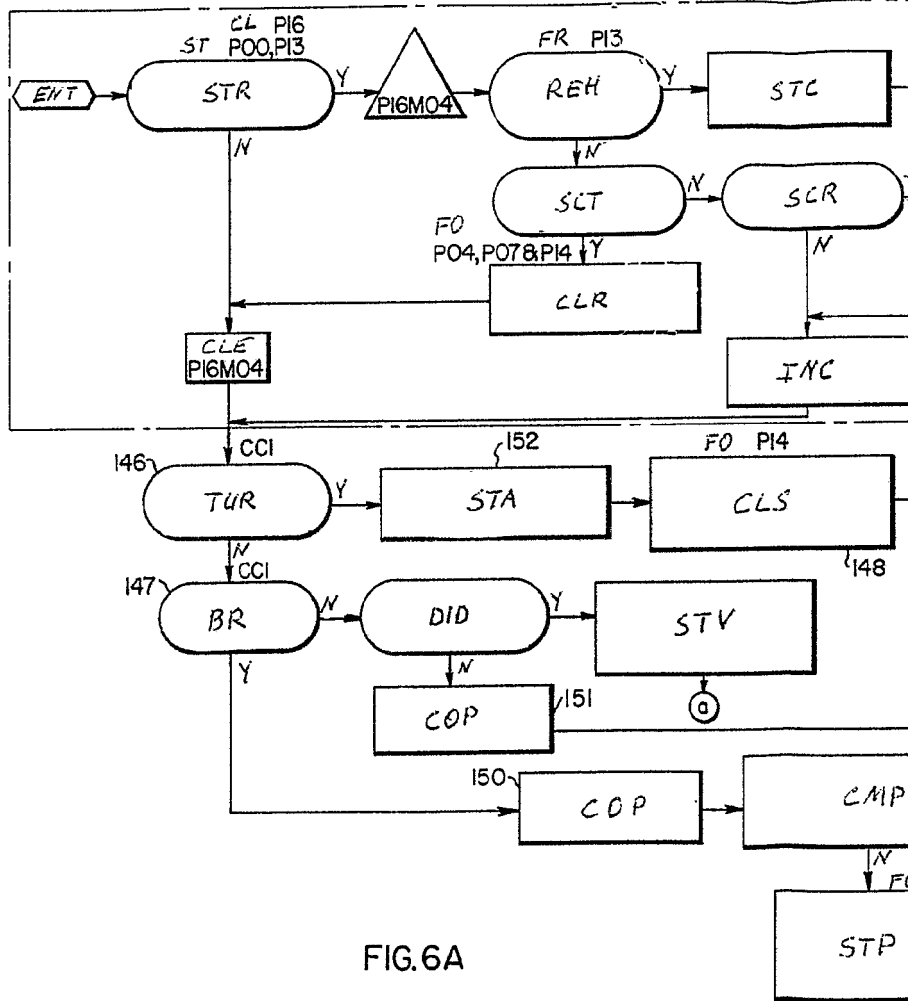


FIG. 6A

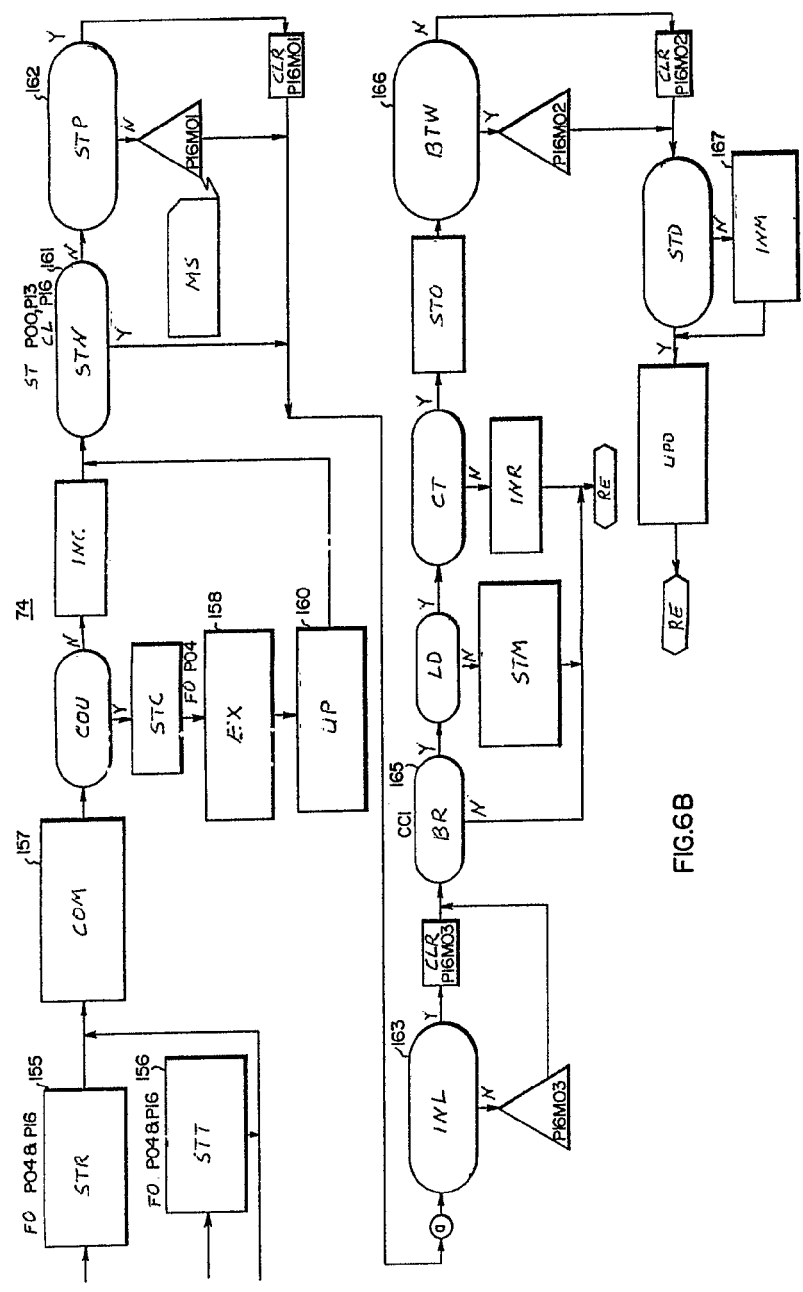


FIG. 6B

Approved for Release
 by NSA on 05-08-2014 pursuant to E.O. 13526

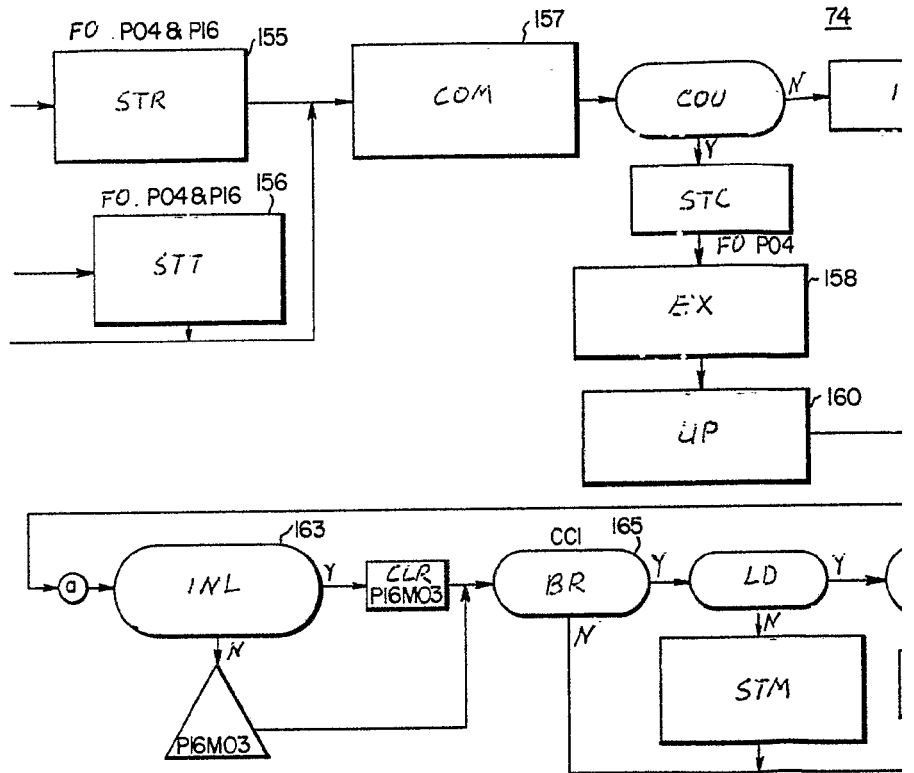
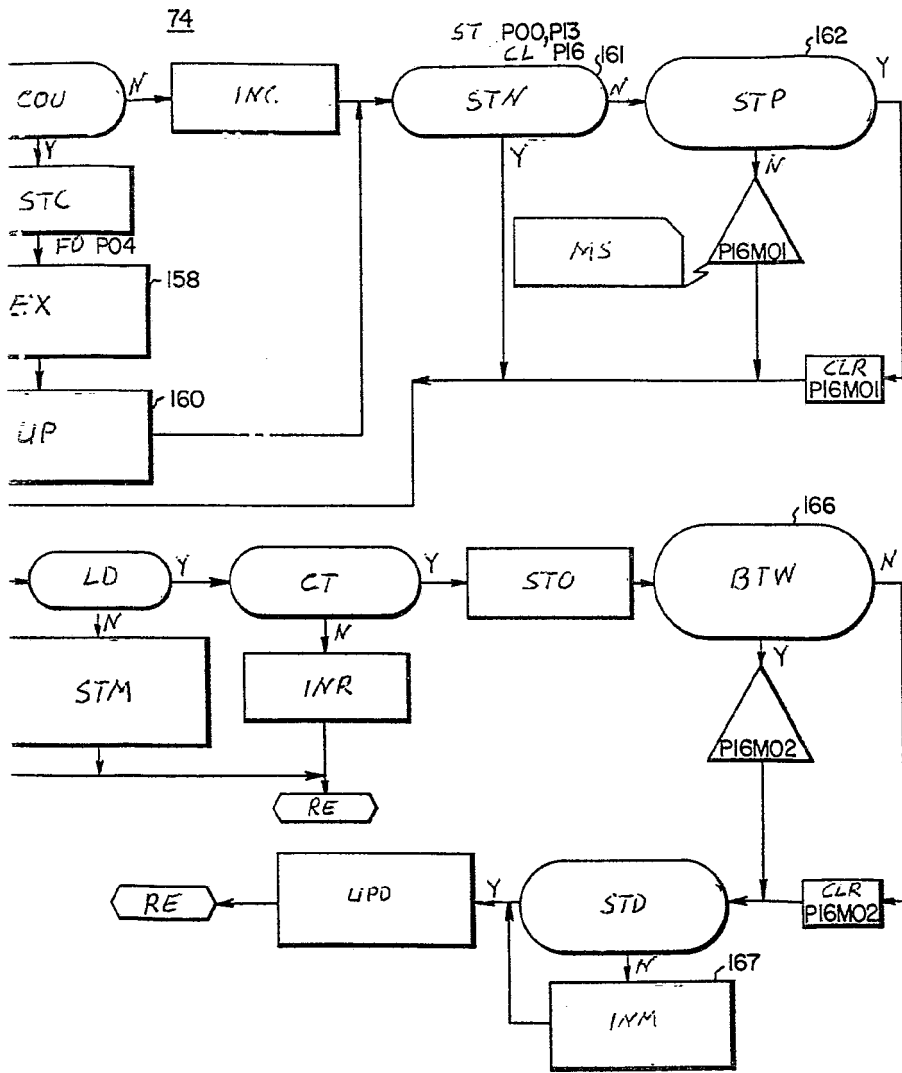


FIG.6B

RE ←



Fernando de Alencar
de Paiva

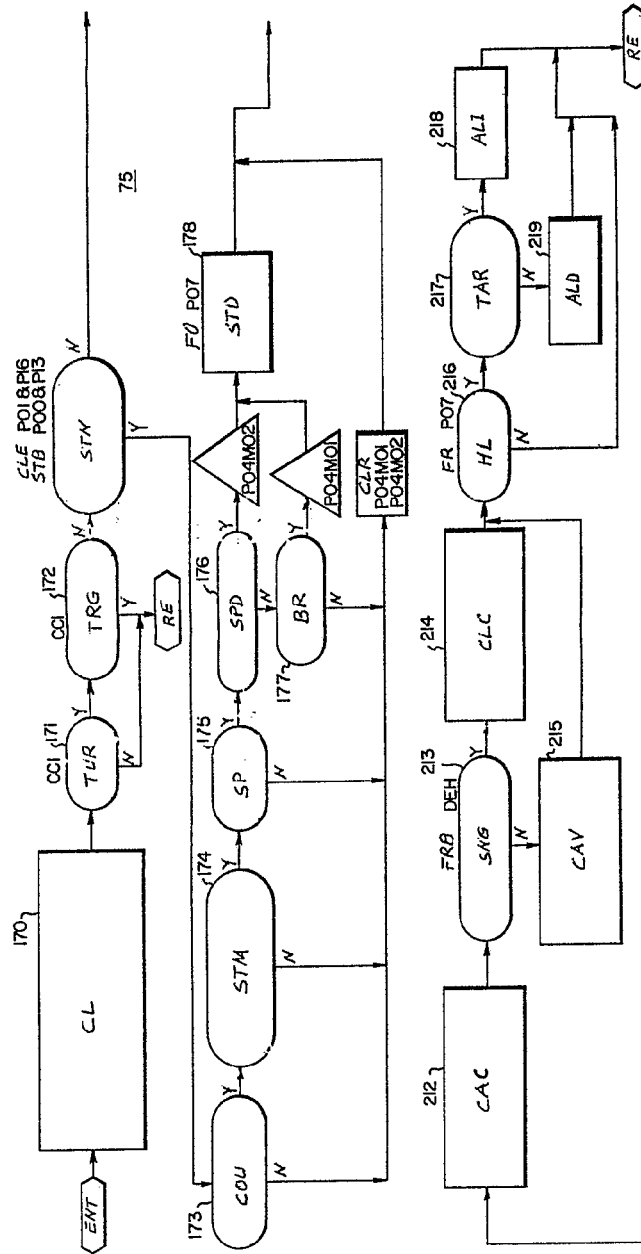
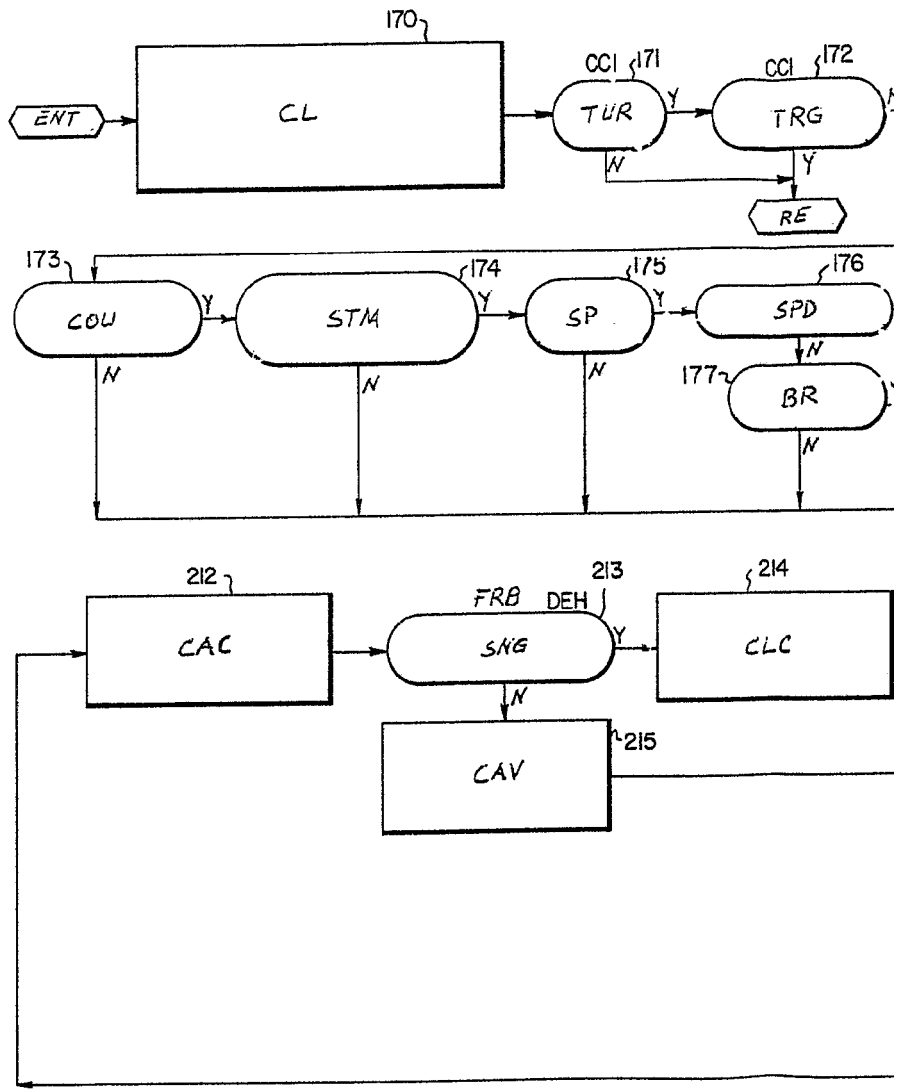


FIG. 7A



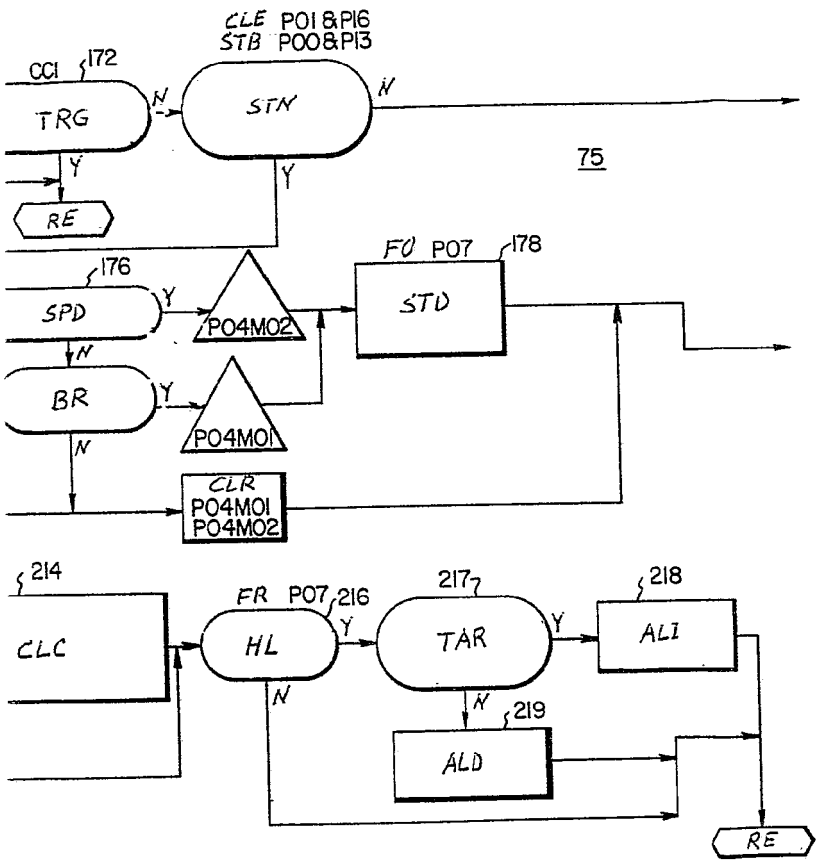


FIG.7A

Exp. And. de [illegible]
[illegible]

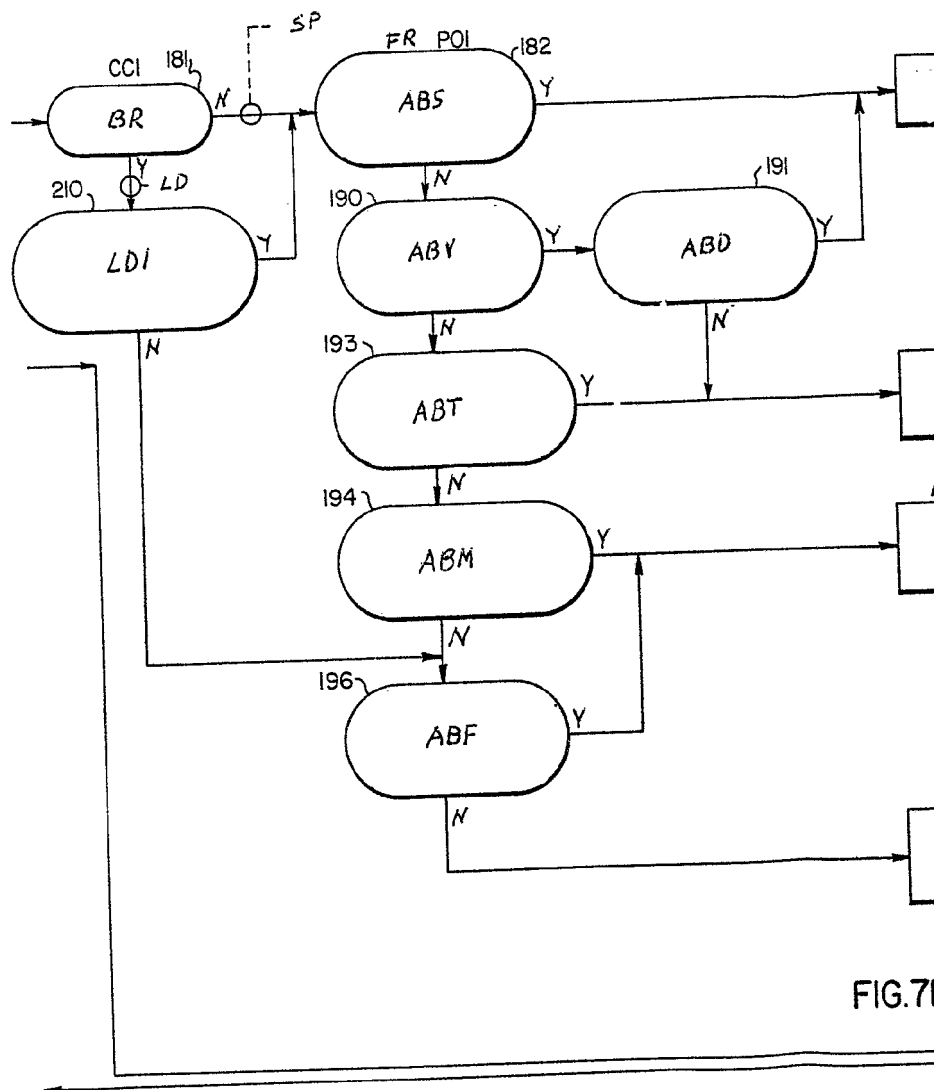


FIG. 71

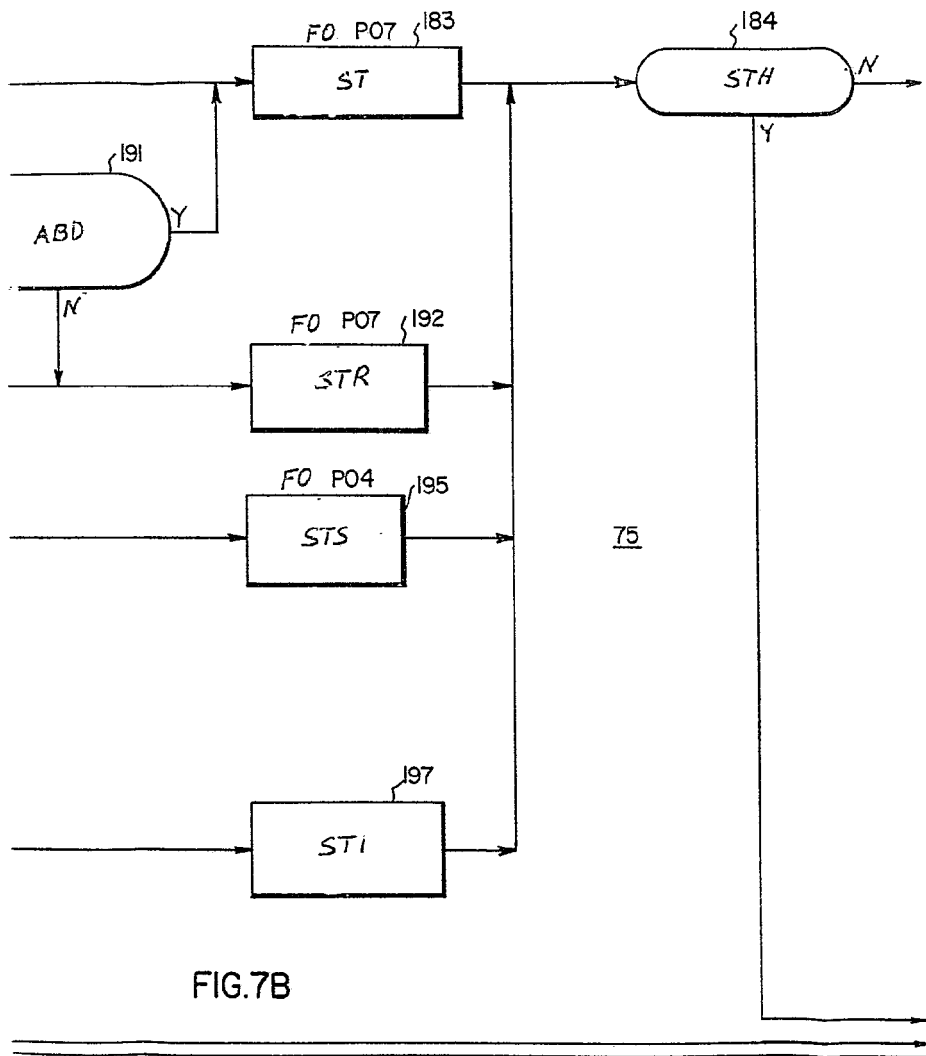


FIG. 7B

[Handwritten signature]

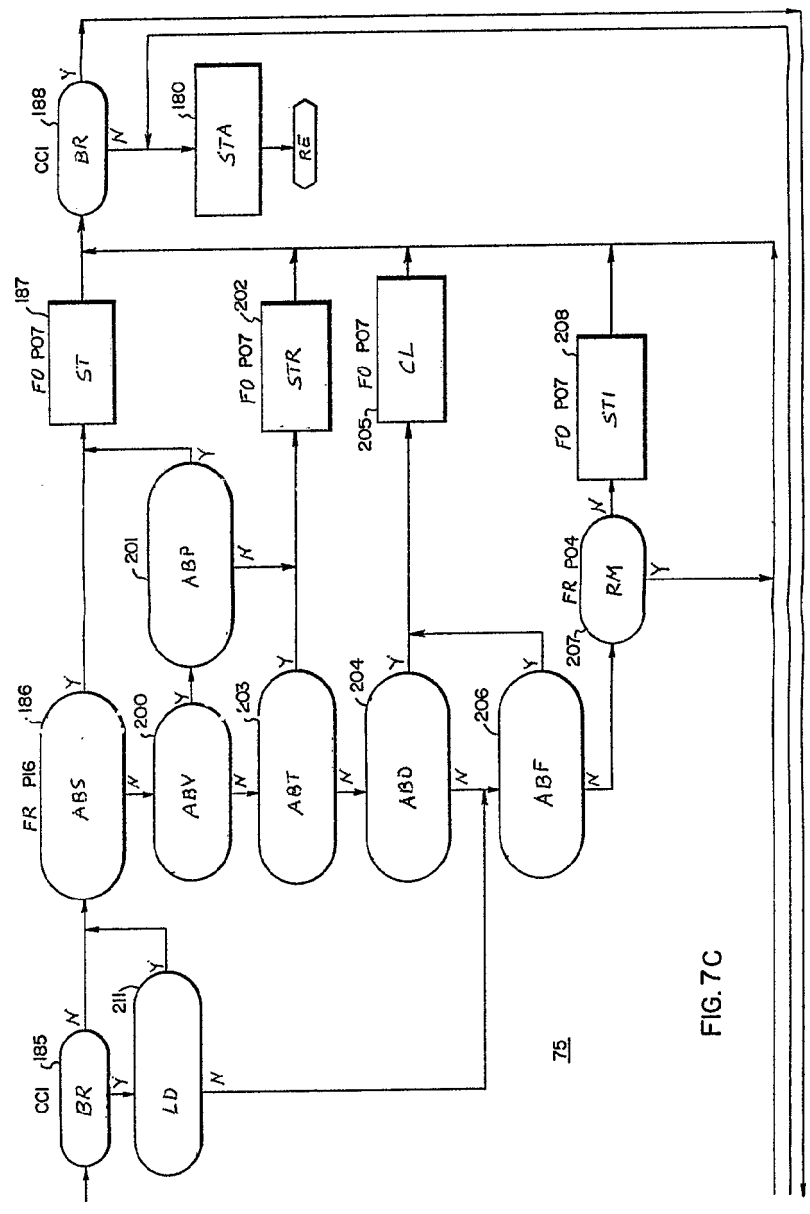


FIG. 7C

75

Fernando A. Lizaburo
Per Fook

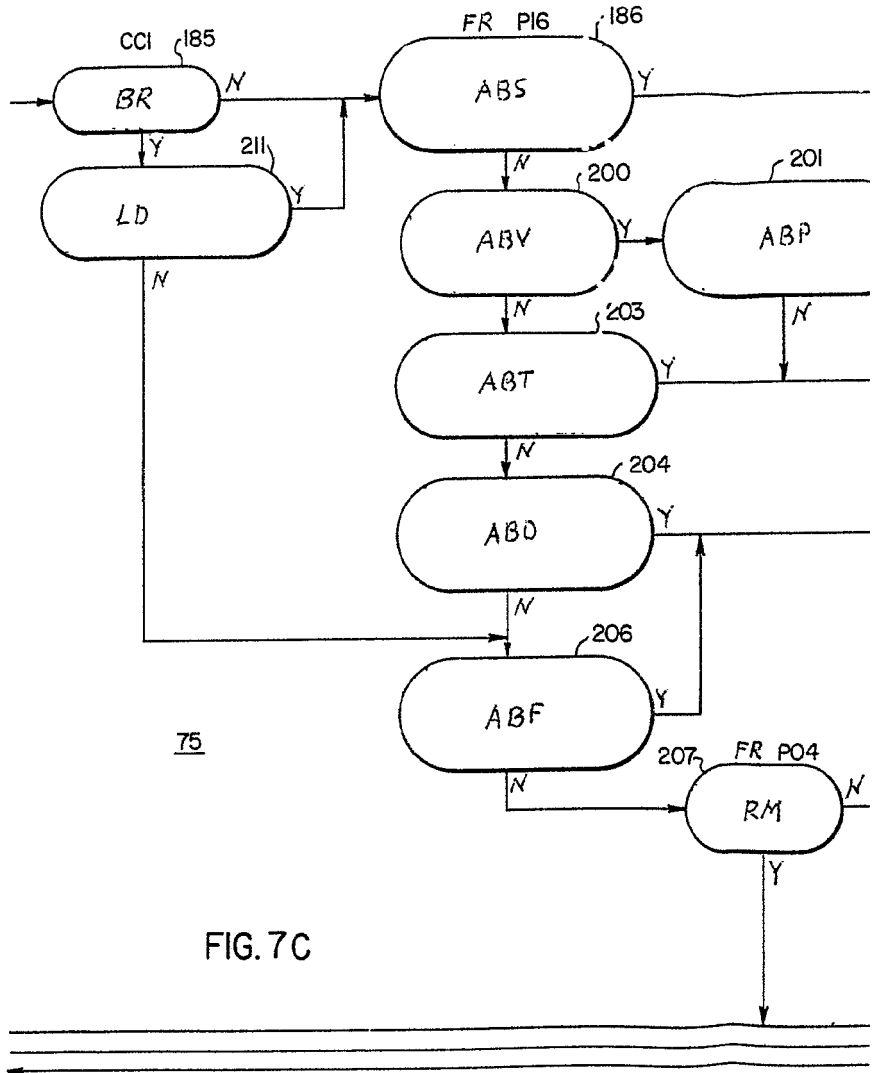
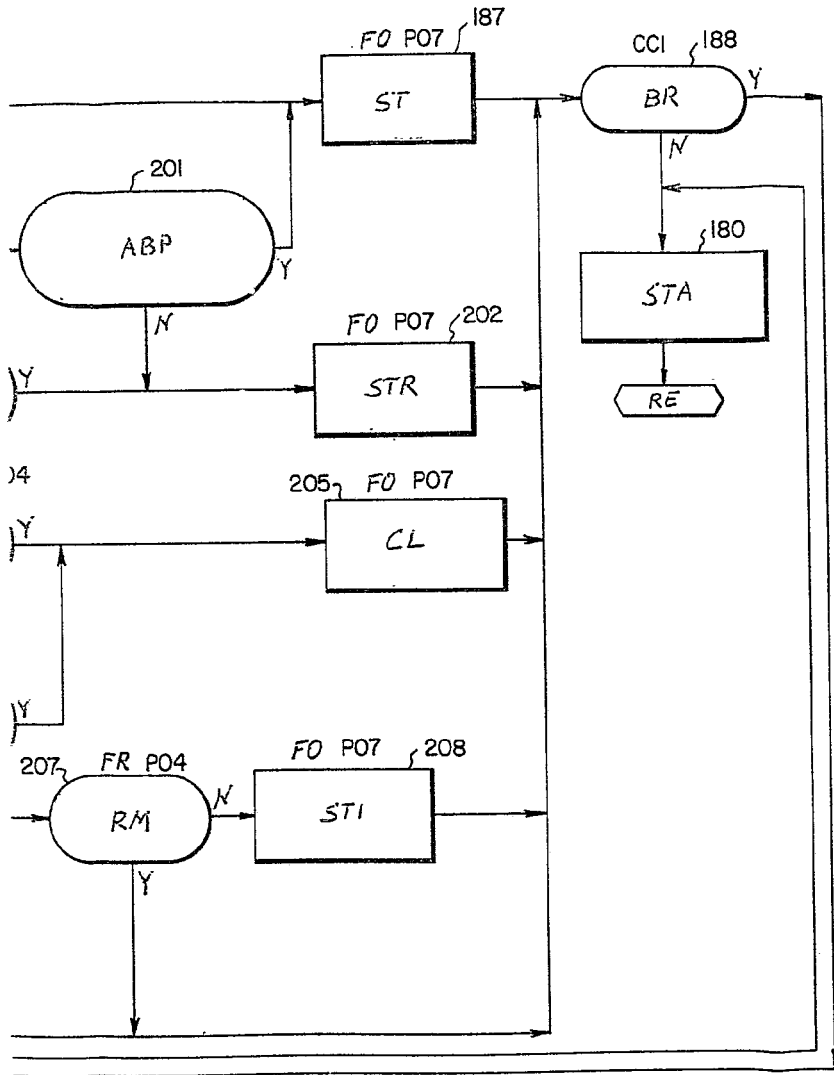


FIG. 7C



Portando a. ...
Dof. ...

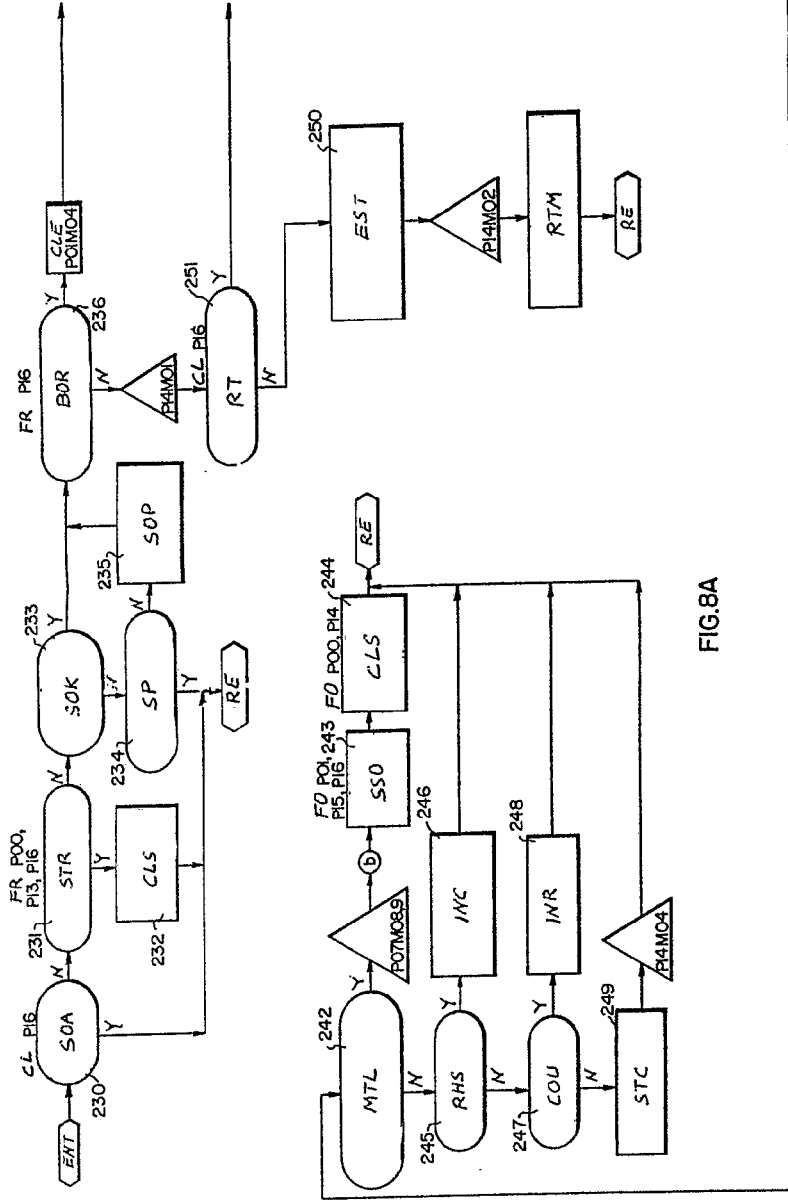


FIG. 8A

Handwritten signature and text in the top right corner of the page.

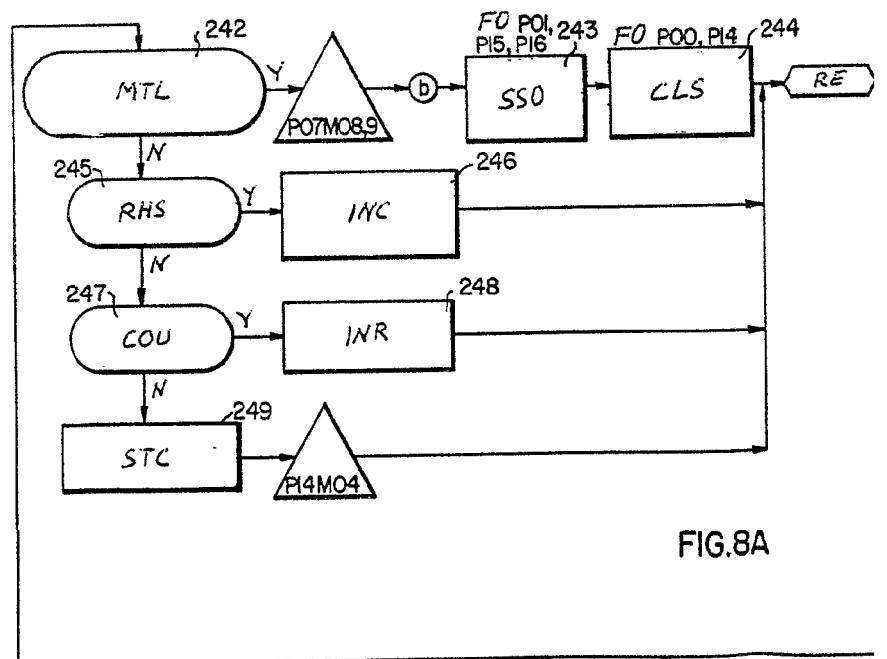
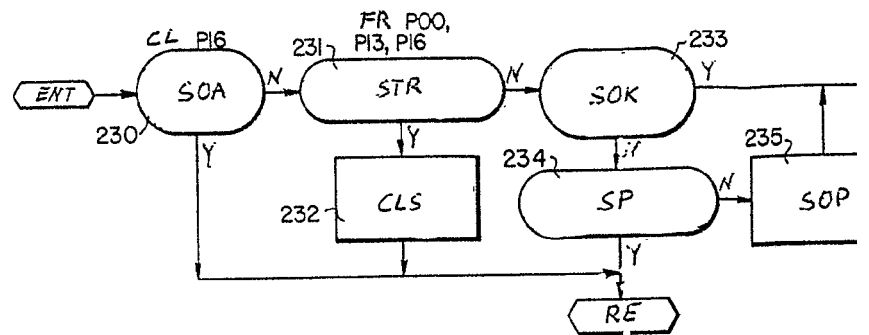


FIG.8A

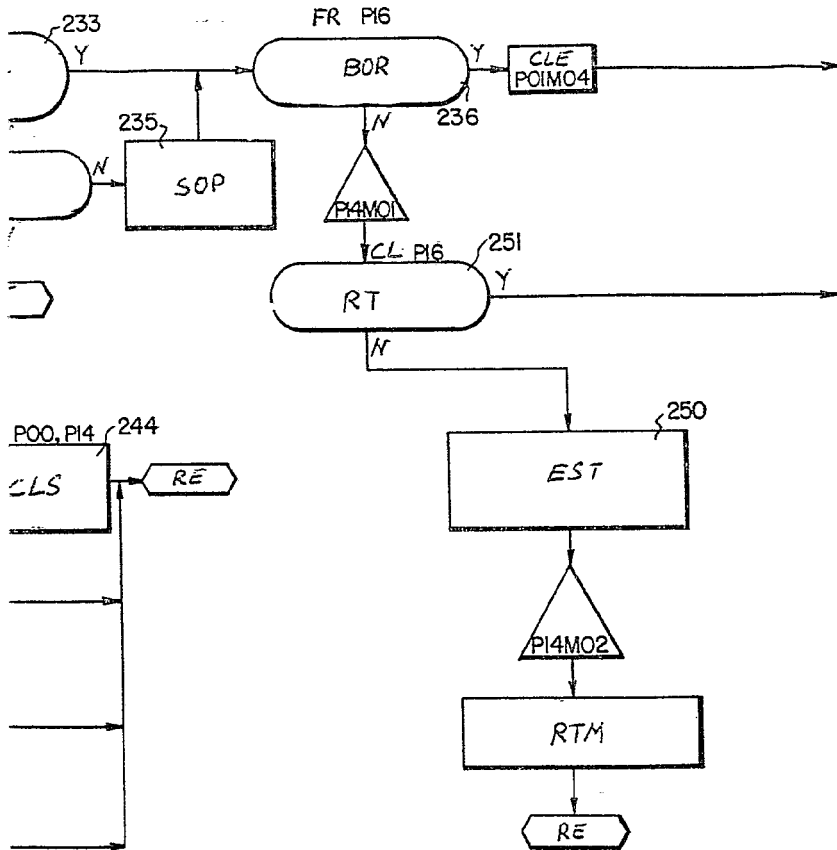
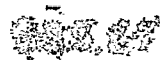


FIG. 8A

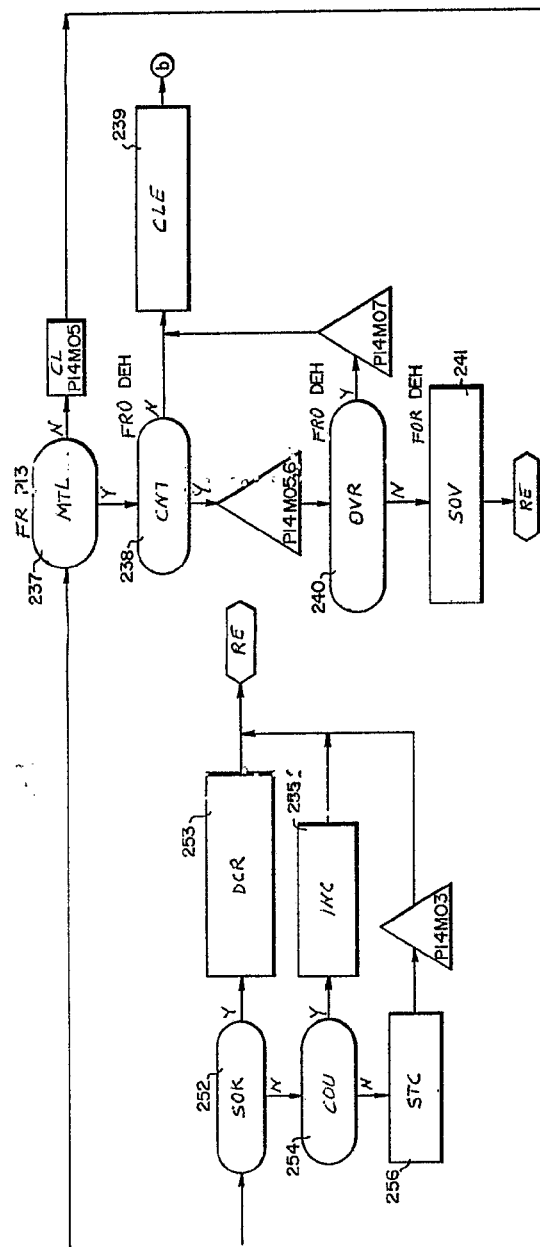


FIG 8B

[Handwritten signature]

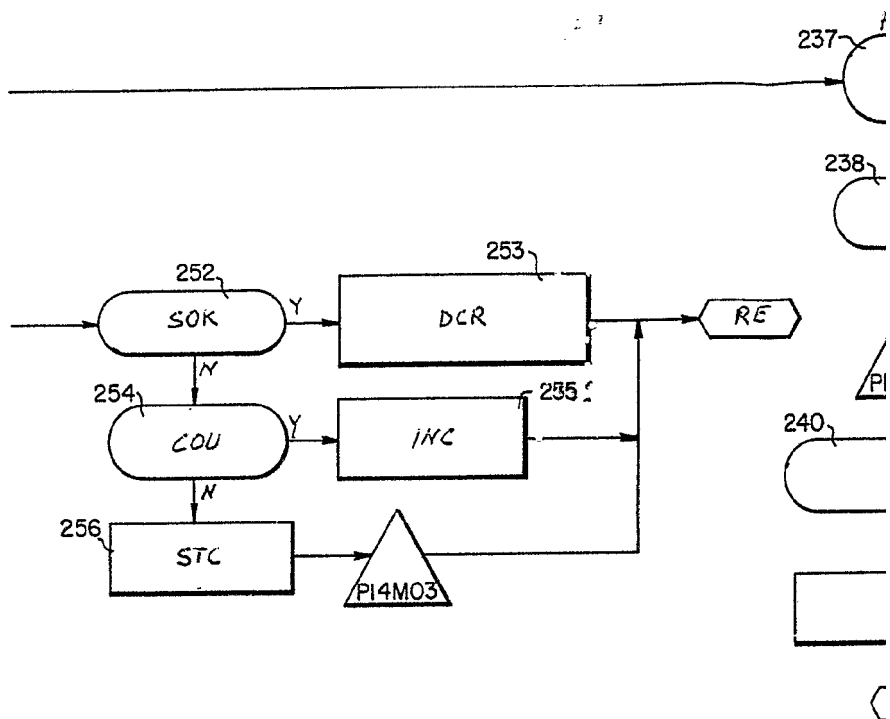
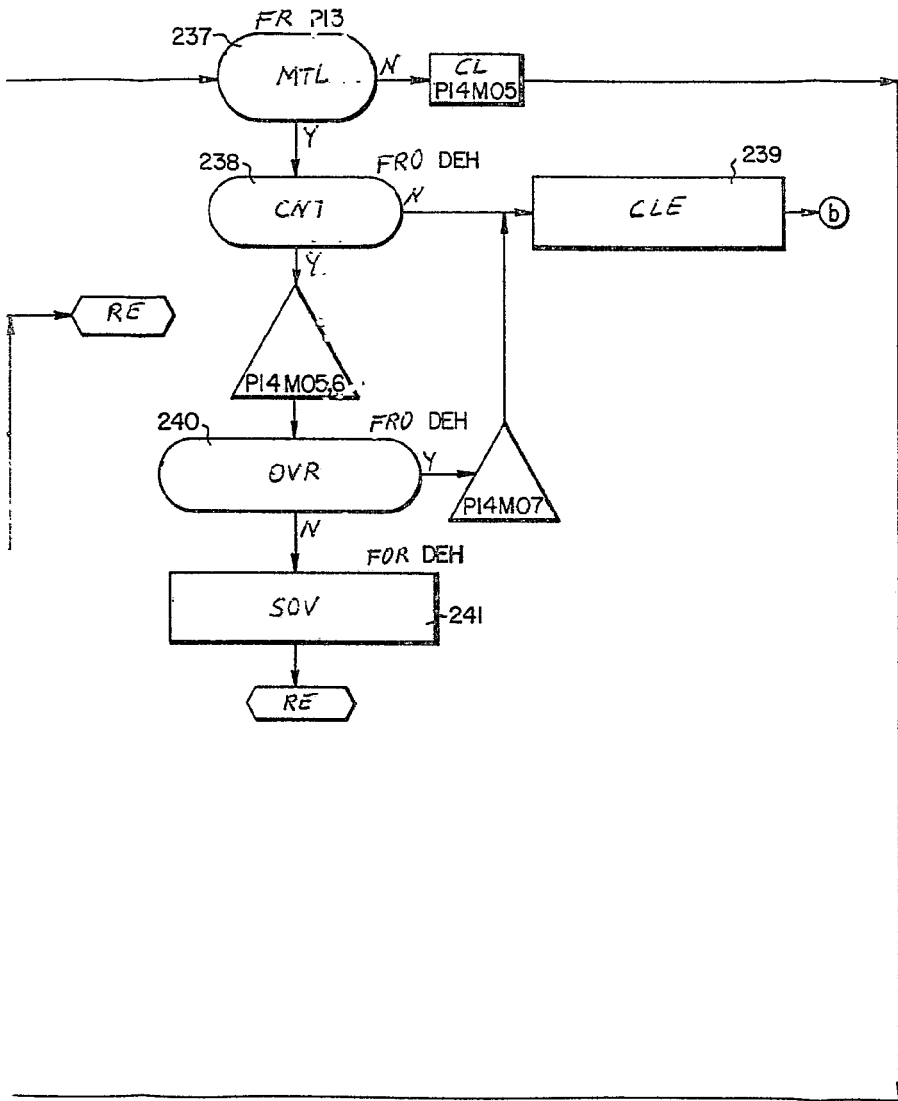


FIG.8B

03007



[Handwritten signature]

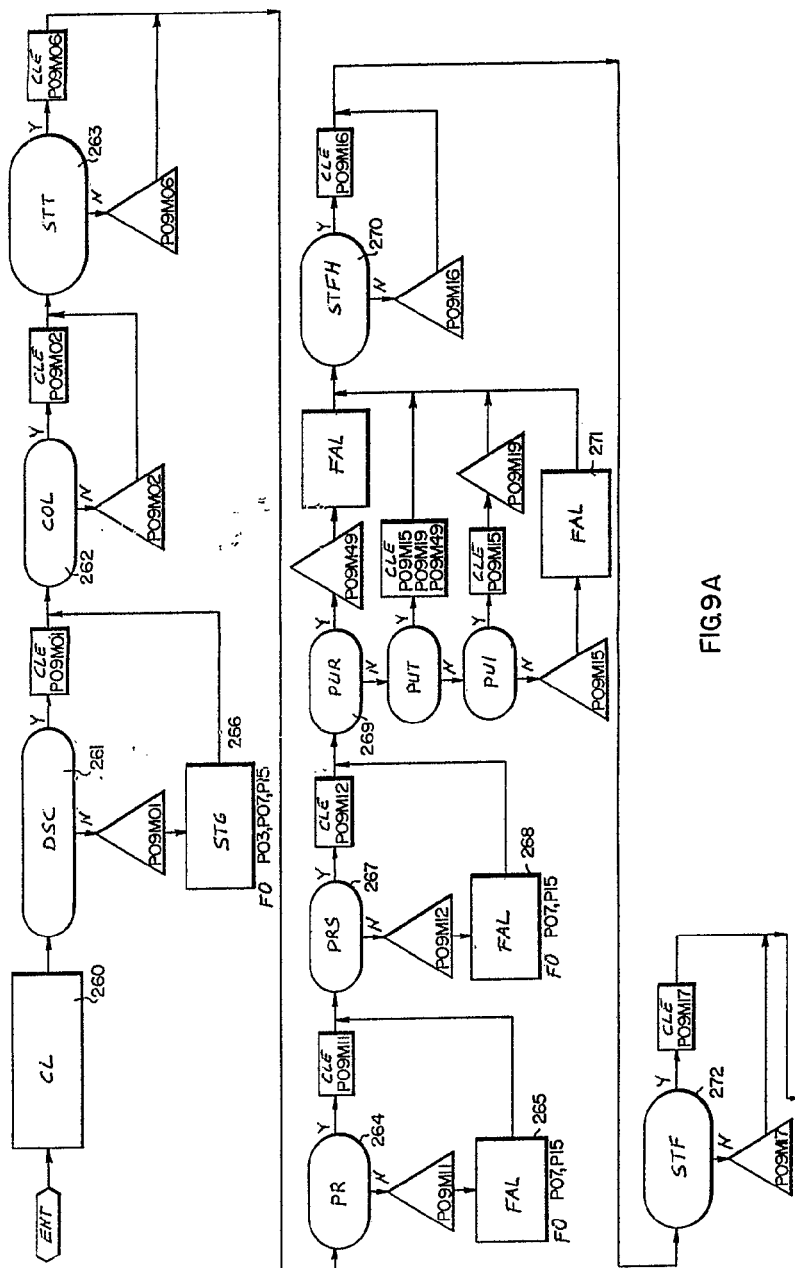
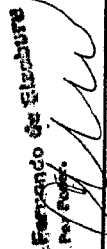


FIG9A

Fernando de Elzaburu
 Profesor



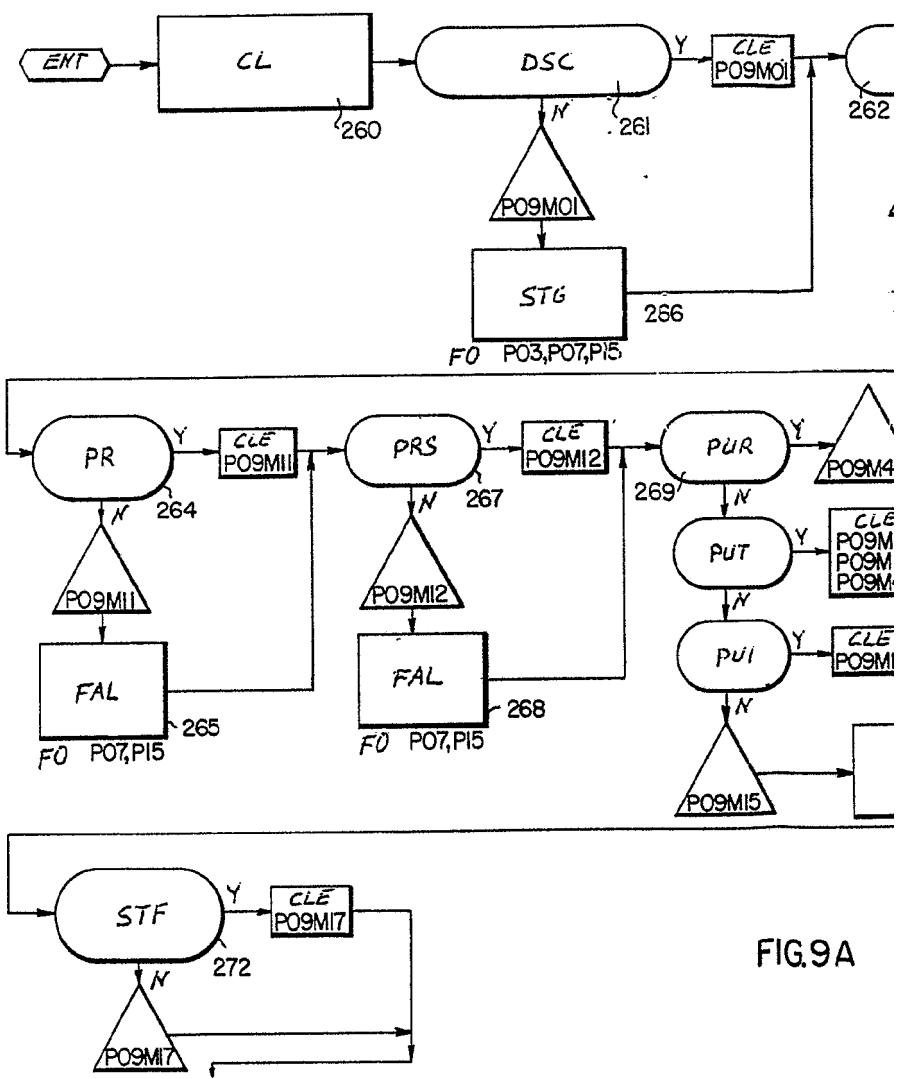


FIG.9A

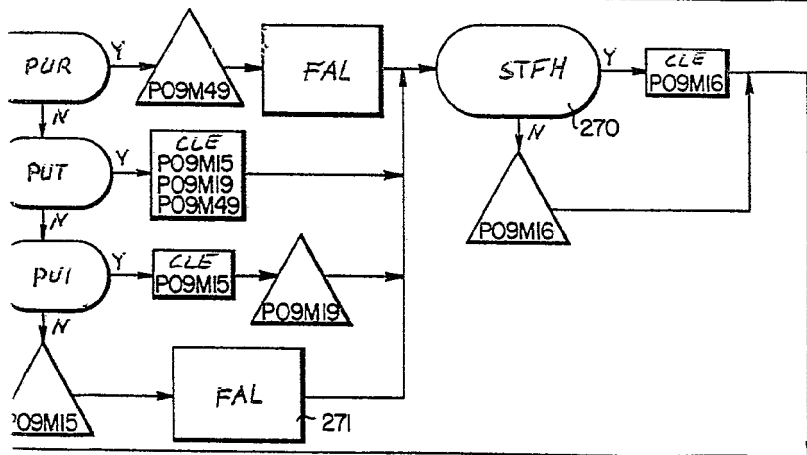
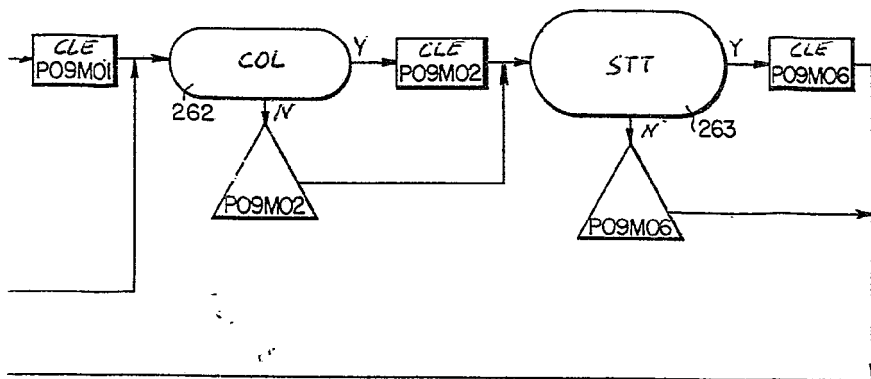
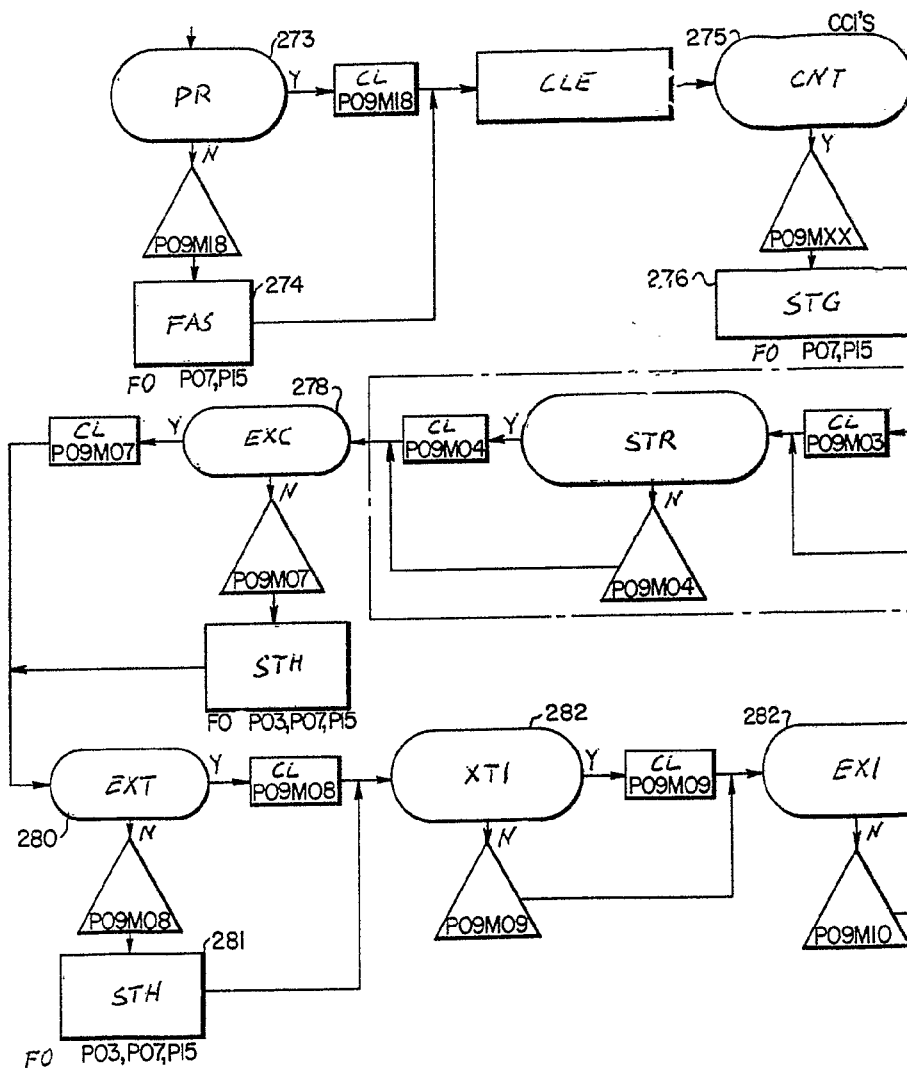


FIG.9A

For Office Use Only
[Handwritten Signature]



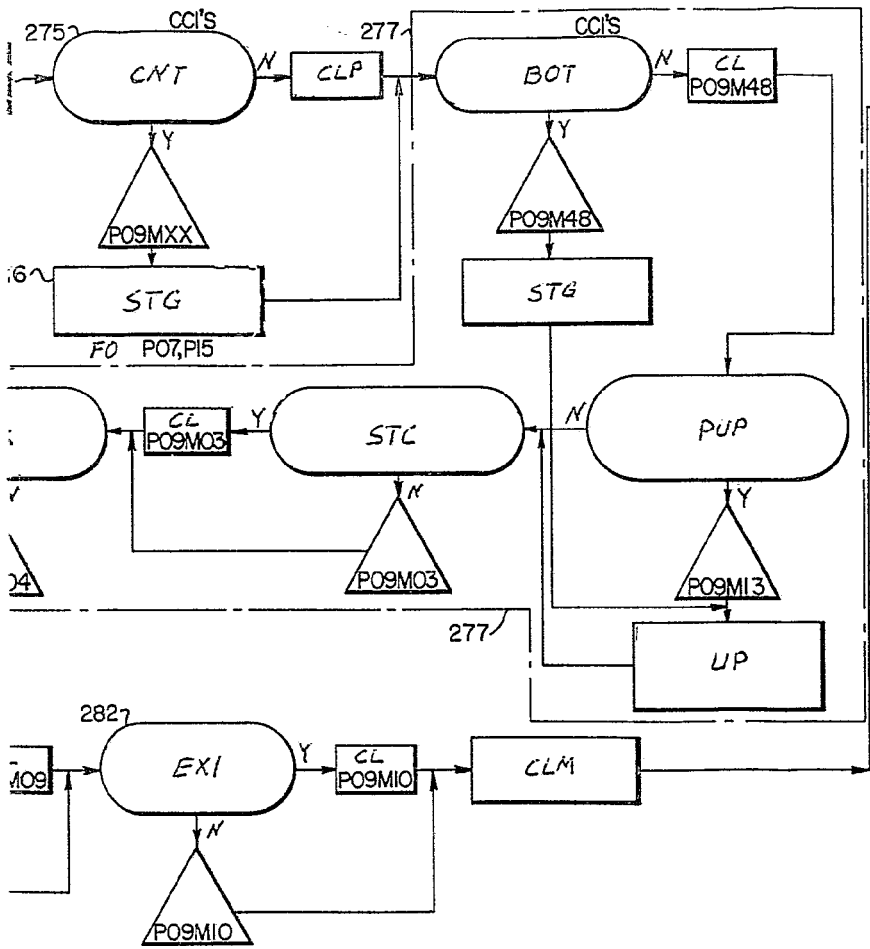
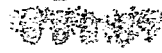
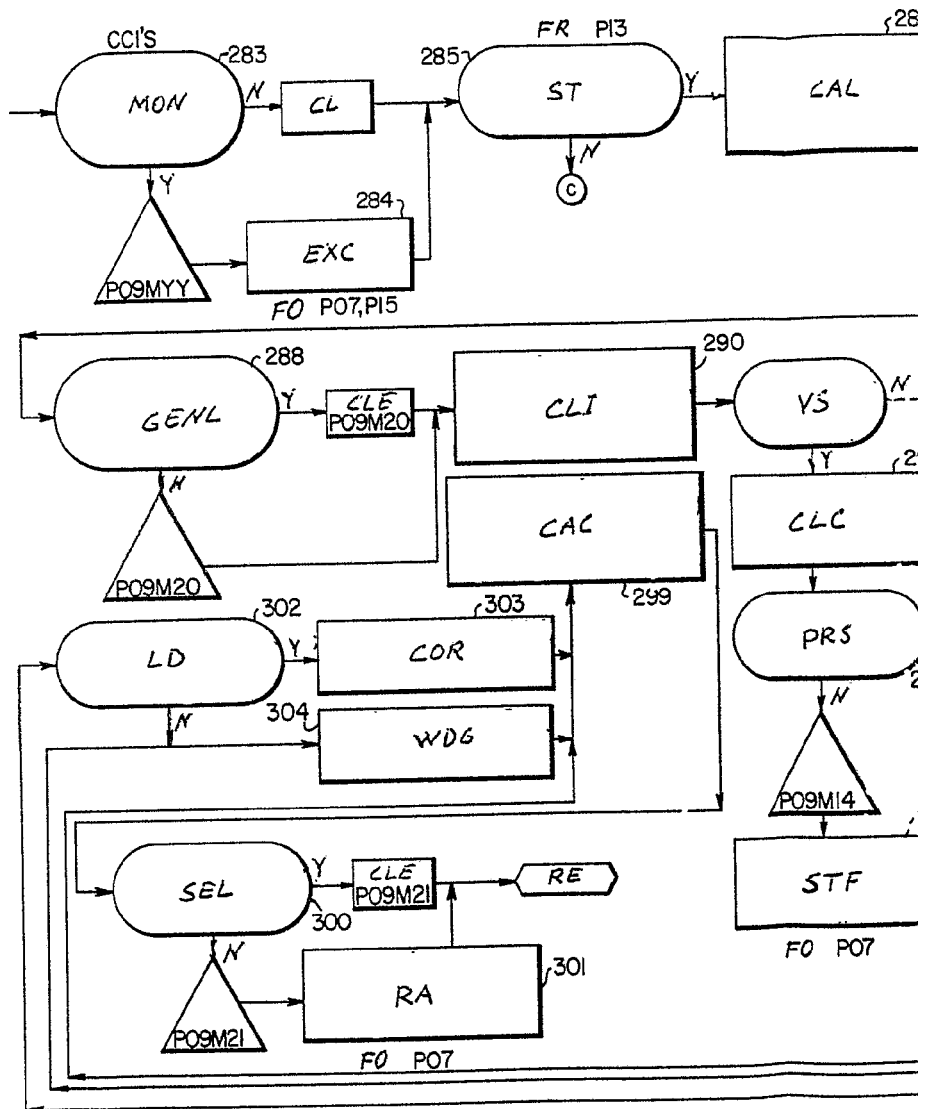


FIG.9B



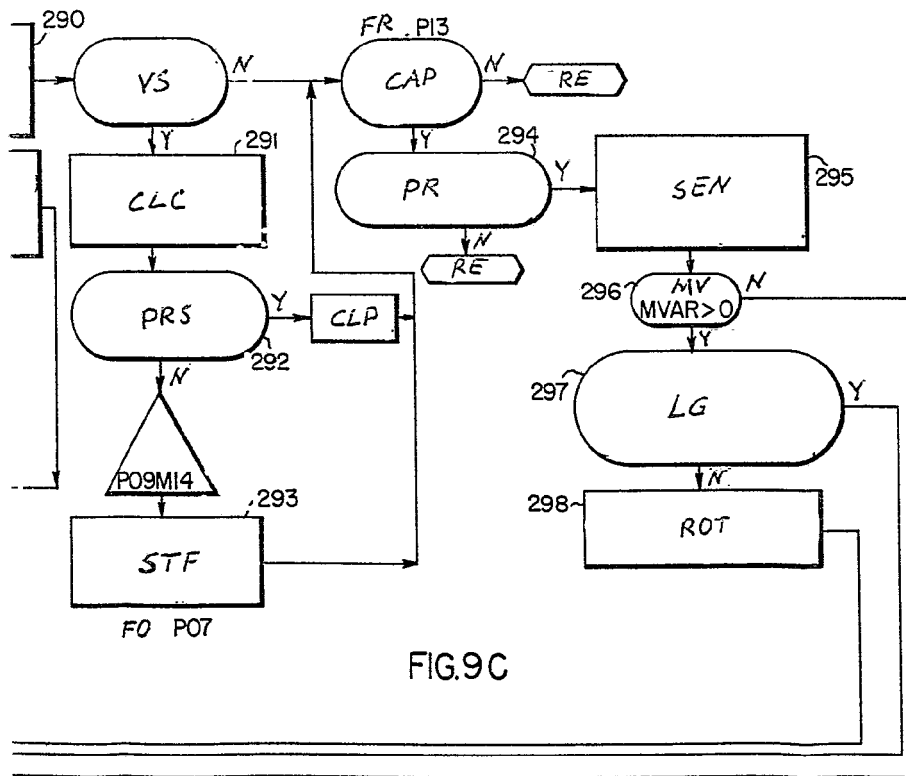
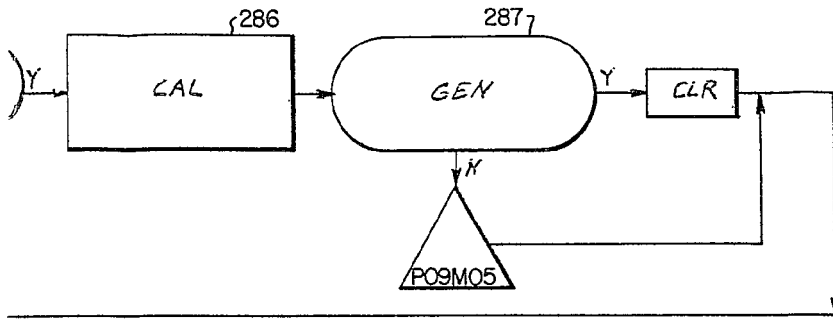


FIG.9C

GEN	EXP =	RIS =	H ₂ / MAX PSIG	H ₂ / MIN PSIG
WIT	$36 \left(\frac{74.7}{14.7 + \text{PSIG}} \right) \left(\frac{\text{ISA}}{\text{IS}} \right)^2$	$40 + \left(\frac{60 - \text{PSIG}}{7.5} \right)$	65	29
WID	$50 \left(\frac{74.7}{14.7 + \text{PSIG}} \right) \left(\frac{\text{ISA}}{\text{IS}} \right)^2$	$55 + \left(\frac{60 - \text{PSIG}}{15} \right)$		
WIV	$50 \left(\frac{89.7}{14.7 + \text{PSIG}} \right) \left(\frac{\text{ISA}}{\text{IS}} \right)^2$	$55 + \left(\frac{75 - \text{PSIG}}{15} \right)$		
W/W	$30 \left(\frac{\text{ISA}}{\text{IS}} \right)^2$	31	80	44
COV	$45 \left(\frac{44.7}{14.7 + \text{PSIG}} \right) \cdot 68 \left(\frac{\text{ISA}}{\text{IS}} \right)^2$	$\text{LIM} = 50 + \left(\frac{30 - \text{PSIG}}{2} \right)$	31	.2

FIG.10A

GEN	TY	IND	CUR						R		LI		
			H ₂ PSIG	C/V	C1	CR	CO	CL	CR	CL	LD	LG	
WIT	I	1	29	43	30 PSIG	0.0	0.4	X _{3.1} Y _{3.1}	R _{1.1}	R _{2.1}	R _{3.1}	.95	FF1
		2	44	58	45 PSIG	0.0	0.2	X _{3.2} Y _{3.2}	R _{1.2}	R _{2.2}	R _{3.2}	.95	FF2
		3	59	65	60 PSIG	0.0	0.1	X _{3.3} Y _{3.3}	R _{1.3}	R _{2.3}	R _{3.3}	.95	FF3
WIV	II	1	29	43	30 PSIG	0.0	0.4	X _{3.1} Y _{3.1}	R _{1.1}	R _{2.1}	R _{3.1}	.95	FF1
		2	44	58	45 PSIG	0.0	0.2	X _{3.2} Y _{3.2}	R _{1.2}	R _{2.2}	R _{3.2}	.95	FF2
		3	59	73	60 PSIG	0.0	0.1	X _{3.3} Y _{3.3}	R _{1.3}	R _{2.3}	R _{3.3}	.95	FF3
		4	74	80	75 PSIG	0.0	0.0	X _{3.4} Y _{3.4}	R _{1.4}	R _{2.4}	R _{3.4}	.95	FF4
W/W	III	1	44	58	45 PSIG	0.0	0.2	X _{3.1} Y _{3.1}	R _{1.1}	R _{2.1}	R _{3.1}	.95	FF1
		2	59	73	60 PSIG	0.0	0.1	X _{3.2} Y _{3.2}	R _{1.2}	R _{2.2}	R _{3.2}	.95	FF2
		3	74	80	75 PSIG	0.0	0.0	X _{3.3} Y _{3.3}	R _{1.3}	R _{2.3}	R _{3.3}	.95	FF3
COV	IV	1	14	13	5 PSIG	0.0	0.2	X _{3.1} Y _{3.1}	R _{1.1}	R _{2.1}	R _{3.1}	.95	FF1
		2	26	26	15 PSIG	0.0	0.1	X _{3.2} Y _{3.2}	R _{1.2}	R _{2.2}	R _{3.2}	.95	FF2
		3	29	31	30 PSIG	0.0	0.0	X _{3.3} Y _{3.3}	R _{1.3}	R _{2.3}	R _{3.3}	.95	FF3

FIG.10B

Handwritten signature and notes:
 Approved by [Signature]
 Date [Date]

STATISTICAL INFORMATION

GEN		EXP =
HY	WIT	$36 \left(\frac{74.7}{14.7 + \text{PSIG}} \right) \left(\frac{\text{ISA}}{\text{IS}} \right)^2$
	WID	$50 \left(\frac{74.7}{14.7 + \text{PSIG}} \right) \left(\frac{\text{ISA}}{\text{IS}} \right)^2$
	WIV	$50 \left(\frac{89.7}{14.7 + \text{PSIG}} \right) \left(\frac{\text{ISA}}{\text{IS}} \right)^2$
	WIW	$30 \left(\frac{\text{ISA}}{\text{IS}} \right)^2$
COV		RIC = $45 \left(\frac{44.7}{14.7 + \text{PSIG}} \right) \cdot 68 \cdot \left(\frac{\text{ISA}}{\text{IS}} \right)^2$

FIG.10A

GEN	TY	IND	1/2 PSIG		CUV	C1 C2	
			A	C			
WIT	I	1	29	43	30 PSIG	0,0	0,-Y
		2	44	58	45 PSIG	0,0	0,-Y
		3	59	65	60 PSIG	0,0	0,-Y
WIV	II	1	29	43	30 PSIG	0,0	0,-Y
		2	44	58	45 PSIG	0,0	0,-Y
		3	59	73	60 PSIG	0,0	0,-Y
		4	74	80	75 PSIG	0,0	0,-Y
WIW	III	1	44	58	45 PSIG	0,0	0,-Y
		2	59	73	60 PSIG	0,0	0,-Y
		3	74	80	75 PSIG	0,0	0,-Y
COV	IV	1	.2	13	.5 PSIG	0,0	0,-Y
		2	14	28	15 PSIG	0,0	0,-Y
		3	29	31	30 PSIG	0,0	0,-Y

FIG.10B

0100
0100
0100
0100

$xP =$	$RIS =$	H_2 MAX. PSIG	H_2 MILK. PSIG
$\frac{1}{3}) \left(\frac{ISA}{IS}\right)^2$	$40 + \frac{(.60 - PSIG)}{7.5}$	65	29
$\frac{2}{3}) \left(\frac{ISA}{IS}\right)^2$	$55 + \frac{(60 - PSIG)}{15}$		
$\frac{1}{3}) \left(\frac{ISA}{IS}\right)^2$	$55 + \frac{(75 - PSIG)}{15}$	80	29
	31	80	44
$=$ $\frac{1}{3}) .68 \cdot \left(\frac{ISA}{IS}\right)^2$	$LIM =$ $50 + \frac{(30 - PSIG)}{2}$	31	.2

FIG.10A

CUV	CUR							
	COR			R			LI	
	C1	C2	C3	R1	R2	R3	LD	LG
30 PSIG	0,0	0,-Y _{2.1}	X _{3.1} ,Y _{3.1}	R _{1.1}	R _{2.1}	R _{3.1}	.95	PF1
45 PSIG	0,0	0,-Y _{2.2}	X _{3.2} ,Y _{3.2}	R _{1.2}	R _{2.2}	R _{3.2}	.95	PF2
60 PSIG	0,0	0,-Y _{2.3}	X _{3.3} ,Y _{3.3}	R _{1.3}	R _{2.3}	R _{3.3}	.95	PF3
30 PSIG	0,0	0,-Y _{2.1}	X _{3.1} ,Y _{3.1}	R _{1.1}	R _{2.1}	R _{3.1}	.95	PF1
45 PSIG	0,0	0,-Y _{2.2}	X _{3.2} ,Y _{3.2}	R _{1.2}	R _{2.2}	R _{3.2}	.95	PF2
60 PSIG	0,0	0,-Y _{2.3}	X _{3.3} ,Y _{3.3}	R _{1.3}	R _{2.3}	R _{3.3}	.95	PF3
75 PSIG	0,0	0,-Y _{2.4}	X _{3.4} ,Y _{3.4}	R _{1.4}	R _{2.4}	R _{3.4}	.95	PF4
45 PSIG	0,0	0,-Y _{2.1}	X _{3.1} ,Y _{3.1}	R _{1.1}	R _{2.1}	R _{3.1}	.95	PF1
60 PSIG	0,0	0,-Y _{2.2}	X _{3.2} ,Y _{3.2}	R _{1.2}	R _{2.2}	R _{3.2}	.95	PF2
75 PSIG	0,0	0,-Y _{2.3}	X _{3.3} ,Y _{3.3}	R _{1.3}	R _{2.3}	R _{3.3}	.95	PF3
.5 PSIG	0,0	0,-Y _{2.1}	X _{3.1} ,Y _{3.1}	R _{1.1}	R _{2.1}	R _{3.1}	.95	PF1
15 PSIG	0,0	0,-Y _{2.2}	X _{3.2} ,Y _{3.2}	R _{1.2}	R _{2.2}	R _{3.2}	.95	PF2
30 PSIG	0,0	0,-Y _{2.3}	X _{3.3} ,Y _{3.3}	R _{1.3}	R _{2.3}	R _{3.3}	.95	PF3

IG.10B

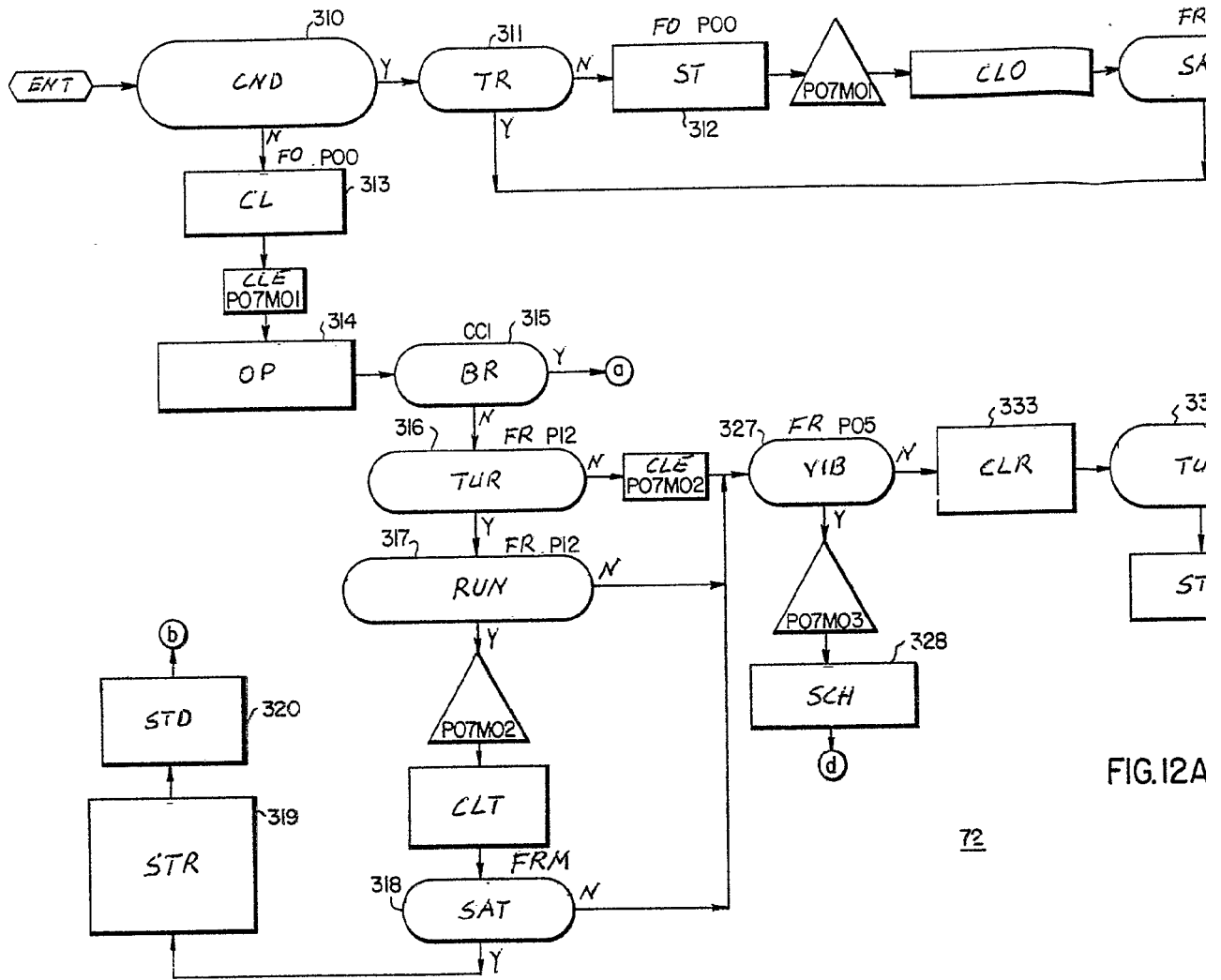


FIG. 12A

07007

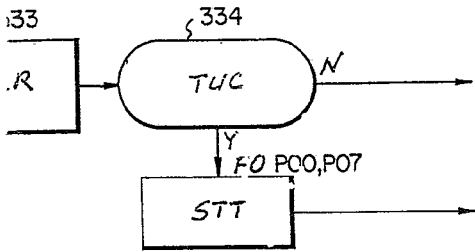
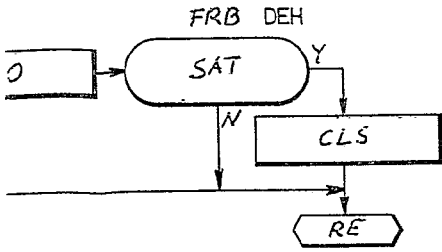


FIG.12A

+ MVAR
P.F LG

- MVAR
P.F LD

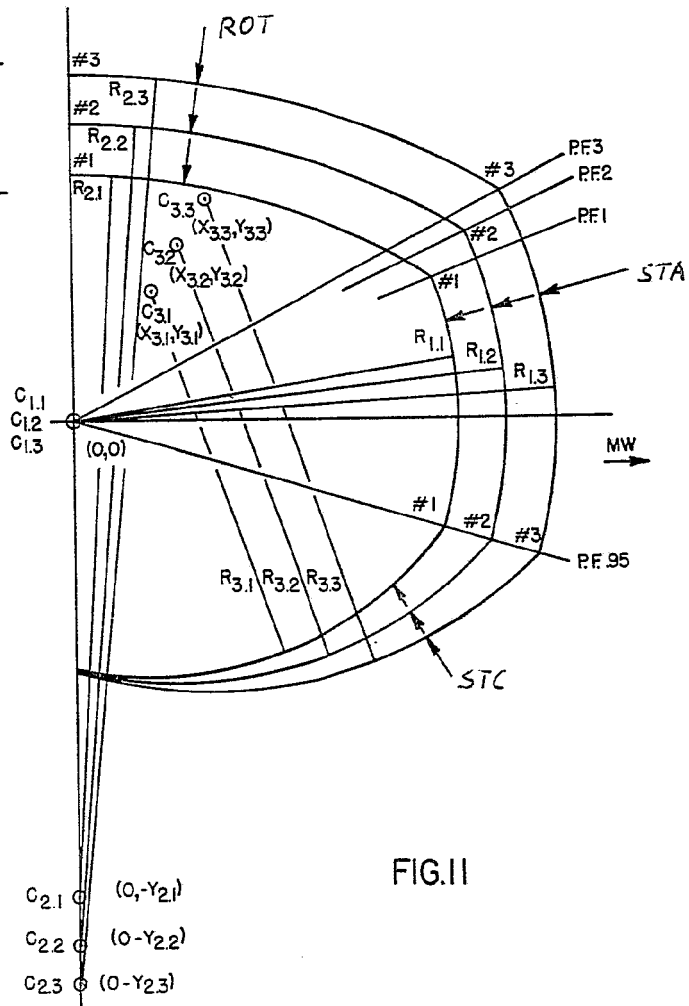


FIG.II

Handwritten signature

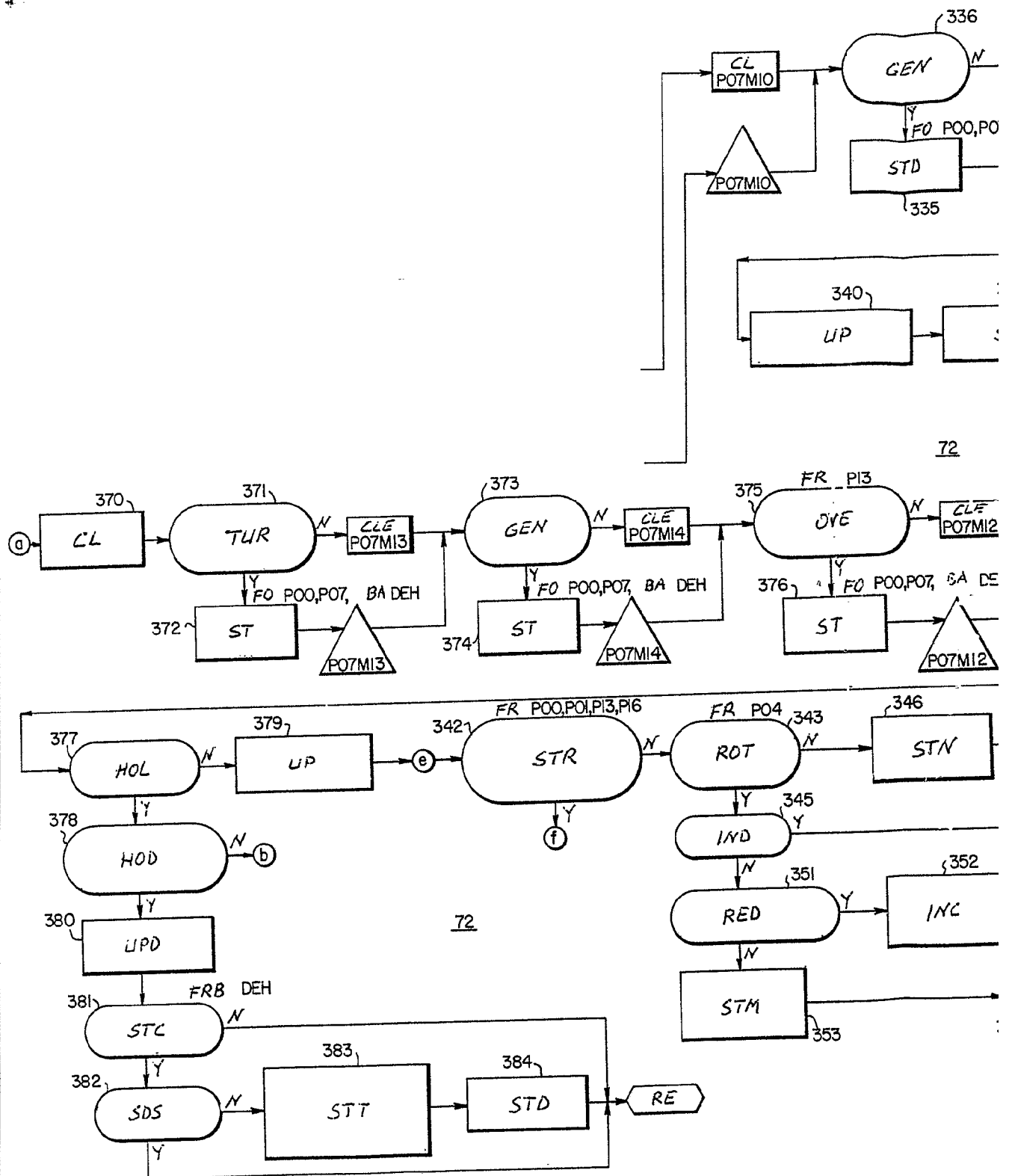


FIG. 12C

63987

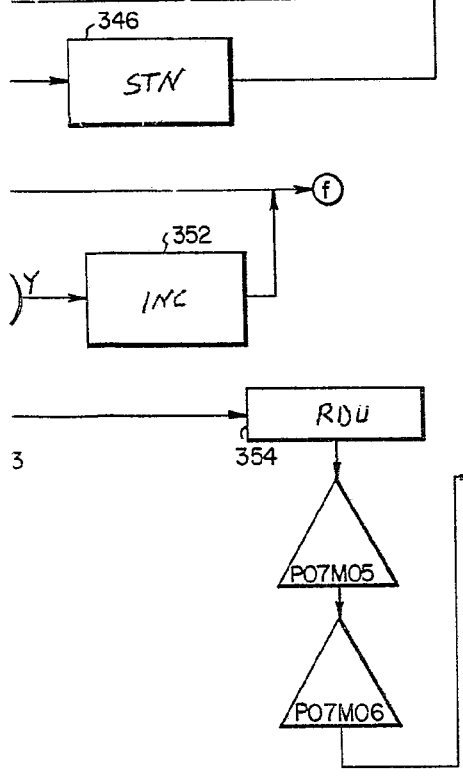
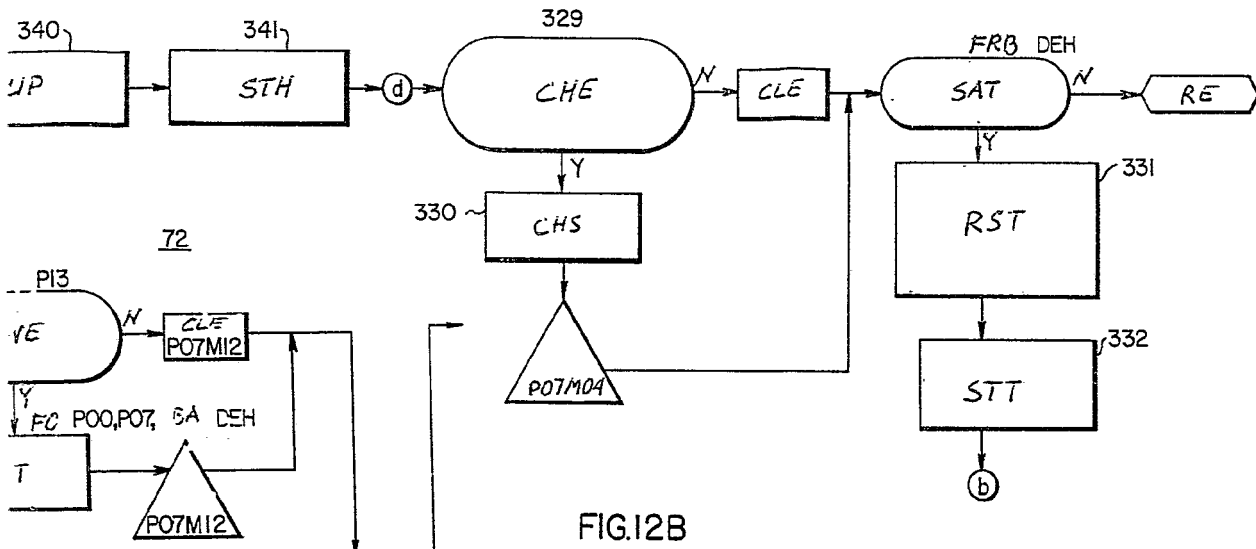
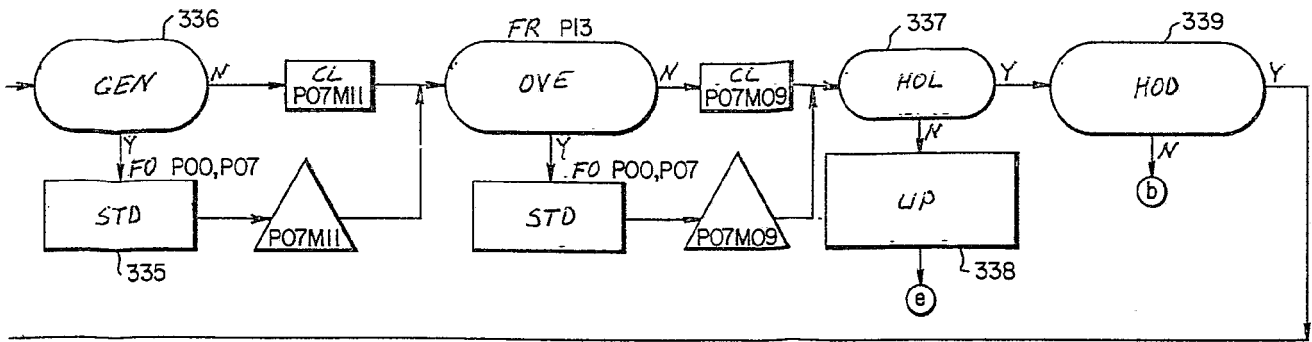


FIG.12B

Allen

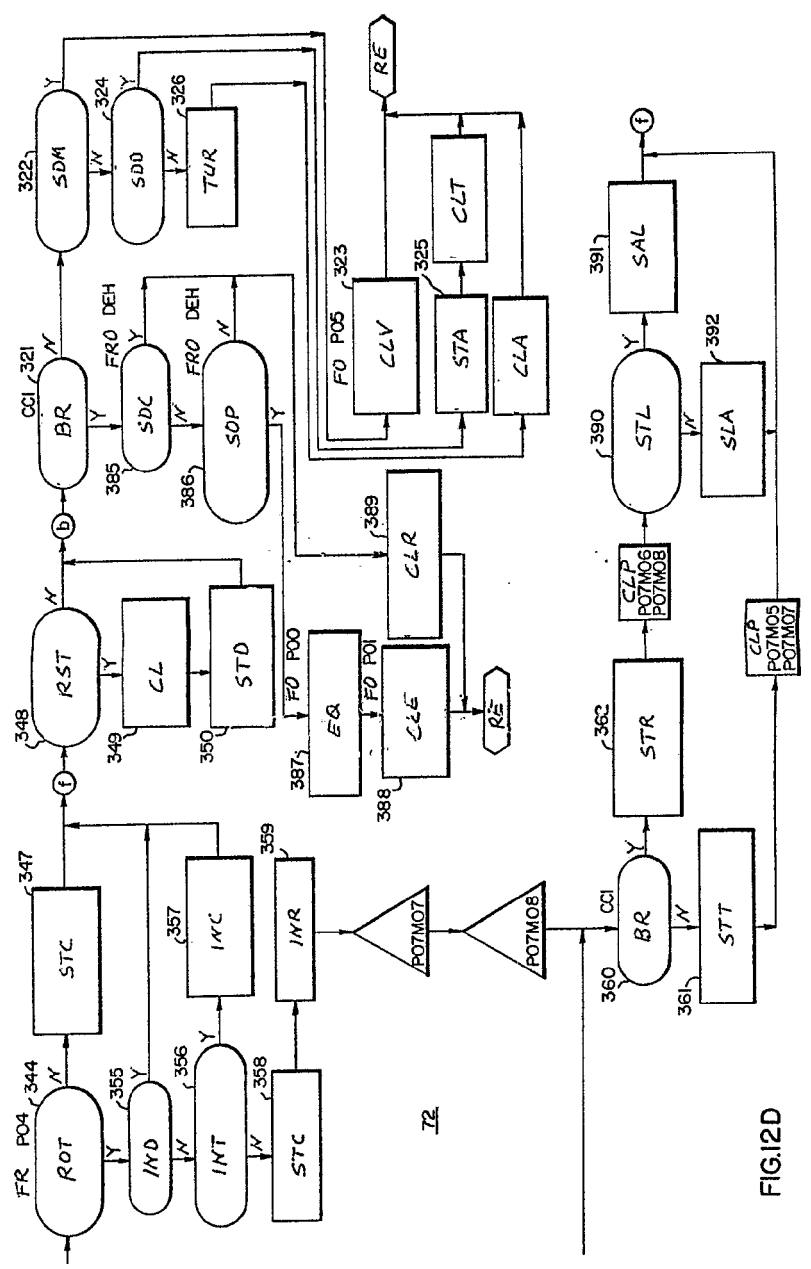
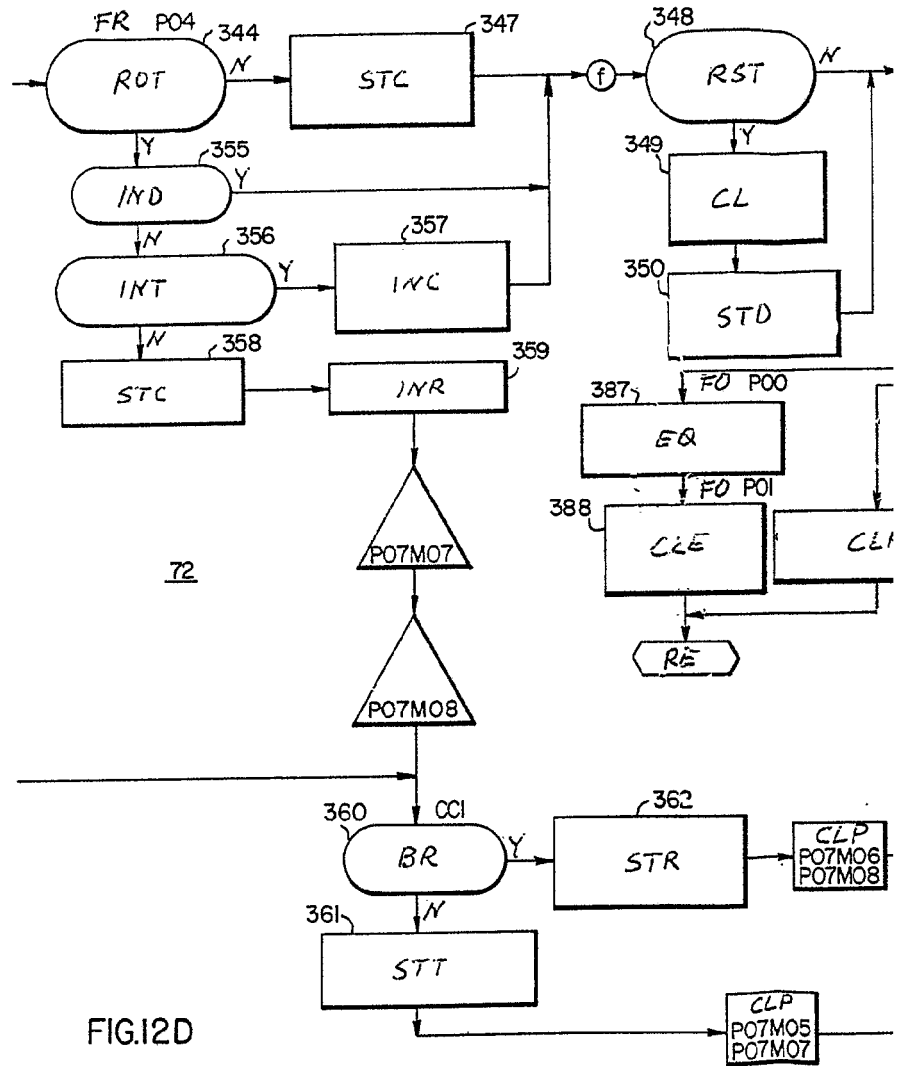


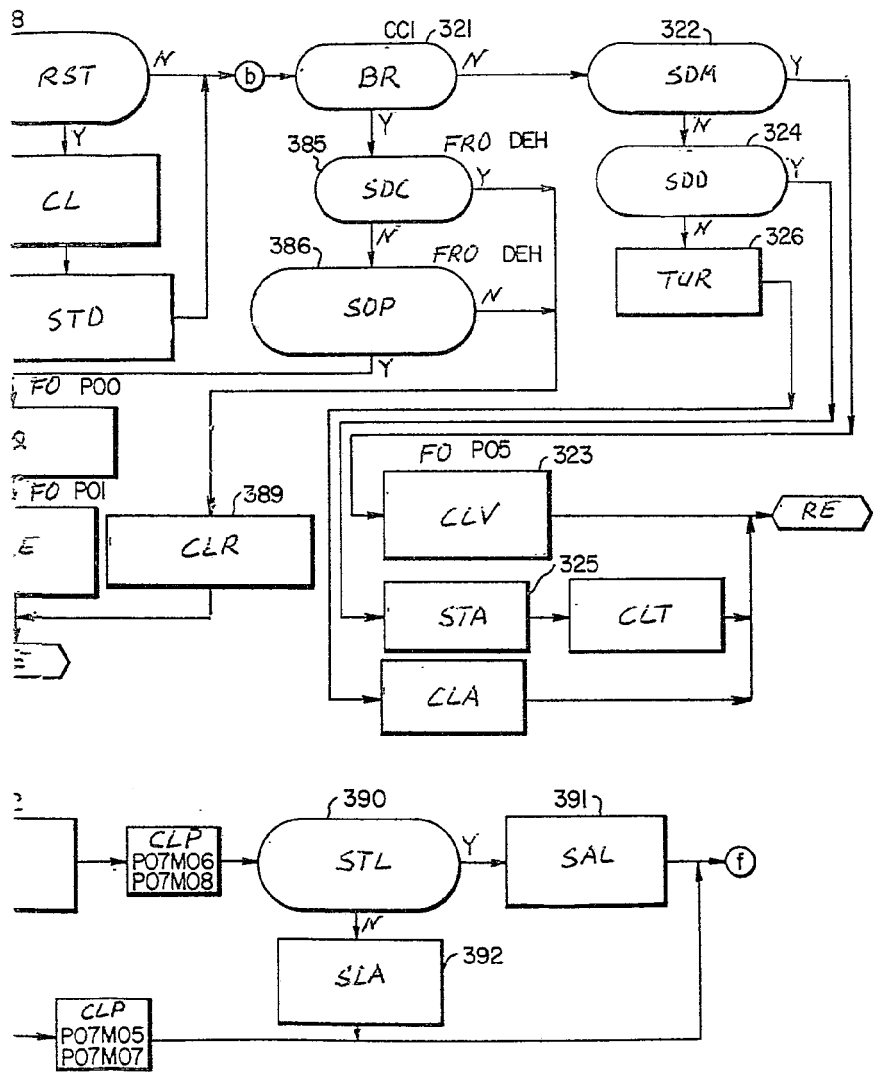
FIG.12D

Formada em Engenharia
 de Engenharia de
 Materiais
 UFRJ



72

FIG. 12D



Handwritten signature or initials.

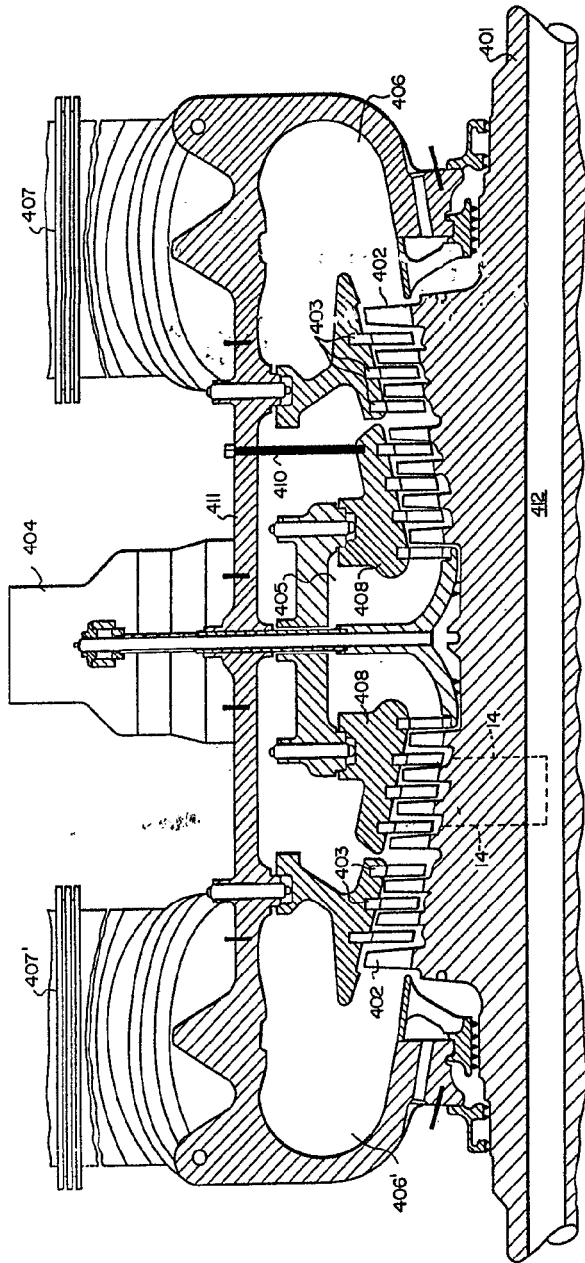


FIG. 13

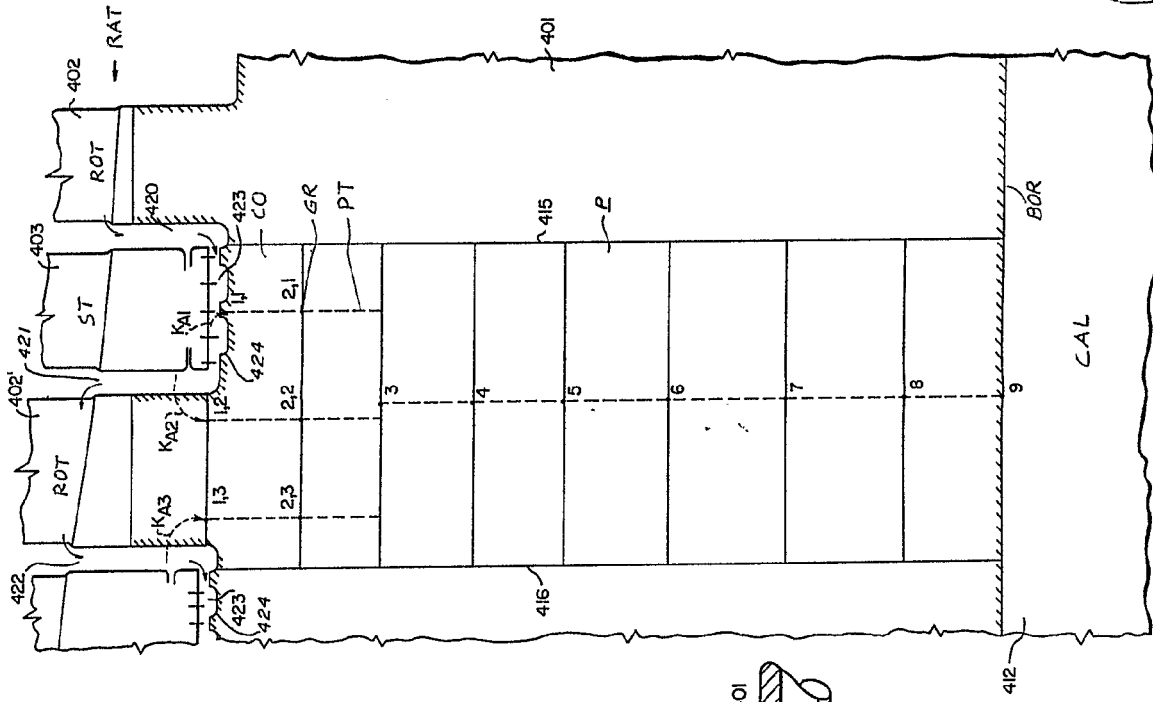
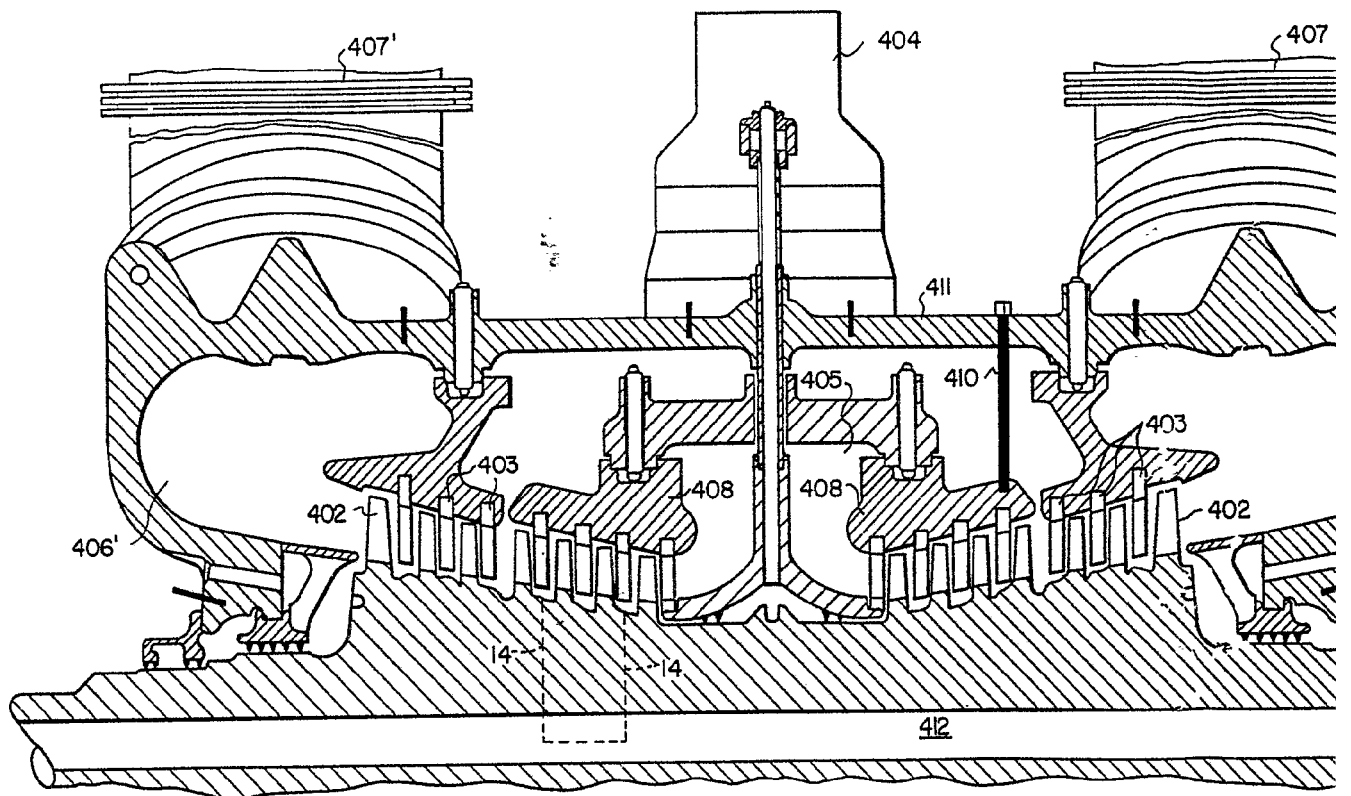


FIG. 14

FORNICATION OF INVENTION
 BY PATENT



400

FIG. 13

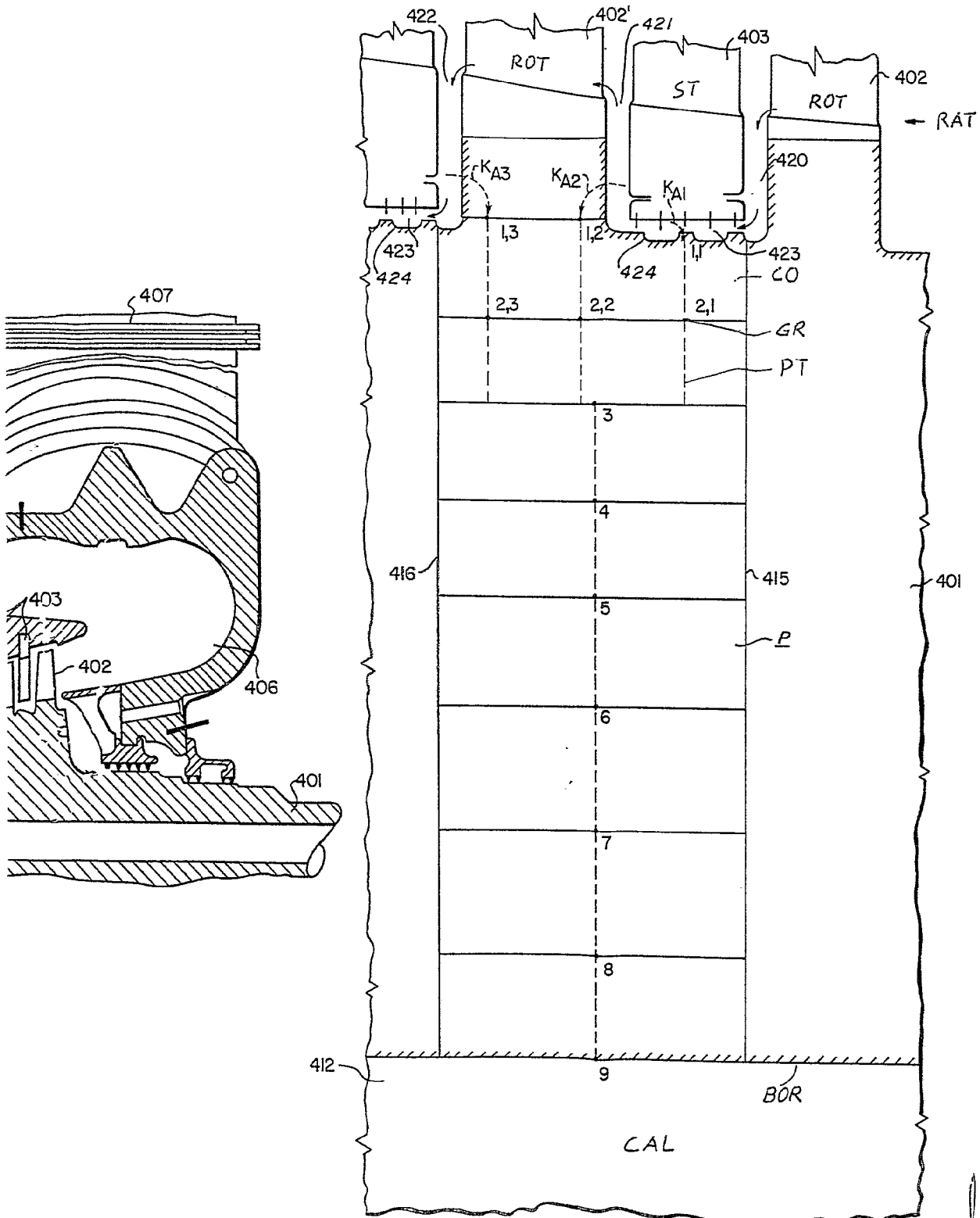


FIG.14

Deposito de Patentes
de Portugal

Almeida