

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**



**MEJORAMIENTO DE UN CIRCUITO DE ESTADO SÓLIDO
PARA SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN EN EQUIPOS DE TOMOGRAFÍA
COMPUTARIZADA Y RAYOS X**

TESIS

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

POR

WALTER SALVADOR CASTELLANOS RAMOS

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, AGOSTO DE 1996.



08
73-778
C.1

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

MEJORAMIENTO DE UN CIRCUITO DE ESTADO SÓLIDO PARA SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN EN EQUIPOS DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA Y RAYOS X.

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 26 de Septiembre de 1994, REF. EIME 193.94.

Walter Salvador Castellanos Ramos.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**



MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

| | |
|-------------------|--|
| DECANO | Ing. Julio Ismael González Podszueck |
| VOCAL 1o. | Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra |
| VOCAL 2o. | Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano |
| VOCAL 3o. | Ing. Juan Adolfo Echeverria Méndez |
| VOCAL 4o. | Br. Fernando Waldemar De León Contreras |
| VOCAL 5o. | Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor |
| SECRETARIO | Ing. Francisco Javier González López |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

| | |
|-------------------|--|
| DECANO | Ing. Julio Ismael González Podszueck |
| EXAMINADOR | Ing. Enrique Edmundo Ruiz Carballo |
| EXAMINADOR | Ing. Dimas Rafael Noriega Mota |
| EXAMINADOR | Ing. Julio Roberto Urdiales Contreras |
| SECRETARIO | Ing. Francisco Javier González López |

**INGENIERO
JULIO CESAR SOLARES PEÑATE
COORDINADOR DEL AREA DE ELECTRÓNICA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Ingeniero Solares;

Respetuosamente me dirijo a usted para manifestarle que, el trabajo de tesis, previo a optar el título de Ingeniero Electricista, del estudiante Walter Salvador Castellanos Ramos carnet 78-00978, titulado "Mejoramiento de un circuito de estado sólido para sistemas de alimentación en equipos de Tomografía Computarizada y Rayos X", ha sido concluido.

Por lo tanto, el autor de esta tesis, y yo, como su asesor, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones de la misma.

Atentamente,



**INGENIERO
MARIO RENE REYES REYES
COLEGIADO 3091**



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 9 de julio de 1996

Señor Director
Ing. Edgar F. Montúfar Urizar
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

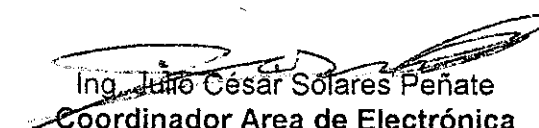
Señor Director:

Por este medio me permito dar aprobación al trabajo de tesis titulado:
**MEJORAMIENTO DE UN CIRCUITO DE ESTADO SOLIDO PARA SISTEMAS DE
ALIMENTACION EN EQUIPOS DE TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA Y RAYOS X;**
desarrollado por el estudiante **Walter Salvador Castellanos Ramos**, ya que considero que
cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador Area de Electrónica



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, al trabajo de tesis del estudiante Walter Salvador Castellanos Ramos, titulada: Mejoramiento de un circuito de estado sólido para sistemas de alimentación en equipos de tomografía computarizada y rayos X, procede a la autorización del mismo.


Ing. Edgar F. Montúfar Urizar
Director

Guatemala, 6 de agosto de 1,996.





FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

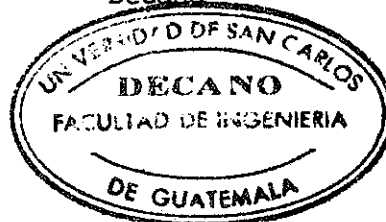
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de tesis: **Mejoramiento de un circuito de estado sólido para sistemas de alimentación en equipos de tomografía computarizada y rayos X**, del estudiante **Walter Salvador Castellanos Ramos**, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck

Decano



Guatemala, 12 de agosto de 1,996.

INDICE GENERAL

| | Pág. |
|--|------|
| GLOSARIO..... | 5 |
| INTRODUCCIÓN..... | 8 |
| CAPÍTULO 1 | |
| PRINCIPIOS DE UN CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE RAYOS X | |
| Sistemas de exploración o Gantry..... | 13 |
| Tubo emisor de rayos X..... | 14 |
| Sistemas detectores..... | 16 |
| Mesa de paciente..... | 16 |
| Sistemas de traslado de emplazamiento del paciente..... | 16 |
| Armario de potencia..... | 16 |
| Caja suspendida del techo con monitor..... | 17 |
| Sistemas de cómputo..... | 17 |
| Pruebas del equipo..... | 17 |
| Ajuste del equipo..... | 17 |
| Mediciones del equipo..... | 17 |
| Evaluación de la imagen..... | 17 |
| Puesto de mando y evaluación..... | 18 |
| Sección de alta tensión..... | 18 |
| Diagrama de bloques..... | 19 |
| Conexión de red y circuitos del contactor SS..... | 20 |
| Circuito de medición mA (mili amperio)..... | 24 |
| Circuito de regulación de alta tensión..... | 25 |
| Unidad M17 | |
| Circuito de excitación..... | 28 |
| Fuente de energía..... | 30 |
| Alimentación de corriente Isostat..... | 31 |
| Alimentación de corriente..... | 32 |
| Circuito de mando..... | 35 |
| Circuito de control..... | 36 |
| Selección de kV (kilo voltios)..... | 39 |

CAPÍTULO 2
APLICACIÓN DE ALTA FRECUENCIA PARA GENERAR ALTA TENSIÓN

| | |
|--|----|
| Características del Micromático (MMCT)..... | 43 |
| Elementos de la generación del Micromático..... | 43 |
| Ventajas del Micromático..... | 44 |
| Diagrama de bloques | 44 |
| Transformador de alta tensión..... | 45 |
| Unidad M2 y NS | 46 |
| Transformador regulador e inversor principal | |
| Transformador regulador M4 | 49 |
| Banco de capacitores M7..... | 53 |
| Inversor principal M9 | 53 |
| Isostat - control del filamento | |
| Isostat M5..... | 53 |
| Control de calentamiento M6 | 54 |
| Control del ánodo rotacional | |
| Control M9 | 54 |
| Circuito de alta tensión | 54 |
| Microprocesador | |
| Control del microprocesador M10..... | 55 |
| Operación secuencial del Micromático..... | 59 |
| Diálogo entre el Micromático y el Somatom | 60 |
| | |
| Descripción de las partes y circuitos físicos del inversor principal | |
| Visión general | 61 |
| El circuito de resonancia en serie | 62 |
| Principios del inversor principal | 63 |
| Variación de los kV con el inversor principal..... | 64 |
| Principios del control del inversor principal | |
| Condiciones de la puerta..... | 65 |
| Habilitando el inversor | 65 |
| Pulso de disparo | 65 |

| | |
|---|----|
| Inversor principal real..... | 67 |
| Transformador de alta tensión..... | 68 |
| Medición de la corriente..... | 69 |
| Medición de la tensión real..... | 70 |
| Circuito monitoreo de sobrevoltaje..... | 71 |
| Circuito monitoreo de arcos..... | 72 |
| Inversor de corto circuito..... | 73 |
| Diagrama de bloques de fusibles..... | 73 |
| Operación de fusibles electrónicos..... | 75 |
| Medición de la corriente del inversor..... | 76 |
| Generación del pulso de disparo..... | 77 |
| Restablecimiento del microprocesador..... | 78 |
| Medición de kV y mA..... | 79 |
| Posibilidad de regular..... | 80 |
| Características de operación del tubo de rayos X..... | 80 |
| Visión general de regulación..... | 81 |
| Regulación kV en la exploración..... | 82 |
| Adaptación entre dos exploraciones..... | 83 |
| Rango de adaptación..... | 84 |
| Ejemplos de la regulación..... | 85 |

CAPÍTULO 3

MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO DE ALTA TENSIÓN POR ALTA FRECUENCIA

| | |
|---|----|
| El sistema de rayos X (SRX)..... | 86 |
| Distribución de potencia del SRX..... | 87 |
| Abastecimiento de potencia del DC1 y DC2..... | 88 |
| Suministro electrónico de potencia para el generador electrónico (GEL)..... | 89 |
| Secuencia operacional del generador | |
| Potencia para encendido ON..... | 89 |
| Restablecimiento y prueba del sistema..... | 90 |
| El sistema en condición básica..... | 90 |
| Control del inversor principal..... | 93 |
| Ampliación de frecuencia..... | 94 |
| Mediciones de alta tensión y circuito de monitoreo..... | 95 |

| | |
|--|-----|
| Mejoramiento del mantenimiento preventivo y correctivo | 97 |
| CONCLUSIONES | 100 |
| RECOMENDACIONES | 101 |
| BIBLIOGRAFÍA | 102 |
| ANEXO | 103 |

GLOSARIO

| | |
|------------|--|
| -XCENA | X-rayos continuos habilitados |
| A - i - l | Amperio |
| A° | Anstrom, unidad de la longitud de onda |
| AC o ac | Corriente alterna |
| ADA | Línea de adaptación |
| AN50 | Selección de la velocidad del ánodo |
| AVO | Inicio de rotación del ánodo |
| Bit | Dígito binario, unidad simple de datos |
| Byte | Agrupación de varios bit's |
| C | Capacitancia |
| cm | Centímetros |
| CMOS | Semiconductor complementario de óxido metálico. |
| CPU | Unidad de control de procesa |
| CR | Control de registros |
| CS | Chip que selecciona la señal generada por los PAL's |
| CT | Tomografía Computarizada |
| DAB | Tarjeta de adquisición de datos |
| DAS | Sistema de adquisición de datos |
| DC o dc | Corriente continua o directa |
| DDR | Registro de direccionamiento de datos |
| Delay | Retardo de tiempo |
| DHV | Detector de suministro de alta tensión |
| DMS | Sistema de medición de datos |
| DR | Registro de datos de salida |
| DSC | Escritorio de control separador |
| Dxxx | Tarjetas (xxx = identificación numérica) |
| Estrato | Paciente u objeto al cual se realiza un tomograma |
| EXPEN | Exposición habilitada |
| FCA | Representación del valor efectivo de la corriente de calentamiento del filamento |
| FF | Flip-flop, dispositivo univibrador |
| FIL | Corriente de filamento durante el inicio de la exploración |
| FOCPOW | Tablero de potencia de la deflexión del foco |
| FOCREG | Regulación de la deflexión del foco |
| FP | Placa de campo. aislamiento electromagnético |
| FQ | Niveles de sombreado, relación de calidad de frecuencia |
| Fxxx, Uxxx | Fusibles (xxx = identificación numérica) |
| GADS | Sistema generador y adquisición de datos (Generator Data Acquisition System) |
| GEBR | Lectura del generador |
| GEL | Generador electrónico |

| | |
|--------------|---|
| GEOK | Generador en buen estado |
| HSPTANK | Tanque de alta tensión H1 |
| HT | Alta tensión de tubo |
| HTC - IT | Corriente de tubo |
| HTD | Diferencia entre tensiones kV+ y kV- |
| HU | Interruptor de cambio para el calentamiento del filamento en la exploración |
| ICS | Sistema de control de imagen |
| IF | Corriente de filamento |
| INVEN | Inversor Principal |
| ION | Inversor activado (ON) |
| IROE | Corriente de tubo |
| kHz | Kilohertz |
| kV | Kilovoltio |
| kVA | Kilo Volta Amperios |
| kVU | Interruptor de cambio de kV |
| LED | Diodo emisor de luz |
| m | Metro |
| mA | Miliamperio |
| Mb | Megabytes |
| mm | Milímetro |
| MMCT | Micromátic Tomografía Computarizada |
| ms | Milisegundo |
| Mxxx | Módulo (xxx = identificación numérica) |
| NMI | Interruptor transparente (Non Maskable Interrupt) |
| NS | Contactador principal |
| Optoaislador | Circuito aislador por un foto diodo y foto transistor |
| PAL | Ordenador de aplicaciones de programas (Programmed Array Logic) |
| PDS | Sistema de distribución de potencia |
| PHS | Sistema para el manejo del paciente |
| PIA | Interface adaptador de los periféricos (Peripheral Interfase Adapter) |
| PROM | Memoria programada solo para lectura (Programmable Read Only Memory) |
| PWRF | Suministro de tensión con referencia digital |
| R | Resistencia |
| RAW | Selección de lectura y escritura |
| Rad | Unidad de absorción de radiación por el cuerpo |
| RAM | Memoria de acceso libre (Random Access Memory) |
| REG | Características de regulación |
| ROSY | Sistema de control de rotación |
| ROTFRE | Representación de la frecuencia de corriente en el motor del ánodo |
| Roentgen | Unidad de medida de la radiación |
| RPM | Revoluciones por minuto |
| s | Segundo |

| | |
|---------------|---|
| SCS | Sistema de exploración |
| Señal AS | Dirección estroboscópica |
| Señal BACKW | Información retrospectiva |
| Señal BAHEAT | Prueba para el correcto calentamiento |
| Señal CLK | Reloj |
| Señal E | Salida de reloj para el bus de sincronismo |
| Señal FORW | Información progresiva |
| Señal GEN-RDY | Generador preparado |
| Señal IORES | Restablecimiento de entrada y salida |
| Señal KVOVP | Kilovoltios reales |
| Señal kVUVP | Kilovoltios de referencia |
| Señal Tdr-ok | Alta tensión y corriente del tubo en rango |
| Señal XR | Control de la activación de radiación |
| SRX | Sistema de rayos X |
| TAC | Tomografía Axial Computarizada |
| TEMP | Tensión determinada para un resistor NTC |
| Tomograma | Imagen presentada en el monitor de televisión |
| TRA | Posición de las escobillas del transformador de regulación al inicio de la exploración |
| UAK | Alta tensión de ánodo y cátodo |
| UFP | Tensión de la placa de campo |
| UGK | Alta tensión de rejilla a cátodo |
| URST | Representación de la tensión de salida del transformador regulador |
| V - u | Voltio |
| WECM | Escritura habilitada para CMOS-RAM |
| XP | Disparo de un pulso de rayos X para descarga de alta tensión (frecuencia de adaptación) |

INTRODUCCIÓN

Cuando el 8 de noviembre de 1895, el alemán Wilhelm Conrad Roentgen descubrió los rayos X, capaces de penetrar los cuerpos opacos y de hacerlos transparentes, se dio un gran paso en el diagnóstico de la medicina moderna y el tratamiento de numerosas afecciones; se han cumplido 100 años de ese gran descubrimiento.

Roentgen dio el nombre de rayos X a su descubrimiento debido a que la naturaleza de estos rayos le resultaba desconocida.

Los rayos X constituyen una radiación electromagnética; se parece a la luz, pero poseen una frecuencia mucho más elevada y una longitud de onda mucho más corta. Se les llama duros, si su longitud de onda varía entre 0.01 y 0.1 angstroms (A°); medios, si se sitúa entre 0.1 y 10 A° , y blandos, si está entre 10 y 200 A° (un angstrom equivale una diezmillonésima de milímetro).

Se emiten rayos X cada vez que los electrones golpean con la energía suficiente los átomos que constituyen la materia. Cuando animados de una gran velocidad, chocan con los átomos, una parte de su energía cinética se transforma en calor (99%) y el resto en rayos X. Es por ello que un tubo de rayos X comprenden dos partes: una fuente de electrones constituida por un filamento, cátodo, que se pone incandescente, y un blanco, el ánodo, formado por una pieza metálica, generalmente de tungsteno.

La intensidad de la corriente en el filamento determina la temperatura de éste y permite modificar la cantidad de rayos X que se desea producir. La fuerza que acelera a los electrones es función de alta tensión con corrientes de operación muy pequeñas, aplicada entre el filamento y la placa; de esta tensión, obtenida de un circuito convencional de alimentación, medida en kilovoltios, depende la calidad de los rayos X, es decir, su fuerza de penetración.

El recorrido cátodo - ánodo de los electrones se realiza en el cinto de un tubo de vidrio, en el que se ha hecho el vacío. El tubo se halla envuelto por una funda de plomo, la cual está provista de una abertura que deja pasar el haz de rayos X útiles. Además, un diafragma de plomo permite modificar la amplitud del haz, según el tamaño de la región que se desee examinar o tratar.

El principio del radiodiagnóstico descansa esencialmente en el poder de penetración de los rayos X y en la desigualdad de absorción de la radiación por los tejidos que atraviesa. Como la retina es insensible a los rayos X, el haz de rayos debe hacerse visible. Esto puede conseguirse, por ejemplo, utilizando una pantalla fluorescente que absorbe la energía del haz y la restituye en forma de luz visible: se

trata de la radioscopia. En la pantalla fluorescente en la que el haz engendra la luminiscencia, el cuerpo humano aparece sombreado; las partes más densas (los huesos) originan zonas más oscuras en la pantalla.

La radiación X también se puede poner de manifiesto mediante la impresión sobre una placa fotográfica: se trata de la radiografía. Al revelar la película en el negativo, las zonas más transparentes a los rayos X aparecen en negro y las otras (los huesos, por ejemplo) en blanco.

To Scan es un verbo inglés de difícil traducción; más o menos, significa examinar, escudriñar o explorar cuidadosamente una cosa, recorriéndola punto a punto. En radiología se denomina técnicas de scanning aquellas caracterizadas porque la fuente de radiaciones, el receptor, o ambos a la vez, se mueven repetidamente sobre cierta zona del cuerpo. El dermatólogo Bocage introduce este método, en el año de 1922, y lo llama tomografía, pero no fue hasta fines de los 20 cuando Ziedses y Vallaveno logran ponerlo en operación.

Los rayos X, irremplazables en el campo del diagnóstico médico, presentan algunos peligros que no eran bien conocidos por los primeros radiólogos: pueden destruir células y tejidos vivos. Los elementos formadores de los glóbulos blancos y rojos (bazo, timo, médula ósea) se hallan entre los tejidos más radiosensibles: su exposición a las radiaciones produce leucopenias (disminución del número de los glóbulos blancos) y anemias. La exposición de las células genitales pueden ser causa de esterilidad. Las células generadoras de la piel son también muy sensibles: numerosos radiólogos fueron víctimas de la radiodermatitis, una lesión de la piel que puede conducir a una degeneración cancerosa.

Actualmente, la utilización de los rayos X se hallan sometida a reglas estrictas: utilización por el radiólogo de un delantal de plomo y un pequeño dosímetro, que mide la radiación en Roentgen o la cantidad de radiación absorbida por el cuerpo humano, RAD (formado por una película sensible a la radiación, que registra cualquier sobre exposición), utilización de un material adaptado que permite tiempos cortos de exposición; el primer reglamento de protección radiológica salió en el año de 1959.

En el transcurso de los años, otros radiólogos e inventores siguieron estudiando la aplicación de rayos X en equipos para diagnósticos y tratamientos en áreas específicas del cuerpo, los cuales se iban modernizando aceleradamente según las necesidades, por ejemplo:

El tubo emisor de rayos X fue modificado por Bowerrs en el año de 1929; logró introducir un ánodo giratorio; de esta forma se obtenía un área diferente de incidencia del haz de electrones en cada disparo, alargando la vida útil del tubo. El ánodo gira hasta 17,000 revoluciones por minuto (RPM), material anódico de tungsteno aleado con renio sobre base de molibdeno y algunos tubos de ultima generación contienen

tres capas calorex con grafito por su elevadísimo factor de conversión de la energía, para radioscopia pulsada y exposiciones de sucesión rápida en tomografía computarizada (CT). Se construyeron equipos específicos aplicados en traumatología (fijos y móviles), urología, mamografía, diagnóstico vascular, endoscopia, neurocirugía, etc.

El ingeniero inglés Godfrey Housfield y el matemático americano Allan Cormack, hace su publicación sobre tomografía axial computarizada (TAC) en 1973; a partir del concepto computarizado, se desarrolla el DR que define el empleo dinámico del tomógrafo computarizado por Rayos X, SOMATOM, para diagnóstico del cuerpo entero por el procedimiento de cortes transversales con sistema tubo de rayos X y 512 detectores (elemento semiconductor que transforma la radiación recibida a nivel de voltaje, usando Xenón para mayor eficiencia) de rotación, en un recorrido de 360° para obtener un corte, posteriormente se optimiza el equipo e incluyen 1024 o 1536 detectores y el resultado se refleja en la nitidez de la imagen.

Una familia nueva de tomógrafos se evalúa y adquiere el nombre de AR; dentro de sus muchos cambios, se integra un generador de frecuencia elevada, de tipo silencioso, integrado en el sistema rotatorio y emisores monobloque Rotanx en la unidad de exploración.

Con esta información, se podrá comprender lo que a continuación se expone en este trabajo de tesis;

MEJORAMIENTO DE UN CIRCUITO DE ESTADO SÓLIDO PARA SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN EN EQUIPOS DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA Y RAYOS X

El cual tiene como objetivo:

- A.- Evitar el riesgo al trabajar con alto voltaje en áreas reducidas o incómodas.
- B.- Reducir el costo en recámaras y accesorios aislados para alto voltaje, así como transformadores y reguladores.
- C.- La reducción en volumen físico de equipos permitiría acoplar otros equipos de análisis y supervisión.
- D.- Optimización de un sistema convencional, basado en un circuito de estado sólido.

Para comprender mejor los objetivos, se tomará de base las dos familias de tomógrafos, de las cuales se había hecho mención anteriormente, sin embargo, en

general también se toma para equipos de rayos X.

I.- PRINCIPIOS DE UN CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE RAYOS X

El circuito de alto voltaje y pequeña corriente que alimenta el tubo de rayos X y los impulsos que son enviados a ese tubo se controlan en un panel de control. En los equipos de tomografía DR, el circuito de alimentación consta:

- a.- Alimentación de la red comercial, proporcionada por la Empresa Eléctrica de Guatemala.
- b.- Líneas de tensión que transportan la alimentación al bastidor de contactores y reles controlados que energizan el transformador (puede ser un banco de transformadores monofásico o trifásico) que aumenta la tensión de cientos de voltios, en el primario, a miles de voltios, en el secundario, y que, además, implica un volumen efectivo de éste, de un metro cuadrado y un metro diez centímetros de altura, alto nivel de aislamiento en todos sus conexiones y aceite dieléctrico que enfría el núcleo del transformador.
- c.- La alta tensión debe rectificarse; para este caso, se usan rectificadores y capacitores, sin embargo, hay otra forma, utilizando un banco de transformadores para tener un rizado lo más efectivo, pero el volumen de este equipo debe sumarse al usado por el transformador.
- d.- Entre el tubo generador de rayos X y el voltaje rectificado de alta tensión, se encuentran otros bastidores donde están los tiristores que controlan los pulsos a la hora del disparo.

II.- APLICACIÓN DE ALTA FRECUENCIA PARA GENERAR ALTA TENSIÓN

Incorporando un inversor que modifique la frecuencia de operación de la tensión, pero que no modifique la de la línea comercial, tendremos las siguientes características básicas:

- a.- Alimentación de la red comercial, proporcionada por la Empresa Eléctrica de Guatemala.
- b.- Inversor principal que selecciona una frecuencia de operación de 10 kHz en el primario del transformador de alta tensión, como consecuencia, permite que el volumen del núcleo del transformador se reduzca considerablemente.

- c.- El flujo de energía de la línea del inversor principal, aunque se direcciona a un transformador con voltaje ajustable de salida, se rectifica y se filtra (energía almacenada).
- d.- Ya rectificada la alta tensión, pasa por los tiristores y se encuentra listo el sistema para el disparo.
- e.- Se puede juntar el tubo de rayos X y el transformador dentro de la unidad de exploración o gantry, y no es necesario varias habitaciones para instalar todo el equipo y tener que proteger una de todas para montar el transformador y los rectificadores.

III.- MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO DE ALTA TENSIÓN POR ALTA FRECUENCIA

Generando alta frecuencia a partir del circuito de la red comercial e incorporando elementos y accesorios de gran tecnología el equipo, se optimiza y se mejora el circuito generador de alta tensión cumpliendo con los objetivos de este trabajo de tesis, y como resultado se pueden obtener mejores procedimientos en el mantenimiento y nuevos métodos de investigación para cambios en el sistema general. Es muy importante el nuevo enfoque de los sistemas de Tomografía Computarizada, ya que se le da mayor confiabilidad y seguridad al equipo y la información obtenida de las exploraciones, sin dejar de mencionar la protección para eliminar los efectos secundarios de la aplicación de alta frecuencia.

CAPÍTULO 1

PRINCIPIOS DE UN CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE RAYOS X

Para hacer operar un tubo de rayos X, es necesario un circuito de alta tensión; se usará el SOMATOM DR, el cual define el "empleo Dinámico del tomógrafo computarizado por Rayos X", como modelo básico para describir este circuito, ya que es el más sencillo dentro de la familia de la nueva generación, sin embargo, para poder llegar a analizar este circuito, es necesario detallar los bloques, componentes y conceptos importantes que forman la tomografía.

El Somatom DR se presta para la evaluación cuantitativa de las imágenes de todos los tejidos y regiones corporales. Desde la región craneal y cervical, pasando por el tórax, abdomen, pelvis y extremidades, pueden examinarse todas las estructuras fisuradas de la piel y óseas. Las exploraciones del diagnóstico funcional se llevan a cabo a una secuencia rápida de 12 exploraciones/minuto. En redimen de topograma, pueden obtenerse radiografías digitales para representaciones panorámicas con escasa dosis de radiación.

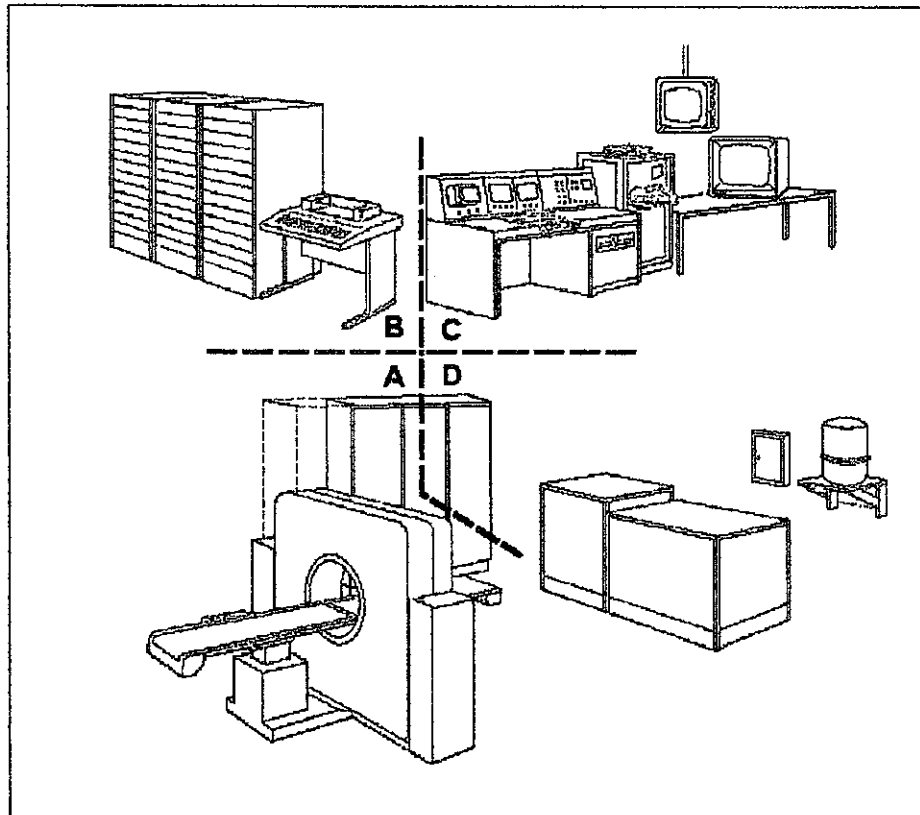
Como los cuadros de diagnóstico son digitalizados, estos modelos están equipados con una matriz de memoria de imagen de 256 x 256 puntos de resolución, sin embargo, en casos de mucha precisión en el diagnóstico, estos puntos de resolución llegan hasta 1024 x 1024; se hace referencia de esto, pues la imagen es muy importante para el análisis final; si no es clara y definida, no hay resultados precisos y seguros.

El principio de medición del Somatom DR se base en la exploración del objeto que se mide, en torno al cual gira un sistema que une rígidamente el tubo de radiación en abanico y el arco detector. Durante la rotación, se pulsa la alta tensión en el tubo de rayos X. El haz en abanico encuadrado produce en el sistema detector, por cada pulsación, un perfil de valores de absorción del estrato del cuerpo examinado.

Los cuatro bloques básicos del tomógrafo son los siguientes, como lo muestra la Figura #1-1:

- A.- Sistema de exploración
- B.- Sistema de cómputo
- C.- Puesto de mando y evaluación
- D.- Sección de alta tensión

A continuación, se describirá lo que hace cada bloque y los componentes de que están constituidos.



Bloques básicos del tomógrafo

Figura #1-1

SISTEMA DE EXPLORACIÓN O GANTRY

El sistema electrónico de medición de la unidad de exploración o gantry convierte las señales analógicas de medición que se producen en cada impulso de alta tensión en un convertidor analógico - digital lineal; esta información se deposita en la memoria de captación del computador de preelaboración de datos.

Partiendo de su función, se dirá que los componentes del sistema de exploración son los siguientes:

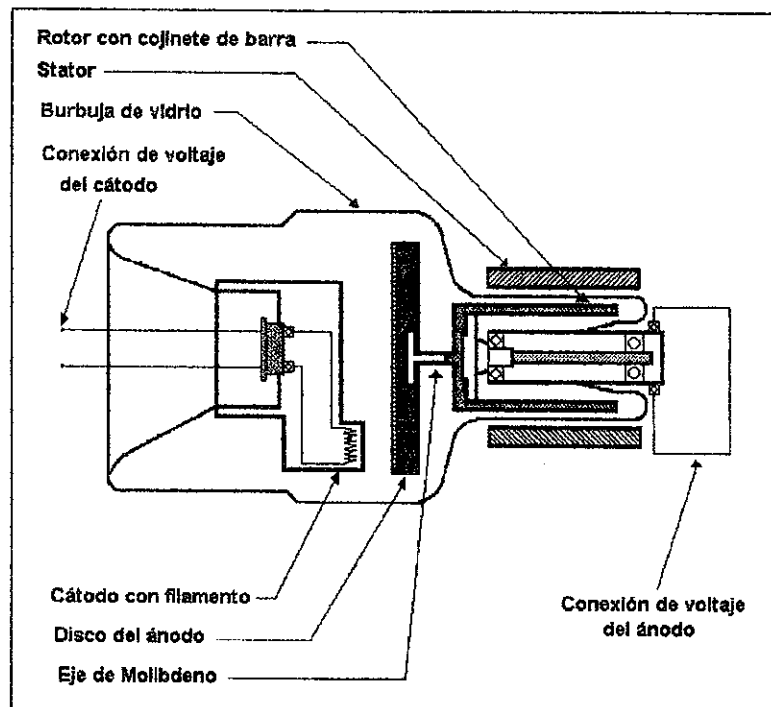
- a.- Tubo emisor de rayos X; formado por una ampolla de vidrio al vacío que contiene uno o dos cátodos, también llamados filamentos, hechos de tungsteno, pues es un material que soporta temperaturas hasta 3,380°C, un ánodo giratorio, el cual lo hace girar un motor de inducción a 17,000 revoluciones por minuto (RPM) controlado desde el panel de control y por último una funda o cubierta plomada con conectores para conexiones de alta tensión, calefacción de filamentos, así como

conexiones para el motor de inducción; es conveniente mencionar que lo forman un estator (bobinas los cuales forman el campo magnético giratorio), inducido (el cual gira debido al campo magnético, a su eje se incorpora el ánodo giratorio), su tablero de conexiones y una carcasa donde se ensamblan todas la piezas, que hace girar al ánodo, ver Figura #1-2.

Algunas características:

- Gran capacidad de acumulación térmica de 1MWs.
- Escaso desgaste de los cojinetes por el reducido número de revoluciones del plato anódico.
- Valor nominal de foco 1.6 x 1.6 mm, radiación útil, y no hay tiempo de espera entre las tomografías durante una serie de mediciones.
- Elevada emisión térmica del ánodo y eficaz refrigeración por aceite en régimen permanente.
- Gran potencia máxima de pulsaciones de 50 kW.
- Alta filtraciones intrínseca de 2.2 mm AL (aluminio) más 0.25 mm Cu (cobre) para disminuir la carga de radiación.

El control, por computadora de la capacidad térmica del plato anódico, indica al usuario el tipo de programa de medición para el número de exploraciones que son posibles sin tener que refrigerar adicionalmente el tubo de rayos X.



Tubo de Rayos X
Figura # 1-2

- b.- Sistema detectores; cada familia de tomógrafos fue mejorando su sistema de detectores debido a la necesidad de obtener mayor información y precisión de las imágenes, como se describe a continuación;

La primer familia de 512 elementos detectores o canales independientes, colocados en el recorrido de los 360° de giro, detectan el haz de radiación en abanico, al efectuar la exploración de todo el ángulo de 360° en ambas direcciones; para el arranque y el frenado del sistema emisor-detector, se necesitan en cada caso unos 40°; lo anterior nos indica que todo el sistema recorre un total de 440°, con un intervalo de tiempo de 5 s de medición.

La segundo familia de sistemas detectores de 704 y 1024 canales con intervalos de tiempos de medición de 2, 3 y 5 segundos, 1024 proyecciones, campo de medición de 45 cm, 4 espesores de estratos de 2, 3, 5 y 10 mm, ciclo de exploración estándar de 12 s.

La tercera familia de sistemas de 1536 canales tiempos de medición estándar 0.7 a 2 segundos, 1242 proyecciones, campo de medición de 50 cm, 5 espesores de estrato elegibles de 1 a 10 mm, dos canales adicionales son utilizados para monitorear y supervisar las señales de enfriamiento .

Cada elemento detector está formado por una combinación de cristal centellográfico y fotodiodado, filamento en el centro y pantalla para distribuir la luz proporcional y una fotocélula; como señal de medición, se utiliza la corriente del diodo.

Las características especiales son la alta eficiencia de la dosis por absorción casi total de los cuantos en el cristal centellográfico y conveniente geometría del colimador mecánico a 8 o 4 mm, cuyas medidas están en tres dimensiones x = tamaño, y = rectitud y z = distancia.

Los elementos detectores sensibles a las señales están distribuidas en un arco de 42° 40'. De esta forma, se consigue captar toda la abertura de exploración de 53 cm de diámetro.

Supresión plenamente efectiva de la radiación difusa por montaje de placas de colimador delgadas delante de los elementos detectores.

- c.- Mesa de paciente
d.- Sistema de traslado de emplazamiento del paciente
e.- Armario de potencia
f.- Caja suspendida del techo con monitor.

En la elección de programas, se ajustan todos los parámetros del generador a través del acoplamiento del computador del generador. Se suprime así el manejo manual de elementos del generador.

El equipo lo forma el computador de control e imagen y la memoria en disco duro con capacidad en Megabytes. Por último, los registros de los protocolos.

PUESTO DE MANDO Y EVALUACIÓN

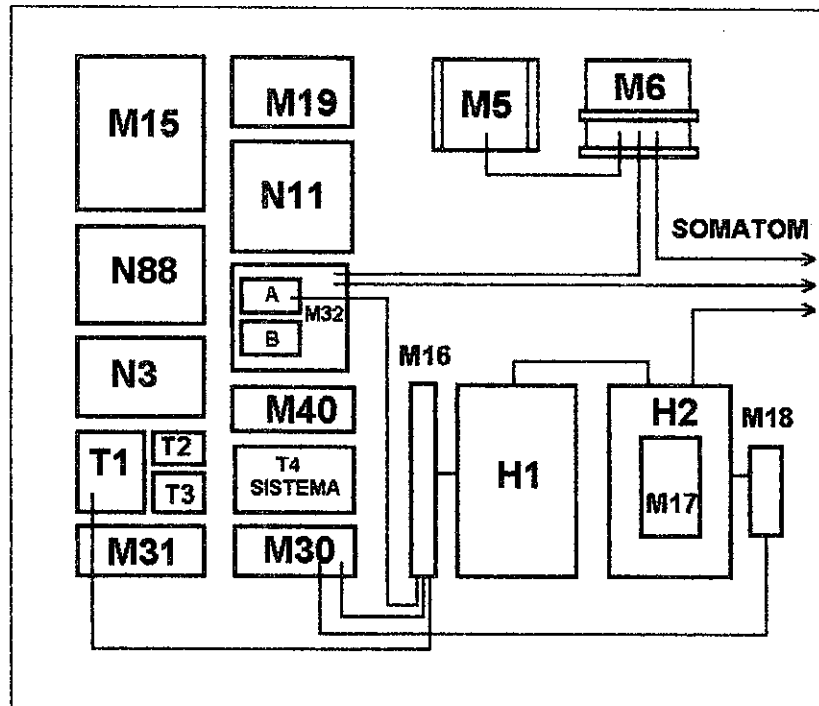
Este bloque lo forman los siguientes componentes: la consola central de mando y evaluación DMC, la consola de la computadora, el monitor de texto, el monitor de imagen que contiene la memoria de repetición de imagen para la matriz de 256 x 256 puntos de resolución, monitor de color, la consola de control y evaluación separador (DSC), los mandos y circuitos reguladores de voltaje sobre la red de kV y los mAs sobre la conexión de alta tensión.

Este bloque es integrado pero desde aquí se realizan todas las actividades y evaluaciones que se le puedan hacer a todo los otros equipos.

SECCION DE ALTA TENSION

Para hacer una buena descripción de los componentes de la sección de alta tensión, nos vamos a referir a la Figura #1-3:

| | |
|--|--------------|
| Abastecimiento de energía con protección y panel de servicio | M15 |
| Panel transistorizado..... | M19 |
| Distribuidor para conexiones, gabinetes M16, M18..... | M30 |
| Distribuidor | M31 |
| Interface y módulo de alambrado | M32 |
| Isostat | N3 |
| Gabinete de tarjetas y módulo de alambrado | N11 |
| Unidad de operación del ánodo giratorio | N88 |
| Transformador..... | T1 |
| Transformador..... | T2 |
| Transformador..... | T3 |
| Sistema de transformación | T4 |
| Generador de alta tensión | H1, M16 |
| Unidad de control de alta tensión y regulación..... | H2, M17, M18 |
| Instalación de agua | M5 |
| Sistema de refrigeración por agua | M6 |



Componentes de la sección de alta tensión
Figura # 1-3

Partiendo del diagrama de bloques, se podrán seguir los circuitos básicos de la sección de alta tensión, que hacen funcionar este complejo sistema de alimentación del tubo de rayos X:

- A.- Conexión de red y circuito del contactor SS
- B.- Circuito de medición de mA
- C.- Circuito de regulación de alta tensión
- D.- Unidad M17
- E.- Alimentación de corriente Isostat
- F.- Alimentación de corriente
- G.- Circuito de mando
- H.- Circuito de control
- I.- Selección de kV

El circuito de fuerza del tomógrafo es alimentado por líneas de la red comercial, con los siguientes parámetros, circuito de 3 fases, rango de voltaje de línea 380, 420, 440 ó 480 V, frecuencia de 50/60 Hz., aunque en Guatemala sólo se trabaja a 60 Hz., potencia nominal 42, 46, 49 ó 53 kVA y una resistencia interna de red necesaria de 135, 220, 180 ó 250 mOhm, respectivamente. Este circuito está protegido con fusibles e interruptores de sobrecarga de 0.1 a 100 A; su neutral y tierra están conectadas firmemente y con valores cerca de 0 Ohm.

A.- CONEXIÓN DE RED Y CIRCUITO DEL CONTACTOR SS

El circuito de conexión de red es operado desde un sistema auxiliar de mando, alimentado por dos fases de la conexión principal; a continuación se describe la forma cómo se acoplan a los demás circuitos y su funcionamiento (Figura #1-5):

- a.- Los interruptores de encendido y apagado se encuentran en el puesto de mando y evaluación, y existen dos interruptores remotos S1A y S1B para mantenimiento del equipo en el bloque de Interface M15; el objetivo es darle servicio desde la sección de alta tensión.
- b.- Del circuito primario se obtiene una derivación a un transformador T12, ubicado en el bloque M16, el cual está equipado con tap's o bornes para poder adaptarlo a un sistema específico del lugar donde se instale el equipo, y en su secundario está conectada la bobina NS que acciona los contactos de relé NS primeros en el circuito de alimentación.

Siguiendo el circuito, hay otro transformador de tipo estabilizador a 220 V, T1, ubicado en el bloque M32; la tensión que sale de su secundario está rectificadas por un puente de diodos y filtrado por un capacitor; hay 2 diodos estabilizadores de corriente de las bobinas de los contactores NE1 y NA1: el primero para accionar el circuito de fuerza y el segundo para desconectarlo; de esa forma cuando el interruptor lo colocamos en posición de encendido (ON), alimenta la bobina NE1 y cierra sus contactos que deja pasar una tensión por los contactos de NA1 que se encuentran cerrados.

Un contacto de seguridad, tipo esclavo de la bobina NS, confirma la tensión; éste solamente se ve involucrado al encender el equipo.

Para desconectar el equipo resulta lo contrario la bobina NA1 que está conectada todo el tiempo, y deja de funcionar en el momento que se oprime el interruptor de apagado (OFF) desconectando el flujo eléctrico, abre los contactos NA1 y desconecta la bobina NS dejando al circuito de potencia sin alimentación.

Se había mencionado los dos interruptores remotos en el bloque M15 y hacen lo mismo que se describió arriba.

- c.- Al ser accionados los contactos NS, el flujo de tensión fluye y activa la bobina SS, la cual se encuentra en el bloque M16. Los contactos SS o contactos dos de alta tensión, caen o desconectan solamente cuando el generador se apaga o se produce una falla; para propósitos de servicio, se pueden desconectar manualmente como se puede ver en la Figura #1-4; también para efectuar mediciones sin el transformador de alto voltaje H1, que

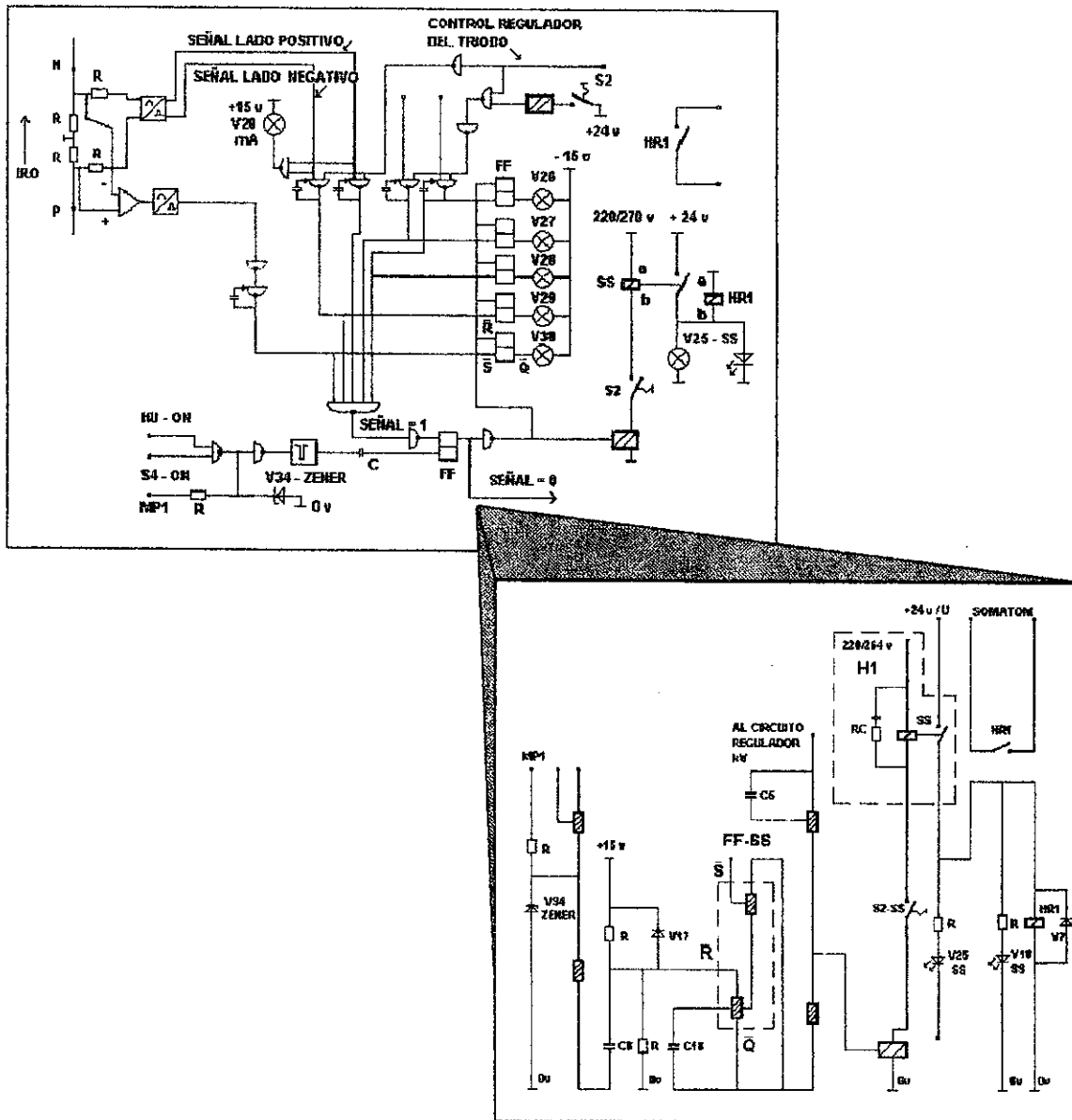
recibe el voltaje del primario.

Este contactor SS es monitoreado a través de un circuito MP1, que se describe a continuación; en tanto que el relé HU es conectado (ON) y S4, es conmutado y conectado, de aquí una señal "1" es disponible para el MP1 y el disparo del osciloscopio.

Desconectar del funcionamiento de la alta tensión por fallas; cuando un pulso "0" alcanza la entrada R del flip-flop de memoria tipo RS, prepara la exposición, HU enciende o inicia de S4 (M15) a través de C6. Del mismo modo como resultado $Q = 1$ entonces el contactor SS es atraído en M15. S2 es conmutado o conectado (ON) v25SS enciende. Al mismo tiempo, el contactor SS reporta al Somatom por los contactos 9 y 10 del relé HR1.

Si fuera una falla, una señal "0" alcanza S entonces $Q = 0$ y el contactor SS cae, v25SS se apaga. Al mismo tiempo, los triodos reguladores son bloqueados (señal "0"). Como resultado, la función del flip-flop de memoria tipo RS reporta una falla, y la mantiene, la cual desconectó la alta tensión. Esto será cancelado sólo si viene el disparo de una nueva exposición, HU encendido o S4 encendido desde M15.

El contactor SS puede ser apagado (OFF) desde M15 o el interruptor S2 para propósitos de servicio.



Circuito de señalización del relé SS

Figura # 1-4

- d.- Los contactos ES y KS, para este equipo en particular, son opcionales; su función es cuando se trabaja en fluroscopia (pantalla de revelado o copia).
- e.- También se encuentran los contactores AS, que activan tap's o bornes del transformador H1, que modifican los voltajes de alimentación en el secundario, por ejemplo: AS1 está a una derivación de 125 kV, AS2 está a 96 kV y AS3 no se usa. Se activan a través de su bobinas ubicadas en el modulo M16 y son accionado desde el circuito de mando.

- f.- En el transformador H1 del lado del primario, éste está conectado en estrella; son conectadas unas resistencias que se utilizan para compensación de la red, y se logra un mejor acople (transformación de impedancias).
- g.- El transformador H1 es de gran tamaño, cuyo promedio oscila entre 2.00 m cuadrados y 1.10 m de altura, por esta razón, requiere de alto nivel de aislamiento en sus conexiones y sumergido en aceite dieléctrico (para que este aceite no pierda sus cualidades de seguridad, debe pasar por un examen cada seis meses).

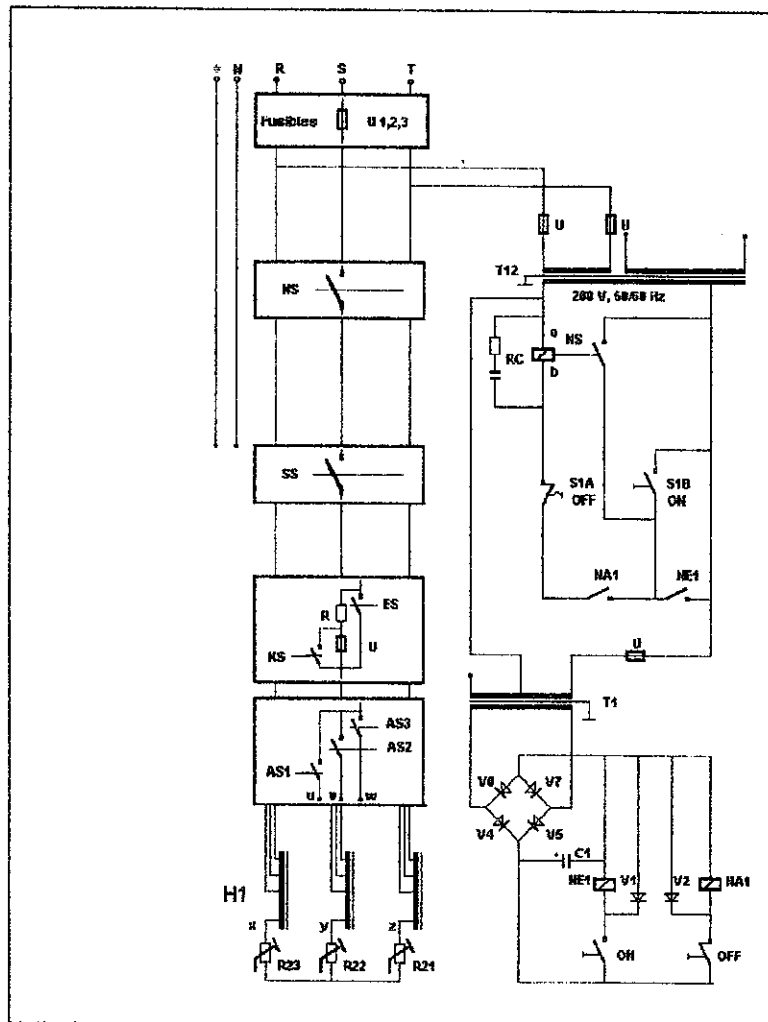
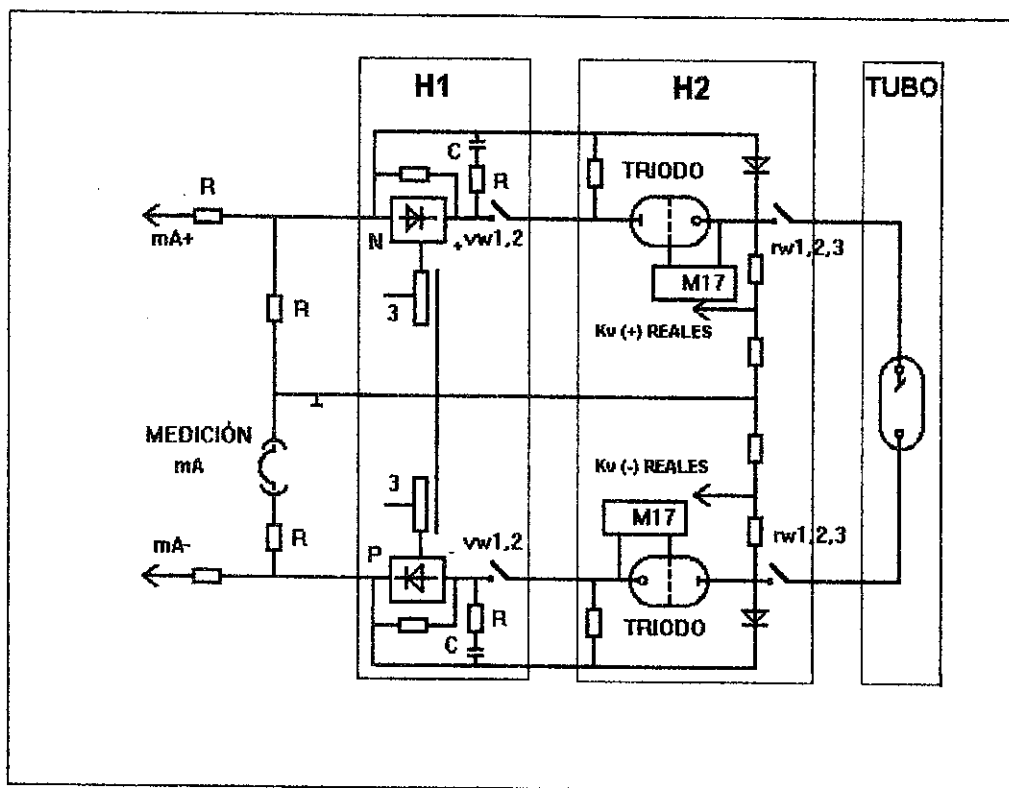


Diagrama de conexión de red de H1
Figura # 1-5

B.- CIRCUITO DE MEDICIÓN DE mA

Es el lado secundario del transformador H1 con un devanado hexagonal; este circuito es de tipo espejo, y tiene dos referencias de 90 kV y que sumados logran 180 kV; esta tensión se rectifica por una cadena de diodos en cascada (capacidad de 1000 V cada diodo con 90 elementos por fase), y se colocan resistencias de 30 MOhm en paralelo a cada diodo para proteger el circuito en caso de que alguno de estos falle, y para que su corriente pueda ser amortiguada y no sea dañina para el sistema, se coloca un circuito RC con un capacitor de 90 nF y una resistencia de 22 KOhms para amortiguar transientes o transformaciones de alta tensión (Figura #1-6).



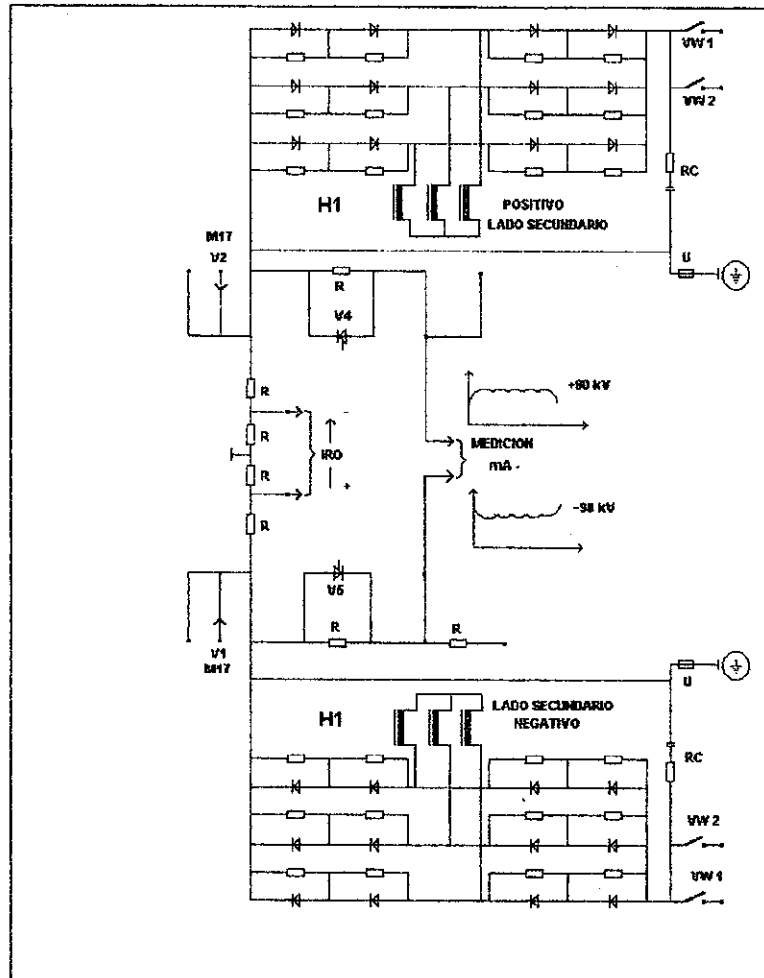
Circuito de medición de mA

Figura # 1-6

El equilibrio resistivo, en paralelo con la columna (pila) de rectificadores, actúa como una resistencia de drenaje para el amortiguamiento capacitivo; la sección regulada H2 ahora está lista para enviar alta tensión DC, a través de interruptores vw1, donde se encuentra el tubo de rayos X.

Se llama circuito de medición mA (equipo de medición, miliamperímetros y voltímetros de red), a la conexiones intermedia de bajo voltaje N y P en el generador de alta tensión.

Los sistemas de monitoreo para medir el valor de corriente del circuito y la corriente de salida para verificar arcos en el tubo de rayos X, se encuentran en esta sección; las tensiones sobre los puntos N y P (100 Ohm resistencia total en el circuito de medición) son transferidas por medio de dos resistencias de 390 Ohm, como se dijo para monitorear mA (Figura #1-7).



Circuito del lado secundario de H1
Figura # 1-7

C.- CIRCUITO DE REGULACIÓN DE ALTA TENSIÓN

Este circuito es la última etapa de regulación, pues de aquí sale alta tensión pulsada a un nivel de corriente muy pequeño, necesaria para hacer funcionar el tubo de rayos X (Figura #1-8), sin embargo, este circuito en particular tiene su especialidad como se describe a continuación; el circuito mA entregó a través de las conexiones H1.1, 90 kV y -90 kV, pero esta tensión es regulada a 62.5 kV y -62.5 kV, sumados dan un total de 125 kV DC pulsada y lo hace, a través de dos tubos tiristores manejados desde M17 o bloque de excitación.

En la entrada a estos tiristores, son encontrados diez resistencias, cinco por cada entrada de tensión, que funcionan como drenaje para la capacitancia en los cables de alta tensión.

La unidad de la compuerta de alimentación consiste de un interruptor de alimentación sobre el generador DC aplicada cada 10 s a través de una compuerta mecánica con un electroimán de elevación, placa de campo (FP), que depende de H1 y H2, y el cátodo del triodo regulador, en este caso V13 y V14, les causa una reacción sobre la regulación del triodo, disparándolo sólo cuando la carga de la compuerta mecánica sea la correcta.

Los triodos reguladores V13 y V14 funcionan en secuencia, con preparación expuesta y la tensión de tubo HT aplicada, una vez el devanado del transformador del circuito de red sea activado; esta tensión es de los tap's o bornes laterales del transformador H2 a V13 y V14; de ese modo, puede interrumpirse y quedar deshabilitado, para otro disparo.

Al iniciar la exposición en los conductores de V13 y V14, el voltaje HT es aplicado al tubo de rayos X, con un valor y una constante de retención deseado; al interrumpirse, se invierte el proceso. Así V13 y V14 opera en principio en buen forma como una resistencia variable o potenciómetro, cuyo valor es variable entre el voltaje UGK de la compuerta y el cátodo.

La tensión UGK es alterado con la ayuda de la unidad de control M17.

Como medio de seguridad, se hacen mediciones de la alta tensión kV; estas dos salidas de H2 en paralelo con el tubo de rayos X, donde el voltaje de los dos lados, se hace a través de las resistencias, lado positivo, R1..R2-R15..R18 y lado negativo R3..R4-R11..R14. Los capacitores C1..C4 y H2.C1..C2 (50p) son usados para compensar la frecuencia de la división de tensión.

La relación del voltaje dividido es de 1:10000; para tener una medición confiable, se obtiene de los kV actuales positivos y los negativos, todo bajo el control y monitoreo de los kV reales; los cambios de esta medición son obtenidos mediante un osciloscopio.

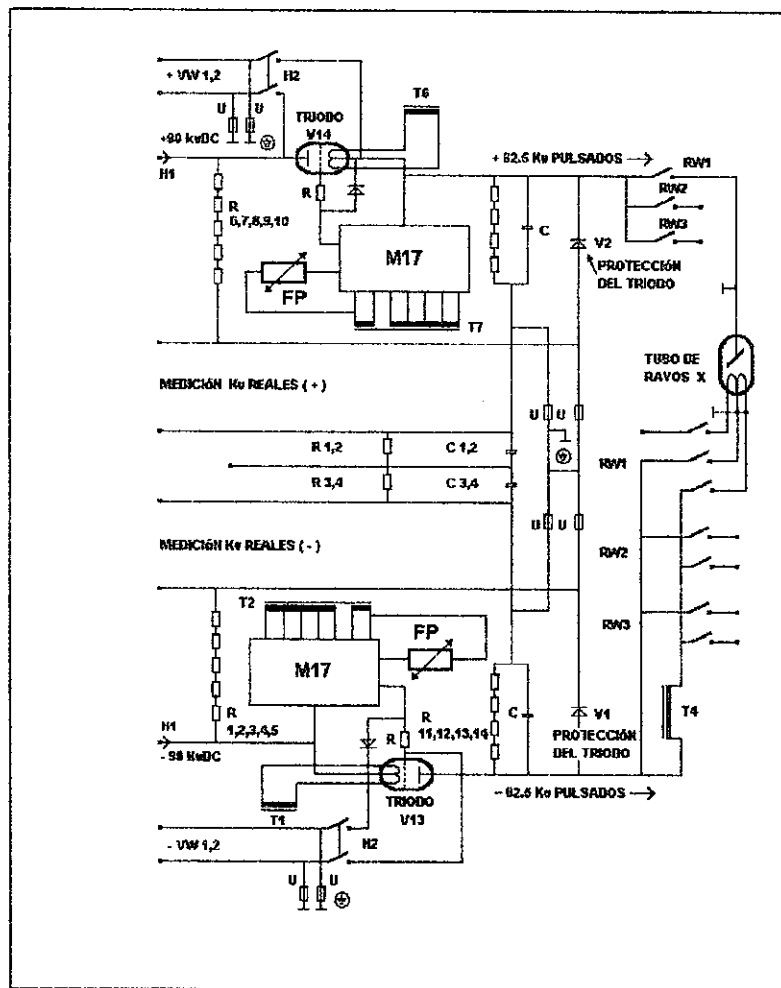
Los diodos V1 y V2 son usados para proteger contra sobrevoltajes, si uno de los triodos reguladores conduce (ON) y el otro se encuentra desconectado (OFF).

Los transformadores T3 y T4 sirven para el calentamiento del tubo de rayos X.

La conexión directa al tubo de rayos X es posible únicamente por los contactos rw1.

Un parámetro muy estrecho a este bloque es la premagnetización, que no es mas que tener magnetizado el núcleo del transformador H1 al 100% antes del disparo radiográfico, con el objeto de conseguirlo en el menor tiempo posible.

Esta premagnetización debe estar en asincronismo constante y determinado con el flujo magnético producido por una de las fases en el momento de conexión y desconexión al empezar los tomogramas. La premagnetización es necesaria, si se toma en cuenta que los tiempos de duración de la conexión de alta tensión son muy cortos, debido a que, generalmente los equipos trabajan con potencias iniciales máximas, y luego la misma decae en función de la curva de disipación térmica del emisor de rayos X.



Circuito de regulación de alta tensión
Figura # 1-8

D.- UNIDAD M17

D1.- CIRCUITO DE EXCITACIÓN M17

La unidad M17 está formada, para su descripción, en dos partes (Figura # 1-9);

- a.- Prácticamente es la parte reguladora del triodo que es disparado; regula los pulsos del tubo de rayos X, y tanto la parte positiva como la negativa son idénticas, pero el control no es eléctricamente hablando, sino que es a través de una placa de campo magnético o bien potencial de rejilla que regula UGK.
- b.- La otra parte es directamente la regulación de UGK del regulador del triodo, que es determinado principalmente sobre el voltaje de salida del control de kV. El control es así sobre el potencial a tierra, el regulador del triodo y M17, que es el potencial HT.

Para el aislamiento eléctrico, es usada una placa de campo (FP) en el transformador. La placa de campo consiste en una bobina de bajo potencial de voltaje entre la placa de campo y el potencial HT.

La placa de campo (FP) es una resistencia magnética variable, por ejemplo, el valor de esta resistencia depende de la fuerza del campo magnético, por el cual es pasada.

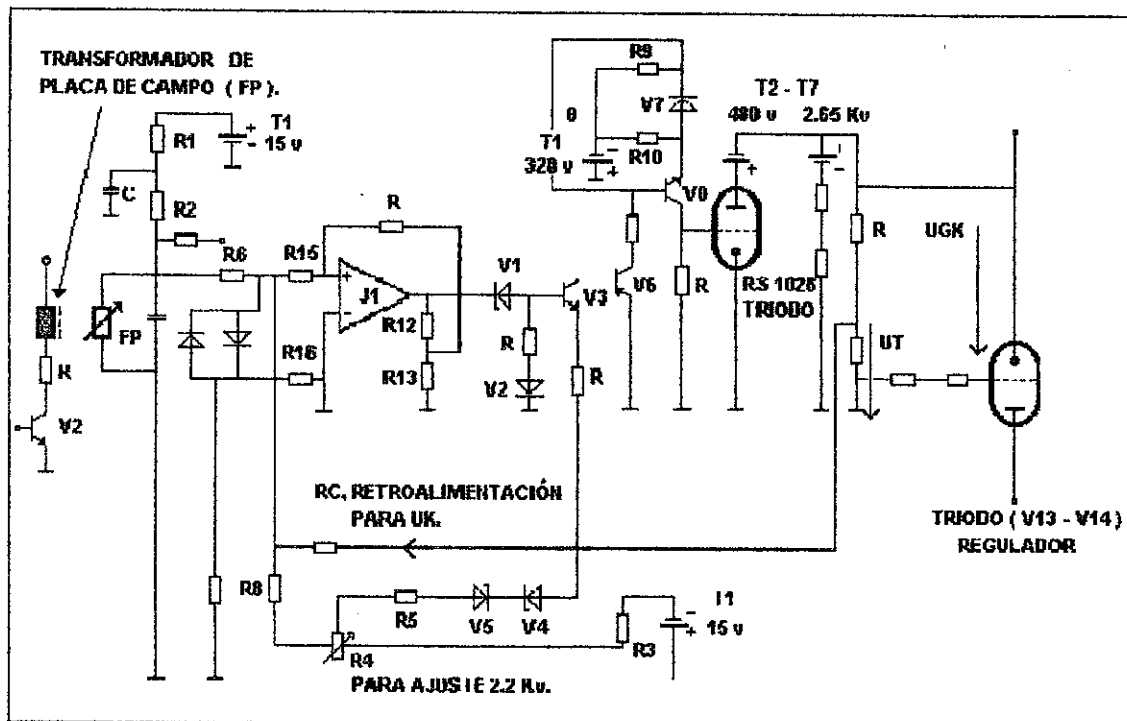
El voltaje de salida en kV determina y controla la corriente de paso de la bobina de la placa de campo. Este último determina el campo magnético y el verdadero valor de la resistencia sobre la placa de campo. Este valor de resistencia es convertido a un voltaje proporcional UFP.

- El resultado de UFP sobre UGK a través;
 - I: (bobina de placa de campo) = 0 hasta aproximadamente 2 A.
 - R: (placa de campo) = aproximadamente entre 100 / 200 Ohm.
 - UGK: (voltaje regulador del triodo) = de 2.6 kV a 0.
- La estabilización del voltaje $+15\text{ V} \pm 3\%$ y $-15\text{ V} \pm 3\%$ en;
 - V1 y V8: rectificadores o diodos
 - C1..C3 y C5..C7: filtros de aplanamiento o reactancia
 - V3..V5 o V10..V12: voltajes estabilizadores determinan la tensión de salida -15 V o $+15\text{ V}$, vía una serie de transistores reguladores V7 y V14.
 - V2, V6, V9 y V13: diodos de protección.
- El voltaje de placa de campo UFP
R1 + R2 define una corriente constante $I_k =$ aproximadamente 10 mA,

el flujo deseado de paso en la placa de campo es $UFP = RFP \cdot I_k$
 C1 y C2 son capacitores para filtrar.

- El potenciómetro R4 (ubicado en la tarjeta D202) U_k juega con R4 y este voltaje es usado para compensar la tolerancia de dispersión de la resistencia de la placa de campo.
- El amplificador de placa de campo de J1 en el circuito M17 representa un sistema controlado, para el:
 valor nominal: $UFP + U_k$
 valor actual: UGK

La función principal de este circuito es que los voltajes UFP , U_k y U_t son comparados uno contra el otro por el amplificador V1 de la placa de campo hasta UGK que corresponde al voltaje UFP , por ejemplo, UGK es determinado exclusivamente por UFP (el circuito controla automáticamente todos los niveles de tolerancias y las desviaciones de temperatura). V1 actúa como un controlador proporcional, que es determinado a la vez por las resistencias R11...R13 y los diodos V1,V3,V4,V5 son de protección.



Circuito de excitación M17
Figura # 1-9

D2.- FUENTES DE ENERGÍA M17

a.- Fuente de energía o poder

El transformador aislado de alta tensión T2 lado negativo y T7 lado positivo es la fuente de operación del M17. A través de sus conexiones, pueden medirse los voltajes (Figura # 1-10).

Los tap's o bornes del transformador, lado primario, T1,2..4 son usados para el calentamiento del filamento del tubo RS1026, transformador, lado secundario, T1,5..7 con 5 V, +0.005 V, -0.15 V.

b.- Fuente de energía de 2.65 kV.

V2..V11 y V16..V25: Rectificación de onda completa, centro de referencia el 0

C4..C13 y C18..C27: Capacitores para filtrar picos o chasquidos

C2: Capacitor de carga.

c.- Fuente de energía 480 V. (ubicado en la tarjeta D204)

V12..V15: Rectificación de onda completa, con referencia en el centro

C14..C17: Capacitores para filtrar picos.

d.- Fuente de energía 320 V. (ubicado en la tarjeta D203)

V9, V10: Rectificación de onda completa y centro de referencia el 0.

C1, C5: Capacitores de carga

C3, C4: Circuito para protección

e.- Calentador del tubo RS1026.

f.- Etapa de amplificación (ubicado en la tarjeta D203)

La señal que viene del amplificador de la placa de campo vía D203 es amplificada por los transistores V3, V6, V8 y evaluados por el tubo RS1026. La corriente del ánodo de tubo RS1026 controla UGK, a través de la caída de tensión sobre R1..R6 ($6 * 2.8 \text{ KOhm}$).

$$UGK = 2.65 \text{ kV} - I_a (\text{tubo RS1026}) * (R1 + \dots + R6)$$

UGK podría variar entre los valores de 0..2.65 kV.

Para valores bajos de UGK, si es necesario, se adicione el voltaje de 480 V al ánodo.

V1 y V4 (ubicado en la tarjeta D203) son usados para cambiar potenciales.

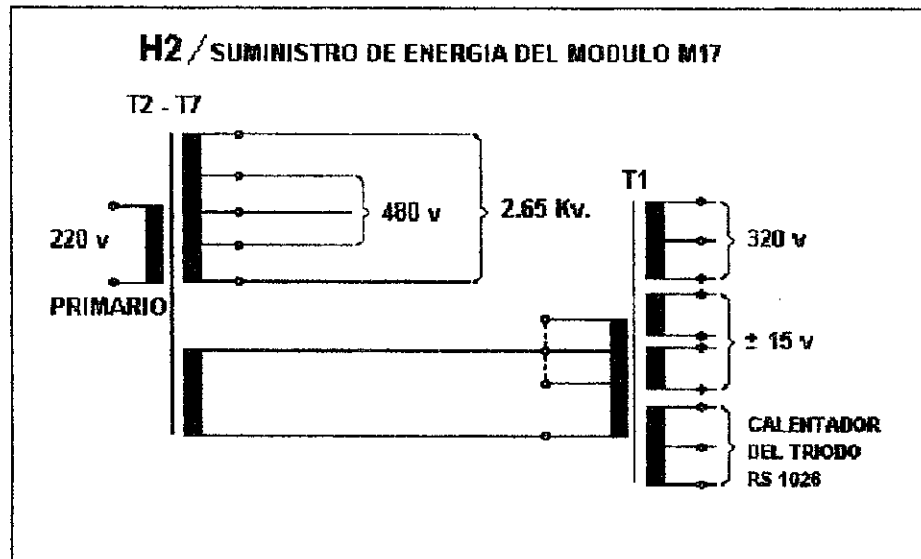
Seleccionando puntos con valores de voltaje,

f.1 Regulación del triodo por interrupciones o cortes

I bobina de placa de campo = G resistencia de placa de campo (está por debajo del valor de 100 Ohm),

- UFP está por debajo del valor ± 1 V,
 U (ubicado en la tarjeta D202) = aproximadamente +10 V.
- f.2 Regulación del triodo por máxima conducción.

- g.- Circuito Protector (ubicado en la tarjeta D205)
 R1 y R2 varistores para protección de sobrevoltajes.

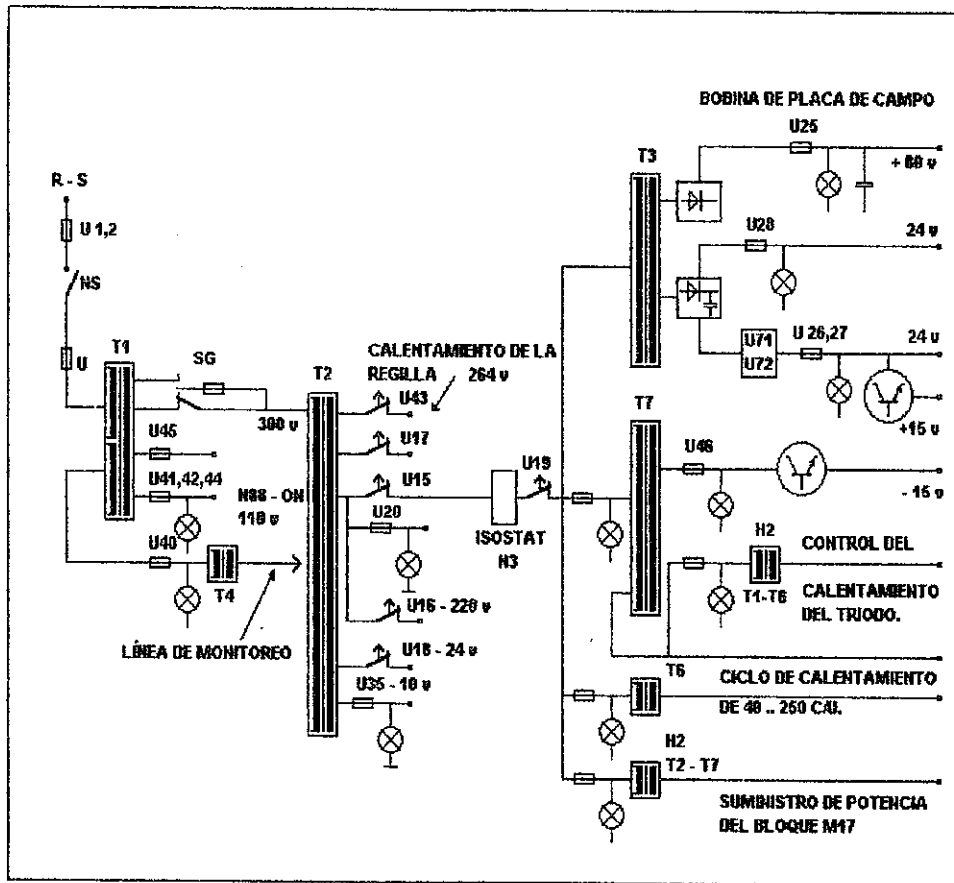


FUENTES DE ENERGÍA DEL M17
 Figura # 1-10

E.- ALIMENTACIÓN DE CORRIENTE ISOSTAT

Todos los voltajes son monitoreados con lámparas colocadas en un panel de servicio M15. Los voltajes y frecuencia son estabilizados de conformidad con el tipo de aplicación (Figura # 1-11);

- Entrada principal al transformador T1; este transformador es aislado en principio de M15.
- Voltajes de 55 a 110 Vac para la unidad rotacional del ánodo
- Bornera del regulador principal
- El voltaje principal es monitoreado en la dirección de T4
- Los voltajes deseados son proporcionados por el transformador T2 de tensión de línea, cuyo aislamiento es $N3 = 2$ kVA.
- El aislamiento para los voltajes son estabilizados a 220 Veff
- Frecuencia de línea de 50/60 Hz conmutados.
- Alimentación de corriente Isostat conmutado a 480 V.



Suministros de corriente
Figura # 1-11

F.- ALIMENTACIÓN DE CORRIENTE

- Los transformadores T1 y T6 suministran energía para el calentamiento y regulación de los triodos y se pueden monitorear por los reles Hz1 y Hz2 (Figura #1-12). La medición de corriente de calentamiento de arranque al iniciar en la clavija, -Jf y +Jf:

$$Jf+ = Jf- = 1.2 A_{eff} \pm 5\%$$

razón de conversión de los transformadores T1 y T6, $\dot{U} = 9.5$.

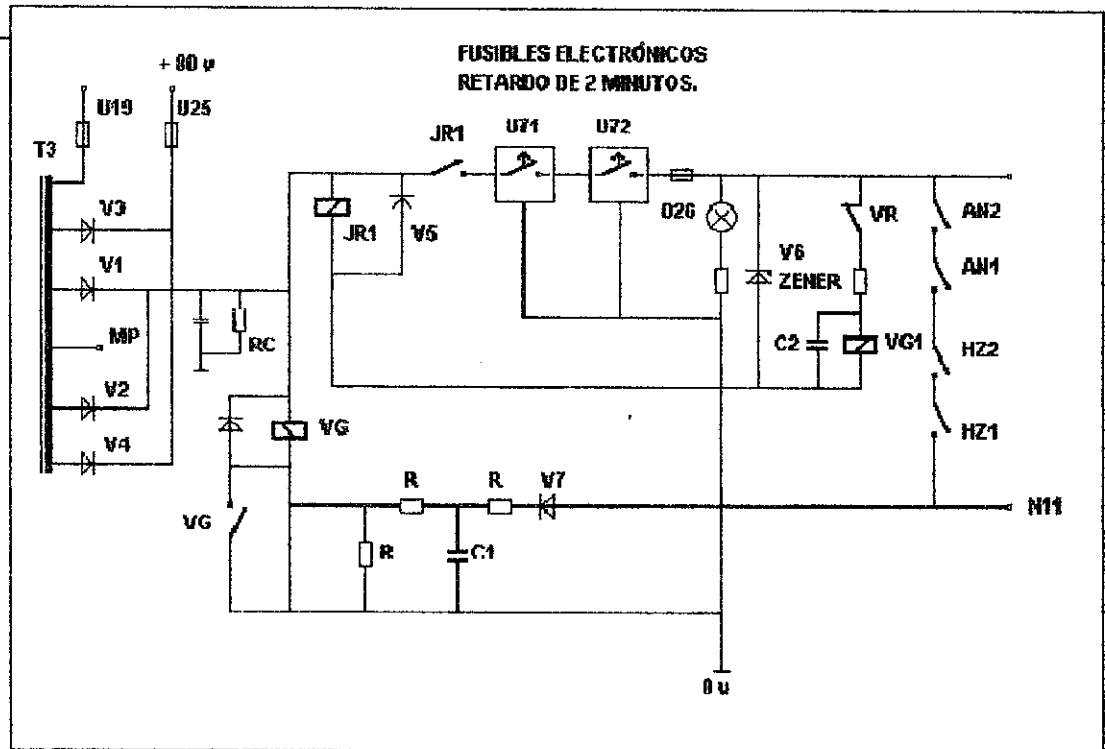
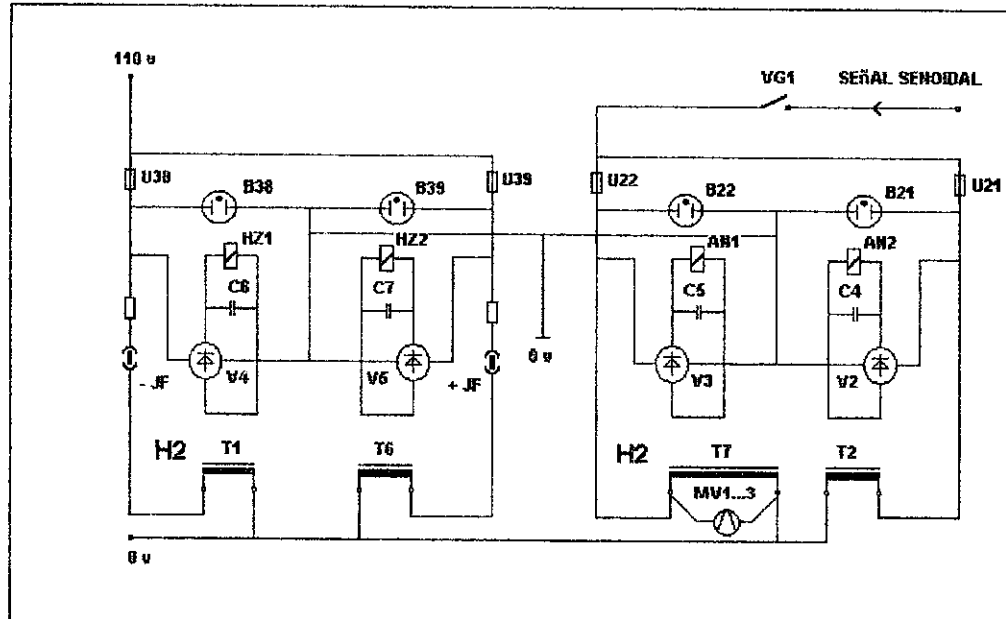
- Los transformadores T2 y T7 suministran energía al M17 y se monitorea por los reles AN1 y AN2. Los contactos VG1 evita tensiones que sean aplicados a M17 durante la rejilla incandescente; se conecta despues de 10 s.
- El transformador T7 por su clavija K2, suministra a los puntos A...M con voltajes de 40 a 250 V y estos son circuitos activos; por la clavija K4 se suministra energía a los puntos 14 y 15 con -15 V estabilizados para el módulo de regulación de kV.

- Tres ventiladores MV1 a MV3 son provistos por bobinas de alto voltaje controlados por la unidad del transformador H2, en éste se encuentra un protector de picos tipo chispero de sobrevoltaje para voltajes de 220 y 264 Vac.
- Suministro de energía del transformador T3:
a la rejilla de descarga
+80 V para la bobina de la placa de campo
+24 V (U28 » 1.64 A) para controlar la bobina de la placa de campo
- Los fusibles U71 y U72 son protectores electrónicos que limitan la corriente de corto circuito para valores de 8 A. Estos protectores conmutan inmediatamente después que algo no funciona correctamente, son ellos los que interrumpen el voltaje libre de entrada, que solamente es posible cuando no trabaja el generador.
- El relé JR1, guarda los voltajes del transformador T7 sobre U71 y U72; para esto, los capacitores C4...C7 y R3 restauran inmediatamente el servicio.
- El relé VG1 es separado por +24 V por medio de el contactor VR cuando el generador inicia, por aproximadamente 10 s y éste previene al M17, mientras se inicia el sobrevoltaje de descarga de la rejilla.
- El capacitor C2 previene a VG1 para alargamientos de corto tiempos después que el contactor VR es abierto.
- El relé VG asegura la disipación magnética en H1 y H2 no trazar una vez empiece la descarga de rejilla, si el generador no esta trabajando para períodos cortos y de reinició.

Esto impide descargas de la rejilla del cátodo, voltajes de regulación del triodo (aproximadamente 2.65 kV referencia a tierra) por medio de abastecimiento de fuerza sobre la descarga de la rejilla.

El voltaje de rejilla del cátodo puede presentarse en el M17 como una carga residente o residual.

El capacitor C1 hace que el relé VG trace a través del restablecimiento del generador y que libere el magnetismo cuando no está trazado.



Circuito de monitoreo de los relés AN Y HZ
Circuito de los fusibles electrónicos
Figura # 1-12

G.- CIRCUITO DE MANDO

Las siguientes exposiciones de tiempo pueden ser seleccionadas a través de S3 "SEC" (la exploración por interruptor de tiempo) en M15, como lo muestra la Figura # 1-13:

- a.- 0.025 Sec Normal

El relé ZR25 atrae y conmuta el interruptor de exposición de tiempo por aproximadamente 25 ms, y es el tiempo normal de exposición que enciende la lámpara B1.

- b.- 0.100 Sec Prueba

El relé ZR100 y ZR3.2 atraen y conmutan el interruptor de tiempo de exposición para 100 ms enciende la lámpara B1.

- c.- 3.2 Sec

La exposición de tiempo de 3.2 s no se usa por protección de disparo; no se enciende la lámpara B1.

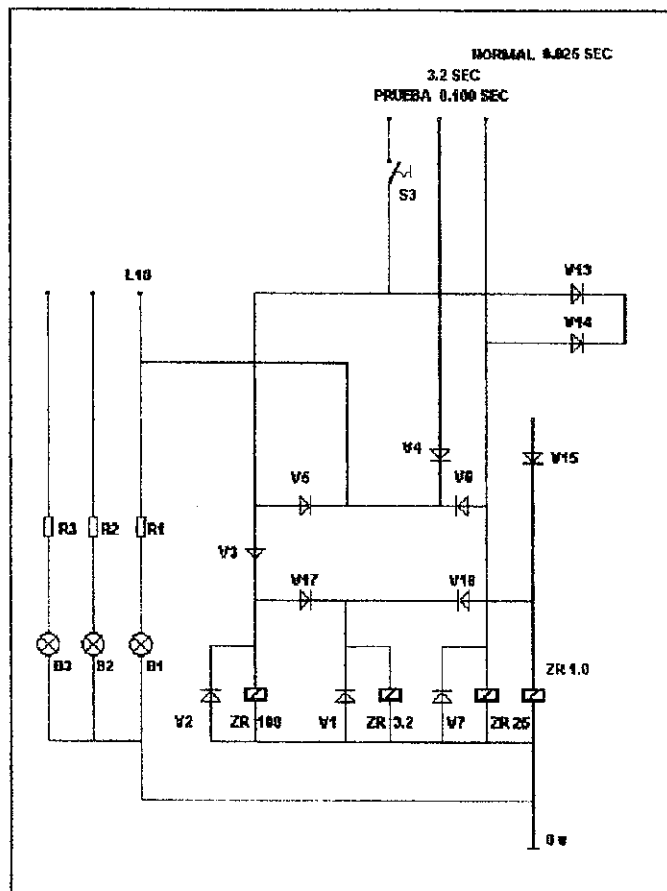


Diagrama del interruptor de tiempo
Figura # 1-13

H.- CIRCUITO DE CONTROL

a.- Bloque de preparación de exposición

Si una señal "0" llega a dos compuertas de entrada G1 y G2, la señal que aparece en la salida es "1" y se evita la energización del relé HU.

Si la luz de los diodos son intermitentes, indican que hay una interferencia de señal o falla; de lo contrario, indica que está funcionando normal (Figura #1-14).

b.- Bloque de exposición de disparo

b.1 Para el Somatom

b.2 A través del panel de servicio M15.

- Preparación para la exposición:

+24 V positivos son suministrados por el control del relé HU a través del V14 y V15 con la ayuda de la serie de contactos de S27 o disparo de la exposición para el Somatom sobre este mismo tiempo el diodo V11 Zb enciende. Si el disparo es a través del Somatom V12 siempre encenderá. El relé DR5 solamente controla al disparo a través del M15, y origina una conmutación de la operación pulsada normal u operación continua.

- Control del relé VH:

+24 v positivos son aislados para el control del relé VH, a través de V12 y V13 con la ayuda del contacto principal S27 o el disparo de exposición para el Somatom; una vez el relé BR1 (monitoreo del proceso de el ánodo rotatorio) sea cargado, el relé VH deberá cargarse y el diodo V14 BR1 encenderá también.

- Radiación continua con reducción de la fuerza:

Este modo de operación solamente puede seleccionarse para propósitos de servicio del M15.

+24 V positivos son suministrados a S4 a través del contacto DV en N88 por los controles de AS-2 y 16-2/3 Hz rotatorio; al mismo tiempo, el diodo V10 encenderá. El relé DV (en N88) se mantiene debajo del voltaje durante la preparación para la exposición. Después de la exposición, el relé DV se cae con un retraso de aproximadamente 1.1 s que permite la temperatura de la bobina de calentamiento también carga, y eso corresponde a radiaciones continuas de baja reducción de fuerza.

c.- Reporte del bloqueo y control de HU:

Si uno de los diodos V1..V9 enciende, reporta el bloqueador al Somatom a través del relé GN1 control del relé HU. +24 v positivos son suministrados al filtro de entrada C 12 durante la preparación para la

exposición (serie de contactos S27 sobre M17 o disparados con el Somatom), si esto no bloquea a través de V1...V9, el relé HU es controlado.

Los contactos del relé HU causa un sobre proceso del ánodo rotatorio y se conmuta para el precalentamiento de la exposición efectiva.

El transformador de alto voltaje es mantenido con baja tensión sobre el lado del primario a través del relé HU (Figura #1-15).

d.- Selección de voltaje sin carga:

Al mismo tiempo que se activa el relé HU una señal "1", se conduce a través del circuito al soltarse de M15.

De la misma forma, se energiza el relé HU con una señal "0". Estas dos señales se liberan del control para los contactos AS. Los contactos AS son seleccionados acorde de sus características y condiciones:

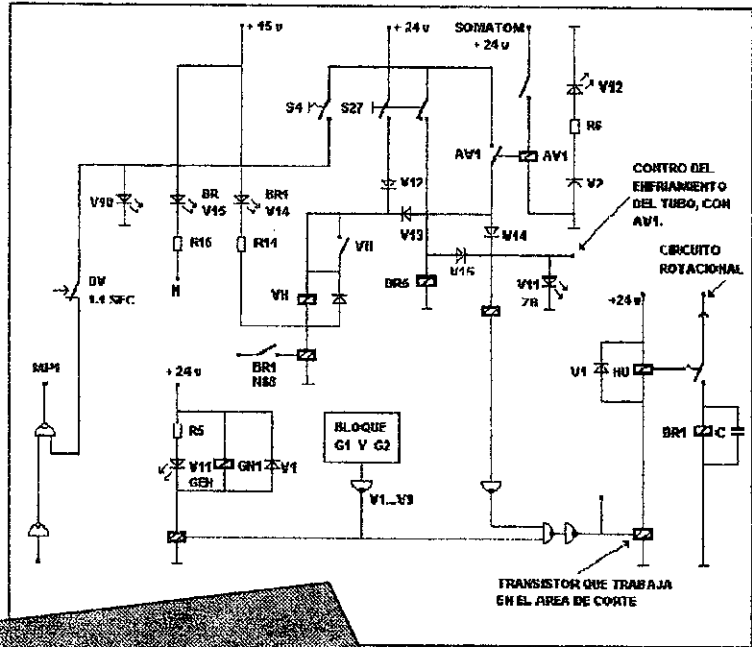
| Radiografía | contacto energizado | voltaje del generador de alto voltaje sin carga |
|----------------------------|---------------------|---|
| $U_{r\ddot{o}} \geq 109kV$ | AS1 | 220 kV |
| $U_{r\ddot{o}} \leq 102kV$ | AS2 | 180 kV |

indicación del contactor AS, cuando un contacto AS se cierra V13 AS se enciende fuertemente entonces.

Con una señal de alto voltaje (ON) para el Somatom, un pulso de aproximadamente 1 ms es formado con la rejilla y el capacitor C10; así el pulso principal, los elementos de memoria discretos pueden restablecerse mostrando un "0".

Con Zb encendido (ON) y M15 generando un "0" con la rejilla y el capacitor C1 y la rejilla queda fuera por aproximadamente 50 ms. Este "0" describe las causas de cancelación.

El circuito ZB cancela las interferencias, lo cual hace que el relé HE se conecte (ON) y el circuito contador de voltaje es restablecido para una nueva exploración.



Circuito de control
Figura # 1-14

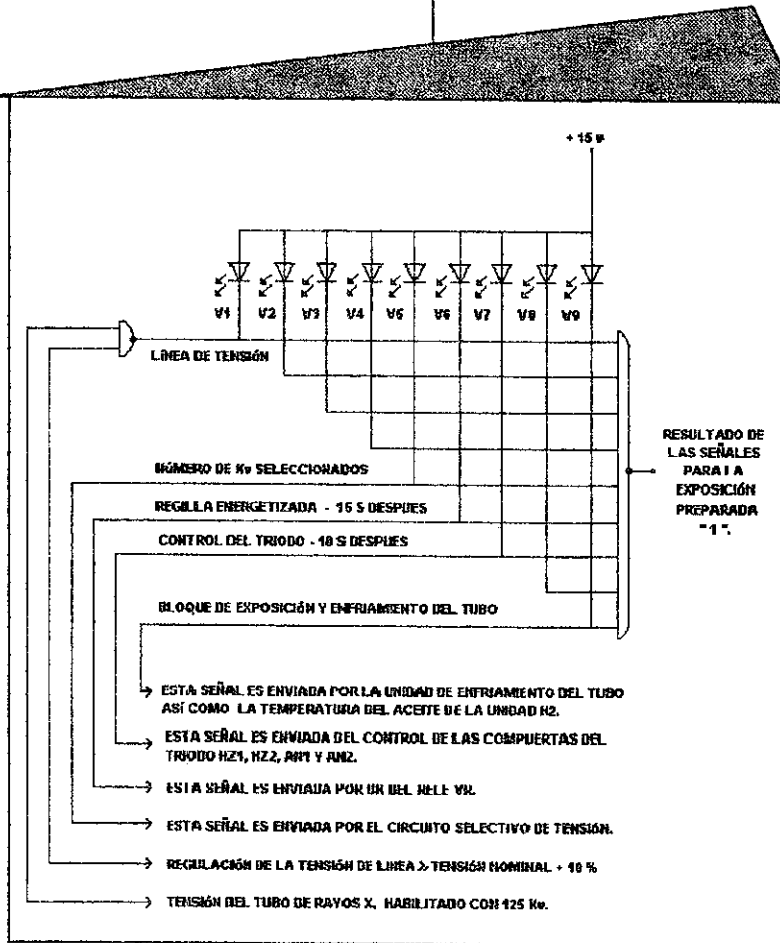


Diagrama de señalización
Figura # 1-15

otro, solamente respecto a la polaridad. Los kV nominales (negativos) pueden medirse a través de los puntos 44 y 1.

- c.- Señales de apagado y encendido kV regulados lado negativo (tarjeta D61); kV nominales (negativos) y kV actuales (negativos) son comparados mediante un amplificador operacional i1. i1 opera como un controlador de Pico. Cuando no hay señal, los kV nominales (negativos) = -0.7 V, entonces Usalida (i1) = positivos.

Este voltaje y la tensión da como resultado un Usalida (i2) = negativo. Las características del transistor es de corte de amplificación. Cuando es detectada la señal, kV nominales (negativos) inician el incremento en acuerdo (en relación) con la función umbral.

Al mismo tiempo, el pulso causa la integración del capacitor C2, es cargado en dirección opuesta (limitado por V1) y se descarga rápido. Usalida (i1) se convierte negativo, U = 0 y el transistor amplificador conduce.

El flujo de corriente del campo de placa, FP, regula la conducción del triodo. El voltaje del tubo de rayos X se incrementa hasta los kV nominales (ac) = kV nominales (positivos), entonces kV actuales (negativos) éstos constantemente son guardados hasta que se requieren y valuados por el circuito principal de control. i2 opera con amplificador controlador de corriente del FP.

- Valor nominal: tensión de salida para i1.
- Valor actual: la corriente de FP causa un voltaje de caída sobre R5 paralelo con R15, completando para la vía i2.

La corriente principal de FP es por lo general generado por las características del voltaje de salida a través del controlador de kV, i1 por ejemplo, es independiente de interferencias (temperatura o armónicas). Cuando hay una señal en el interruptor de apagado (OFF), kV nominales (negativos), se inicia la caída otra vez en concordancia con el circuito umbral. Para una conmutación de apagado rápido del alto voltaje, el transistor amplificador es cortado (OFF) inmediatamente con un voltaje positivo. La compensación de los voltajes de i1 y i2 son nivelados con R6.

La función corresponde al control de los kV del lado negativo (tarjeta D2), solamente se refleja en la polaridad inversa de i1, por esta razón, la salida de i1 es positiva sobre la entrada de i2.

Puntos para medir los kV actuales (negativos) y los kV actuales

(positivos); los puntos de medición son situados sobre las tarjetas D61 y D62 el voltaje deseado puede ser grabado por un osciloscopio, valor para su medición $1 \text{ V} = 10 \text{ kV}$. La tierra del osciloscopio puede ser conectado a las puntas relativas del chasis sobre D61 o D62, porque la alta regulación rápida (limita la frecuencia en el rango MHz), del alto voltaje puede ser medida solamente en los puntos cuando existe una medición de mensaje de emisor libre.

- d.- Transistor amplificador de lado negativo, el voltaje de salida de i_2 es tomado también de la base de V1, V1, V3 y V1 son conectados a una compuerta Darlington (amplificador de corriente): U base (V1) determina la corriente a través de la bobina de campo, FP, L1, como R5 paralelo con R15; esta caída de voltaje corresponde a la bobina de campo FP, corriente deseada vía i_2 como el valor actual de la corriente de campo, FP.

La corriente de la bobina de campo, FP puede ser medida mediante los puntos 46 y 1 (valor para su medición $1 \text{ V} \approx 0.357 \text{ A}$).

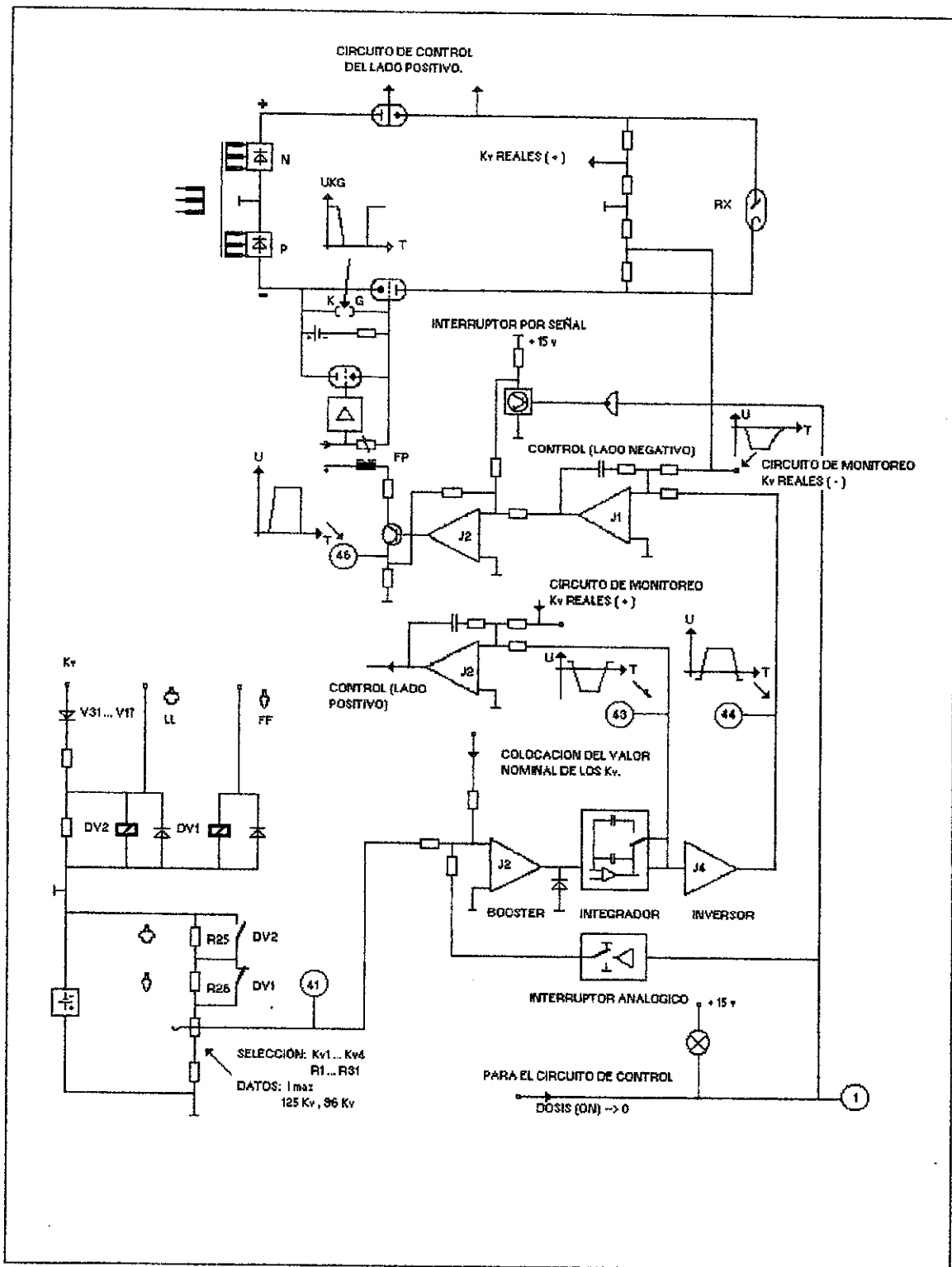


Diagrama para la selección de kv
Figura #1-16

CAPÍTULO 2

APLICACIÓN DE ALTA FRECUENCIA PARA GENERAR ALTA TENSIÓN

La generación de alta tensión en los equipos de tomografía convencionales resultaba muy complicada, así que el equipo denominado Micromátic introdujo los primeros cambios, con lo siguiente:

A.- CARACTERÍSTICAS DEL MICROMÁTIC (MMCT)

- El equipo de Micromátic es usado en sistemas de tomografía computarizada (MMCT) para suplir de energía al tubo de rayos X, por medio de un generador de radiación.
- Esta versión hace que la tensión del alto voltaje en el primario tenga una frecuencia sobre 10 kHz y permite un volumen del transformador muy pequeño.
- El microprocesador permite el control de cambios rápidos de versiones de operaciones al momento de los cambios de los programas.
- El sistema de Interfaces es paralelo/serial.
- Las funciones básicas del generador puede tener pruebas independientes para las búsquedas desde el tablero principal de pruebas o del bastidor terminal.

B.- ELEMENTOS DE LA GENERACIÓN DEL MICROMÁTIC

- El generador puede proveer la aceleración de voltaje ánodo cátodo (UAK).
- El generador puede proveer la corriente del filamento (IF) para generar electrones libres.
- La alta tensión UAK y la corriente del filamento IF tiene que regularse para proveer una corriente constante y dosificada de fotones.
- Un circuito de monitoreo es requerido para evitar situaciones peligrosas; también se requiere para la aplicación de alta radiación a los pacientes o partes del equipo que se puede destruir.
- Un sistema de Interface es usado para la comunicación entre el generador y otros componentes del sistema de la tomografía computarizada.

Básicamente el cambio está en un generador de alta frecuencia que usa un inversor principal. El voltaje de salida del inversor principal, y la alta tensión del primario tiene un rango de frecuencia sobre 10 kHz.

C.- VENTAJAS DEL MICROMÁTIC

- a.- Las variaciones de alta tensión debido a la variación de la frecuencia del primario de alta tensión es independiente a la frecuencia de la línea principal.
- b.- El volumen en el núcleo de hierro del transformador de alta tensión es un parámetro de la frecuencia y el voltaje usado. La frecuencia usada es sobre 10 kHz y reduce considerablemente el volumen del transformador.

Los flujos de energía para la línea del inversor principal a través del transformador con voltaje ajustable de salida, rectificación y un filtro para almacenar energía.

Prácticamente el diagrama de bloques se ve reducido a comparación del circuito convencional, de la siguiente forma:

- a.- Conexiones principales y circuito de encendido (ON)
- b.- Regulación del transformador, banco de capacitores e inversor principal.
- c.- Isostat, control para el calentamiento del filamento.
- d.- Control de rotación del ánodo.
- e.- Transformador de alta tensión y tubo de rayos X.
- f.- Control del microprocesador, suministro de energía, Interfaces y el Sistema Generador de Adquisición de Datos (GDAS).

D.- DIAGRAMA DE BLOQUES

El diagrama de bloques del equipo de Tomografía Computarizada, donde se incluye el Micromátic, muestra la diferencia del bloque convencional; a continuación se da la descripción del grupo de montaje, ver Figura # 2-1;

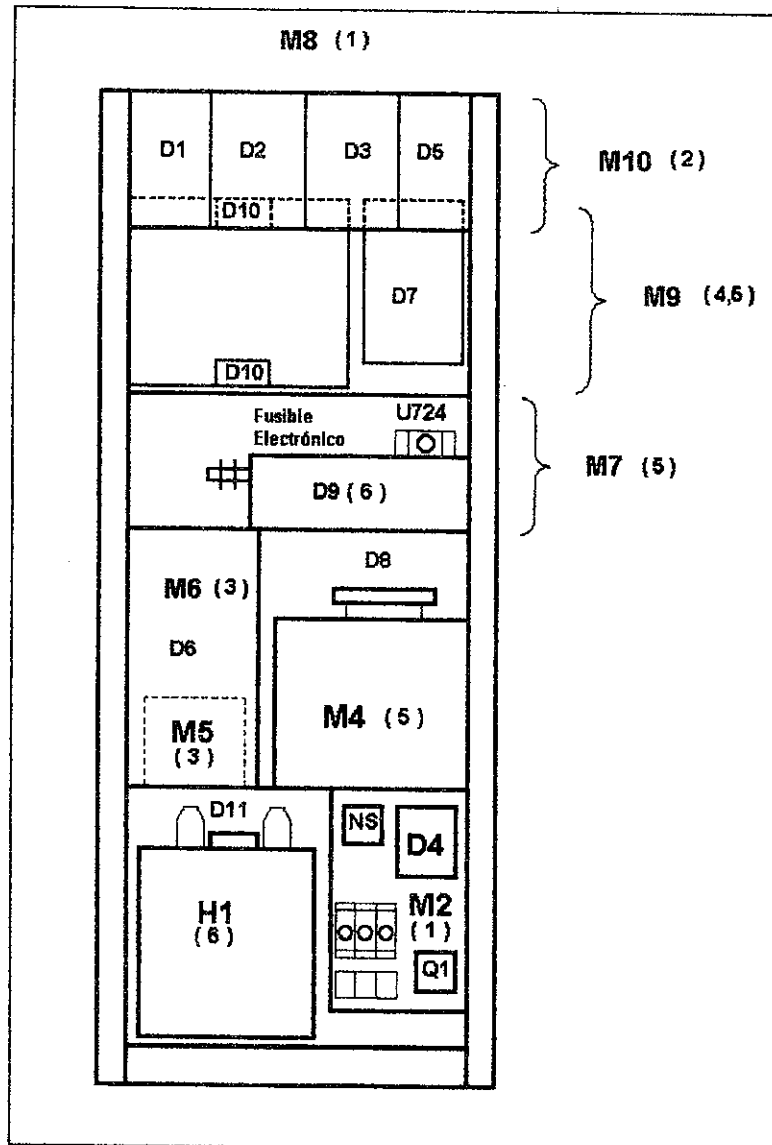
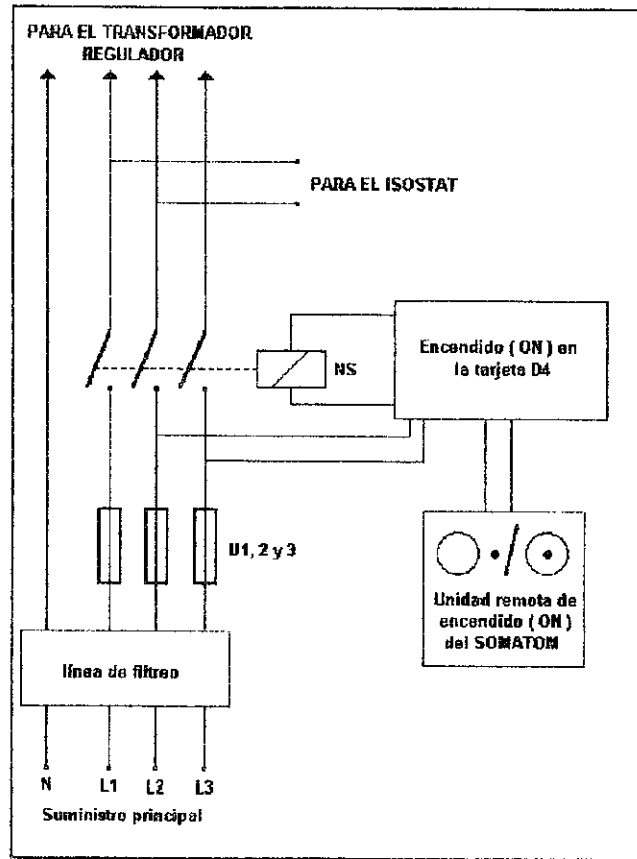


Diagrama de bloques del Micromátic
Figura # 2-1

- a.- Transformador de alta tensión, conexión principal y circuito de encendido "ON"

La unidad **M2** provee a la conexión principal de 3 fases vía una línea filtrada y protegida con fusibles, con el propósito de evitar la circulación de la alta frecuencia en ambos lados de la línea de energía del Micromátic. El generador es conmutado para encendido (ON) con el contactor de línea NS. El contactor principal es controlado por la tarjeta D4, en el caso de servicio, y también permite controlar remotamente la operación sobre la energía desde el Somatom.



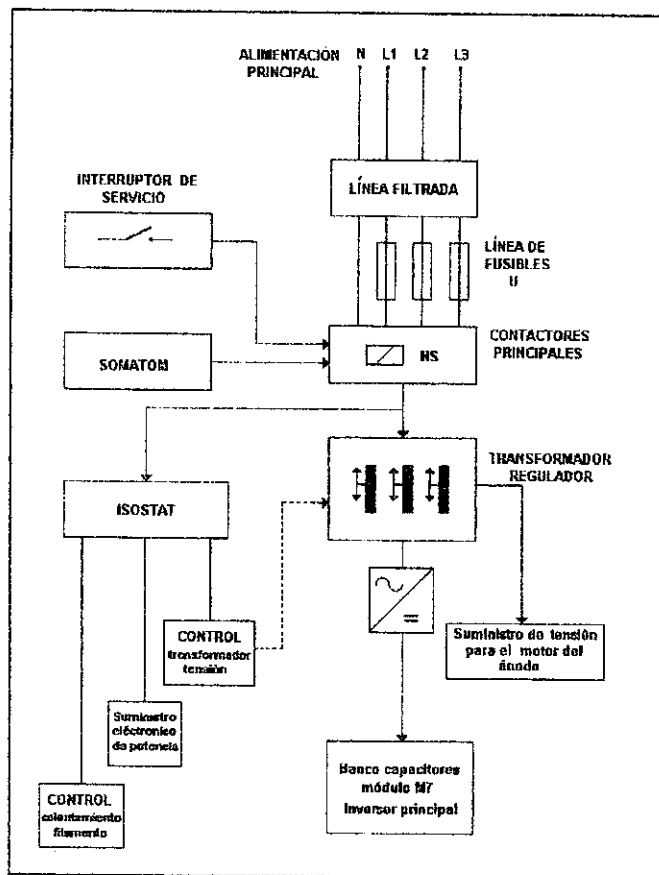
Conexión de red
Figura # 2-2

El contactor **NS** suministra a los diferentes grupos de montaje con tensión de corriente alterna (AC), así como suministra al módulo del Isostat que a su vez supe al;

- control de calentamiento del filamento;
- control de regulación del transformador del motor que varía a través de escobillas que son posiciones deslizantes;
- abastecimiento de tensión electrónica (DC) a todos los puntos del Micromático;

El transformador de regulación que suministra al:

- inversor principal (vía el banco de capacitores en M7); por una variedad de tensiones con sólo cambiar la posición de las escobillas;
- al motor del ánodo y el control del motor del ánodo, pero sus voltajes no son variables.



Distribución del contactor NS
Figura # 2-3

Operación del circuito NS, bajo condición normal (controlado remotamente desde el Somatom) y de servicio (estacionario);

Operación normal:

- Se dispone de la línea de voltaje, un diodo emisor de luz (LED) indica que se presionó el interruptor de apagado (OFF) y encendido (ON).
- El interruptor S1 debe estar en la posición normal (N).
- La activación remota (ON) normalmente se realiza en el Somatom a través del teclado.
- El relé NR1 es energizado; en esta posición, si el remoto está apagado (Somatom OFF) no opera.
- El contactor principal NS se energiza.
- Se dispone de la línea de voltaje para el Isostat y el transformador de regulación.

Operación de servicio:

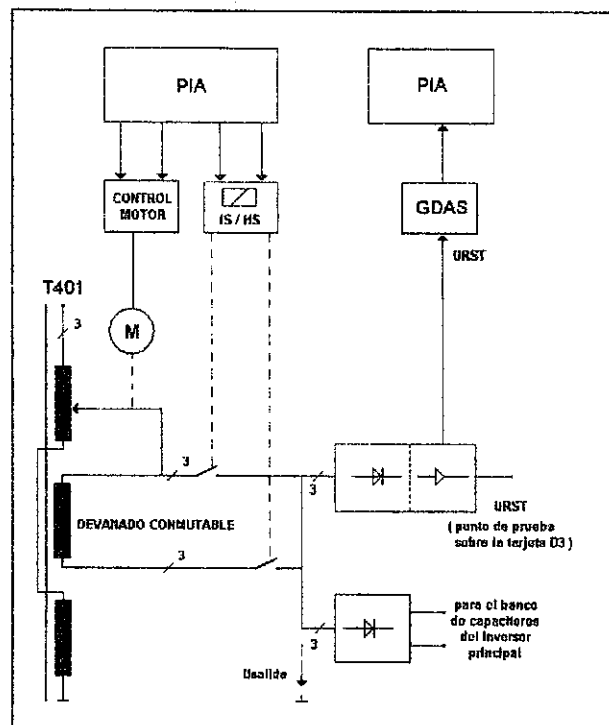
- Se dispone de la línea de voltaje, un LED indica que se presionó el interruptor de apagado (OFF) y encendido (ON).
- Remoto apagado (OFF) conexión que debe estar realizada para el

b.- Transformador regulador e inversor principal

El transformador regulador **M4** (T401) cuenta con dos devanados que suministran tensión al motor y control del ánodo giratorio. El propósito principal del transformador de regulación es para proveer de energía al inversor principal por un banco de capacitores.

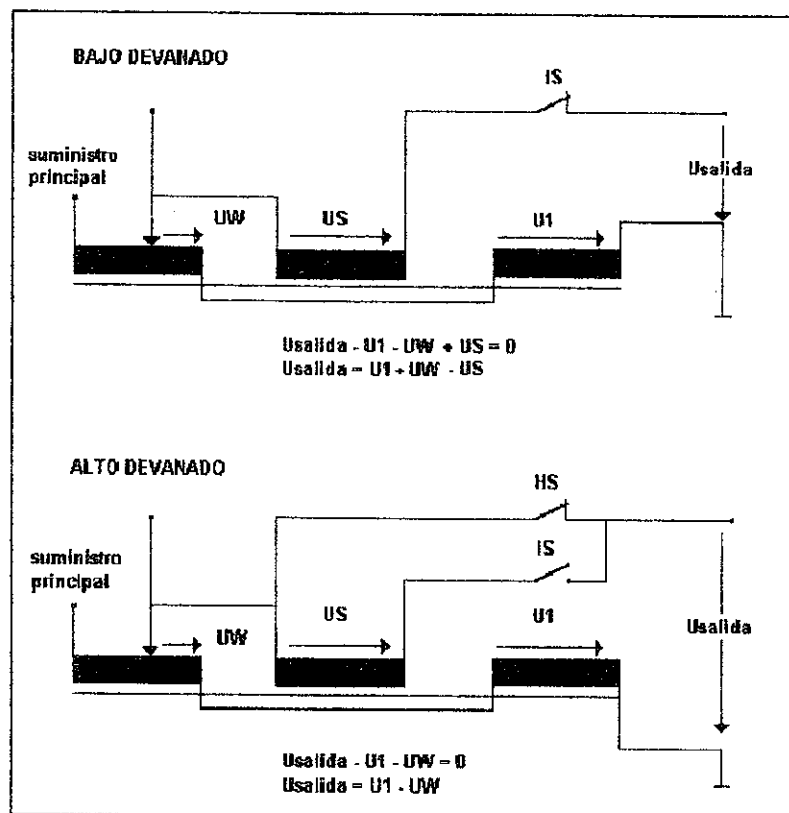
Principios básicos del transformador de regulación: es un autotransformador con un motor controlador de escobillas y devanados conmutados, el voltaje de salida U_{out} es colocado por el control del microprocesador. El devanado conmutado es usado para colocar voltajes de salida en dos etapas (devanado bajo y devanado alto), ya que el volumen del transformador para el rango total de U_{out} está ordenado a lo largo como un simple devanado.

Principios de operación; el microprocesador envía una señal para controlar el motor, el cual mueve las escobillas y conecta o desconecta (con los contactores I_s y H_s) los devanados conmutables. El voltaje de salida es rectificado y amplificado (URST). El microprocesador activa los GDAS para medir URST. Dependiendo sobre el valor de las posiciones de la escobillas del transformador y el estado correcto de los devanados conmutables, entonces es alcanzado el valor requerido de URST.



Transformador regulador
Figura # 2-5

Devanados conmutables: una razón mecánica es requerida para la construcción del transformador para sus devanados superpuestos. Las escobillas del transformador tienen contactos para cada uno de los devanados; de esta forma los devanados son cambiados para el rango total de voltaje de salida. Los devanados están sobre un núcleo de hierro que tiene la misma orientación; por esto, el flujo magnético tiene la misma dirección de fases en los tres devanados. Para un momento muy pequeño de duración, se obliga a un ciclo de la línea de tensión, a distribuir voltajes como puede manifestarse. Los contactos I_s y h_s son controlados (vía los reles r_l y r_h) por el microprocesador. El voltaje de salida U_{out} suministra al banco de condensadores.



Devanados conmutables
Figura # 2-6

El control del motor es un circuito transistorizado para controlar el transformador del motor; la operación está basada en cinco etapas:

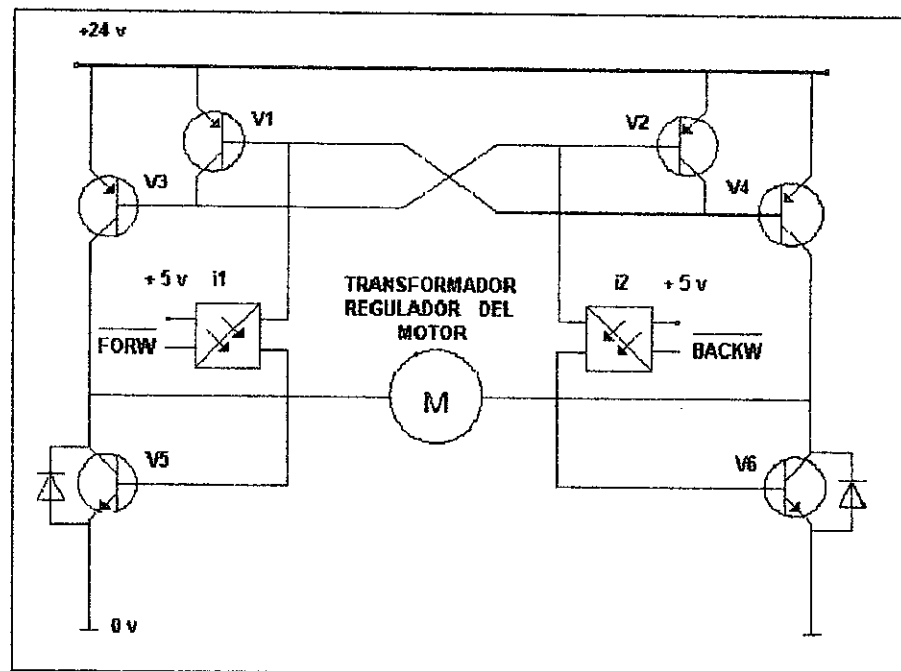
- b.1 Progresivos: la señal FORW puede activar, los opto - aisladores i_1 permiten el flujo de corriente a través de V_1 y V_5 ; V_4 también puede conducir. Los flujos de corriente para el motor son los siguientes:

$$+24V - V_4 - motor - V_5 - 0V$$

- b.2 Retrospectivo: la señal BACKW puede activar, los opto - aisladores i2 permiten el flujo de corriente a través de V2 y V6; V3 también puede conducir. Los flujos de corriente para el motor son los siguientes:

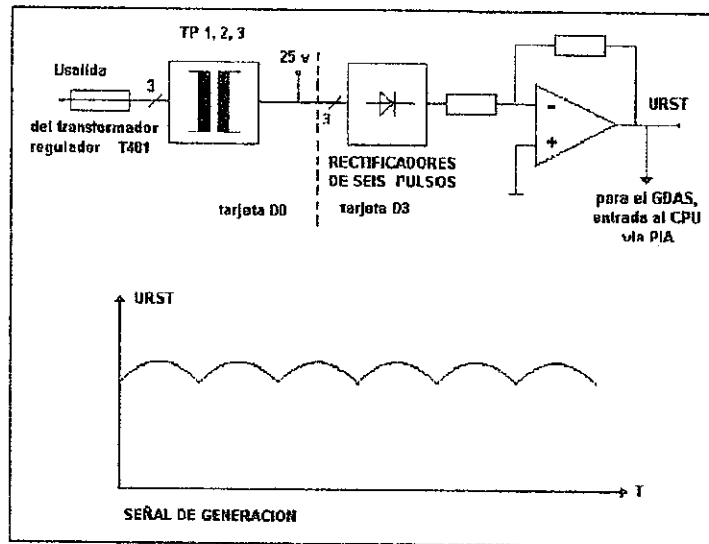
+24V - V3 - motor - V6 - 0V

- b.3 Deshabilitador: ambas direcciones son seleccionadas, llegan a conducir V5 y V6 y corto, circuitan al motor; V3 y V4 no conducen en este caso;
- b.4 Paro: la selección no es direccionada; el flujo de corriente no es posible;
- b.5 Protección: protección contra sobrecorrientes, si la corriente del motor se eleva, el bloque de transistores V7, el transistor V5 (progresivo) y V6 (retrospectivo).



Control del motor
Figura # 2-7

Generación de URST; en las tres entradas, son necesarios los fusibles porque la tarjeta D8 (donde URST es generado) tiene que ser protegida por razones de aislamiento. La tensión y el punto de prueba URST es transferido a los GDAS y de las vías de los PIA para el microprocesador.



**Tensión de salida del transformador regulador
Figura # 2-8**

Posicionamiento del transformador; el transformador de regulación es usado para colocar el voltaje U_c para la batería capacitiva de la unidad M7. La velocidad del incremento de tensión puede ser limitada para evitar corrientes de carga demasiado altas. La secuencia de carga cuenta con etapas estrictas:

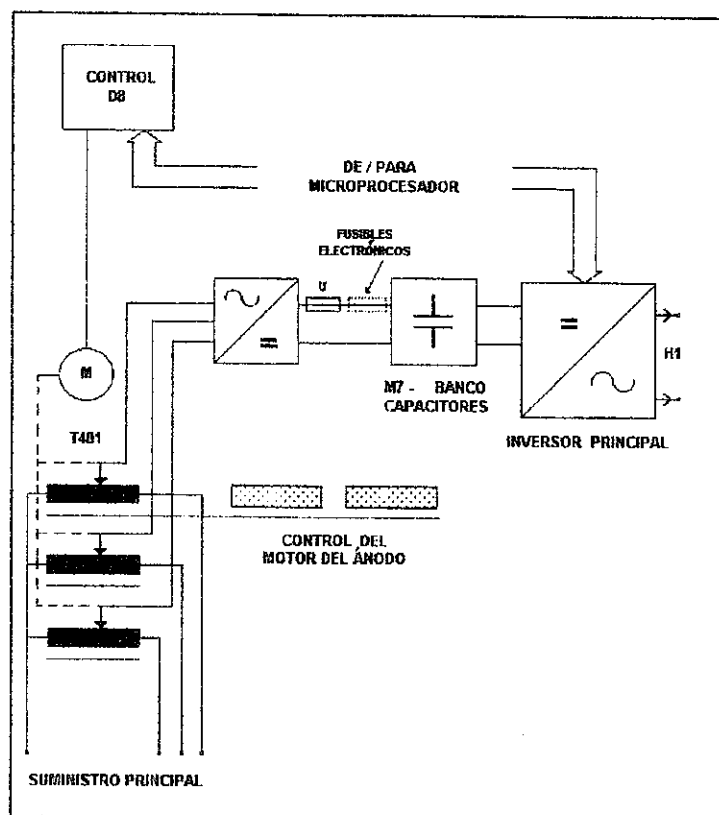
- Fases 1,2: movimiento de las escobillas en el inicio de las posiciones.
- Fases 3,4,5: activado bajo devanado movimiento rápido/lento hasta que la máxima tensión de salida sea alcanzada.
- Fases 6,7,8: retorno a la posición de inicio y se abre el alto devanado, el voltaje del capacitor U_c principia nuevamente casi con una duración constante de tiempo.
- Fases 9,10,11: movimiento rápido/lento con alto devanado hasta que se alcance el voltaje URST requerido.

Las variaciones del voltaje de salida tiene diferentes motivos:

- Variaciones debido a diferentes tensiones y energía del tubo.
- Variaciones debido a la dirección del voltaje de línea.
- Variaciones debido al ciclo de regulación del microprocesador para tener constante la corriente y voltaje del tubo.
- Características de carga lenta del banco de capacitores

El banco de capacitores **M7** sirve de fuente de energía DC para el inversor principal. En la sexta pulsación, rectifica la regulación entre el transformador y el banco de capacitores. En el caso de un arco de la corriente del tubo, el inversor principal se encarga de limitarlo. Está protegido con fusibles electrónicos que consisten en tiristores conmutables.

El inversor principal **M9** genera alta tensión en el primario; esa conversión de tensión DC dentro de la entrada AC provoca una variación de frecuencia de salida. La frecuencia es controlada por el microprocesador y cerca de 5 kHz; después del cambio de fase de 180°, la frecuencia resultante esta cerca de 10 kHz. La variación de frecuencia permite la variación de alta tensión en el tubo de rayos X.



Banco de capacitores e inversor principal
Figura # 2-9

c.- ISOSTAT - Control del filamento

El isostat **M5** provee un voltaje efectivo constante para el abastecimiento de energía de la tarjeta D5, controla el filamento de M6, (para la palabra ISOSTAT no hay traducción) controla la bobina magnética FP y no cumple con la ley de Ohms.

El control de calentamiento **M6** del filamento determina la temperatura del alambre del filamento; esta temperatura es responsable del número de electrones emitidos o sea corriente de tubo. La corriente de filamento tiene que regularse en un orden para obtener la dosis correcta de rayos X. La energía para el control de filamento es suministrado por la vía principal del isostat, una línea filtrada y el rectificador.

El filamento solamente está controlado por el inversor; el voltaje DC de entrada es cortado dentro del pulso de secuencia con la frecuencia cerca de 20 kHz. El ancho del pulso es colocado por el control del microprocesador; la repetición del tiempo es constante. La línea de filtrado, la rectificación y el calentamiento del inversor (sobre la tarjeta D6) están localizados en esta unidad; el circuito de medición para la corriente real del calentamiento del filamento esta localizado sobre la tarjeta D2.

d.- Control del ánodo rotacional

El control **M9** es responsable para la velocidad del disco del tubo de rayos X. El suministro de tensión para el motor de ánodo es proveída por la regulación del transformador T401. Las tres fases de operación del disco del ánodo es determinado por el control lógico de rotación del ánodo, que consiste en:

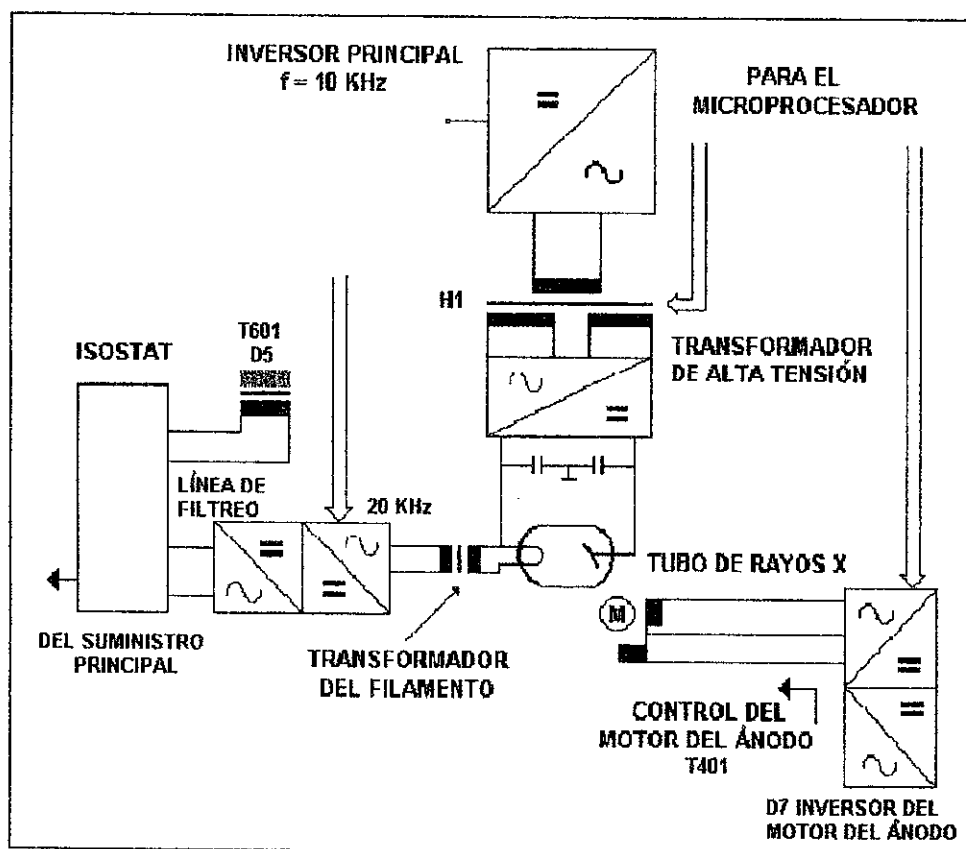
- d.1 Dos rectificadores para las fases de frenado y la aceleración, por voltajes elegidos sobre el transformador (T401);
- d.2 Fase de libre velocidad de carrera, del inversor por el motor de ánodo que nos convierte los voltajes rectificados entre la tensión AC con la frecuencia variable.

El inversor es localizado sobre la tarjeta D7, la sección del control de el inversor esta localizado en la tarjeta D1/D2.

e.- Circuito de alta tensión

El transformador de alta tensión genera ésta para el tubo de rayos X. La tensión AC para el inversor principal (500 V) es transformada (100 kV) y rectificada. Los capacitores C listos para rectificar alta tensión. El transformador H1 también contienen al transformador del filamento. El volumen de el H1 es más pequeño, porque la alta frecuencia del primario da alta tensión. El tubo de rayos X es conectado por los cables de H1 y la alta tensión. El cable del cátodo contiene listo las conexiones entre el transformador del filamento y el filamento.

El motor del ánodo está conectado vía tres cables.



Circuito de alta tensión
Figura # 2-10

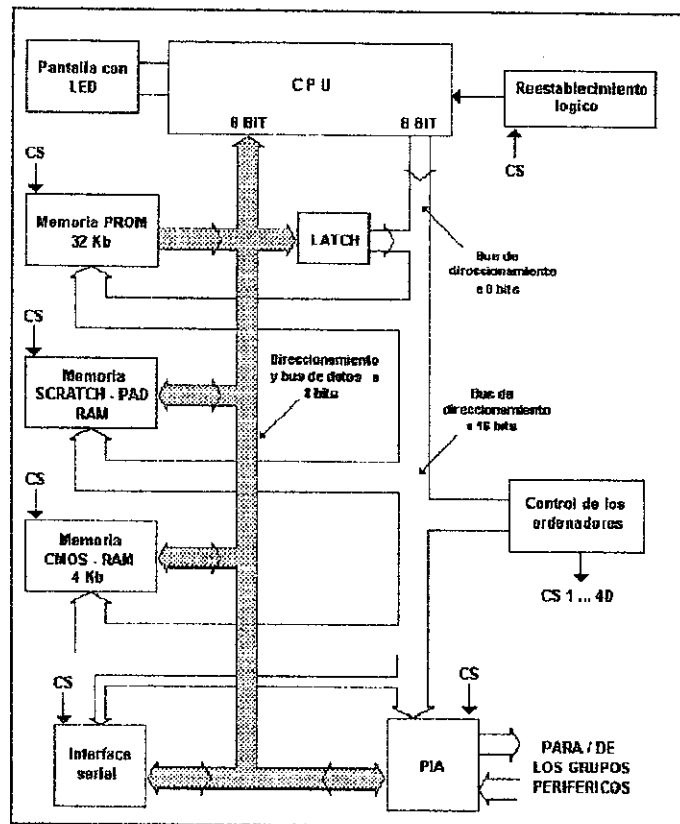
f.- El Microprocesador

El control del microprocesador **M10** comprende varias funciones:

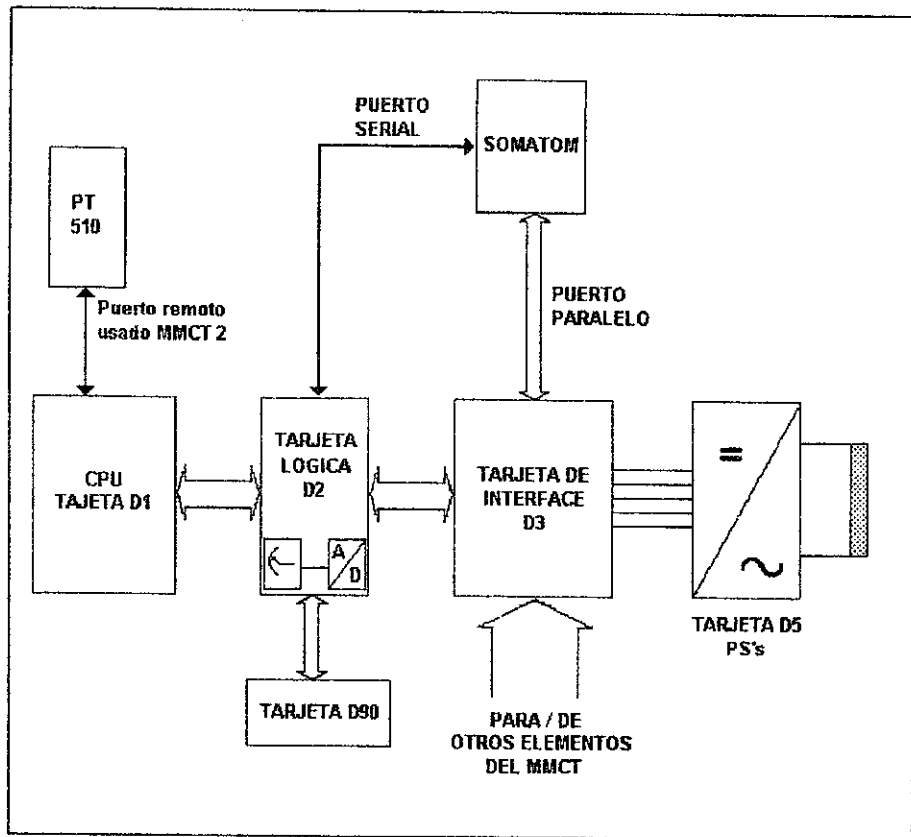
- f.1 El suministro de voltaje a la tarjeta D5 del sistema generador.
- f.2 El restablecimiento lógico por un circuito que inicia los programas de todas las direcciones después de accionar el interruptor de encendido (ON) del Micromático o bien después de algún error, y el despliegue visual de señales enviadas desde la unidad central de proceso (CPU) para informar de fallas o averías en el sistema.
- f.3 Controlar los elementos de entrada y salida (I/O) a través de las Interfaces seriales entre el Micromático y el Somatom. El Micromático

proporciona adaptadores con interfaces paralelas, que conectan la tarjeta D3 y la tarjeta de servicio D90 sobre la tarjeta D2 (terminal remota PT510 sobre la tarjeta D1, solamente para el servicio).

- f.4 Transmitir mediciones reales de los parámetros a través de las interfaces, tal como la corriente de tubo (IT/IROE), voltaje de tubo (UAK), corriente de filamento (IF), etc.
- f.5 Controlar la unidad central de proceso (CPU) a través de la tarjeta D1 y la tarjeta lógica D2.
- f.6 Controlar el sistema de memoria, a través del PROM con los indicadores para la ejecución de programas, los CMOS-RAM para la búsqueda regular y ajuste de parámetro y el SCRATCH-PAD-RAM o sea una memoria de trabajo temporal que lee, genera, modifica y sobrescribe durante la ejecución de un programa.



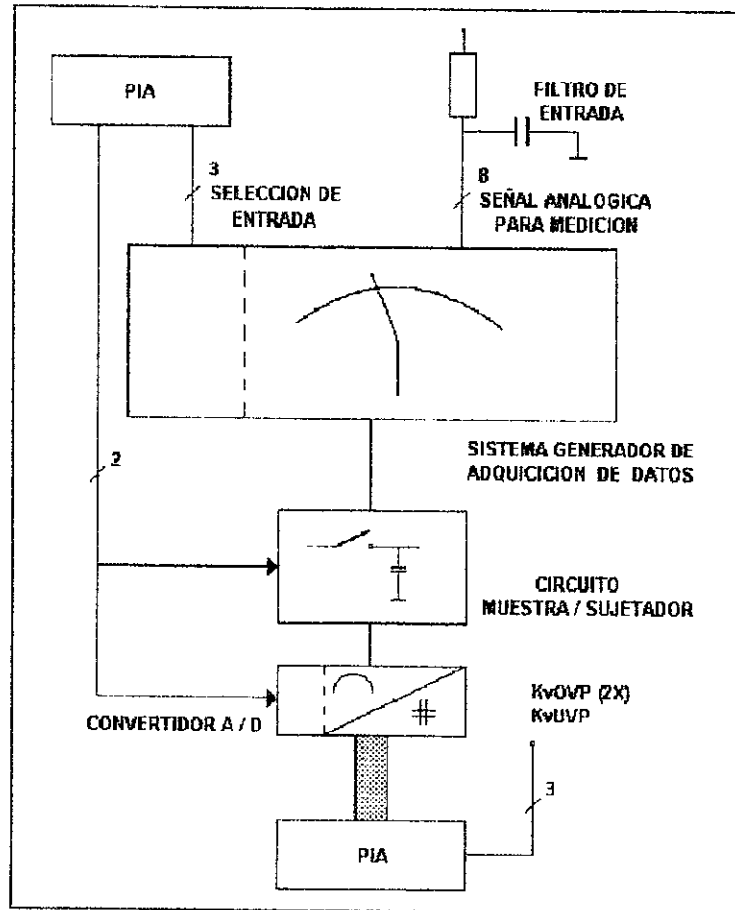
**Diagrama del direccionamiento de la información
Figura # 2-11**



Control del microprocesador

Figura # 2-12

- f.7 Controlar el sistema generador de adquisición de datos (GDAS), que está basado en los elementos siguientes:
- f.7.1 Los filtros de entrada para eliminar la parte de alta frecuencia de las señales que son medidas.
 - f.7.2 Ocho canales analógicos multiplexores para seleccionar un valor de entrada para la transmisión de las características de los convertidores A/D. La selección de los canales de entrada son controlados por el microprocesador.
 - f.7.3 El simple/circuito de espera (en tiempo) para la corriente de operación del convertidos analógico/digital (A/D);
 - f.7.4 Los convertidores A/D de 8 bits para suministrar al microprocesador con la información digital.
 - f.7.5 Un PIA que transfiere la información digitalizada al sistema del microprocesador. Adicionalmente están tres entradas para monitorear el circuito de kV. La señal kvOVP es transferida por datos e interrumpe la entrada; la señal kvUVP es transferida para datos solamente de entrada.



Control del GDAS
Figura # 2-13

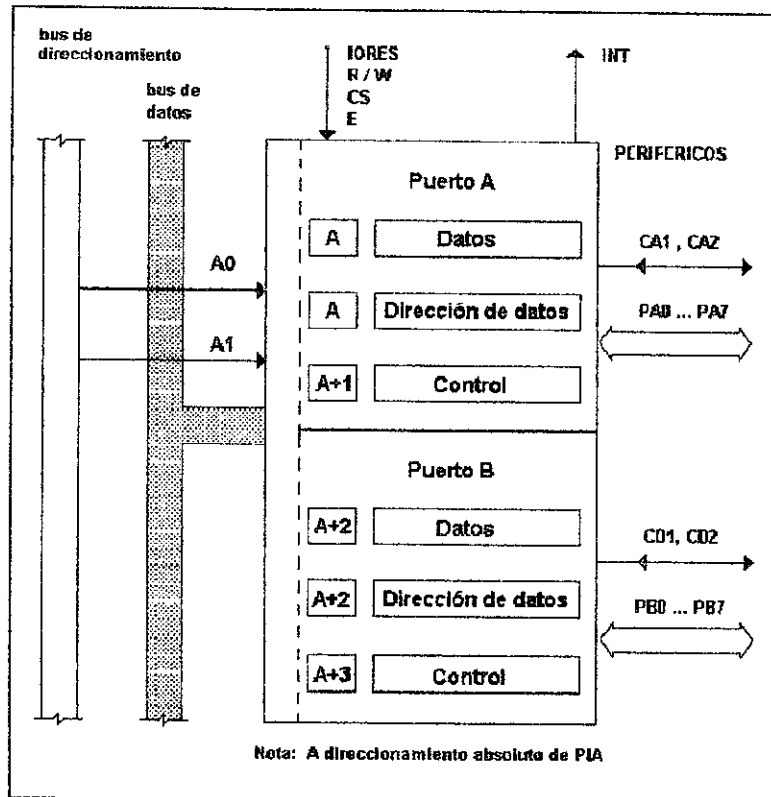
- f.8 Agrupar equipos periféricos al CPU a través de los adaptadores de interfaces de periféricos (PIA). Los PIA se localizan sobre la tarjeta D2 registran datos de salida (DR), establecen control de registros (CR), transfieren información vía registros de datos y la direccionan estos registro de datos.

La selección para transferir la dirección no puede cambiar durante la operación del Micromátic, y puede ser considerada centro nervioso (HW).

- f.9 Controla los ordenadores de aplicaciones programadas de los circuitos lógicos (PAL), la función de éstos son similares a los PROM, pero la combinación lógica interna no puede ser cambiada y consisten en las celdas de memoria, los cursores de vigilancia, los Interfaces seriales, los PIAs, etc. Estos son seleccionados en dos etapas:

- f.9.1 El chip's donde la celda de memoria localiza las señales habilitadoras como la señal CS y CS norma la selección del chip's.
- f.9.2 La línea de direccionamiento que es usada para llevar a cabo la operación de lectura/escritura sobre la selección del chip's.

Las señales CS son generadas cuando se llaman los PAL's, que además son directamente direccionados en la línea de dirección de las señales de salida.

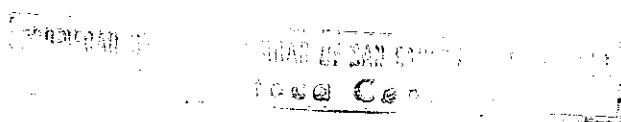


Control de los PAL
Figura # 2-14

E.- OPERACIÓN SECUENCIAL DEL MICROMÁTIC

El generador es conectado (ON) y todos los suministros de voltaje son valuados al final de las fases.

Las auto pruebas del microprocesador controlan el restablecimiento y funciones importantes de cada resultado y evaluación.



Los parámetros son seleccionados por las características de búsqueda y son definidos en los programas de medición, generación de transmisión (kV, kW y mA determinados) y pulso de ancho.

La exploración se inicia al presionar el botón de inicio en la consola, la cual consiste de;

- Fase de preparación:
 - inicio de rotación del ánodo
 - alimentación de la corriente de filamento
 - alimentación del transformador de regulación

- Completando si:
 - el generador de alta tensión detecta el pulso del sistema del tubo hasta que alcance el campo de medición.

F.- EL DIÁLOGO ENTRE EL MICROMÁTIC Y EL SOMATOM

La operación del Micromátic requiere de cambiar de información entre el generador y el Somatom, en el orden de sincronismo por la generación de radiación con la operación del Somatom.

| | |
|--------------------------------|--|
| Del Somatom para el Micromátic | <ul style="list-style-type: none"> • Micromátic encendido (ON), restablecimiento, auto pruebas, precalentamiento y posicionamiento del transformador. • Selección de parámetros (kV, kW, extensión XP para escoger un parámetro en la tabla de selección. • GEBR es enviado para confirmar el estado de la posición de reserva (stand-by). • AVO y HU son enviados para iniciar la búsqueda (grupo de calentamiento del filamento, posición del transformador dependiendo sobre la tabla de selección de parámetros y aceleración del ánodo). • XP's son enviados para los disparos del generador de radiación. |
|--------------------------------|--|

| | |
|--------------------------------|--|
| Del Micromátic para el Somatom | <ul style="list-style-type: none"> • GEOK es enviado para confirmar al filamento, ánodo y al transformador de regulación sobre la lectura para la exposición. |
|--------------------------------|--|

DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES Y CIRCUITOS FÍSICOS DEL INVERSOR PRINCIPAL

A continuación, se expone la parte importante del Micromátic, lo que es el inversor principal, que es el equipo encargado de la alta frecuencia para elevar la tensión.

A.- VISION GENERAL

El circuito de alta tensión en el Micromátic es usado para suplir de alta tensión al tubo de rayos X. Características de los principales elementos de conexión y el tubo de rayos X;

- Transformador de regulación: 3 fases autotransformadas con voltajes variables de salida.
- Rectificador de seis pulsos: bloque de rectificadores de estado sólido.
- Banco de capacitores: energía de almacenamiento (capacidad de 0.031 F).
- Inversor principal: tiristor controlador de resonancia inversa (frecuencia \gg 10 KHz) con salida variable de frecuencia.
- Transformador de alta tensión H1: una fase transformada seguido del rectificador y el filtro capacitor que suministra al tubo con alta tensión.

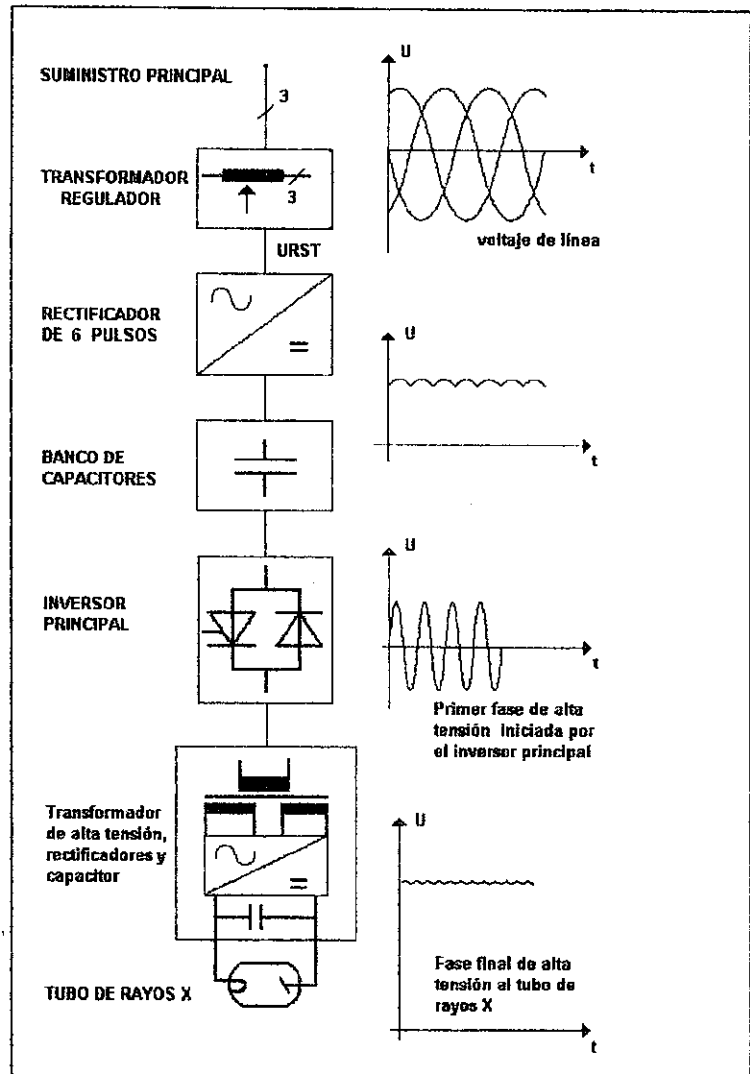


Figura # 2-15

B.- EL CIRCUITO DE RESONANCIA EN SERIE

El inversor principal en el Micromatic opera como una resonancia serial inversa.

Las características básicas de un circuito de resonancia serial son descritas a continuación:

- El voltaje DC U_0 es encendido (ON), la corriente en el circuito resonante (consistente de una Resistencia, Inductancia y Capacitancia) empieza a fluir un voltaje U_c en el capacitor C que puede ser medido. Ambas, corriente I y el voltaje U_c pueden ser descritos en una ecuación diferencial;

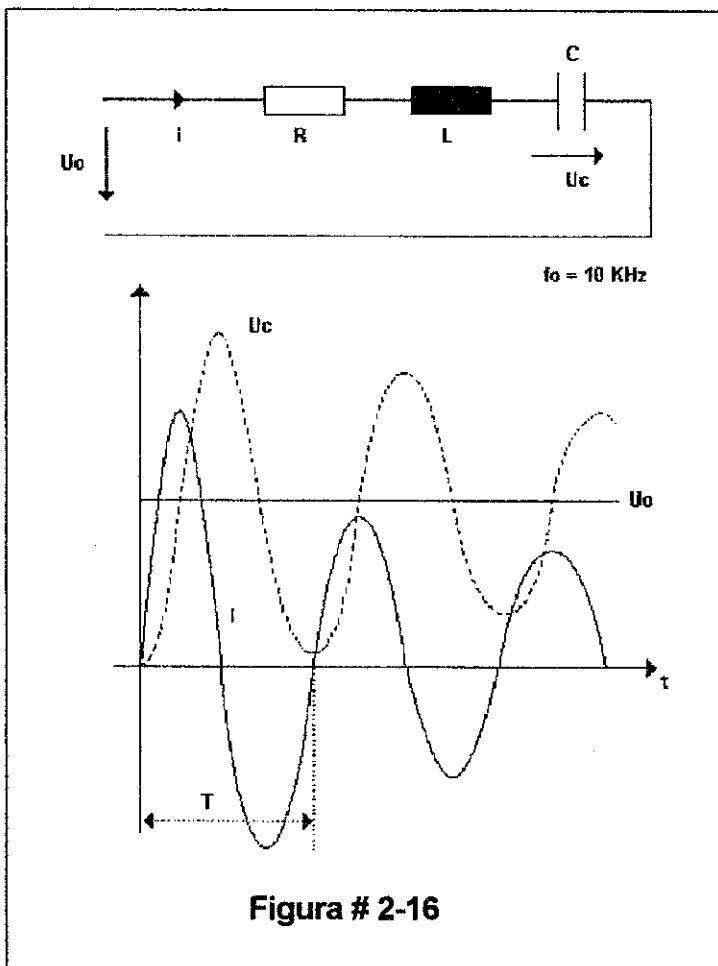


Figura # 2-16

la solución de esta ecuación es una oscilación funcional para ambas la corriente I y el voltaje U_c . La corriente I oscila alrededor del valor cero; el voltaje U_c oscila alrededor del valor U_0 ; la frecuencia de ambas señales es determinada por la inductancia L y la capacitancia C .

- Hay un desfase de 90° entre la I y U_c : la corriente I alcanza su máximo $t/4=90^\circ$ temporalmente por el voltaje U_c de los capacitores.
- Las amplitudes de la oscilación de corriente y voltaje no son constantes, pero decrecen con una función exponencial.
- El tiempo constante de la función exponencial es $\delta=R/2L$.
- Si no hubiera pérdidas resistivas sobre el circuito resonante, la amplitud de la oscilación corriente y voltaje se quedarían constantes.

C.- PRINCIPIOS DEL INVERSOR PRINCIPAL

El inversor principal es un circuito puente con un tiristor de trabajo completo en cada mitad del puente.

Cada cuarta parte del puente consiste de un tiristor y un diodo en conexión de fase opuesta, en serie con una inductividad: V1, V11, L1; V2, V12, L2; V3, V13, L3; V4, V14, L4.

Sobre el puente armado, está un capacitor, el cual está conectado en paralelo al devanado del primario en la alta tensión del transformador H1; el segundo capacitor en serie con H1 sirve para acoplar el capacitor C.

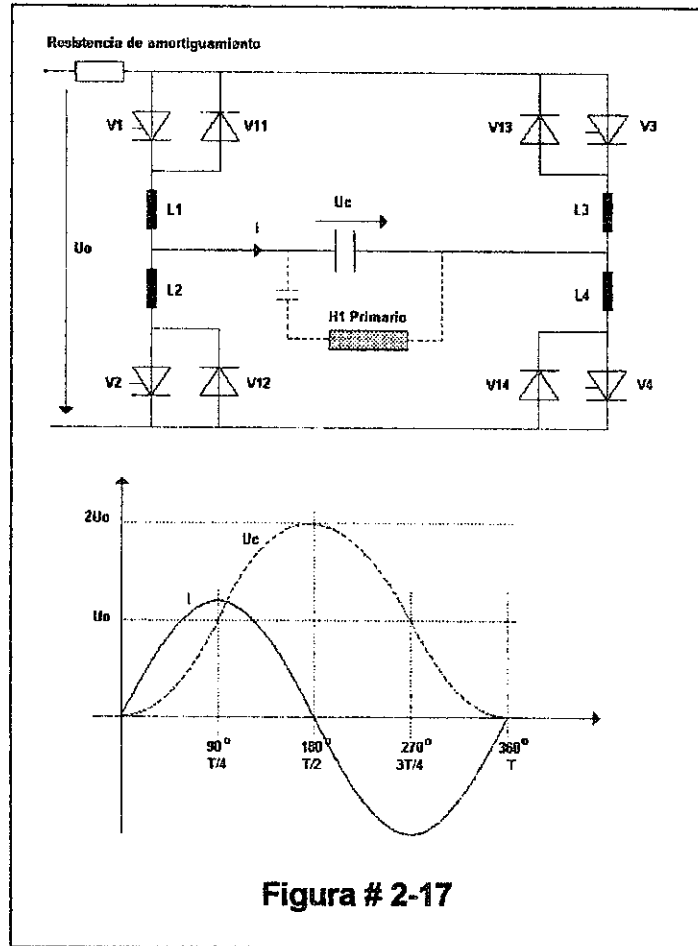
El propósito del inversor principal es para convertir el voltaje DC U_0 dentro de la entrada, en un voltaje AC en el transformador H1. El rango de frecuencia de esta tensión AC es determinante para la frecuencia de resonancia de la conexión en serie, consistente de dos inductancias L1 y L4 o L2 y L3 y el capacitor en el puente armado.

La Figura #2-17, muestra la corriente I y el voltaje U_c de los capacitores sobre el puente armado, después que dos tiristores son activados (ejemplo V1, V4).

Estos tiristores conducen por la prolongación de la corriente que no es cero. El voltaje U_c tiene su máximo momento en $t=T/2$.

El voltaje máximo es dos veces el voltaje de entrada U_0 ; si no hay oposición en el circuito (estado ideal) con la resistencia, el máximo voltaje es menor que $2U_0$.

Para $t=T/2$ la corriente a través del capacitor es guardado hasta que los diodos conduzcan libremente (ejemplo V11, V14), los cuales están en polaridad



opuesta para los correspondiente tiristores.

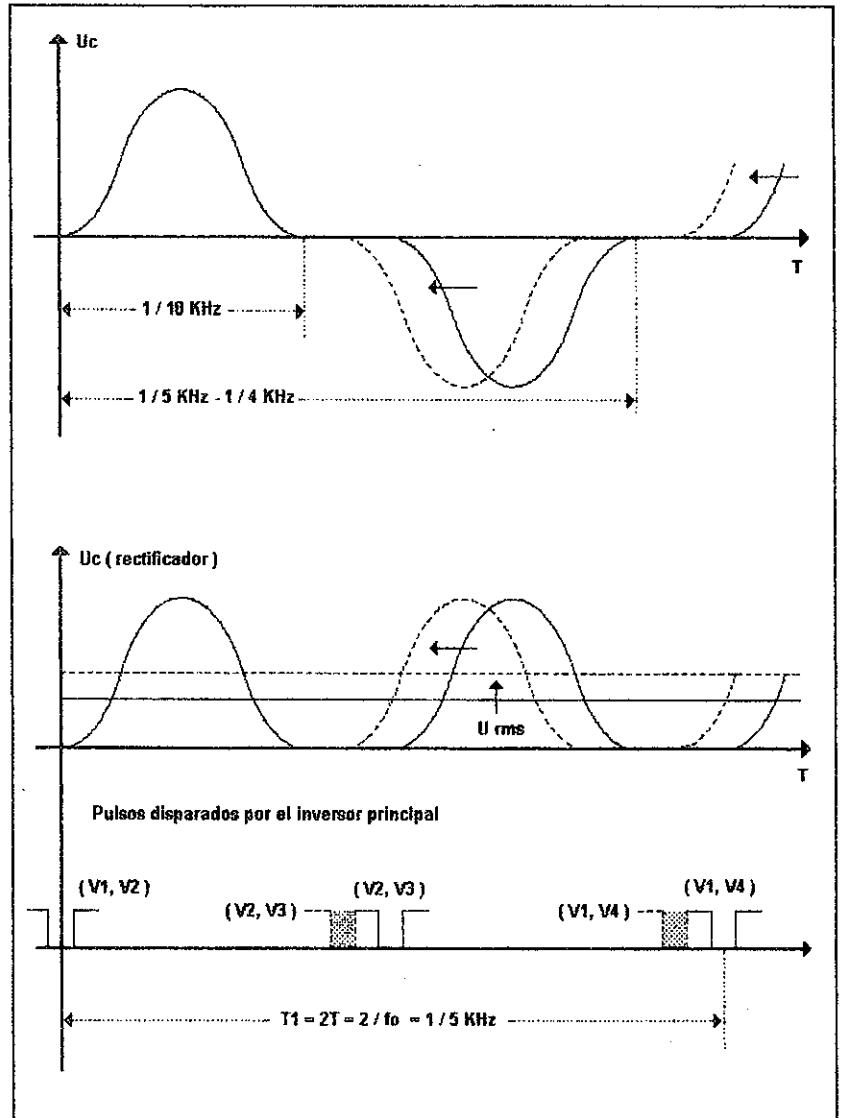
La Figura muestra solamente un ciclo de la corriente y el voltaje.

D.- VARIACIÓN DE LOS KV CON EL INVERSOR PRINCIPAL

La tensión U_c del capacitor en el puente armado del inversor principal es usado para la operación del transformador del alta tensión H1.

La variación de el pulso alimentador (encendido) varía frecuentemente la distancia entre la oscilación individual de U_c ; esta oscilación resulta sobre la variación de las líneas magnéticas del flujo que está cortado en el transformador H1, el cual varía el voltaje de salida de H1.

La rectificación de la tensión U_c (realmente conducida sobre el lado secundario de H1) provee un voltaje DC determinado. La frecuencia usada para el disparo de los tiristores de el inversor principal están en el rango de la frecuencia de resonancia del inversor principal.



Gráfica de la variación de los KV
Figura # 2-18

E.- PRINCIPIOS DE EL CONTROL DEL INVERSOR PRINCIPAL

El control del inversor principal es usado para generar la alimentación de pulsos para los tiristores. La generación de estos pulsos disparan los XP pulsos de el Somatom.

Las siguientes precondiciones críticas tienen que ser tomadas en cuenta antes de habilitar al inversor principal, además los programas del Micromatic controla la operación del inversor principal;

- a.- Condiciones de entrada: las precondiciones de prueba en la condición de entrada son:
- La exploración tiene que tener inicio; AVO y HU son activados por los programas que envía un disparo.
 - Solamente el Micromatic modelo 1 tiene un transformador regulador que debe tener una posición de alto devanado (HWIND).
 - El H1 (tarjeta D11 para el valor real de carga) debe estar conectada al tanque de alta tensión (HSPTANK).
 - El suministro de tensión digital (+5 V) sobre la tarjeta D2 debe estar lista.
 - Cantidad de kV monitoreados dentro de la señal.
 - Tiempo de 1.6 ms para desactivar (activa en caso de un error).

Si todas estas precondiciones son encontradas, los XP pulsos del Somatom pasan a la condición de la puerta para habilitar al inversor principal (INVEN).

- b.- Habilitando el inversor: un contador es colocado con una frecuencia de 1 MHz y divide la frecuencia para un factor de inicio al microprocesador vía un PIA. Con AVO y HU activos (doble seguridad); el generador es leído para la exposición (RFEX) y la exposición es habilitada (EXPEN). El disparo del pulso inicia con habilita al inversor (INVEN); el microprocesador es informado después y el inversor se enciende (ION).
- c.- Pulso de disparo: los pulsos de la frecuencia dividida están corridos por fases de 180° y si el inversor es encontrado activado (ON) restablece los pulsos de disparo INV23, INV14, que son enviados a la etapa de potencia del inversor principal. La frecuencia de cada pulso de INV23 y INV14 está cerca de la mitad de la frecuencia de resonancia del inversor principal. Cada pulso INV23 y INV14 son usados para el disparo de dos tiristores; adicionalmente estos pulsos generan una interrupción en NMI (cada 100 ms) sobre el microprocesador; éste inicia un subrutina para la medición de los kV reales y los mA reales que son usados por GDAS.

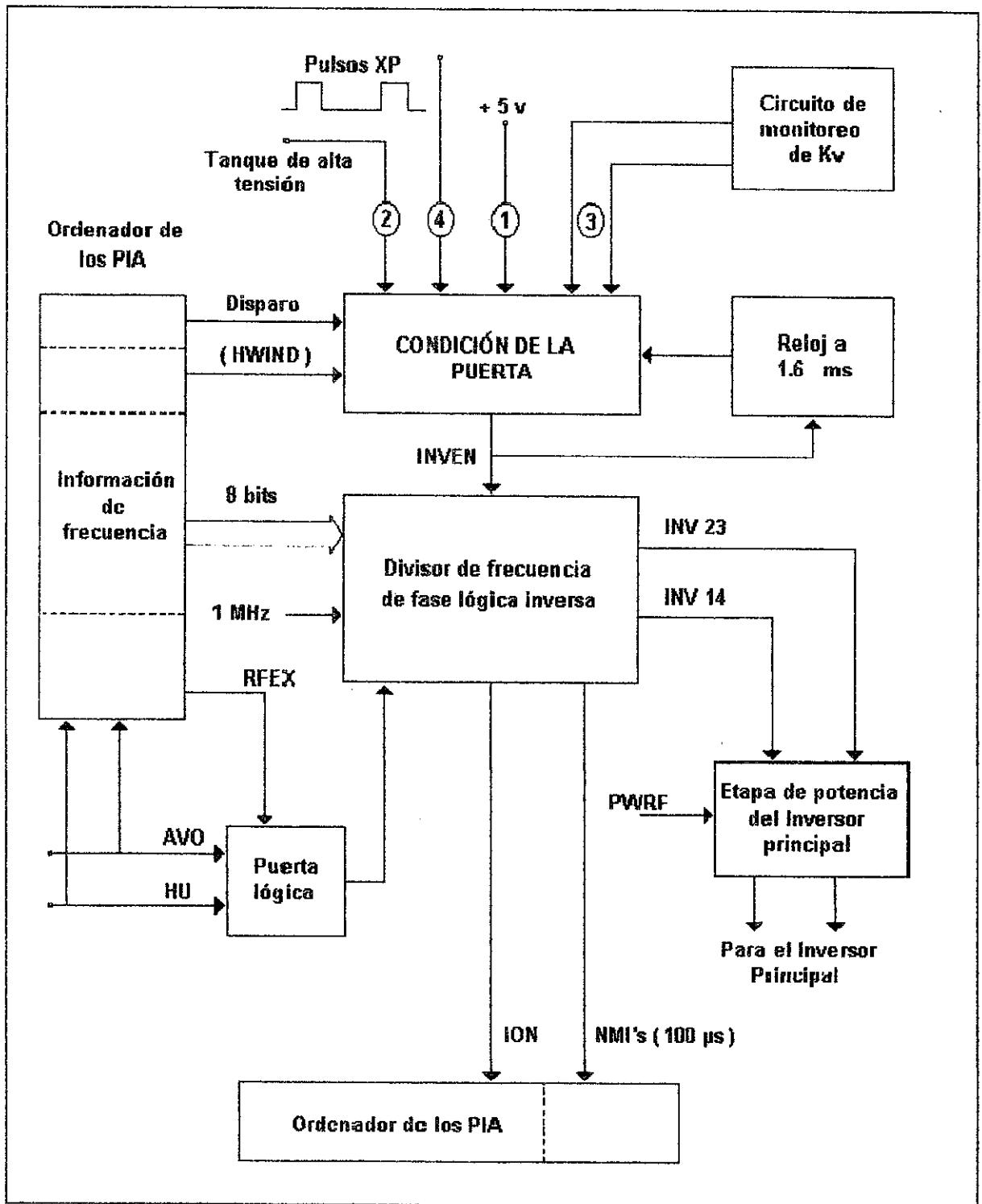
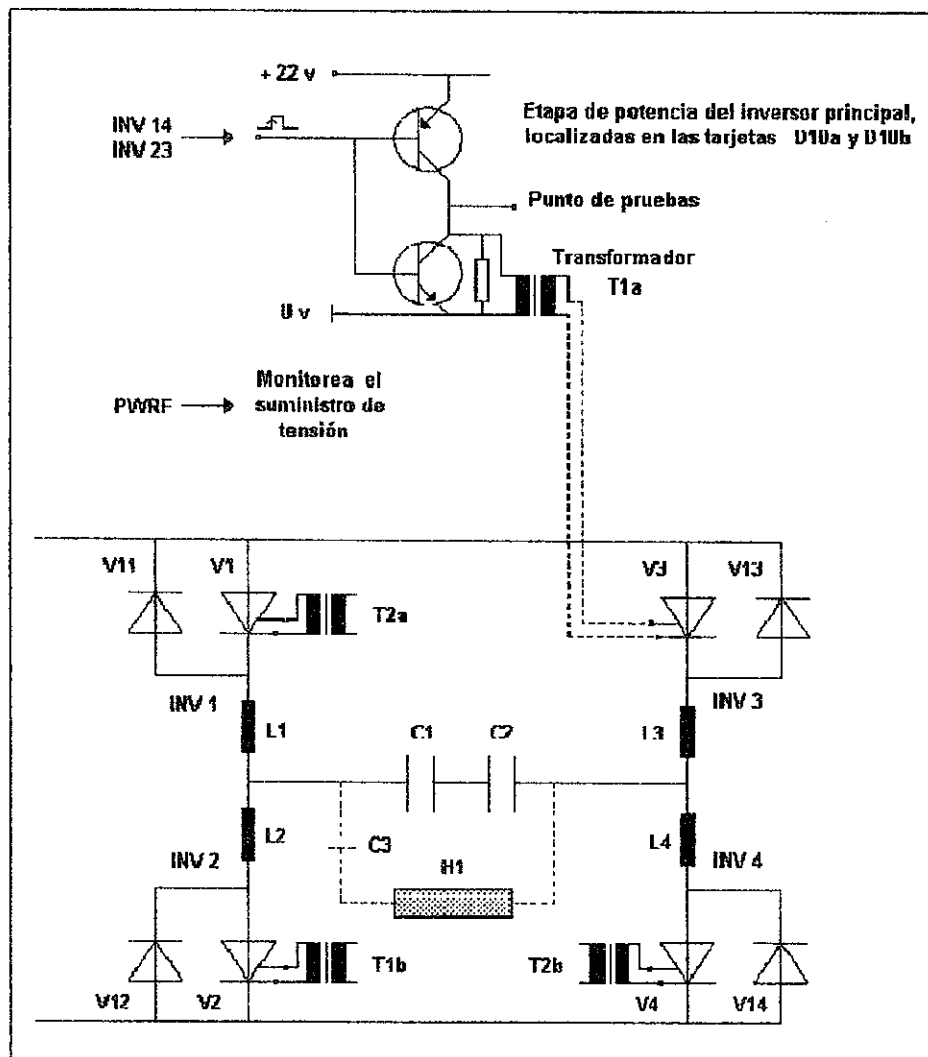


Diagrama del control del inversor
 Figura # 2-19

- d.- El inversor principal real: los pulsos alimentados del control del inversor principal son transmitidos a la etapa de energía. En la etapa de fuerza, las dos señales INV23 y INV14 son separadas para convertir INV1, INV2, INV3 y INV4; en caso de una falla del suministro de tensión digital (PWRF), la etapa de potencia es bloqueada. Los transistores de esta etapa son usados para conmutar de encendido y apagado el flujo de corriente a lo largo del pulso transformado; el voltaje del devanado secundario de esos transformadores activan los tiristores.

Las etapas de fuerza son distribuidas sobre dos tarjetas D10a y D10b.

D10a supe a los tiristores V1 y V3 vía los pulsos transformados T2a y T1a.
D10b supe a los tiristores V2 y V4 vía los pulsos transformados T2b y T1b.

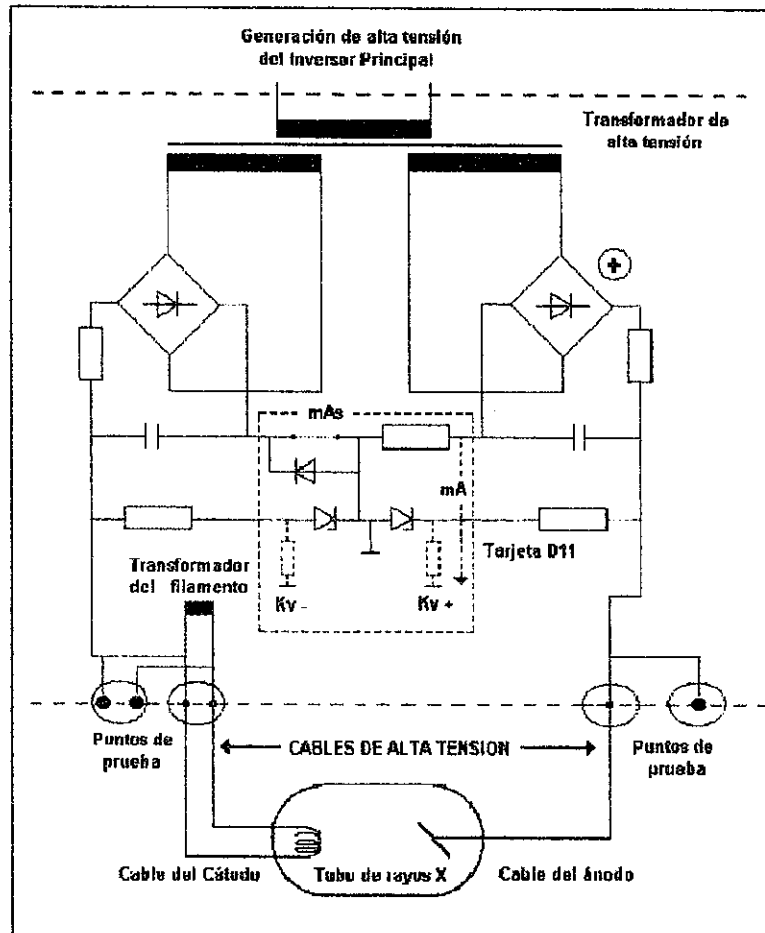


Circuito del inversor principal
Figura # 2-20

e.- Transformador de alta tensión H1: consiste de un tanque y una tarjeta D11 montada sobre lo alto. El tanque contiene los devanados de transformación de alta tensión, el rectificador de alta tensión, capacitores de aplanamiento y resistores para la medición de los kV reales; el tanque también contiene el transformador del filamento.

El devanado secundario del transformador de alta tensión es separado para suministrar energía al ánodo y cátodo; los rectificadores de alta tensión son conectados en serie, las conexiones entre éstos están aterrizadas; los componentes del circuito de alta tensión tienen que ser seleccionados sólo para la mitad de la máxima tensión del tubo.

La tarjeta D11 es usada para conectar el circuito de medición para los kV reales y mA del circuito de alta tensión, y para proteger (el caso de diodos zener) en situaciones peligrosas a los técnicos que trabajan con el Somatom o la destrucción de las partes del generador.

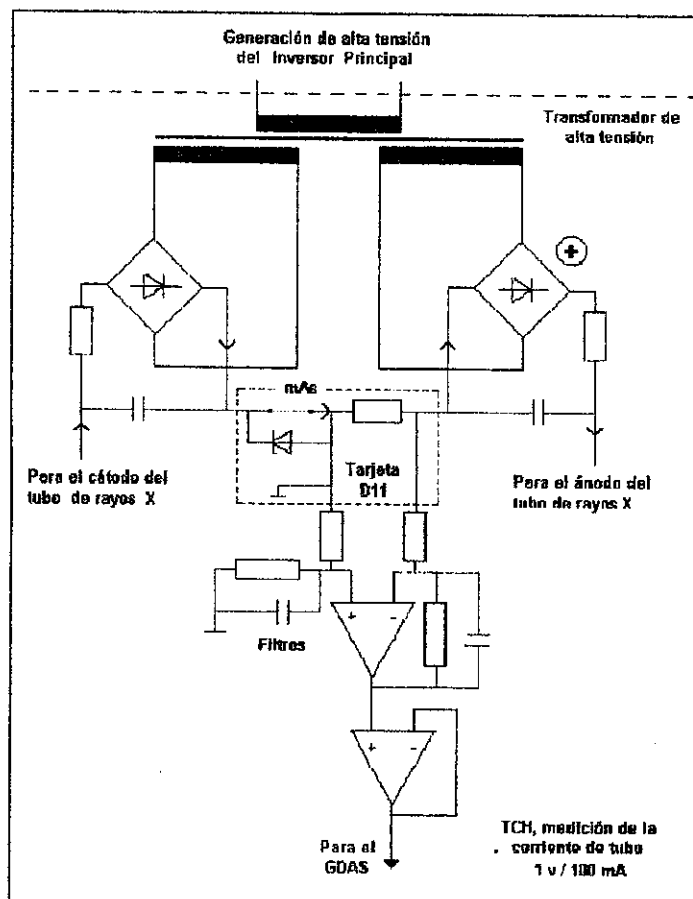


Transformador de alta tensión H1
Figura # 2-21

f.- Medición de la corriente real del tubo: son realizadas por los flujos de corriente del tubo IROE e IT del ánodo y cátodo de el tubo. Estas fluyen a través del lado del cátodo rectificadas en la tarjeta D11. En esta tarjeta, fluye la corriente a través de un puente mAs y una resistencia de 10 Ohms. De aquí la corriente salta para el lado rectificador del ánodo. El puente de mAs es reemplazado por un medidor durante el ajuste del generador para medir el producto de mAs en la exploración:

$$kV / kW \times \text{ancho del pulso} \times \text{número de proyecciones}$$

La corriente real del tubo durante la exploración es medida como la caída de voltaje por la resistencia de 10 Ohms sobre la tarjeta D11. Esta señal es filtrada y enviada para el GDAS vía un limitador de tensión. El microprocesador tiene acceso al GDAS, vía un PIA, por lo tanto tiene acceso a la corriente real del tubo. Este es un punto de prueba TCH sobre la tarjeta D3 para medir el voltaje que representa la corriente de tubo.

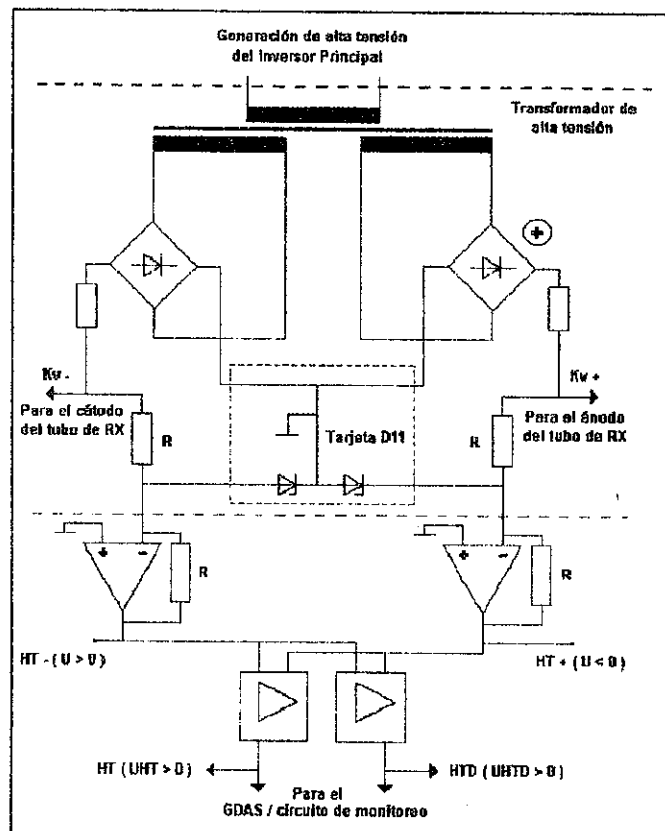


Medición de IROE
Figura #2- 22

- g.- La medición real de la alta tensión: la tensión real (kV, HT) es medida como el voltaje a través del cátodo y tierra (kV- o HT-) y entre ánodo y tierra (kV+ o HT+). El circuito de medición para cada kV+ y kV- consisten de un amplificador con una resistencia de entrada (100 Mohms) en el tanque H1 y la resistencia de retroalimentación (10 Kohms) sobre la tarjeta D3. A causa de kV+ y kV- que tienen polaridad opuesta y los amplificadores son amplificadores inversos cada uno, la señal medida también tiene polaridad opuesta.

La relación de 10 Kohms / 100 Mohms de la retroalimentación / resistencia de entrada determina el voltaje para kV+ y kV- en el circuito de medición.

Ambos voltajes puede ser medidos por los puntos de prueba HT+ y HT- sobre la tarjeta D3. El microprocesador recibe la alta tensión real vía el GDAS como la suma HT (HT+ mas HT-) y la diferencia HTD (HT+ menos HT-) de la alta tensión individual HT+/HT-. Ambas señales puede ser medidos por los puntos de prueba sobre la tarjeta D3. La diferencia de HT+ y HT- puede ser positivos o negativos, de aquí que un voltaje offset de +5 V, que es añadido para obtener siempre la señal positiva de HTD.



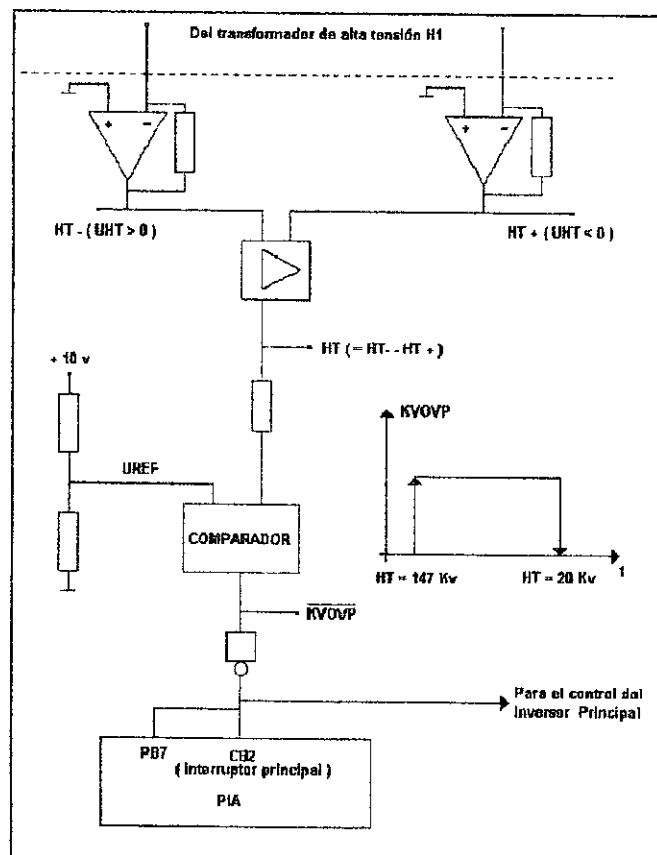
Circuito de medición del HT
Figura # 2-23

h.- Circuito de monitoreo de sobrevoltaje: el tubo de rayos X es designado para un voltaje máximo del tubo de 150 kV. Por eso se requiere de un circuito de monitoreo para proteger al tubo de los sobre voltajes en caso de falla. La señal, que es monitoreada, es HT voltaje real de tubo. La señal es transmitida a un comparador por histéresis.

En caso del voltaje del tubo de 147 kV o mas, la señal de monitoreo KVOVP queda activada; el resto de la activación es hasta que el voltaje de tubo esté debajo de 20 kV debido a la histéresis de el circuito amplificador. También existe un punto de medición de esta señal en la tarjeta D3.

Si la señal KVOVP esta puesta, el inversor principal es desactivado y una interrupción es enviada al microprocesador vía PIA. La misma señal esta disponible como dato de entrada al PIA donde el microprocesador puede leer el estado de la señal. El HT es también monitoreado por programas:

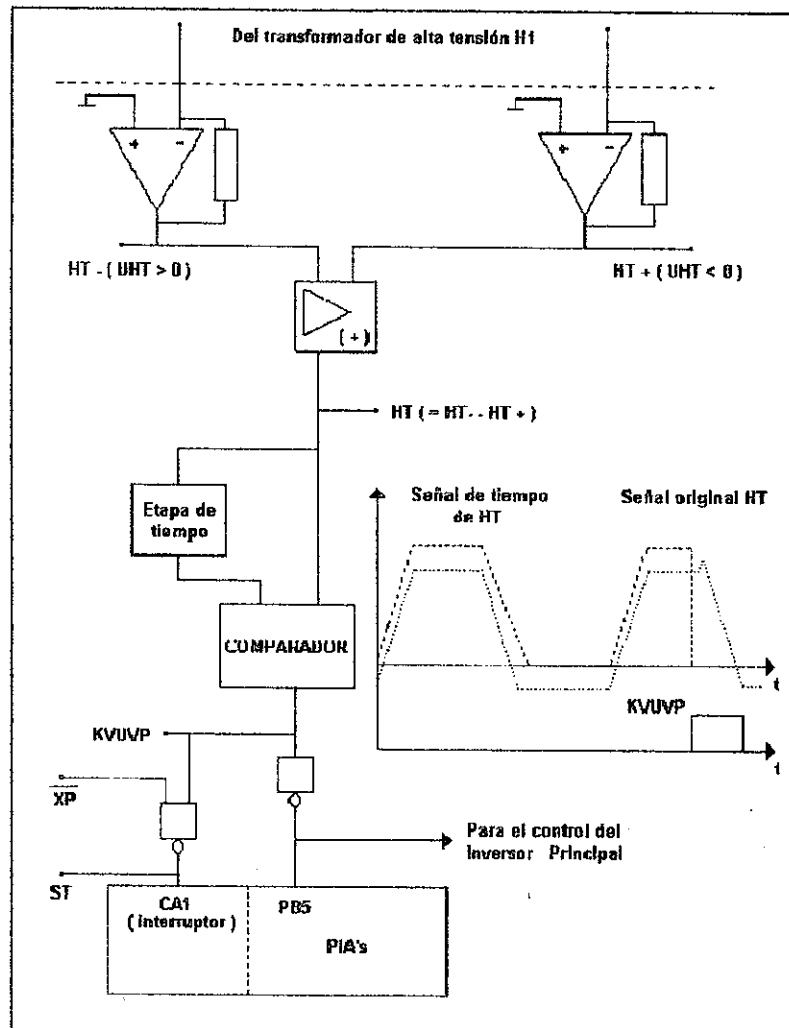
- h.1 Pruebas para regular el voltaje
- h.2 Desconexión del inversor.



Monitoreo de sobrevoltajes
Figura # 2-24

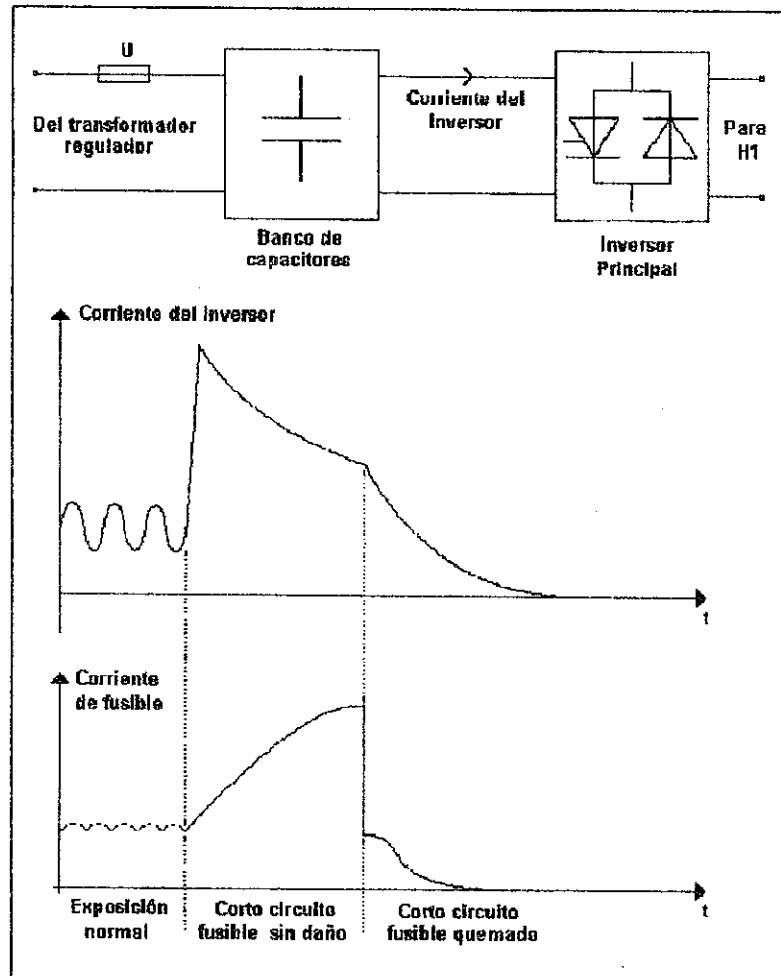
- i.- Circuito de monitoreo de arcos: es usado para detectar cortos circuitos dentro del bulbo de vidrio del tubo de rayos X.

En este caso, la corriente de tubo se incrementa muy rápido mientras el voltaje de tubo cae. Características para el arco de tubo es el gradiente de decaimiento de voltaje, por ejemplo, caída muy rápida de la alta tensión. La señal que es monitoreada por HT, representa el valor real del voltaje de tubo. Esta señal es transmitida para comparar ambos: primero la directa, aunque es una etapa de retraso del tiempo constante de la misma, el retraso es calculado solamente por el decaimiento muy rápido de la alta tensión; esto es durante el arco del tubo que puede generar la señal KVUVP. Esta señal es transmitida para el microprocesador vía PIA; esto también deshabilita al inversor principal si es activado.



Monitoreo de arcos del tubo
Figura # 2-25

- j.- Inversor de corto circuito: un arco en el tubo de rayos X podría causar un falso disparo de pulso en el inversor principal con lo cual podría generar un corto circuito dentro del puente inversor. En este caso, el banco de capacitores rápidamente se descarga, si bien la corriente del fusible U724 se incrementa hasta que el fusible lo bloquea.



Curvas para protección del inversor
Figura # 2-26

- k.- Diagrama de bloques de los fusibles electrónicos: los fusibles electrónicos consisten de una:

k.1 Sección de control

- Que evalúa la corriente a través del inversor principal
- Que genera los pulsos de disparo para los tiristores ThA y ThB
- Que genera la señal de restablecimiento del microprocesador en caso de un corto circuito en el inversor principal.

- k.2 Sección de fuerza, con los tiristores ThA y ThB, se apaga la corriente a través de el fusible U724 en el caso de un falla;
- ThA es normalmente disparado continuamente
 - ThB este no es disparado.
- En el caso de una falla ThB, se dispara la corriente a través de ThB cargando el capacitor CB en dirección opuesta, hasta que CB es cargado y la corriente que fluye se corta.

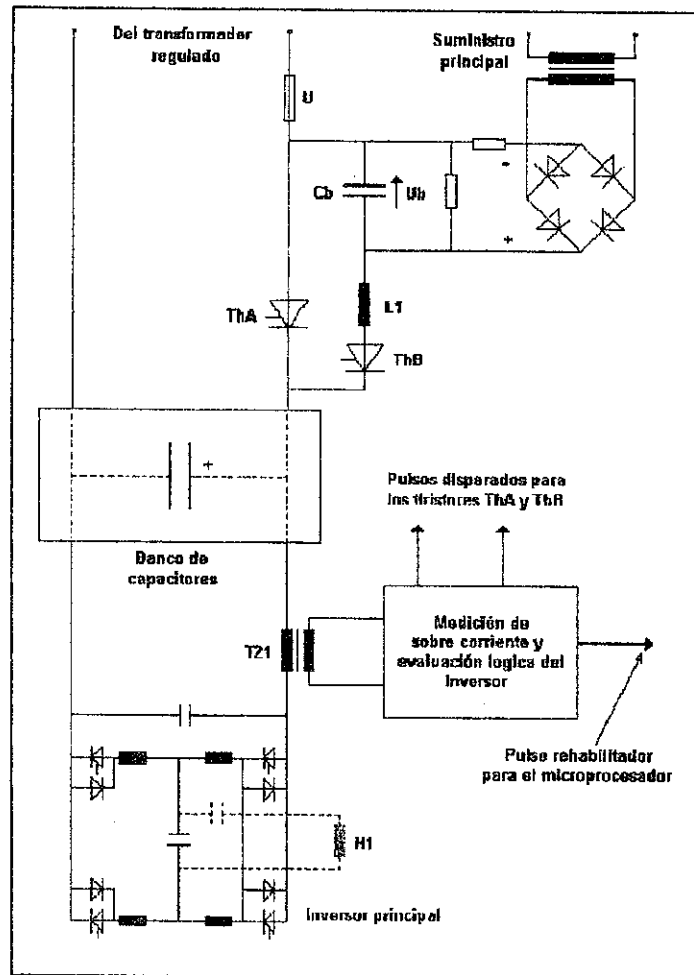


Diagrama de los fusibles electrónicos
Figura # 2-27

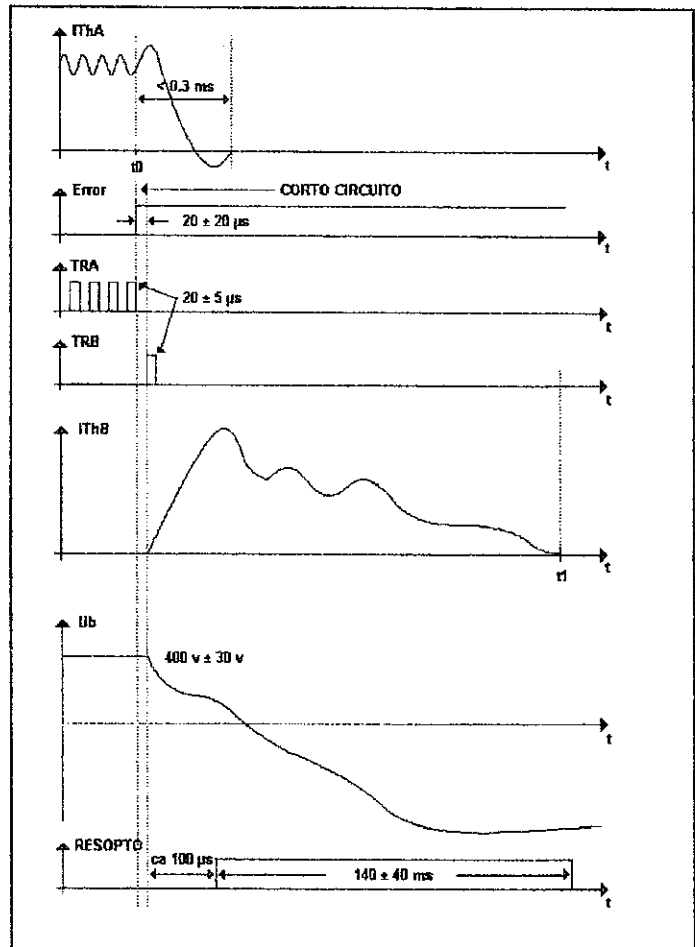
- I.- Operación de los fusibles electrónicos:
- I.1 Operación sin falla: el tiristor ThA es disparado continuamente con una frecuencia de 27 kHz; esta corriente es I_{ThA} , el tiristor ThB no conduce y el capacitor CB es cargado con el lado positivo al ánodo de ThB.

1.2 Detección de corto circuito en un tiempo cero (t_0): los pulsos disparados por ThA son bloqueados; el tiristor ThB es disparado con 20 ms por pulso. Si bien la corriente ThB se incrementa mientras la corriente de ThA decrece, hasta que alcanza el cero, el tiristor no aminora su conducción.

Paralelamente al voltaje UB, que a través de CB decrece y es sobre formado con la polaridad opuesta debida así a la corriente del tiristor ThB.

Después de un tiempo, la señal RESOPTO es colocada y enviada para el microprocesador para iniciar la rutina de restablecimiento (la misma rutina es conmutable después sobre el generador).

1.3 Fin del flujo de corriente del tiempo uno (t_1): el voltaje a través de UB y a través del capacitor CB queda más y más negativo hasta que la corriente de IThB queda en cero; en este momento, el tiristor ThB es bloqueado. El capacitor CB es cargado otra vez y suministra energía hasta que UB es positivo. Esta es la condición de inicio para el próximo ciclo de disparo.



Curvas de operación de los fusibles
Figura # 2-28

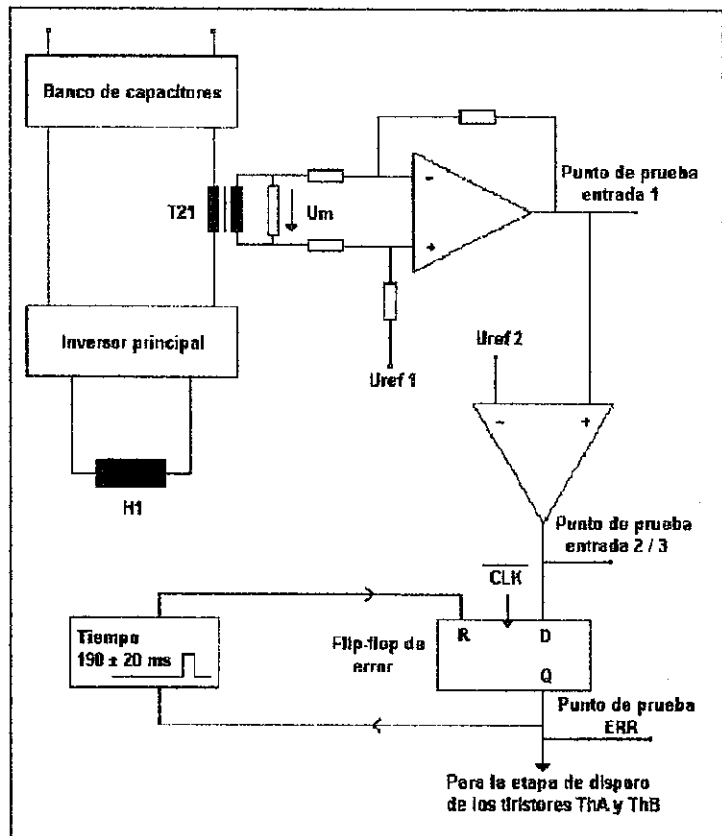
m.- Medición de la corriente del inversor

m.1 Corriente del transformador: la corriente para el inversor principal fluye aun por el devanado primario del transformador. En caso de un corto circuito, la corriente se incrementa rápidamente (máxima corriente ca 1900 A, tiempo de rizado < 0.20 ms).

La corriente inducida en el devanado del secundario de este transformador, el cual es medido como un voltaje U_m sobre la resistencia en paralelo en el devanado.

m.2 Generación de una señal de error: la tensión ($U_m + U_{ref1}$) alimenta un amplificador y puede medirse por un punto de prueba IN1; la señal es comparada con el voltaje U_{ref2} , el cual es determinado por un punto conmutado de la siguiente comparación. La comparación de la señal de salida (punto de prueba que esta IN2/3) es usada para colocar un flip-flop de error en el caso de un corto circuito; la frecuencia del reloj de el flip-flop es 53 kHz.

La señal de salida de el flip-flop es medida por el punto de prueba ERR y usado para el control de generación de los pulsos disparados por el tiristor del fusible electrónico. Esto es un pulso de restablecimiento o automático generado por el flip-flop de error, después de un tiempo de retardo de 190 ms.



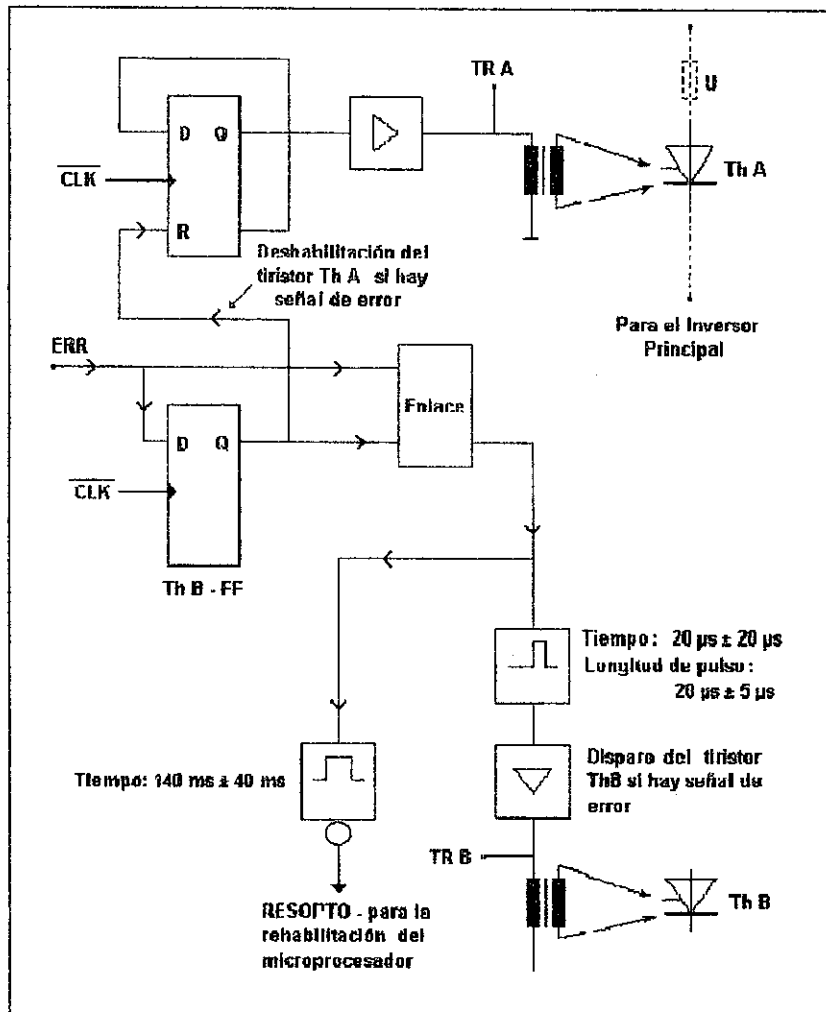
Medición de corriente del inversor
Figura # 2-29

n.- Generación del pulso de disparo

n.1 Pulsos de disparos por ThA: el tiristor ThA es disparado continuamente en tanto no se detecte un corto circuito en el inversor principal. Este pulso disparado puede ser medido por ThA y tiene una frecuencia de 26.5 kHz (CLK/2).

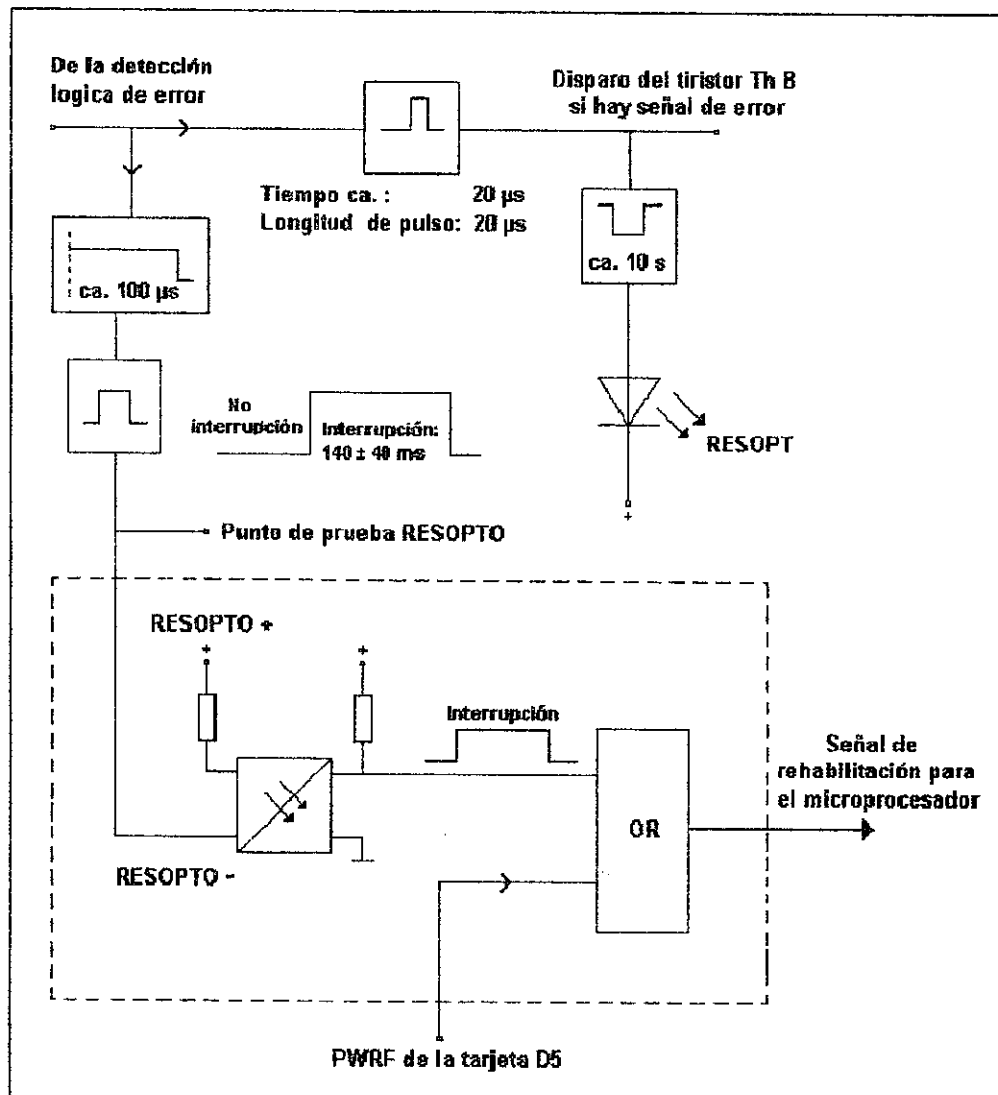
n.2 Detección de corto circuito: en caso de un corto circuito en el inversor principal, la señal ERR se coloca;

- los pulsos disparados por el tiristor ThA son bloqueados inmediatamente
- el ThB flip-flop es colocado a un simple pulso de disparo generado por el tiristor ThB.
- la señal RESOPTO es generada para restablecer al microprocesador.

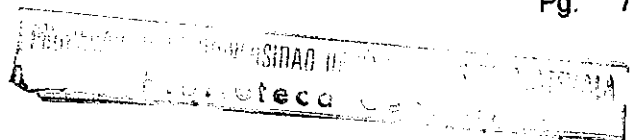


Generador de pulsos
Figura # 2-30

- o.- Restablecimiento del microprocesador: un error (corto circuito en el inversor principal) causado en un restablecimiento, el cual es señalado y es enviado al microprocesador por un opto - aislador. La señal de restablecimiento RESOPTO es desplegada por 10 s por un diodo emisor de luz (LED) localizado en la tarjeta D15. El opto - aislador y la compuerta OR puede ser localizadas en dos diferentes tarjetas:
- Fusibles electrónicos de modificación suplementaria; es el restablecimiento lógico que coloca una tarjeta adicional D14.
 - Fusibles electrónicos ya manufacturados por una empresa; el restablecimiento lógico es colocar sobre una tarjeta modificada D3.



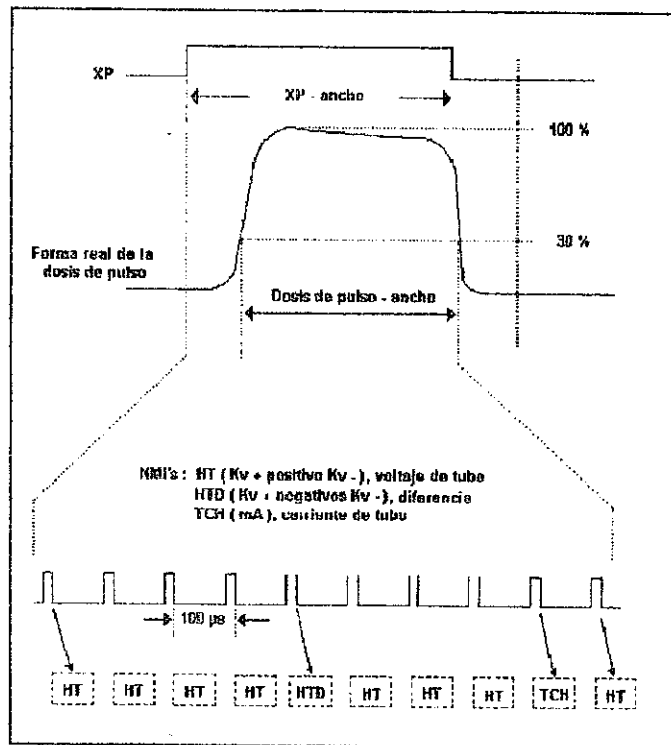
Restablecimiento del microprocesador
Figura # 2-31



p.- Medición de kV y mA durante la exploración: la regulación del voltaje de tubo (kV y HT) y la corriente del tubo (mA y TCH) requieren que sean medidos de los valores reales. La regulación es realizada por programas; por eso los valores reales tiene que reportarse a la sección del microprocesador. La medición de los kV reales y mA son realizados por el equipo correcto del GDAS, con lo cual se direcciona por una subrutina de programación; estas subrutinas son llamadas como interruptores ocultos NM1. Una señal del NM1 procede de pulsos disparados de un inversor principal y tiene como período cerca de 100 ms, que corresponde a la frecuencia del inversor principal de 8 a 10 kHz.

La medición de valores reales son:

- HT (kV+ mas kV-), cerca del 80% de las rutinas de evaluación son medidas por HT de alta tensión.
- HTD (kV+ menos kV-), cerca del 5% de las rutinas de evaluación son medidas por HTD (entre kV+ y kV-).
- TCH (mA), cerca del 15% de las rutinas de evaluación son medidas por TCH de la corriente del tubo; este acontecimiento en el final del pulso evita una mala medición, debido a la carga de pico en el cable al iniciar el pulso (para NM1 número de cable #9/0.9 ms, #17/1.7 ms, #25/2.5 ms, #33/3.3 ms).



Gráfica con las mediciones de una exploración
 Figura # 2-32

q.- Posibilidad de regular: la alta tensión del tubo de rayos X puede ser variada en 3 diferentes vías:

- El transformador regulador tiene un deslizador móvil para variar las amplitudes de las 3 fases de tensión conectadas bajo las características del rectificador. Por eso, el voltaje de entrada al inversor principal puede ser variado, con lo cual causa variación de la alta tensión en el tubo.
- La frecuencia del inversor principal es controlada y variada además por el microprocesador. Debido también a la rectificación de H1, hay cambio en la alta tensión y es además posible cambiar la frecuencia de disparo del inversor principal.
- La corriente de filamento del tubo de rayos X determina la corriente de tubo vía las características de corriente y voltaje del tubo.

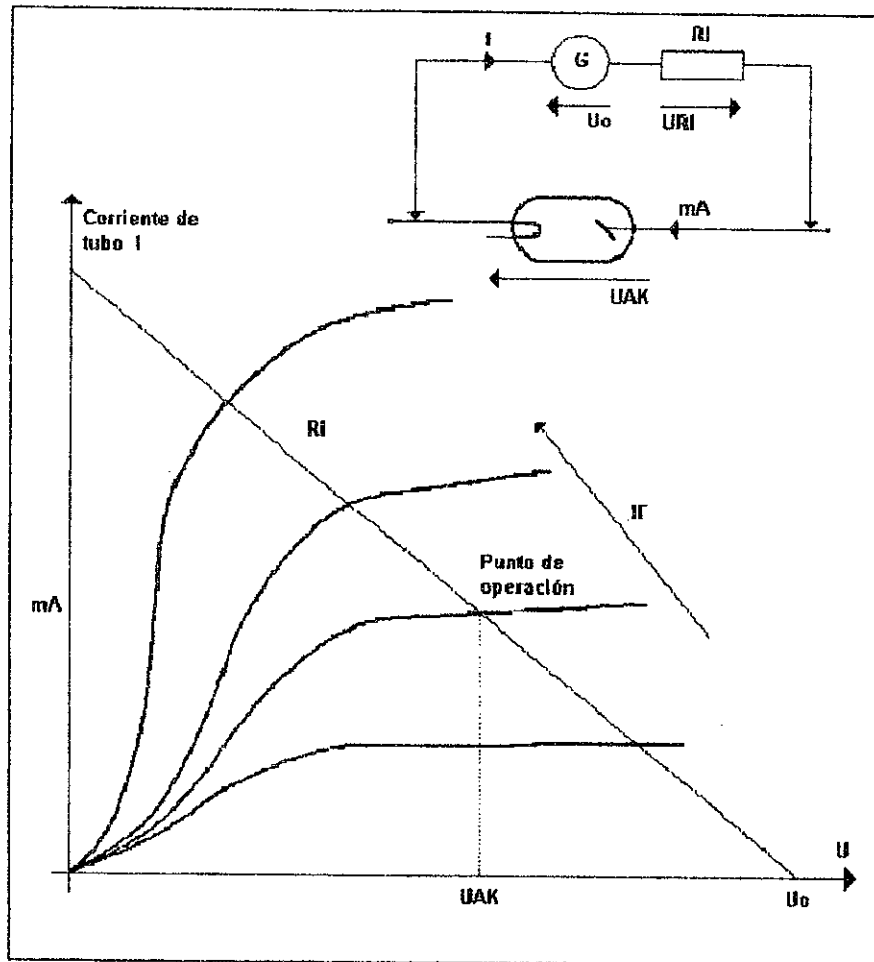
También se compara por tres posibilidades:

- El transformador de regulación es la última posibilidad a lo largo de un pulso kV que está dentro de 1 a 5 ms; el tiempo entre dos pulsos (XP) está entre el rango de 6 a 40 ms, también corta para el mecanismo del transformador de regulación.
- La frecuencia varía por el inversor principal a través de una rapidísima vía que varía la tensión del tubo; la regulación de la frecuencia, sin embargo, no permite un orden para mantener una buena reproducción de cada pulso dentro de la exploración.
- La corriente de filamento es ajustada también por el microprocesador y pueden usar el control de la tensión de tubo.

r.- Características de operación del tubo de rayos X: la dependencia de corriente y tensión del tubo de rayos X tiene una característica no lineal. El voltaje de circuito abierto del tubo depende de la tensión del generador U_0 , que es la resistencia interna del generador R_i y la corriente de tubo.

La corriente de tubo puede ser variada por la corriente de calentamiento del filamento IF.

Mientras se puede ver en el primer diagrama, una corriente de tubo cambia si es seguido por un cambio en la tensión de tubo UAK, un incremento de IF decrece la tensión UAK y viceversa; los parámetros U_0 y R_i son constantes.



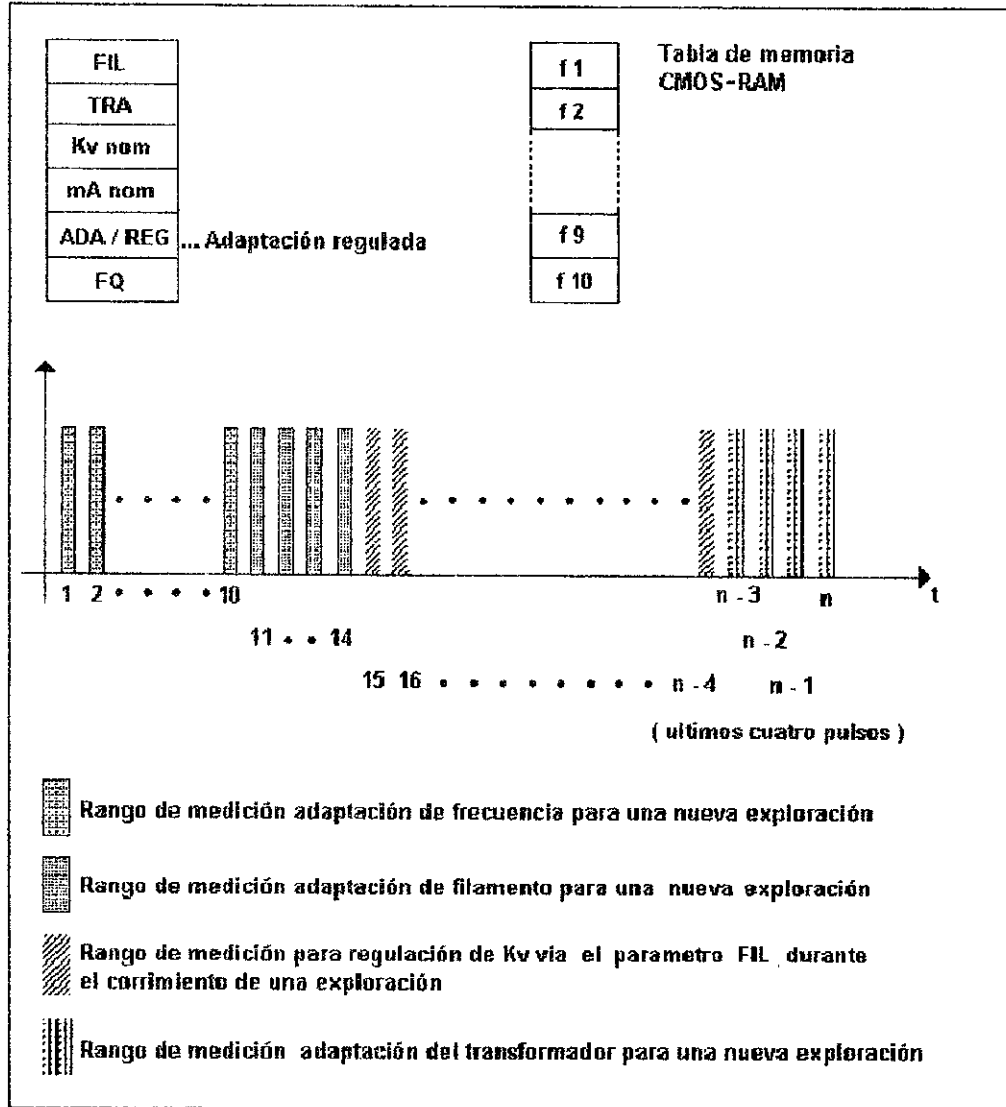
**Diagrama de operación del tubo de Rayos X
Figura # 2-33**

- s.- Visión general de regulación: la alta tensión del tubo de rayos X es regulada por dos vías:
- Durante la exploración, la corriente del calentamiento de filamento puede cambiar de pulsos en pulso de rayos X, y guarda el orden de la alta tensión constante, controlado por el microprocesador. Esta regulación inicia en el undécimo pulso (XP);
 - Entre dos exploraciones, los parámetros son seleccionados por la tabla FIL del CMOS-RAM, TRA (hay una posición deslizable en el transformador regulador) y f1...f10 (frecuencia de disparo del inversor principal de 1 a 10 pulsos (XP)) así actualizados. Este procedimiento es llamado de ADAPTACIÓN.

El actual tubo usa variaciones de adaptación por mediciones:

- Para la adaptación de la frecuencia durante la primera de 10 XPs.

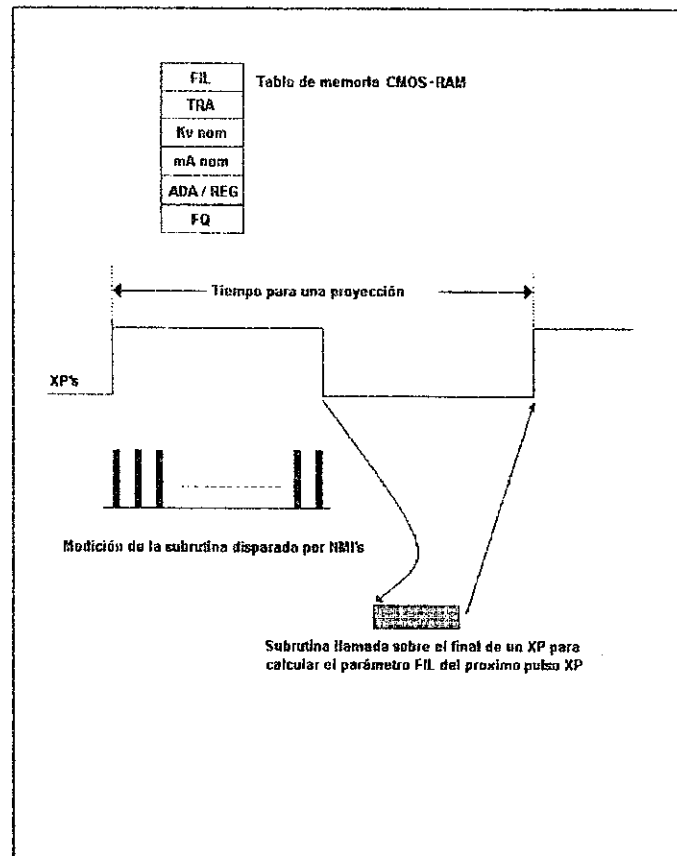
- Para la adaptación del filamento (FIL) durante los XPs números 11 hasta el 14.
- Para la adaptación del transformador (TRA) durante los último 4 XPs de una exploración.



Gráfica de regulación
Figura # 2-34

t.- Regulación de kV durante una exploración: el voltaje de tubo es regulado durante la exploración cambiando la corriente según el calentamiento del filamento. Este modo de regulación inicia con el undécimo pulso XP. La subrutina de medición del disparo de NMIs y la tensión real (HT) finalizan en cada XP, una segunda subrutina es llamada para el control de la corriente

del filamento con lo cual el tubo obtiene y requiere, en ese orden, de la tensión de tubo (parámetro Kvnom en la tabla del CMOS-RAM).



Regulación en una exploración

Figura #2-35

u.- Adaptación entre dos exploraciones: los parámetros en la tabla del CMOS-RAM son: FIL, TRA y f1..f10; éstos son actualizados entre dos exploraciones en el orden de valores que se sean requeridas de corriente y voltaje de tubo (correspondiente entre Kvnom y mA nom) durante la próxima exploración.

- Adaptación de frecuencia: los valores reales medidos de Kv durante los primeros 10 XPs son actualizados para usarse en la actualización del disparo frecuente del inversor principal.

El sombreado tenue, ver Figura #2-34, del parámetro de FQ en la tabla de CMOS-RAM es el número de frecuencia necesaria para la adaptación XPs en cada modo (el rango es 0 - 10, normalmente 10).

El sombreado más intenso controla muchos pulsos del inversor con máxima frecuencia de disparos del inversor principal que se necesita para iniciar cada XP; también la frecuencia de disparos del inversor principal son restablecidos desde el inicio de los XP.

- Adaptación del filamento: la corriente de del filamento no varía durante los primeros 10 XPs. Adelante del undécimo XP, la corriente de calentamiento del filamento es regulado de XP en XP como se describió anteriormente.

La corriente de calentamiento del filamento (vía el parámetro FIL), el cual es usado durante los primeros 10 XPs de la nueva exploración, son actualizados (adaptados) en los valores reales de kV medidos durante los XPs número 11, 12, 13 y 14.

- Adaptación del transformador: la posición de deslizamiento del transformador de regulación (determinado por el parámetro TRA) durante la exploración es constante. El parámetro TRA se actualiza en orden al obtener la corriente requerida del tubo (mA_{nom}) durante la próxima exploración. El valor real de la corriente del tubo requerida para la actualización que se tome durante la medición TCH en los último 4 XP pulsos de una exploración.

v.- Rangos de adaptación: los tres modos de adaptación son:

- adaptación de frecuencia (f1..f10),
- adaptación de filamento (FIL),
- adaptación de transformador (TRA),

Los parámetros usados en el CMOS-RAM regulan el voltaje y corriente de tubo de exploración en exploración. Esos tres parámetros no pueden variar independientemente; los parámetros del filamento (FIL) y el transformador (TRA) se adaptan inicialmente; la frecuencia de los primeros 10 XP pulsos (para el inversor principal) es adaptado dependiendo de la duración real de la alta tensión durante esos primeros 10 XPs y también depende de las previas adaptaciones de los parámetros para la corriente (FIL) y el transformador (TRA).

Las tablas mostradas en la Figura #2-34 presentan la dependencia de los tres parámetros CMOS-RAM.

El máximo y número valor para la adaptación de la posición del transformador, calentamiento del filamento y el inversor, frecuentemente es dado por los parámetros ADA en la tabla CMOS-RAM para cada modo.

Ejemplo:

- kV reales medidos durante los pulsos 11 al 14; es muy bajo
- mA reales medidos durante el ultimo cuarto pulso; es muy alto
- kV reales medidos durante uno o mas de estos primeros 10 pulsos; es muy bajo.

Estas mediciones resultan en un:

- decremento de FIL por 2,
- decremento de TRA por 1,
- incremento de f1...f10 por 1.

w.- Ejemplo de regulación: este ejemplo muestra la duración de regulación durante la exploración entre dos exploraciones en la vía explicada en las páginas anteriores.

Primeros 10 XPs; el parámetro FIL y TRA son constantes; el valor de frecuencia f1...f10 son usados para el disparo del inversor principal en cada uno de los pulsos. Del undécimo XP en adelante; el parámetro TRA y la frecuencia del inversor principal son constantes; la corriente de calentamiento del filamento es regulada de XP a XP. Adaptaciones entre las exploraciones; la frecuencia, filamento y la adaptación del transformador toma de la actualización los parámetros f1...f10, FIL y TRA.

CAPÍTULO 3

MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO DE ALTA TENSIÓN POR ALTA FRECUENCIA

El equipo de Tomografía Computarizada SOMATOM AR-HP, ya integra todos los elementos de generación de alta tensión y el sistema de rayos X (XRS) en un bloque más compacto, o sea dentro de la unidad del gantry o exploración rotacional (Figura # 3-1).

A.- EL SISTEMA DE RAYOS X (SRX)

La función del sistema de rayos X (SRX) es controlar la operación de la unidad de control de proceso (CPU) y las Interfaces de entrada y salida (I/O), a través de:

- a.- El Generador electrónico (GEL), con las siguientes elementos;
 - Tarjeta CPU y I/O que controlan el sistema de generación
 - Inversor Principal para convertir corriente directa en corriente alterna que genera la alta tensión en el primario del transformador
 - Control de filamento por medio de un convertidor DCVAC para el calentamiento del filamento
 - Control del ánodo a través de una regleta de potencia para iniciar y detener la rotación del ánodo
 - Control del colimador a través de una regleta de potencia para direccionar el lado del colimador en el tubo
 - Tarjetas DC1 y DC2 que suministran la energía para el SRX y las partes del sistema de medición de datos (DMS).

- b.- El tanque individual (RONTAX) que contiene lo siguiente;
 - Transformador de alta tensión
 - Tubo para generar radiación de rayos X
 - Tarjeta tanque (denominada así por esta ubicada sobre el tanque), para medir kV, mA, monitorear la rotación del ánodo y la unidad de enfriamiento
 - Censores para comprobar la temperatura, presión y flujo de aceite en la unida de enfriamiento
 - Bobina deflectora del foco para la deflexión del foco
 - Divisor de tensión realizado por resistencias para la medición de Kv y mA

- c.- Deflexión del foco;
 - Regulación de la deflexión del foco (FOCREG) este regulador y modulador es controlado desde el tablero de potencia que suministrar

- tensión a la bobina de la deflexión del foco y diversas funciones de monitoreo.
 - Tablero de potencia de deflexión del foco (FOCPOW) que contiene el tablero de energía para suministrar tensión a la bobina de deflexión del foco y diversas funciones de monitoreo.
- d.- La tarjeta de control del sistema rotacional (ROSY) que es parte del sistema de medición de datos (DMS) con las siguientes funciones;
- Comunicación entre el sistema maestro de exploración (SCS) y el generador a través del cableado
 - Generación del control de señales y parámetros para el sistema de deflexión del foco
 - Proporcionar los mensajes de error para el sistema de deflexión del foco
 - Sincronización del SRX y DMS.

B.- DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA DEL SRX

La energía para el sistema de rayos X (SRX) y para el sistema de medición de datos (DMS) viene del sistema distribuidor de energía vía la potencia de los anillos deslizantes, los cuales se accesan mediante bloques de carbones.

- a.- Son siete los anillos deslizantes de potencia distribuidos de la siguiente forma;
- 1, 2, 3 y 4 corresponden a las fases de alimentación de la red comercial L1, L2, L3 y N. Como referencia de campo, el anillo 1, el más profundo, es el de potencia.
 - 5 protección de tierra.
 - 6 y 7 suministro de energía del inversor principal.
- b.- El inversor principal es suministrado con 415 o 500 VDC; esta tensión es convertida en un voltaje AC por el transformador de alta tensión y los rectificadores para suplir al tubo de rayos X.
- c.- La alimentación para todo el equipo en general se distribuye con tensiones de 230 y 400 VAC.

Las siguientes partes se suministran con 230 VAC ;

- El DAS en los PDS, la sección analógica en la tarjeta de adquisición de datos (DAB) y el detector híbrido ensamblador
- El detector de suministro de alto voltaje (DHV)
- Las bombas y ventiladores de la unidad de enfriamiento del tubo.

y se suministra con 400 VAC;

- El motor del ánodo a través del estator del motor dentro del Rontax vía la tarjeta de control de rotación del ánodo
 - La tarjeta DC1 que suministra la potencia sobre el GEL
- d.- Abastecimiento electrónico que se realiza de DC1 y DC2 a las partes electrónicas del SRX y DMS, de la siguiente forma;
- 40/70 VDC para el circuito del calentamiento del filamento (normal y pulsada)
 - 24 VDC para el sistema de medida del colimador, ventilador del inversor principal y el control de rotación del ánodo
 - 8.5 VDC para las partes digitales del GEL
 - ± 19 VDC para las partes analógicas del GEL y la tarjeta del tanque
 - 24 VDC para la calibración de la lampara indicadora de rotación (interruptor de encendido y apagado ON/OFF supervisado a través de programas vía la tarjeta de entrada y salida del generador)
 - 19/53 VDC para la energía de deflexión del foco de la etapa FOCPOW
 - 8.5 VDC para la parte digital del DMS y la deflexión del foco
 - ± 19 VDC para la parte analógica de el FOCREG y ROSY (a través del circuito cerrado del DHV)
 - 24 VDC para el ROSY: reporte de frenado por el circuito cerrado de rotación.

C.- ABASTECIMIENTO DE POTENCIA DEL DC1 Y DC2

- La tarjeta DC1 genera un voltaje de 650 V a 20 kHz. Los 400 VAC para los sistemas distribuidos de energía (PDS) son conectados vía el sistema de exploración (SCS), y la potencia de los anillos deslizantes para DC1 y los rectificadores
- La tensión rectificada es conectada a un convertidor acelerador con un ancho de pulso regulado con el voltaje de salida.
- El convertidor acelerador es conectado a un puente de potencia de salida (DC para el inversor AC). El puente de potencia de salida es limitado por su corriente en el caso de sobrecarga.
- El suministro DC1 se efectúa por el circuito regulador para la tensión y la regulación de la corriente que son abastecidos durante la alimentación con la línea de voltaje rectificado; cuando el voltaje de salida es de 650 v a 20 kHz y éste es estable, el suministro es tomado del distribuidor de energía de la tarjeta DC2.
- La tarjeta DC2 es una tarjeta distribuidora de potencia para la parte

rotacional del SOMATOM AR-HP.

D.- **SUMINISTRO ELECTRÓNICO DE POTENCIA PARA EL GENERADOR ELECTRÓNICO (GEL)**

La conmutación de la tarjeta DC1 y DC2 suministra potencia al generador electrónico (GEL). La tarjeta DC2 contiene un transformador, fusibles, rectificadores, capacitores, puntos de medición para suministrar muestras de los diferentes voltajes de salida y cada condición de suministro es indicado por diodos emisores de luz (LED's).

Los diferentes suministros de tensión del GEL son:

- 24 VAC para la calibración de la luz de rotación, interrumpido por el relé K2. El relé K2 es controlado por la tarjeta de entrada y salida (I/O).
- 5 VDC para la calibración de la luz del LASER, el cual puede ser usado en vez del bulbo de luz.
- 22 VAC para la tarjeta DC1
- 8.5 VDC para los 5 v del CPU y la tarjeta de entrada y salida (I/O).
- + 19 VDC para los + 15 v de la tarjeta del CPU, tarjeta I/O, del inversor principal, filamento y la tarjeta tanque.
- + 19 VDC para los - 15 v de la tarjeta CPU, tarjeta I/O y tarjeta tanque.
- + 24 VDC para las tarjetas del control del ánodo rotacional, el control de la unidad del colimador del tubo y los Interruptores de la medida del colimador del tubo y del ventilador del inversor.
- +70VDC para el circuito pulsado del calentamiento del filamento.
- +40VDC para el circuito de reserva/normal del calentamiento del filamento.

Todos los puntos de suministro para el GEL están protegidos con fusibles, F1 al F7 todas las potencias de salida y suministros de la tarjeta ROSY, además del F8 al F14 lo mencionado anteriormente.

E.- **SECUENCIA OPERACIONAL DEL GENERADOR**

- a.- Potencia de encendido (On) / Init, después del encendido (inicio en frío) o inicializar ("init") el control del microprocesador inicia las siguientes pruebas y sus respectivas verificaciones; (Figura # 3-2)
 - Prueba de la memoria RAM
 - Prueba de comprobación-sumada de la memoria ROM
 - Prueba del calentamiento básico del filamento que toma 14s y colocación del máximo ancho de pulso.

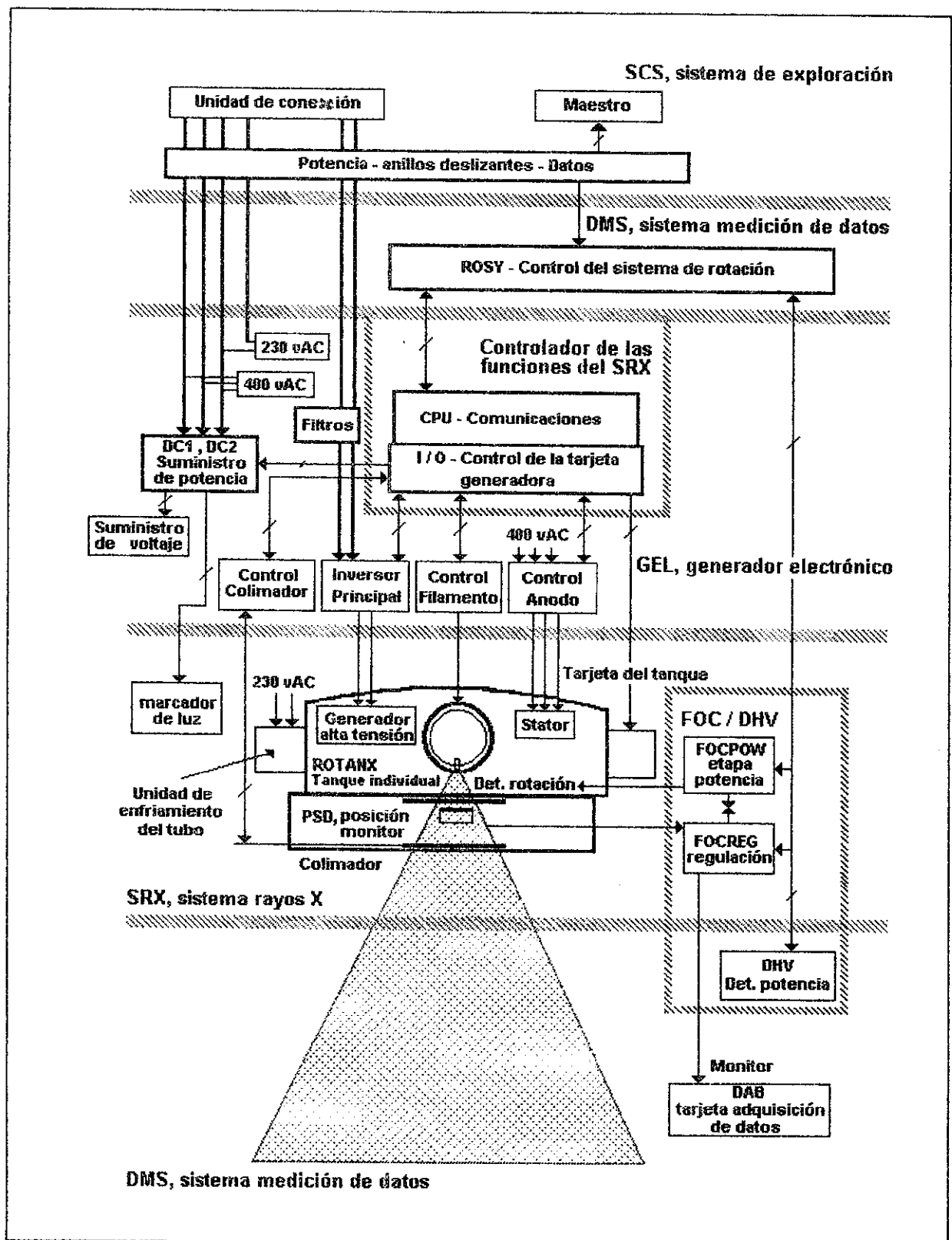
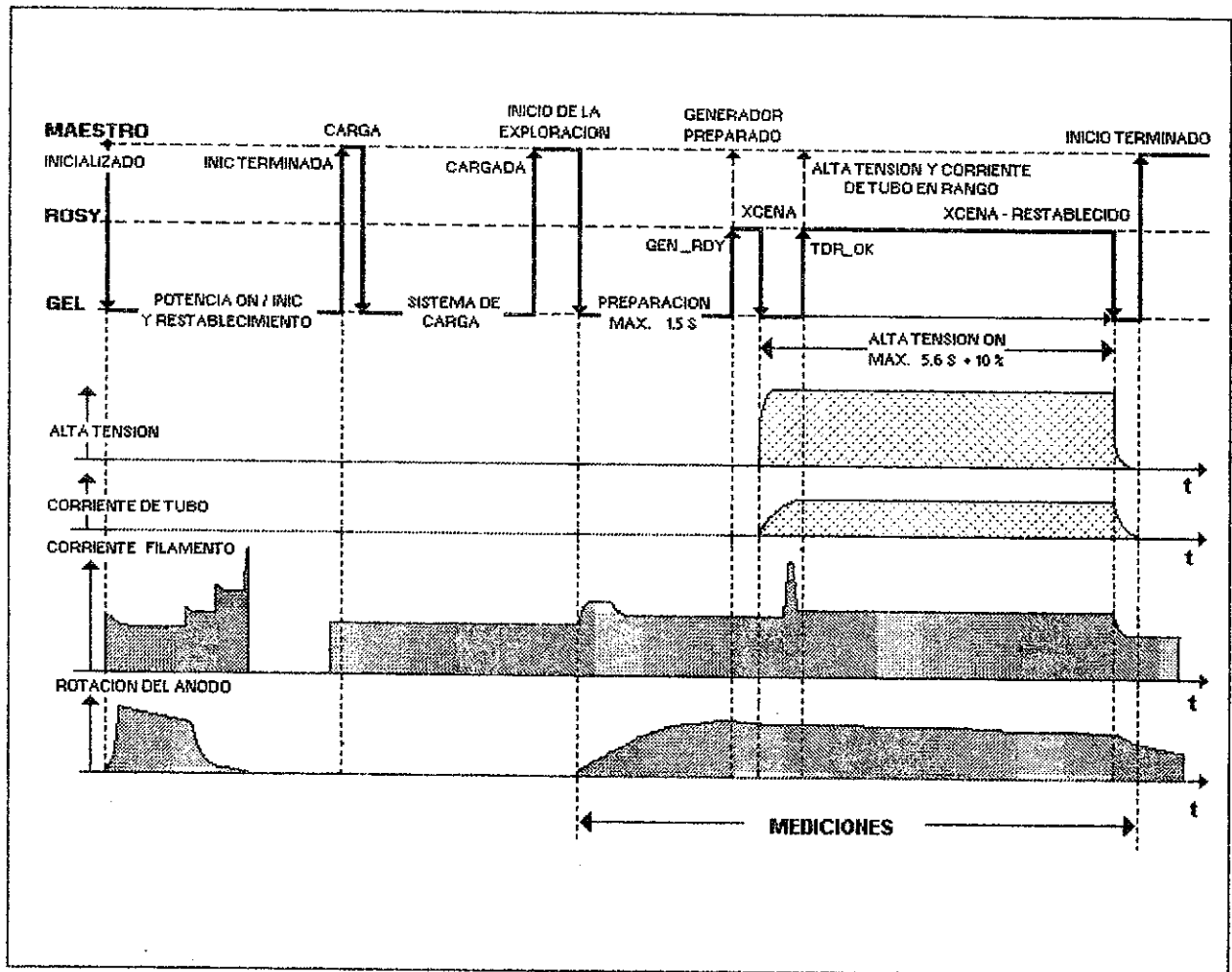


Diagrama de bloques de un sistema de Rayos X, AR-HP
 Figura # 3-1

- Apagado (Off) del calentamiento del filamento.
 - Prueba de rotación del ánodo;
 - Aceleración del disco del ánodo para la velocidad nominal y su verificación. La velocidad nominal > 44 Hz que se debería alcanzar en 1.4s.
 - Manteniendo el disco del ánodo en una carrera libre su velocidad después de 10s debería ser > 35 Hz.
 - Desacelerando el disco del ánodo a una velocidad < 20 Hz, se debería frenar en 50s.
 - Prueba de colimador (medida de la abertura para la radicación del tubo).
 - Prueba de la unidad de refrigeración (flujo de aceite presión de aceite, temperatura de aceite).
 - Verificación del voltaje de entrada del inversor principal que debe ser < 40 VDC.
 - Todas las pruebas son almacenada en tablas del sistema de carga después de abierta la comunicación entre los Interfaces.
- b.- Restablecimiento y pruebas del sistema un tiempo después;
- Las tablas con el almacenamiento de las verificaciones sumadas y sin falla, demanda una nueva tabla donde son registradas.
 - La corriente básica del calentamiento del filamento (4.8 A).
 - La unidad de refrigeración es probada nuevamente (presión de aceite, temperatura de aceite, flujo de aceite).
- c.- Condición básica del sistema y etapas para la disposición de carga. La etapa de carga del sistema maestro se base en los parámetros del estrato;
- c.1 La verificación de los SRX:
- La densidad de corte (medida del colimador del tubo).
 - La selección de tensión de entrada del inversor principal (415 o 500 V)
 - La corriente básica del calentamiento del filamento (4.8 A).
 - La unidad de refrigeración (presión de aceite, temperatura y flujo).
- c.2 El sistema maestro envía el comando de "inicio" para cada función controladora de los SRX y comienza la secuencia "preparación".
- c.3 Preparación: es la secuencia de la corriente del filamento de calentamiento pulsada por 200 ms y regulado para el valor "inicio del calentamiento", esto debería ser alcanzado en 1.5s.
El estado del interruptor sobre la corriente del calentamiento del filamento de la función del controlador del XRS habilita al suministro de tensión para el estator (bobina de campo) del motor del ánodo.

El estator es suministrado con 400 VAC hasta el requerimiento de velocidad si es deseado (> 44 Hz). Esta velocidad es alcanzada en 1.5 s.

- c.4 La función controladora del XRS envía la señal Gen-Rdy para el control de tiempo real sobre el ROSY, la secuencia preparación es satisfactoriamente alcanzada cuando:
- Se alcanza el inicio del calentamiento del filamento.
 - La velocidad sobre el disco del ánodo es el correcto.
 - El voltaje de entrada del inversor y la posición establecida del colimador.
- c.5 ROSY envía la señal de rayos X continuos habilitados (-XCENA) para iniciar la alta tensión. El generador inicia la alta tensión, y la controla vía el ancho de pulso del inversor principal y la corriente de tubo, vía el calentamiento del filamento.
Cerca de 6 ms después es colocada -XCENA y el filamento es pulsado otra vez. El pulso de tiempo es calculado para la corriente real del tubo.
- c.6 Cuando la alta tensión y la corriente de tubo están sobre el rango de la selección de SRX la función controladora coloca la señal Tdr-ok para el ROSY lo cual habilita ahora la transmisión de datos para el sistema de imagen.
- c.7 El tiempo entre la colocación de -XCENA y el Tdr-ok es medido y enviado al sistema de control de imagen (ICS) como Tdr-tiempo.
- c.8 Al deshabilitar la alta tensión después de ser leídos todos los mensajes (mediciones) se frena el ROSY. El establecimiento del ROSY es a través de la señal -XCENA. En paralelo el generador también monitorea el tiempo de medición.
- c.9 Cuando la corriente es apagada (OFF), se establece el enfriamiento del filamento, se transfiere al calentamiento del filamento de emergencia (Stand-by), se desacelera el disco del ánodo, se recalibran los valores reales del filamento y se reporta "inicios completados" hacia el maestro.



Gráfica de la secuencia operacional del generador
Figura # 3-2

F.- CONTROL DEL INVERSOR PRINCIPAL

- a.- La función es suministrar al tubo de rayos X con alta tensión entre el cátodo y ánodo para generar radiación:
 110 kV, 130 kV y 80 kV para diferentes tubos.
- b.- El inversor DC tiene que suministrar dos valores de tensión 415 o 500 V seleccionado por el sistema maestro; la alta tensión es regulada al ser cambiado el ancho del pulso disparado del inversor; la frecuencia conmutada es medida inicialmente si se extiende el orden para protección del inversor.

- c.- Los PDS contienen el rectificador y el banco de capacitores para suministrar corriente continua del inversor principal. Este voltaje es transferido vía los anillos deslizantes de potencia al inversor principal y puede ser medido por puntos de pruebas.
- d.- Las condiciones de seguridad son comprobadas antes que se genere alta tensión por medio de las señales entrantes siguientes, y a las que se les llama "condición de entrada":
 - Rayos X habilita el transformador de alta tensión (HT) por la tarjeta del CPU (interruptor S2)
 - Gen_Rdy preparación exitosamente completada
 - Stop_sep Conexión para el circuito cerrado paro_reporte (mensajes)
 - XCENA rayos X continuos habilitados para el ROSY
 - HSP_Con Conexión de la tarjeta tanque.

La condición de entrada habilita:

- La potencia de salida que es una señal de "inicio".
- La rampa de inicio para la regulación del transformador de alta tensión.
- La regulación del transformador de alta tensión.
- La ampliación de frecuencia.

- e.- Condiciones de error;
 - Corriente_1 sobrecorriente en el inversor (> 160 A) después Tdr_ok
 - Corriente_2 Sobrecorriente en el inversor después Tdr_ok
 - kVOVP transformador de alta tensión, señal de sobre voltaje (> +80 kV sobre el lado del ánodo o < -70 kV sobre el lado del cátodo)
 - kVUVP_paro transformador de alta tensión (HT), señal bajo voltaje y detección de arcos de tubo

G.- AMPLIACION DE FRECUENCIA

La frecuencia de los pulsos conmutados es de 30 kHz para el inicio y reducida ha 20 kHz en los primeros 1.5 ms para la generación de alta tensión:

- a.- Alta tensión nominal: los programas envían un valor digital al HT nominal la tarjeta de tanque lo convierte a un valor analógico. El valor analógico kVwish es enviado al regulador de HT y puede ser medido a través de un punto de prueba.
- b.- Alta tensión real: los valores de alta tensión para el lado del ánodo (HTPOS) y alta tensión para el lado del cátodo (HTNEG) son sumados. El resultado es la alta tensión real HT (valor para su medición 1 V = 20 kV), valor que es enviado al regulador y a una entrada analógica de la controladora de las

funciones de los SRX.

- c.- La regulación de los kV tiene como función el mantener constante la alta tensión real en el tubo de rayos X. El valor nominal kVwish es iniciado en función de la controladora de los SRX. El regulador de kV controla el ancho de pulso para las señales del modulador del ancho de pulso y causa el incremento lineal de cero en la alta tensión en el valor nominal durante los primeros 1.5 ms (inicio de la rampa).
- d.- El modulador del ancho de pulso tiene dos entrada:
 - VCO selección de frecuencia
 - K1 selección de ancho de pulso para la regulación kV.Los pulsos de salida o sea los pulsos de disparo del inversor principal CH1 y CH2 son conectados al inversor principal vía un opto - aislador y las etapas de potencia.
- e.- Inversor corriente continua (DC)/corriente alterna (AC): el inversor principal es un puente DC/AC con FET's de potencia. El voltaje de entrada (415 o 500 VDC) de este puente es seleccionado en los PDS. La salida del inversor principal es un voltaje ac con una amplitud dos veces el voltaje de entrada y una frecuencia de 30 kHz a 20 kHz. La frecuencia es variada y el ancho de pulso es cambiado por los pulso disparados. El voltaje de salida es conectado al lado del primario del transformador de alta tensión en el tanque individual (RONTNAX).
- f.- El inversor principal contiene los siguientes circuitos de monitoreo:
 - mediciones de la corriente y deshabilitador del inversor principal en el caso de una sobrecorriente (puente abierto, arco del tubo), el limite es cerca de 160 A.
 - valores analógicos para la temperatura del inversor principal.
 - valor analógico del voltaje real de entrada del inversor.

H.- MEDICIÓN DE ALTA TENSIÓN Y CIRCUITO DE MONITOREO

- a.- La radiación es generada en el tubo de rayos X, la alta tensión y la corriente de tubo deberá ser constante para llevar a cabo un orden de dosis constante para el campo de exploración por la razón de calidad de imagen. La corriente de tubo y la alta tensión son medibles en el tanque individual, y separadas para el lado del cátodo (negativo) y para el lado del ánodo (positivo).
- b.- La medición de voltaje a través de las resistencias en el tanque simple son alimentados para las entrada analógicas del CPU2 sobre la tarjeta I/O vía la

tarjeta del tanque. El CPU usa los valores de corriente de tubo para monitoreo de funciones y para la regulación de la corriente de tubo.

c.- Puntos de prueba mA;

| tarjeta tanque | | tarjeta I/O | |
|--------------------|-------------|--------------------|------------|
| puntos de medición | rango | puntos de medición | rango |
| mANEG | 1v = 50 mA | mANEG | 1v = 51 mA |
| mAPOS | -1v = 50 mA | mAPOS | 1v = 51 mA |

d.- La corriente de tubo, mANEG es regulada vía la corriente de calentamiento de filamento del tubo de rayos X usando los valores reales de la corriente de tubo del lado del cátodo. La medición de la corriente de tubo es aceptada para el sincronismo del CPU2 y los disparos pulsados del inversor principal.

e.- La corriente de tubo, mAPOS, es medida del lado del ánodo con el propósito solamente de monitoreo. Esa corriente del lado del cátodo es una corriente normalmente baja, porque algunos electrones son reflejados al disco del ánodo y recolectados sobre la cubierta metálica del tubo. Esta corriente hace que no sea detectada por la resistencia de mediciones para el lado del ánodo. La corriente del ánodo es normalmente cerca del 80 al 95 % de la corriente del cátodo (mANEG).

f.- Estos son divisores de tensión para mediciones de alta tensión para el lado del cátodo y el lado del ánodo del tubo en el tanque simple. Los voltajes de salida son alimentados para la tarjeta de I/O vía la tarjeta del tanque. Esos voltajes son usados sobre la tarjeta de I/O para la regulación y monitoreo de alta tensión.

Los dos valores (HTPOS Y HTNEG) son sumados y restados mutuamente sobre la tarjeta I/O:

$$\begin{aligned}
 HT &= (HTNEG - (-HTPOS)) / 2 V \\
 HTD &= (HTNEG + (-HTPOS)) / 4 + 2.5 V \\
 HT_{ad} &= (HTNEG - (-HTPOS)) / 4 V.
 \end{aligned}$$

g.- puntos de prueba alta tensión

| tarjeta tanque | | tarjeta I/O | |
|--------------------|--------------|--------------------|-------------|
| puntos de medición | rango | puntos de medición | rango |
| KVNEG | -1v = -10 kV | KVNEG | 1v = -10 kV |
| KVPOS | 1v = 10 kV | KVPOS | -1v = 10 kV |
| | | HT | 1v = 20 kV |
| | | HTD-2.5 V | 1v = ±40 kV |

La suma (HT_ad) y la diferencia (HTD) de los valores reales HT son alimentados para las entradas analógicas del CPU2 para pruebas y propósitos de seguridad.

h.- El monitoreo de alta tensión está realizado por elementos físicos. La alta tensión es monitoreada para sobre voltajes, bajo voltaje y arcos de tubo a través de señales como:

- kVOVP: los máximos valores para el HT son +80 kV para el ánodo y -70 kV para el cátodo. T_arc es colocada cuando Tdr_ok es activado.

- kV_comprobados; la señal -XCENA es desactivada, cuando el HT esta por debajo de 37 kV. Esta condición es llevada para el circuito de paro/reinicio sobre la tarjeta del CPU. El circuito de paro/reinicio abre el "reporte del circuito cerrado de paro".

- HT_disminuido; comprobación HT_drop para el arco de tubo o corto circuito del secundario de alta tensión. El gradiente en el borde de la caída es evaluada para alta tensión.

El corto circuito de alta tensión causa una rápida caída a cero voltios. La razón real viene siendo del arco del tubo, arco en el tanque único o un defecto en el circuito del secundario del HT. T_arc es colocado cuando Tdr_ok es activado.

- Si la corriente de salida del inversor principal es evaluada en 160 A, un error de corriente es colocado y el inversor principal es desactivado por un corto tiempo. Una sobrecorriente no destruye una imagen_CT.

Antes del error "Currerr" tienen que suceder también los siguientes eventos:

Corriente_1 antes de 8 errores Tdr_ok es activado

Corriente_2 durante 4 errores la medición es detenida

Un error por sobrecorriente y/o "HT_drop" genera las siguientes señales:

kVUVP, Tarc, kVUVP_paro Cuando Tdr_ok es activado

kVUVP_par Cuando Tdr_ok es desactivado.

I.- MEJORAMIENTO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO

La aplicación de alta frecuencia mejoró la disposición, diseño el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de la siguiente forma:

- a.- El mantenimiento preventivo puede realizarse con un alto grado de seguridad; en tiempos no mayores de 7 horas, se trabaja con sistemas temporales para las pruebas, puede observarse desde los monitores del explorador o gantry la calidad de imagen; por lo compacto de las piezas, éstas se reemplazan sin dificultad (hasta por una persona) usando las partes del mismo gantry y por el agrupamiento del equipo puede unificarse la herramienta.
- b.- Por la disposición del equipo, fueron mejorados los sistemas de seguridad y protección electrónica, así como el arreglo de los cables, transductores y sus conectores intermodulares, por ejemplo:
- Los anillos deslizantes pueden limpiarse con alcohol solamente
 - Los carbones deben ser revisados por su tensión y contacto real.
- c.- Las pruebas automáticas constantes permiten calidad de comprobaciones en mediciones y pruebas en el siguiente orden;
- Restablecimiento de la tabla de posición (colocación de un despliegue a cero).
 - Medición de la luz de marca de la posición "Z".
 - Medición del grosor de corte.
 - Medición de homogeneidad
 - Medición del valor (nivel) de agua, ruido (interferencia) y la tensión de tubo.
 - Medición del valor del aire.
 - Medición del MTF (contraste de alta resolución).
 - Medición de la posición horizontal de la mesa de paciente.
- d.- Creación de guías de líneas de seguridad, porque las tarjetas están ubicadas en un solo lugar dentro del explorador o gantry, por ejemplo;
- Deshabilita el sistema y los niveles de voltaje en la información general sobre la adquisición del sistema (ACS).
 - Fijar el anillo deslizante con el tubo RONTAX.
 - Espera de 5 minutos de descarga después de la última exploración y observa si las siguientes componentes están descargados (500 v a tierra), unidad de conexión, anillos deslizantes, escobillas sujetadoras de carbón, generador electrónico y generador del tanque individual.
- e.- Nunca deberá trabajarse el mantenimiento sobre la unidad de tomografía computarizada mientras exista radiación si esta conectado "ON". Esto lo indica un mensaje preventivo por una señal de prioridad en la tarjeta protección (placa) radiación y distancia preventiva de la fuente de radiación.
- f.- Los conductores y sistemas aterrizados deberán estar sujetos firmemente a

las partes del metal o chasis del equipo, efectuándose pruebas y verificaciones a las terminales. La resistencia total para cada conductor conectado, protegido y aterrizado debe ser equivalente a 200 mOhms.

CONCLUSIONES

- A.- El uso de alta tensión, por alta frecuencia, mejoró los sistemas de la Tomografía Computarizada en tamaño, seguridad, eficiencia, costo, etc.
- B.- Con el uso de alta frecuencia, la capacidad de carga de los tubos de rayos X y de trabajo puede ser mucho mayor, y obtener una mejor calidad de imagen.
- C.- El mantenimiento preventivo como el correctivo en los sistemas de alta tensión fueron mejorados, haciéndolos más precisos y efectivos.
- D.- Utilizando alta tensión por alta frecuencia en los sistemas de Tomografía Computarizada, se mejoró el manejo para el usuario, así como los grupos de programas para detección de fallas que son sumamente fiables y de gran ayuda para el usuario.
- E.- Las pruebas de operación y funcionamiento se realizan mas fácilmente por el grado de accesibilidad que tienen sus bloques, que se mejoraron por la eficaz tecnología con que fueron fabricados.

RECOMENDACIONES

- A.- Lo necesario para trabajar en equipos de dispersión de radiación, rayos X, es la seguridad con que se realizan el mantenimiento y operación del equipo, y por eso deben tomarse muy en cuenta los pasos que se van a seguir y las instrucciones de los fabricantes, de acuerdo con las normas de seguridad internacionales.
- B.- Nunca deberá descuidarse ningún detalle como ajustes del equipo, posición exacta de cada pieza, los filtros de la radiación, así como los del colimador que absorben la radiación secundaria.
- C.- Los elementos deberán estar conectados sólidamente a tierra para evitar descargas sobre el operador y sobre el propio equipo, pues por su alta tecnología, en su mayoría está construido con elementos CMOS-FET, y con descargas o estática, pueden dejar de operar.
- D.- Se recomienda revisar los recubrimientos de acero en ductos y tubería de alambrado, por la alta frecuencia, para evitar el ruido e interferencia a los buses de información, los cuales pueden afectar la imagen del diagnóstico.
- E.- Al realizar el mantenimiento preventivo o correctivo, se deberá establecer una secuencia o etapas para desenergizar todo el equipo, pues hay que recordar que se trabaja con voltajes respecto a tierra de varios cientos de voltios; además debe tenerse muy en cuenta la descarga de los condensadores del primario del transformador.
- F.- La dosis máxima permisible para el operador y técnico del equipo es de 0.2 rad por mes, por lo que este personal deberá rotarse.

BIBLIOGRAFIA

- Cowan Graham, Acosta. Curso de Física Moderna. México; editorial Harla. 1970.
- González D. Conferencia sobre los rayos Roentgen. Guatemala. Diario de Centroamérica. Vol XCVI. 1896.
- Markus, John. Diccionario de electrónica y técnica nuclear. Barcelona; editores Boixaren Marcombo S. A. Boixaren. 1966.
- Reyes Reyes, Mario Rene. Optimización en la calidad y elaboración de una imagen en un sistema de Tomografía Computarizada. Tesis de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1988.
- Sánchez de León, Ever Manolo y Quixtan Cortez, Mario Alfredo. Generación de Rayos X. Tesis de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1981.
- Evaluación del funcionamiento para el Somatom DR versión G. Departamento de Electromedicina. Alemania. s. p. i. 1986.
- Evaluación del funcionamiento para el Somatom AR-HP. Departamento de Electromedicina. Alemania. s. p. i. 1993.
- Fundamentos de Tomografía Computarizada. Siemen's México. s. p. i. 1978.
- Manual de servicio y mantenimiento, Somatom II. Inédito. México. s. l. p. 1985.
- Transcurso histórico de la radiología en Guatemala. Guatemala. Diario de Centroamérica. Vol CXV. 1996.

ANEXO

TRANSCURSO HISTORICO DE LA RADIOLOGIA EN GUATEMALA

En 1975, el doctor Ernesto Mena, sobresaliente radiólogo arteriografista y el radiólogo doctor Ricardo Paz Carranza fundan el centro de Diagnóstico, e introduce varias de las técnicas más novedosas de ese tiempo.

En 1977, se establece en Quetzaltenango la Escuela de Técnicos de Radiología, patrocinada por la Fundación HOPE. Los primeros instructores fueron los técnicos norteamericanos Jimmy Winters, Bárbara Roser y Lesley Mitchell. La primera promoción se graduó en 1978. La Escuela ha trabajado ininterrumpidamente y es actualmente la única del país. Dicha Escuela es dirigida por el destacado radiólogo doctor José Echeverría, maestro que goza de gran reputación y bajo cuya tutela han pasado numerosos residentes de radiología.

El desarrollo médico y técnico ha incrementado enormemente el diagnóstico de enfermedades mediante imágenes, y se ha ampliado el uso de otras formas de visualización como el ultrasonido, tomografía axial computarizada, medicina nuclear, resonancia magnética, radiología digital y métodos intervencionistas.

En 1980, los doctores Francisco Arrendondo, Jorge Ramírez Sherán y Marco Tulio Polanco, introdujeron otro nuevo procedimiento de diagnóstico por imágenes, la Tomografía Axial Computarizada (TAC). Ese mismo año, la TAC también se incorporó al Hospital Militar con un sistema Somatom II, que se inauguró en la celebración de su primer centenario.

La TAC ha venido a sumarse a la investigación radiológica de las enfermedades, que fue descrita y puesta en práctica por el doctor Godfrey Hounsfield en 1972, por lo que recibió el Premio Nobel de la Medicina en 1979, compartida con el doctor A.M. Cormack, que también había trabajado intensamente en los principios básicos.

Fundamentalmente, consiste en la rotación completa de un tubo de rayos X y un detector alrededor del cuerpo en estudio. La reconstrucción por medio de un computador de las diferentes medidas de absorción de los rayos X por los órganos, resulta en imágenes que se ven, como si el paciente fuera completamente cortado y abierto en un plano transversal. Seguidamente se hacen más secciones ("tajadas"), a veces múltiples, hasta mirar toda el área de interés con gran detalle.

En Guatemala se cuenta con equipo de Tomografía de rotación completa, un modelo Picker en el Hospital Herrera Llerandi, un modelo Toshiba en el Hospital Militar y en el Hospital La Democracia en Quetzaltenango que fue instalado en 1995 un Somatom AR-HP, que fue solicitado por el doctor Erick Maldonado.