

REGULADOR DE VOLTAJE AC, INTERCAMBIADOR ELECTRONICO DE TAPS CON MICROCONTROLADOR

Ing. Bolívar Ledesma G.
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Ing. Carlos Coka M.
PETROECUADOR

RESUMEN

En este trabajo se presenta el diseño y construcción de un regulador de voltaje AC intercambiador electrónico de taps, utilizando un microcontrolador como elemento central de proceso y elementos semiconductores de potencia (TRIACS) para la conexión de la carga a los diferentes taps. Aprovechando el muestreo digital del voltaje de la red, el equipo verifica que los parámetros de frecuencia, ruido eléctrico, interferencia y voltaje eficaz estén dentro de rangos tolerables para el equipo y la carga; de no ser así, saca de operación al equipo y señala las diferentes condiciones de falla.

ABSTRACT

This paper present the design and construction of a voltage electronic regulator of AC interchangeable taps, by utilizing a microcontroller as it's CPU, and semiconductor power elements for the connection of the load to the different taps. Through a sampling of the network voltage, the equipment verifies that the parameters of frequency, electrical noise interference and effective voltage be within the permissible ranks, either for the equipment or the load; if not, the regulator turns off the system and shows the different failure conditions.

DESCRIPCIÓN GENERAL Y ESPECIFICACIONES

El equipo es compacto, de tipo modular, con tarjetas impresas, de fácil armado, sin piezas móviles que obliguen a un continuo mantenimiento. No genera calor ni ruido audible que pueda molestar al usuario.

Potencia aparente	1.5 KVA
fp inductivo mínimo	0.8
Vin máximo	140 V
Vin mínimo	90 V
Vout	120 V +/- 5%
frecuencia	60 Hz +/- 5%
Tiempo max. de respuesta.	1 ciclo de red.
Tiempo de conmutación de tap.	< 2 ms.

Si alguno de estos parámetros sale fuera de estos rangos el regulador sale de servicio señalizando la respectiva condición.

Dado que la mayor cantidad de problemas en equipos delicados se producen por disturbios de corta duración denominado ruido eléctrico, el regulador posee un filtro de entrada y elementos supresores de picos. Si a pesar de esta protección física se detecta que existe un exceso de ruido en la línea al punto que exceda su capacidad

de recorte y atenuación, el regulador se desconecta y señala la correspondiente condición de falla.

El equipo incorpora protecciones contra sobrecarga y contra cortocircuito. La implementación de estas protecciones se realiza por software y por hardware.

En el diagrama de bloques generalizado de la figura No 1 se pueden visualizar las diferentes etapas necesarias para lograr el diseño del regulador de voltaje.

La etapa de potencia está conformada por un autotransformador de cinco taps, los cuales se conectan a la carga por medio de triacs.

La regulación del voltaje de salida se realiza en base a la medición del voltaje de entrada. Esta magnitud permite determinar el tap que debe conectarse para permitir que el voltaje de salida esté dentro de los límites requeridos. También se realiza la medición del voltaje de salida necesario para detectar el apagado de los triacs cuando la carga es inductiva y realizar la conmutación de taps. Además, este voltaje ayuda a detectar fallas de sobrecarga.

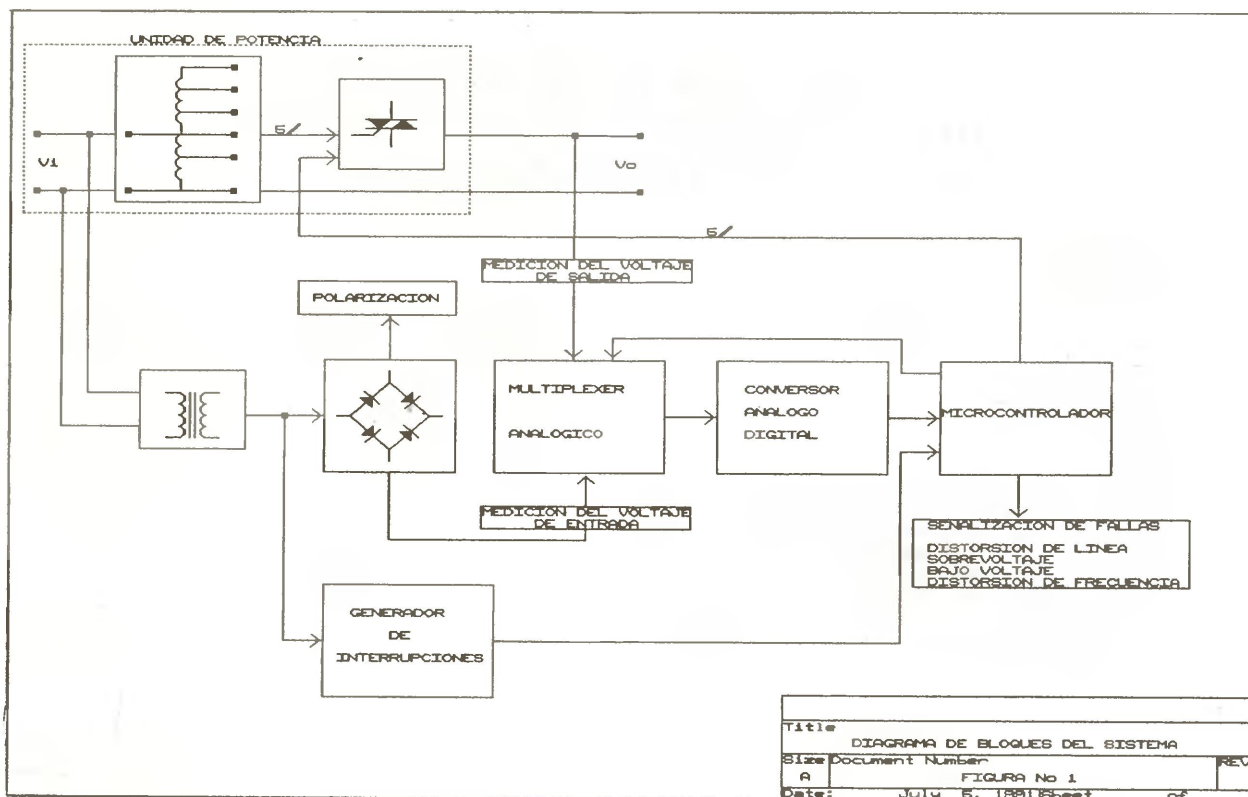
La detección de los cruces por cero en el voltaje de entrada permite obtener la señal utilizada para sincronizar las tareas de muestreo del voltaje de entrada y salida dentro de cada ciclo y medir la frecuencia.

La unidad central de proceso, cuyas funciones serán: decidir el tap en base al voltaje de entrada, decidir cuando conectar un nuevo tap en base al voltaje de salida, verificar la frecuencia, verificar ruido eléctrico excesivo, verificar condiciones de sobrecarga, falla, etc. estará constituido básicamente por un microcontrolador que supervisará las diferentes etapas y comandará a través de una interfase el activado de los triacs de la etapa de potencia, así como la señalización.

OPERACION DEL REGULADOR

En la figura No 2 se tiene las características de voltaje de cada tap del autotransformador que permite un rango de Vin y Vout que se ajusta a las especificaciones, obteniéndose así la curva característica de la figura No 3.

Al empezar el ciclo, lo cual será comunicado por el generador de interrupciones o detector de cruce por cero, el microcontrolador ordena al multiplexor le envíe la señal del voltaje de entrada, la cual



primero pasara por el convertor anaigo/digital. Durante el primer cuarto de ciclo seran tomados treinta datos, una vez tomadas estas muestras y procesadas adecuadamente en el microcontrolador, este seleccionara el tap que debe conectarse a la carga para que el voltaje de salida permanezca dentro de los limites requeridos.

Cualquiera de los cinco taps estaran conectados mientras el voltaje de entrada este dentro de los limites impuestos. Si sale el voltaje de estos limites, el microcontrolador señalizara el evento y desconectara indefinidamente los triacs.

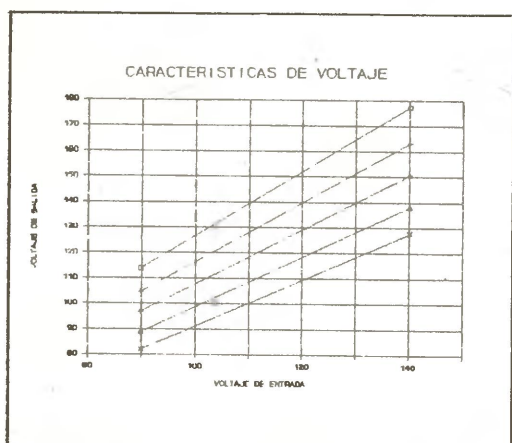


FIGURA No 2 Caracteristicas de voltaje necesarias para la regulacion

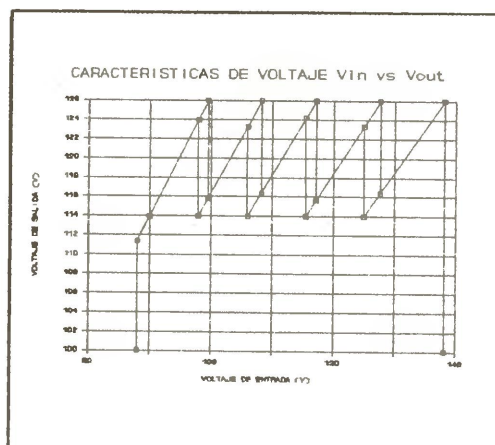


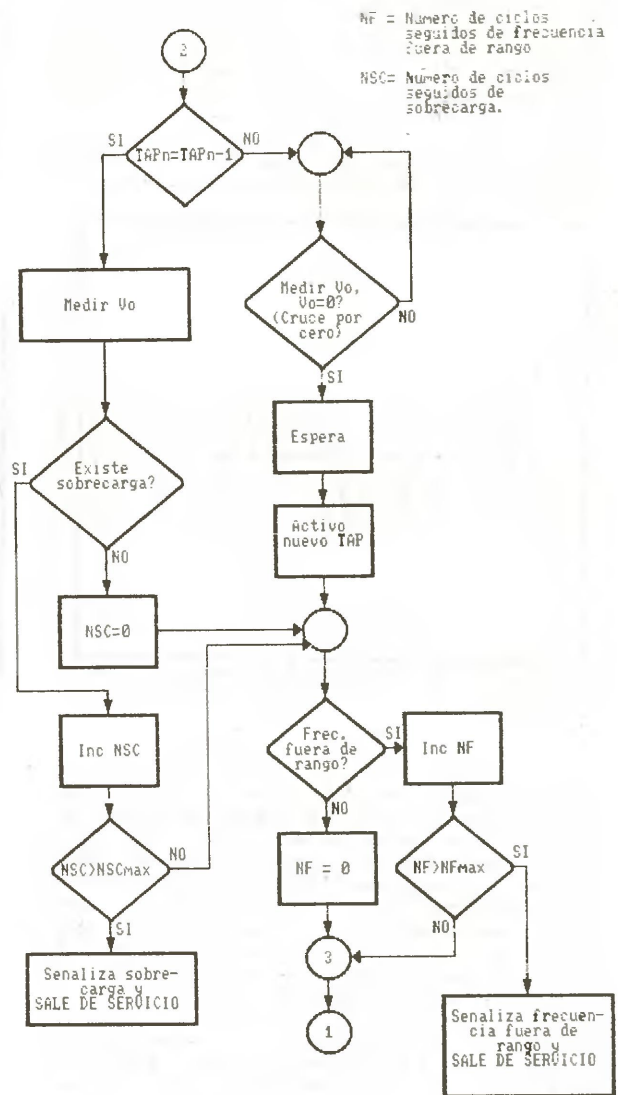
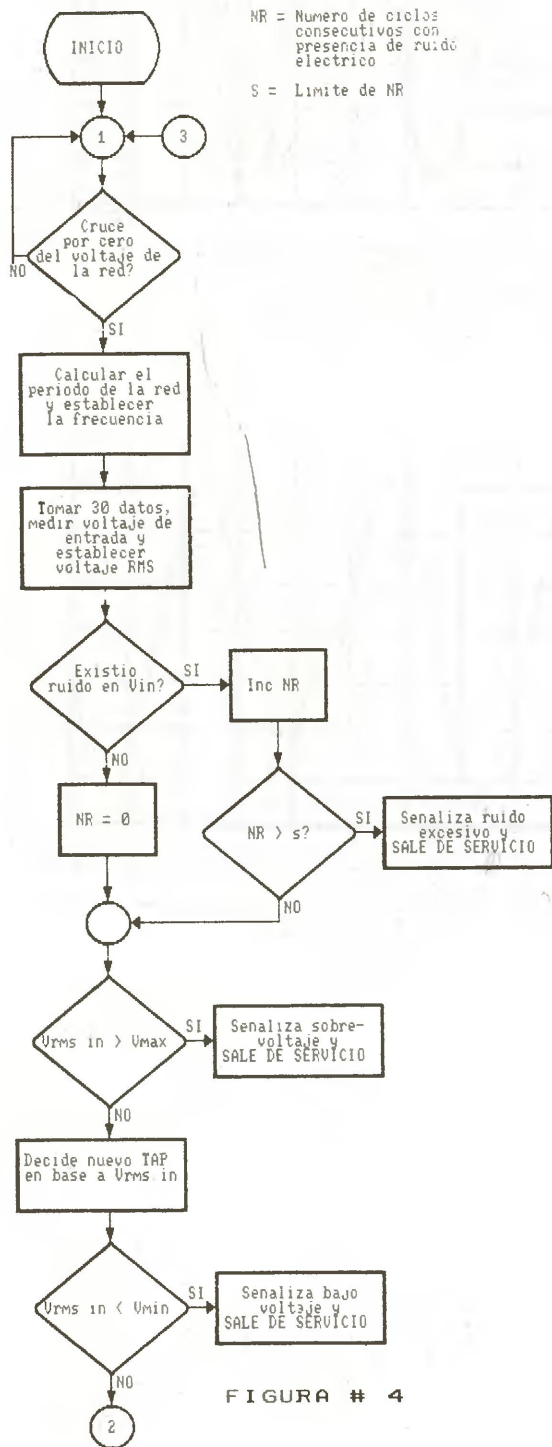
FIGURA No 3 Regulación de voltaje

SOFTWARE

El diagrama de flujo de la figura No 4 corresponde al programa implementado en assembler para el microcontrolador 8748.

PROTECCIONES

Se han previsto las siguientes protecciones: fusible para cortocircuito, braker para sobrecarga, filtro de entrada para atenuacion de ruido electrico y transitorios y redes snubbers para protección de los triacs. Adicionalmente por medio de software se han implementado protecciones contra sobrevoltaje, bajo voltaje, interferencias en la línea, corrimientos exce-



El tiempo de respuesta del regulador depende del punto en donde se produce el cambio de voltaje de entrada. Esto es: si se considera la figura No 5, la recolección de datos se efectúa en el intervalo BC y las operaciones para la decisión de tap se realiza en el intervalo CD. Por lo tanto, si la carga es resistiva el tiempo máximo para el cambio de tap será de medio ciclo de la red (intervalo BD) si la variación del voltaje se produjo en el punto B y el tiempo máximo de respuesta será de un ciclo en el caso de que el cambio de voltaje se produjo en A.

RESULTADOS EXPERIMENTALES.

El tiempo de respuesta del regulador depende del punto en donde se produce el cambio de voltaje de entrada. Esto es: si se considera la figura No 5, la recolección de datos se efectúa en el intervalo BC y las operaciones para la decisión de tap se realiza en el intervalo CD. Por lo tanto, si la carga es resistiva el tiempo máximo para el cambio de tap será de medio ciclo de la red (intervalo BD) si la variación del voltaje se produjo en el punto B y el tiempo máximo de respuesta será de un ciclo en el caso de que el cambio de voltaje se produjo en A.

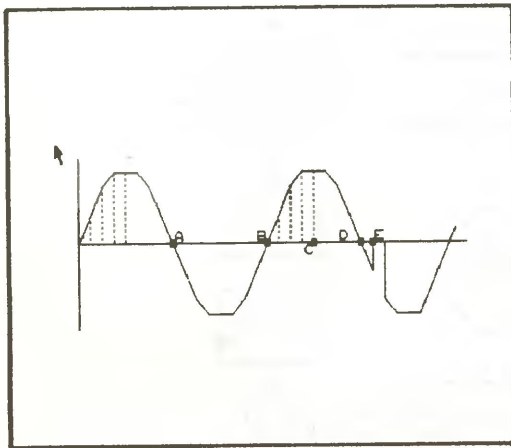


FIGURA No 5 Tiempo de respuesta del regulador

Para el caso de una carga inductiva el comportamiento será el mismo, solo que en este caso se debe aumentar el intervalo DE. En resumen, el tiempo máximo de respuesta del regulador será de un ciclo más el tiempo correspondiente al ángulo del factor de potencia de la carga. Así, considerando un factor de potencia de 0,8 inductivo por ejemplo, el máximo tiempo de respuesta será de 18.3 ms.

Las figuras a partir de la No 6 demuestran en forma clara la operación del regulador para las diferentes casos que pueden darse en la práctica.

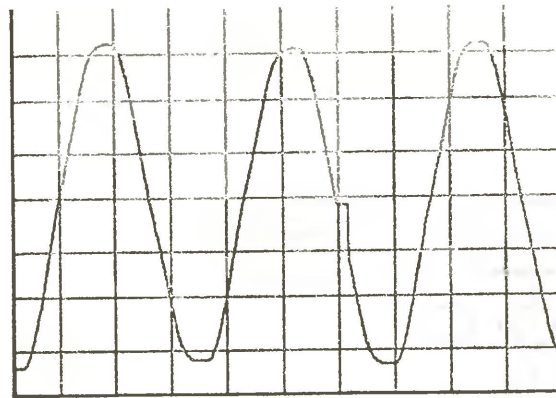


FIGURA 6 Voltaje de salida en el cambio de tap con carga resistiva.
Escala vertical: 50 voltios/div.
Escala horizontal: 5 ms/div

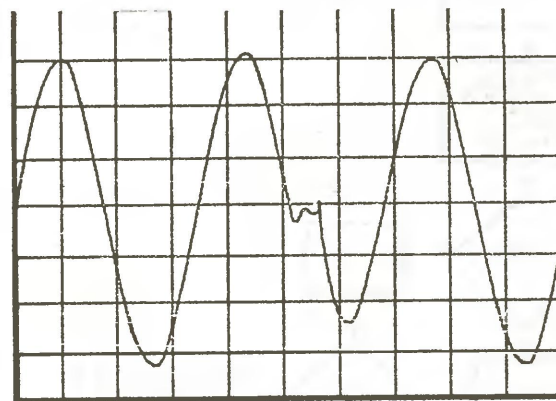


FIGURA 7 Voltaje de salida en el cambio de tap con carga inductiva.
Escala vertical: 50 voltios/div.
Escala horizontal: 5 ms/div

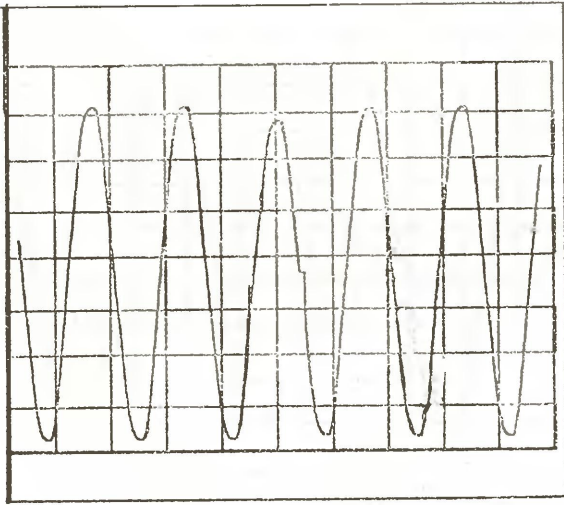


FIGURA 8 Forma de onda del voltaje de salida ante una variación brusca de carga resistiva.
Escala vertical: 50 voltios/div
Escala horizontal: 10 ms/div

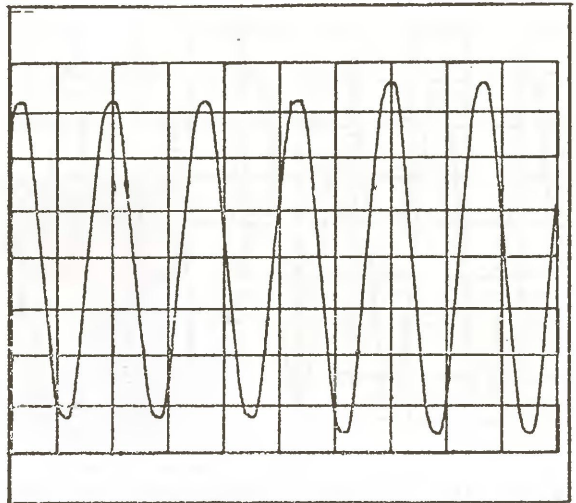


FIGURA 11 Forma de onda del voltaje de salida ante una desconexión brusca de carga resistiva
Escala vertical: 50 voltios/div
Escala horizontal: 10 ms/div

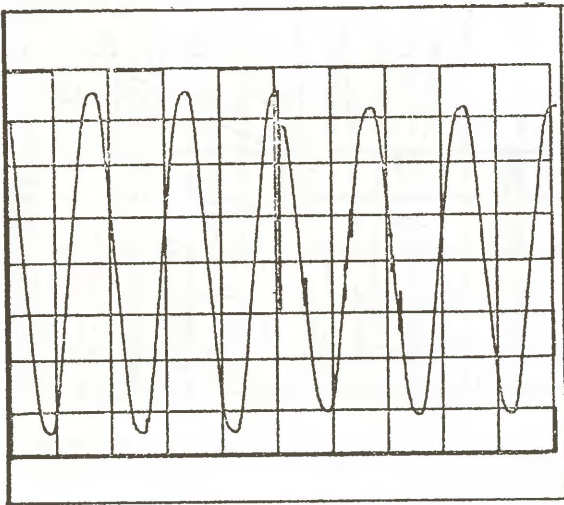


FIGURA 9 Forma de onda del voltaje de salida ante una variación brusca de carga resistiva.
Escala vertical: 50 voltios/div

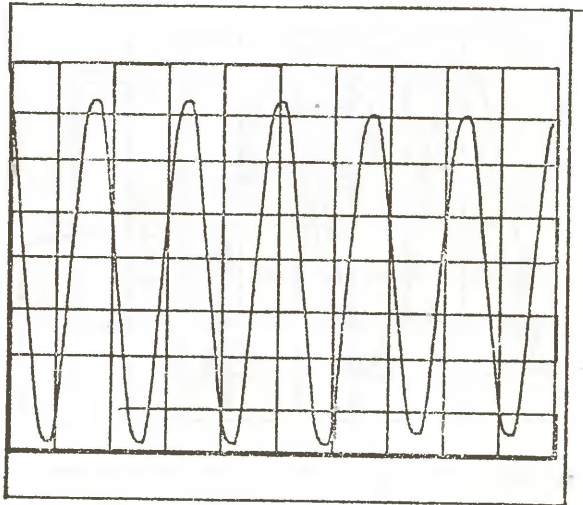


FIGURA 12 Forma de onda del voltaje de salida ante una conexión brusca de carga inductiva
Escala vertical: 50 voltios/div
Escala horizontal: 10 ms/div

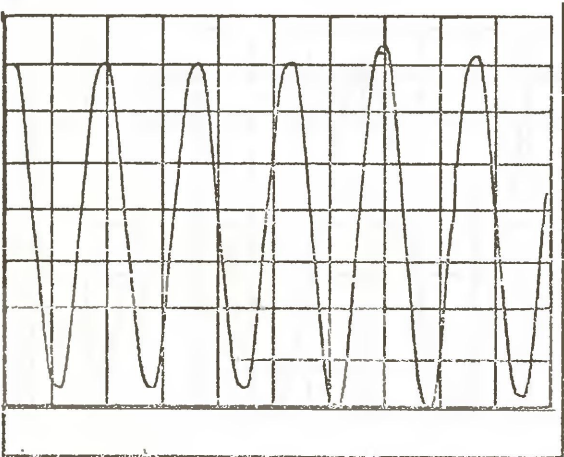


FIGURA 10 Forma de onda del voltaje de salida ante una desconexión brusca de carga resistiva.
Escala vertical: 50 voltios/div
Escala horizontal: 10 ms/div

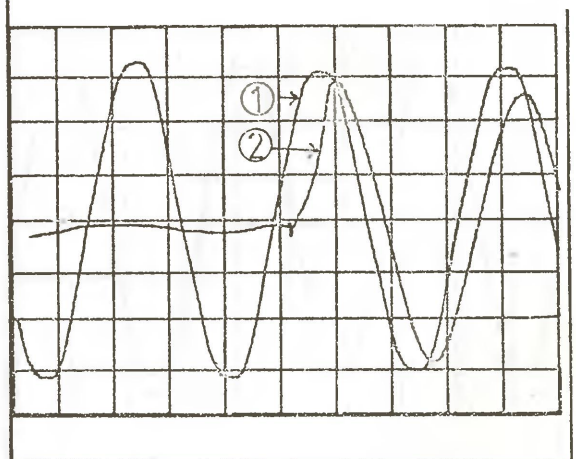


FIGURA 13 (1) Voltaje de salida y (2) corriente de salida en la conexión brusca de carga inductiva
Escala vertical: 50 voltios/div
Escala horizontal: 5 ms/div

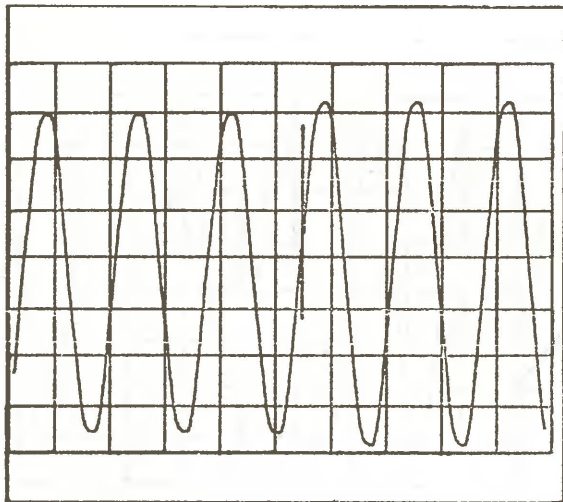


FIGURA 14 Forma de onda del voltaje de salida ante una desconexión brusca de carga inductiva
Escala vertical: 50 voltios/div
Escala horizontal: 10 ms/div

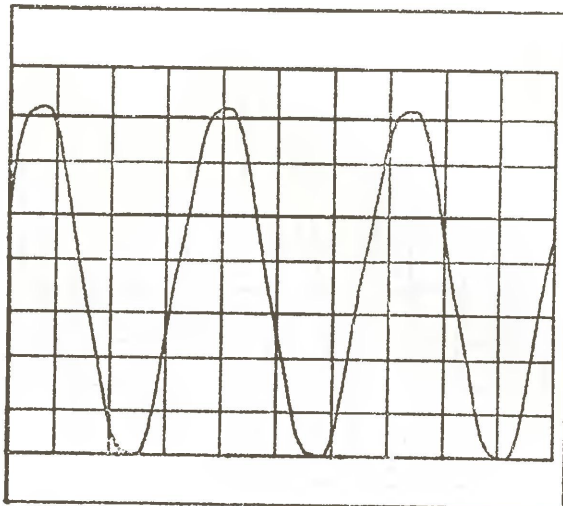


FIGURA 17 Voltaje de salida sin distorsión
Escala vertical: 50 voltios/div
Escala horizontal: 20 ms/div

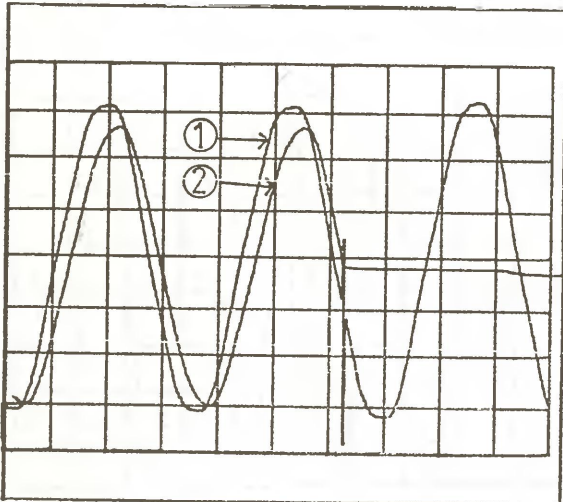


FIGURA 15 (1) Voltaje de salida y (2) corriente de salida en la desconexión brusca de carga inductiva
Escala vertical: 50 voltios/div
Escala horizontal: 5 ms/div

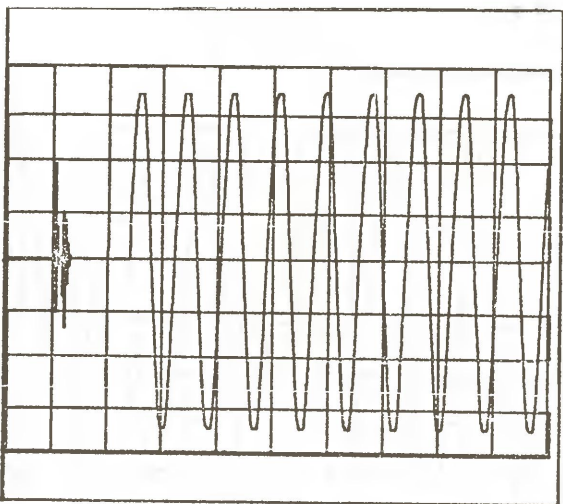


FIGURA 18 Voltaje de salida en el encendido.
Escala vertical: 50 voltios/div
Escala horizontal: 20 ms/div

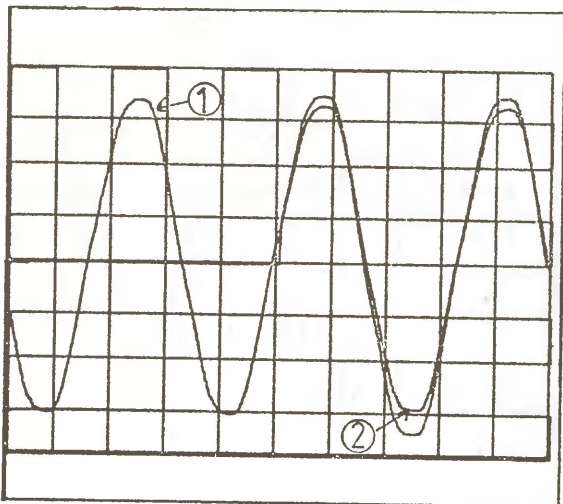


FIGURA 16 (1) Voltaje de entrada y (2) voltaje de salida en el encendido.
Escala vertical: 50 voltios/div
Escala horizontal: 5 ms/div

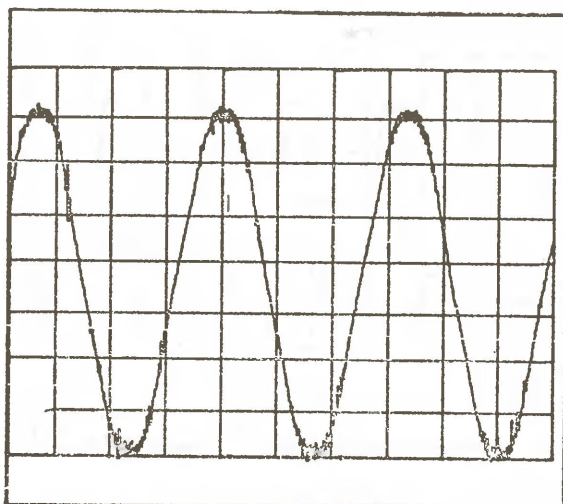


FIGURA 19 Distorsión del voltaje para salida de operación del equipo.
Escala vertical: 50 voltios/div
Escala horizontal: 20 ms/div

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En función de los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

Se ha construido un regulador de voltaje de gran utilidad, con los elementos necesarios para proteger a equipos delicados de las diferentes anomalías que adolece nuestro sistema de electrificación y de las irregularidades eléctricas a las que se exponen los equipos cuando son alimentados por plantas eléctricas de emergencia.

La respuesta dinámica del regulador es adecuada, ya que los tiempos de conmutación, el tiempo de respuesta y los efectos de cambios bruscos de carga están dentro de los límites tolerables por los equipos que se desea proteger.

La utilización de técnicas digitales y la centralización de tareas principales en un microcontrolador permite una reducción en el espacio físico, lográndose un equipo compacto, de fácil construcción y de menor precio.

La implementación de programas en el ensamblador del microcontrolador para el funcionamiento del equipo permite fácilmente variar los límites para el control de la frecuencia, voltaje, sensibilidad ante el ruido eléctrico con solo variar ciertos parámetros en el programa.

Considerando que el regulador de voltaje está contruido con elementos de alta tecnología electrónica, y en base a los resultados de funcionamiento demostradas en las pruebas realizadas se puede afirmar que este equipo puede competir por su calidad y precio con los reguladores importados y de fabricación nacional que se comercializa en el mercado local.

BIBLIOGRAFIA

- NATIONAL SEMICONDUCTOR, "Linear Data Book", 1982.
TEXAS INSTRUMENTS, "The TTL Data Book", Volumen 2, 1985
INTEL, "MCS-51 and MCS-48 Aplicaciones", 1981.
INTEL, "MCS-48 Family of Single Chip Microcomputer User's Manual, 1981
ECG SEMICONDUCTOR, "Master Replacement guide"
P. C. SEN, "Power Electronics", McGraw Hill, 1987
OGATA KATSUHIKO, "Ingeniería de Control Moderna", Prentice Hill, 1974
TOPAZ, "Productos de Acondicionamiento de la Energía Eléctrica", Guía de selección.
NATIONAL SEMICONDUCTOR, "Voltage Regulator Handbook", 1982.
LEDESMA BOLIVAR, "Protección de los Semiconductores de Potencia", 1989.
MULLARD, "Power Engineering Using Thyristor", Volumen 1, Techniques of Thyristor Power Control.
REV. COMPUTACION, Sep-Oct, 1990.
RAYMOND RAMSHAW, "Electrónica de Potencia", Marcombo.
FITZGERAL A.E., "Teoría y Análisis de las Máquinas eléctricas", Editorial Hispano Europea, 1975.

B. M. BIRD, R. G. KING, "An Introduction To Power Electronics", John Wiley & Sons, 1983.



ING. CARLOS FERNANDO COKA MARIÑO, nacido en Baños, el 15 de septiembre de 1961. Obtuvo el título de ingeniero en Electrónica y Control en la Escuela Politécnica Nacional de Quito, en abril de 1991. Actualmente presta sus servicios como Jefe de Mantenimiento de producción en Petroproducción, Distrito Amazónico.

LEDESMA GALINDO, BOLIVAR. Nació en Quito, el 5 de Diciembre de 1962. Obtuvo su título de Bachiller en Humanidades Modernas en el Colegio San Gabriel en 1980. Sus estudios superiores los realizó en la Escuela Politécnica Nacional, obteniendo el título de Ingeniero en Electrónica y Control en 1987.

En el Centro de Estudios Superiores Soggesta, en la ciudad de Urbino - Italia, realizó estudios sobre fuentes no convencionales de energía en 1989. Desde 1986 prestó sus servicios en la Escuela Politécnica Nacional en calidad de Ayudante de laboratorio y actualmente como Profesor Asistente dicta la cátedra de Electrónica de Potencia en la Facultad de Ingeniería Eléctrica. Desde 1988 colabora con la empresa Microdigital en calidad de asesor del departamento de diseño.