



REPUBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
“DR. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ”
FACULTAD METALURGIA ELECTROMECHANICA
DEPARTAMENTO DE ELECTRICA

Trabajo de Diploma

en opción al Título de Ingeniero Electricista

*Sistema de Generación Sincrónico
Auxiliar del ISMM de Moa.*

Autor: Arnoris Ferrer Guzmán

Tutor: MSc Gabriel Hernández Ramírez



*Curso 2010-2011
Año d 53 aniversario de la Revolución*

AGRADECIMIENTOS

A mi Dios, por el cual soy, y sin el nada de lo que hoy es pudiera haber sido. A todos los compañeros de la brigada eléctrica y mecánica del instituto los cuales desde el principio fueron muy atentos y prontos para la necesaria ayuda.

A mis tutores de la empresa Ernesto Che Guevara y del instituto los cuales en todo momento me dieron aliento para seguir adelante.

DEDICATORIA

A todas las personas que quiero.

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo, Arnoris Ferrer Guzmán, autor del trabajo de diploma “Ejecución del esquema de excitación del generador sincrónico de la estación auxiliar del ISMM de Moa certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero-Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, el cual podrá hacer uso del mismo para fines docentes, educativos e investigativos.

Firma del Autor

Los abajo firmantes, certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdos de la dirección del centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener una investigación de esta envergadura, referida a la temática señalada.

Firma del tutor

Jefe de Departamento

Jefe de Carrera

PENSAMIENTO



La eficiencia energética y el ahorro de energía, constituyen el eje central de esta primera etapa del nuevo paradigma energético cubano.

Fidel Castro Ruz



RESUMEN

Este trabajo consiste en la ejecución de un esquema de excitación automático del generador sincrónico, de la estación auxiliar del ISMM y además la ejecución de un circuito para la alimentación de la carga seleccionada con el cual no se cuenta hasta el momento.

Representan una variante simulada y ejecutada de un regulador automático de excitación que garantiza el trabajo confiable y seguro del sistema generador _motor, manteniendo estable el nivel de voltaje establecido en la salida del generador, con recursos disponibles Además de la rehabilitación de la tarjeta electrónica que indica la situación en cuanto a las diferentes variables del motor, en este caso la presión de aceite, la temperatura y la carga de la batería auxiliar. También la ubicación de un instrumento integrador de todas las magnitudes eléctricas de salidas del generador en el panel de control.



SUMMARY

This work consists on the execution of an automatic excitement outline of the synchronous generator, of the auxiliary station of the ISMM and also the execution of a circuit for the feeding of the selected load with which is not counted until the moment.

They represent a feigned and executed variant of an automatic regulator of excitement that guarantees the reliable and sure work of the generating system _motor, maintaining stable the level of established voltage in the exit of the generator, with available resources besides the rehabilitation of the electronic card that indicates the situation as for the different variables of the motor, in this case the pressure of oil, the temperature and the load of the auxiliary battery. Also the location of an integrative instrument of all the electric magnitudes of exits of the generator in the control panel.





INTRODUCCIÓN

En Cuba luego del derrumbe del campo socialista se inició un periodo de carencias en todo los sentidos de la economía del que no tubo exento el sistema electro energético nacional el cual ya para entonces necesitaba reparación capital de la mayoría de sus unidades de generación las cuales estaban constituidas por termoeléctrica, centrales azucareros y una mínima representación de hidroeléctricas. Debido a la escasez del combustible fósil y todo lo anterior, con el objetivo de mantener la energía en aquellos lugares de verdadera prioridad se toma la inevitable decisión de la desconexión de circuitos en todo el país los cuales se popularizaron como los apagones con todas las molestias que esto nos ocasionaba. El gobierno revolucionario cubano en las medidas de sus posibilidades fue reparando las diferentes unidades con lo que se fortalecía el SEN y también se tomó la decisión de fortalecer este con la introducción de grupos electrógenos en grupos constituidos baterías los que en ocasiones trabajarían acoplados a la red nacional y otros en unidades independientes que alimentarían consumidores de vital importancia para casos de averías del SEN.

Hoy en día la mayor parte de la energía eléctrica que consumimos se produce con auxilio de los hidrogenadores y los turboalternadores trifásicos sincrónicos. Existen además pequeñas unidades generadoras que utilizan máquinas sincrónicas de que son accionadas por motores de combustión interna diesel y se destinan a la alimentación de cargas autónomas de vital importancia para la economía y la sociedad, en caso de emergencia, o para la producción de energía eléctrica suplementaria o de reserva. Por lo general se suministran grupos electrógenos completos para potencias de hasta 3500 kVA aproximadamente. Si la demanda de potencia es mayor, se pueden emplear varias máquinas en paralelo. Como los grupos electrógenos deben estar siempre listos para entrar en servicio, debe establecerse un adecuado plan de mantenimiento, que incluya arranques de prueba a intervalos regulares.

El Instituto a pesar de no contar con los modernos equipos antes mencionados que garanticen toda la energía necesaria para el centro, se cuenta con una pequeña



unidad generadora para la alimentación auxiliar del área de cocina comedor y grupo económico, proveniente de la Ciudad de la Habana la que fue trasladada en partes y montada con dificultad por los trabajadores del centro los cuales no tenían la experiencia necesaria. Este generador trabajo por pocos días y su regulador automático de tensión se averió. Desde entonces no se ha podido comprar otro en el exterior y tampoco se ha construido un sustituto. Los trabajadores en situación de emergencia como lo fueron los últimos dos huracanes que nos azotaron trabajaron el grupo con excitación directa a través de baterías las cuales como es lógico sin una debida concepción del circuito y un mal procedimiento de explotación se desgastaban y destruían irreparablemente. Hoy este centro es refugio de evacuados en casos de emergencia y constar con este generador en correcto estado técnico cobra mayor importancia todavía.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

No se cuenta con un regulador automático de excitación para mantener el voltaje en los bornes del generador que garantice el funcionamiento confiable y seguro del mismo.

HIPOTESIS

Si se logra diseñar un regulador automático de excitación para mantener el voltaje, se garantizará el trabajo seguro y confiable del generador.

OBJETIVO GENERAL

Recuperar el funcionamiento del generador sincrónico auxiliar del ISMM para situaciones de emergencia.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Montar el esquema de alimentación auxiliar que no existe.



2. Revitalizar las indicaciones de la pizarra de señalización que no estaban funcionando.
3. Montar un sistema de monitoreo moderno de las principales variables eléctricas, constituido en un analizador de red.
4. Establecer un manual de operaciones.

TECNICAS Y EQUIPOS A UTILIZAR

Generador sincrónico auxiliar.

Instrumentación de campo.

Analizador de red.

Baterías.

El Instituto a pesar de no contar con los modernos equipos antes mencionados que garanticen toda la energía necesaria para el centro, cuenta con una pequeña unidad generadora para la alimentación auxiliar del área de cocina comedor y grupo económico, proveniente de la Ciudad de la Habana la que fue trasladada en partes y montada con dificultad por los trabajadores del centro los cuales no tenían la experiencia necesaria. Este generador trabajo por pocos días y su regulador automático de tensión se averió. Desde entonces no se ha podido comprar otro en el exterior y tampoco se ha construido un sustituto. Los trabajadores en situación de emergencia como lo fueron los últimos dos huracanes que nos azotaron trabajaron el grupo con excitación directa a través de baterías las cuales como es lógico sin una debida concepción del circuito y un mal procedimiento de explotación se desgastaban y destruían irreparablemente. Hoy este centro es refugio de evacuados en casos de emergencia y constar con este generador en correcto estado técnico cobra mayor importancia todavía.



CAPITULO I

Introducción.

Estado del Arte.

Base Teórica.

Conclusiones.

1.1. Introducción

El objetivo de este capítulo es desarrollar el basamento teórico que se pretende exponer en el presente trabajo, a partir del planteamiento del problema existente, el cual mostrará la necesidad de la realización de dicho estudio y la perspectiva de los resultados para la futura aplicación de los mismos, pues se nos hace necesaria la búsqueda de nuevas variantes. En este primer capítulo se abordará algunos aspectos teóricos que se consideran necesarios como son las generalidades del principio y funcionamiento de los generadores de corriente alterna. Así como características constructivas y comportamientos representados por diferentes tipos de gráficos. Aparece una breve panorámica del motor diesel donde se presenta su principio de funcionamiento y algo sobre el combustible utilizado.

1.2. Estado del Arte

Una máquina sincrónica es una máquina de corriente alterna cuya rapidez bajo condiciones de estado estacionario es proporcional a la frecuencia de la corriente que lleva en su inducido o armadura. El rotor, además del campo magnético que se crea por la corriente directa de campo en el, gira a la misma velocidad, de manera sincronizada con el campo magnético de rotación que producen las corrientes del inducido, y como consecuencia se obtiene un par estacionario.



1.3 Base teórica

Introducción a las máquinas eléctricas polifásicas.

En una máquina síncrona se lleva a cabo una alternancia de flujos de corriente en el devanado del inducido o armadura, y el devanado de campo se abastece de una corriente directa de excitación. El devanado del inducido o armadura invariablemente se encuentra en el estator y por lo general es trifásico. El devanado de campo se ubica en el rotor. La estructura cilíndrica del rotor que se muestra en la figura 1.4 se aplica en los turbogeneradores tetrapolares y bipolares. La estructura de polos salientes que se presenta en la figura 1.3 se adapta mejor a los generadores Hidroeléctricos de baja velocidad multipolares, así como la mayoría de los motores síncronos. La potencia de corriente directa que se requiere para la excitación, aproximadamente del 1 al 5 % del índice necesario en las máquinas síncronas, se abastece por el sistema de excitación.

En las máquinas más antiguas la corriente de excitación en general era abastecida por los anillos de deslizamiento de una máquina de corriente directa, denominados excitadores, que con frecuencia se montaban sobre el mismo eje de la máquina síncrona. En los sistemas más modernos, la excitación se abastece a partir de excitadores de corriente alterna y rectificadores de un estado sólido (ya sea puentes de diodos o rectificadores de control de fase). En algunos casos, la rectificación se lleva a cabo en el marco estacionario, y la corriente de excitación rectificada alimenta al rotor a través de anillos de deslizamiento.

En otros sistemas, denominados sistemas de excitación sin escobillas, el alternador del excitador de corriente alterna se deposita en el rotor, como sucede en el sistema de rectificación, y la corriente abastece directamente al devanado de campo sin la necesidad de anillos de deslizamiento.

Aspectos constructivos de las máquinas síncronas.

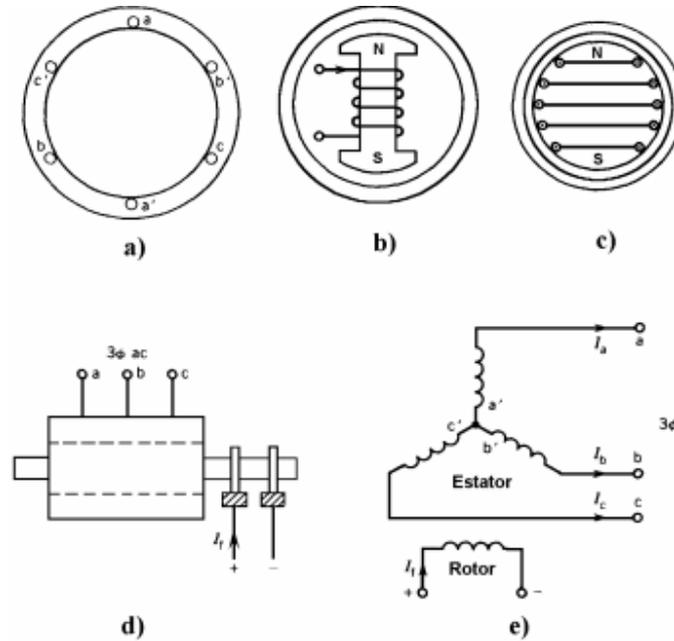


Figura 1.1 Estructura básica de una máquina síncrona: a) estator trifásico; b) rotor de polos salientes; c) rotor cilíndrico; d) dibujo simbólico; e) circuito esquemático del estator y el rotor.

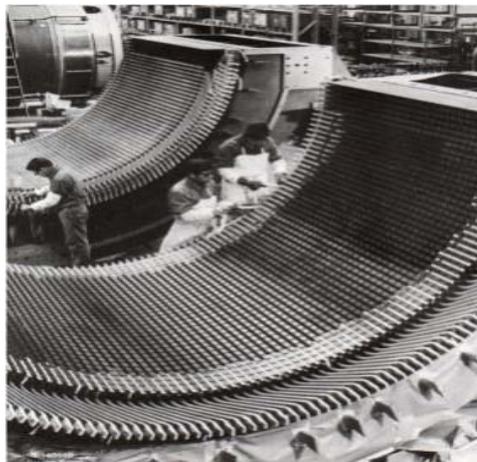


Figura 1.2. Montaje de conductores en el estator (la mitad) de una máquina síncrona.



Rotor de polos salientes:

- Se usa en máquinas de baja velocidad (gran número de polos).
- Se usa con turbinas hidráulicas (centrales hidroeléctricas).



Figura 1.3. Rotor de polos salientes de una máquina sincrónica de 13,8 [kV], 152,5[MVA].

Rotor cilíndrico o de polos interiores:

- Se usa en máquinas de alta velocidad (2 a 4 polos).
- Se usa con turbinas de gas o vapor. (Centrales térmicas).

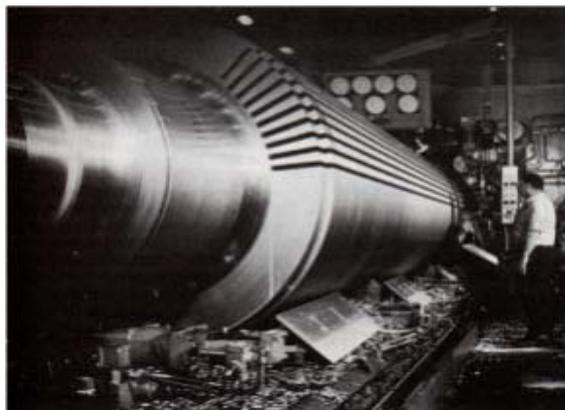


Figura 1.4. Fabricación de ranuras en una máquina sincrónica grande.

La máquina síncrona funcionando como generador.

Principio de funcionamiento.

Rotor: alimentado con corriente continua produce campo magnético estacionario con respecto al rotor.

Estator: alimentado con corrientes trifásicas que producen un campo giratorio a la velocidad:

$$\omega_{\text{Sinc}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{p} \tag{1.2}$$

ω_{Sinc} : Velocidad a la que gira el campo del estator.

f : Frecuencia de las corrientes por el estator.

p : número de pares de polos.

$$T_{el} = K \cdot \hat{B}_{est} \cdot \hat{B}_{rot} \cdot \text{sen } \delta_T \tag{1.3}$$

$$T_{el} = K \cdot \hat{FMM}_{est} \cdot \hat{FMM}_{rot} \cdot \text{sen } \delta_T \tag{1.4}$$

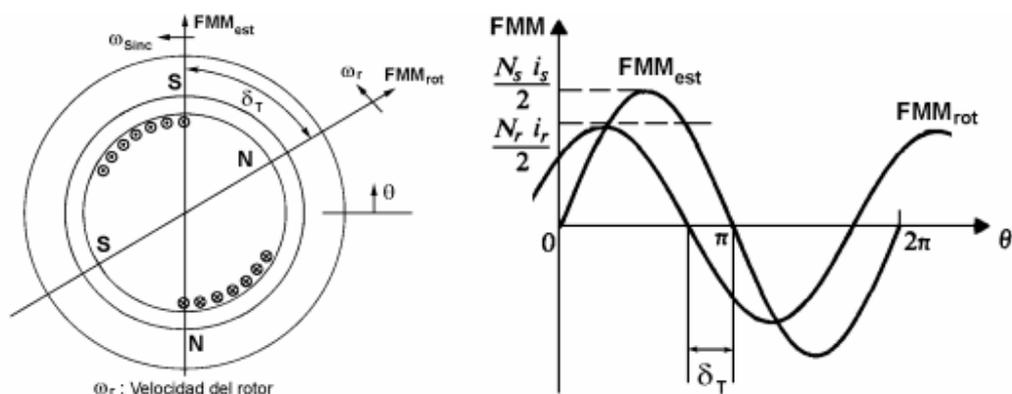


Figura 1.5. Interacción de campos en una máquina síncrona.

· El motor síncrono desarrolla $\bar{T}_{el} \neq 0$ cuando:

$$\omega_r = \omega_{\text{Sinc}} \tag{1.5}$$

ω_r : Velocidad del rotor.

· El motor síncrono no puede arrancar en forma autónoma.

En un motor sincrónico un incremento del par de carga en el eje más allá del par crítico causaría que el rotor perdiera sincronía y como consecuencia velocidad. Dado que un motor síncrono desarrolla el par sólo a velocidad síncrona, no puede iniciar su movimiento simplemente al aplicar voltajes de inducido de frecuencia nominal. En algunos casos, en el rotor se incluye una estructura tipo jaula de ardilla, y el motor puede iniciar su movimiento como un motor de inducción y después sincronizarse cuando se aproxime a una velocidad síncrona. En la figura 1.6 se representa mediante un esquema la característica velocidad-torque de un motor sincrónico.

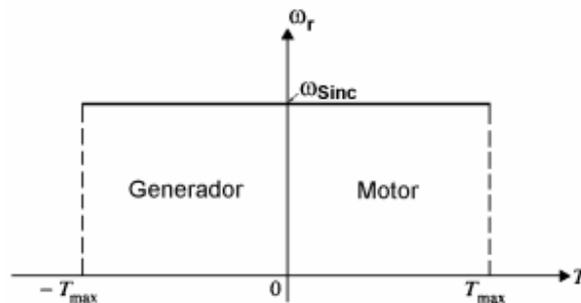


Figura 1.6. Característica velocidad-torque del motor sincrónico.

Circuito equivalente de la máquina sincrónica.

La ecuación de voltaje terminal se formula en términos de las amplitudes complejas rms como se indica a continuación:

$$\hat{V}_a = R_a \hat{I}_a + j X_s \hat{I}_a + \hat{E}_{af} \quad (\text{Régimen motor}) \quad (1.6)$$

Donde

$$\hat{E}_{af} = j \left(\frac{\omega_r L_{af} I_f}{\sqrt{2}} \right) e^{j\delta_{r0}} \quad (1.7)$$

es la amplitud en rms compleja del voltaje generado. Y a X_s se le denomina reactancia de síncrona o sincrónica que se puede calcular por las ecuaciones:

$$X_s = X_m + X_\sigma \quad (1.8)$$

$$X_s = \omega_r L_s \quad (1.9)$$

En la figura 1.19 a) se esquematiza un circuito equivalente de forma compleja. Debe advertir que tanto la ecuación 1.6 (Régimen motor) como la figura 1.19 a) se elaboraron con la dirección de referencia para \hat{I}_a definido como positivo en los terminales de la máquina. A este hecho se le denomina dirección de referencia del motor para la corriente.

Por otra parte la dirección de referencia del generador se define con la dirección de referencia para \hat{I}_a que se eligió como positivo fuera de los terminales de la máquina, como se indica en la figura 1.7 b). Bajo esta opción de referencia de la corriente, la ecuación 1.6 (Régimen motor) se transforma del siguiente modo:

$$\hat{V}_a = -R_a \hat{I}_a - jX_s \hat{I}_a + \hat{E}_{af} \quad (\text{Régimen generador}) \quad (1.10)$$

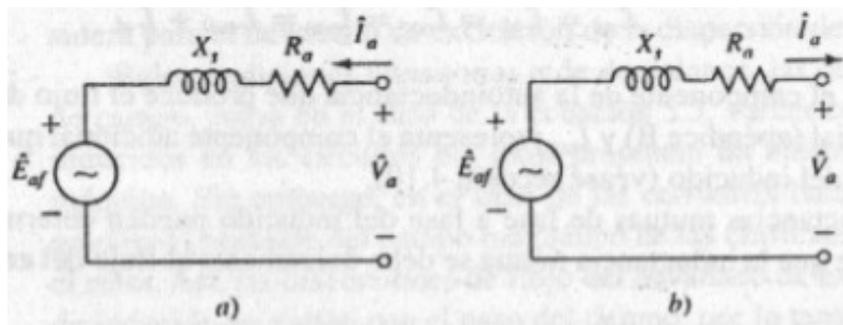


Figura 1.7. Circuitos equivalentes de una máquina síncrona; a) dirección de referencia del motor b) dirección de referencia del generador.

Circuito equivalente por fase del estator

Es importante reconocer que los circuitos equivalentes de las figuras 1.7 y 1.9 son de fase única, equivalentes de línea a neutro *monofásicos bajo condiciones trifásicas balanceadas*. Así, una vez que los voltajes de fase a y las corrientes se determinan, ya sea a partir del circuito equivalente o de forma directa a partir de las ecuaciones de voltaje 1.6 y 1.10 las corrientes y los voltajes para las fases b y c se calculan mediante el cambio de fase por los grados de la fase a -120° y 120° respectivamente

de manera similar, la potencia total trifásica de la máquina se puede determinar al multiplicar la fase a por tres.

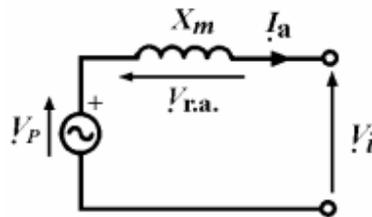


Figura 1.8. Circuito equivalente por fase.

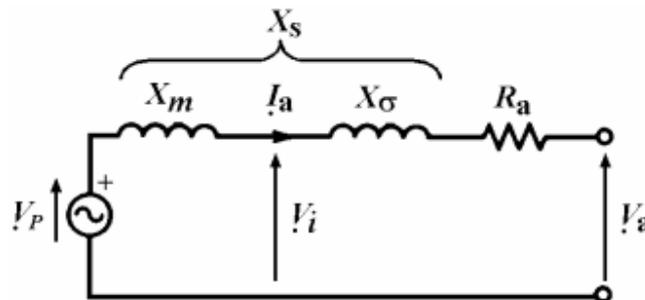


Figura 1.9. Circuito equivalente por fase completo.

\hat{E}_{of} o V_P : Amplitud rms compleja del voltaje generado (Tensión inducida en el estator por el campo excitador del rotor).

X_m : Reactancia de magnetización. Representa al campo magnético del estator.

V_i : Tensión interna. Representa el efecto del campo resultante en el entrehierro.

$V_{r.a.}$: Tensión de reacción de armadura. Representa el campo magnético del estator.

- : Reactancia de dispersión.

R_a : Resistencia del devanado de la fase a.

V_a o \hat{V}_a : Tensión de terminales del estator fase-neutro.

En la siguiente figura se muestra de forma simplificada como quedaría el circuito equivalente por fase si se despreciaría a R_a debido a su valor despreciable, y sustituyendo a X_{σ} y X_m por X_s queda de la forma siguiente:

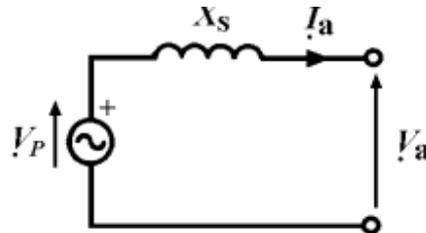


Figura 1.10. Circuito equivalente por fase simplificado (despreciando R_a).

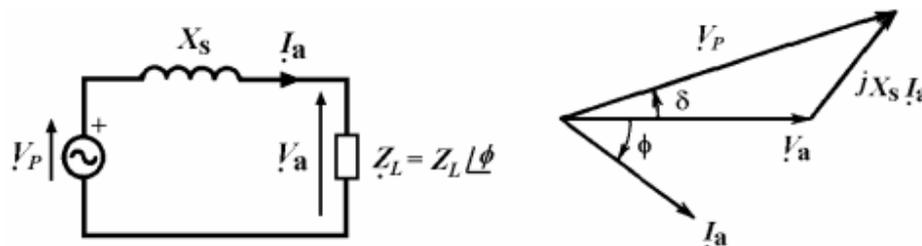


Figura 1.11. Diagrama fasorial de un generador sincrónico alimentando a una carga.

δ : Ángulo de carga.

Torque eléctrico.

Es posible visualizar el comportamiento del estado estacionario de una máquina sincrónica en términos de la ecuación del par. A partir de la ecuación 1.11, con cambios en la notación correspondiente a la teoría de las máquinas síncronas.

$$T = \frac{\pi}{2} \left(\frac{\text{polos}}{2} \right)^2 \Phi_R F_f \text{sen } \delta_{RF} \quad (1.11)$$

Donde:

Φ_R : Es el flujo resultante del entrehierro por polo.

F_f : Fmm del devanado de campo de corriente directa.

δ_{RF} : Angulo de fase eléctrico entre los ejes magnéticos de Φ_R y F_I .

De acuerdo con la ecuación 1.11, las variaciones en el par electromecánico dan como resultado variaciones que corresponden al ángulo del par δ_{RF} . En la figura 1.12 se presenta la ecuación 1.11 en forma de una curva del ángulo del par, donde se asumen como constante la corriente de excitación (Fmm del rotor) y el flujo resultante del entrehierro. Los valores positivos del par representan la acción del generador la cual corresponde a los valores positivos de δ_{RF} para los que la onda de la Fmm del rotor produce el flujo del entrehierro resultante.

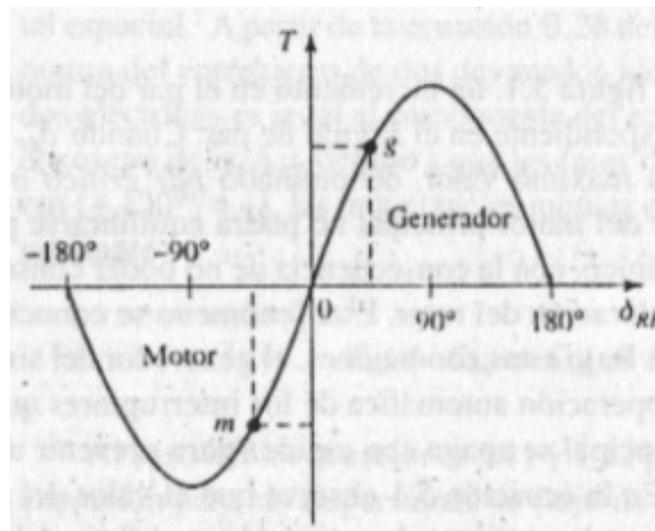


Figura 1.12. Torque desarrollado por la máquina sincrónica.

Máquinas sincrónicas de polos salientes.

El flujo que produce una onda de la Fmm en una máquina con entrehierro uniforme es independiente de la alineación espacial de la onda con respecto a los polos del campo. En una máquina de polos salientes, como la que se muestra esquemáticamente en la figura 1.13, la dirección preferida de la magnetización se determina al hacer sobresalir a los polos del campo. La penetración a lo largo del eje polar, comúnmente denominada *eje directo del rotor*, es mayor que a lo largo del eje interpolar, denominado *eje de cuadratura del rotor*.



Por definición el devanado de campo produce un flujo que se orienta a lo largo del eje directo del rotor. Así, cuando se trazan los diagramas fasoriales, la Fmm del devanado de campo y su flujo correspondiente $\hat{\Phi}_f$ se encuentran a lo largo del eje directo del rotor. El voltaje interno generado es proporcional a la derivada del tiempo del flujo del devanado de campo, y por lo tanto, su fasor \hat{E}_{af} conduce el flujo $\hat{\Phi}_f$ alrededor de 90° . Ya que por convención el eje de cuadratura conduce el eje directo 90° , que se observa que *el fasor de voltaje generado \hat{E}_{af} recae a lo largo del eje de cuadratura*. Por lo tanto, un punto clave en el análisis de los diagramas fasoriales en las máquinas sincrónicas es que al localizar el fasor \hat{E}_{af} , la ubicación de ambos ejes se determina de manera inmediata. Esto forma la base de la formación del eje directo y del eje de cuadratura para el análisis de las máquinas de polos salientes, en donde todos los voltajes de las máquinas y las corrientes pueden resolverse en sus *componentes del eje directo y del eje de cuadratura*.

La onda de flujo de reacción del inducido $\hat{\Phi}_a$ desfasa la onda de flujo de excitación de un ángulo espacial de $90^\circ + \Phi_{\text{desfase}}$ donde Φ_{desfase} representa el ángulo de fase temporal mediante el cual la corriente del inducido desfasa al voltaje generado. Si la corriente del inducido \hat{i}_a desfasa dicho voltaje \hat{E}_{af} alrededor de 90° , la onda de flujo de reacción del inducido es directamente opuesta a los polos del campo y se encuentra en dirección contraria al flujo de excitación $\hat{\Phi}_f$ como se observa en el diagrama de la figura 1.13 a).

Las correspondientes ondas de la densidad de flujo que están en la superficie del inducido, que producen la corriente de campo y el componente fundamental espacial de rotación sincrónico de la Fmm de reacción del inducido, se muestran en la figura 1.13 b), donde los efectos de las ranuras son insignificantes. Las ondas consisten en componentes fundamentales espaciales y en una familia de componentes armónicos impares. En una máquina bien diseñada los efectos armónicos son por lo general pequeños. De acuerdo con esto, solo se considerarán los componentes



fundamentales espaciales. En la figura 1.13 a), los componentes fundamentales se representan mediante los favores de flujo por polo $\hat{\Phi}_f$ y $\hat{\Phi}_{ar}$.

Las condiciones son un poco diferentes cuando la corriente del inducido se encuentra en fase con el voltaje generado, como se muestra en el diagrama fasor de la figura 1.14 a). El eje de la onda de reacción del inducido se distorsiona seriamente, al comprender, de manera esencial una armónica espacial terciaria prominente y fundamental. La onda de flujo armónica terciaria genera una Fem armónica terciaria en los voltajes de la fase del inducido (de línea a neutro) conformación será la siguiente:

$$\begin{aligned} E_{3,a} &= \sqrt{2}V_3 \cos(3\omega_e t + \phi_3) \\ E_{3,b} &= \sqrt{2}V_3 \cos(3(\omega_e t - 120^\circ) + \phi_3) = \sqrt{2}V_3 \cos(3\omega_e t + \phi_3) \\ E_{3,c} &= \sqrt{2}V_3 \cos(3(\omega_e t - 120^\circ) + \phi_3) = \sqrt{2}V_3 \cos(3\omega_e t + \phi_3) \end{aligned} \quad (1.12)$$

Observe que los voltajes de fase de terceros armónicos son iguales en magnitud y en fase. Por lo tanto, no aparecen componentes de los voltajes de línea a línea, que son iguales a las diferencias entre los distintos voltajes de fase.

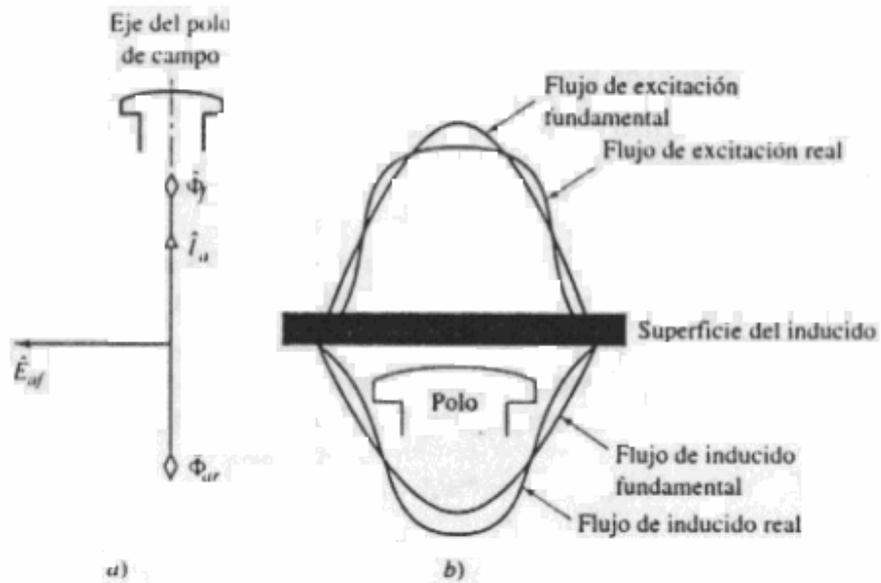


Figura 1.13. Flujos de entrehierro en el eje directo en una máquina síncrona de polos salientes. Debido a que el entrehierro presenta mayor longitud entre los polos y la mayor reluctancia correspondiente, el flujo de reacción del inducido fundamental espacial cuando la reacción del inducido se encuentra a lo largo del eje de cuadratura figura 1.14 es menor que el flujo de reacción del inducido fundamental espacial, que se crearía por la misma corriente del inducido si la onda de flujo del mismo se dirigiera a lo largo del eje directo figura 1.13. Por lo tanto, la reactancia de magnetización del eje de cuadratura es menor que la que presenta el eje directo.

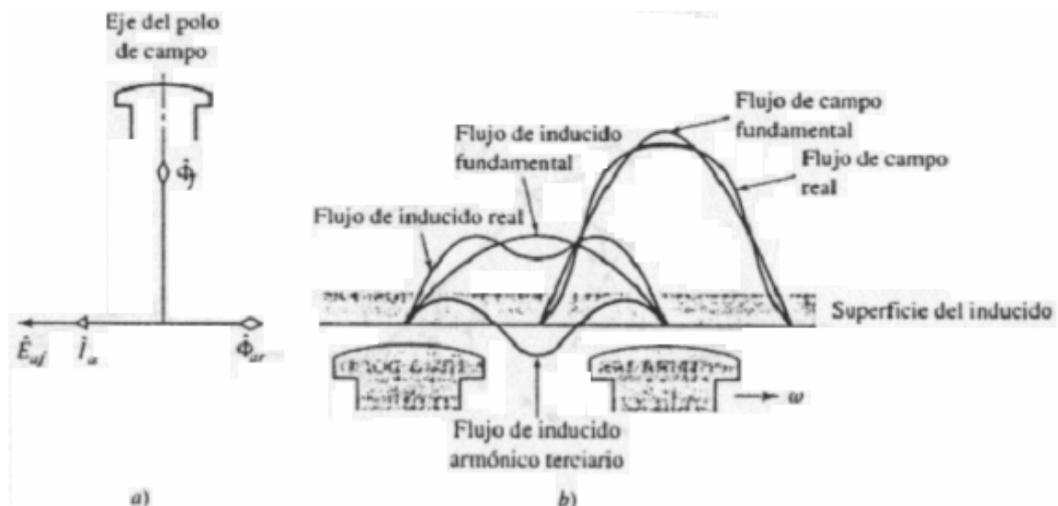


Figura 1.14. Flujos del entrehierro en los ejes de cuadratura en una máquina síncrona de polos salientes.



Al enfocar la atención en los componentes fundamentales espaciales de la Fmm y del flujo del entrehierro, los efectos de los polos salientes pueden considerarse al resolver la corriente del inducido \vec{i}_a en dos componentes, uno a lo largo del eje directo y otro a lo largo del eje de cuadratura como se muestra en el diagrama favor de la figura 1.15. Este diagrama se trazó para un generador de polos salientes no saturado que opera con un factor de potencia de desfazamiento. El componente del eje directo \vec{i}_d de la corriente del inducido, en cuadratura de tiempo con el voltaje generado \vec{E}_{af} produce un componente del flujo de reacción del inducido fundamental espacial $\vec{\Phi}_{ad}$ a lo largo del eje de los polos de campo (el eje directo), como se observa en la figura 1.13. El componente del eje de cuadratura \vec{i}_q en fase con el voltaje generado produce un componente del flujo de reacción del inducido espacial fundamental $\vec{\Phi}_{aq}$ en cuadratura de espacio con los polos del campo, como se observa en la figura 1.14. Advierta que los subíndices d (directo) y q (cuadratura, por su inicial en inglés), que están sobre los flujos de reacción del inducido, se refieren a su fase espacial y no a su fase temporal de las corrientes componentes que las producen.

De esta forma, una cantidad del eje directo presenta un efecto magnético que se alinea con los ejes de los polos; las fuerzas magnetomotrices del eje directo producen un flujo a lo largo de estos ejes. Asimismo, una cantidad del eje de cuadratura presenta un efecto magnético que se centra en el espacio interpolar. En el caso de una maquina no saturada, el flujo de reacción del inducido $\vec{\Phi}_{ar}$ representa la suma de los componentes $\vec{\Phi}_{ad}$ y $\vec{\Phi}_{aq}$. El flujo resultante $\vec{\Phi}_R$ es la suma de $\vec{\Phi}_{ar}$ y del flujo de campo $\vec{\Phi}_f$.



Diagramas fasoriales para máquinas de polos salientes.

Con cada una de las corrientes componentes i_d e i_q asociadas a un componente la caída de voltaje de la reactancia síncrona, $j\dot{i}_d X_d$ y $j\dot{i}_q X_q$ respectivamente. Las reactancias X_d y X_q representan, las reactancias síncronas del eje directo y del eje de cuadratura; estos valores se toman en consideración para los efectos inductivos de todos los flujos fundamentales espaciales creados por las corrientes del inducido a lo largo del eje directo y del eje de cuadratura, incluyéndole flujo de dispersión del inducido y el flujo de reacción del inducido. Así, los efectos inductivos de las ondas de flujo del eje directo y del eje de cuadratura pueden considerarse para las reactancias de magnetización del eje directo y de eje de cuadratura, X_{ad} y X_{aq} similar a la reactancia de magnetización X_σ en la teoría del rotor cilíndrico. Las reactancias síncronas del eje directo y del eje de cuadratura se obtienen mediante las ecuaciones 1.13 y 1.14:

$$X_d = X_{ad} + X_{\varphi d} \quad (1.13)$$

$$X_q = X_{aq} + X_{\varphi q} \quad (1.14)$$

$$X_s = \omega_e L_s = \omega_e L_{ad} + \omega_e \left(\frac{3}{2} L_{ad0} \right) = X_{ad} + X_\sigma \quad (\text{Para polos interiores}) \quad (1.14.1)$$

donde X_{ad} representa la reactancia de dispersión del inducido, que se asume como el mismo en el caso de las corrientes de los ejes de cuadratura y directo.

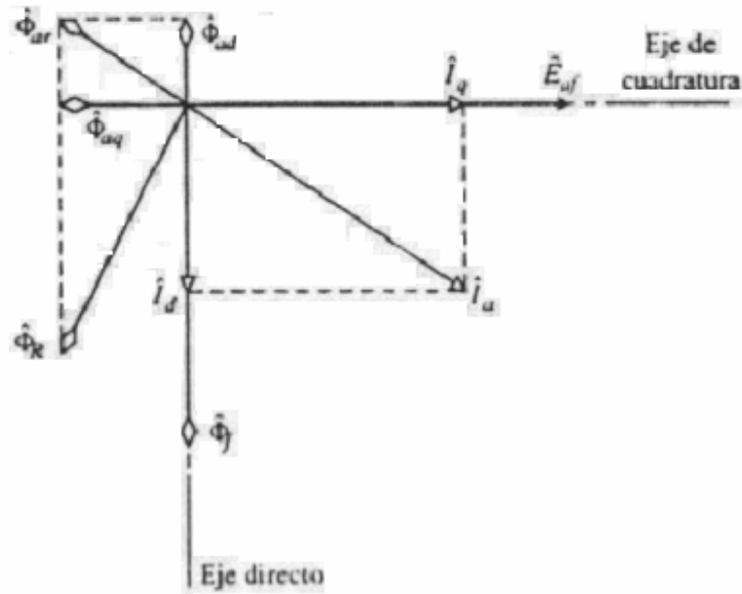


Figura 1.15. Diagrama fasorial de un generador de polos salientes.

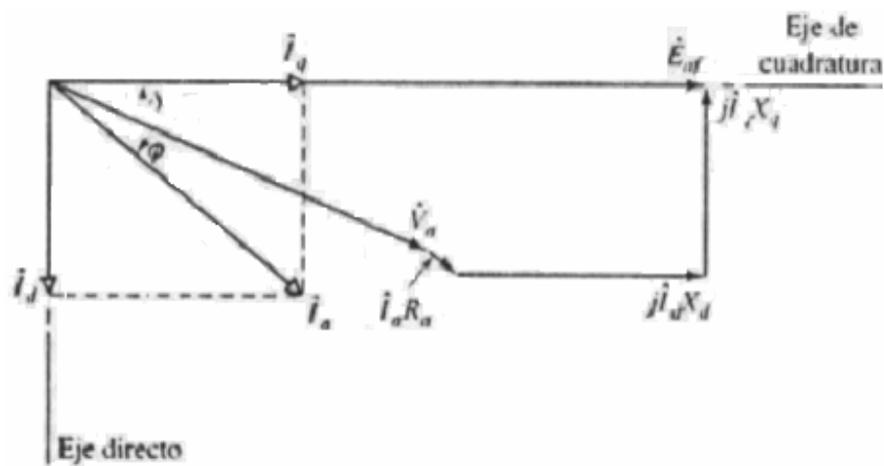


Figura 1.16. Diagrama fasor para un generador síncrono que ilustra la relación entre los voltajes y las corrientes.

Compare las ecuaciones 1.13 y 1.14 con la ecuación 1.14.1 para el caso de los polos no salientes. Como se demostró en el diagrama favor que se muestra en la figura 1.16, el voltaje generado \hat{E}_{af} iguala la suma de los favores del voltaje terminal



\hat{V}_a más la caída de la resistencia del inducido $\hat{I}_a R_a$ y la caída de la reactancia síncrona componente $j\hat{I}_d X_d + j\hat{I}_q X_q$.

Características del ángulo de potencia en máquinas de polos salientes.

Para fines de este análisis, es suficiente limitar la consideración al sistema simple que se expone en el diagrama esquemático de la figura 5.26 a), y consiste en una máquina síncrona de polos salientes SM conectada a una barra colectora infinita de voltaje \hat{V}_{EQ} a través de una serie de impedancia de reactancia X_{EQ} . La resistencia presenta un valor que no se toma en cuenta debido a que por lo general es pequeño. Considere que la máquina síncrona funciona como generador. El diagrama favor presenta mediante favores lineales sólidos en la figura 1.17 b). El efecto de la impedancia externa consiste en añadir el valor de reactancia a las reactancias de la máquina: los valores totales de la reactancia entre el voltaje de excitación \hat{E}_d y el voltaje de la barra colectora \hat{V}_{EQ} por lo tanto es:

$$X_{dT} = X_d + X_{EQ} \quad (1.15)$$

$$X_{qT} = X_q + X_{EQ} \quad (1.16)$$

Si el voltaje de la barra colectora \hat{V}_{EQ} se resuelve en dos componentes, su componente del eje directo $V_d = V_{EQ} \sin \delta$ y el componente del eje de cuadratura $V_q = V_{EQ} \cos \delta$ en fase con \hat{I}_d e \hat{I}_q , respectivamente la potencia P que produce la barra colectora por fase (o en el sistema por unidad) es:

$$P = I_d V_d + I_q V_q = I_d V_{EQ} \sin \delta + I_q V_{EQ} \cos \delta \quad (1.18)$$



También, a partir de la figura 1.17 b).

$$I_d = \frac{E_{af} - V_{EQ} \cos \delta}{X_{dT}} \quad (1.19)$$

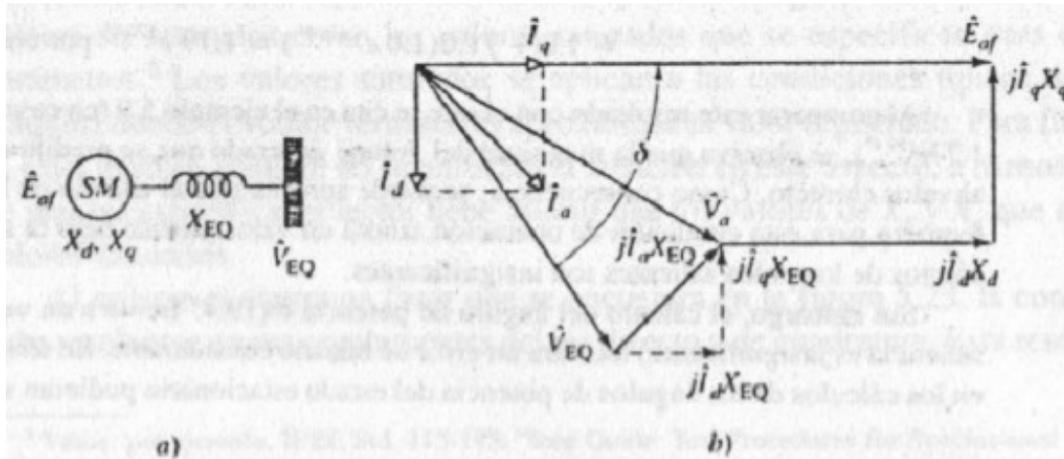


Figura 1.17. Máquina síncrona de polos salientes e impedancia en serie a) Diagrama de línea simple y b) Diagrama fasorial.

$$I_q = \frac{V_{EQ} \sin \delta}{X_{qT}} \quad (1.20)$$

Al sustituir las ecuaciones 1.19 y 1.20 en la ecuación 1.18 se obtiene:

$$P = \frac{E_{af} V_{EQ}}{X_{dT}} \sin \delta + \frac{V_{EQ}^2 (X_{dT} - X_{qT})}{2X_{dT} X_{qT}} \sin 2\delta \quad (1.21)$$



La ecuación 1.21 es análoga a la ecuación 1.21.1 que se aplica al caso de una máquina de polos no salientes. Esta suministra la potencia por fase cuando U y I se expresan como voltajes de línea a neutro y las reactancias se encuentran en, en cuyo caso el resultado deberá multiplicarse por tres para obtener el valor de la potencia trifásica. Por otro lado, al expresar U y I como voltajes de línea a línea darán como resultado el valor de la potencia trifásica. De manera similar, la ecuación anterior (no la que está en este párrafo) puede aplicarse directamente si las diferentes cantidades se expresan en el sistema por unidad.

En la figura 1.18 se muestra la forma general de esta característica de ángulo de potencia. El primer término representa la misma expresión que se obtuvo para una máquina de rotor cilíndrico (ecuación 1.21.1). El segundo término incluye el efecto de polos salientes, el cual representa el factor de que la onda de flujo del entrehierro crea un par de torsión que tiende a alinear los polos del campo en la posición de mínima reluctancia. Este término representa la potencia correspondiente al par de la reluctancia.

Potencias activa y reactiva de una máquina síncrona conectada al sistema.

Las potencias activas y reactivas P y Q de una máquina síncrona de polos salientes conectada a un sistema de potencia infinitamente grande, siendo:

$f_{\text{sis}} = \text{const.}$ y $U_{\text{sis}} = \text{const.}$, dependen de la I y de la fase de la corriente

respecto a la tensión del generador $\dot{U} = -U_{\text{sis}}^{\cdot}$,

$$P = m_1 U I \cos \varphi ; \quad (1.22)$$

$$Q = m_1 U I \sin \varphi ; \quad (1.23)$$

No obstante, la corriente del inducido \dot{I} depende a su vez de la corriente de excitación I_f y de la posición espacial del rotor de la máquina respecto a la tensión



de la red U_{sis} , la cual se caracteriza por el ángulo θ comprendido entre el complejo \dot{U}_{sis} y la dirección del eje transversal q .

En una máquina síncrona insaturada la corriente del inducido \dot{I} se determina por la tensión $\dot{U} = -\dot{U}_{\text{sis}}$ y la Fem de excitación \dot{E}_f y por su orientación mutua; el ángulo entre ellas es igual a θ (la Fem de excitación coincide con la dirección negativa del eje transversal). Durante la marcha en vacío el ángulo $\theta = 0$. Al accionar sobre el rotor el momento exterior M_{ext} , el ángulo θ adquiere un valor tal, con el cual el momento electromagnético M equilibra el momento M_{ext} . Por eso el estudio de los procesos durante el funcionamiento en paralelo se facilita considerablemente si las potencias activas y reactivas se representan en función de la tensión $U = U_{\text{sis}}$, la Fem debida a la excitación E_f y el ángulo θ entre ellas:

$$P = f(U, E_f, \theta); \quad (1.24)$$

$$Q = f(U, E_f, \theta); \quad (1.25)$$

Tomando por direcciones positivas a lo largo de los ejes d y q los sentidos de la corrientes I_d e I_q en este régimen compongamos las ecuaciones para las proyecciones de la tensión U sobre las direcciones mencionadas:

$$U \sin \theta = X_q I_q - R I_d \quad (1.26)$$

$$U \cos \theta = E_f - X_d I_d - R I_q \quad (1.27)$$

Resolviendo estas ecuaciones conjuntamente, hayamos que:

$$I_q = \frac{U [\varepsilon R + (X_d \sin \theta - R \cos \theta)]}{X_d X_q + R^2}; \quad (1.28)$$



$$I_d = \frac{U[\varepsilon X_q - (X_q \cos\theta + R \sin\theta)]}{X_d X_q + R^2}; \quad (1.29)$$

Donde:

$\varepsilon = E_f / U$ es el coeficiente de excitación.

X_q : reactancia por el eje transversal.

X_d : reactancia por el eje directo.

R : resistencia óhmica.

Finalmente se obtiene la expresión general para la potencia activa:

$$P = P^I + P^{II}; \quad (1.30)$$

La componente P^{II} está relacionada con la interacción del rotor no excitado de polos salientes con las corrientes originadas en el devanado del inducido por la tensión U .

La máquina síncrona conectada a la red con la tensión U y el ángulo θ dado desarrollaría la potencia activa P^{II} merced a la presencia de polos salientes.

La componente P^I está relacionada con la aparición de la excitación caracterizada por la componente ε . Es la potencia que se va a generar suplementariamente en la red con la tensión U al surgir la excitación con ε prefijado.

En la máquina de polos interiores que tiene $X_d = X_q = X_1$, la componente P^{II} no existe. Señalamos que la necesidad de considerar la resistencia óhmica R surge solo al calcular las micromáquinas, en las cuales dicha resistencia desempeña un papel notable. En las máquinas síncronas grandes que tienen el devanado del inducido con una resistencia óhmica ínfimamente pequeña ($R \ll X_q < X_d$), se puede suponer que $R=0$. Entonces tenemos que:

$$P = P^I + P^{II} = M\Omega \quad (1.31)$$

Donde:



$$P^I = \frac{m_1 U E_f}{X_d} \text{sen} \theta; P^{II} = \frac{m_1 U^2}{2} \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d} \right) \text{sen} 2\theta; \text{ (máquina de polos salientes) (1.31.1)}$$

$$P^I = P^{II} = \frac{m_1 U E_f}{X_1} \text{sen} \theta; \text{ (máquina de polos interiores) (1.31.2)}$$

Aceptando como potencia básica S_{nom} se puede escribir las fórmulas de las activas en unidades relativas. Por ejemplo, cuando $R=0$;

$$P_* = \frac{U_* E_{*f} \text{sen} \theta}{X_{*d}} + \frac{U_*^2}{2} \left(\frac{1}{X_{*q}} - \frac{1}{X_{*d}} \right) \text{sen} 2\theta; \text{ (1.32)}$$

La potencia reactiva se expresa en una forma propicia para analizar el fenómeno en paralelo de la siguiente manera:

$$Q = \frac{m_1 U^2}{X_d X_q + R^2} * [\varepsilon (X_q \cos \theta - R \text{sen} \theta) - X_q \cos^2 \theta - X_d \text{sen}^2 \theta]; \text{ (1.33)}$$

Si $R=0$, en tal caso la inscripción de las componentes aisladas de la potencia reactiva se simplifica

$$Q = Q_d + Q_q, \text{ (1.34)}$$

Donde

$$Q_d = Q_d^I + Q_d^{II} = m_1 I_d (U \cos \theta); \text{ (1.35)}$$

$$Q_d^I = \frac{m_1 E_f}{X_d} U \cos \theta; \quad Q_d^{II} = \frac{m_1 (U \cos \theta)^2}{X_d}; \text{ (1.36)}$$

$$Q_q = -m_1 I_q (U \text{sen} \theta) = -m_1 (U \cos \theta)^2 / X_q. \text{ (1.37)}$$

La potencia reactiva longitudinal Q_d corresponde a la corriente longitudinal:



$$I_d = \frac{E_f - U \cos \theta}{X_d} \quad (1.38)$$

y a la componente transversal de la tensión $U_q = U \sin \theta$. La potencia reactiva longitudinal se compone de dos partes:

- 1) La potencia reactiva $Q_d = m_1 \left(-\frac{U \cos \theta}{X_d} \right) U \cos \theta < 0$, la cual se consume por la máquina síncrona inexcitada para originar el campo longitudinal del inducido, siendo la tensión $U_q = U \cos \theta$ y estando avanzada la corriente longitudinal I_d $(U) = -\frac{U \cos \theta}{X_d}$, en un ángulo de $\frac{\pi}{2}$ respecto a la tensión U_q^\bullet .
- 2) La potencia reactiva $Q_d = m_1 \frac{E_f}{X_d} U \cos \theta > 0$, la cual se origina durante la excitación a cuenta de la corriente longitudinal suplementaria $I_{d(c.c)} = E_f / X_d$, igual a la corriente de cortocircuito con la Fem; \dot{E}_f y retrasada respecto a la tensión U_q^\bullet en el ángulo $\frac{\pi}{2}$.

La potencia reactiva transversal Q_q se consume por la máquina para crear el campo transversal, siendo la tensión $U_d = U \sin \theta$ y estando avanzada la corriente transversal respecto a la tensión en un ángulo de $\pi/2$.

La potencia reactiva longitudinal Q_d es positiva durante la excitación cuando: $E_f - U \cos \theta > 0$, $\beta > 0$ y la corriente I_d está retrasada en un ángulo de $\pi/2$ respecto a la tensión $U_q = U \cos \theta$; por lo contrario, para la excitación cuando $E_f - U \cos \theta < 0$, $\beta < 0$ y la corriente I_d avanza respecto a la tensión U_q en un ángulo de $\pi/2$, la potencia reactiva longitudinal siempre será negativa.



1.4. Conclusiones Parciales.

El generador que presenta el grupo de generación auxiliar del ISMM de Moa, es un generador sincrónico que usa un motor Diesel como impulsor primario, o sea, un Generador Diesel. El cual tiene como características principales que como impulsor primario consta de un motor de combustión interna marca IVECO, el cual le transmite la energía mecánica a un generador de 25 kVA marca STANFORD que produce en sus terminales de salida un voltaje nominal de 220 a 240V a una frecuencia de 60 Hz. El cual presenta como sistema de excitación el auto excitado por medio de un Regulador Automático de Voltaje (AVR).



CAPÍTULO II

Introducción.

Características y Especificaciones de Regulador de voltaje automático AVR SX460 del generador.

Descripción del consumo en el local de las calderas.

Conclusiones.

2.1. Introducción.

En este capítulo se muestra alguno de los datos más importantes del regulador automático original del generador en cuestión, además también aparece un sustituto hechos por empresas extranjeras dedicadas al tema. Se expone una breve reseña acerca de las generalidades de los sistemas de excitación usados en los generadores, donde se da a conocer los diferentes elementos y características que componen a estos sistemas, así como algunos de los diferentes sistemas de excitación que existen y su comparación en cuanto a determinados aspectos. También se hace referencia acerca de la regulación de voltaje y su relación con los diferentes sistemas del generador. Al final se presenta el regulador automático que concebimos, simulamos y ajustamos en la práctica con todos los datos al respecto.

2.2. Características y Especificaciones de Regulador de voltaje automático AVR SX460 del generador.

El ATV regula el voltaje de salida del alternador mediante la variación de su corriente de excitación. Con el sistema de auto excitado, el estator principal proporciona energía a través del regulador de voltaje automático al estator principal. Sus semiconductores de alta eficacia garantizan construir desde los niveles bajos iniciales de voltaje residual. La salida del rotor excitador se alimenta del rotor principal por un rectificador de onda completa trifásico, que es protegido por un supresor de sobre tensión contra sobrecargas.



Especificaciones técnicas

1. De entrada

Voltaje seleccionable por puente

95-132V AC o 190-264V CA

Frecuencia 50-60Hz nominal

2. Salida

Tensión máxima de 90V DC a 207V de entrada de CA

Corriente continua DC 4A, 6A intermitente durante 10 segundos

Resistencia 15 ohmios mínimo

Regulador de voltaje SESA-460 (sustituto).

El ATV regula el voltaje de salida del alternador mediante la variación de su corriente de excitación. Con el sistema de auto excitado, el estator principal proporciona energía a través del regulador de voltaje automático al estator principal. Sus semiconductores de alta eficacia garantizan construir desde los niveles bajos iniciales de voltaje residual. La salida del rotor excitador se alimenta del rotor principal por un rectificador de onda completa trifásico, que es protegido por un supresor de sobretensión contra sobrecargas.

2.3 Representación del Grupo Electrónico, las chapas, y sus ubicaciones.

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador de electricidad a través de un motor de combustión interna. Son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar, o cuando hay corte en el suministro eléctrico. Una de las utilidades más comunes es la de generar electricidad en aquellos lugares donde no hay suministro eléctrico, generalmente son zonas apartadas con pocas infraestructuras y muy poco habitadas. Otro caso sería en



locales de pública concurrencia, hospitales, fábricas, etc., que a falta de energía eléctrica de red, necesiten de otra fuente de energía alterna para abastecerse. En la figura 3.1 se representa mediante una fotografía el generador auxiliar del ISMM de Moa que presenta una potencia nominal de 25 Kva., consta de una máquina síncrona de polos salientes que funciona como generador, con dos pares de polos y una velocidad de 1800 rpm a 60 Hz de frecuencia, generando un voltaje de salida de 220 a 240 voltios.



Fotografía que muestra el generador auxiliar del ISMM antes de la reparación.



Foto que muestra el generador después de la reparación.



Tabla 2.1. Chapa localizada en el grupo electrógeno (Chapa 1).

Groupes Electrogenes		CHAPA 1
Generating Set		Made in France
Genelec		
ZI.Arnas-Rue Nizerand-69400 VILLEFRANCHE S/SAONE		
TYPE:TC 25FIM		No de SERIE 11679
Puissance:25kVA		
Tensión: 220/440V		1800 rpm
TRI	Frecuence :60 Hz	
For engine and alternator serial number see references on each of them		

Chapa localizada en el grupo electrógeno (Chapa 2).

IVECO AIFO CHAPA 2
IVECO AIFO S.p.A - 20010 PRGNAN MILANESE
TEL (02) 93510.1 - TELEX 352328 AIFO I
827092
TIPO
8031 1 0505

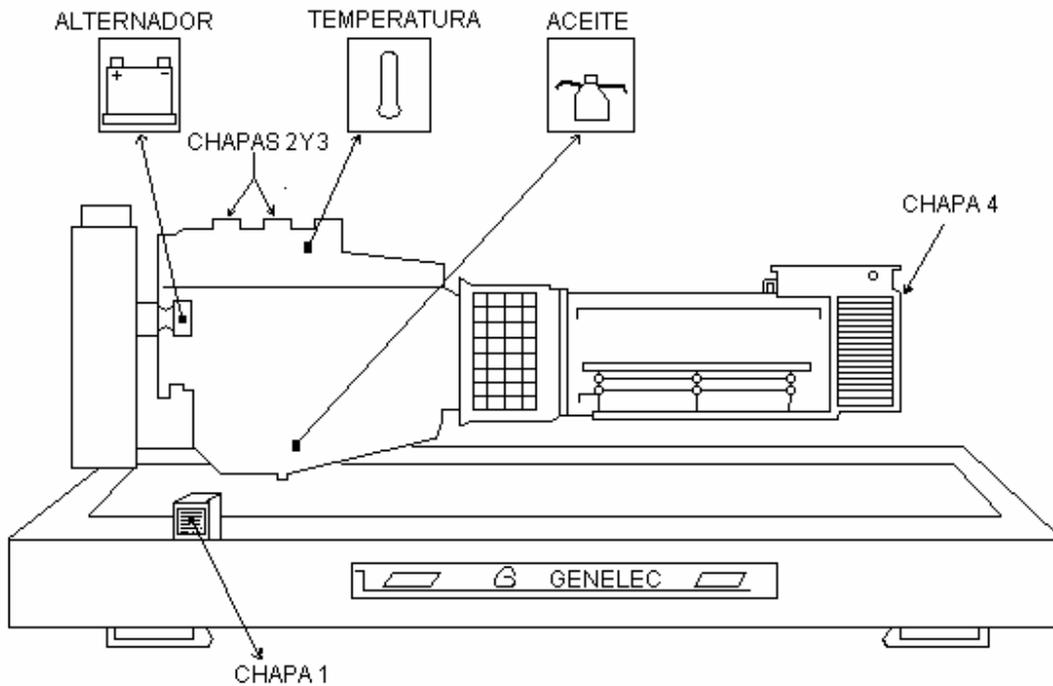
Chapa localizada en el grupo electrógeno (Chapa 3).

IVECO AIFO CHAPA 3
50. rue AMPERE - BP N ^o 103
69680 CHASSIEU (FRANCE)
Tél 72 47 22 22 - Fax 78 90 59 90



Chapa localizada en el grupo electrógeno (Chapa 4).

Manufactured MTH/YR : 07/94		CHAPA 4
TYPE:BCI 184E16 SERIAL No :CO 45567/04		
AVR: SX460	STATOR WDG:311	
RATING:CONT	AMBIENT TEMP: 40 ⁰ C	ENCLOSURE :1P23
INSULATION CLASS :H		
WARNING REFER TO INSTRUCTION BOOK BEFORE FLASH OR		
MEGGER TESTING		
STANFORD		BS 5000
	AC GENERATOR FROM	NEMA MGI-22
	NEW AGE INTERNATIONAL	IEC 34-1
NEW AGE INTERNATIONAL LIMITED PO BOX 17 BARNAK ROAD LINCOLNSHIRE PE92NRENGLAND		



Dibujo que representa algunas partes del grupo electrógeno y la ubicación de sus chapas.

2.4 Levantamiento de carga.

Consumo de la iluminación de todos los locales de la cocina en la actualidad.

Ubicación del local	Cant. De lámparas de 32W	Cant. de lámparas de 18W	Potencia de consumo total del local (W)	Tensión nominal(V)
Comedor de estudiantes	8		256	110
Oficina de alimentación	1	2	68	110
Pantri de estudiantes	4	1	146	110
Comedor de profesores		15	270	110
Pantri de profesores	3	1	114	110
Comedor en construcción	2		64	110
Fregadero comedor de profesores	1		32	110
Fregadero comedor de estudiantes	1	1	50	110
Cocina	4	3	182	110
Predespacho		1	18	110
Cuarto de los medios de uso	1		32	110



Oficina del jefe de almacén	1		32	110
Baño de hombres		1	18	110
Baño de mujeres		1	18	110
Cuarto de fogón de leña	1		32	110
Consumo total de la iluminación de todos los locales(kW)	1.332			

Centro de red actual.

Nombre del equipo	Cantidad de equipos	Consumo de cada equipo (W)	Consumo total (W)	Tensión Nominal(V)
CPU	12	350	4200	110
Monitores	7	75	525	110
Aire acondicionado	2	560	1120	220
Lámpara	4	32	128	110
Batería UPS	9	Por todos se estima un consumo de 120W	Por todos se estima un consumo de 120W	110
Swish	4			110
Ruter pequeño	2			110
Ruter grande	2			110
MODEM	1			110
Impresora	1			110
Consumo total del centro de red (kW)	6.093			



Listado de cantidades del proyecto de alumbrado para el futuro				
Descripción	Cantidad	Consumo por unidad (W)	Consumo total del conjunto	Tensión Nominal(V)
Luminaria fluorescente de adosar a losa,4T	8	40	320	120
Luminaria fluorescente de adosar a losa,2T	34	40	1360	120
Luminaria fluorescente adosada campana a prueba de calor,2T	6	40	240	120
Luminaria fluorescente de adosar a losa, 1T	133	40	5320	120
Luminaria fluorescente de adosar a losa, 1T	105	20	2100	120
Luminaria fluorescente de adosar a pared, 1T	2	20	40	120
Luminaria incandescente a prueba de humedad, de adosar	1	60	60	120
Consumo total de toda la				

Tabla que muestra el consumo del local de las calderas.

Consumo del local de calderas						
Equipos	Cantidad	Equipos conectados en un momento determinado	Potencia de consumo de cada equipo	Consumo total del equipo que esta trabajando	Tensión Nominal(V)	Corriente de arranque (A)
Motor de la caldera	2	1	8.55 kW	8.55 kW	220	
Motor de la bomba de agua	3	1	1.32 kW	1.32 kW	220-255 D/ 380-440 Y	
Motor de la bomba de petróleo	2	1	1.56 kW	1.56 kW	277 D/ 480 Y	
Lámpara	6	6	0.032 kW	0.192 kW	110	
Consumo total del local de las calderas de los equipos que trabajan en un momento determinado			11,622KW			



2.5 Descripción del local de las calderas.

En el local de calderas (anexo 4) existen dos calderas donde cada una presenta un motor (anexo 5) para su funcionamiento en particular, y dos más para el funcionamiento de la bomba que impulsa el agua que enfría los vapores que emanan de la caldera, exceptuando una que tiene uno adicional para en caso de una falla (anexo 6). También están presente dos motores mas destinados a la bomba que impulsa el petróleo que ayuda a la combustión en el interior de caldera de cuyos dos motores (anexo7) solo se utiliza uno a la vez, y el otro se mantiene apagado al igual que en las calderas que solo se utiliza una a la vez .

Normalmente el motor de la caldera trabaja de 6:00 am a 3:00 pm lo que da un margen de trabajo de 9 horas al día , donde dicho motor se conecta y se desconecta de forma automática por un periodo aproximadamente de 15 minutos donde el intervalo de tiempo que trabaja y que descansa es el mismo, dando esto como resultado que de las 9 horas que la caldera esta conectada a la alimentación el motor solo trabaja la mitad ,o sea , aproximadamente 4 horas y media .Por otra parte el motor de la bomba de agua también se conecta y se desconecta de forma automática cada 3 o 4 minutos aproximadamente durante 15 o 20 repeticiones en el horario de trabajo lo que da como resultado un tiempo de trabajo de 45 a 80 minutos .Al contrario del motor de la bomba que impulsa el petróleo que este si se mantiene trabajando todo el tiempo o sea las 9 horas de trabajo del día.

2.6 Chapas de los motores del local de calderas.

Chapas localizadas en el motor de una de las calderas.

baltur	
Cod FS20300830 Mod BT 50 DSN 4T	
Combustible /Fuel Gasolio/Light oil Viscosita/Viscosity 20 ⁰ E 50 ⁰ C 155 CST	
Q min 28 kg/h min 312kW Max 50kg/h M	
558kW	2006
7,1kW 3N ~ 220V 60 Hz IP 40 Made in Italy	



L.G.B	
Renazzo(Fe)	
PRIM 220 V. 2A.60 Hz	
SEK 2x5kV. 30 mA	
25% ED bei 3 min	

Chapa localizada en la bomba de agua de la caldera.

CR1-113		A-A-A-E-HUBE
Model A96453249P101		
f = 60Hz	$P_2 = 1.10\text{kW}$	$P_{\max} / t_{\max} 16/120 \text{ bar} / \text{0}$
n = 350 min	$H_{\max} = 113 \text{ m}$	Made in Denmark
Q = 2.2 m ³ /h	H = 80.6 m	GRUNFOS

Chapa localizada en el motor de la bomba de agua de la caldera.

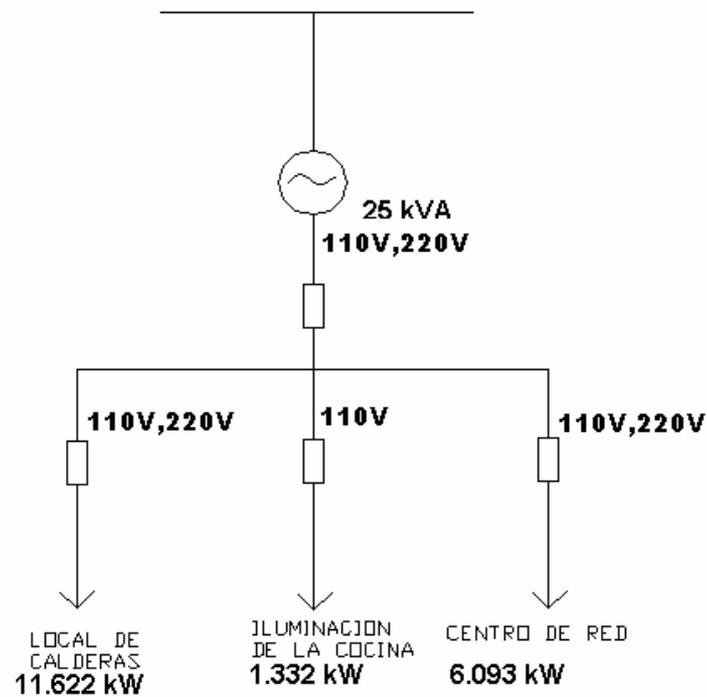
3 ~ MOT MG 80B2 - 19FT 100 - C		
$P_2 = 1.1 \text{ kW}$	No = 85805105	
f = 60 Hz	U = 220 - 255 D/ 380 - 440 Y V	
$I_{1/1} = 4.15 - 3.80/2.40 - 2.20 \text{ A}$	Eff = 82 - 85 %	
$I_{\max} = 4.55 - 4.20/2.65 - 2.40 \text{ A}$	cos ϕ = 0.86 - 0.80	
n = 3370 - 3450 min ⁻¹	Made in Hungary	
IPSS	CLF	GRUNDFOS

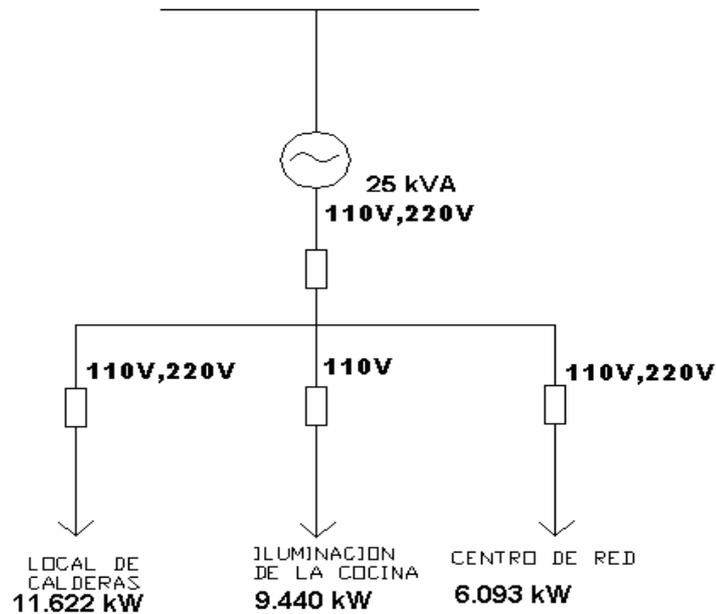
LENZE	32699 Extertal	Hz 60	
	Germany	kW 1.3	
www.Lenze.com		1/min 1.690	
3 - MOT EN60034		Range A $\begin{matrix} +10\% \\ -10\% \end{matrix}$	
GSTO5 - 1M VBR 080C42			Y 480
MOTOR : MDEMAXX 080 - 42		V	D 277
I = 3.500	M2 = 26 Nm		Y 2.80
n2 = 397.1 1min	bei 50 Hz	A	D 4.80
Einbaulage : 002 A		cos ϕ 0.8	Iso cl . F
Schmierstoff : CLP 460			IP SS

Chapa localizada en el motor de la bomba de petróleo de la caldera.



2.7 Esquema monolineal de la instalación del sistema auxiliar de generación.





Esquema monolineal del generador de emergencia del ISMM teniendo en cuenta la instalación futura de un nuevo sistema de alumbrado.

2.8 Conclusiones

Después de haber analizado los datos técnicos del regulador original SX460 perteneciente a este generador diesel y las cargas instaladas en los locales que se desean alimentar en situaciones de emergencias, concluimos que construyendo un regulador de la tensión de excitación con características similares que logre mantener el voltaje en los terminales del generador, este ultimo puede asimilar la carga de manera satisfactoria con un programa adecuado al respecto que tenga en cuenta las necesidades según prioridad del instituto.



Introducción.

Regulador automático de excitación (RAE).

Manual de operaciones para la explotación del Generador

Valoración económica.

Conclusiones.

3.1 Introducción.

En el presente capítulo abordaremos sobre el regulador de excitación, teniendo en cuenta dos variantes que permite seleccionar la de mayor prestaciones para la sincronización, se realiza la propuesta de diseño y con las simulaciones se evalúa su correcto funcionamiento. Se evalúa económicamente la propuesta realizada.

3.2 Generalidades de la Regulador automático de excitación

Una vez funcionando el generador con carga o sea sincronizado a la barra de potencial, con los parámetros del régimen de trabajo establecidos, durante variaciones lentas de tensiones para mantener la tensión constante este RAE reacciona ante variaciones de $U = U - U_n$, y en dependencia de la magnitud y del signo de U , establece las regulaciones de forma proporcional logrando diferentes niveles de I_f , según sea el caso de U .

Veamos cómo actúan los elementos sensores de corriente y potencial de barra en la salida del generador:

Primer caso: Cuando se produce un incremento de tensión (desconexión de cargas grandes en el sistema trifásico), el transformador de potencial observa un incremento de tensión, el de corriente percibe una disminución de corriente, ocasionando un aumento en la tensión resultante lograda por la acción diferencial de los mismos, además provoca una disminución de la corriente de excitación de la excitatriz disminuyendo la excitación del generador, y el mismo obtendrá de forma proporcional



una disminución de la tensión de barra de potencial hasta restablecer de forma normal los parámetros de régimen.

Segundo caso: Cuando se produce una disminución de tensión (conexión brusca de carga o presencia de sobrecarga trifásica), el transformador de potencial observa una disminución de tensión, el transformador de corriente percibe un aumento de corriente, ocasionando una disminución en la tensión resultante lograda por la acción diferenciada de los mismos, ocasiona un aumento de la corriente de excitación de la excitatriz, debido a que disminuye la resistencia, logrando aumentar la excitación del generador, y el mismo obtendrá de forma proporcional un aumento de tensión en barra de potencial hasta restablecer de forma normal los parámetros del régimen.

El esquema rectificador de tres pulsos está compuesto de seis diodos dispuestos como rectificador de onda completa.

El diodo estabilizador D7 (S2600/12) de 12V mantiene la alimentación fija al colector de T1 y T6.

T1: Actúa como elemento comparador de la señal.

T1, T2, T4 y T7: Transistores de baja potencia.

T5 y T6: Transistores de media potencia.

T8: Transistor de potencia.

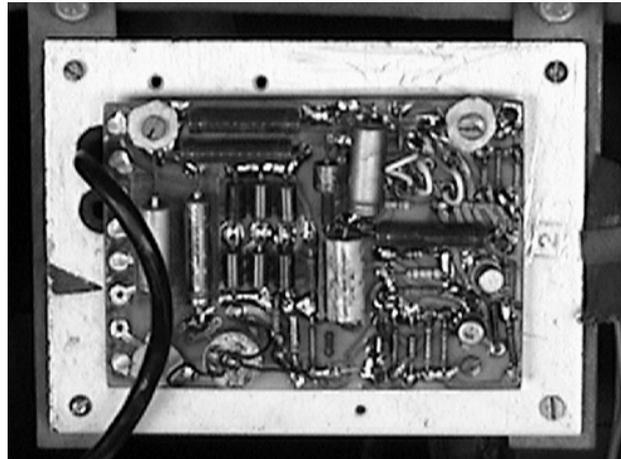


Foto que muestra la instalación de una placa reguladora de igual tipo a la propuesta para el generador auxiliar del ISMM.

Con la colaboración de la empresa UNECAMOTO GRUPOS ELECTROGENOS AGENCIA TERRITORIAL MOA se ha podido realizar la segunda variante a instalar de la propuesta del AVR para el sistema de excitación del generador auxiliar del ISMM de Moa, el AVR GRGT-06 7A AM/220M. Cuyo regulador es ajustable para cualquier grupo electrógeno independientemente de la potencia y tamaño que tenga este. En la figura 3.1 se muestra una fotografía del AVR propuesto para la excitación automática del generador, y los datos nominales de dicho regulador se reflejan en la figura 3.2.





Figura 3.1. Fotografía que muestra al Regulador Automático de Voltaje (AVR) GRGT-06 7A AM/220M (Frente y parte trasera).



Figura 3.2. Fotografía de la chapa que muestra los datos nominales del AVR GRGT-06 7A AM/220M.

3.3. Diseño de la Pizarra de control original

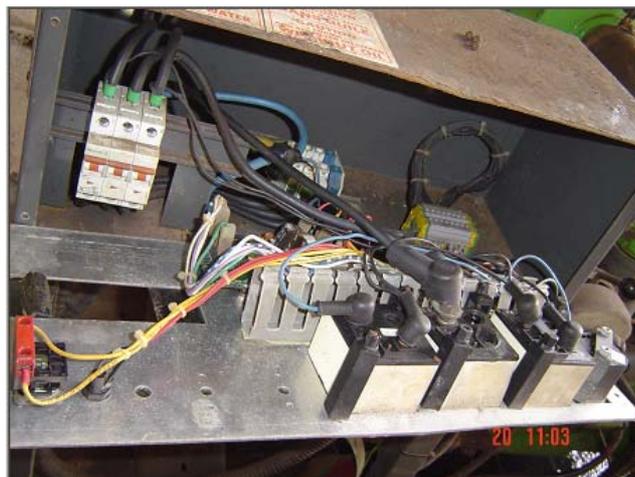




3.4. Diseño de la Pizarra de control modificada



Fotografía de la pizarra de control del generador auxiliaren funcionamiento del ISMM.



Fotografía de los circuitos internos de la pizarra de control del generador auxiliar del ISMM.

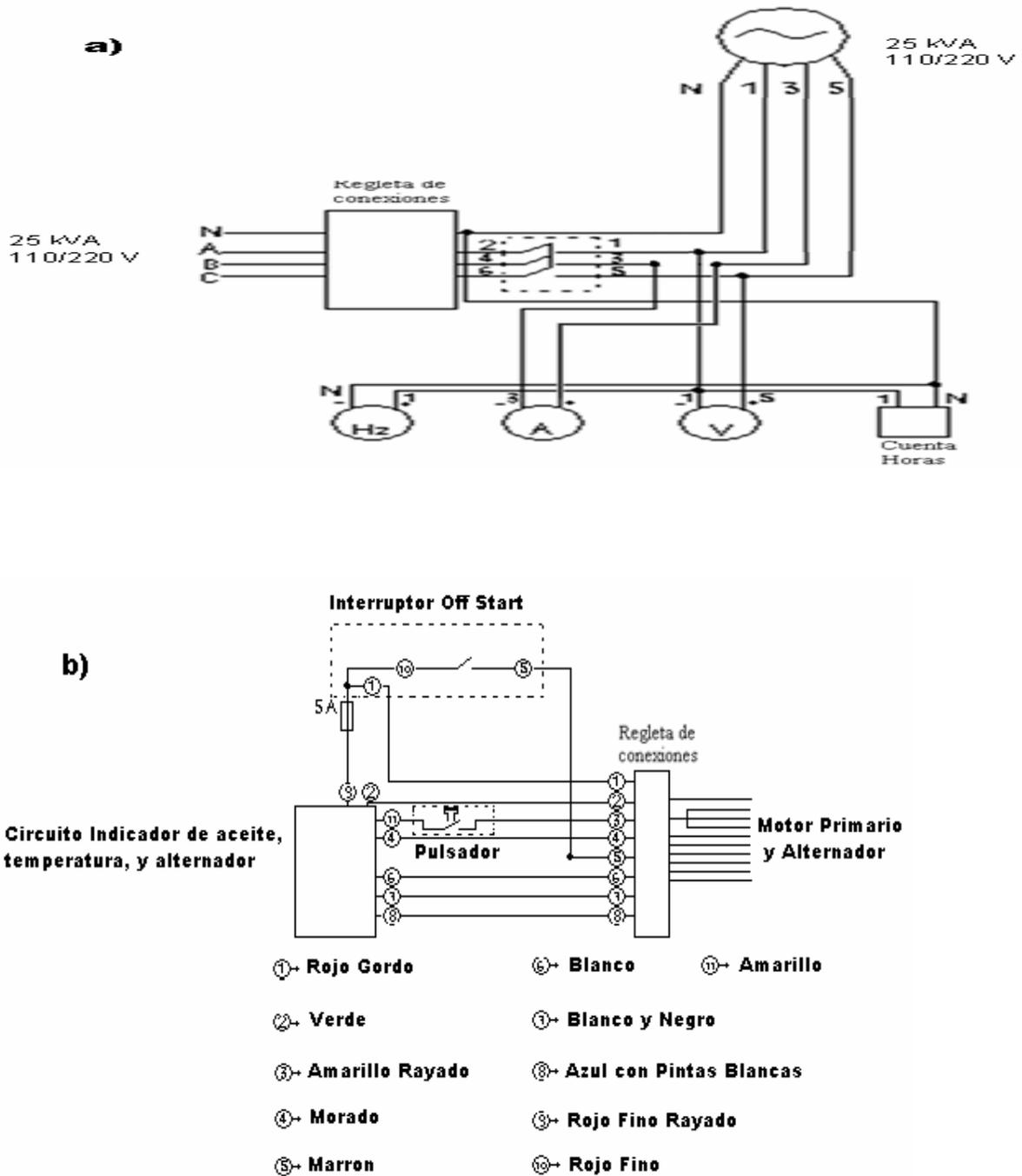


Figura 3.5. Circuitos actuales de la pizarra de control del Grupo Electrónico: a) Conexiones de los instrumentos de medición, b) Conexión del Circuito Indicador de Aceite, Temperatura, y Alternador.



3.5. Propuesta de la inserción de una unidad de control DSE-5110.

Unidad de control.

La Unidad de control, conocida también como Central de control, como parte fundamental del Grupo Electrónico de Emergencia GEE es un microprocesador que garantiza la operación y protección del equipo en los modos de operación manual y automático.

Unidad de control DSE-5110.

Esta unidad de control DSE-5110 (figura 2.21) es ajustable para cualquier tipo de grupo electrógeno, la cual posee 6 teclas operativas y una pantalla informativa. La pantalla informatiza indica el estado de operación del GEE, así como las distintas alarmas que ocurren. Esta unidad sensa los parámetros del generador de forma parecida a un analizador de redes, también se encarga de todas las protecciones de la máquina siendo esto una gran ventaja para el operario y para la misma máquina como tal. Sustituyendo a su vez a los antiguos instrumentos de medición de pizarras que en la actualidad ya son obsoletos. Las teclas han de oprimirse sin brusquedad y sin el uso de elementos punzantes, su manipulación ha de efectuarse con las manos secas y limpias.



Figura 3.7. Fotografías que muestran la Unidad de Control Modelo 5110 (Frente y parte trasera).

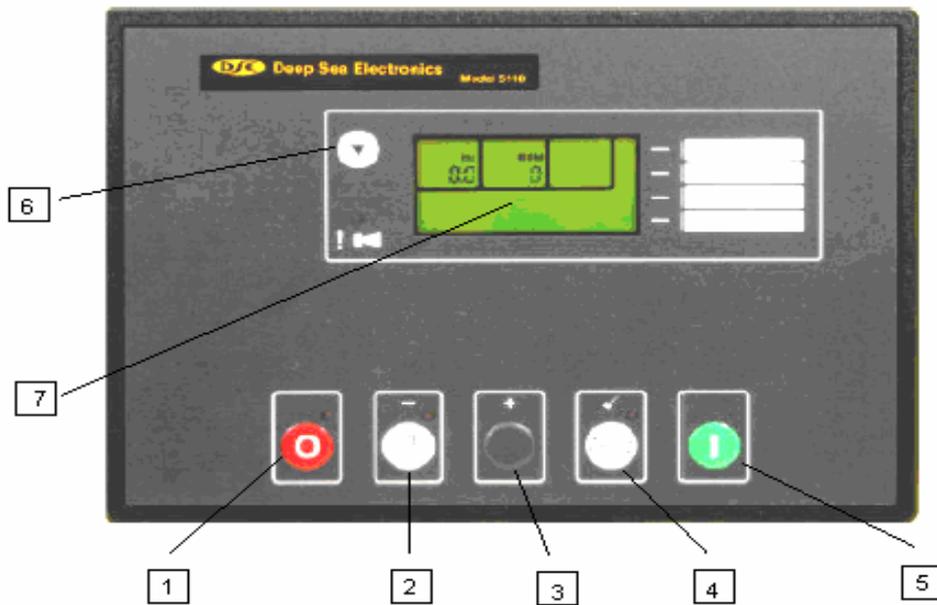


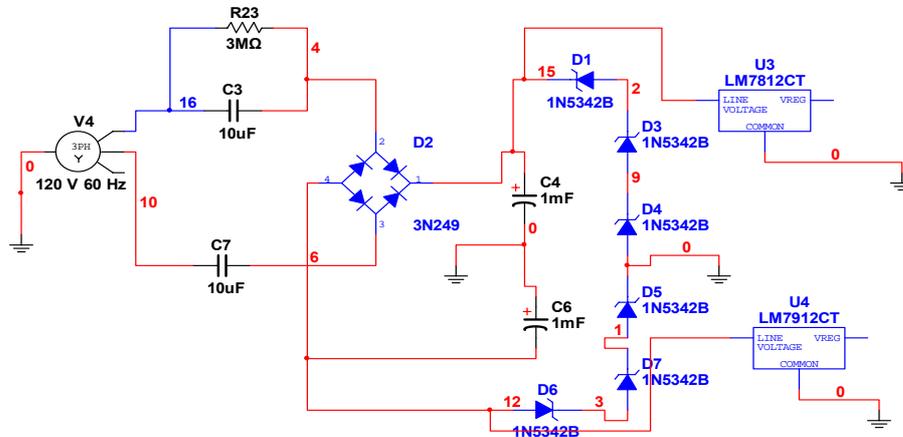
Figura 3.8. Unidad de control DSE-5110

3.6. Presentación de la variante diseñada.

Conociendo de los datos de chapa del motor que el regulador que originalmente trajo el grupo es el AVR: SX460 en la búsqueda de sus características encontramos los datos y por estos comenzamos a construir un sustituto que trabajara de forma similar cumpliendo las mismas funciones.



3.7. Diseño de la fuente de alimentación.



Fuente de alimentación.

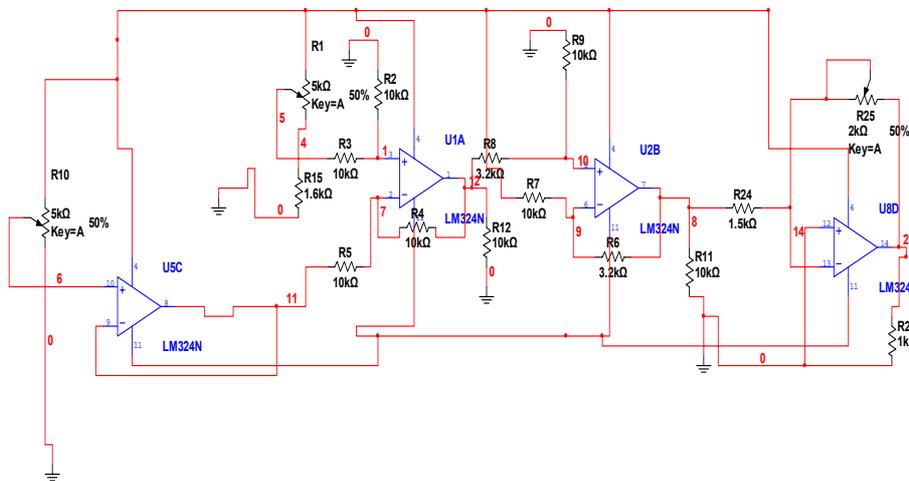
Este circuito se logra a través de los siguientes componentes.

1. Resistencia R1
2. Resistencia R2
3. Puente rectificador monofásico de onda completa
4. Condensador C1
5. Condensador C2
6. Condensador polarizado C3
7. Condensador polarizado C4
8. Diodos zener D1
9. Diodos zener D2
10. Diodos zener D3
11. Diodos zener D4
12. Reguladores de tensión (LM7812CT)
13. Reguladores de tensión (LM7915CT)



La alimentación de todo el circuito de control se realiza desde la fuente de tensión estabilizada que admite una tensión de entrada de (190/269) VCA con un consumo de 130 ma y ± 12 VCD de salida. Los condensadores a la entrada de $10 \mu\text{f}$ se encargan de limitar la corriente, el puente rectificador rectifica de CA a CD, y los zener son los encargados de estabilizar el voltaje variable d entrada a 24V y con los reguladores en la salida se estabiliza a ± 12 VCD.

3.8. Circuito formador de la tensión de referencia.



Desde una de la fase del generador y el neutro se toma una señal que es introducida a una pastilla integradora (LM324N) que esta compuesta por cuatro operacionales con los que se elabora la tensión de referencia que va al circuito comparador.

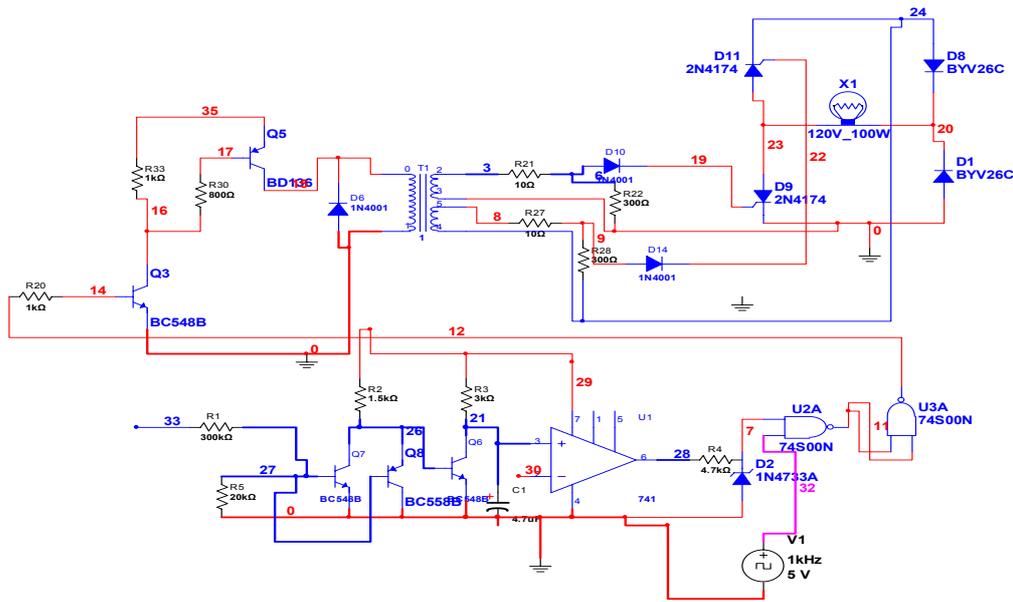


Figura.3.9. Circuito de pulso de disparo del tiristor

Este circuito se logra a través de los siguientes componentes.

1. Resistencia R1
2. Resistencia R2
3. Resistencia R3
4. Resistencia R4
5. Resistencia R5
6. Resistencia R6
7. Resistencia R7
8. Resistencia R8
9. Resistencia R9
10. Resistencia R10
11. Transistor T1
12. Transistor T2
13. Transistor T3
14. Transistor T4
15. Oscilador (555)
16. Condensador



17. Amplificador operacional (LM324N)

18. Compuerta Nand

19. Transformador de pulso

20. Tiristor (2N4202)

- **El cruce por cero** se logra a través del transistor (T1) el cual cuando la tensión de referencia pasa por cero se encarga de darle un pulso a la base del transistor (T2). La resistencia R1 es para atenuar la corriente en la base de (T1).
- **La formación del diente de Sierra** se realiza a la misma frecuencia que los pulso que recibe el transistor T2 y se logra por medio de (T2), R4 C1y La resistencia R2 ,R3, esta ultima son para atenuar la corriente de base de (T2) y de colector de (T1).
- **El comparador** esta constituido por un amplificador operacional LM324N es la encargada de recibir por la entrada positiva el diente de sierra, y por la negativa la tensión de retroalimentación de corriente directa, entregando un pulso cuadrado a la salida.
- **El circuito de ametrallamiento** es a través de un oscilador (555) que oscila a una frecuencia de 1 kHz y es el encargado de darle los pulsos a la compuerta Nand con esta frecuencia, este circuito realiza la función de garantizar un disparo seguro del tiristor, independientemente del tipo de carga.
- **En la amplificador del pulso modulado** intervienen los transistores (T3 NPN y T4 PNP), un transformador de pulso y las resistencias que son limitadoras de corriente. Cuando por la base de (T3) circula un tren de pulso desde la compuerta, este comienza a conducir inyectando la base de (T4) entrando este en conducción y

alimentando el transformador de pulso, el cual por el secundario inyecta la compuerta del tiristor.

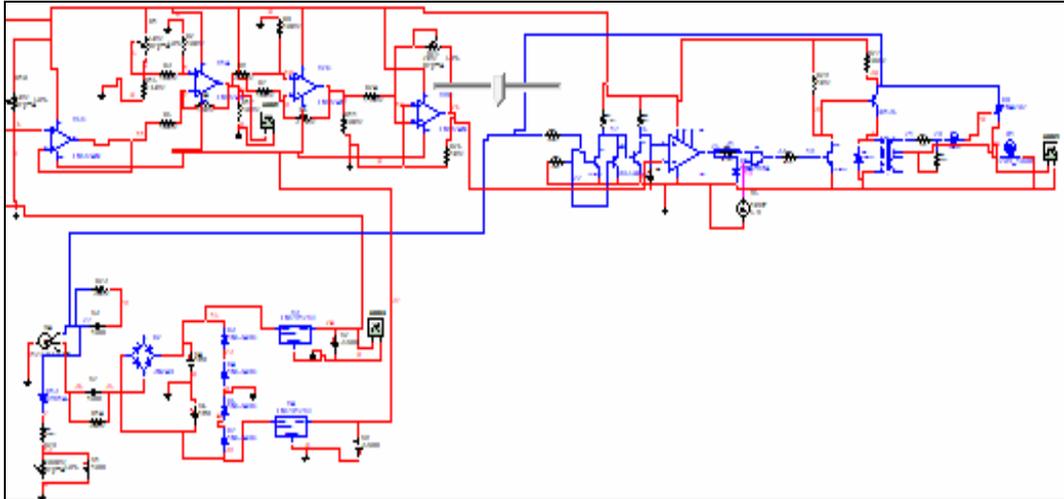


Figura.3.10. Circuito completo del regulador automático de excitación.

Grafico que muestra las formas de ondas.

- A. Salida diente de sierra.
- B. Salida del amplificador pulso cuadrado.
- C. Salida del multiplicador Nand.

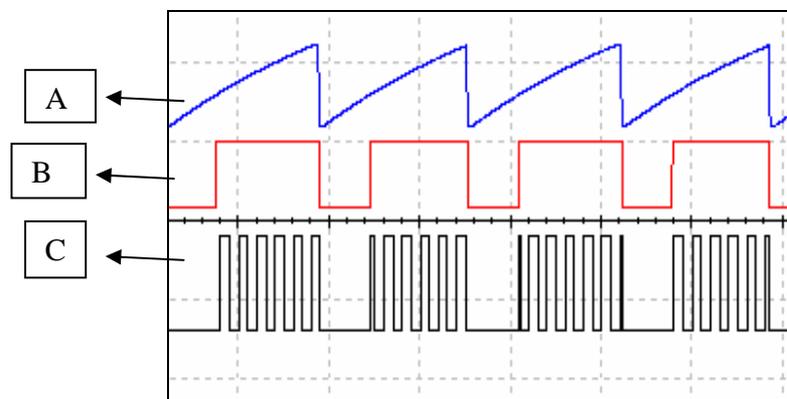
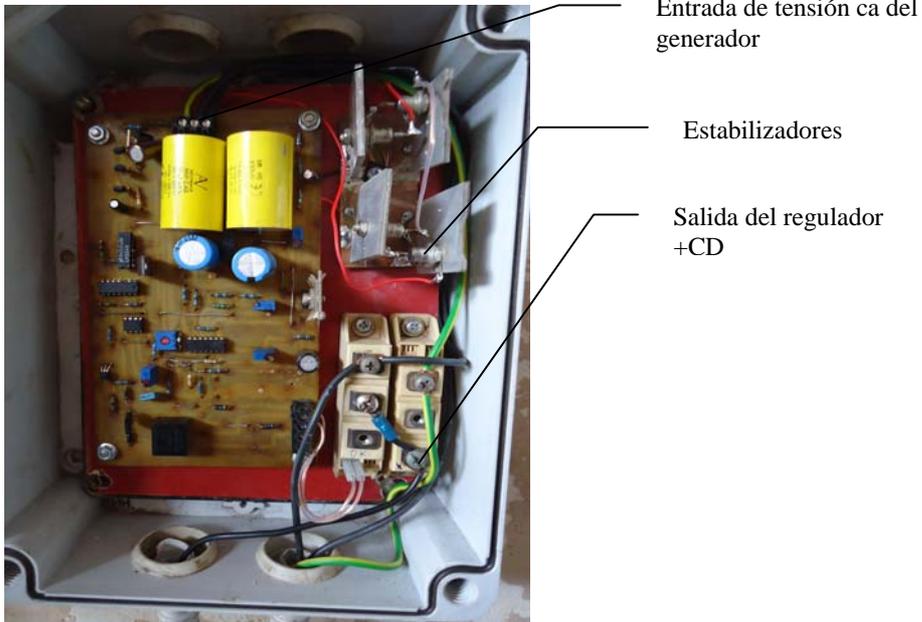




Foto que muestra la Placa de RAV y sus componentes en su gabinete.



Como el remanente de este generador no es suficiente para iniciar por si solo la alimentación del campo se decidió suministrar un pequeño pulso desde la batería en un tiempo de dos segundos luego del cual el regulador inicia su funcionamiento.



3.9. Manual de operaciones para la explotación del Generador

El operador antes del arranque revisará cuidadosamente lo siguiente.

1. La calidad y el nivel del aceite en el motor.
2. La existencia de agua en el enfriador del motor.
3. Que la batería esté conectada y en buen estado de carga.
4. Que no existan partes abiertas en el generador y el motor diesel.
5. Que exista suficiente combustible en el tanque del motor.
6. Que la pizarra de control este cerrada y el analizador de red montado y conectado.
7. Que los gabinetes de los interruptores, magnéticos y el del regulador automático de tensión (RAU) esté cerrado.
8. Que los interruptores de control (**S1, S3, S4**) estén abierto en posición (OFF).
9. Que los interruptores (H1, H2, H3) estén abierto.



Panel principal de control.

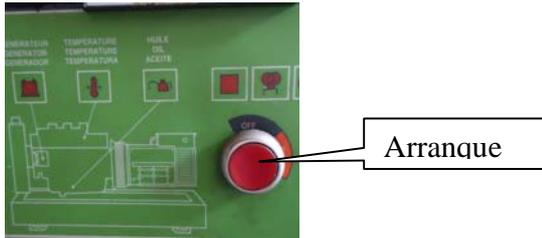
3.10. Procedimiento para el arranque.

1. Cerrar el interruptor de control (S1), con lo que queda alimentada la pizarra de señalización mecánica (PZ1) iluminando todos los diodos led de señal

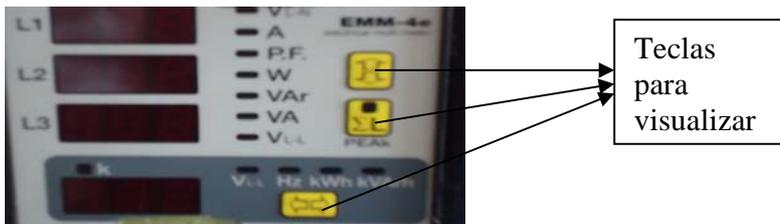


por unos segundos y luego se apagaran quedando solo encendidos los que indican presión de aceite y alternador.

2. Por el botón de arranque pulsar y soltar hasta que el motor arranque, espera unos minutos para acelerar hasta la velocidad requerida (1800 rpm) la cual esta indicada en la palanca mecánica para el efecto en el motor. En este momento deben de apagarse los diodos leed que estaban encendidos.



3. Cerrar el interruptor de fuerza (H1) permitiendo el paso de la tensión hasta el (RAU).
4. Pulsar el botón (S2) por dos (02) segundos y soltar, con lo que debe entrar a funcionar el (RAU) y mantener la tensión del generador, lo cual, podemos comprobar por medio de las indicaciones del analizador de red en la pizarra de señalización central.
5. Por las teclas (CAM1, CAM2) en el analizador de red visualizar la magnitud eléctrica deseada.



2.11. Procedimiento para la asimilación de la carga (Calderas)

1. Abrir el interruptor en el área de cocina que alimenta las calderas.
2. Cerrar el interruptor (H2) ó el interruptor (S3) que cierra el magnético perteneciente al generador diesel.



Nota: Para la alimentación de otras cargas a través del generador como son el área de refrigeración, el área de bombas y el comedor por citar algunos, se deben de realizar las manipulaciones necesarias que garanticen el funcionamiento estable del generador.

3.12. Valoración económica

Inserción de un regulador automático de voltaje (AVR).

Tabla 3.13. Costo de la mano de obra y del AVR a instalar.

CODIGO	DESCRIPCIÓN	U/M	Cantidad	Precio		Importe	
				CUP	CUC	CUP	CUC
015	Mano de obra(2 Técnicos clase A)	horas	4	32.50	0.00	130	0
3400012	Regulador de tensión (AVR)	U	1	217.16	0.00	217.16	0

Valoración económica de la inserción de la unidad de control DSE-5110.

Tabla 3.14. Costo de la mano de obra y de la unidad de control a instalar.

CODIGO	DESCRIPCIÓN	U/M	Cantidad	Precio		Importe	
				CUP	CUC	CUP	CUC
015	Mano de obra(2 Técnicos clase A)	horas	4	32.50	0.00	130	0
	Unidad de control	U	1	639.00	0.00	639.00	0



Mano de obra

Dos técnicos A (\$16.25 /h de trabajo), un eléctrico y un mecánico por 4 horas de trabajo, da como resultado un costo de \$130 MN en cada instalación.

3.13. Conclusiones parciales

Después de haber diseñado, construido, probado a nivel de laboratorio e instalado el RAV en el circuito del generador para el cual se construyó. Pudimos comprobar que funciona en una forma estable, soportando los cambios de tensión producido por la carga. Por lo que concluimos que el mismo puede ser utilizado garantizando el trabajo seguro y confiable del generador.



CONCLUSIONES

Con la realización de este trabajo de diploma:

1. Se logra establecer un circuito e insertar al sistema permanente de alimentación de las calderas
2. Se logra revitalizar el funcionamiento de la pizarra de señalización mecánica de manera parcial.
3. Se sustituyen los instrumentos de medición eléctricas por un instrumento integrador con una mayor variedad y mejor precisión.
4. Se eliminó un defecto provocado por mala disposición de las escobillas en el alternador de carga de la batería, por lo cual el mismo no estaba funcionando correctamente.
5. Se sustituye la inversión de un regulador convencional con todos los gastos que esto proporcionaría, por uno de construcción con recursos recuperados logrando el funcionamiento correcto del generador.

Por tanto concluimos que el trabajo cumple con las expectativas esperadas en forma satisfactoria.



RECOMENDACIONES

- Se recomienda que en forma rápida se proceda con el cambio de aceite en el motor y la revisión de un pequeño salidero de este.
- Cambiar el filtro de aire.
- Comprar una batería que pertenezca al grupo electrógeno ya que ahora no cuenta con una propia.
- Capacitar al personal que debe operar el grupo, para evitar errores costosos.
- Evitar la operación múltiple de personas en este equipo, para garantizar una mayor vida útil.
- No manipular en el analizador de red hasta que no se conozca bien su funcionamiento, para lo cual se anexa el manual de operación.

Cambio de aceite cada 200 horas de trabajo que incluye:

- Cambio de filtro de aire.
- Cambio de filtro de combustible.
- Cambio de aceite.

Cambios cada 1000 horas de trabajo que incluyen:

- Cambio de correas del alternador.
- Cambio de filtro de aire en caso de que lo requiera.
- Revisión eléctrica general (Revisión de todos los circuitos, componentes eléctricos, y conductores de la máquina).



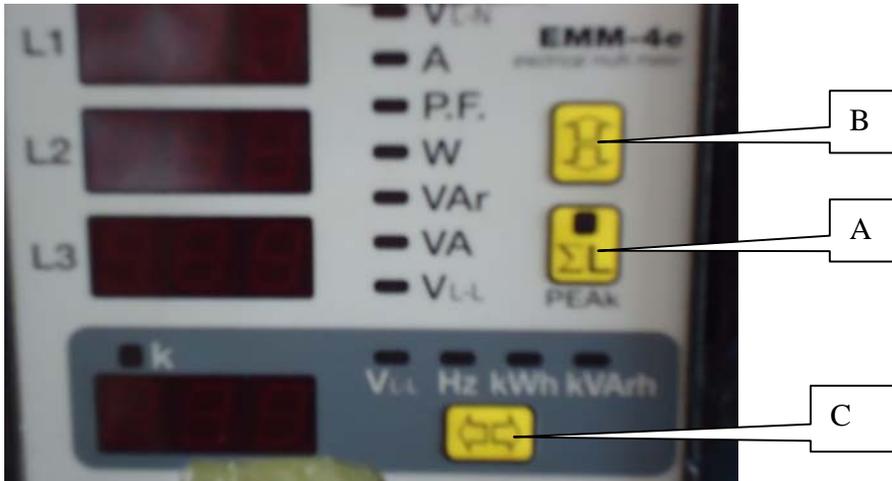
BIBLIOGRAFÍAS

1. Chapman, Stephen. Máquinas Eléctricas. Pdf. 2005_273p.
2. Crane Michael. Producción, Generación y Transportación de Energía. 20p
3. Donald G.Fink, H. Wayne Beaty. Standard Handbook for Electrical Engineers, Fourteenth edition / 2000, 1295p.
4. George McPherson, Robert. D. Laramore. An introduction to electrical machines and transformers.
5. GE. Multilink. Power Application Guide / General Electric, 22p
6. General electric company, Generator Station Protection / general electric, 26p.
7. Ivanov, A.V, Smolenski. Máquinas Eléctricas/ Editorial Pueblo y Educación, 1984_337p
8. Navarro Rodríguez, Mylenes. Análisis de los Sistemas de Excitación Existentes y a Emplear en los Turbogeneradores de la Central Termoeléctrica de la Empresa Cdte. Ernesto Che Guevara. Trabajo de diploma. ISMM de Moa, 2006_70p.
9. M. P. Kostenko, M. Protrovski, L. Máquinas Eléctricas/Editorial Pueblo y Educación, 1982_337p.
10. Naciones Unidas. 1995. 1993 Energy Statistics Yearbook. / Nueva York: Naciones Unidas.
11. Torres Breffe Orly's Ernesto. Protección para Generadores / ISMM, 2000, 13p.
12. VOLDEK A. I. Máquinas Eléctricas/ A. I. Voldek_ La Habana: Pueblo y Educación, 1974_557p
13. Wildi Theodore. Electrical Machines, Drives, and Power Systems, fourth edition / New Jersey, 2000, 858p.
14. Zans Feito, Javier. Máquinas Eléctricas. Pdf. 2002_305p



RELACIÓN DE ANEXOS

ANALIZADOR DE REDES ELECTRICAS EMM



INTRODUCCIÓN

El analizador digital de redes eléctricas EMM-4 monitoriza todos los parámetros eléctricos presentes en la red.

Permite visualizar hasta 30 parámetros eléctricos gracias a sus 4 displays de LED que garantizan una perfecta y simultánea lectura.

Un simple panel frontal completa la selección intuitiva de los diferentes parámetros eléctricos ofreciendo gran cantidad de información.

Los analizadores de redes eléctricas EMM-4 sustituyen las funciones de

voltímetros, amperímetros, fasímetros ($\cos \phi$), vatímetros, vármetros,

frecuencímetros, termómetros, etc... permitiendo un gran ahorro económico, una reducción de las dimensiones y una mayor sencillez de utilización, ya que un único aparato sustituye todas las necesidades de medición en un cuadro eléctrico.



Viene preparado para montaje en panel y es de dimensiones reducidas (96x96 mm).

MEDICIONES

TENSION DE LINEA (**V-kV**) VL1-N - VL2-N - VL3-N - ΣV

TENSION ENTRE FASES (**V-kV**) VL1-L2 - VL2-L3 - VL3-L1 - $\Sigma VL-L$

INTENSIDAD (**A-kA**) IL1 - IL2 - IL3 - ΣIL

FACTOR DE POTENCIA (**cos ϕ**) P.F.L1 - P.F.L2 - P.F.L3 - $\Sigma P.F.L$

POTENCIA ACTIVA (**W-kW-MW**) PL1 - PL2 - PL3 - ΣPL

POTENCIA REACTIVA (**Var-kVAr-MVAr**) QL1 - QL2 - QL3 - ΣQL

POTENCIA APARENTE (**VA-kVA-MVA**) SL1 - SL2 - SL3 - ΣSL

FRECUENCIA (**Hz**) FL1

TEMPERATURA (**°C**) T1

VALORES MAXIMOS

Potencia activa

Intensidad

Intensidad media

ΣPL max

IL1 max - IL2 max - IL3 max

IL1 max(av.) - IL2 max(av.) - IL3 max(av.)

INSTALACIÓN

Lea cuidadosamente las instrucciones de este manual antes de instalar el analizador de redes.

El instrumento descrito en este manual ha sido diseñado para ser usado por personal cualificado.



Este instrumento ha sido fabricado y diseñado de acuerdo a la norma IEC 1010. Con el fin de mantener estas condiciones y asegurar su correcto uso, el usuario debe seguir las instrucciones de este manual.

Antes de la instalación, verificar que todo está intacto y no ha sufrido daño alguno durante su transporte. Asegúrese de que la tensión auxiliar y la tensión principal sean compatibles con las del aparato.

La alimentación auxiliar del aparato no debe ser llevada a tierra. El mantenimiento y/o reparación debe ser realizado solo por personal calificado y autorizado.

ESQUEMA DE CONEXIONES

SISTEMAS DE 4 HILOS: Para sistemas de 3 hilos (con o sin neutro no distribuido) no conectar el neutro N.

EMM-4

INSTALACIÓN

Para un correcto uso del analizador de redes EMM-4 el esquema de conexiones contenido en este manual debe ser respetado.

ALIMENTACIÓN AUXILIAR

Dispone de 4 terminales para la conexión de la alimentación auxiliar siendo disponibles las siguientes tensiones:

0 – 110 = 100-125 V (50-60Hz)

0 – 230 = 220-240 V (50-60Hz)

0 – 400 = 380-415 V (50-60Hz)

ENTRADAS DE MEDIDA DE TENSIÓN

Dispone de 4 terminales para la conexión de los 3 hilos del Sistema mas neutro. La tensión máxima entre fases no debe ser Superior a 500 Vrms.



En el caso de sistemas de tres hilos (con o sin neutro no distribuido) simplemente no conectar el neutro N.

ENTRADAS DE MEDIDA DE INTENSIDAD

Dispone de 6 terminales para la conexión de los transformadores de intensidad (TI) externos con secundario 5A.

NOTA: Es fundamental respetar la secuencia de las fases, las conexiones entre las entradas de tensión e intensidad no deben ser invertidas (por ejemplo, el TI instalado en la fase L1 debe corresponder con la entrada I1) y al mismo tiempo no es correcto invertir los terminales S1 y S2 considerando que la medida del factor de potencia puede no ser fiable.

El sensor de compensación de temperatura está situado en la parte de atrás del aparato para controlar la temperatura del cuadro eléctrico en el que el EMM-4 está instalado.

DESCRIPCIÓN DEL PANEL FRONTAL

CONTROL Y VISUALIZACIÓN

A botón para la visualización de los parámetros eléctricos del sistema trifásico ó valores de pico.

B botón para la selección de los parámetros eléctricos a visualizar en el display F.

C botón para la selección del parámetro eléctrico a visualizar en el display G.

D LED de indicación del parámetro eléctrico visualizado en el display F.

E LED de indicación del parámetro eléctrico visualizado en el display G

F 3 displays para la visualización de las mediciones eléctricas realizadas en cada fase.

Cuando el LED ΣL está encendido, solo el display principal estará activo mostrando los valores de las mediciones eléctricas seleccionadas del sistema trifásico.

El LED k y M muestran el factor de multiplicación eventual (k = 1.000, M = 1.000.000)



G display para la visualización de la medición eléctrica indicada por el LED E.

Los valores de tensión son referidos a un sistema trifásico.

El LED k indica si la lectura es en kilos (x1.000).

A+C Presionando ambos simultáneamente, se pasa al modo de programación

A+B Presionar ambos simultáneamente para resetear los

PUESTA A PUNTO

Para el correcto uso del analizador de redes EMM-4 es necesario programar el ratio de transformación de los transformadores de intensidad empleados.

El ratio de transformación de los TI es considerado como la relación entre el primario y el secundario (por ejemplo: para un TI de 1000/5, deberíamos programar un ratio de 200).

El ratio debe ser programado mediante los botones frontales:

Después de conectar la tensión auxiliar esperar algunos segundos (durante el encendido, todos los LED y displays

flasearán alternativamente hasta quedar fijos), pulsar al mismo tiempo los botones

A y C, en el display G aparecerá la inscripción Ct y en el display principal F el valor del ratio de transformación (programado a 1 de fabrica). Pulsar el botón B para incrementar dicho valor o pulsar C para reducirlo (la variación es de una en una unidad). Para acelerar esta operación, mantener pulsado los botones B o C, y la variación aparecerá sucesivamente en decenas y centenas, soltando y volviendo a pulsar de nuevo el botón el incremento o reducción volverá a ser de una en una unidad. Para confirmar el valor programado debemos pulsar de nuevo el botón A (si no pulsamos ningún botón en 10 segundos, el aparato se saldrá automáticamente del programa).

NOTA: Cuando el ratio de transformación programado es superior a 999 el valor es indicado con el LED K encendido (por ejemplo: para programar el valor 1200, se visualizará 1.20 en el display principal F con el LED K encendido).



Los valores programados serán guardados permanentemente incluso sin alimentación auxiliar.

Otras programaciones no son necesarias, considerando que el instrumento es completamente autoajutable (conmutación automática de la escala de visualización y punto flotante).

MEDICIONES – VISUALIZACIÓN

El analizador de redes eléctricas EMM-4 está dividido en dos secciones:

- La primera está compuesta por 3 displays F, los botones A y B, y los LED D.
- La segunda (en la zona verde) está compuesta por el display G, el botón C y los LED E.

Las dos secciones pueden ser consideradas como dos instrumentos totalmente independientes en un solo aparato. De hecho, es posible trabajar en cada sección sin ninguna visualización en la otra (excepto la visualización de los valores de pico)

VISUALIZACIÓN DE LA SECCION 1

La medición es visualizada en los displays F (respectivamente L1, L2 y L3) y el LED D indica el parámetro seleccionado. La tensión entre fases (VL-L), corresponde con los tres valores considerados VL1-L2 - VL2-L3 - VL3-L1. Selecciona los diferentes parámetros eléctricos pulsando el botón B (este será siempre indicado mediante el LED D).

Pulsando el botón A, en el display principal (L2) se visualizará la media de las tres fases del parámetro seleccionado (media de la tensión monofásica para tensiones, intensidades, factor de potencia y la suma monofásica de las potencias) con el



consecuente encendido del LED correspondiente. Pulsando de nuevo el mismo botón retornamos a la visualización anterior.

Nos daremos cuenta que la unidad de medida puede ser expresada en kilo o Mega indicado por el correspondiente LED.

El factor de potencia capacitivo visualizado es representado por una marca en el primer dígito del display (por ejemplo: la lectura –95 representa un factor de potencia capacitivo de 0.95)

VISUALIZACIÓN DE LA SECCION 2

Tal y como consideramos en la sección 1, con el botón C podemos seleccionar el parámetro a visualizar que será indicado por el LED E (la tensión trifásica, la frecuencia de la fase L1 y la temperatura del sensor).

VISUALIZACIÓN DE LOS VALORES DE PICO

Manteniendo pulsado el botón A durante 3 segundos, podemos activar la función de visualización de los valores de pico máximos de las intensidades y la potencia activa.

Este estado es indicado por el display G que se mostrará la lectura PEAK junto con el LED de la cantidad visualizada. Un valor de pico superior es representado por la intensidad de pico media (el valor máximo calculado en el valor medio integrado cada 15 minutos) o la intensidad térmica indicada en el display G con la inscripción ITH. Pulsando el botón B obtendremos la selección de el valor de pico del parámetro eléctrico. Después de

10 segundos desde la ultima vez que hemos pulsado los botones, el analizador de redes EMM-4 regresa automáticamente al estado de visualización de valores instantáneos.

RESET DE LOS VALORES DE PICO



Durante la visualización de los valores de pico, pulsando al mismo tiempo los botones A y B se resetearán los valores de pico. Durante esta operación, en el display F aparecerá la inscripción RES. Los valores de pico almacenados se mantienen en la memoria incluso sin alimentación auxiliar.

NOTA: El tiempo de adquisición de los valores instantáneos de pico es de 1 segundo.

Durante cada encendido del aparato, el tiempo de integración para el cálculo de la intensidad es sincronizada en 15 minutos.

El tiempo de enfriamiento del display es menor de 1 segundo y corresponde al tiempo de procesado de medida de acuerdo con la metodología de medida usada, permitiendo una lectura confortable de los valores incluso en presencia de desviaciones inesperadas de los parámetros medidos.

En el caso de que las mediciones indicadas por el EMM-4 no sean fiables o absurdas, es importante revisar la conexión de las entradas de tensión e intensidad, así como la secuencia de fases, que las entradas de tensión e intensidad correspondan con la misma fase (en la entrada L1 estará conectada la fase L1 y el TI correspondiente a la fase L1) y la conexión del terminal S1 del TI conectado al terminal S1 del aparato.

Sección 2

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

MEDICIONES Y PRECISIÓN

Tensión

Valor eficaz RMS de la tensión de fase y la tensión entre fases del sistema

Rango de medida: 20 – 500 Vrms entre fases (290 Vrms entre fase y neutro)

Precisión: $\pm 0.5\%$ ± 1 dígito

Intensidad

Valor eficaz de la intensidad y valor medio de la intensidad del sistema

Rango de medida: 0.02 – 5 Arms



Precisión: $\pm 0.5\%$ ± 1 dígito

Visualización: 0.02 – 9.99 kA

Frecuencia

Frecuencia de la fase L1

Rango de medida: 40 – 500 Hz

Precisión: $\pm 0.5\%$

Potencia

Potencia activa, reactiva y aparente del sistema

Rango de medida: 0.01 – 9990 kW, 0.01 – 9990 kVAr, 0.01 – 9990 kVA

Precisión: $\pm 1\%$ ± 1 dígito

Factor de potencia Factor de potencia de cada fase y del sistema (media)

Rango de medida: -0.1 +0.1 Precisión: $\pm 1\%$ ± 1 dígito

Temperatura

Temperatura medida por un sensor interno

Rango de medida: 0 – 60°C

Precisión: $\pm 2^\circ\text{C}$

ALIMENTACIÓN AUXILIAR, ENTRADAS

Alimentación auxiliar 100-125 / 220-240 / 380-415 V (50-60 Hz)

Autoconsumo: 3 VA

Entradas de medida de tensión

De 20 a 500 V entre fases

Sobrecarga permanente: -20%

Impedancia de entrada: 1M Ω

Entradas de medida de intensidad

De 0.02 a 5 A

Sobrecarga permanente: 30%

Para TI externos con secundario /5A, primario programable de 5 a 10.000A.



ESPECIFICACIONES GENERALES

Displays 4 displays con LED rojos de 3 dígitos de 8 segmentos

3 botones para la selección de la medición y la programación de ratio de transformación de los TI

Datos mecánicos

Grado de protección: IP52 (en el frontal) Tamaño del frontal: DIN 96 x 96

Peso: 0.5 kg.

Máxima sección para embornar: 2.5 mm²

Ambiente

Temperatura de funcionamiento: -10 +60°C

Temperatura de almacenaje: -10 +60°C

Humedad: <90%

Aislamiento: 3 kV

Normativas y marcados CEI EN 50081-2, CEI EN 50082-1

CEI EN 61010-1 **CE**

Para cualquier duda o problema no reflejado en este manual, contacte con nuestro servicio de asistencia técnica.

El fabricante declina cualquier responsabilidad por daños ocasionales en personas o cosas como resultado del uso erróneo o indebido del aparato.



TABLA DE CONTENIDO

	INTRODUCCIÓN	1
1	Capítulo I: Generalidades	
1.1	Introducción	4
1.2	Estado del arte	4
1.3	Base teórica	5
1.4	Conclusiones	27
2	Capítulo II: Diagnóstico del generador instalado	
2.1	Introducción	28
2.2	Características del RAV	28
2.3	Chapas y sus ubicaciones	29
2.4	Levantamiento de cargas	33
2.5	Descripción de la carga del local de calderas	36
2.6	Datos de Chapa de los motores de caldera	36
2.7	Esquema monolineal	38
2.8	Conclusiones	39
3	Capítulo III: Valoraciones	
3.1	Introducción	40
3.2	Generalidades del RAV	40
3.3	Vista pizarra de control original	43
3.4	Vista pizarra de control modificada	44
3.5	Propuesta del regulador DSE 5110	46
3.6	Presentación del regulador diseñado	47
3.7	Circuito de la fuente de alimentación	48
3.8	Circuito de formación del pulso de referencia	49
3.9	Manual de instrucciones	54
3.10	Procedimiento para el arranque	54
3.11	Procedimiento para asimilación de carga	55
3.12	Valoración económica	56
3.13	Conclusiones parciales	57
	Conclusiones generales	58

Recomendaciones	59
Bibliografía	60
Anexos	61