

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**MOTOR SÍNCRONO DE 2100 HP PARA EL ACCIONAMIENTO DE
UN DESFIBRADOR DE CAÑA EN AGRO INDUSTRIAL
PARAMONGA S.A.A.**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELÉCTRICISTA

PRESENTADO POR:

JOSÉ MARTÍN CORNEJO CARRANZA

**PROMOCIÓN
2003 - II**

**LIMA – PERÚ
2009**

**MOTOR SÍNCRONO DE 2100 HP PARA EL
ACCIONAMIENTO DE UN DESFIBRADOR DE CAÑA EN
AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA S.A.A.**

DEDICADO:

**A mi familia, a Danila mi eterna
compañera y a mis hijos María y
José.**

SUMARIO

En el presente informe de suficiencia se desarrolla la aplicación de un motor Síncrono de 2 100 HP en 13.8 KV para el accionamiento de un desfibrador de caña en Agro Industrial Paramonga S.A.A. (AIP).

Se analiza el sistema eléctrico de potencia del suministro, así como el sistema de AIP, analizando los flujos de potencia y fallas simétricas en las diferentes barras del sistema utilizando el Winflu23px, antes y después de la puesta en servicio del motor Síncrono.

Con esta aplicación se busca la eficiencia energética mediante el ahorro de vapor, para ser utilizado en la cogeneración, para lo cual se desarrolla la comparación de eficiencias de turbinas de vapor y las pérdidas de generación de energía eléctrica.

Y con el beneficio de la compensación de energía reactiva consumida por las cargas de AIP, obtenida con la inyección de energía reactiva al sistema, sobreexcitando el motor Síncrono.

Con la implementación del proyecto se obtiene un retorno de inversión favorable con un TIR del orden de los 19 %; así como el beneficio de la mejora de la regulación de tensión obtenida por el incremento de la potencia de cortocircuito y el control del factor de potencia de la planta, logrados con la instalación del mencionado motor Síncrono.

INDICE

| | |
|---|-----------|
| PROLOGO | 1 |
| CAPÍTULO I | |
| DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO | 4 |
| 1.1. Descripción General del sistema eléctrico del suministro | 4 |
| 1.1.1. Central Hidroeléctrica de CAHUA | 5 |
| a). Grupo 1 | 5 |
| b). Grupo 2 | 5 |
| c). Transformador 1 | 5 |
| d). Transformador 2 | 5 |
| 1.1.2. Líneas de Transmisión desde C.H. CAHUA a SEPAEX | 5 |
| a). Línea L-1102 | 6 |
| b). Línea L-1033 | 6 |
| 1.1.3. SEPAEX | 6 |
| a). Transformador 1 | 6 |
| b). Transformador 2 | 6 |
| 1.1.4. Línea de Transmisión de SEPAEX a S.E. Paramonga Nueva | 6 |
| 1.2. Descripción general del sistema eléctrico de AIP | 7 |
| 1.2.1. Red de Distribución SEPAEX a Caseta de Maniobras | 7 |
| 1.2.2. Red de distribución Caseta de Maniobras a S.E. Principal | 7 |
| 1.2.3. Red de distribución S.E. Principal a Turbogenerador | 8 |
| 1.2.4. Red de Distribución de Turbogenerador a Caseta de Maniobras | 8 |
| 1.2.5. S.E. Principal | 8 |
| a). Transformador 1 | 8 |
| b). Transformador 2 | 8 |
| 1.2.6. Turbogenerador | 8 |
| 1.2.7. Piscina de Enfriamiento | 8 |
| 1.2.8. Molinos | 9 |
| 1.2.9. Elaboración | 9 |
| CAPÍTULO II | |
| DEFIBRADOR DE CAÑA FIVES CAIL | 10 |

| | |
|--|-----------|
| 2.1. Descripción del Desfibrador de Caña Fives Cail | 10 |
| 2.2. Filosofía de operación del desfibrador | 11 |
| 2.3. Capacidad y potencia mecánica del desfibrador | 12 |
| CAPÍTULO III | |
| ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA ELÉCTRICA | 14 |
| 3.1. Descripción de la carga de AIP | 14 |
| 3.1.1. Planta de lavado de caña | 14 |
| 3.1.2. Molinos | 15 |
| 3.1.3. Piscina de enfriamiento y Elaboración | 15 |
| 3.1.4. Caldera CBS | 16 |
| 3.1.5. Destilería | 17 |
| 3.1.6. Oficinas administrativas y talleres | 17 |
| 3.2. Flujo de potencia eléctrica sin motor Síncrono | 18 |
| 3.3. Falla simétrica sin motor Síncrono | 18 |
| CAPÍTULO IV | |
| CÁLCULOS DE CONSUMOS DE ENERGÍA | 20 |
| 4.1. Consumo de vapor en AIP | 20 |
| 4.1.1. Turbina para Desfibrador de 2100 HP | 20 |
| 4.1.2. Turbogenerador de 23 MW | 20 |
| 4.1.3. Calculo de generación de energía eléctrica por diferencia de vapor | 20 |
| 4.2. Consumo de energía eléctrica en AIP | 22 |
| 4.2.1. Consumo y costo de energía activa | 22 |
| 4.2.2. Consumo y costo de energía reactiva | 22 |
| 4.2.3. Motor Síncrono | 23 |
| a). Consumo y costo de energía activa consumida | 23 |
| b). Consumo y costo de energía reactiva generada | 24 |
| c). Flujo de potencia eléctrica con motor Síncrono | 24 |
| d). Falla simétrica con motor Síncrono | 25 |
| CAPÍTULO V | |
| ANÁLISIS ECONÓMICO | 27 |
| 5.1. Consideraciones previas | 27 |
| 5.1.1. Punto de vista de evaluación | 27 |
| 5.1.2. Vida útil | 28 |
| 5.1.3. Periodo elemental de evaluación | 28 |
| 5.1.4. Cifras Monetarias | 28 |
| 5.2. Flujo de caja | 28 |

| | |
|---|-----------|
| 5.2.1. Ingresos | 29 |
| 5.2.2. Egresos | 29 |
| 5.2.3. Valor Actual Neto (VAN) | 29 |
| 5.2.4. Tasa Interna de Retorno (TIR) | 30 |
| 5.2.5. Tiempo de retorno de Capital (TRC) | 30 |
| 5.2.6. Beneficio Costo (B / C) | 30 |
| 5.3. Evaluación financiera | 31 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 32 |
| ANEXO A | |
| DESFIBRADOR DE CAÑA FIVES CAIL | 34 |
| ANEXO B | |
| TURBINA A VAPOR DE 2100 HP | 41 |
| ANEXO C | |
| TURBOGENERADOR 23 MW | 49 |
| ANEXO D | |
| MOTOR SÍNCRONO | 66 |
| ANEXO E | |
| ACOPLAMIENTO HIDRÁULICO | 69 |
| ANEXO F | |
| SISTEMA DE EXCITACIÓN PARA MOTORES SÍNCRONOS | 74 |
| BIBLIOGRAFÍA | 93 |

PRÓLOGO

Motivación

Agro Industrial Paramonga S.A.A. (AIP) empresa productora de azúcar de caña, cuenta como primera etapa en la elaboración de azúcar, con una planta moledora (Trapiche) para la extracción de jugo; el Trapiche conformado por la recepción de caña, el lavado y traslado de la caña hacia el picador Machetero y luego al desfibrador, equipo que se encarga de convertir los largos cuerpos de caña, a pequeñas cerdas de caña con las células abiertas, listas para la extracción del jugo en los 6 molinos de masas.

En la actualidad la principal fuente de energía del Trapiche es el Vapor producido por una Caldera Acuotubular de 120 Ton de Vapor / hora. Generando energía mecánica mediante turbinas de vapor, para el accionamiento del desfibrador de caña y en los molinos de masas.

AIP tiene el propósito de mejorar su eficiencia en la extracción de jugo de caña optimizando la preparación de caña reemplazando el antiguo Machetero y el Desfibrador de caña accionado con turbina de una capacidad de molienda de 180 Ton de caña / hora, por un Desfibrador de Caña Fives Cail con capacidad de 220 Ton de caña / hora proporcionando adicionalmente un incremento de 0.5% la extracción de sacarosa únicamente por la mejor obtención de fibras largas ricas en jugo. Este Desfibrador de Caña Fives Cail requiere de 2100 HP a 1000 RPM para su accionamiento.

Adicionalmente AIP apunta a la eficiencia energética buscando nuevas formas en el ahorro de vapor para utilizarlo eficientemente en la generación de energía eléctrica con capacidad de Cogenerar 23 MW de potencia.

El uso de motores eléctricos (2 motores de 800HP y 4 de 700HP) para el accionamiento de los 6 molinos de masas, con regulación de velocidad automática, con Variadores de Velocidad en 4.16 KV, optimiza el proceso de extracción de jugo, incrementando la extracción de jugo de 94 % a 96 %.

El sistema eléctrico de potencia de AIP, tiene como suministro la barra de 13.8 KV en la S.E. Paramonga Existente (C.H. Cahua), la cual se interconecta en 138 KV con la S.E. Paramonga Nueva (SEIN).

El presente informe propone un accionamiento para el Desfibrador de caña Fives Cail, con un Motor Eléctrico de 2100 HP en 13.8 KV, del tipo sincrónico de 4 polos, con capacidad de sobreexcitación hasta un factor de potencia de 0.9 en adelanto. Buscando así contribuir al cumplimiento de los objetivos de AIP, así como propiciar el buen uso de los recursos energéticos.

La recopilación de información se baso en textos de ingeniería azucarera (CHENG, 1991), Maquinas eléctricas (Fitzgerald, 2003) y Sistemas de Potencia (Stevenson, 1996) y en la experiencia de Ingenios azucareros como Vale do Rosario (Ribeirao Preto, Brasil), Valdez (Guayaquil, Ecuador) y Guabirá (Santa Cruz, Bolivia).

Además del aporte brindado por los Ingenieros Juan Echevarria, Juan Luna, Abraham Castillo y Cesar Castillo que con su experiencia en la industria azucarera desarrollada en AIP, ayudaron al desarrollo del presente informe.

Objetivo

El objetivo de este informe de suficiencia es mostrar el proyecto de instalación de un motor Síncrono de 2 100 HP en la barra de 13,8kV del cliente libre Agro Industrial Paramonga S.A.A., como una alternativa para el accionamiento óptimo de un Desfibrador de caña y de esa manera propiciar la utilización eficiente de la energía.

Alcances

Esta aplicación se desarrolla partiendo de un escenario de AIP con una demanda eléctrica proyectada al año 2 009, contando con la operación de un turbogenerador de 23 MW en cogeneración y la electrificación de la planta moledora.

Para el desarrollo de los costos por energía y el análisis financiero se utiliza los precios de la energía consignados en las facturas emitidas hasta julio del 2 007, la eficiencia del turbogenerador y de la turbina a vapor como contrapropuesta al motor eléctrico.

Los datos del sistema eléctrico interconectado son los que están publicados en la página Web del COES-SINAC hasta julio del 2 007.

Contribuciones

En este informe se desarrolla el análisis de consumos de vapor de turbinas versus la generación de energía eléctrica por el turbogenerador de 23 MW; también se exponen los resultados de corridas de flujo de potencia y fallas simétricas en barras del sistema de potencia de AIP, en diferentes escenarios del sistema de potencia, utilizando Winflu23px se comprueba el aumento de la potencia de corto circuito al utilizar el motor Síncrono, así como la disminución de la energía reactiva tomada del sistema.

También se propone un modelo de control para la corriente de campo en la regulación del nivel de tensión del sistema AIP y la regulación del factor de potencia.

Organización temática

Este informe ha sido estructurado de la siguiente forma:

- En el capítulo II se describe la topología del sistema eléctrico de potencia de AIP, las características del sistema AIP - C.H. Cahua – SEIN.
- En el capítulo III se describen las características de operación del desfibrador de caña.
- En el capítulo IV se muestra la carga eléctrica de AIP y la proyección de la demanda eléctrica, así como el resultado de un flujo de potencia y fallas simétricas con un sistema eléctrico en AIP sin motor Síncrono.
- En el capítulo V se cuantifican en costos los consumos de energía por las cargas eléctricas y consumo de vapor por una turbina para el accionamiento del desfibrador de caña, así mismo se añade el resultado de un flujo de potencia y fallas simétricas en el sistema eléctrico de AIP con la presencia del Motor Síncrono.
- En el capítulo VI se desarrolla las ventajas económicas de la aplicación de motor Síncrono.
- El capítulo VII presenta las conclusiones y recomendaciones mas relevantes del presente informe de suficiencia.
- En las Bibliográficas se describe los textos consultados para el desarrollo del presente informe de suficiencia.
- En los anexos se presenta la información asociada a este informe, así como datos técnicos y planos de los equipos en mención, desfibrador, turbina, turbogenerador y motor Síncrono.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

1.1. Descripción general del sistema eléctrico del suministro

En la figura 1.1. Sistema Eléctrico del Suministró, se describe un extracto del diagrama unifilar del sistema interconectado nacional publicado en la pagina Web del COES-SINAC; se muestra al sistema desde la barra de 220 KV de la Subestación Paramonga Nueva, la interconexión del subsistema Cahua Paramonga en 138 KV al SEIN , la Subestación Paramonga Existente con sus barras en 138 KV y 13.8 KV desde donde se encuentra el sistema de celdas de distribución a los diferentes complejos industriales y la población de Paramonga, la central hidroeléctrica de Cahua y su respectiva linea en 138 KV.

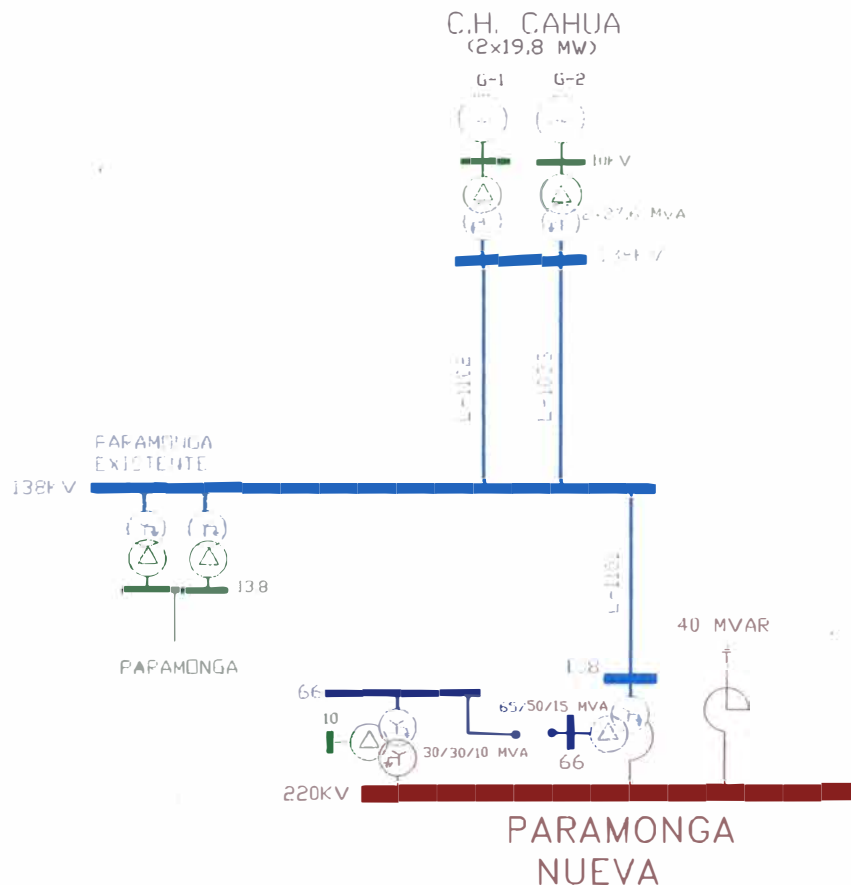


Figura 1.1. Sistema Eléctrico del Suministro.

1.1.1. Central Hidroeléctrica de Cahua

Cahua se localiza a 200 Km. al norte de la ciudad de Lima y a 60 Km. (corriente arriba) de la naciente en la margen izquierda del río Pativilca, a tres Km. de la localidad del mismo nombre, a una altura de 880 m.s.n.m., en el distrito de Manas, provincia de Cajatambo, departamento de Lima. La Planta se abastece de las aguas del río Pativilca para llevar a cabo sus operaciones.

La planta de Cahua está actualmente en proceso de evaluación de dos nuevos lugares potencialmente importantes, situados corriente arriba del río Rapay, con potencialidades estimadas de 200 MW. Adicionalmente, Cahua está evaluando la implementación de nuevos métodos que permitan mejorar la eficiencia de la planta, incluyendo las mejoras del proceso de sedimentación y de la implementación de un moderno sistema automatizado de mantenimiento.

Capacidad de la central: 43 MW.

Tipo: Hidroeléctrica.

Generación Anual: 280 GWh.

Altura Neta: 215 m.

Caudal de Diseño: 22 m³/s.

Equipo: Turbinas de eje vertical modelo "FRANCIS", casa de maquinas con unidades de generación.

Construcción: Concluida en 1967.

Opera comercialmente: Desde el año 1967.

a). Grupo 1

27.5 MVA, 10 KV, cos fi 0.72, Xd 1.35, Xq 0.75, H 3.23 seg.

b). Grupo 2

27.5 MVA, 10 KV, cos fi 0.72, Xd 1.35, Xq 0.75, H 3.23 seg.

c). Transformador 1

27.6 MVA, 145.5 / 10 KV, Ucc 9.7%, YnD5.

d). Transformador 2

27.6 MVA, 145.5 / 10 KV, Ucc 9.7%, YnD5.

1.1.2. Líneas de Transmisión desde la Central Hidroeléctrica de Cahua a SEPAEX

Las líneas L-1102 y L-1033 que unen la Subestación Cahua con la Subestación Paramonga Existente (SEPAEX) tienen una longitud de 63 Km. y están soportados por

160 torres metálicas. A través de ellas se evacua la energía generada en la central hidroeléctrica de Cahua.

a). Línea L – 1102

138 kV, 63.36 Km., R 0.2865 ohm / Km., X 0.515636 ohm / Km., B 3.22245 uS / Km.

b). Línea L – 1033

138 kV, 63.36 Km., R 0.2865 ohm / Km., X 0.515636 ohm / Km., B 3.22245 uS / Km.

1.1.3. SEPAEX

La Subestación Paramonga Existente Ubicada en la parte norte del distrito de Paramonga a la altura del kilómetro 206 de la Panamericana Norte.

SEPAEX cuenta con dos unidades de transformación; en la barra secundaria de 13.8 KV se abastece de energía eléctrica a la Empresa Municipal de Servicios Eléctricos, a la Empresa QUIMPAC S.A. (dedicada a la producción de papel y ácidos) y a la empresa Agro Industrial Paramonga S.A.A.

a). Transformador 1

27.5 MVA, 138 / 13.8 KV, Ucc 9.7%, YnD5.

b). Transformador 2

27.5 MVA, 138 / 13.8 KV, Ucc 9.7%, YnD5.

1.1.4. Línea de Transmisión de SEPAEX a S.E. Paramonga Nueva

La línea L-1101 que enlaza la Subestación Paramonga Existente (SEPAEX) con la Subestación Paramonga Nueva, tiene una longitud de 9.43 Km. soportados en 31 torres metálicas. Las líneas L-102 y L-103. Se pusieron en servicio con la puesta en servicio de la C.H. Cahua en 1967. En 1980 entró en operación la línea de 220 KV Lima-Chimbote que enlazó el Sistema Centro con el Sistema Norte. Simultáneamente se puso en operación la línea L-101 que enlazó a la C.H. Cahua con el Sistema Interconectado Centro Norte.

Línea L – 1101

138 KV, 9.43 Km., R 0.26355 ohm / Km., X 0.519986 ohm / Km., B 3.17353 uS / Km.

1.2. Descripción general del sistema eléctrico de AIP

El sistema eléctrico de AIP tal como se muestra en la figura 1.2. Sistema Eléctrico de AIP, se describe con una topología de red en anillo para garantizar la continuidad del servicio; en la S.E. Principal como sede distribución a los principales sub sistemas de AIP.

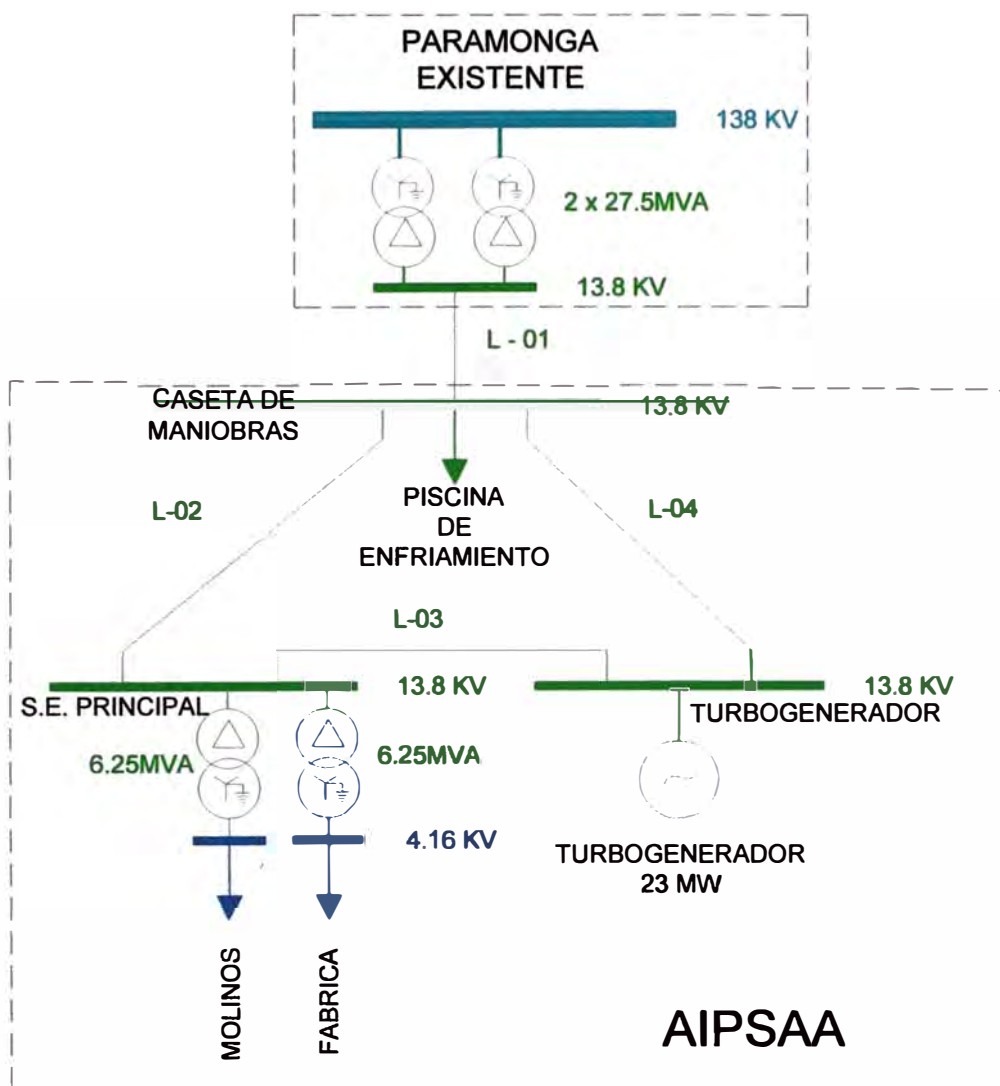


Figura 1.2. Sistema Eléctrico de AIP.

1.2.1. Red de distribución de SEPAEX a Caseta de Maniobras

Red tendida en ductos de PVC enterrados, compuesta por cables tipo N2XSEY.

L – 01

13.8 KV, 0.08 Km., R 0.039 ohm / Km., X 0.1054 ohm / Km.

1.2.2. Red de distribución de Caseta de Maniobras a S.E. Principal

Red tendida en ductos de PVC enterrados, compuesta por cables tipo N2XSEY.

L – 02

13.8 KV, 0.347 Km., R 0.171 ohm / Km., X 0.1299 ohm / Km.

1.2.3. Red de distribución de S.E. Principal a Turbogenerador

Red tendida en ductos de PVC enterrados, compuesta por cables tipo N2XSEY.

L – 03

13.8 KV, 0.25 Km., R 0.171 ohm / Km., X 0.1299 ohm / Km.

1.2.4. Red de distribución de Turbogenerador a Caseta de maniobras

Red tendida en ductos de PVC enterrados, compuesta por cables tipo N2XSEY.

L – 04

13.8 KV, 0.38 Km., R 0.039 ohm / Km., X 0.1054 ohm / Km.

1.2.5 S.E. Principal

La subestación Principal de AIP geográficamente ubicada en el parte central del complejo de AIP, al lado norte de la ciudad del distrito de Paramonga.

Cuenta con dos unidades de transformación y un conjunto de celdas de distribución en 13.8 KV y en 4.16 KV.

a). Transformador 1

6.25 MVA, 13.8 / 4.16 KV, Ucc 8.11%, Dyn5.

b). Transformador 2

6.25 MVA, 13.8 / 4.16 KV, Ucc 8.11%, Dyn5.

1.2.6. Turbogenerador

El turbogenerador cuyas característica técnicas se describen en el ANEXO C, ubicada junto a la caldera Acuotubular la cual la bástese de 120 Ton de Vapor / hora.

28.8 MVA, 13.8 KV, cos fi 0.80, Xd 2.01, Xq 0.99, H 6 seg.

1.2.7. Piscina de Enfriamiento

En la piscina de enfriamiento se cuenta con una S.E. de 630 KVA con relación de transformación de 13.8 / 0.575 KV, desde la cual se alimenta al sistema de bombas y el sistema de alumbrado mediante un transformador de 25 KVA 575 / 230 Volt.

El sistema de bombas esta conformado por tres Bombas idénticas de las siguientes características:

- 200 HP, cos fi 0.77, η 95.8 %, 213 Amp., 550 Volt.

1.2.8. Molinos

Esta carga eléctrica esta conformada por los motores eléctricos en 4.16 KV para el accionamiento de los molinos (2 de 800 HP y 4 de 700 HP) accionados por variadores de velocidad, estos motores tienen las siguientes características:

- 800 HP, 4.16 KV, 1 194 RPM, η 96 % y cos fi 0.85 al 100 % de carga.
- 700 HP, 4.16 KV, 1 191 RPM, η 95 % y cos fi 0.85 al 100 % de carga.

Así mismo la S.E. de Trapiche de 750 KVA con relación de 4.16 / 0.575 KV cuya carga eléctrica esta conformada por motores de bombas y transportadores de tablillas y fajas además del sistema de alumbrado.

1.2.9. Elaboración

Esta carga eléctrica conformada en su mayoría por motores eléctricos para el accionamiento de bombas, agitadores, centrifugas, compresoras, transportadores entre otros, energizados con variadores de velocidad y arranques convencionales. Tanto en la fábrica de azúcar, en la destilería y en el Caldero.

Además de las oficinas administrativas, talleres, alumbrado en general y viviendas (administrativos).

CAPÍTULO II

DEFIBRADOR DE CAÑA FIVES CAIL

2.1. Descripción del Desfibrador de Caña Fives Cail

Como su nombre lo indica, una desfibradora desgarrar la caña convirtiéndola en tiras sin extraer jugo alguno.

Las desfibradoras modernas son del tipo martillos oscilantes.

A pesar de que la caña picada tiene una apariencia esponjosa, tiene una densidad 40% mayor que de la caña suelta y entera, debido a la ausencia de espacios vacíos. Esto permite una alimentación mas uniforme de los molinos, asegura un aumento en la capacidad del Trapiche y en la extracción de sacarosa, y hace que se pierda menos sacarosa en el bagazo. La práctica usual es mover las desfibradoras con motores eléctricos y acoplamiento flexibles.

La desfibradora Fives Cail posee una serie de martillos tal como muestra la figura 2.1. Martillos oscilantes.

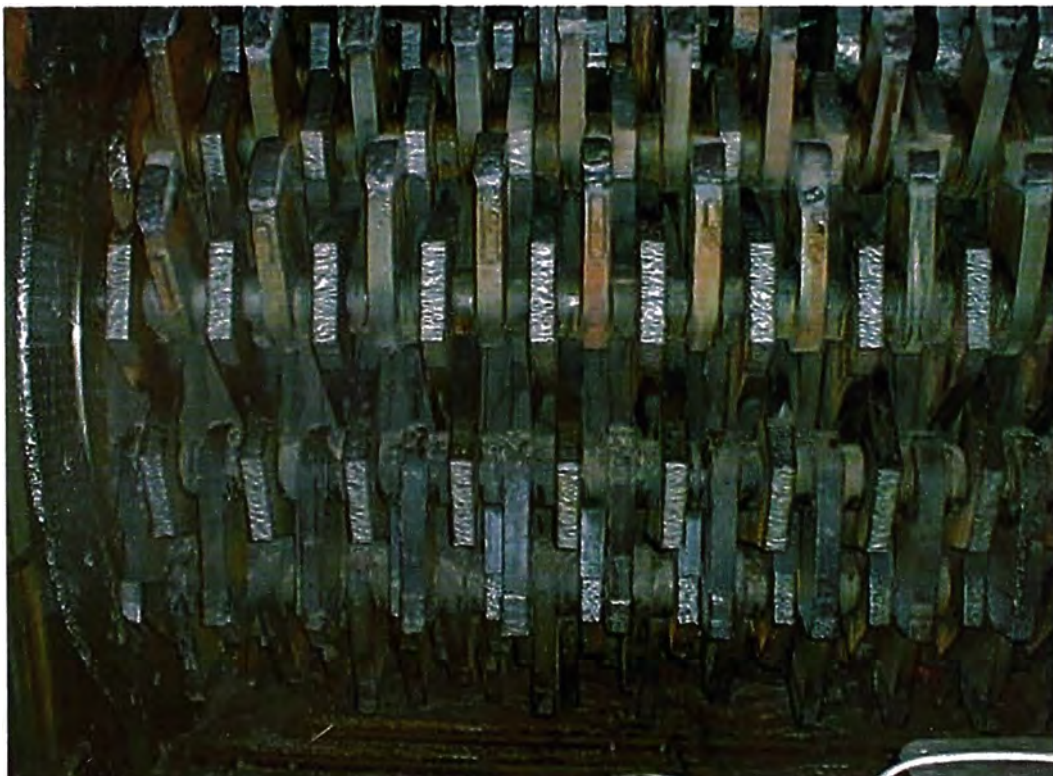


Figura 2.1. Martillos oscilantes.

2.2. Filosofía de operación del desfibrador.

La mesa alimentadora controla la cantidad de caña sobre una oruga metálica que la transfiere al sector de preparación. El objetivo básico de preparación de la caña es aumentar su densidad y, consecuentemente, la capacidad de molienda, así como realizar la máxima ruptura de las células para liberación del jugo que ellas contienen, obteniéndose, por tanto, una mayor extracción.

En la figura 2.2. Ingreso de Caña. Se muestra el ingreso de la caña entera al desfibrador, para luego obtener una caña desmenuzada como se observa en la figura 2.3. Caña desmenuzada.



Figura 2.2. Ingreso de caña.



Figura 2.3. Caña desmenuzada.

El sistema de preparación constituido por el desfibrador con uno dos juegos de cuchillas, de las cuales la primera es sólo niveladora, que prepara la caña a ser enviada al desfibrador.

El juego de cuchillas es un mecanismo rotatorio de cuchillas fijas, que opera a una velocidad periférica de 60 m/s, y tiene por finalidad aumentar la densidad de la caña, cortándola en pedazos más pequeños, preparándola para el trabajo del desfibrador. El desfibrador, a su vez, está formado por un tambor alimentador que compacta la caña a la entrada, precedido por un rotor constituido por un conjunto de martillos oscilantes que giran en sentido contrario a la oruga, forzando el paso de la caña por una pequeña abertura (1cm) a lo largo de una placa desfibradora.

La velocidad periférica de los desfibradores, de 60 a 90m/s, llega a proporcionar índices de preparación de 80% a 92%. Este índice sería una relación entre el azúcar de las células que el desfibrador rompió y el azúcar de la caña.

2.3. Capacidad y potencia mecánica del desfibrador

Este equipo es de gran tamaño cuyo peso total es de 15 410 Kg. con una constante de inercia de 2 750 Kg.m².

Cuenta con 108 martillos de 24 Kg. cada uno distribuidos en forma radial a lo largo del eje del desfibrador (ver ANEXO A).

La velocidad de rotación óptima es de 1 000 RPM.

La velocidad tangencial en el extremo del martillo a 84 cm. del eje es de 88 m/s.

La potencia mecánica instalada es de 1 600 KW.

La Potencia mecánica absorbida es de 1 300 KW (1 743 HP).

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA ELÉCTRICA

3.1. Descripción de la carga de AIP

La demanda eléctrica en AIP tiene un comportamiento dinámico la cual depende de producción de Azúcar y Alcohol.

Para fines de estudio se consideraran las demandas promedios proyectadas al 2 009, escenario en el cual se basa este informe.

3.1.1. Planta de lavado de caña

La Planta de lavado de caña tiene una demanda eléctrica promedio según se muestra en el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Demanda Eléctrica de la Planta de lavado de caña

| ítem | CARGAS | POTENCIA MECÁNICA (HP) | POTENCIA ELÉCTRICA (KW) | FACTOR DE POTENCIA DE OPERACIÓN |
|-------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 1 | GRUA HILO | 120 | 99 | 0.75 |
| 2 | MESA Y CONDUCTORES DE CAÑA | 300 | 249 | 0.75 |
| 3 | LAVADO DE CAÑA | 205 | 170 | 0.75 |
| 4 | BOMBAS | 500 | 414 | 0.75 |
| 5 | GRUA PUENTE | 40 | 33 | 0.75 |
| 6 | ALUMBRADO | - | 20 | 0.9 |
| 7 | OTROS MOTORES | 30 | 25 | 0.75 |
| POTENCIA INSTALADA (KW) | | | 1 011 | |
| FACTOR DE DEMANDA | | | 0.6 | |
| MAXIMA DEMANDA (KW) | | | 606 | |
| FACTOR DE POTENCIA | | | 0.75 | |

3.1.2. Molinos

La demanda de Molinos con el funcionamiento de los 6 motores accionados con variadores de velocidad es como se muestra en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Demanda Eléctrica de los Molinos

| ítem | MOTOR | POTENCIA MECÁNICA (HP) | POTENCIA ELÉCTRICA (KW) | FACTOR DE POTENCIA DE OPERACIÓN |
|-------------------------|----------|------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 1 | MOLINO 0 | 800 | 663 | 0.9 |
| 2 | MOLINO 1 | 700 | 580 | 0.9 |
| 3 | MOLINO 2 | 700 | 580 | 0.9 |
| 4 | MOLINO 3 | 700 | 580 | 0.9 |
| 5 | MOLINO 4 | 700 | 580 | 0.9 |
| 6 | MOLINO 5 | 800 | 663 | 0.9 |
| POTENCIA INSTALADA (KW) | | | 3 647 | |
| FACTOR DE DEMANDA | | | 0.8 | |
| MAXIMA DEMANDA (KW) | | | 2 918 | |
| FACTOR DE POTENCIA | | | 0.9 | |

3.1.3. Piscina de enfriamiento y Elaboración

La demanda de energía eléctrica promedio de la Piscina de enfriamiento con el funcionamiento de dos motores de 200 HP y sistema de alumbrado es como se muestra en el cuadro 3.3.

Cuadro 3.3. Demanda Eléctrica de La Piscina de enfriamiento

| ítem | CARGAS | POTENCIA MECÁNICA (HP) | POTENCIA ELÉCTRICA (KW) | FACTOR DE POTENCIA DE OPERACIÓN |
|-------------------------|-----------|------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 1 | BOMBA 1 | 200 | 166 | 0.77 |
| 2 | BOMBA 2 | 200 | 166 | 0.77 |
| 3 | BOMBA 3 | 200 | 166 | 0.77 |
| 4 | ALUMBRADO | - | 15 | 0.9 |
| POTENCIA INSTALADA (KW) | | | 512 | |
| FACTOR DE DEMANDA | | | 0.51 | |
| MAXIMA DEMANDA (KW) | | | 261 | |
| FACTOR DE POTENCIA | | | 0.77 | |

El comportamiento de la carga eléctrica de elaboración dependerá del consumo simultáneo de sus principales centros de carga, según se muestra en el cuadro 3.4.

Cuadro 3.4. Demanda Eléctrica de Elaboración

| ítem | CARGAS | POTENCIA MECÁNICA (HP) | POTENCIA ELÉCTRICA (KW) | FACTOR DE POTENCIA DE OPERACIÓN |
|-------------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 1 | PREPARACIÓN DE JUGO | 890 | 738 | 0.75 |
| 2 | QUINTUPLES | 436.5 | 362 | 0.75 |
| 3 | MELADURA | 137.6 | 114 | 0.75 |
| 4 | CENTRÍFUGAS | 1 895 | 1 571 | 0.75 |
| 5 | AUXILIARES DE CENTRÍFUGAS | 250 | 207 | 0.75 |
| 6 | CRISTALIZADORES | 210 | 174 | 0.75 |
| 7 | REFINERÍA | 480 | 398 | 0.75 |
| 8 | ENVASADO Y PRODUCTOS TERMINADOS | 250 | 207 | 0.75 |
| 9 | SECADORES | 390 | 323 | 0.75 |
| 10 | COMPRESORES | 600 | 497 | 0.75 |
| 11 | BOMBAS HIDROCINÉTICAS | 300 | 249 | 0.8 |
| 12 | BOMBAS DE RECIRCULACIÓN | 750 | 622 | 0.8 |
| 13 | SISTEMAS DE ALUMBRADO | - | 50 | 0.9 |
| POTENCIA INSTALADA (KW) | | | 4 774 | |
| FACTOR DE DEMANDA | | | 0.65 | |
| MAXIMA DEMANDA (KW) | | | 3 103 | |
| FACTOR DE POTENCIA | | | 0.76 | |

3.1.4. Caldera CBS

El cual tiene una demanda promedio según se muestra en el cuadro 3.5.

Cuadro 3.5. Demanda Eléctrica del Caldero CBS

| ítem | CARGAS | POTENCIA MECÁNICA (HP) | POTENCIA ELÉCTRICA (KW) | FACTOR DE POTENCIA DE OPERACIÓN |
|-------------------------|-----------|------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 1 | CALDERO | 1 800 | 1 492 | 0.75 |
| 2 | ALUMBRADO | - | 20 | 0.9 |
| POTENCIA INSTALADA (KW) | | | 1 512 | |
| FACTOR DE DEMANDA | | | 0.45 | |
| MAXIMA DEMANDA (KW) | | | 680 | |
| FACTOR DE POTENCIA | | | 0.75 | |

3.1.5. Destilería

La cual tiene una demanda promedio según se muestra en el cuadro 3.6.

Cuadro 3.6. Demanda Eléctrica de la Destilería

| ítem | CARGAS | POTENCIA MECÁNICA (HP) | POTENCIA ELÉCTRICA (KW) | FACTOR DE POTENCIA DE OPERACIÓN |
|-------------------------|------------|------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 1 | DESTILERÍA | 350 | 290 | 0.75 |
| 2 | ALUMBRADO | - | 15 | 0.9 |
| POTENCIA INSTALADA (KW) | | | 305 | |
| FACTOR DE DEMANDA | | | 0.75 | |
| MAXIMA DEMANDA (KW) | | | 229 | |
| FACTOR DE POTENCIA | | | 0.76 | |

3.1.6. Oficinas administrativas y Talleres.

Oficinas administrativas, talleres y otros: la demanda promedio total se muestra en el cuadro 3.7.

Cuadro 3.7 Demanda Eléctrica de las oficinas Administrativas y Talleres.

| ítem | CARGAS | POTENCIA MECÁNICA (HP) | POTENCIA ELÉCTRICA (KW) | FACTOR DE POTENCIA DE OPERACIÓN |
|-------------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 1 | OFICINAS Y TALLERES | - | 250 | 0.8 |
| 2 | ALUMBRADO | - | 20 | 0.9 |
| POTENCIA INSTALADA (KW) | | | 270 | |
| FACTOR DE DEMANDA | | | 0.80 | |
| MAXIMA DEMANDA (KW) | | | 216 | |
| FACTOR DE POTENCIA | | | 0.81 | |

En resumen el total de cargas eléctricas de AIP se muestran en el cuadro 3.8.

Cuadro 3.8. Demanda Eléctrica de AIP

| FACTOR DE DEMANDA | POTENCIA ACTIVA TOTAL (KW) | POTENCIA REACTIVA TOTAL (KVAR) | POTENCIA APARENTE TOTAL (KVA) | FACTOR DE POTENCIA |
|-------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| 0.85 | 6 811 | 4 894 | 8 387 | 0.81 |

3.2. Flujo de potencia eléctrica sin motor Síncrono.

El flujo de potencia presentado en la figura 3.1. Flujo de potencia sin motor Síncrono. Es el resultado de una corrida en el Win23px. Utilizando los datos del sistema descritos en el Capítulo II.

Para el presente Flujo se estima una demanda promedio de los otros complejos industriales y la población de Paramonga de 25 MW, cos fi 0.8, 13.8 KV.

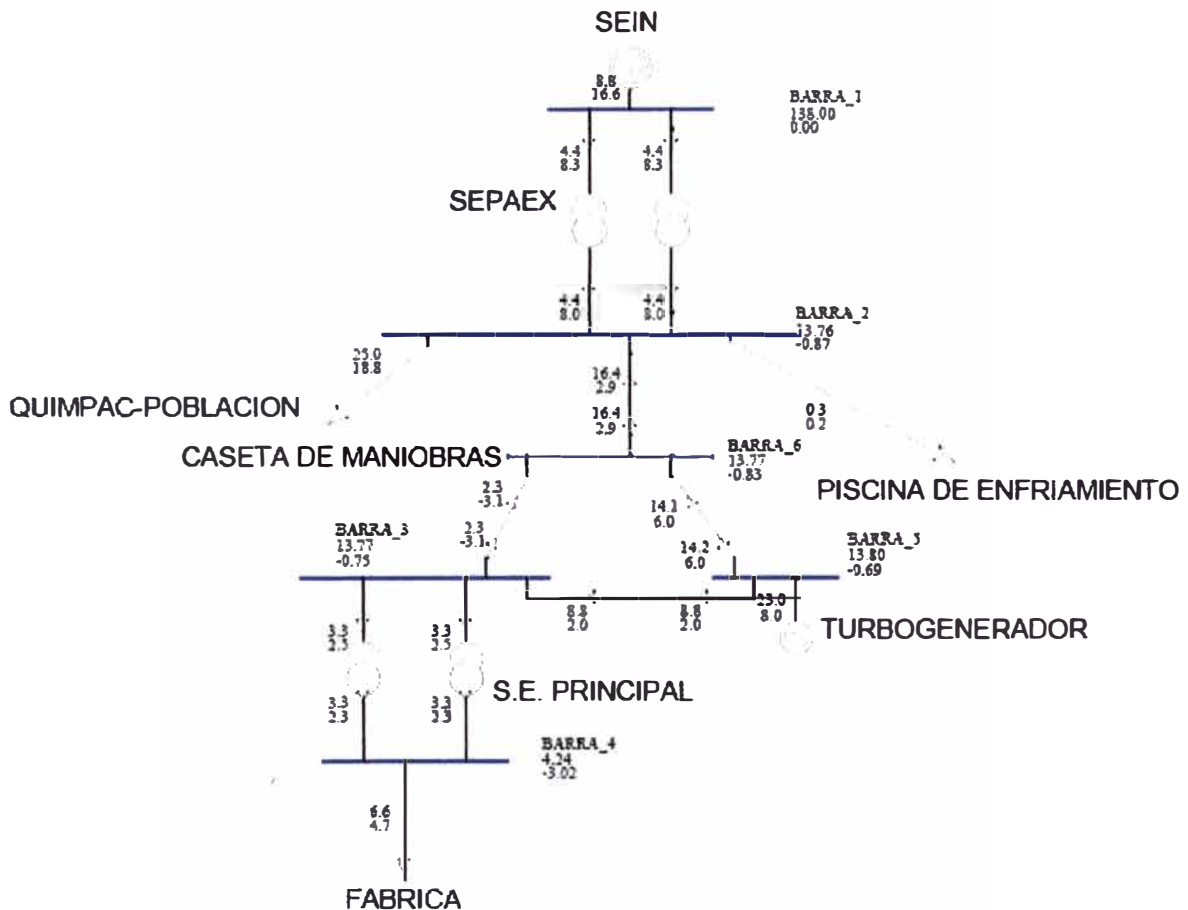


Figura 3.1. Flujo de potencia sin motor Síncrono.

De la figura 3.1. Se describe lo siguiente:

Barra 1: 138 KV $\angle 0^\circ$.

Barra 2: 13.76 KV $\angle -0.87^\circ$.

Barra 3: 13.77 KV $\angle -0.75^\circ$.

Barra 4: 4.24 KV $\angle -3.02^\circ$.

Barra 5: 13.8 KV $\angle -0.69^\circ$.

Barra 6: 13.77 KV $\angle -0.83^\circ$.

Teniendo como unidad de flujo de potencia activa el MW y la potencia reactiva el MVAR.

La demanda de AIP es:

$P = 6.811$ MW

$Q = 4.894$ MVAR

3.3. Falla simétrica sin motor Síncrono.

La corrida de falla simétrica en el Win23px es la que se muestra en la figura 3.2. Falla sin motor Síncrono. De donde se puede observar la potencia de cortocircuito de 618.31 MVA en la barra 1 de 138 KV del SEIN.

La potencia de cortocircuito en la barra 3 de 13.8 KV de la S.E. Principal es de 369.17 MVA.

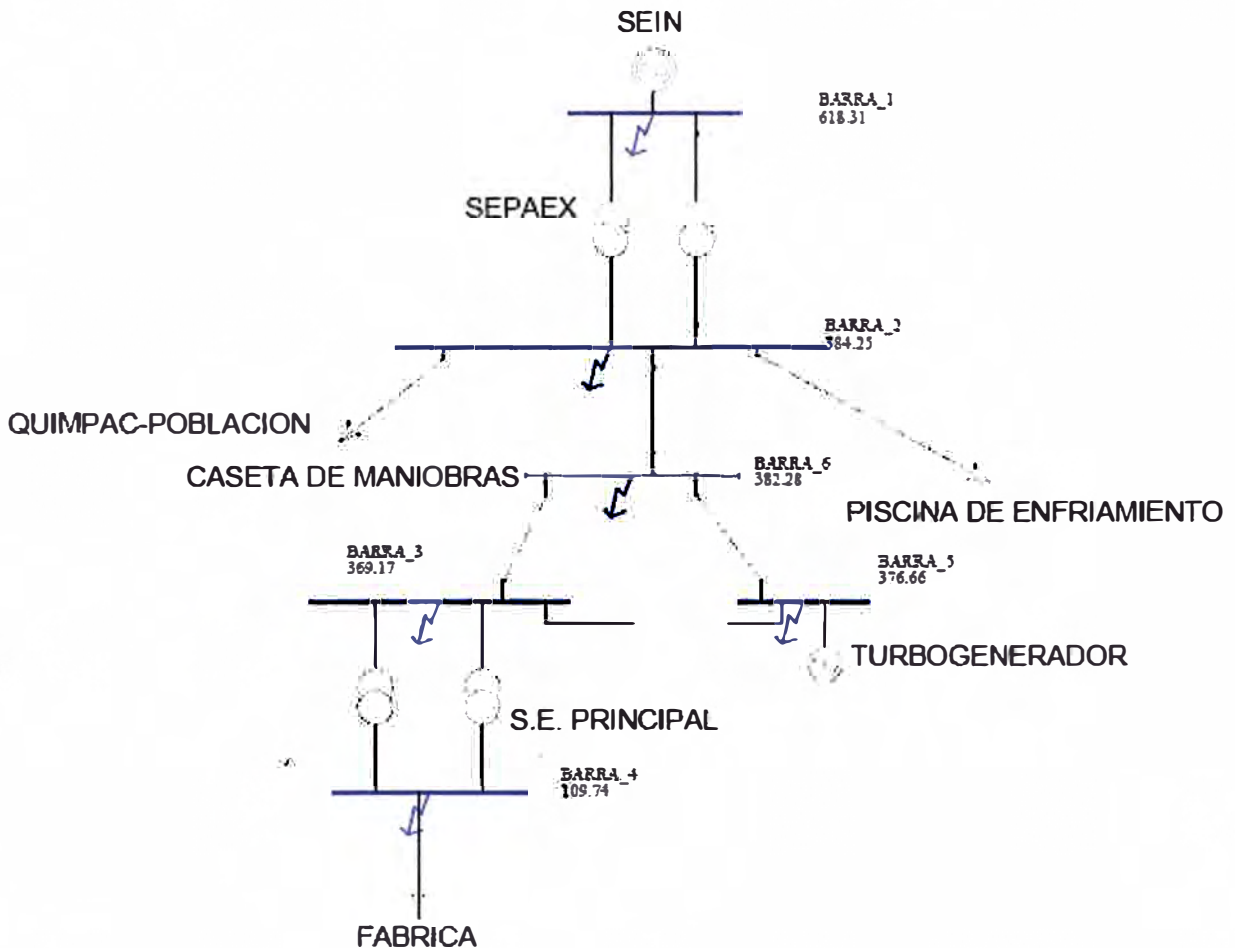


Figura 3.2. Falla sin motor Síncrono.

Donde se tiene que:

Barra 1 - 138 KV: $S_{cc} = 618.31$ MVA, $I_{cc} = 2\ 586.8$ A.

Barra 2 - 13.8 KV: $S_{cc} = 384.25$ MVA, $I_{cc} = 16\ 075.8$ A.

Barra 3 - 13.8 KV: $S_{cc} = 369.17$ MVA, $I_{cc} = 15\ 444.9$ A.

Barra 4 - 4.16 KV: $S_{cc} = 109.74$ MVA, $I_{cc} = 15\ 230.3$ A.

Barra 5 - 13.8 KV: $S_{cc} = 376.66$ MVA, $I_{cc} = 15\ 758.3$ A.

Barra 6 - 13.8 KV: $S_{cc} = 382.28$ MVA, $I_{cc} = 15\ 993.4$ A.

CAPÍTULO IV

CÁLCULOS DE CONSUMOS DE ENERGÍA

El presente capítulo se basa en la costos unitarios promedio de energía de la facturación en el año 2007 como cliente libre de S/. 0.25 / KW-hora, y de S/. 0.036 / KVAR-hora.

4.1. Consumo de Vapor en AIP

4.1.1. Turbina para Desfibrador de 2100 HP

Una turbina típica para esta aplicación, accionamiento de desfibrador de caña de 2 100 HP (1 566 KW) tiene un consumo unitario promedio de 9.62 Kg. de vapor / KW-h (Ver ANEXO B). Por lo tanto al mes se tiene según la formula 4.1.

Consumo de vapor hora = potencia de la turbina (KW) x consumo promedio de vapor
(4.1.)

Consumo de vapor hora = 1 566 KW x 9.62 Kg. de vapor / KW-h

Consumo de vapor hora = 15 064.92 Kg. de vapor por hora

4.1.2. Turbogenerador de 23 MW

El turbogenerador en mención tiene un consumo unitario promedio de 6.6 Kg. de vapor / KW-h. (Ver el ANEXO C).

4.1.3. Cálculo de Generación de energía eléctrica por diferencia de vapor

Debido a la eficiencia del turbogenerador comparado con la eficiencia de la turbina se puede calcular que con el vapor consumido por la turbina se podría generar con el turbogenerador de 23 040 KW una potencia generada según la 4.2. De:

Potencia generada = Consumo de vapor (Kg. de vapor) / consumo unitario promedio (Kg. de vapor / KW-h)
(4.2.)

Potencia generada = 15 064.92 Kg. de vapor por hora / (6.6 Kg. de vapor / KW-h) = 2 282.56 KW.

Por lo tanto se tiene una pérdida de energía eléctrica no generada según la formula 4.3.
De:

Pérdida de energía no generada = Potencia generada por la turbogenerador – potencia consumida por la turbina desfibrador **(4.3.)**

Pérdida de potencia no generada = 2 282.56 KW – 1 566 KW = 716.56 KW.

Al mes se tiene un consumo según la formula 4.4. De:

Pérdida de energía no generada mes = Pérdida de potencia no generada x horas de operación **(4.4.)**

Pérdida de energía no generada mes = 716.56 KW x 638 horas.

Pérdida de energía no generada mes = 457 167.6 KW-h.

Las pérdidas de energía eléctrica no generadas por el uso de turbina para el accionamiento del desfibrador al costo promedio de S/. 0.25 / KW-hora, se tiene según la formula 4.5.

Costo por Pérdidas de energía eléctrica no generada = Pérdida de energía no generada mes (KW-h) x costo unitario de energía (S/. / KW-h) **(4.5.)**

Costo por Pérdidas de energía eléctrica no generada = 457 167.6 KW-h x 0.25 S/. / KW-h.

Costo por Pérdidas de energía eléctrica no generada mes = S/. 114 291.9 sin incluir IGV.

4.2. Consumo de energía eléctrica en AIP

4.2.1. Consumo y costo de energía activa

Definido las cargas eléctricas promedios en el capítulo anterior y basándonos en el pliego tarifario en el año 2007, tenemos que para una operación típica de la Planta de 22 horas de operación por día y 29 días de operación por mes, tenemos que:

- Las horas de operación mensual es de 638 horas.

Por lo tanto los consumos de energía activa al mes sin incluir el consumo del Motor Síncrono según la formula 4.6. es:

Energía activa consumida en KW-h mes = potencia activa total (KW) x horas de operación (4.6.)

Energía activa consumida mes = 6 811 KW x 638 horas.

Energía activa consumida mes = 4 345 418.00 KW-h.

El costo por energía activa al mes se tiene según la formula 4.7.

Costo por energía activa mes (S/.) = energía activa consumida mes (KW-h) x costo unitario de energía activa (S/ / KW-h) (4.7.)

Costo por energía activa mes (S/.) = 4 345 418.00 KW-h x S/. 0.25 / KW-hora

Costo por energía activa mes (S/.) = S/. 1 086 354.50 sin incluir IGV.

4.2.2. Consumo y costo de energía reactiva

Por lo tanto los consumos de energía reactiva al mes sin incluir el consumo del Motor Síncrono se tiene según la formula 4.8.

Energía reactiva consumida en KVAR-hora = potencia reactiva (KVAR) x horas de operación (4.8.)

Energía reactiva en KVAR-hora mes = 4 894 KVAR x 638 horas.

Energía reactiva en KVAR-hora mes = 3 122 372.00 KVAR-h.

El costo por energía reactiva al mes se tiene según la formula 4.9.

Costo por energía reactiva mes (S/.) = energía reactiva consumida mes (KVAR-h) x costo unitario de energía reactiva (S/./ KVAR-h) **(4.9.)**

Costo por energía reactiva mes (S/.) = 3 122 372.00 KVAR-h x S/. 0.036 / KVAR-hora

Costo por energía reactiva mes (S/.) = S/. 112 405.39 sin incluir IGV.

4.2.3. Motor Síncrono

a). Consumo y costo de energía activa consumida

El consumo de energía a plena carga del motor síncrono según datos característicos (ver ANEXO D), es de 1 645 KW-hora teniendo la potencia eléctrica del motor bajo la carga del desfibrador según la formula 4.10.

$P_{\text{motor}} \text{ (KW)} = P_{\text{desfibrador}} \text{ (KW)} \times 100 / \eta_{\text{motor}} \text{ (79\% de carga)}$ **(4.10.)**

Considerando la potencia mecánica absorbida de 1300 KW y la eficiencia del motor eléctrico del orden de 94.79% a un porcentaje de carga de 79%.

$P_{\text{motor}} \text{ (KW)} = 1\ 300 \text{ KW} \times 100 / 94.79 = 1\ 372 \text{ KW}.$

Por lo tanto la energía activa consumida se expresa en la formula 4.11.

Energía activa consumida en KW-h mes = potencia activa total (KW) x horas de operación **(4.11.)**

Energía activa consumida mes = 1 372 KW x 638 horas.

Energía activa consumida mes = 875 336.00 KW-h.

El costo por consumo de energía activa se expresa en la formula 4.12.

Costo por energía activa mes (S/.) = energía activa consumida mes (KW-h) x costo unitario de energía activa (S/./ KW-h) **(4.12.)**

Costo por energía activa mes (S/.) = 875 336.00 KW-h x S/. 0.25 / KW-hora

Costo por energía activa mes (S/.) = S/. 218 834.00 sin incluir IGV.

b). Consumo y costo de energía reactiva generada

La generación de potencia reactiva del motor Síncrono operando sobreexcitado a 0.9 de factor de potencia según datos característicos (ver ANEXO D) es de 797 KVAR en adelanto.

La energía reactiva generada se expresa en la formula 4.13.

Energía reactiva generada mes (KVAR-h) = potencia reactiva del motor Síncrono x horas de operación **(4.13.)**

Energía reactiva generada mes (KVAR-h) = 797 KVAR x 638 horas = 508 486 KVAR-h

El ahorro producido por dejar de consumir energía reactiva por el uso del motor Síncrono operando sobreexcitado a factor de potencia 0.9, se expresa en la formula 4.14.:

Costo de ahorro de energía reactiva generada mes (S/.) = energía reactiva generada mes (KW-h) / costo unitario de energía reactiva (S/./ KVAR-h) **(4.14.)**

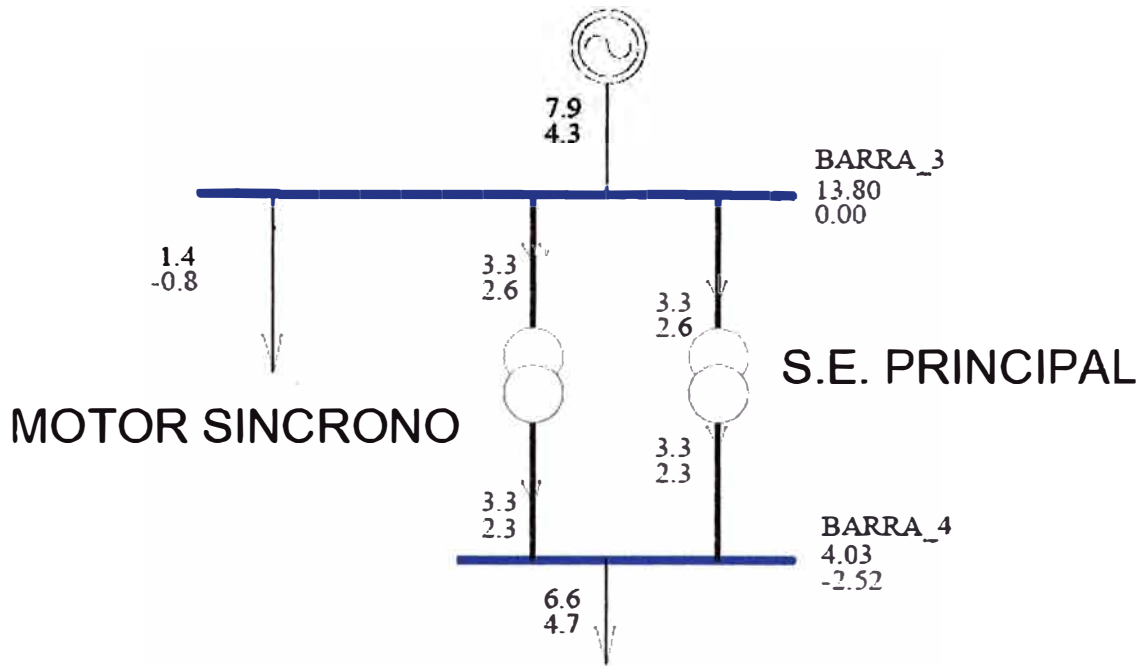
Costo de ahorro de energía reactiva generada mes (S/.) = 508 486 KVAR-h x 0.036 S/./ KVAR-h

Costo de ahorro de energía reactiva generada mes (S/.) = S/. 18 305.49 sin incluir IGV.

c). Flujo de potencia eléctrica con motor Síncrono

El flujo de potencia presentado es según la figura 4.1. Flujo de carga con motor Síncrono. que es el sistema analizado en el Win23px. Utilizando los datos del sistema descritos en el capítulo I.

Para el presente Flujo se estima una demanda promedio de los otros complejos industriales y la población de Paramonga de 25 MW, cos fi 0.8, 13.8 KV.



ELABORACION

Figura 4.1. Flujo de carga con motor Síncrono.

De la figura 4.1. Se describe lo siguiente:

Barra 3: 13.8 KV $\angle 0^\circ$.

Barra 4: 4.03 KV $\angle -2.52^\circ$.

Se tiene que demanda de AIP comprendida por el motor Síncrono, Elaboración y la Piscina de enfriamiento es:

$P = 8.182$ MW

$Q = 4.097$ MVAR

d). Falla simétrica con motor Síncrono

La corrida de falla simétrica en el Win23px es la que se muestra en la figura 4.2. Falla con motor Síncrono. De donde se puede observar la potencia de cortocircuito de 618.31 MVA en la barra 1 de 138 KV del SEIN.

La potencia de cortocircuito en la barra 3 de 13.8 KV de la S.E. Principal es de 383.94 MVA.

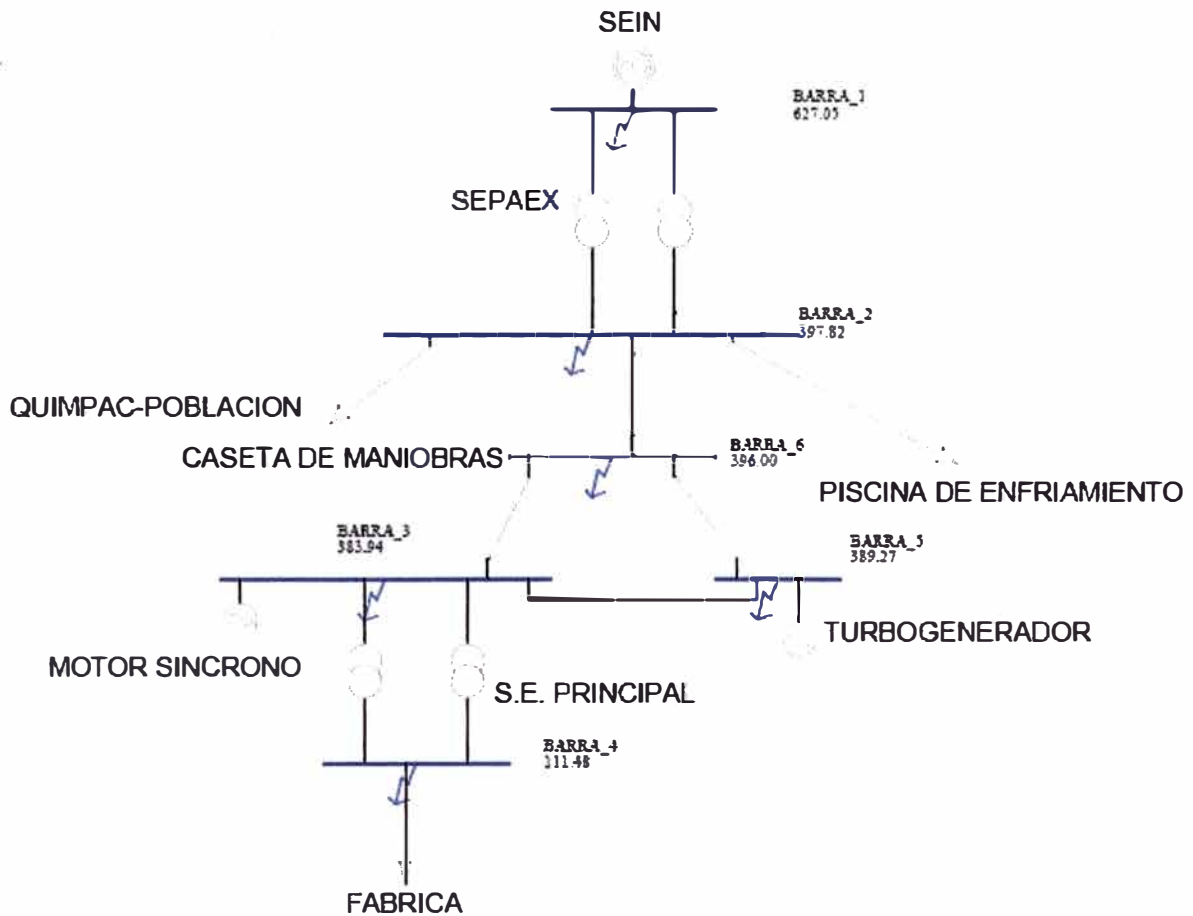


Figura 4.2. Falla con motor Sincrono.

Donde se tiene que:

Barra 1 - 138 KV: $S_{cc} = 627.05$ MVA, $I_{cc} = 2\ 623.3$ A.

Barra 2 - 13.8 KV: $S_{cc} = 397.82$ MVA, $I_{cc} = 16\ 643.5$ A.

Barra 3 - 13.8 KV: $S_{cc} = 383.94$ MVA, $I_{cc} = 16\ 062.8$ A.

Barra 4 - 4.16 KV: $S_{cc} = 111.48$ MVA, $I_{cc} = 15\ 471.8$ A.

Barra 5 - 13.8 KV: $S_{cc} = 389.27$ MVA, $I_{cc} = 16\ 285.8$ A.

Barra 6 - 13.8 KV: $S_{cc} = 396$ MVA, $I_{cc} = 16\ 567.4$ A.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1. Consideraciones previas

5.1.1. Punto de vista de evaluación

AIP con el proyecto Mejora de la Preparación de Caña, se plantea el montaje y puesta en servicio de un Desfibrador de Caña de 220 Ton de caña-hora mejorando la extracción de sacarosa en 0.5 %.

Para este proyecto se plantea con una restricción de capital de S/. 2 700 000.00 sin incluir IGV para el accionamiento electromecánico del Desfibrador de caña Fives Cail.

Conocido por cotizaciones a AIP que el costo de una Turbina de vapor de 2100 HP (ver ANEXO B) asciende a los S/. 1 050 000.00 sin incluir IGV, sin considerar obras civiles por cimentación, ni mano de obra de montaje.

Así mismo el costo aproximado de un Motor Síncrono de 2100 HP, bajo las mismas condiciones comerciales que la Turbina, asciende a los S/. 1 730 000.00 sin incluir IGV, sin considerar obras civiles, ni mano de obra de montaje.

Realizando una comparación entre accesorios de montaje y operación de la turbina como reductora, tuberías de vapor, válvulas, bomba de lubricación, entre otros, con los accesorios de montaje y operación del Motor Síncrono como, acoplamiento hidráulico, alimentadores, arrancador, sistema de excitatriz entre otros. Así como la puesta en servicio para ambas aplicaciones.

Podríamos asumir que el costo adicional por la adquisición de un Motor Síncrono como contrapropuesta a la Turbina de Vapor es de S/. 600 000.00 sin incluir IGV.

El análisis económico en mención se realiza bajo un contexto de inversión privada con restricción de capital, buscando la innovación tecnológica, para garantizar el uso sostenible de los recursos energéticos. Analizando los beneficios que se obtendrían, versus la inversión adicional a la alternativa de Turbina de vapor, como accionamiento típico del desfibrador de caña de menor inversión; sin considerar la depreciación de los de los equipos.

Los ingresos que se analizan son:

- El ahorro de Vapor para generar energía eléctrica con el turbogenerador de mayor eficiencia.
- La reducción en el pago por penalización al consumo de energía reactiva.

Los egresos que se analizan son:

- La inversión adicional por la mejora de la tecnología para el accionamiento del Desfibrador en el año cero del flujo de caja.
- El costo por mantenimiento anual de cada equipo.

5.1.2. Vida útil

Conociendo los accionamientos típicos para un Desfibrador de caña, tales como las Turbinas a Vapor de mediana Potencia y los Motores Eléctricos en media Tensión se pueden considerar como vida útil de estos equipos de 10 años, para el análisis, dado que este valor puede ser superior, debido a la confiabilidad de los sistemas de protección de las Turbinas de Vapor, como de los motores eléctricos de media tensión.

5.1.3. Periodo elemental de evaluación

Se analizaran los 12 primeros meses, desde la puesta en servicio.

Para el cálculo del tiempo de retorno de capital (TRC) se utilizara los meses como unidad de medida.

5.1.4. Cifras monetarias

En el presente informe se utilizaran como moneda el Nuevo Sol en el Flujo de caja.

5.2. Flujo de caja

Esta alternativa para el accionamiento del Desfibrador de caña representa ingresos por ahorro de vapor y generación de energía reactiva según se muestra en el capítulo 5.

5.2.1. Ingresos

- Por ahorro de vapor mensual = S/. 114 291.9
- Por reducción del Pago de energía reactiva mensual = S/. 18 305.49

5.2.2. Egresos

- Inversión adicional por mejora de tecnología = S/. 600 000.00
- Por Mantenimiento mensual = S/. 1 583.33

5.2.3. Valor Actual Neto (VAN)

La siguiente fórmula determina el VAN.

$$VAN = \sum_{n=0}^{12} \frac{BN_n}{(1+i)^n} \quad (6.1)$$

Donde:

BN_n : Beneficio Neto mensual del mes n

i: Tasa de descuento

Teniendo el siguiente flujo de caja en el cuadro 5.1. Flujo de caja.

Cuadro 5.1. Flujo de caja

| MOTOR SÍNCRONO | | | | | |
|----------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------|
| Mes | INGRESOS | | EGRESOS | | Beneficio Neto Mensual |
| | Por ahorro de vapor | Por reducción de energía reactiva | Inversión Adicional | Costo por mantenimiento anual | |
| 0 | S/. 0.00 | S/. 0.00 | S/. 600,000.00 | S/. 0.00 | -S/. 600,000.00 |
| 1 | S/. 114,291.90 | S/. 18,305.49 | S/. 0.00 | S/. 1,583.33 | S/. 131,014.06 |
| 2 | S/. 114,291.90 | S/. 18,305.49 | S/. 0.00 | S/. 1,583.33 | S/. 131,014.06 |
| 3 | S/. 114,291.90 | S/. 18,305.49 | S/. 0.00 | S/. 1,583.33 | S/. 131,014.06 |
| 4 | S/. 114,291.90 | S/. 18,305.49 | S/. 0.00 | S/. 1,583.33 | S/. 131,014.06 |
| 5 | S/. 114,291.90 | S/. 18,305.49 | S/. 0.00 | S/. 1,583.33 | S/. 131,014.06 |
| 6 | S/. 114,291.90 | S/. 18,305.49 | S/. 0.00 | S/. 1,583.33 | S/. 131,014.06 |
| 7 | S/. 114,291.90 | S/. 18,305.49 | S/. 0.00 | S/. 1,583.33 | S/. 131,014.06 |
| 8 | S/. 114,291.90 | S/. 18,305.49 | S/. 0.00 | S/. 1,583.33 | S/. 131,014.06 |
| 9 | S/. 114,291.90 | S/. 18,305.49 | S/. 0.00 | S/. 1,583.33 | S/. 131,014.06 |
| 10 | S/. 114,291.90 | S/. 18,305.49 | S/. 0.00 | S/. 1,583.33 | S/. 131,014.06 |
| 11 | S/. 114,291.90 | S/. 18,305.49 | S/. 0.00 | S/. 1,583.33 | S/. 131,014.06 |
| 12 | S/. 114,291.90 | S/. 18,305.49 | S/. 0.00 | S/. 1,583.33 | S/. 131,014.06 |

Entonces el VAN calculado según la fórmula 5.1 respecto al flujo de caja del cuadro 5.1. Se tiene que:

$$\text{VAN} = \text{S/} 266,081.28$$

5.2.4. Tasa Interna de Retorno (TIR).

La tasa es igual a aquella tasa de descuento que hace el VAN igual a Cero, en términos matemáticos, según la fórmula 6.2.

$$\frac{BN_0}{(1+TIR)^0} = \sum_{n=1}^{10} \frac{BN_n}{(1+TIR)^n} \quad (5.2.)$$

Despejando el TIR de la fórmula 5.2. Respecto al flujo de caja del cuadro 5.1. Se tiene que:

$$\text{TIR} = 19.18\%$$

5.2.5. Tiempo de Retorno de Capital (TRC).

El tiempo que debe transcurrir para que la acumulación de beneficios netos alcance a cubrir la Inversión adicional planteada en el flujo de caja según el cuadro 5.1. Es dentro del primer año.

$$\text{TRC} = \text{Inversión adicional} / \text{Beneficios neto año 1} \quad (5.3.)$$

$$\text{TRC} = \text{S/} 600\,000.00 / \text{S/} 1\,572\,168.6 = 0.38 \text{ años} = 4.5 \text{ meses.}$$

5.2.6. Beneficio Costo (B / C).

El beneficio versus Costo, es considerando al Beneficio como la suma total de los ingresos y al costo como la suma total de los egresos.

Teniendo lo siguiente:

$$\text{Beneficios} = \text{S/} 1\,591\,168.60$$

$$\text{Costo} = \text{S/} 619\,000.00$$

Por lo tanto:

$$B / C = 2.57$$

5.3. Evaluación Financiera

Analizando los criterios económicos desarrollados en el cuadro 5.2. Resumen Económico.

Cuadro 5.2. Resumen Económico.

| ALTERNATIVA | Motor Síncrono |
|--------------------|-----------------------|
| VAN (10%) | S/. 266,081.28 |
| TIR | 19.18% |
| TRC | 4.5 meses |
| B / C | 2.57 |

Según el cuadro 5.2. Se puede observar lo siguiente:

- El VAN > 0.
- TIR > tasa de descuento (10%).
- Tiempo de retorno menor al periodo de análisis.
- Beneficio / Costo > 1.

Parámetros que determinan que la aplicación de Motor Síncrono es atractivo desde el punto de vista económico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El ahorro de vapor conseguido al utilizar íntegramente las 120 Ton de vapor producido por la Caldera Acuotubular CBS a la generación de energía eléctrica mediante el Turbogenerador de 23 MW representa una ventaja relevante para la búsqueda del accionamiento para el Desfibrador de caña Fives Cail, obteniéndose un incremento de 716.56 KW como se muestra en el capítulo IV. Por lo tanto el uso de motores eléctricos para el accionamiento del Desfibrador y los molinos de Caña, es la mejor alternativa frente a las pequeñas turbinas de vapor de baja eficiencia utilizadas comúnmente en la industria azucarera.
2. Como beneficio operativo gracias a su condición de máquina síncrona, el Motor destaca también por su aporte a la estabilidad de la tensión del sistema, aumentando la potencia de corto circuito en la barra 3 en 13.8 KV, desde 369.17 MVA a 383.94 MVA, según lo desarrollado en los capítulos III y IV.
3. La corrección del Factor de potencia gracias a la generación de energía reactiva del motor es de 0.81 a 0.894 del consumo total del sistema de AIP, aporte que se evaluó en el análisis económico del capítulo V.
4. Según el análisis económico en el capítulo VI, destaca al Motor Síncrono por tener un Valor Actual Neto de S/. 266 081.28 sin incluir IGV, como también un Tasa Interna de Retorno considerable de 19.18 %, un Tiempo de Retorno de Capital de 4.5 meses; y un Beneficio costo de 2.57 al año de la puesta en servicio; resulta la adquisición del Motor Síncrono para el accionamiento del Desfibrador Fives Cail una alternativa atractiva desde el punto de vista económico.

Recomendaciones

1. Dada la velocidad requerida por el Desfibrador de caña Fives Cail para garantizar el preparación óptima de la caña de 1000 RPM, es necesario reducir la velocidad aplicada por el motor de 4 polos, para lo cual es recomendable el uso de un acoplamiento hidráulico (Ver ANEXO E) como alternativa para la reducción de velocidad a alta eficiencia.
2. El uso de un acoplamiento hidráulico garantiza el arranque del motor Síncrono como motor de inducción, aprovechando el devanado de amortiguación en el rotor de polos lisos, esto significa una ayuda importante dado al bajo torque de arranque del Motor Síncrono.
3. El arrancador recomendado sería uno de estado sólido, para controlar la corriente de arranque del motor.
4. Como alternativa para el control de la corriente de excitación para el motor Síncrono, se tiene el modelo UNITROL F (ver ANEXO F) para Motor síncrono del tipo BRUSHLESS (sin escobillas), incluyendo configuración dual con dos módulos de excitación idénticos (AFT), con capacidad de operación manual o automático. Un modulo configurado con un control PID del nivel de tensión del sistema y el otro con control PID para la regulación del factor de potencia.

ANEXO A
DESFIBRADOR DE CAÑA FIVES CAIL

CURVA DE TORQUE - RPM DEL DESFIBRADOR

Masa del Martillo

$$Mm := 23.9 \text{ kg}$$

Radio del pivote

$$Rm := 0.460 \text{ m}$$

Numero de martillos

$$Nm := 104$$

Distancia del centro de masa del martillo al pivote

$$Gm := 0.138 \text{ m}$$

Angulo de contacto del martillo con la caña hasta el Desfibrador

$$\psi := \frac{\pi}{3} \text{ rad}$$

Angulo del Yunque

$$\delta := \frac{\pi}{3} \text{ rad}$$

Angulo de deflexion del martillo

$$\theta := \frac{\pi}{130} \text{ rad}$$

Rpm del Rotor

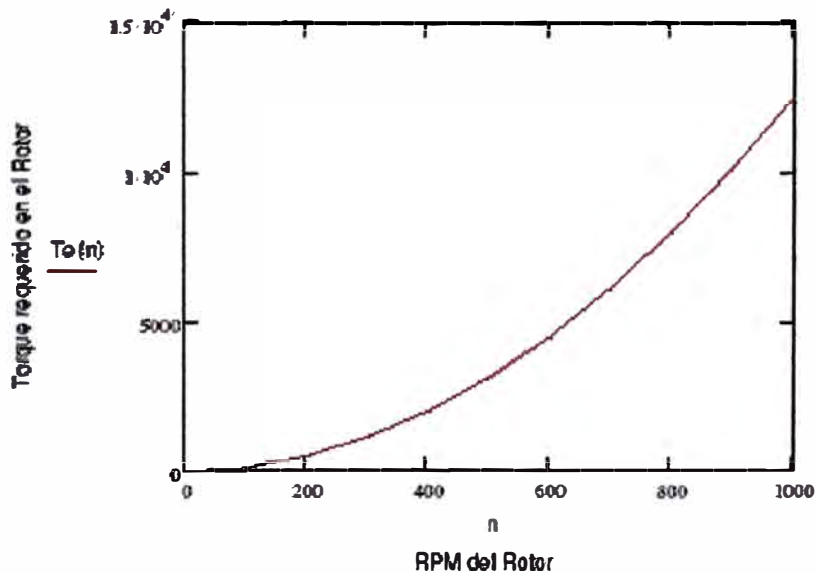
$$n := 1000 \text{ rpm}$$

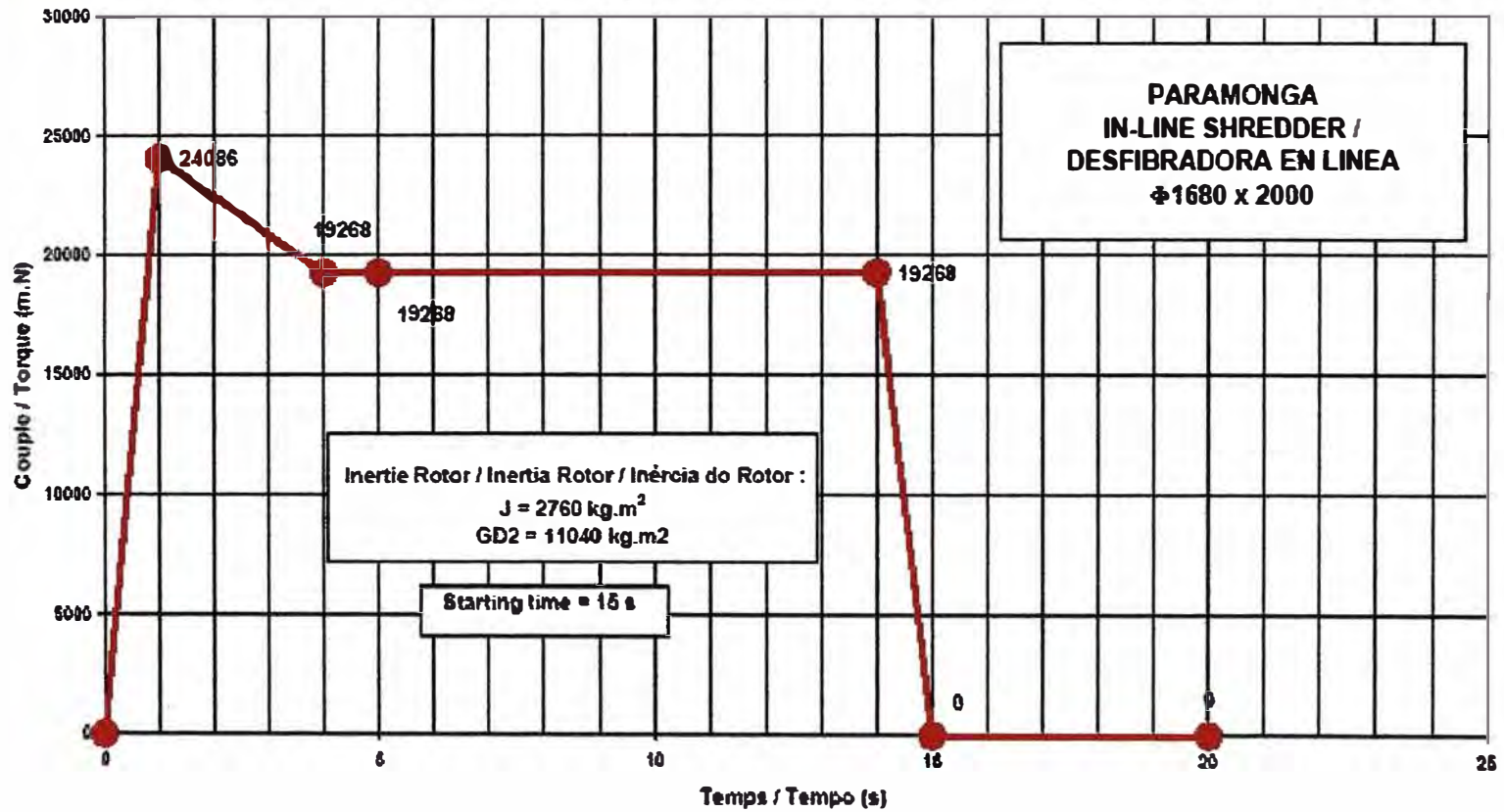
Potencia en el Eje del Desfibrador

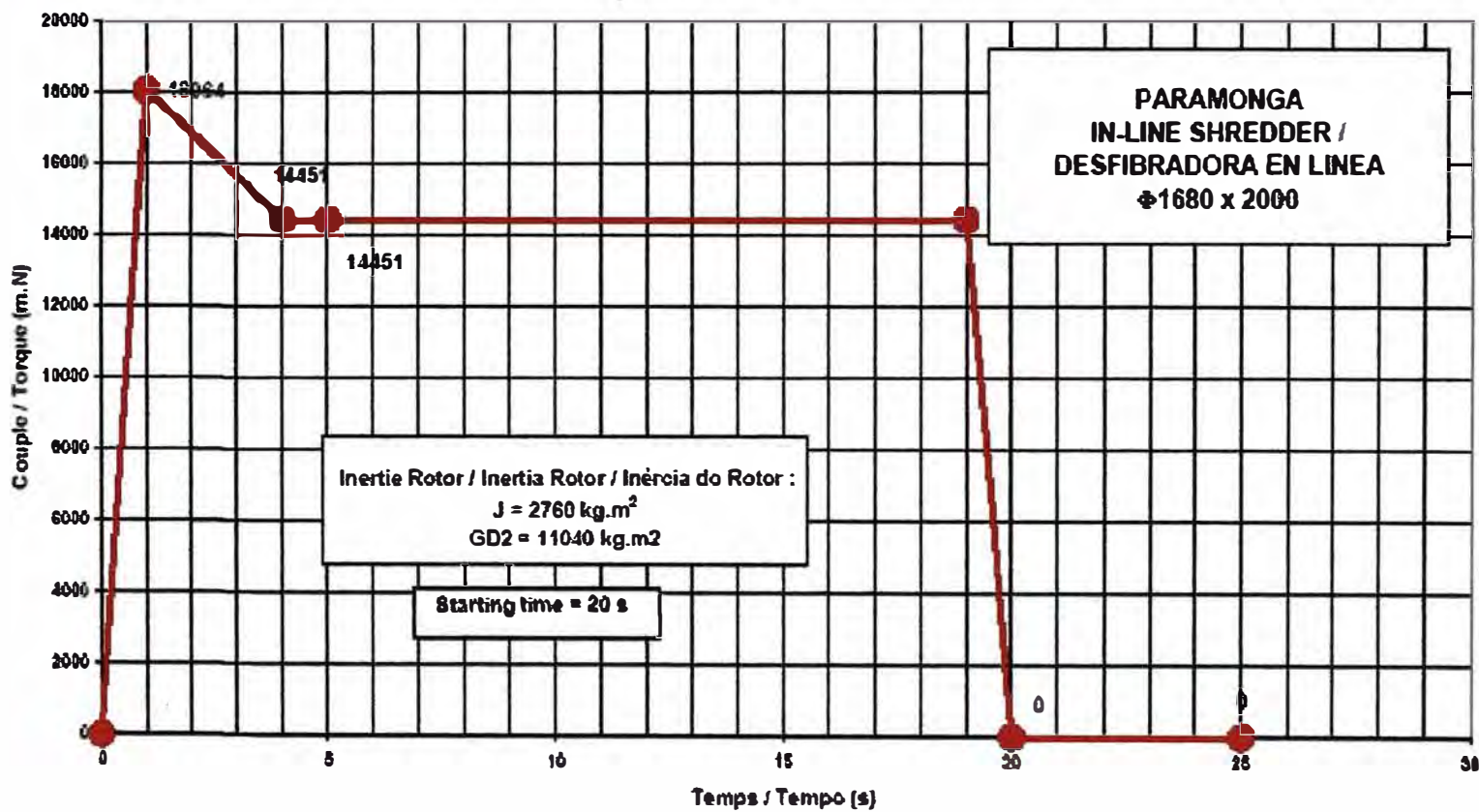
$$Ne := 91.3 \cdot 10^{-9} \cdot Mm \cdot Rm \cdot n^3 \cdot Nm \cdot Gm \cdot (\psi + 2\delta) \cdot \theta \quad Ne = 1306.6 \text{ kW}$$

Torque en el Eje del Desfibrador

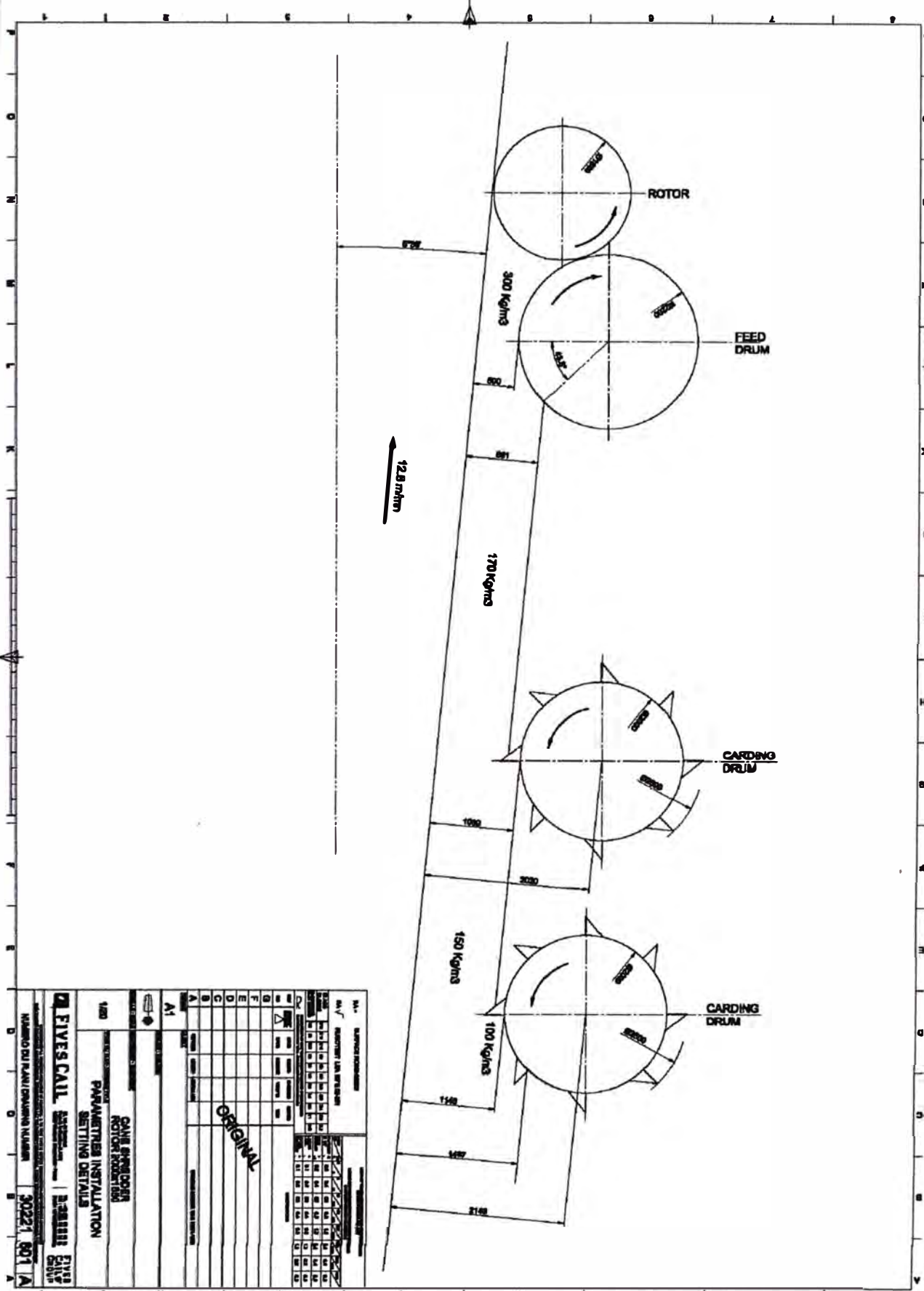
$$Te(n) := \frac{30}{\pi} \cdot 91.3 \cdot 10^{-6} \cdot Mm \cdot Rm \cdot n^2 \cdot Nm \cdot Gm \cdot (\psi + 2\delta) \cdot \theta \quad Te(1000) = 12477.5 \text{ N} \cdot \text{m}$$







Courbe couple démarrage

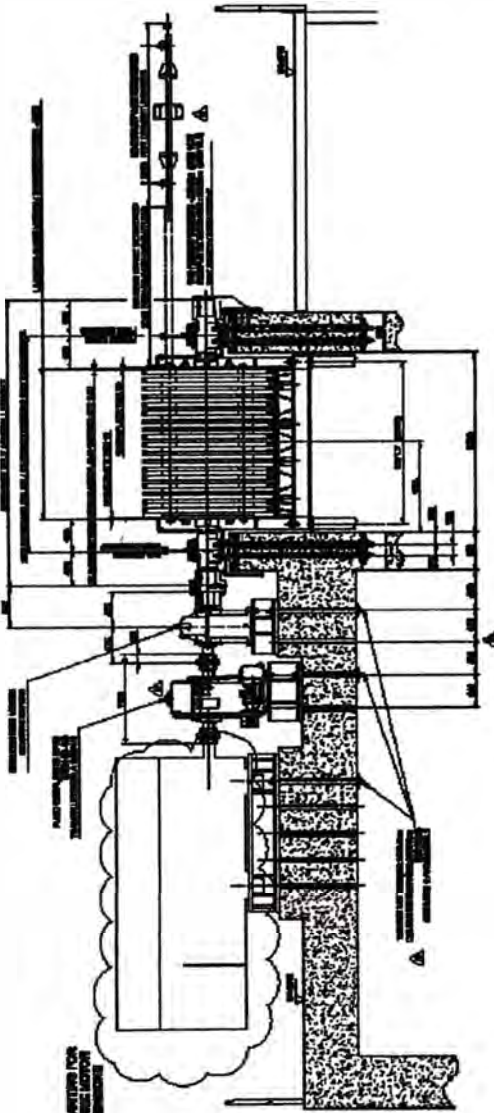


ORIGINAL

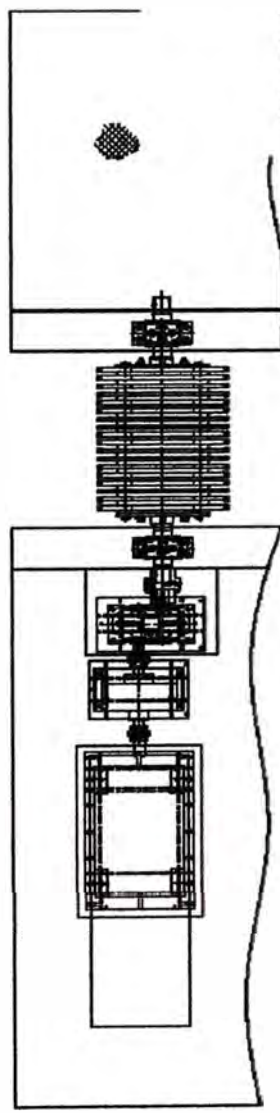
| NO. | DESCRIPTION | DATE | BY |
|-----|-------------|------|----|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |

1480 CANE SHREDDER
 ROTOR RECONSTRUCTION
 PARAMETERS INSTALLATION
 SETTING DETAILS

FIVESCALE SYSTEMS
 30221 801 A



FIELD NUMBER FOR
ELECTRIC LAYOUT
OF INSTRUMENTS

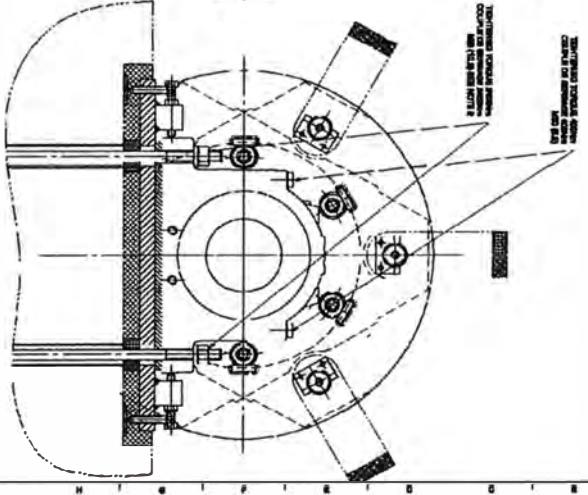
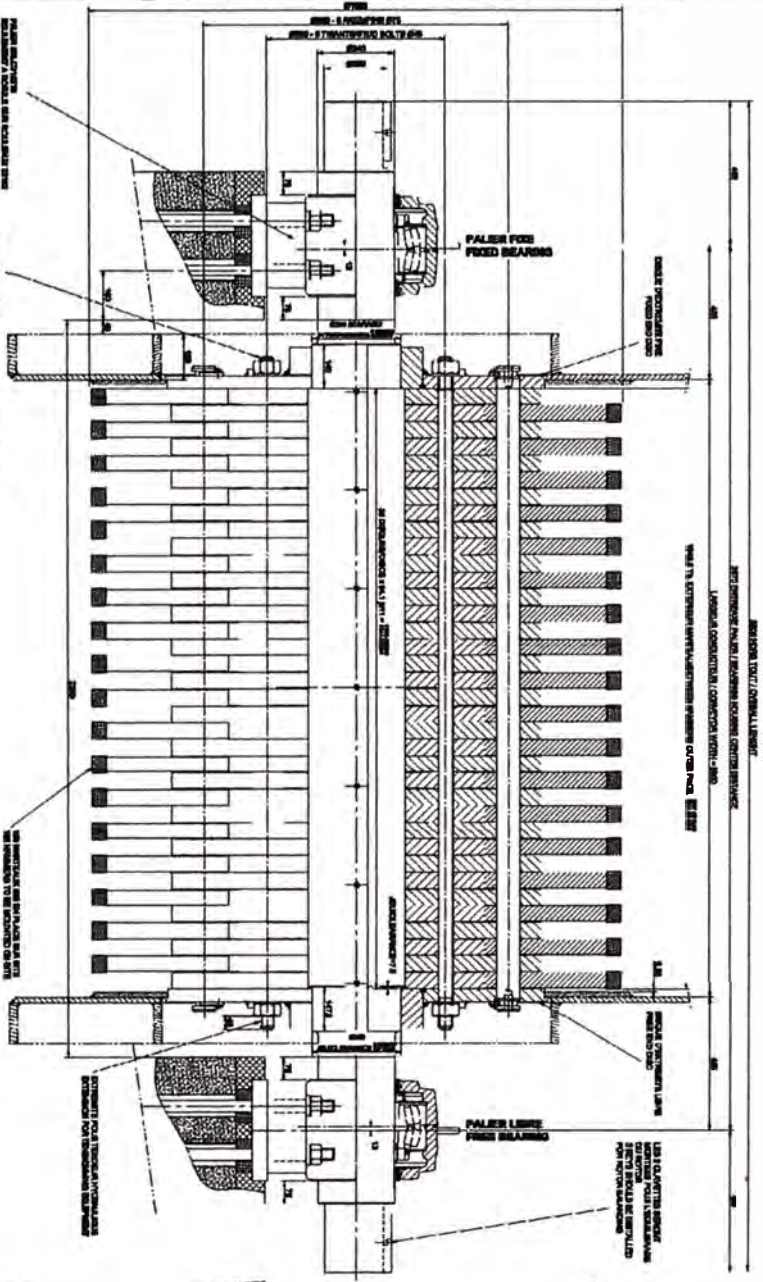


- ▲ SECTION 1
- ▲ SECTION 2
- ▲ SECTION 3
- ▲ SECTION 4
- ▲ SECTION 5
- ▲ SECTION 6
- ▲ SECTION 7
- ▲ SECTION 8
- ▲ SECTION 9
- ▲ SECTION 10
- ▲ SECTION 11
- ▲ SECTION 12
- ▲ SECTION 13
- ▲ SECTION 14
- ▲ SECTION 15
- ▲ SECTION 16
- ▲ SECTION 17
- ▲ SECTION 18
- ▲ SECTION 19
- ▲ SECTION 20
- ▲ SECTION 21
- ▲ SECTION 22
- ▲ SECTION 23
- ▲ SECTION 24
- ▲ SECTION 25
- ▲ SECTION 26
- ▲ SECTION 27
- ▲ SECTION 28
- ▲ SECTION 29
- ▲ SECTION 30
- ▲ SECTION 31
- ▲ SECTION 32
- ▲ SECTION 33
- ▲ SECTION 34
- ▲ SECTION 35
- ▲ SECTION 36
- ▲ SECTION 37
- ▲ SECTION 38
- ▲ SECTION 39
- ▲ SECTION 40
- ▲ SECTION 41
- ▲ SECTION 42
- ▲ SECTION 43
- ▲ SECTION 44
- ▲ SECTION 45
- ▲ SECTION 46
- ▲ SECTION 47
- ▲ SECTION 48
- ▲ SECTION 49
- ▲ SECTION 50

SECTION 1
SECTION 2
SECTION 3
SECTION 4
SECTION 5
SECTION 6
SECTION 7
SECTION 8
SECTION 9
SECTION 10
SECTION 11
SECTION 12
SECTION 13
SECTION 14
SECTION 15
SECTION 16
SECTION 17
SECTION 18
SECTION 19
SECTION 20
SECTION 21
SECTION 22
SECTION 23
SECTION 24
SECTION 25
SECTION 26
SECTION 27
SECTION 28
SECTION 29
SECTION 30
SECTION 31
SECTION 32
SECTION 33
SECTION 34
SECTION 35
SECTION 36
SECTION 37
SECTION 38
SECTION 39
SECTION 40
SECTION 41
SECTION 42
SECTION 43
SECTION 44
SECTION 45
SECTION 46
SECTION 47
SECTION 48
SECTION 49
SECTION 50

| NO. | DESCRIPTION | QTY. | UNIT | REMARKS |
|-----|-------------|------|------|---------|
| 1 | ... | ... | ... | ... |
| 2 | ... | ... | ... | ... |
| 3 | ... | ... | ... | ... |
| 4 | ... | ... | ... | ... |
| 5 | ... | ... | ... | ... |
| 6 | ... | ... | ... | ... |
| 7 | ... | ... | ... | ... |
| 8 | ... | ... | ... | ... |
| 9 | ... | ... | ... | ... |
| 10 | ... | ... | ... | ... |
| 11 | ... | ... | ... | ... |
| 12 | ... | ... | ... | ... |
| 13 | ... | ... | ... | ... |
| 14 | ... | ... | ... | ... |
| 15 | ... | ... | ... | ... |
| 16 | ... | ... | ... | ... |
| 17 | ... | ... | ... | ... |
| 18 | ... | ... | ... | ... |
| 19 | ... | ... | ... | ... |
| 20 | ... | ... | ... | ... |
| 21 | ... | ... | ... | ... |
| 22 | ... | ... | ... | ... |
| 23 | ... | ... | ... | ... |
| 24 | ... | ... | ... | ... |
| 25 | ... | ... | ... | ... |
| 26 | ... | ... | ... | ... |
| 27 | ... | ... | ... | ... |
| 28 | ... | ... | ... | ... |
| 29 | ... | ... | ... | ... |
| 30 | ... | ... | ... | ... |
| 31 | ... | ... | ... | ... |
| 32 | ... | ... | ... | ... |
| 33 | ... | ... | ... | ... |
| 34 | ... | ... | ... | ... |
| 35 | ... | ... | ... | ... |
| 36 | ... | ... | ... | ... |
| 37 | ... | ... | ... | ... |
| 38 | ... | ... | ... | ... |
| 39 | ... | ... | ... | ... |
| 40 | ... | ... | ... | ... |
| 41 | ... | ... | ... | ... |
| 42 | ... | ... | ... | ... |
| 43 | ... | ... | ... | ... |
| 44 | ... | ... | ... | ... |
| 45 | ... | ... | ... | ... |
| 46 | ... | ... | ... | ... |
| 47 | ... | ... | ... | ... |
| 48 | ... | ... | ... | ... |
| 49 | ... | ... | ... | ... |
| 50 | ... | ... | ... | ... |

ENGINEER
DRAWING ROOM
NO. 100
DATE
SCALE



NOTE: THE ROTOR IS TO BE MOUNTED ON THE PALIER FOIX FIXED BEARING AND THE PALIER LIAISON. THE ROTOR IS TO BE MOUNTED ON THE PALIER FOIX FIXED BEARING AND THE PALIER LIAISON. THE ROTOR IS TO BE MOUNTED ON THE PALIER FOIX FIXED BEARING AND THE PALIER LIAISON.

PLAIS A CONSULTER POUR L'ASSEMBLAGE
DRAWINGS TO BE CONSULTED FOR MOUNTING

AGRIER / SHAFT: 3021-400
 DISQUE D'EXTREME ROTOR / ROTOR END DISC: 3021-401
 DISQUE INTERMEDIAIRE / INTERMEDIATE DISC: 3021-402
 AUC UNIFORME / UNIFORM DISC: 3021-403
 AUC INFERIEUR / LOWER DISC: 3021-404

| REV. | DESCRIPTION | DATE | BY | CHKD. |
|------|----------------|------------|---------------|---------------|
| 1 | INITIAL DESIGN | 1971-05-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 2 | REVISED DESIGN | 1971-06-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 3 | REVISED DESIGN | 1971-06-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 4 | REVISED DESIGN | 1971-07-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 5 | REVISED DESIGN | 1971-07-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 6 | REVISED DESIGN | 1971-08-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 7 | REVISED DESIGN | 1971-08-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 8 | REVISED DESIGN | 1971-09-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 9 | REVISED DESIGN | 1971-09-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 10 | REVISED DESIGN | 1971-10-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 11 | REVISED DESIGN | 1971-10-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 12 | REVISED DESIGN | 1971-11-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 13 | REVISED DESIGN | 1971-11-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 14 | REVISED DESIGN | 1971-12-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 15 | REVISED DESIGN | 1971-12-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 16 | REVISED DESIGN | 1972-01-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 17 | REVISED DESIGN | 1972-01-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 18 | REVISED DESIGN | 1972-02-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 19 | REVISED DESIGN | 1972-02-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 20 | REVISED DESIGN | 1972-03-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 21 | REVISED DESIGN | 1972-03-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 22 | REVISED DESIGN | 1972-04-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 23 | REVISED DESIGN | 1972-04-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 24 | REVISED DESIGN | 1972-05-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 25 | REVISED DESIGN | 1972-05-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 26 | REVISED DESIGN | 1972-06-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 27 | REVISED DESIGN | 1972-06-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 28 | REVISED DESIGN | 1972-07-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 29 | REVISED DESIGN | 1972-07-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 30 | REVISED DESIGN | 1972-08-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 31 | REVISED DESIGN | 1972-08-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 32 | REVISED DESIGN | 1972-09-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 33 | REVISED DESIGN | 1972-09-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 34 | REVISED DESIGN | 1972-10-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 35 | REVISED DESIGN | 1972-10-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 36 | REVISED DESIGN | 1972-11-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 37 | REVISED DESIGN | 1972-11-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 38 | REVISED DESIGN | 1972-12-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 39 | REVISED DESIGN | 1972-12-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 40 | REVISED DESIGN | 1973-01-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 41 | REVISED DESIGN | 1973-01-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 42 | REVISED DESIGN | 1973-02-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 43 | REVISED DESIGN | 1973-02-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 44 | REVISED DESIGN | 1973-03-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 45 | REVISED DESIGN | 1973-03-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 46 | REVISED DESIGN | 1973-04-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 47 | REVISED DESIGN | 1973-04-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 48 | REVISED DESIGN | 1973-05-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 49 | REVISED DESIGN | 1973-05-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 50 | REVISED DESIGN | 1973-06-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 51 | REVISED DESIGN | 1973-06-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 52 | REVISED DESIGN | 1973-07-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 53 | REVISED DESIGN | 1973-07-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 54 | REVISED DESIGN | 1973-08-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 55 | REVISED DESIGN | 1973-08-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 56 | REVISED DESIGN | 1973-09-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 57 | REVISED DESIGN | 1973-09-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 58 | REVISED DESIGN | 1973-10-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 59 | REVISED DESIGN | 1973-10-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 60 | REVISED DESIGN | 1973-11-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 61 | REVISED DESIGN | 1973-11-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 62 | REVISED DESIGN | 1973-12-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 63 | REVISED DESIGN | 1973-12-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 64 | REVISED DESIGN | 1974-01-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 65 | REVISED DESIGN | 1974-01-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 66 | REVISED DESIGN | 1974-02-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 67 | REVISED DESIGN | 1974-02-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 68 | REVISED DESIGN | 1974-03-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 69 | REVISED DESIGN | 1974-03-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 70 | REVISED DESIGN | 1974-04-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 71 | REVISED DESIGN | 1974-04-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 72 | REVISED DESIGN | 1974-05-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 73 | REVISED DESIGN | 1974-05-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 74 | REVISED DESIGN | 1974-06-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 75 | REVISED DESIGN | 1974-06-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 76 | REVISED DESIGN | 1974-07-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 77 | REVISED DESIGN | 1974-07-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 78 | REVISED DESIGN | 1974-08-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 79 | REVISED DESIGN | 1974-08-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 80 | REVISED DESIGN | 1974-09-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 81 | REVISED DESIGN | 1974-09-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 82 | REVISED DESIGN | 1974-10-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 83 | REVISED DESIGN | 1974-10-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 84 | REVISED DESIGN | 1974-11-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 85 | REVISED DESIGN | 1974-11-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 86 | REVISED DESIGN | 1974-12-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 87 | REVISED DESIGN | 1974-12-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 88 | REVISED DESIGN | 1975-01-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 89 | REVISED DESIGN | 1975-01-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 90 | REVISED DESIGN | 1975-02-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 91 | REVISED DESIGN | 1975-02-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 92 | REVISED DESIGN | 1975-03-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 93 | REVISED DESIGN | 1975-03-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 94 | REVISED DESIGN | 1975-04-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 95 | REVISED DESIGN | 1975-04-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 96 | REVISED DESIGN | 1975-05-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 97 | REVISED DESIGN | 1975-05-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 98 | REVISED DESIGN | 1975-06-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 99 | REVISED DESIGN | 1975-06-15 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |
| 100 | REVISED DESIGN | 1975-07-01 | J. D. CALVERT | J. D. CALVERT |

DESIGNER: J. D. CALVERT

CHECKED: J. D. CALVERT

DATE: 1973-05-15

PROJECT: ROTOR ASSEMBLY

DRAWING NO: 3021-400

SCALE: 1:1

APPROVED: J. D. CALVERT

DATE: 1973-05-15

ANEXO B
TURBINA A VAPOR DE 2100 HP



TURBINA PARA ACCIONAMIENTO DE DESFIBRADOR

1. Condiciones de operación:

Equipo accionado..... Desfibrador
Potencia transmitida..... 2.200 HP
Rotación de la turbina 6.167 rpm
Rotación normal del equipo accionado 1.000 rpm

| Condiciones de Vapor | Normal | Unidad |
|-------------------------|--------|--------|
| Presión de admisión | 600 | Psig |
| Temperatura de admisión | 400 | °C |
| Presión de salida | 20 | Psig |

2. Características técnicas de la turbina:

Modelo DME 500
Tipo Contrapresión
Rotor 1 Curtis + 2 Rateau
Tipo del rotor Montado
Numero de válvulas automáticas de control 3
Numero de válvulas de emergencia 1
Conexión de admisión Ø 6" 600# RF
Conexión de salida Ø 12" 150# RF
Limites de aplicación para las carcazas:
Presión de admisión 609 psig
Temperatura de admisión 400 °C
Presión de salida 58 psig

3. Características técnicas del reductor:

Modelo F1D-590
Construcción Ejes paralelos / Simple reducción
Rotación de entrada 6.167 rpm
Rotación de salida 1.000 rpm
Relación de reducción (aproximada) 1 : 6,167
Potencia transmitida 2.200 HP
Factor de servicio (mínimo) fs=2,00
Norma de construcción AGMA 6011-G92



4. Principales materiales de la turbina:

| | |
|--|----------------|
| Carcaza superior | ASTM A 217 WC1 |
| Carcaza inferior..... | ASTM A 217 WC1 |
| Cuerpo de válvula | ASTM A 217 WC1 |
| Rotor eje..... | AISI 4140 |
| Rotor ruedas | AISI 4340 |
| Alabes | AISI 410 |
| Cintas de cobertura..... | AISI 410 |
| Tobera..... | ASTM A36 |
| Diáfragmas..... | ASTM A36 |
| Vástago de la válvula de regulación..... | E-8550 |
| Revestimiento de las chumaceras | Metal patente |

5. Principales materiales del reductor:

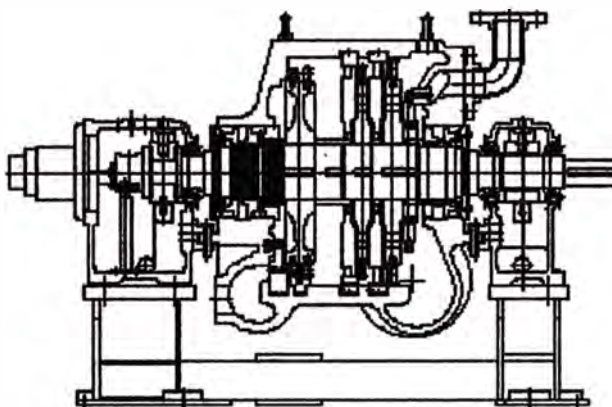
| | |
|---------------------------------------|---------------|
| Carcasas superior y inferior | ASTM A 48 30C |
| Eje piñón de entrada | DIN 17CrNiMo6 |
| Engranaje de salida..... | AISI-4340 |
| Eje de salida..... | AISI-4140 |
| Cubos | ASTM A 48 30C |
| Anillos de aceite | Cobre |
| Revestimiento de las chumaceras | Metal patente |

NG reservase en lo directo de sustituir los materiales arriba, en la fase de proyecto, por otro equivalente sien perjuicio de la calidad final de producto.

6. Alcance del Suministro:

6.1. Turbina:

Carcasas en acero fundido, horizontal, bipartida axialmente, soportada a través de su línea de centro, permitiendo la rápida retirada de su parte superior para acceso al rotor y demás partes internas, la carcasa incorpora una válvula centinela.

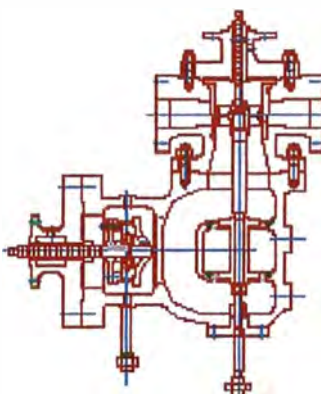


Dibujos apenas para referencia.

Cuerpo de válvula combinada de parada y emergencia en acero fundido, separado de las carcavas incorporando la multi-válvula automática de control.

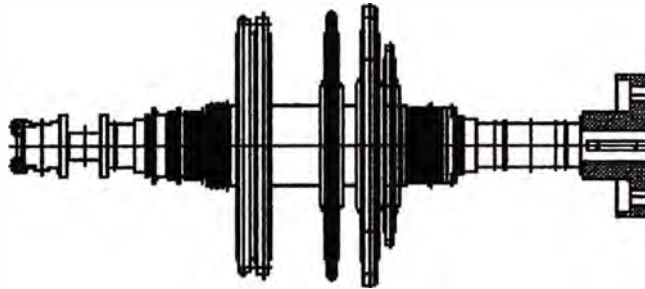
Multi-válvulas de control, con accionamiento directo a través de un regulador hidráulico, garantido un bueno desempeño de la turbina en cargas parciales. As válvulas son montadas verticalmente, eliminando los inconvenientes de guía y apoyo como las válvulas tipo horizontal que movi mientan continuamente.

Válvula combinada de parada y emergencia, operada mecánica/hidráulicamente, permite la parada normal o el cierre rápido, en caso de emergencia, durante la operación de la turbina.



Rotor de la turbina es fabricado en acero forjado, montado, después del desbaste es tratado térmicamente y testado por ultra-sonido.

El rotor es balanceado estáticamente en cada fase del proceso de empajar y finalmente, balanceado dinámicamente con alto grado de precisión. Esto asegura un funcionamiento suave del mismo y garantiza una larga vida a los cojinetes.



Chumacera radial frontal y radial trasera de lo tipo de deslizamiento, revestidas con metal patente.

Laberintos metálicos de vapor en acero inoxidable, con sistema de exhausto, incluyendo eyector de vapor.

6.2. Sistema de control de velocidad con:

Fabricante Woodward
 Modelo Peak 150
 Tipo de señal Electrónico
 Transmisión de lo señal para lo regulador Pick-up magnético
 Clase de regulación..... Nema D

Convertidor electro/hidráulico fabricado pela Woodward modelo CPC.

Actuator hidráulico fabricado pela NG.

Transmisión para accionamiento de las válvulas de control: Conexión directa.

6.3. Base metálica para la turbina en estructura soldada, incluyendo pernos de anclaje, tornillos niveladores.

Placa de base para el reductor, incluyendo pernos de anclaje, tornillos niveladores.



6.4. Sistema de lubricación:

Lo sistema de lubricación consiste de una unidad centralizada de aceite para las chumaceras da turbina, como también para lo circuito de aceite de control da turbina, comprendiendo:

Tanque de aceite en acero carbono con visor de nivel, respiro y drenó.

| | |
|----------|-----------------------------------|
| Material | Acero carbono |
| Montaje | Separado de la base de la turbina |

Enfrenador de aceite simples, con válvula de cambio rápido

| | | |
|--|-----------------------|---------------------|
| Tipo | | Simple |
| Temperatura máxima agua de enfriamiento | °C | 30 |
| Temperatura (aprox.) salida agua de enfriamiento | °C | 35 |
| Presión agua de enfriamiento | kgf/cm ² g | 2,0 |
| Caída de presión | kgf/cm ² g | 0,3 |
| Temperatura (aprox.) de salida do aceite | °C | 45 |
| Flujo de agua (aprox.) | m ³ /hr | 18 |
| Capacidad do enfrenador | | 100% |
| Materiales | | |
| Tubos | | ASTM A 289-TP304 CC |
| Espejos | | ASTM A 285 C |
| Cámara de agua | | ASTM A 285 C |
| Casco | | ASTM A 285 C |

Filtro de aceite doble para el sistema de lubricación con cambio rápido.

| | | |
|---------------------------------|-----------------------|------------------|
| Fabricante | | Plenty |
| Tipo | | Doble |
| Malla del filtro | mm | 0,075 |
| Caída de presión | kgf/cm ² g | 0,5 |
| Material del elemento filtrante | | Acero inoxidable |

Bomba principal de aceite de lubricación/control, accionada a través de lo eje de baja rotación del reductor de velocidad.

| | | |
|----------------------|-----------------------|----------------------------------|
| Fabricante | | Netzsch |
| Tipo | | Tornillos |
| Presión de operación | kgf/cm ² g | 8,0 |
| Accionamiento | | Eje de baja rotación do reductor |
| Rotación | rpm | 1.000 |



Bomba de aceite auxiliar de lubricación, accionada a través de motor eléctrico CA.

| | | |
|----------------------|-----------------------|------------------|
| Fabricante | | Parker o similar |
| Tipo | | Engranaje |
| Presión de operación | kgf/cm ² g | 8,0 |
| Accionamiento | | Motor eléctrico |
| Ciclos | Hz | 60 |
| Rotación | | 1.760 |
| Forma constructiva | | B 3D |
| Clase de protección | | IPW 55 |

Válvulas de control de presión, retención, bloqueo, placa de orificio y visores de flujo.

Tuberías de aceite en acero al carbón.

Visores de flujo en lo retomo de aceite de las chumaceras de la turbina.

OBS: Aceite de lubricación conforme ISO VG-68.



9. Datos y curvas de consumo:

| Condiciones de Vapor | Normal | Unidad |
|-----------------------------|--------|--------|
| Presión de admisión | 600 | Psig |
| Temperatura de admisión | 400 | °C |
| Presión de salida | 20 | Psig |
| Potencia transmitida | 2.200 | HP |
| Flujo de vapor | 15.800 | kg/h |
| Consumo específico de vapor | 7,18 | kg/hph |
| Tolerancia de performance | 3 | % |

Notas:

1. Eficiencia considerada del reductor es 97,5%.
2. La garantía de performance es válida para la condición normal de vapor, con las válvulas de regulación completamente abiertas y con los alabes y diafragmas sin depósitos, de acuerdo con las condiciones establecidas en "The Turbin Acceptance Tests on Steam Turbines (VDI-Steam Turbina Regulations) DIN 1943" Edición de Febrero de 1975. Los testes, cuando requeridos, deben ser ejecutados a expensas de lo cliente, en 90 días de data de entrada en operación de la turbina. Todos los materiales para realización por suministro de lo cliente.
3. Nivel máximo de vibración conforme VDI 2056, Grupo T (ISO 2372 Clase IV – Lista B).
4. Nivel máximo de ruido 90 ± 2 dB(A) a 1 metro de lo equipo.

ANEXO C
TURBOGENERADOR DE 23 MW

2 - Site Conditions

Rev. Line

1 2.1. Installation data

2 Installation type:

Power House (indoor)

4 Altitude:

< 1.000 meters above the sea level

5 Area classification:

Not hazardous area and Seismic zone (0,4 g acceleration)

6 2.2. Cooling water (to be confirmed)

10 Water source:

Cooling water tower

Pressure:

| min | nor | max | bar g |
|-----|-----|-----|-------|
| 2,0 | 3,0 | 4,0 | |

11 Specification:

As per technical proposal

Temperature:

| min | nor | max | °C |
|-----|-----|-----|----|
| 28 | 30 | 32 | |

14 2.3. Desuperheating water

16 Applicable:

Yes
 No

Pressure:

- bar g

Temperature:

- °C

20 2.4. Steam for sealing system and service ejectors

22 Sealing:

Front Brq. Rear Brq.

Ejectors:

23 Pressure:

| Front Brq. | Rear Brq. | bar g |
|------------|-----------|-------|
| 41,4 | 41,4 | |

23 Pressure:

| bar g |
|-------|
| 41,4 |

24 Temperature:

| Front Brq. | Rear Brq. | °C |
|------------|-----------|----|
| 400 | 300 ** | |

24 Temperature:

| °C |
|-----|
| 400 |

25 Other info:

Other info:

27 * This steam shall come from an existint source of the plant, or through the live steam after a pressure
28 reduction station. ** The same for this steam but with dessuperheater. Pressure reduction station
29 and dessuperheater are not included in the scope of supply.

31 2.5. Compressed air

33 Service air:

Not applicable

Instrument air:

Yes

34 Pressure:

| min | nor | max | bar g |
|-----|-----|-----|-------|
| - | - | - | |

34 Pressure:

| min | nor | max | bar g |
|-----|-----|-----|-------|
| - | 7,0 | - | |

35 Temperature:

| min | nor | max | °C |
|-----|-----|-----|----|
| - | - | - | |

35 Temperature:

| min | nor | max | °C |
|-----|-----|-----|----|
| - | 30 | - | |

39 2.6. Nitrogen

41 Quality:

Not applicable

Pressure:

| min | nor | max | bar abs |
|-----|-----|-----|---------|
| - | - | - | |

Temperature:

| min | nor | max | °C |
|-----|-----|-----|----|
| - | - | - | |

43 2.7. Electric voltage levels Preliminary values considered. Need to be confirmed by client.

47 Solenoid feeding:

Voltage

Frequency

48 Control system feeding:

24 Vdc

-

49 Auxiliary Control system feeding:

125 Vdc

-

50 AC motors feeding:

220 Vac

60 Hz

51 DC motors feeding:

380 Vac

60 Hz - 3 phase

125 Vdc

-

3 - Performance

Rev. Libs

3.1.1 Operation conditions.

| Load Point | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Live Steam | | | | | | | | |
| Pressure | 600,0 | 600,0 | 600,0 | 600,0 | 600,0 | 600,0 | 600,0 | Psi g |
| Temperature | 760 | 750 | 750 | 760 | 750 | 750 | 750 | °F |
| Flow | 120,0 | 70,0 | 120,0 | 130,0 | 130,0 | 85,0 | 95,0 | t/h |
| Bleed Steam | | | | | | | | |
| Pressure | 139,4 | - | - | 154,0 | - | - | - | Psi g |
| Temperature | 484 | - | - | 484 | - | - | - | °F |
| Flow | 8,0 | - | - | 8,0 | - | - | - | t/h |
| Extraction Steam | | | | | | | | |
| Pressure | 20,0 | - | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | Psi g |
| Temperature | 259 | - | 259 | 259 | 259 | 259 | 259 | °F |
| Flow | 90,0 | - | 80,0 | 90,0 | 80,0 | 49,0 | 90,0 | t/h |
| Pressure | - | - | - | - | - | - | - | Psi g |
| Temperature | - | - | - | - | - | - | - | °F |
| Flow | - | - | - | - | - | - | - | t/h |
| Exhaust Steam | | | | | | | | |
| Pressure | 1,595 | 2,321 | 2,031 | 1,740 | 1,885 | 1,740 | 0,870 | Psi a |
| Temperature | 118 | 131 | 127 | 120 | 124 | 120 | 151 | °F |
| Flow | 22,0 | 70,0 | 40,0 | 32,0 | 50,0 | 36,0 | 5,0 | t/h |
| Enthalpy | 2,441 | 2,383 | 2,372 | 2,389 | 2,346 | 2,381 | 2,624 | kJ/kg |
| Power at generator terminals | 18.100 | 15.160 | 20.480 | 20.540 | 23.040 | 14.850 | 13.210 | kW |
| Turbine speed | 7.500 | 7.500 | 7.500 | 7.500 | 7.500 | 7.500 | 7.500 | rpm |
| Guarantee points | | | | | x | | | - |
| Construction tolerance | | | | | 1.0 | | | % |

Remarks:

Gearbox performance considered for calculations above

| | |
|------------|-------|
| Load | 100% |
| Efficiency | 98,5% |

Generator performances considered for calculations above:

| | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| Load | 100% | 75% | 50% | 25% |
| Efficiency | 97,5% | 96,9% | 96,7% | 95,8% |

3.1.2 Performance guarantees

Guaranteed values according to procedures of DIN VDI 1943, February of 1975.

Guarantee points and tolerance according to item 3.1.1. Not included consumptions of auxiliary equipment.

Please see more details on the document "Guarantees And Operational Conditions" attached on technical proposal.

4 - Construction

Rev Line

4.1. Manufacture Standards

DIN
 Other

If other, specify:

4.2. Design parameters

According to IEC publication 45.

Pressure: Psi g
Temperature: °F

4.3. Driven machine

4.4. Rotation sense Viewed from turbine to driven machine.

Turbine:

Clockwise (CW)
 Counter-clockwise (CCW)

Driven machine:

Clockwise (CW)
 Counter-clockwise (CCW)

4.5. Noise level for TG set

4.6. Vibration level for turbine

4.7. Connection flanges

Preliminary datas to be confirmed after order

| | Live steam | Bleed | Extraction | Exhaust |
|-----------|------------|-------|------------|---------|
| NP | | | | |
| ND | | | | |
| Standard | | | | |
| Direction | | | | |

| | Live steam | Bleed | Extraction | Exhaust |
|-----------|-----------------------|------------|-----------------------------|---------------------|
| NP | 12 inches | 6 inches | 2 x 18 inches | 1.160 mm x 1.730 mm |
| ND | 900 psig | 150 psig | 150 psig | 150 psig |
| Standard | ANSI B16.5 | ANSI B16.5 | ANSI B16.5 | Siemens |
| Direction | downward \ right side | upward | upper casing (left + right) | downward |

4.8. Materials Preliminary datas

Inlet turbine, emergency stop valve and nozzle casings:
Control valve chest:
Exhaust turbine casing:
Rotor:
Nozzles:
Stading:
Bearing housing:
Bearing liners:
Oil tank:
Lube oil piping:
Control oil piping:
Identification plate:

| |
|-------------------|
| ASTM A217 WC6 |
| ASTM A217 WC6 |
| ASTM A-36 |
| DIN 28 CrMoNiV4.9 |
| DIN X20CrMo13 |
| DIN X22CrMoV121 |
| ASTM A 278 CL 35 |
| Babbit metal |
| Carbon steel |
| Carbon steel |
| Carbon steel |
| Stainless steel |

PROJ NO: OT.PU.027.06.01

NUMBER: FD.027.06.01

SHEET: 5 of 12

CLIENT: Agroindustrial Paramonga S.A.A.

REVISION: 2

TURBINE: SST-300

5 - Auxiliaries and Accessories

Rev List

5.1. Identification plate

- Standard Siemens
- Acc. to API-612

5.2. Control system

| | |
|--------------------------------|--|
| Speed control: | Woodward 505E, electronic type |
| Current-to-pressure converter: | 2 x Woodward CPC |
| Overspeed protection: | Woodward Protech 203, electronic protection system (2 of 3 voting) |
| Speed sensor: | 3 x speed pickups, Woodward MPU's |
| Synchronizer: | Woodward DSLC |

5.3. General accessories

- Base type:
- Skid
 - Soleplate
 - Turbine
 - Gearbox
 - Generator
 - Generator

- Steel sheet cladding for turbine
 - Thermal insulation mats for turbine
 - Anchor bolts and levelling screws
 - Special erection tools
 - Noise absorption hood
 - Gland steam condenser
 - Axial displacement system
 - Vibration monitoring system
- Turbine Gearbox Generator
- Type: Bently Nevada, Series 3500
- Type: Bently Nevada, Series 3500

Other accessories:

PROJ NO: OT.PU.027.06.01

NUMBER: FD.027.06.01

SHEET: 6 of 12

CLIENT: Agroindustrial Paramonga S.A.A.

REVISION: 2

TURBINE: SST-300

6 - Oil unit

Row Lines

6.1. General information

| | |
|------------------------------|-------------------------------|
| Oil type: | ISO VG 46 |
| Oil flow for gearbox: | 720 l/min |
| Oil flow for driven machine: | 30 l/min |
| Control installation type: | Integrated to lube oil system |

6.2. Oil tank

| | | |
|--|--------------|---|
| Capacity: | 7.000 liters | <input type="checkbox"/> Integrated to the baseframe |
| <input checked="" type="checkbox"/> Oil vapour extractor | | <input checked="" type="checkbox"/> Separated without elevation structure |
| <input checked="" type="checkbox"/> Level sight glass | | <input type="checkbox"/> Separated with elevation structure |
| <input type="checkbox"/> Heating resistive device | | <input checked="" type="checkbox"/> Internal revesting in Epoxi |

6.3. Oil pumps

| | Driven by | Installed at | Flow | Motor |
|-----------------|---------------|---------------|-------------|--------|
| Main pump: | gearbox shaft | gearbox shaft | 1.032 l/min | - |
| Auxiliary pump: | AC motor | oil tank | 1.632 l/min | 60 HP |
| Emergency pump: | DC motor | oil tank | 310 l/min | 7,5 HP |

6.4. Oil cooler

| | | | |
|-----------------------|----------|-----------------|-----------------------|
| Standard: | TEMA C | Water flow (*): | 128 m ³ /h |
| Type: | Double | Shell material: | ASTM A 516 gr 60 |
| Mounting arrangement: | Oil tank | Tubes material: | ALUMINUM |

6.5. Oil filters

| | | | | |
|----------|--------------|-----------------------|------------------|------------------|
| Lube: | Type: Double | Installation: On tank | Size: 5 inch | Mesh: 25 microns |
| Control: | Type: Double | Installation: On tank | Size: 1.1/2 inch | Mesh: 10 microns |

6.6. Jacking oil pump (if applicable)

| | | | | | |
|-------------|---|----------------|---|--------|---------|
| Applicable: | <input checked="" type="checkbox"/> Yes | Rotor lifting: | <input checked="" type="checkbox"/> Turbine | Motor: | 12,5 HP |
| | <input type="checkbox"/> No | | <input checked="" type="checkbox"/> Generator | | |

6.7. Other remarks

Oil flow, motors, filter and tank size shall be confirmed after order.
 (*) Estimated water flow considering the inlet cooling water temperature of 32 °C and outlet of 37 °C, and considering for the oil flow inlet temperature of 60 °C and outlet of 45 °C. Preliminary values.

7 - Gearbox and Couplings

Rev Line

7.1. Speed gearbox

Applicable: Yes
 No

Construction standard: **AGMA 6011**

Nominal power at high-speed shaft:
Turbine speed:
Driven machine speed:
Service factor:
Estimated oil flow required:
Estimated dissipated heat:
Efficiency:
Gearing type:
Superficial teeth finishing:
Oil pump supply:
Painting:
Packing:
Provisions for vibration sensors:
Provisions for temperature sensors:
Local oil thermometer:
Local oil pressure gauge:

| |
|---|
| 23.980 kW |
| 7.500 rpm |
| 1.800 rpm |
| 1,1 |
| 720 l/min |
| 310.000 kcal/h |
| 98,5% |
| Double helical |
| Grinding DIN 5 |
| Turbine manufacturer |
| Standard Siemens |
| Same as for turbine |
| Yes - Provision to O2 radial per bearing |
| Yes - Provision to O2 sensors per bearing |
| Yes |
| Yes |

7.2. Turning gear device

Applicable: Yes
 No

Type: Manual engage
 Automatic disengage

Installation: Turbine shaft
 Gearbox shaft

7.3. Couplings

| | High Speed | Low Speed |
|--------------------------------|------------------------------|---------------|
| Type: | Flexible (disc type) flanged | Rigid flanged |
| Nominal power: | 23.980 kW | 23.020 kW |
| Nominal speed: | 7.500 rpm | 1.800 rpm |
| Service factor: | 1,5 | 1,5 |
| Protective sheet for coupling: | Yes | Yes |

Remarks:

8 - Condensing System

Rev. Libs

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52

8.1. General informations

Turbine exhaust pressure:
Steam flow:
Exhaust steam temperature:
Cleanliness factor:
Capacity:
Condensate type:
Assembly position:

| | |
|-------------------|--------|
| 2,321 | Psi a |
| 70,0 | t/h |
| 131 | ° F |
| 0,84 | |
| 35.878.718 | kcal/h |
| Surface Condenser | |
| Horizontal | |

8.2. Cooling water

Inlet temperature:
Outlet temperature:

| | |
|----|-----|
| 32 | ° C |
| 42 | ° C |

Flow:
Number of passes:

| | |
|-------|-------------------|
| 3.598 | m ³ /h |
| 1 | Shell side |
| 2 | Tube side |

8.3. Tubes

Tubes material:

Carbon steel - ASTM A 214

Tubes outer diameter:
Tubes inner diameter:
Tubes length:
Quantity of tubes

| | |
|-------|----|
| 31,75 | mm |
| 30,10 | mm |
| 5.530 | mm |
| 1.298 | |

Tubes wall thickness: 1,65 mm

8.4. Shell

Shell material:

Carbon steel - ASTM A 285 Gr. C

Shell outer diameter:

2.020 mm

Shell inner diameter: 1.995 mm

8.5. Remarks

All values above are preliminary data and shall be confirmed after order.

GENERATORS for Steam- and Gas-Turbines from Erfurt Plant

TECHNICAL DATA FOR GENERATOR OFFER WE07068

Type: SGen6-100A-4P 120-12

FOR THE PROJECT

Paramonga II

| | | | | |
|---------|-----------|---------|----------|------------------------|
| $S_N =$ | 28,80 MVA | PF = | 0,80 | |
| $U_N =$ | 13,80 kV | $f_N =$ | 60 Hz | Design corresponds to: |
| $I_N =$ | 1,20 kA | $n_N =$ | 1800 rpm | IEC 34 |

CONTENT OF THIS FILE

| |
|---|
| Datasheet: Electrical Data, Losses and Efficiencies |
| Reactive Capability Curve |
| No Load Saturation and Short-Circuit Characteristic |
| V-Curves at Rated Voltage |
| Unbalanced Load-Time-Curve |
| Mechanical Data Sheet |
| Configuration of Generator |
| Vibration Limits |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |

GENERATOR

Paramonga II

Electrical Data, Losses and Efficiencies

WE07068

Generator Type: SGen6-100A-4P 120-12

| | | | | | | | | | |
|--|--|---|--|-------------------------------------|--|---------------------|--|-----------|--|
| Load Point | | | | N | | | | | |
| Standard | | | | IEC 34 | | | | | |
| Thermal Classification: Design / Using | | | | F / B | | | | | |
| Power | | | | MVA | | 28.80 | | | |
| Cold Air Temperature | | | | °C | | 37.0 | | | |
| Voltage | | | | kV | | 13.80 | | | |
| Voltage Deviation | | + - | | % | | 5.0 5.0 | | | |
| Armature Current | | | | kA | | 1.205 | | | |
| Frequency | | Speed | | Hz rpm | | 60 1800 | | | |
| Power Factor | | | | - | | 0.80 | | | |
| Excitation | | No load | | I _D U _D | | A V | | 337 28 | |
| Requirements | | 1/4-load | | I _{D1} U _{D1} | | A V | | 902 70 | |
| | | 3/4-load | | I _{D3/4} U _{D3/4} | | A V | | 1088 84 | |
| Cooling Air | | Losses | | kW | | 488 | | | |
| | | Air flow | | Temp. rise | | m ³ /s K | | 13.0 33.1 | |
| Sudden-SCC | | I _{sc} : 3-phase (peak) | | kA | | 18 | | | |
| at No-Load and | | I _{sc} : 3-ph. (sustained at I _{D1}) | | kA | | 1.9 | | | |
| Nominal Voltage | | I _{sc} : 2-ph. (sustained at I _{D1}) | | kA | | 2.9 | | | |
| Short Circuit Ratio | | | | - | | 0.59 | | | |
| Reactances | | x' _d unsat. sat. | | % | | 22.5 19.8 | | | |
| | | x'' _d unsat. sat. | | % | | 28.1 24.7 | | | |
| calculated values, | | x _d unsat. sat. | | % | | 201 170 | | | |
| tolerance ±15% | | x'' _d unsat. sat. | | % | | 30.5 26.8 | | | |
| acc. IEC 60034-3 | | x'' _e unsat. sat. | | % | | — — | | | |
| | | x ₁ unsat. sat. | | % | | 99 83 | | | |
| | | x ₂ unsat. sat. | | % | | 25.9 22.8 | | | |
| | | x ₀ unsat. | | % | | 10.5 | | | |
| | | x _{total} unsat. | | % | | 18.9 | | | |
| Time constants | | T' _d | | s | | 0.025 | | | |
| at 95 °C | | T'' _d | | s | | 1.034 | | | |
| winding | | T' _{ed} | | s | | 7.420 | | | |
| temperature | | T'' _{ed} | | s | | 0.030 | | | |
| | | T' _s | | s | | 0.284 | | | |
| Resistance | | Stator winding / phase | | mΩ | | 13.26 | | | |
| at 20°C | | Rotor winding | | mΩ | | 68.81 | | | |
| Voltage | | PF = rated P.F. | | % | | 38.8 | | | |
| regulation | | PF = 1.00 | | % | | 30.9 | | | |
| Max. unbalanced | | Continuous | | % | | 10 | | | |
| load | | Short time i ₂ ² * t | | s | | 40 | | | |
| Power at | | Underexcited | | Mvar | | 12.9 | | | |
| PF = 0 | | Overexcited | | Mvar | | 22.7 | | | |
| Winding temp. rise | | Stator (RTD) | | K °C | | 50 87 | | | |
| Winding temp. | | Rotor (average) | | K °C | | 65 102 | | | |
| Losses | | Bearing losses | | kW | | 27 | | | |
| | | Windage losses | | kW | | 126 | | | |
| | | Core losses | | kW | | 78 | | | |
| | | Short circuit losses | | kW | | 139 | | | |
| | | Rotor I ² R losses | | kW | | 78 | | | |
| | | Total losses | | kW | | 448 | | | |
| Efficiencies with tolerance | | 4/4-load | | % | | 98.09 | | | |
| at brushless excitation | | 3/4-load | | % | | 97.94 | | | |
| and rated P.F. | | 2/4-load | | % | | 97.44 | | | |
| (incl. bearing losses) | | 1/4-load | | % | | 95.61 | | | |

SIEMENS

Power Generation (PG) - Erfurt Plant

RBS2000 Revision 2.6.1

Wutzmer

P251 G3

Rev. 001

2007-02-13

GENERATOR

Paramonga II

Electrical Data, Losses and Efficiencies

WE07068

Generator Type: SGen6-100A-4P 120-12

| | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|-----------------------------------|--|---------------------|--|-----------|--|
| Load Point | | | | N | | | | | |
| Standard | | | | IEC 34 | | | | | |
| Thermal Classification: Design / Using | | | | F / B | | | | | |
| Power | | | | MVA | | 28.80 | | | |
| Cold Air Temperature | | | | °C | | 37.0 | | | |
| Voltage | | | | kV | | 13.80 | | | |
| Voltage Deviation | | + - | | % | | 5.0 5.0 | | | |
| Armature Current | | | | kA | | 1.205 | | | |
| Frequency | | Speed | | Hz rpm | | 60 1800 | | | |
| Power Factor | | | | - | | 0.80 | | | |
| Excitation | | No load | | I _D U _D | | A V | | 337 28 | |
| Requirements | | 4/4-load | | I _M U _M | | A V | | 902 70 | |
| | | 3/4-load | | I _{3/4} U _{3/4} | | A V | | 1088 84 | |
| Cooling Air | | Losses | | kW | | 488 | | | |
| | | Air flow | | Temp. rise | | m ³ /s K | | 13.0 33.1 | |
| Sudden-SCC | | I _s : 3-phase (peak) | | kA | | 18 | | | |
| at No-Load and | | I _{ks} : 3-ph. (sustained at I _D) | | kA | | 1.9 | | | |
| Nominal Voltage | | I _{ko} : 2-ph. (sustained at I _M) | | kA | | 2.9 | | | |
| Bron Circuit Ratio | | | | - | | 0.59 | | | |
| Reactances | | x' _d unsat. sat. | | % | | 22.5 19.8 | | | |
| | | x'' _d unsat. sat. | | % | | 28.1 24.7 | | | |
| calculated values, | | x' _q unsat. sat. | | % | | 20.1 17.0 | | | |
| tolerance ±15% | | x'' _q unsat. sat. | | % | | 30.5 26.8 | | | |
| acc. IEC 60034-3 | | x'' _o unsat. sat. | | % | | — — | | | |
| | | x _o unsat. sat. | | % | | 99 83 | | | |
| | | x ₂ unsat. sat. | | % | | 25.9 22.8 | | | |
| | | x _o unsat. | | % | | 10.5 | | | |
| | | x _{total} unsat. | | % | | 16.9 | | | |
| Time constants | | T' _d | | s | | 0.025 | | | |
| at 95 °C | | T'' _d | | s | | 1.034 | | | |
| Winding | | T' _{wo} | | s | | 7.420 | | | |
| temperature | | T'' _{wo} | | s | | 0.030 | | | |
| | | T _o | | s | | 0.284 | | | |
| Resistance | | Stator winding / phase | | mΩ | | 13.26 | | | |
| at 20°C | | Rotor winding | | mΩ | | 58.81 | | | |
| Voltage | | PF = rated P.F. | | % | | 36.8 | | | |
| regulation | | PF = 1.00 | | % | | 30.9 | | | |
| Max. unbalanced | | Continuous | | % | | 10 | | | |
| load | | Short time i _s ² · t | | s | | 40 | | | |
| Power at | | Underexcited | | Mvar | | 12.9 | | | |
| PF = 0 | | Overexcited | | Mvar | | 22.7 | | | |
| Winding temp. rise | | Stator (RTD) | | K °C | | 50 87 | | | |
| Winding temp. | | Rotor (average) | | K °C | | 65 102 | | | |
| Losses | | Bearing losses | | kW | | 27 | | | |
| | | Windage losses | | kW | | 126 | | | |
| | | Core losses | | kW | | 78 | | | |
| | | Short circuit losses | | kW | | 139 | | | |
| | | Rotor I ² R losses | | kW | | 78 | | | |
| | | Total losses | | kW | | 448 | | | |
| Efficiencies with tolerance | | 4/4-load | | % | | 98.09 | | | |
| at brushless excitation | | 3/4-load | | % | | 97.84 | | | |
| and rated P.F. | | 2/4-load | | % | | 97.44 | | | |
| (incl. bearing losses) | | 1/4-load | | % | | 95.61 | | | |

SIEMENS

Power Generation (PG) - Erturt Plant

RBS2000 Revision 2.6.1

Wutzmar

P251 G3

Rev. 001

2007-02-13

GENERATOR

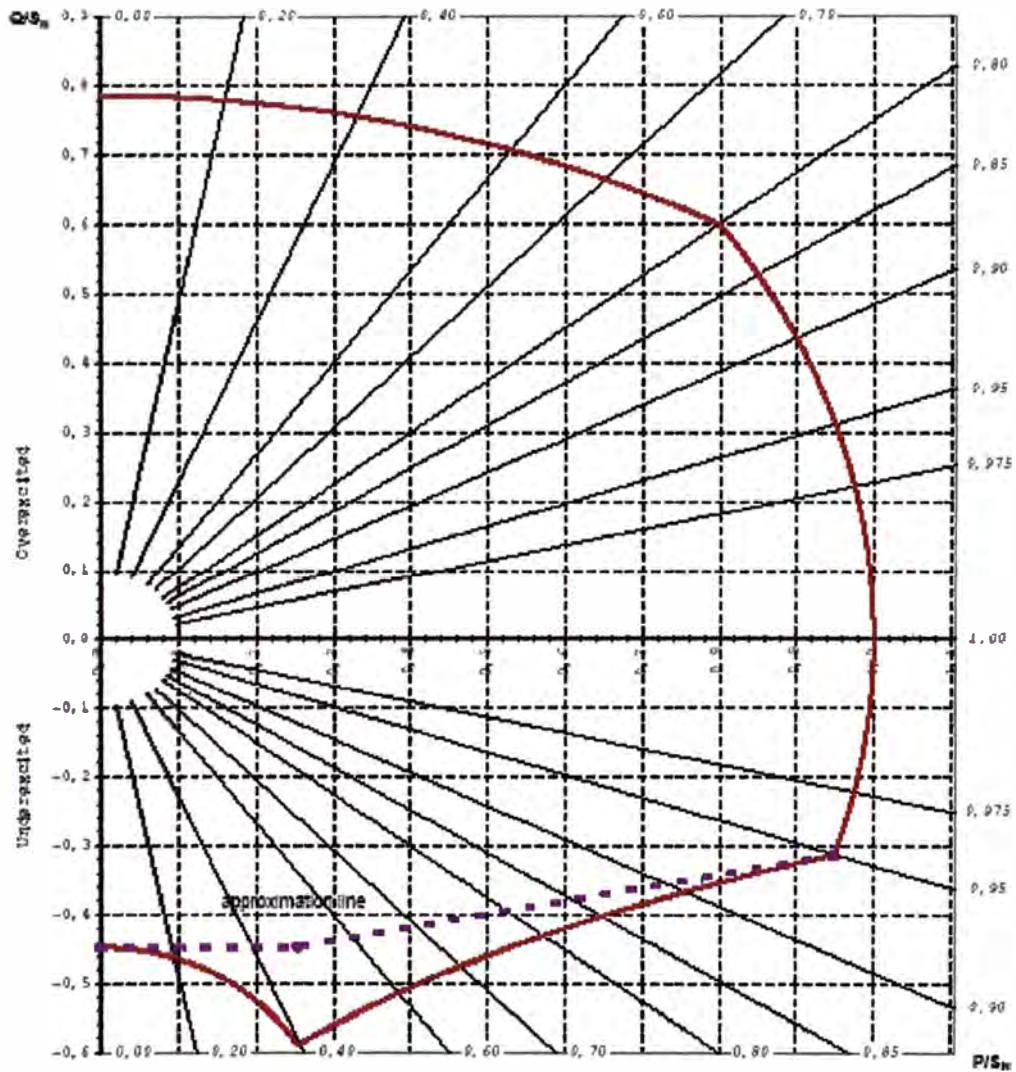
Paramonga II

Reactive Capability Curve

WE07068

Generator - Type: **SGen6-100A-4P 120-12**

| Load Point | Rated |
|------------|-----------|
| S_{rn} | 28,80 MVA |
| U_{rn} | 13,80 kV |
| I_{rn} | 1,205 kA |
| f_{rn} | 60 Hz |
| PF | 0,80 |
| T_{Cold} | 37,0 °C |



SIEMENS

Power Generation (PG) - Erfurt Plant

RBS2000 Revision 2.6.1

Wutzmer

P251 G3

Rev. 001

2007-02-13

GENERATOR

Paramonga II

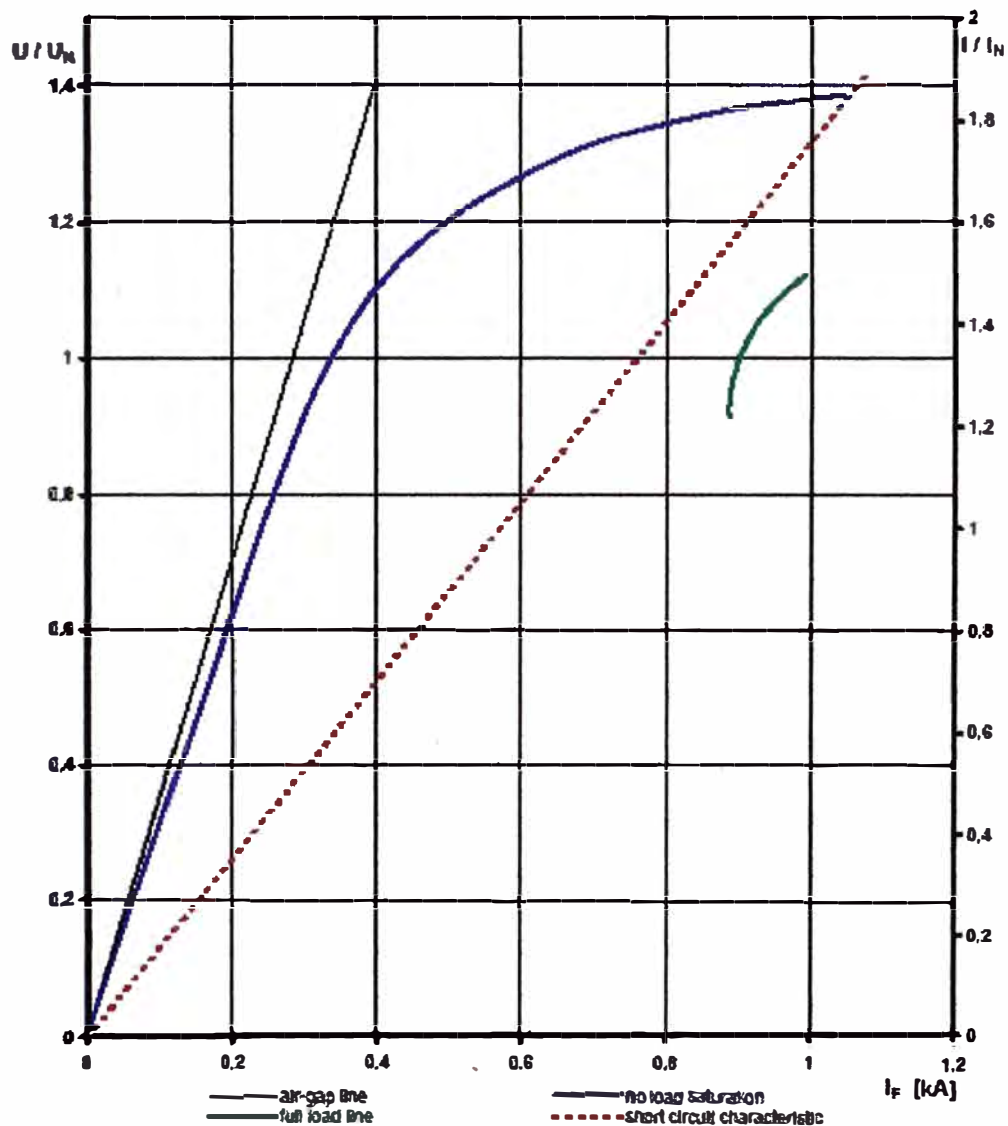
No Load Saturation and Short-Circuit Characteristic

WE07068

Generator - Typ:

SGen6-100A-4P 120-12

| | | | | | |
|---------|-----------|------------|-------|------------|--------|
| $S_M =$ | 28,80 MVA | PF = | 0,80 | $S(1,0) =$ | 18,0 % |
| $U_M =$ | 13,80 kV | SCR = | 0,59 | $S(1,2) =$ | 47,4 % |
| $I_M =$ | 1,205 kA | $I_{f0} =$ | 337 A | | |
| $f_M =$ | 60 Hz | $I_{fM} =$ | 902 A | | |



SIEMENS

Power Generation (PG) - Erfurt Plant

RES2000 Revision 2.6.1

Wutzmer

P251 G3

Rev. 001

2007-02-13

GENERATOR

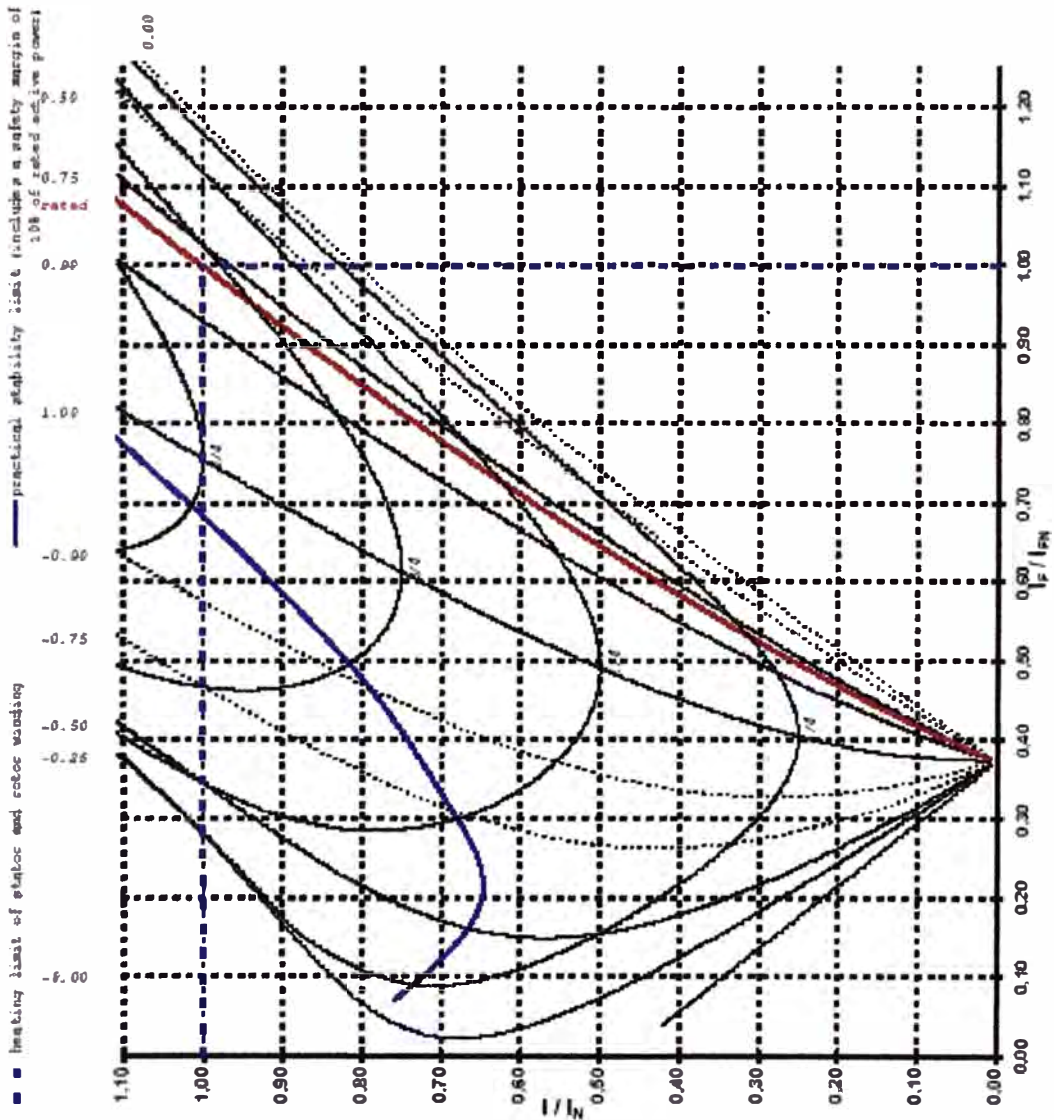
Paramonga II

V-Curves at Rated Voltage

WE07068

Generator - Typ: SGen6-100A-4P 120-12

| | | | | | |
|---------|-----------|-------------------------|---------|------------|-------|
| $S_N =$ | 28,80 MVA | PF = | 0,80 | $I_m =$ | 337 A |
| $U_N =$ | 13,80 kV | $f_N =$ | 60 Hz | $I_{mN} =$ | 902 A |
| $I_N =$ | 1,205 kA | $T_{\text{Cold Air}} =$ | 37,0 °C | | |



V-Curves Refer to Active Power

SIEMENS

Power Generation (PG) - Erfurt Plant

RBS2000 Revision 2.6.1

Vutzmer

P251 G3

Rev. 001

2007-02-13

GENERATOR

Paramonga II

Unbalanced Load-Time-Curve

WE07068

Generator - Typ:

SGen6-100A-4P 120-12

$S_N = 28,80$ MVA

PF = 0,80

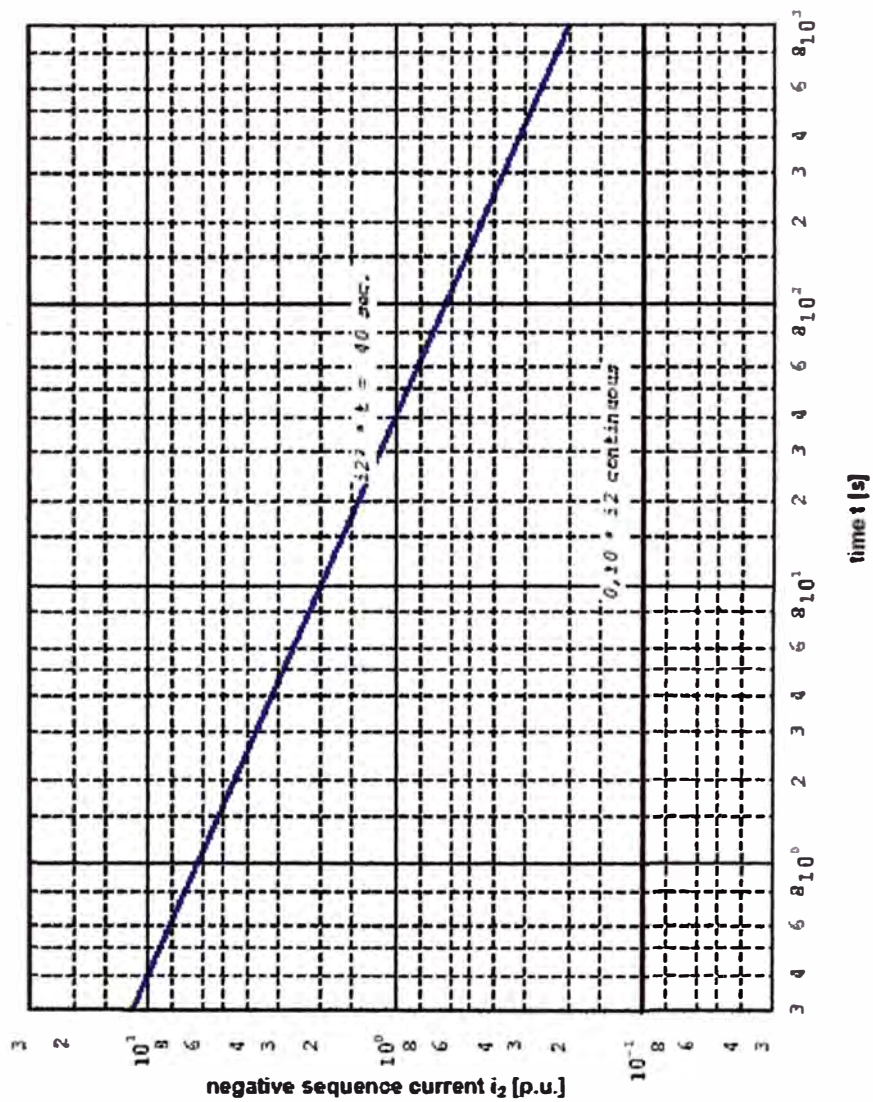
$T_{\text{Cool Air}} = 37,0$ °C

$U_N = 13,80$ kV

$f_N = 60$ Hz

$I_N = 1,205$ kA

$n_N = 1800$ rpm



SIEMENS

Power Generation (PG) - Erfurt Plant

Vitzmer

P251 G3

Rev. 001

RBS2000 Revision 2.6.1

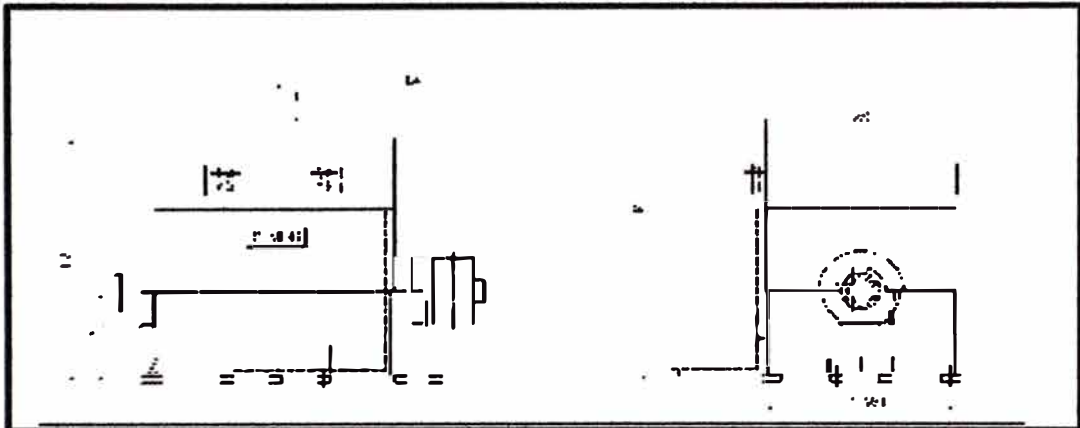
2007-02-13

GENERATOR
Mechanical Data Sheet

Paramonga II
WE07068

Generator - Type: SGen6-100A-4P 120-12

| | | | | | |
|---------|------------------|---------|-----------------|--------------------------|----------------|
| $S_N =$ | 28,80 MVA | $PF =$ | 0,80 | $T_{\text{Cold Air}} =$ | 37,0 °C |
| $U_N =$ | 13,80 kV | $f_N =$ | 60 Hz | $T_{\text{Warm Air}} =$ | 70,1 °C |
| $I_N =$ | 1,205 kA | $n_N =$ | 1800 rpm | $P_{V, \text{Cooler}} =$ | 486 kW |



Dimensions [mm]:

| | | | |
|----------------------|-------------|-------------------|-------------|
| $L1 =$ | 5100 | $H1 =$ | 1425 |
| $L2 =$ | 3400 | $H2 =$ | 3750 |
| $L3 =$ | 0 | $H3^{1)} =$ | 0 |
| $W1 =$ | 2700 | $W2 =$ | 2740 |
| $L4 =$ | 6800 | $H4 =$ | 8100 |
| for rotor withdrawal | | crane hook height | |

Preliminary values.

Exact values are part of detail engineering.

| | |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| Overall weight: | 48800 kg |
| Stator weight: | 33500 kg |
| Rotor weight: | 15300 kg |
| Rotor moment of inertia: | 2110 kgm² |
| Oil flow for both bearings: | 36 l/min |
| breakaway torque w. jacking oil: | 60 Nm |
| breakaway torque w/o jacking oil: | 4972 Nm |
| Thermal time constants [min]: | |
| Stator Winding: | 12,1 min |
| Rotor Winding: | 12,3 min |

Estimation for required cooling water²⁾ flow (for TEWAC - cooling):

| $T_{\text{Generator air}} - T_{\text{Cooling water}}$ | Standard water temperature rise | Required cooling water flow |
|---|---------------------------------|-----------------------------|
| 15 K | 10 K | 42 m ³ /hour |
| 10 K | 7 K | 60 m ³ /hour |
| 5 K | 3,5 K | 120 m ³ /hour |

1) For cooler in top position.

2) Data are generated independent of cooling method; for DAC- or CACA-applications these data are not applicable.

GENERATOR
Mechanical Data Sheet

Paramonga II
WE07068

Generator - Type: SGen6-100A-4P 120-12

| | | | | | |
|---------|-----------|---------|----------|-------------------|---------|
| $S_N =$ | 28,80 MVA | PF = | 0,80 | $T_{Cold Air} =$ | 37,0 °C |
| $U_N =$ | 13,80 kV | $f_N =$ | 60 Hz | $T_{Warm Air} =$ | 70,1 °C |
| $I_N =$ | 1,205 kA | $n_N =$ | 1800 rpm | $P_{V, Cooler} =$ | 486 kW |

| | left | right | TS | ES |
|-------------------------------|----------|-------|------------------|---------------|
| Excitation | | | | |
| static | | | | |
| Brushless-Excitation | x | | | |
| PMG | | | | |
| Position of Cooler | | | | |
| top | x | | | |
| Flange | | x | | |
| side | | | | |
| water collecting pipe | | | | |
| Oil Supply Unit | | | | |
| oil inlet | | x | | |
| oil collecting pipe | | | | |
| Position of Terminals | | | | |
| together on the support | | | | |
| top | | | | |
| bottom | | | | |
| Neutral Line Terminals | | | | |
| separate support | | | | |
| top | | | | |
| bottom | | | | |
| side | | x | | x |
| neutral side cubical | x | | | |
| Line Side Terminals | | | | |
| top | | | | |
| bottom | | | | |
| side | | x | | x |
| line side cubical | x | | | |
| Foundation | | | | |
| table foundation | x | | | |
| block foundation | | | | |
| concrete foundation | | | | |
| steel foundation | | | | |
| direction of rotation looking | | x | | |
| on generator drive end | | | | |
| sound attenuation | 85 dB(A) | | | |
| for cover design | | | | |
| Colour | RAL 7030 | | Colour structure | International |

The offer outline drawing applies to the execution with supplementary details

GENERATORS for Steam- and Gas-Turbines

Information from Erfurt Manufacturing Plant

Vibration Limits

Siemens PG 547 guarantees the vibration limits Zone A of ISO 7919 and ISO 10816.

Preconditions are installation at site corresponding manual and proper shaft alignment.

For test field conditions with temporary foundation Zone B can be used.

When other (lower) limits specified - e.g. API - project-specific calculations are required.

Shaft Vibration Limits - ISO 7919 - Peak-to-Peak-Values in μm

| Zone | Speed rpm | Steam-Turbine Generator | | Industrial Application | | Gas-Turbine Generator | |
|--------------------------|--------------|----------------------------|-----|---------------------------|-----|--------------------------|-----|
| | | ISO 7919-2 | | ISO 7919-3 | | ISO7919-4 | |
| A | 3600 | 75 | | 80 | | 80 | |
| | 3000 | 80 | | 88 | | 88 | |
| | 1800 | 90 | | 113 | | 113 | |
| | 1500 | 100 | | 124 | | 124 | |
| B <i>Alarm</i> | 3600 | 150 | 240 | 150 | 220 | 150 | 220 |
| | 3000 | 165 | 260 | 164 | 241 | 164 | 241 |
| C <i>Trip</i> | 1800 | 185 | 290 | 212 | 311 | 212 | 311 |
| | 1500 | 200 | 320 | 232 | 341 | 232 | 341 |

Bearing Housing Vibration Limits - ISO 10816 - v_{eff} in mm/s

| Zone | Speed rpm | Steam-Turbine Generator | | Industrial Application | | Gas-Turbine Generator | |
|--------------------------|--------------|----------------------------|------|---------------------------|----|--------------------------|------|
| | | ISO 10816-2 | | ISO 10816-3 | | ISO10816-4 | |
| A | 3600 | 3,8 | | 3,5 | | 4,5 | |
| | 3000 | 3,8 | | 3,5 | | 4,5 | |
| | 1800 | 2,8 | | 3,5 | | 3,5 | |
| | 1500 | 2,8 | | 3,5 | | 3,5 | |
| B <i>Alarm</i> | 3600 | 7,5 | 11,8 | 7,1 | 11 | 9,3 | 14,7 |
| | 3000 | 7,5 | 11,8 | 7,1 | 11 | 9,3 | 14,7 |
| C <i>Trip</i> | 1800 | 5,3 | 8,6 | 7,1 | 11 | 7,1 | 11 |
| | 1500 | 5,3 | 8,6 | 7,1 | 11 | 7,1 | 11 |

ANEXO D
MOTOR SINCRONO

| | | |
|---|---|--------------------------------|
|  | WEG Equipamentos Eléctricos S.A - Máquinas | Fecha: 13/FEV/2007 |
| | Planilla de Datos | FD: 23499-2/2007 |
| | Máquina Síncrona - Motor | Plano Dimensional 9304.2727 |

Cliente : HIDROSTAL S.A.
 Referencia del cliente :
 Modelo : SEF

Identificación de la máquina

| | |
|--|--|
| Carcasa : 104 Potencia : 2100 HP Tensión nominal : 13800 V Conexión del Estator : Y Corriente nominal : 76.52 A I _p /I _n : 0.66 Cor. de Rotor Bloqueado : 509 A Pólos : 4 Frecuencia : 60 Hz Rotación nominal : 1800 rpm Régimen de servicio : S1 Factor de servicio : 1 Factor de potencia : 0.9 Excitación : BRUSHLESS Par nominal : 6127.583 lb.ft C _p /C _n : 0.66 Par de Sincronismo : Par Máx. de Sincronismo : 9191.485 lb.ft Tiempo de rotor bloqueado : 14 s Forma constructiva : B3L(D) Grado de Protección : IP55 Sobrecarga : 1.50 x I _n durante 15 s | Refrigeración : IC 611 Elevación temperatura del estator: F Elevación temperatura del estator: 80 °C Clase de aislamiento del rotor : F Elevación de temperatura del rotor: 80 °C Temperatura ambiente : 40 °C Altitud : 3300 ft Masa aproximada : 20900 lb Inercia del Rotor (J=GD ² /4) : 6500 lb.ft ² Nivel de ruido : 90 dB(A) Vibración : NORMAL 2.8 mm/s rms Sobrevelocidad : 1.2 x V _n durante 120 s Método de Arranque : DIRECTO (100%) Acoplamiento : REDUCTOR Sentido de giro : BIDIRECCIONAL |
| | Datos de carga |
| | Tipo de carga : SHREDDER Par resistente : Inercia J(GD ² /4) : 19776.58 lb.ft ² Tiempo de aceleración : 27.08 s |

Características de desempeño

| Carga | 0% | 25% | | 50% | | 75% | | 100% | |
|--------------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Factor de potencia | - | 1 | 0.9 | 1 | 0.9 | 1 | 0.9 | 1 | 0.9 |
| Rendimiento (%) | - | 88.4 | 88.1 | 93.4 | 93 | 95.1 | 94.8 | 95.8 | 95.2 |
| Tensión Excitación (V) | 30.23 | 32.65 | 38.2 | 38.35 | 47.74 | 48.04 | 58.49 | 54.95 | 69.79 |
| Corriente excitación (A) | 1.74 | 1.88 | 2.2 | 2.21 | 2.75 | 2.65 | 3.37 | 3.17 | 4.02 |

Reactancias (p.u.) y Constantes de Tiempo (s) - Saturada / No Saturada

| | | | | |
|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|--|
| X _d 1.7 / 1.76 | X _{d'} 0.14 / 0.15 | X _{d''} 0.16 / 0.17 | X ₂ 0.15 / 0.16 | |
| X _e 0.25 / 0.25 | X _{e'} 1.68 / 1.73 | X _{e''} 0.66 / 0.66 | | |

Notas/Accesorios

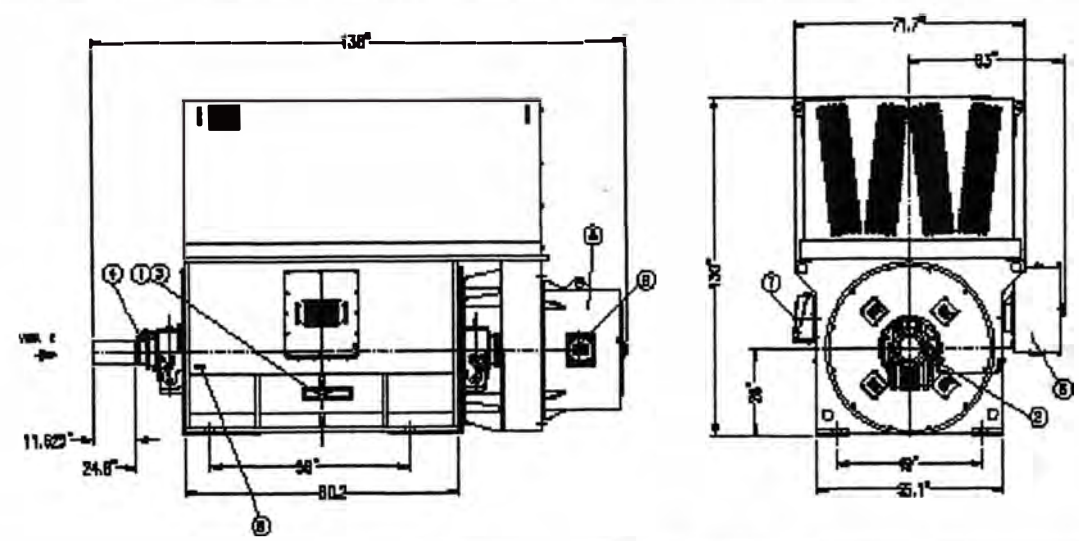
| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

| | | | | | |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|--|----------------|-------------|
| Normas | | | DOCUMENTO PRELIMINAR Para confección de la base y acoplamiento aguardar diseño aprobado. | | |
| Especificación : NBR 5117 | Excitación : NBR 7565 | Tolerancia : NBR 6158 | | | |
| Ensayos : NBR 5052 | Vibración : NBR 7094 | | | | |
| Ejecución | | | | | |
| Ejecutado | Liberado | Fecha | Sitio | | |
| WOLIVEIRA | OGAWA | 8/FEB/2007 | WM | | |
| Rev. | Cambios | | Ejecutado | Liberado | Fecha |
| 2 | | | DAVIF WOLIVEIRA | ANGELOMS DAVIF | 13/FEB/2007 |
| 1 | NEMA. | | | | 13/FEB/2007 |

201.00 - 10087

1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F

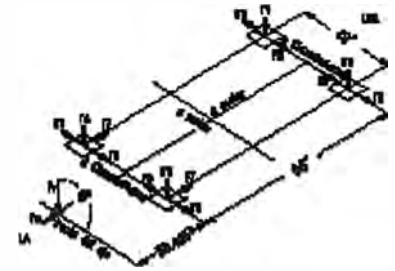


DATOS GENERALES

- PROUESTA: WEX-430-0/2007 ITEM 01
- TIPO: SEF 104
- POTENCIA: 2500 HP
- TENSION: 13800 V
- NUMERO DE PELOS: IV
- FRECUENCIA: 60 Hz
- SENTIDO DE ROTACION: AMBOS
- ROTACION NOMINAL: 1800 rpm
- ROTACION EN EL DISPARO: 2160 rpm
- GRADO DE PROTECCION: IP55
- FORMA CONSTRUCTIVA: F2
- MASA ESTIMADA DEL ROTOR: 4500 lb
- MASA ESTIMADA DEL ESTATOR: 13000 lb
- MASA ESTIMADA DEL MOTOR: 29000 lb
- GD2 (MOTOR): 13526 lb.ft.2

| Cajuela | Intervalo (Luz/2) | Corriente (A) | Fuente (V/Hz) | Tipo de Lubricante | Refrigeración | |
|-----------|-------------------|---------------|---------------|--------------------|------------------|--------------------------|
| Delantero | F2L2 14-180 | 20000 | B | 3.1 | Acetato ISO 1848 | Circ. sistema de Acetato |
| Trasero | F2L2 14-180 | 20000 | B | 3.2 | Acetato ISO 1848 | Circ. externo de Acetato |

| | |
|---|---|
| 1 | PT100 del Abrazado (02/Fase a 3 Hilo) |
| 2 | PT100 en el Damasco/Cilindro (01/Cajuela a 3 Hilo) |
| 3 | Resistencia de Calentamiento |
| 4 | Electro para Abastecimiento del Eje |
| 5 | Abrazado 80 hasta 125mm ² |
| 6 | Caja de Ligadura Principal - Dtg. 6388.2001 |
| 7 | Caja de Ligadura de los Accesorios - Dtg. 6388.0701 |
| 8 | Conjuntos de cables de Eje de Colector |
| 9 | Caja del Sistema de Enfriamiento - Dtg. 6384.3771 |



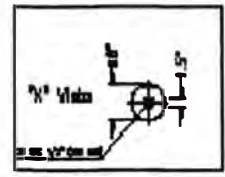
ENRERCO EN EL S.E

| | Del. Cores | Clasificación | FT (00) | Avance | Re 900 |
|----------|------------|---------------|---------|--------|--------|
| Sub-4 y | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Unidad | 100 | 10000 | 0 | 0 | 0 |
| Diagrama | 1100 | 100 | 0 | 0 | 0 |

* De 1 y 2 = 1/2 mm por el diámetro

| Motora en la base en el eje de salida | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Motor principal | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Motor auxiliar en el eje de salida | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Motora en la base en el eje de 1/2 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Motor auxiliar en el eje de 1/2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Motor auxiliar en el eje de 1/4 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 |
| Motor auxiliar en el eje de 1/8 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 |

* A, B = 1/2 mm por el diámetro



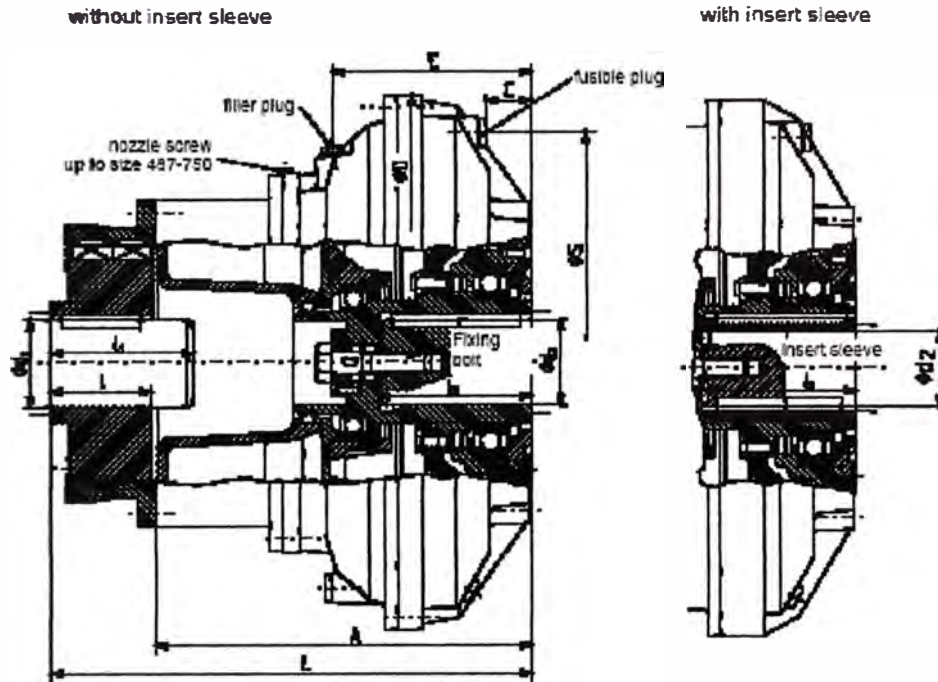
DOCUMENTO PRELIMINAR

| Proyecto | Revisión | Fecha | Elaborado | Revisado | Verificado | Calificado | Comprobado | Revisado | Comprobado | Revisado | Comprobado |
|--|----------|----------|-----------|----------|------------|------------|------------|----------|------------|------------------|------------|
| WEX-430-0/2007 | 01 | 14.09.07 | Neilson | Neilson | Neilson | Neilson | Neilson | Neilson | Neilson | Neilson | Neilson |
| HIDROSTAL S.A. | | | | | | | | | | | |
| DIMENSIONAL SEF630 MOTOR SINCRONICO | | | | | | | | | | 9305.5235 | |

Copias: AT

21/09/2007

ANEXO E
ACOPLAMIENTO HIDRAULICO



| VTC ¹⁾ | | | | | | | | | | | | without insert sleeve | | | with insert sleeve | |
|-------------------|-----|-----------------|------|-------|------|-----------------|------|------------------------|-----|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------------|--|
| | A | C ²⁾ | D | E | Q | S ³⁾ | L | d ₁ max. | l | l ₁ max. | d ₂ min. | d ₂ max. | l ₂ ²⁾ | d ₂ max. | l ₂ ²⁾ | |
| 422 TVVG | 335 | 103 | 470 | 182 | G1-¼ | - | 437 | 80 | 95 | 217 | 45 | 80 | 135 | 65 | 135 | |
| 487 TVVG | 392 | 46.5 | 566 | 200.5 | G1-¼ | 480 | 488 | 90 | 100 | 237 | 45 | 90 | 155 | 80 | 155 | |
| 562 TVVE | 428 | 46 | 634 | 220 | G1-½ | 556 | 544 | 100 | 110 | 272 | 50 | 110 | 170 | 90 | 170 | |
| 650 TVVC | 494 | 67 | 740 | 283 | G1-½ | 649 | 646 | 125 | 145 | 335 | 50 | 120 | 200 | 100 | 200 | |
| 750 TVVC | 587 | 65 | 846 | 288 | G2-¼ | 742 | 730 | 140 | 155 | 366 | 70 | 135 | 240 | 110 | 240 | |
| 888 TVVB | 641 | 75 | 978 | 328 | G2-¼ | 862 | 830 | 160 | 180 | 423 | 70 | 150 | 265 | 120 | 265 | |
| 1000 TVVB | 688 | 84 | 1118 | 347 | G2-¼ | 990 | 898 | 180 | 200 | 480 | 70 | 160 | 280 | - | - | |
| 1150 TVVB | 893 | 98 | 1205 | 472 | G2-¼ | 1140 | 1093 | 180 | 200 | 640 | 70 | 180 | 320 | - | - | |

We reserve the right for dimensional and design modifications. Dimensions in mm.
Fixing bolt: with standard thread to DIN 332, sheet 2.

¹⁾ All values also apply to types TVVY and TVVF. For functional reasons, an outer wheel drive is a condition for these coupling types.

²⁾ Constant bore depth according to d_2 .

³⁾ Fusible plug for size 422 fitted radially on $\varnothing D$

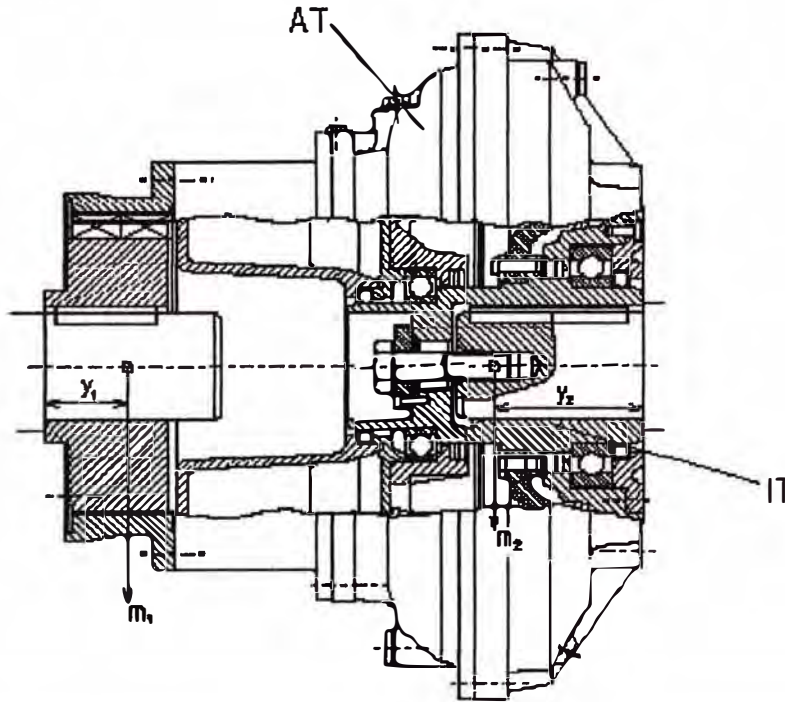
Copies to: File VQ

Replacing: ca 41.6 (Issue: 1998-07-16)
Originating from: -

Date: 2000-02-18
Department: cat
Issued by: Eb

Voith Turbo GmbH & Co. KG - D-74555 Crailsheim
P.O.Box 1555 • Telephone (07951) 32-0 • Telefax 32-500

3644-006356 en
Page 1 of 2



| VTC ¹⁾ Size / Type | max. oil fill litres | Total weight ⁴⁾ kg | Weight ⁴⁾ | | | | Mass moment of inertia ⁴⁾ | | Assembly Plan Drawing No. 3600- |
|----------------------------------|----------------------------|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| | | | EPK | | VTC | | IT kg m ² | AT kg m ² | |
| | | | m ₁ kg | y ₁ mm | m ₂ kg | y ₂ mm | | | |
| 422 TVG | 13.5 | 81 | 18 | 50 | 63 | 154 | 0.300 | 0.996 | 042269 |
| 487 TVG | 21 | 126 | 24 | 55 | 102 | 188 | 0.610 | 2.127 | 018995 |
| 632 TVE | 32 | 184 | 26 | 68 | 138 | 175 | 1.325 | 3.418 | 041204 |
| 650 TVC | 48 | 280 | 54 | 88 | 206 | 209 | 2.700 | 7.513 | 041205 |
| 750 TVC | 70 | 396 | 77 | 100 | 309 | 228 | 5.500 | 14.878 | 041208 |
| 868 TVB | 115 | 565 | 107 | 117 | 458 | 260 | 11.600 | 29.260 | 041307 |
| 1000 TVB | 190 | 905 | 180 | 134 | 723 | 259 | 19.800 | 82.860 | 034791 |
| 1150 TVB | 265 | 1326 | 180 | 134 | 1146 | 471 | 41.000 | 143.400 | 035084 |

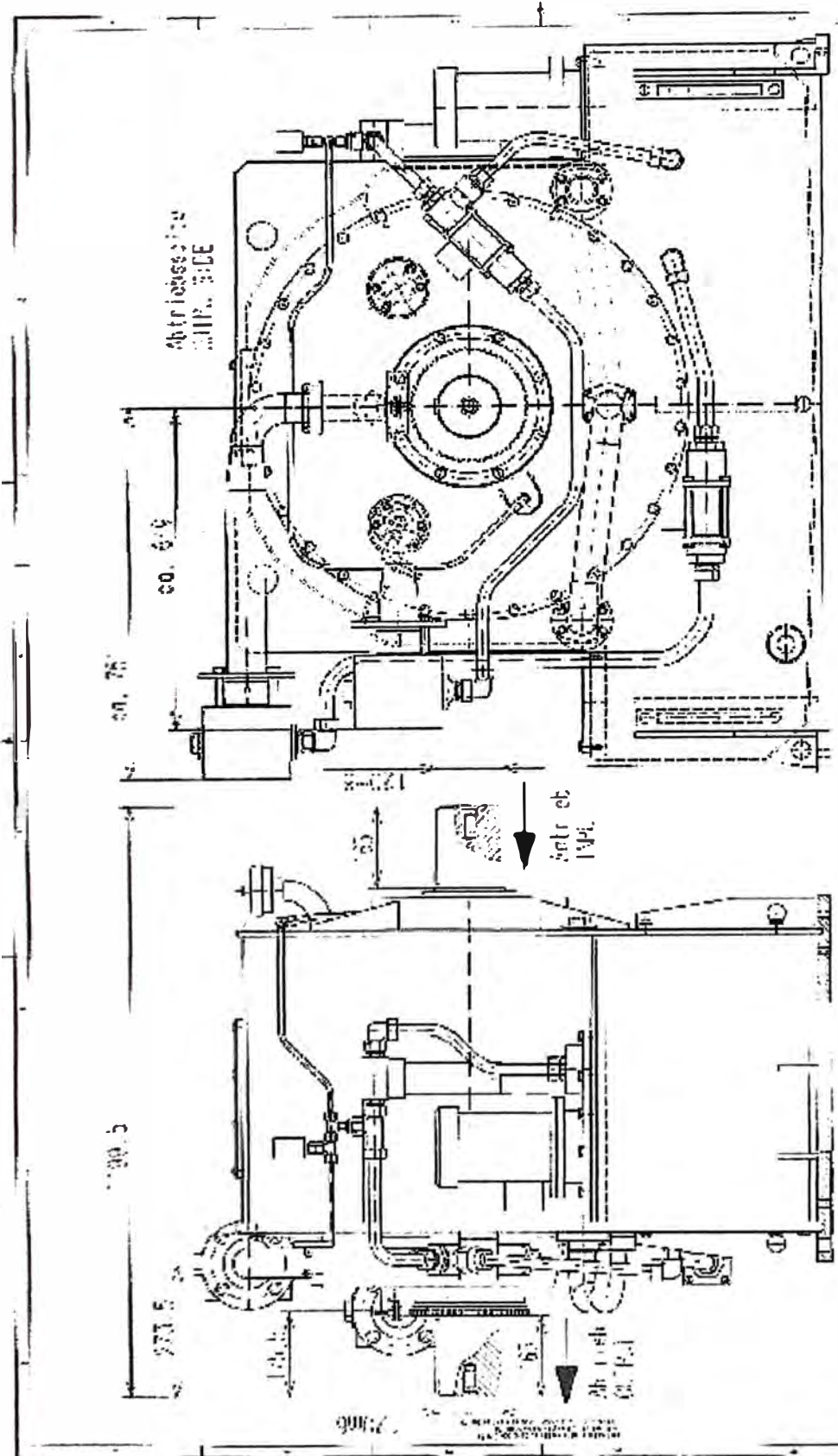
¹⁾ All values also apply to types TVVY and TVVF. For functional reasons, an outer wheel drive is a condition for these coupling types.

⁴⁾ Values apply to maximum oil fill.

Date: 2006-02-18
Department: cat
Issued by: Eb

Voith Turbo GmbH & Co. KG - D-74555 Crailsheim
P.O.Box 1555 • Telephone (07951) 32-0 • Telefax 32-500

3644-006356 en
Page 2 of 2



| | | | | | |
|--------------------------|----------|------------|--------------------|------------|----------|
| ISC DPKL | | L.I. Φ | | GAC | |
| DATE | REVISION | DATE | REVISION | DATE | REVISION |
| 1954-01-15 | 1 | 1954-01-15 | 1 | 1954-01-15 | 1 |
| DRAWN BY: [Name] | | | CHECKED BY: [Name] | | |
| APPROVED BY: [Name] | | | DATE: 1954-01-15 | | |
| PROJECT: [Name] | | | JOB NO.: [Name] | | |
| DRAWING NO.: 3903-0-3724 | | | SCALE: [Name] | | |

Vertical Project Number: 3903-0-3724

Vertical Project Name: [Name]

| | |
|------------|----------|
| DATE | REVISION |
| 1954-01-15 | 1 |
| 1954-01-15 | 1 |

| | |
|------------|----------|
| DATE | REVISION |
| 1954-01-15 | 1 |
| 1954-01-15 | 1 |

ANEXO F
SISTEMA DE EXCITACIÓN PARA MOTOR SINCRONO

UNITROL® F

Sistemas de excitación para máquinas sincrónicas
con y sin excitatriz rotativa



Copyright © 2004 Phoenix, Inc.

ABB

UNITROL F pertenece a una serie de productos de reguladores automáticos de tensión y sistemas de excitación estática para regulación muy exigente de máquinas sincrónicas de cualquier tipo.

Aplicación del producto

El sistema UNITROL F es utilizado como:

- Regulador automático de tensión (AVR)
 - para alimentación de 50/60 Hz, utilizando convertidor de tiristores
 - para alimentación CC o CA de frecuencias más elevadas, usando un convertidor de potencia tipo IGBT (Chopper)
- Sistema de excitación estática (SES) para alimentación de 50/60 Hz, utilizando convertidor de tiristores.

Una gran diversidad de componentes y softwares están disponibles para satisfacer los requerimientos técnicos más exigentes.

Control digital

El UNITROL F es un sistema microprocesador completamente digital. Altamente eficaz, garantiza un tiempo de reacción muy rápido (aprox. 20 ms) y una gran precisión de regulación (aprox. $\pm 0,5\%$). El software bien estructurado, ofrece amplias funciones estandarizadas (ej. limitadores) y funciones adicionales (ej. PSS).

Operación local

El UNITROL F incluye un panel de control para operación local y monitoreo. Con este panel es posible, cambiar parámetros del sistema o hacer cambios menores al programa en operación online.

La operación y monitoreo del sistema puede ser realizada vía PC utilizando el programa 'Puesta en servicio y mantenimiento' CMT.

Comunicación

En adición al conjunto de interfaces de entradas / salidas requeridas para el funcionamiento desde la sala de control, el UNITROL F puede ser suministrado con una vía de comunicación serial, la cual soporta varios protocolos para control de operación remota y monitoreo. Todas las interfaces de E/S están galvánicamente aisladas a través de relés y optocopladores.

Diagnóstico

La tecnología del microprocesador facilita un amplio diagnóstico de fallas al usuario.

Los defectos son fácilmente localizados por el panel de control o por la utilización del software CMT que es opcional.

Configuraciones básicas del sistema (Fig. 1)

AVR y SES están disponibles como:

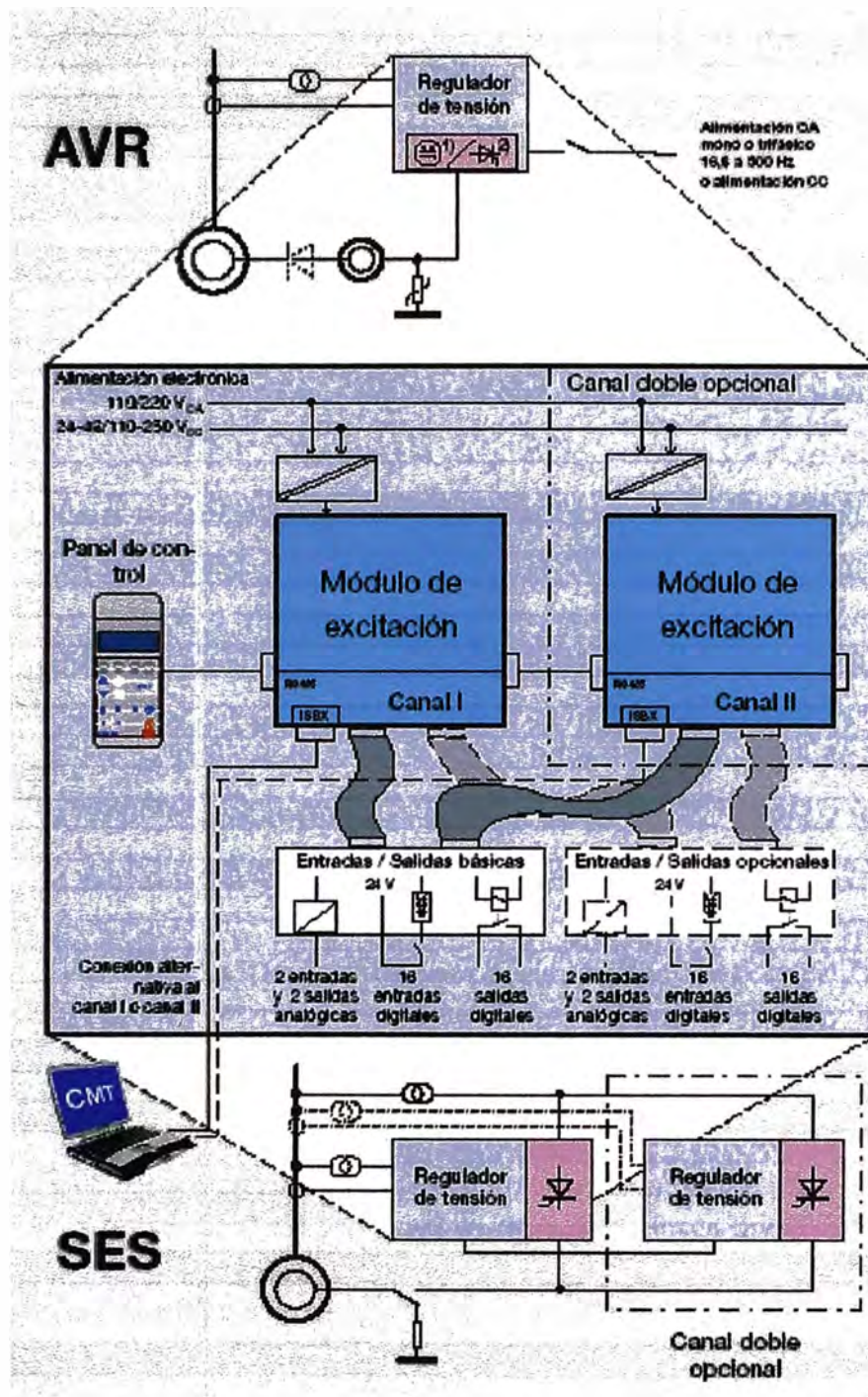
- Sistema monocanal automático (SFE) con un módulo de excitación, incluyendo un convertidor de potencia y un controlador para ambos modos de control automático (AUTO) y manual (MAN)
- Sistema de canal doble automático (AFT) con dos módulos de excitación idénticos, cada uno con un convertidor de potencia y controlador. Cada canal puede ser operador en modo AUTO o MAN.

Un control de seguimiento automático garantiza un cambio imperceptible de un modo para el otro.

Fig. 1:
Configuraciones principales del sistema UNITROL F



UNITROL® F Configuraciones del sistema



UNITROL F para sistemas de excitación con excitatriz rotativa utilizando convertidor de potencia esa con:

- 1) transistores IGBT para alimentación CA 16,8 a 600 Hz y alimentación CC o con
- 2) tiristores para alimentación CA de 50/60 Hz
- o
- tiristores para alimentación CA hasta 500 Hz

UNITROL F para sistemas de excitación estáticos (alimentación 50/60 Hz)

Fig. 2:
Interfaz del sistema UNITROL F, configuración mono o doble canal

UNITROL® F Funcionalidad del software

Un software bien estructurado y estable, con varios bloques de funciones, permite al usuario adaptar el sistema de acuerdo a sus necesidades.

Funcionalidad del software standard

Este comprende las siguientes funciones específicas de excitación:

Funciones básicas de regulación

- Regulador de tensión con filtro PID (modo AUTO)
- Regulador de corriente de campo con filtro PI (modo MAN)
- Compensación de la corriente activa y/o reactiva
- Limitadores para
 - corriente de campo máxima y mínima
 - corriente de estator máxima (sobre / sub-excitado)
 - excitación mínima
 - gradiente V/Hz
- Control de seguimiento
 - AUTO ↔ AUTO (solamente para sistemas de canal doble)
 - AUTO ↔ MAN
- Regulación del factor de potencia o de la corriente reactiva
- Función de arranque suave en modo AUTO
- Limitación en modo MAN.

Funciones de control opcionales

- Estabilizador del sistema de potencia (IEEE - PSS2A).

Funciones básicas de protección y monitoreo

- Tiempo de excitación inicial
- Protección de sobrecorriente (instantánea / tiempo inverso)
- Protección de pérdida de excitación
- Monitoreo de la temperatura del convertidor
- Monitoreo de la conducción del tiristores
- Monitoreo del transformador de medición
- Subtensión en la alimentación principal
- Subtensión en la alimentación auxiliar.

Funciones opcionales de protección y monitoreo

- Monitoreo de los diodos rotativos
- Temperatura del rotor (solo para SES)
- Protección V/Hz.

Funciones de monitoreo y protección son categorizadas en tres diferentes niveles de actuación:

- Solo Alarma
- Conmutación para el segundo canal (si existe) para evitar paradas innecesarias
- Apague instantáneo de la excitación por motivos de protección.

Control lógico

Para secuencias estandarizadas y bloques internos, existen bloques de funciones específicos programados.

Aplicación de bloques de funciones

A más de las funciones pertenecientes al software standard, existen bloques de funciones adicionales de diferentes tipos, los cuales, pueden ser usados para softwares de aplicación programable. Estos son los bloques de aplicación verificados, como ampliación de entrada / salida, funciones específicas de monitoreo etc.

Registrador de datos

El software del UNITROL F también incluye un registrador de eventos con capacidad para registrar cronológicamente hasta 100 eventos y alarmas. Los registros pueden ser consultados para lectura o análisis vía el panel de control o el software CMT.

Hasta seis señales de medición pueden ser almacenadas en el registrador de datos, que para diagnóstico pueden ser desplegadas en la pantalla gráfica del software CMT.

Supervisión del procesador

Auto-test

El procesador inicia un auto test después de conectar la alimentación de tensión a la placa de control. Durante la inicialización se comprueban las memorias RAM y ROM. La placa de control monitorea los diferentes niveles de alimentación de potencia.

Función "Watchdog"

La placa de control contiene internamente un sistema "Watchdog" que monitorea la ejecución del programa.

UNITROL® F Funciones adicionales

La funcionalidad de un sistema UNITROL F puede ser fácilmente ampliada. Pero para algunas de esas funciones necesario un hardware y software adicional.

Estabilizador del sistema de potencia (PSS)

El propósito del PSS es el de usar la excitación del generador para mejorar la amortiguación de las oscilaciones de potencia y la estabilidad del conjunto generador y del sistema de transmisión. El PSS influye la entrada del regulador de tensión sumamente efectivo en sistemas estáticos, pero también es aplicable a sistemas con excitatriz rotativa (Fig. 3).

El PSS del UNITROL F está basado en el IEEE PSS2A (considerando la potencia acelerativa).

Para la función PSS se necesita una tarjeta en adición al software, la cual se conecta sobre la unidad de procesamiento de señales.

Monitoreo de diodos rotativos

Con este componente adicional pueden ser detectados selectivamente como circuitos y circuitos abiertos en las ramificaciones de rectificadores rotativos utilizados en sistemas sin escobillas (brushless), sobre un amplio margen de velocidad.

Un filtro de 8vo. orden, sincronizado con la velocidad de rotación, mide las armónicas con la frecuencia de la excitatriz desde la señal de la corriente de excitación. Dependiendo de la amplitud relativa a la corriente de excitación, es posible distinguir entre un corto circuito y un circuito abierto en una ramificación.

Para esta función es necesaria una pequeña tarjeta, la cual se conecta sobre la unidad de procesamiento de señales.

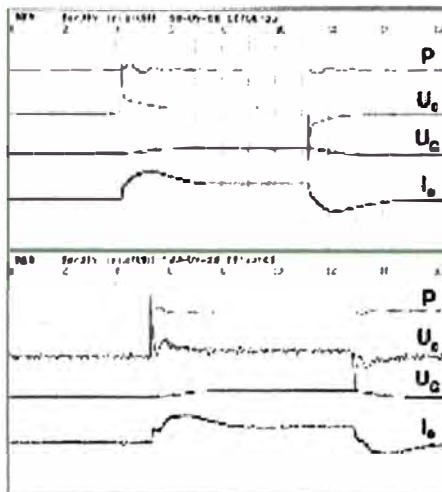


Fig. 3: Respuesta sin (arriba) y con (abajo) función PSS en un sistema de excitación con excitatriz rotativa para un generador de 1140 MVA (P = 060 MW, salto de 5%).

Entradas / Salidas adicionales

Cuando son necesarias entradas/salidas digitales adicionales, existe una ampliación de entrada/salida con 16 entradas y 16 salidas. Esta ampliación consiste en una tarjeta que se conecta sobre la tarjeta principal, en el módulo de excitación y una segunda tarjeta E/S la cual es atomillada en el cubículo.

La extensión E/S proporciona 2 entradas y 2 salidas analógicas adicionales.



Fig. 4: Tarjetas de circuito impreso para funciones adicionales

Aún cuando el UNITROL F salga de la fábrica con el software listo y adecuado a las especificaciones del cliente, si necesario, se pueden realizar fácilmente adaptaciones.

El software del UNITROL F comprende dos partes, el programa standard y el programa de aplicación.

Programa standard

En cada módulo de excitación está instalado nuestro programa standard. Cuando un parámetro de función no es necesario, éste puede ser bloqueado a través de ajuste de un parámetro. En nuestra fábrica, se configura cada sistema con los parámetros individuales de instalación necesarios. Para encender y apagar estas funciones, o cambiar parámetros online u offline, se puede utilizar el panel de control o el CMT.

Programa de aplicación

Para ciertas aplicaciones es necesaria una ampliación del programa standard. Para dichos programas de aplicación, se pueden modificar las conexiones de los bloques del programa standard e incluir otros bloques de aplicaciones diferentes.

Herramienta de ingeniería GAD

El GAD (Graphic Application Design) es un software para PC utilizado para programar los programas de aplicación y posee las siguientes características:

- Programación de los programas standards y de aplicación
- Editor gráfico para crear y modificar la documentación del programa (Fig. 5)
- Definido por el usuario para presentación de los documentos.
- Posibilidad para crear nuevos símbolos de documentación.

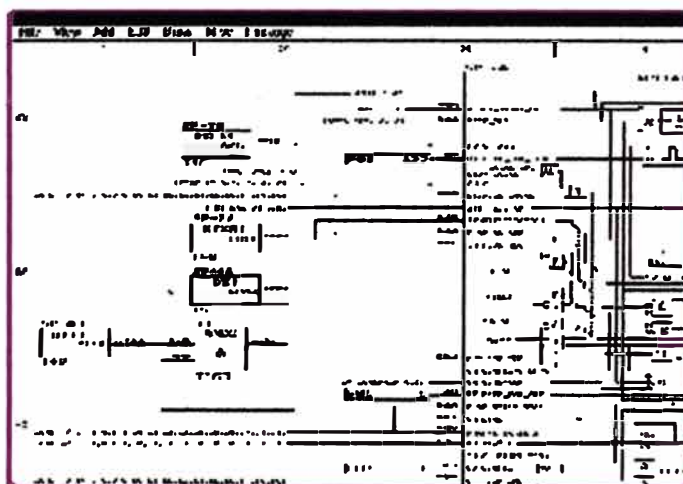
Programas de aplicación hechos con GAD tienen que ser cargados al módulo de excitación con el CMT.

Programación con el panel de control

Utilizando el panel de control, se pueden modificar online los programas standards o de aplicación, para ello están disponibles las siguientes funciones:

- Inicializar el programa
- Conectar las entradas y salidas de los bloques de funciones
- Cambiar las conexiones de los bloques de funciones
- Adicionar o eliminar bloques de funciones
- Modificar el orden de ejecución de los bloques de funciones
- Visualización de los parámetros de los bloques de funciones del programa de aplicación.

Fig 5:
Pantalla del GAD,
segmentos de un
diagrama del programa
de aplicación



UNITROL® F Puesta en servicio y mantenimiento

El software "Puesta en servicio y mantenimiento" CMT del UNITROL F está basado en el Microsoft® Windows™, fue desarrollado para operación y monitoreo de todos los sistemas de excitación.

El Software (CMT) para puesta en servicio y mantenimiento

Con este software se pueden realizar por ejemplo, modificaciones online al programa de aplicación, observar las funciones del sistema y cambiar los parámetros.

Con la pantalla del programa se puede operar el sistema y al mismo tiempo controlar su estado. El contenido de la misma incluye las siguientes funciones:

Pantalla de tendencia (oscilógrafo)

La pantalla puede indicar en tiempo real, el estado de hasta seis señales elegidas por el usuario o grabarlas para indicárselas después (Fig. 6). Todas las señales disponibles en el sistema pueden ser indicadas por este medio. El Menú es muy amigable, de fácil uso y facilita la elección de cada señal incluyendo todos los parámetros requeridos para escala y offset.

Pantalla del programa de aplicación

Esta pantalla muestra el diagrama en bloque de funciones realizado con el GAD (Fig. 7). La pantalla le puede mostrar al usuario, los valores actuales de diferentes puntos seleccionados por él.

Pantalla de parámetros y señales

Esta pantalla muestra en forma tabular parámetros o señales permitiendo al usuario modificarlos. Cada parámetro o señal puede ser incluido en un grupo de parámetros y señales, lo que posibilita que en otra oportunidad solo sea necesario seleccionar el grupo para visualizar y modificar los valores de parámetros y señales pertenecientes a éste.

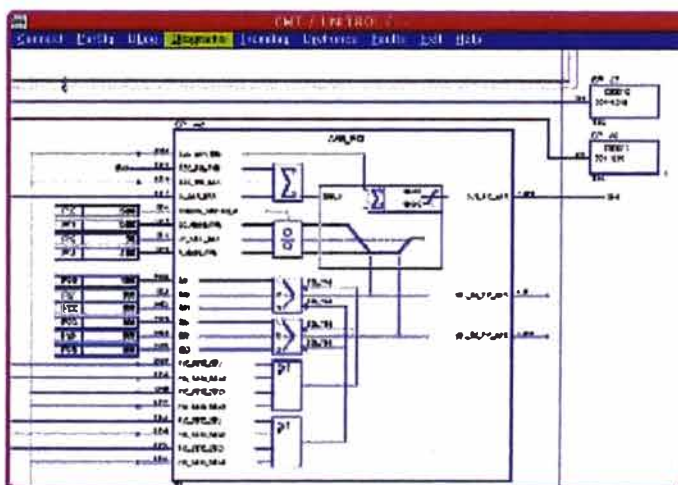
Fig. 7:
Diagrama del programa de aplicación del CMT con visualización de parámetros

Otras pantallas

- **Pantalla del registrador de alarmas**
Esta pantalla muestra las últimas 100 alarmas y fallas, actualizadas en el registrador de alarmas en orden cronológico.
- **Funciones del sistema**
En esta pantalla el usuario encuentra las mismas indicaciones y los mismos botones que en el panel de control.
- **Pantalla de registrador de eventos**
Esta pantalla muestra en orden cronológico los últimos eventos actualizados en el registrador (seis canales, cada uno con 1000 puntos de datos).



Fig. 6:
Ventana de oscilogramas CMT



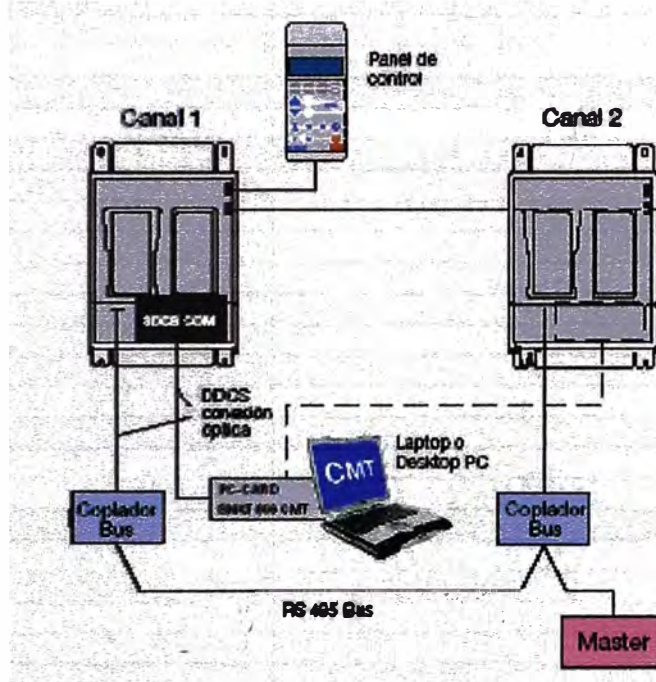
UNITROL® F Sistema de comunicación

UNITROL F utiliza una conexión serial de comunicación para la transferencia de datos internos entre los dos canales y el panel de control.

A fin de alcanzar una rápida y segura conexión con el software CMT, se conecta el módulo de excitación al PC, a través de una conexión óptica (opcional).

Para controlar y monitorear el sistema UNITROL F desde un sistema de jerarquía superior están disponibles diversos protocolos de comunicación con los correspondientes bus adaptadores (opcional).

Fig. 8:
Conexiones para
comunicación del
sistema



Panel-Bus

El Panel-Bus es una conexión serial (protocolo MODBUS) basado en un nivel de señal RS485 con una velocidad de transferencia de 9600 Baud. El bus es utilizado tanto como para conectar el panel de control como para transferir los datos al segundo módulo de excitación en un sistema de canal doble (ver Fig. 8).

Conexión óptica para puesta en servicio y mantenimiento

El UNITROL F puede también ser conectado a través de una conexión óptica con un PC en el cual el software CMT está instalado. Esto posibilita una rápida y segura comunicación con el sistema. Esta conexión permite la completa funcionalidad del CMT con una velocidad de transmisión de 1,5 Mbaud y permite una operación del sistema de excitación desde el computador. Para hacer uso de esta posibilidad, se instala una tarjeta PC en el Laptop o un SNAT 608CMT ISA board para desktop PC y un transductor electro/óptico. La tarjeta SDCS-COM, que se necesita en el módulo de excitación puede ser solicitada separadamente.

Conexión óptica al nivel de jerarquía superior

Una comunicación con sistemas superiores (Master) es posible. Para ello se requieren MODBUS o Profibus. Para cada canal del sistema de excitación se necesita un adaptador bus para la conexión con el Master vía el cable RS485. La conexión soporta 6 palabras de datos (c/u 16 bits en cada dirección). Para el control del Master son requeridas dos palabras de datos en cada dirección. Las palabras de datos restantes son conectables fácilmente con cualquier señal de entrada o salida.

ABB

ABB Switzerland Ltd.
Sistemas de excitación estáticos, reguladores de tensión
y equipos de sincronización
CH-5300 Turgi / Suiza
Teléfono: +41 (0)58 589 24 86
Fax: +41 (0)58 589 23 33
Email: pes@ch.abb.com
Internet: www.abb.com/unitrol

Para mayor información
acerca del UNITROL por favor
visite nuestra página Web
www.abb.com/unitrol

3B-HI-400-103-F0000
V0 Copyright 2004 - 2006 ABB. All rights reserved.
Specifications subject to change without notice.

UNITROL® F Datos técnicos

Valores de entrada

Alimentación de electrónica de control:

| | |
|------------------------------------|---------------------------|
| Desde CA con transformador externo | |
| Tensión nominal 1 | 115 V _{CA} |
| Rango de tensión | 63...127 V _{CA} |
| o | |
| Tensión nominal 2 | 230 V _{CA} |
| Rango de tensión | 185...280 V _{CA} |
| Frecuencia nominal f _n | 50...600 Hz |
| Rango de frecuencia | |
| continuo | 80...120 % f _n |
| dynamico | < 150 % f _n |
| Consumo | ≤ 70 VA |

Desde CC como redundancia

| | |
|-----------------------------------|--|
| Tensión de batería U _B | 24...48 V _{CC} o 110...250 V _{CC} |
| Tolerancia | ± 25 % U _B |
| Consumo | ≤ 50 W |

Entradas de medición:

| | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Tensión nominal U _n | 1 o 3 × 100...120 V _{CA} |
| Tensión máxima continua | 1,3 × U _n |
| Sobretensión de corta duración | |
| durante 1 seg. | 1,7 × U _n |
| durante 1 mseg. | 2,75 × √2 × U _n |
| Frecuencia nominal f _n | 50/60 Hz |
| Rango de frecuencia | |
| continuo | 80...120 % f _n |
| dynamico | < 150 % f _n |
| Consumo por fase | ≤ 0,5 VA |
| Corriente nominal I _n | 1 × 1 A oder 5 A |
| Sobrecorriente continua | 1,5 × I _n |
| Sobrecorriente dinámica 1 seg. | 25 × I _n ; < 75 A |
| Frecuencia nominal f _n | 50/60 Hz |
| Rango de frecuencia | 80...120 % f _n |
| Consumo por circuito de medición | ≤ 0,5 VA |

Entradas analógicas:

| | |
|------------------------------|--------------|
| Tensión de entrada nominal | -10...+10 V |
| Corriente de entrada nominal | -20...+20 mA |

Entradas de señales digitales:

| | |
|------------------------------|--------------------|
| Tensión de entrada nominal | 24 V _{CC} |
| Corriente de entrada nominal | 5...10 mA |

Valores de salida

Convertidor de potencia:

| | |
|--|---------------------|
| Corriente de salida | |
| RAT | ver tabla al dorso |
| SES | ver tabla al dorso |
| Tensión de salida máxima | |
| Tensión de salida | |
| RAT con transistor IGBT (Chopper) | 330 V _{CC} |
| RAT con tiristores | 650 V _{CC} |
| SES a tensión de entrada 500 V _{CA} | 650 V _{CC} |

Contactos de señalización:

| | |
|-------------------------------------|--------|
| Tensión máxima de conmutación CA/CC | 250 V |
| Corriente máxima de conmutación | 2 A |
| Potencia máxima de conmutación | |
| a ≤ 260 V _{CA} | 500 VA |
| a 250 V _{CC} | 50 W |

Datos misceláneos

Tensiones de prueba:

| | |
|---|------------------------------|
| Alimentación de la electrónica de control y circuito de medición contra tierra o circuitos electrónicos | 2,0 kV _{CA} , 1 min |
| Circuitos de comando CC | 1,5 kV _{CA} , 1 min |
| Circuito de potencia RAT | 2,0 kV _{CA} , 1 min |
| Circuito de potencia SES | 2,5 kV _{CA} , 1 min |
| Tensión de impulso conforme IEC 801-5 | 1,2/50 μs, 1,8 kV |

Resistencia EMC:

| | |
|---|--------------------------|
| Inmunidad contra interferencia irradiada conforme IEC 801-3 | 10 mV/m 27...1000 MHz |
| Inmunidad contra transitorios rápidos conforme IEC 801-4 | 500 V _{peak} |

Valores ambientales:

| | |
|--|-------------|
| Temperatura permanente de operación | 0...55 °C |
| Reducción de corriente para temperatura ambiente | > 45 °C |
| Temperatura para almacenamiento | -25...55 °C |

| | |
|---------------------------------------|-----------------|
| Resistencia climática conforme IEC 68 | Clase 25/055/21 |
|---------------------------------------|-----------------|

| | |
|--|-------------------|
| Estándar de calidad | conforme ISO 9001 |
| Sistemas UNITROL F cumplen integralmente los requisitos conforme CE. | |

UNITROL® F Sistemas de excitación

Sistemas de regulación de tensión (RAT) – Tipos estándar

| Tipo UNITROL F | Corriente de entrada máxima | Corriente de salida nominal | Corriente máxima continua | Corriente de techo 150%, 10s | Dimensiones B x H x T [mm] | Peso [kg] |
|---|--|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------|
| RAT con Chopper [SFE/AFT]-D/C5P0-F25 [SFE/AFT]-D/C5P1-F25 [SFE/AFT]-D/C5P3-F25 | 330 V _~ 240 V _~ , 1ph hasta 600 Hz 240 V _~ , 3ph hasta 400 Hz | } 22 A | 25 A | 35 A | 799 x 2096 x 802 | [S] 380 [A] 430 |
| RAT con tiristores [SFE/AFT]-D/C1N1-F45 [SFE/AFT]-D/C1N3-F45 | 500 V _~ , 1ph 50/60 Hz 500 V _~ , 3ph 50/60 Hz | | | | | 31 A 40 A |

[SFE], [S]: Sistema monocanal [AFT], [A]: Sistema doble canal

Sistemas de excitación estáticas (SES) – Tipos estándar con convertidor(es) C2

| Tipo UNITROL F | Corriente de entrada máxima | Corriente de salida nominal | Corriente máxima continua | Corriente de techo 150%, 10s | Dimensiones B x H x T [mm] | Peso [kg] |
|---|---|---|---|--|--|--------------------|
| [SFE/AFT]-D/C211-A250 [SFE/AFT]-D/C211-A370 [SFE/AFT]-D/C211-A630 [SFE/AFT]-D/C211-A830 [SFE/AFT]-D/C211-A800 | 500 V _~ , 3ph 50/60 Hz 500 V _~ , 3ph 50/60 Hz 500 V _~ , 3ph 50/60 Hz 500 V _~ , 3ph 50/60 Hz 500 V _~ , 3ph 50/60 Hz | 205 A 290 A 463 A 565 A 624 A | 225 A 319 A 510 A 622 A 687 A | 328 A 464 A 741 A 904 A 1000 A | [S] 1196 x 2096 x 802 [A] 1308 x 2096 x 802 | [S] 730 [A] 810 |

Consultar por otros sistemas con tensión de salida y/o potencia mayores.

Características de sistemas de RAT

Sistema de armario
Color de armario estándar
Clase de protección estándar

RITTAL
RAL 7035
IP21/IP31



Fig. 1
Armario completo de regulador automático de tensión

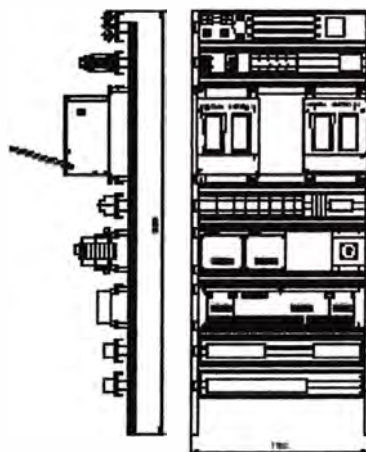


Fig. 2
Todos los componentes son montados en bastidor tipo Lütze. Puede suministrarse también sin armario

UNITROL® 1000

Regulador automático de tensión compacto
para máquinas sincrónicas menores
UNITROL® 1000-15 y UNITROL® 1000-40



Copyright © 2004 Photorisco, Inc.

5012-01

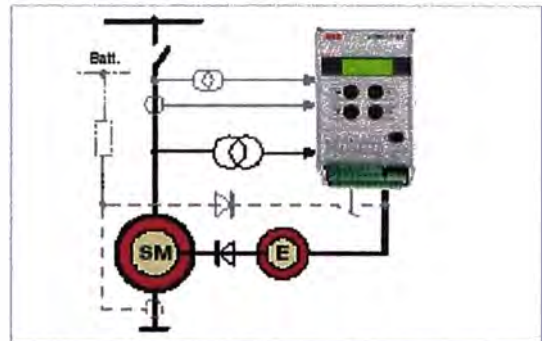
ABB

El UNITROL® 1000-15 cubre un amplio rango de aplicaciones

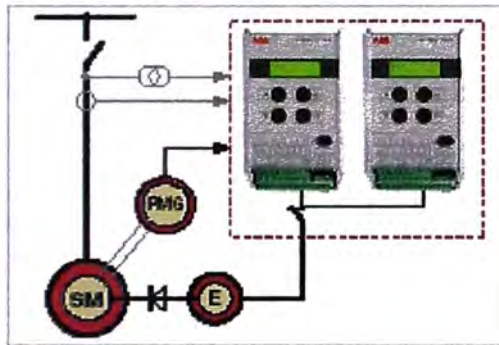
El UNITROL 1000-15 es un Regulador Automático de Tensión o AVR (Automatic Voltage Regulator) de moderno diseño, para generadores y motores sincrónicos. La implementación de la tecnología de microprocesadores más avanzada, junto con semiconductores del tipo IGBT, lo habilitan para ser usado en un amplio rango de aplicaciones. La máxima corriente de salida es de 15 A, y la entrada de potencia puede ser desde una fuente de Corriente Alterna (CA) o Corriente Continua (CC).

Diseño compacto

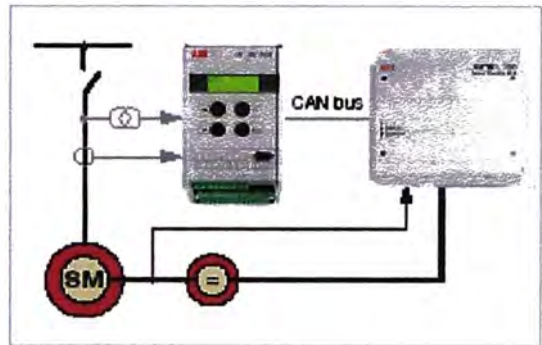
El UNITROL 1000-15 incluye todos los elementos de un control de excitación incorporados en el mismo. Un poderoso procesador de señales en el que come software de control extensivo, garantiza una performance excelente bajo todas las condiciones. La etapa de potencia del tipo chopper, que puede ser alimentada desde una fuente de CA o de CC, posibilita el uso en variadas aplicaciones. El panel frontal sirve para el fácil monitoreo y configuración del equipo. El robusto diseño mecánico garantiza una alta confiabilidad. Las aplicaciones que se muestran abajo constituyen ejemplos típicos.



Excitación Shunt con soporte de cortocircuito opcional



Regulador de tensión redundante alimentado por Generador de imán Permanente (PMG)



Reemplazo de regulador de tensión para generadores con excitatriz de corriente continua, por un UNITROL 1000-15. Una solución aplicable para la modernización de reguladores antiguos mecánicos o analógicos..

UNITROL 1000-PM40

El UNITROL 1000-PM40 es la etapa de potencia del tipo chopper con semiconductores IGBT y controlada por microprocesador. Está conectada al regulador de tensión UNITROL 1000-15 mediante un CAN bus. Esta combinación se denomina UNITROL 1000-40, y cubre un rango de corrientes de campo de hasta 40 A.

LEDs (Light Emitting Diodes) sobre la placa frontal del UNITROL 1000-PM40 proveen las informaciones de estado más importantes.

No se requieren ajustes adicionales o una puesta en servicio, ya que la etapa de potencia es automáticamente configurada por el UNITROL 1000-15.

El UNITROL 1000-40 es la solución perfecta para las aplicaciones de retrofit que requieren corrientes de campo entre 15 y 40 A.



Performance característica del UNITROL® 1000-15

El software altamente eficiente del UNITROL 1000-15 cumple todos los requerimientos para una operación estable y confiable de su máquina sincrónica.

Funciones estándar

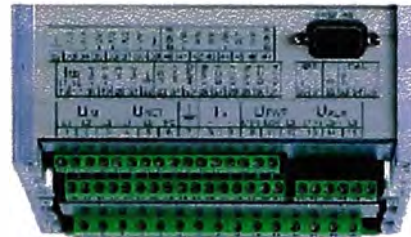
- Regulador de tensión con algoritmo de control PID
- Regulador de $\cos \phi$ con algoritmo de control PID
- Regulador de potencia reactiva con algoritmo de control PID
- Regulador de corriente de excitación (control manual) con algoritmo de control PI
- Valores de referencia internos digitales
- Conmutación sin saltos para todos los modos de operación
- Función Soft-start (arranque suave)
- Dicot de corriente reactiva para la operación en red
- Reparto de potencia reactiva entre máquinas en paralelo vía bus RS-485
- Comunicación serial Modbus
- Limitador de Volts-per-Hertz
- Limitador de corriente de excitación mínima
- Limitador de corriente de excitación máxima en tres etapas con retardo (dependiente de la temperatura)
- Limitador de corriente reactiva como función de la potencia activa (P/Q)
- Limitador de tensión del estator
- Limitador de corriente del estator (dependiente de la temperatura)
- Reparto de potencia reactiva tipo Maestro/Escavo
- Detección de subtensión para activar boost de corriente externa para el soporte de cortocircuito (compounding)
- Control de lazo abierto de la tensión de salida para ensayo
- Función de prueba de escalón incorporada
- Modo Stand-by para sistemas de canal redundante de backup
- Señales de Alarm y Disparo.



UNITROL 1000-15

Funciones opcionales

- Estabilizador del sistema de potencia (PSS) según IEEE 2A/2B
 - Igualación de tensiones antes de la sincronización
 - Sincronización automática
 - Función de verificación (Synchrocheck)
 - Monitoreo de diodos rotantes.
- Funciones planeadas para el futuro**
- Funciones de monitoreo ampliadas para sistemas redundantes
 - Registro de datos y eventos (Data logger/Event recorder).



Las entradas y salidas se ubican en la parte inferior de la unidad

Entradas y salidas

El UNITROL 1000-15 está equipado con interfaces flexibles:

- 4 entradas digitales
- 4 salidas digitales (o entradas)
- 3 entradas analógicas (pueden ser individualmente redefinidas como 2, 4 o 6 entradas digitales)
- 2 salidas analógicas.

Las cuatro salidas digitales pueden ser individualmente redefinidas como entradas digitales. Se usa una interfase serial RS 232 para conectar una PC.

Se puede usar un enlace opcional RS-485 para comunicación serial Modbus o el reparto de potencia reactiva donde dos o más generadores o motores se conectan en paralelo.

Se usa un CAN bus para controlar dispositivos locales de expansión.

Interfase Hombre-Máquina del UNITROL® 1000-15

Un panel práctico y de uso simple ubicado sobre la unidad, posibilita el fácil acceso con una PC Laptop. Una herramienta de software amigable denominada "CMT 1000" simplifica la puesta en servicio.



La operación completa es posible usando solo cuatro pulsadores y el display iluminado.

Panel de operación local

Todos los parámetros pueden ajustarse directamente sobre el equipo, sin necesidad de equipamiento adicional, por ejemplo:

- Configuración de entradas y salidas
- Selección de las mediciones que serán mostradas sobre el display
- Ajuste y modificación de parámetros
- Monitoreo de la operación.

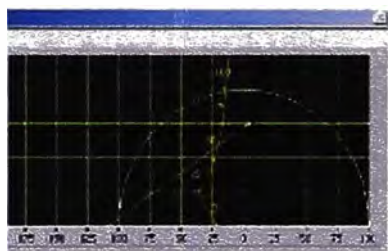


Ejemplo de ajuste de parámetros sobre el display.

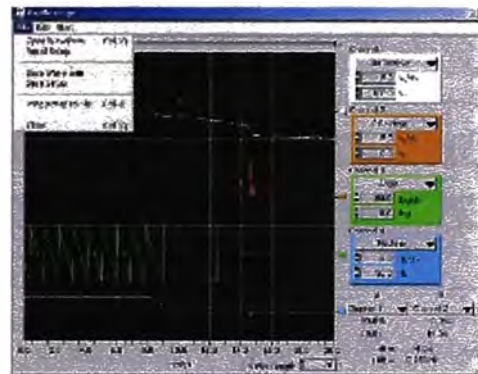
Configuración amigable y optimización mediante CMT 1000

Todos los ajustes de parámetros para la familia UNITROL 1000 pueden realizarse usando "CMT 1000", la herramienta de puesta en servicio y mantenimiento que corre bajo sistema operativo Microsoft® Windows®.

Es fácil seguir cómo el cambio de un parámetro afecta el comportamiento general del regulador, utilizando las funciones de gráfico de potencia y de osciloscopio. Esto significa que los ajustes óptimos se encuentran en un tiempo breve.



El gráfico de potencia muestra el punto real de operación y las curvas de ajuste del emulador PVO.



El gráfico de Osciloscopio del CMT 1000

Osciloscopio del CMT 1000

- Pueden seleccionarse cuatro señales para el display gráfico
- Los archivos de parámetros y gráficos pueden archivar en forma numérica para un posterior análisis
- La resolución del osciloscopio es de 50 ms, y se registran un total de 20 canales

Para clientes que prefieren soluciones con la ingeniería hecha y listas para operar, ofrecemos sistemas **standard** o hechos a medida. Todos los sistemas salen de la fábrica totalmente ensayados.



Placa con un sistema de canal único

Sistemas de simple canal

La solución de un único canal, con todos los componentes necesarios instalados sobre una placa de montaje, es frecuentemente utilizada para la excitación de máquinas síncronas pequeñas, p. ej. generadores accionados por turbinas hidráulicas o motores Diesel. Esta es también una solución comúnmente usada para la excitación de motores.



Sistema dual compacto sobre placa de montaje

Sistemas de canal dual

Un sistema de doble canal con el 100% de redundancia se usa en los casos donde existen mayores exigencias de confiabilidad y seguridad contra fallos.



Sistema AVR en un armario pequeño

Sistema instalado en un armario

Un regulador de tensión UNITROL 1000 instalado en un armario es la mejor solución si no hay disponibilidad de un armario existente para el montaje de la placa. El sistema incluye todos los componentes periféricos necesarios, tales como interruptor de excitación, relés de interfase, transductores, llaves térmicas, etc.

UNITROL® 1000 E-Learning

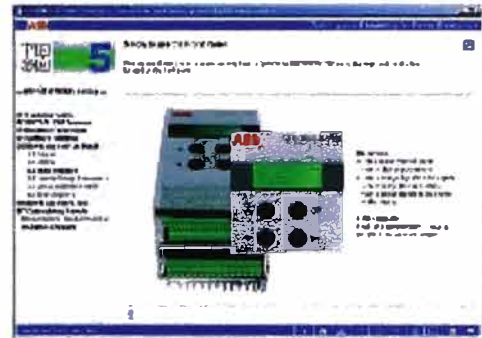
El UNITROL 1000 E-Learning es un programa de entrenamiento interactivo, mediante el que se aprenden los conceptos básicos de los sistemas de excitación, y cómo operar un equipo UNITROL 1000.

Aprenda a operar un UNITROL 1000 vía E-Learning

El programa de entrenamiento interactivo (E-Learning) proporciona una guía abarcativa para la instalación y la operación del regulador de tensión UNITROL 1000. En el mismo se aprende:

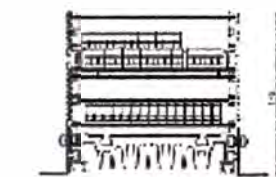
- Teoría básica de máquinas sincrónicas y su excitación
- Cómo operar el UNITROL 1000 usando los pulsadores del panel frontal.
- Cómo controlar y operar el UNITROL 1000 usando la herramienta CMT 1000 cargada en su PC
- Cómo determinar y ajustar los parámetros
- Cómo poner en servicio el UNITROL 1000.

Puede encontrarse más información sobre el programa en nuestro Website www.abb.com/unitrol en el sector "Downloads" de este producto. Por favor, utilice la función "Contact us" para pedir el CD del programa "UNITROL 1000 E-Learning".

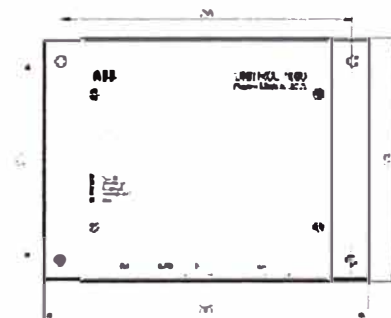
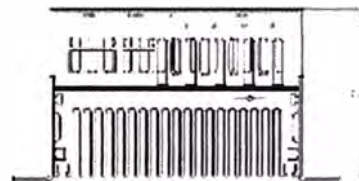


Screenshot del UNITROL 1000 E-Learning

Dimensiones mecánicas del equipo



Dimensiones del UNITROL 1000-1S (en mm)



Dimensiones del UNITROL 1000-PM40 (en mm)

Especificaciones técnicas del UNITROL® 1000-15 & 1000-PM40

UNITROL 1000-15

| | |
|------------------------------------|----------------------------|
| Alimentación auxiliar | |
| Tensión de entrada (CA trifásica) | 0 ... 250 V _{CA} |
| Tensión de entrada (CA monofásica) | 50 ... 250 V _{CA} |
| Tensión de entrada (CC) | 18 ... 300 V _{CC} |
| Consumo máximo | 25 W |
| Tensión de ensayo | 2 kV |

| | |
|---|---------------------------|
| Alimentación de la electrónica de potencia | |
| Tensión de entrada (CA trifásica/monofásica) | 0 ... 250 V _{CA} |
| Tensión de entrada (CC) | 0 ... 300 V _{CC} |
| Rango de frecuencia | 40 ... 600 Hz |
| Tensión de ensayo | 2 kV |

| | |
|------------------------------------|---------------|
| Entradas de medición | |
| Tensión del generador trifásico | máx. 250 V |
| Corriente del generador monofásico | 1 A |
| Tensión de la red monofásica | máx. 150 V |
| Rango de frecuencia | 10 ... 100 Hz |

| | |
|--|--------------------|
| Salida de excitación | |
| Corriente de salida continua | 15 A _{CC} |
| Decremento de corriente por temperatura ambiente > 50 °C | 1 A / Kelvin |
| Sobrecarga (10 s máximo) | 30 A _{CC} |
| Sobrecarga (4 min. máximo) | 20 A _{CC} |

| | |
|----------------------------------|--------------------|
| Fuente de tensión interna | |
| Fuente de tensión auxiliar | 24 V _{CC} |
| Corriente de salida máxima | 300 mA |

| | |
|--|---------------|
| Entradas/salidas analógicas | |
| Rango de tensión | ± 10 V |
| Impedancia | 100 kOhm |
| Valor de referencia para potenciómetro externo | ± 10 V, 20 mA |

| | |
|--|---------|
| Interfase serial | |
| Para conexión a PC | RS 232 |
| Para poner en paralelo varios equipos UNITROL 1000 | RS 485 |
| Para dispositivos de extensión local | CAN bus |

| | |
|-----------------------|--------|
| Exactitud | |
| Regulación de tensión | < 0,1% |

Valores ambientales

| | |
|--|-----------------------------------|
| Rango de temperatura de operación | 0 ... 60 °C |
| Rango de temperatura de almacenamiento | -20 ... +75 °C |
| Vibración | 2 mm f < 15 Hz 0,7 g f > 15 Hz |
| Golpe | 5 g, impulso de 11 ms |

Resistencia a radiaciones (Inmunidad EMC)

| | |
|-----------|--------------|
| Inmunidad | EN 61000-6-2 |
| Emisión | EN 61000-6-4 |

Datos mecánicos

| | |
|---------------------|-------|
| Peso | 5 kg |
| Clase de Protección | IP 20 |

UNITROL 1000-PM40

Alimentación de la electrónica de potencia

| | |
|------------------------------------|----------------------------|
| Tensión de entrada (CA trifásica) | 0 ... 250 V _{CA} |
| Tensión de entrada (CA monofásica) | 50 ... 250 V _{CA} |
| Tensión de entrada (CC) | 18 ... 300 V _{CC} |

Salida de excitación

| | |
|---------------------------------------|--------------------|
| <i>Alimentación CA trifásica o CC</i> | |
| Corriente de salida continua | 40 A _{CC} |
| Sobrecarga (10 s máximo) | 80 A _{CC} |
| Sobrecarga (4 min. máximo) | 50 A _{CC} |

| | |
|-----------------------------------|--------------------|
| <i>Alimentación CA monofásica</i> | |
| Corriente de salida continua | 30 A _{CC} |
| Sobrecarga (10 s máximo) | 60 A _{CC} |
| Sobrecarga (4 min. máximo) | 40 A _{CC} |

| | |
|-------------------------|---------|
| Interfase serial | CAN bus |
|-------------------------|---------|

Datos mecánicos

| | |
|---------------------|--------|
| Peso | 6,7 kg |
| Clase de Protección | IP 20 |

Por datos técnicos referidos al ambiente y al AVR, por favor referirse a los datos del UNITROL 1000-15 a la izquierda.

Productos de la familia UNITROL® 1000

La familia UNITROL® 1000 está constituida por una serie de reguladores de tensión automáticos y digitales. Un diseño moderno del controlador junto con una etapa de potencia del tipo IGBT chopper permite utilizarlos en una amplia gama de aplicaciones.



UNITROL 1000-7

El UNITROL 1000-7 es un AVR (RAT) para un máximo de 7 A de corriente permanente de campo. Está dirigido a fabricantes de máquinas síncronas e integradores de sistemas que busquen una solución directa y de buena relación costo/beneficio.

UNITROL 1000-15

El UNITROL 1000-15 es un AVR (RAT) para un máximo de 15 A de corriente permanente de campo. Un panel de operación local se utiliza para el fácil monitoreo y ajuste de los parámetros. Esta unidad compacta y de sencilla operación cubre una amplia gama de aplicaciones.

UNITROL 1000-PM40

El UNITROL 1000-PM40 es el módulo de potencia que extiende la corriente de salida del UNITROL 1000-15 hasta los 40 A. Una interfase CAN bus entre ambas unidades se usa para esta combinación "Plug & Play" denominada UNITROL 1000-40.

ABB Switzerland Ltd de Turgi, Suiza, es a nivel mundial el Centro de Excelencia de ABB para los Sistemas de Excitación y de Sincronización.

ABB

ABB Switzerland Ltd.
Sistemas de excitación estáticos, reguladores de tensión
y equipos de sincronización
CH-5300 Turgi/Suiza
Teléfono: +41 (0)58 589 24 85
Fax: +41 (0)58 589 23 33
Email: pas@ch.abb.com
Internet: www.abb.com/unitrol

3BHT 600 303 R0406
© Copyright 2004, 2005 ABB. All rights reserved.
Specifications subject to change without notice.

BIBLIOGRAFÍA

1. **William D. Stevenson, “Análisis de Sistema de Potencia”, McGraw Hill - México, 1996.**
2. **A. E. Fitzgerald, “Maquinas Eléctricas”, McGraw Hill - México, 2003.**
3. **Stephen J. Chapman, “Maquinas Eléctricas”, McGraw Hill - Colombia, 1993.**
4. **Enrique Devis Echandia, “Posibilidades y costos de generación y cogeneración termoeléctrica en escalas pequeñas e industriales”, Artículo 3 de la Revista 3 “UNIANDES”, New York.**
5. **Esteban Rosero García, “Modelado y control de molinos de caña de azúcar”, Tesis de grado para Magíster en ingeniería, Colombia, 2006.**
6. **CHEN, James C.P., "Manual de Azúcar de caña para fabricantes de azúcar de caña y Químicos Especializados", México, 1991.**
7. **E. Hugot, “Handbook of Cane Sugar Engineering”, Elsevier Publishing Company - USA, 1986.**