

CNEA/AC 3/81

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

MANUAL DE CAPACITACION PARA
CENTRALES NUCLEARES DE
600 Mwe.

Preparado por ITALIMPIANTI para el entrenamiento del personal
de la Central Nuclear en Embalse

N I V E L 2

TM-41210 - ALTERNADOR

Córdoba - Argentina

1981

ITALIMPIANTI
società italiana Impianti p. a.



MANUAL DE ENTRENAMIENTO
NIVEL 2

FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM

ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

ALTERNADOR

BSI

41.210

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / EMITIDO POR - ISSUED BY / RAV / REV. 0 / 12 / 81 / 1 / 1 / 2 / 1 / 3 / 1 / 4 / 1 /

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

NIVEL 2

ALTERNADOR

Rev.0 Febrero 1.981.-

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

Rif. ANS.
RAV.

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

RAV.

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

1 / 72

ITALIMPIANTI
società italiana impianti p. a.MANUAL DE ENTRENAMIENTO
NIVEL 2**FMN 2407**
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CÓRDOBASISTEMA
SISTEMA
SYSTEM**ALTERNADOR**APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT**ALTERNADOR****BSI****41.210**I N D I C E

1.- ESQUEMA PARA LECCIONES SOBRE EL ALTERNADOR DE CORDOBA.	PAG.	3
2.- DATOS DE PROYECTOS Y CARACTERISTICAS TECNICAS.	PAG.	32
3.- CONSTRUCCION GRAFICA PARA DETERMINAR LA CORRIENTE DE EXCITACION.	PAG.	40
4.- FUNCIONAMIENTO CON TENSION ANORMAL.	PAG.	46
5.- FUNCIONAMIENTO A FRECUENCIA ANORMAL.	PAG.	49
6.- FUNCIONAMIENTO EN SOBRECARGA.	PAG.	51
7.- FUNCIONAMIENTO DE LOS REFRIGERADORES DE HIDROGENO.	PAG.	52
8.- FUNCIONAMIENTO SIN AGUA DESMINERALIZADA.	PAG.	56
9.- VIBRACIONES ROTOR ALTERNADOR EN FUNCIONAMIENTO.	PAG.	57
10.- FUNCIONAMIENTO CON CARGAS DESEQUILIBRADAS.	PAG.	59
11.- FALTA DE EXCITACION.	PAG.	64
12.- FUNCIONAMIENTO EN TRANSITORIO Y BAJO FALLA.	PAG.	55
13.- FUNCIONAMIENTO COMO MOTOR.	PAG.	68
14.- PROTECCIONES PARA EL GENERADOR.	PAG.	69

PREPARATO
PREPARADO
PREPAREDCONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKEDFOGLIO
HOJA
SHEETPAGINA
PÁGINA
PAGE

1

2.172



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT
ALTERNADOR

BSI
41.210

1.- ESQUEMA PARA LECCIONES SOBRE EL ALTERNADOR DE CORDOBA

1.1. INTRODUCCION

En las páginas siguientes analizamos brevemente la parte "convencional" de la Central Nuclear de Córdoba, para ser más precisos, aquel componente de la Central, que transforma la energía mecánica de la Turbina en energía eléctrica: el alternador y sus instalaciones auxiliares (aceite sellos - agua estator - hidrógeno- excitación). En el adjunto describimos solamente al alternador, sin detenernos en todos los detalles de construcción o las características de los materiales, sino poniendo en evidencia aquellos elementos constructivos y aquellos materiales que más fácilmente pueden ser afectados por el tipo de funcionamiento y de conducción de la máquina.

Las instalaciones auxiliares no son consideradas aquí sino que será objeto de un estudio detallado a cargo de los distintos especialistas.

El alternador representa un exiguo porcentaje de toda la Central, ya sea desde el punto de vista de la magnitud como desde el punto de vista del costo; pero si consideramos que todo el resto de la Central (incluso el transformador elevador y la subestación) tiene su justificación en la presencia del alternador, se podrá comprender la importancia que este último elemento tiene.

Obviamente también las instalaciones auxiliares del generador, esenciales para su funcionamiento, asumen la misma importancia y deben por lo tanto, poseer un alto grado de confiabilidad.

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA EMITIDO POR - ISSUED BY

REV. 0

1

2

3

4

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

.....1..... 3.....112.....



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM **ALTERNADOR**

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT **ALTERNADOR**

BSI
41.210

Debemos indicar, de todas maneras, que el generador eléctrico es un componente que utilizado en forma correcta, tiene una larga duración y muy rara vez presenta desperfectos: existen máquinas con más de 50 años de duración y normalmente ocurre que las unidades viejas son sustituidas no porque estén gastadas sino por su tamaño que ya no las hace competitivas económicamente.

Los generadores para centrales nucleares pueden aprovechar toda la experiencia adquirida en las centrales a vapor tradicionales (fósiles o endotérmica), y esto se debe a que, sustancialmente, son iguales a los de estas últimas; la única diferencia reside en el hecho que dado que la turbina se mueve a velocidades inferiores, tienen cuatro polos en vez de dos.

Como ocurre ya en las instalaciones termoeléctricas tradicionales, en la cadena de transformación de la energía desde la energía latente contenida en el combustible nuclear hasta la energía eléctrica a los bornes del alternador, el anillo que tiene el mejor rendimiento de transformación es precisamente este último: las grandes potencias unitarias obtenibles en las centrales nucleares hacen que esta característica se acentúe con rendimientos superiores al 98,5 %. Solamente un 1,5 % aproximadamente de la energía mecánica no se transforma en energía eléctrica puesto que se pierde en forma de calor cedido a los distintos flujos de refrigeración y lubricación que entran en la máquina.



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA ALTERNADOR
SISTEMA
SYSTEM
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT ALTERNADOR

BSI
41.210

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

1 / 4 / 3 / 2 / 1 / 0 / REV. / EMISSO DA /

1.2. DESCRIPCION DEL ALTERNADOR

1.2.1. GENERALIDADES

Un alternador está constituido por dos partes principales:

el estator o armadura o inducido y
el rotor, o campo o inductor.

En la primera se distinguen tres partes fundamentales:

- 1) la carcasa
- 2) el paquete de láminas
- 3) el bobinado

En la segunda se distinguen:

- 1) el árbol rotor
- 2) el bobinado

El principio de funcionamiento de este complejo se origina en el hecho que el movimiento relativo de un conductor dentro de un campo magnético produce una tensión inducida a las extremidades del conductor:

$$E = \ell (\dot{\psi} \wedge \vec{B}) \quad \text{con} \quad E = \ell \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha$$

ℓ = largo del conductor ortogonal al campo magnético

B = intensidad del campo magnético o inducción

v = velocidad de desplazamiento del conductor

α = ángulo entre la dirección del desplazamiento y del campo magnético.

El sentido de la tensión inducida está dado por la regla de Fleming de los tres primeros dedos de la mano derecha:

Pulgar : v

Indice : B

Medio : E

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

ITALIMPIANTI società italiana impianti p. a. 		MANUAL DE ENTRENAMIENTO NIVEL 2		
FMN 2407 CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE CORDOBA		SISTEMA SISTEMA SYSTEM	ALTERNADOR	BSI
		APPARECCHIATURA EQUIPO EQUIPMENT	ALTERNADOR	41.210
El bobinado del rotor es la fuente del campo magnético que, rotando junto con el rotor, induce en el bobinado del estator una tensión alternada; el paquete de láminas del estator y el cuerpo del rotor constituyen la vía preferencial a la penetración del flujo de modo tal que pueda concadenarse al máximo con el bobinado inducido. Los actuales turboalternadores para producción de energía eléctrica se distinguen y se clasifican en base al tipo de refrigeración de las partes principales que los forman. El alternador de la Central Córdoba pertenece a la clase de máquinas con refrigeración directa, en las cuales el medio refrigerante primario (hidrógeno y/o líquido) de los bobinados fluye en contacto directo con los conductores: el calor generado por las pérdidas en los bobinados, en su mayor parte es transportado por el medio refrigerante primario, sin atravesar el aislamiento eléctrico hacia masa. Mejor dicho, el estator es refrigerado directamente por el agua desmineralizada que fluye en las planchuelas perforadas que forman el conductor, el rotor es refrigerado directamente por hidrógeno a presión según el sistema "radial". 1.2.2. CARCASA DEL ESTATOR Esta formada por una carcasa cilíndrica estanca a la pérdida de gas, cerrada en los dos extremos por escudos que incorporan los cojinetes del rotor y los sellos de gas. Esta fabricada en chapa de acero soldada eléctricamente y presenta en su parte superior, dos jibas de contención de los refrigerantes del H₂. En la parte inferior, del lado opuesto				
EMISSO DA	PREPARATO PREPARADO PREPARED	CONTROLLATO VERIFICADO CHECKED	FOGLIO HOJA SHEET	PAGINA PAGINA PAGE
0	1	2	3	4
REV.				



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT
ALTERNADOR

BSI
41.210

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

REV. 0 1 2 3 4

a la turbina, sobresale la caja de soporte para termina
les del bobinado del estator.

En los escudos frontales existen pasos de hombres de inspección, cerrados por ventanas, que permite el acceso a las zonas frontales internas del estator para la realización de inspecciones y balanceos.

Todo este complejo es estanco a la pérdida de hidrógeno y ha sido calculado y probado hidráulicamente a una sobrepresión interna de 10 kg/cm².

La carcasa del estator cumple distintas funciones esenciales:

- es el elemento de soporte del paquete de láminas del bobinado y del rotor.
- sostiene el paquete del estator y descarga en los apoyos de fundación las fuerzas que durante el funcionamiento normal, pero especialmente durante los corto circuitos, tenderían a hacer girar el paquete.
- constituye junto con los tubos, las paredes, las aperturas y los diafragmas el circuito de alimentación y descarga del H₂ a las partes activas a ser refrigeradas (paquete del estator, rotor, terminales del bobinado del estator); contiene el H₂ hasta la máxima presión de ejercicio, sin pérdidas y sin deformaciones apreciables.

1.2.3. PAQUETE DEL ESTATOR

Está constituido por segmentos de chapa magnética del tipo cristales orientados, aislados en ambas caras por un barniz de clase F a base de resinas fenólicas y pigmentos inorgánicos. Los segmentos tienen cavidades en el lado hacia el exterior y al interior: las primeras sirven para el anclaje a los tirantes - chavetas y por lo tanto a la carcasa; las segundas ubicadas en el diámetro interno forman la sede del bobinado del estator.

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

ITALIMPIANTI
società Italiana Impianti p. a.

MANUAL DE ENTRENAMIENTO NIVEL 2

FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBASISTEMA
SISTEMA
SYSTEM **ALTERNADOR**APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT **ALTERNADOR****BSI**
41.210

El paquete está subdividido en paquetes elementales por medio de interposiciones de distanciadores radiales internos, los mismos permiten el pasaje difuso del hidrógeno de refrigeración en dirección radial con sentido de recorrido a tramos alternados hacia el entrehierro y hacia el lado externo.

El paquete está comprimido por uñas prensapaquete en sus dos extremos, cerradas por bridas prensapaquete que están bloqueadas por bulones colocados en los extremos enroscados de los tirantes - chaveta.

La unión de, paquete - tirantes chaveta - carcasa, es directa sin interrupciones de sistema elástico alguno. En las grandes máquinas con dos polos de atracción magnética es equivalente a un imán rotativo que atrae al paquete y tiende a flexionarlo elípticamente, dicha deformación rotante en sincronismo con el rotor aunque mantenida dentro de valores de $50 \div 100\text{m}$, con la unión rígida entre paquete y carcasa se transmite a esta última y a las fundaciones con un efecto de vibración a una frecuencia que sería el doble de la frecuencia de la red.

En las máquinas de cuatro polos, el norte y el sur del mismo par polar, se encuentra a 90° mecánicos y por lo tanto el efecto magnético del rotor es menos evidente (en el orden del 20% del de las máquinas con dos polos) y no hace necesario un aislamiento del paquete estatórico de la carcasa.

Las funciones principales del paquete son:

- ofrecer un tramo de circuito de baja reluctancia para el pasaje de la línea de flujo las cuales, generadas por el rotor, se encadenan con el bobinado del estator.
- suministrar un soporte a las bobinas del estator que están sometidas al esfuerzo electrodinámico derivado de la interacción entre campo magnético y corriente estatórica.

PREPARATO
PREPARADO
PREPAREDCONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKEDFOGLIO
HOJA
SHEETPAGINA
PAGINA
PAGE

/

8 / 72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT
ALTERNADOR

BSI
41.210

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

REV. 0 / 1 / 2 / 3 / 4 /

El paquete estatórico es una de las partes esenciales del generador: su temperatura de funcionamiento se detecta por dos medidores de temperatura a resistencia, ubicados entre las láminas.

Algunos detalles de construcción de especial importancia se refieren al paquete del estator, entre los cuales merecen mencionarse:

- Las muescas radiales en los paquetes de los extremos.
- el blindaje en cobre sobre las placas prensapaquete;
- el escalonado radial de las partes de los extremos (fig 1).
- la consolidación * con resinas polimerizantes* *en frío* de los paquetes de los extremos;
- las uñas prensapaquete de material no-magnético;
- las bridas de pieza única (fig 2-3).

Todos estos elementos que no siempre se encuentran en máquinas de menor importancia y de los cuales se podrian proporcionar más datos, han sido adoptados para la máquina de Córdoba para contribuir a hacer de su funcionamiento algo más seguro y confiable.

1.2.4. BOBINADO DEL ESTATOR

El bobinado del estator es:

- trifásico
- conectado en estrella
- distribuido en 54 ranuras
- de doble capa
- con cabezas imbricadas
- con paso recortado
- con un conductor Roebel por cada semibobina.

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM

ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

ALTERNADOR

BSI
41.210

Volviendo a lo establecido en el punto 2.1, la ampli
tud de la tensión inducida en el bobinado del esta
tor depende de tres factores básicos:

- la inducción magnética o línea de flujo que produ-
cidas por el rotor vienen cortadas por el bobinado
del estator.
- la velocidad o frecuencia con la cual los conducto
res cortan las líneas de flujo.
- el número de conductores o espiras conectadas en
serie para formar el bobinado.

"/.

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / REV. 0 / 1 / 2 / 3 / 4

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE 10 / 72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT ALTERNADOR

BSI
41.210

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

REV. 0 1 2 3 4
EMISSO DA EMITIDO POR - ISSUED BY

La función del bobinado del estator consiste en recoger una tensión inducida suficiente como para hacer circular en el mismo y en el circuito utilizador externo la corriente eléctrica deseada.

Las tres fases del bobinado, constituidas por dos circui-
tos en paralelo cada una, están distribuidas en forma
uniforme en las 54 cavidades del estator de modo tal de
poder recoger una terna de tensiones simétricas, es de-
cir de igual amplitud y con desfase de 120° entre e-
llas.

La conexión de los dos circuitos en paralelo para reali-
zar la fase se realiza dentro de la máquina, por lo tan-
to al exterior van solamente los dos extremos de cada fa-
se: las terminales de bobinado son 6 en total, 3 del la-
do centro estrella y tres del lado línea.

El paso del bobinado está recortado es decir: se conec-
tan en serie dos semibobinas alejadas entre si menos de
180° eléctricos para reducir en la forma de onda de la
tensión el contenido de armónicas 5a y 7a principalmente
y minimizar la interferencia telefónica, luego, con la u-
nión en estrella de las fases se anula en la tensión
concatenada la presencia de la tercera armónica de ten-
sión:

Las semibobinas están formadas por platinas de cobre
"oxygen free" (libres de oxígeno), aisladas entre si con
electrovidrio para reducir las corrientes parásitas (e-
fecto piel) y transpuesta en el tramo en ranura según el
sistema Roebel para minimizar las pérdidas por corriente
de circulación: la tensión inducida en cada platina que
constituye la barra, a causa de la falta de uniformidad
del flujo, sería distinta y daría lugar a circulación de
corrientes entre las platinas (fig 4).

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

11 / 72

ITALIMPIANTI Società Italiana Impianti p. a.				MANUAL DE ENTRENAMIENTO NIVEL 2		
FMN 2407 CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE CORDOBA		SISTEMA SISTEMA SYSTEM		ALTERNADOR		BSI
		APPARECCHIATURA EQUIPO EQUIPMENT		ALTERNADOR		41.210
La transposición Roebel permite reducir en una medida aceptable dicha circulación de modo tal que el flujo concatenado con las platinas de cada semibobina sea en su totalidad el mismo. Además, un mayor flujo (mayor componente que atraviesa en sentido transversal la ranura) influye sobre la semibobina en la zona del entrehierro, con respecto a la del fondo de la ranura y hace que las corrientes parásitas ("efecto piel") sean mayores en la primera: por lo tanto debe tener dimensiones mayores. En cuanto a la elevada potencia a producir, el bobinado del estator está sometido a esfuerzos particularmente grandes debidos a: a) Las elevadas pérdidas en el cobre (efecto joule y adicionales) que requieren un sistema muy eficiente de eliminación de las mismas. b) Las expansiones térmicas absolutas y diferenciales (con el paquete del estator). c) Las fuerzas electrodinámicas en la ranura, debidas a la corriente de carga. d) Las fuerzas electrodinámicas en los extremos, debidas a las corrientes de falla (corto circuito o sincronizaciones incorrectas). e) La alta tensión de generación que provoca problemas de aislación hacia masa o efecto corona.						
PREPARATO PREPARADO PREPARED		CONTROLLATO VERIFICADO CHECKED		FOGLIO HOJA SHEET		PAGINA PAGINA PAGE
				/		12 / 72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT
ALTERNADOR

BSI
41.210

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

REV. 0 1 2 3 4

Los problemas relacionados con el punto (a) se resuelven con la refrigeración directa con agua desmineralizada de las platinas de las barras del estator: cada bobina o espira del estator está formada por dos semibobinas conectadas en serie por la corriente y en paralelo por el flujo del agua desmineralizada un colector de entrada alimenta a todas las semibobinas que descargan luego en un colector de salida.

La conexión con los colectores de entrada y salida se realiza mediante tubos aislantes de teflon: existiendo 54 bobinas, habrán entonces 54 tubos de alimentación y 54 de descarga.

Para equilibrar las temperaturas y las velocidades del agua desmineralizada a la salida de cada semibobina, en la máquina de Córdoba, por ejemplo, las semibobinas cerca del entrehierro están formadas por platinas planas alternadas con platinas perforadas, mientras que las del fondo de la ranura están formadas por platinas perforadas cuyas dimensiones son distintas de aquellas que se encuentran cerca del antrehierro (fig 5).

La alimentación del agua a las semibobinas se asegura mediante una instalación auxiliar que refrigera y deioniza la misma: la descripción y el funcionamiento de dicha instalación se indica aparte.

Con respecto a las expansiones del bobinado (punto b) dependen de la variación de temperatura del cobre al variar de la carga, especialmente desde sin carga a carga plena puesto que para variaciones de carga menores interviene la regulación de temperatura del agua desmineralizada que disminuye las excursiones térmicas del cobre (fig 6).

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM

ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

ALTERNADOR

BSI

41.210

Siendo que el paquete del estator tiene un coeficiente de dilatación distinto, se produce un movimiento relativo que resulta sensible a los extremos entre el paquete y los extremos del bobinado: estos se encuentran convenientemente anclados por el sistema "Tetraloc" de la GECCO, que les permite un libre movimiento en dirección axial.

Con respecto a las fuerzas electrodinámicas que se ejercen entre los conductores (recordemos la ley $F = I (B \wedge l)$ con la dirección de F según la regla de Fleming de la mano izquierda) las mismas son particularmente peligrosas en la ranura (punto C) pues hacen vibrar la barra con respecto al paquete y por lo tanto, podrían desgastar el aislamiento hacia masa; se utilizan calses laterales en fibra de lana de vidrio y radiales con chavetas en forma de cuñas y contracuñas que bloquean rígidamente las barras impidiendo cada vibración. En los extremos el fenómeno electrodinámico resulta grave cuando las corrientes son muy grandes (en caso de desperfecto o sincronización ver punto d) y los conductores tienden a flexionarse: el complejo de bloqueo "Tetraloc" interviene en este caso impidiendo los movimientos distintos de los axiales.

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE 14 / 72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM

AL TERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

AL TERNADOR

BSI

41.210

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / REV. 0 / 1 / 2 / 3 / 4 /

En lo que respecta a la tensión de generación (punto e) cuando el Cliente no la impone por motivos particulares se selecciona de manera tal de disminuir los problemas derivados de las altas corrientes (debe recordarse que $KVA = \sqrt{3} \text{ KV. I}$) y del número de ranuras del estator (que debe ser por lo menos divisible por el número de las fases). El sistema de aislación utilizado para Córdoba es el "Micapal" de la G.E. Co:

Es un complejo termoendurecedor de cintas a base de estratos de mica en escamas y en polvo con un sostén de vidrio, todo impregnado con resinas epoxi, el número de cintas está en función del valor de la tensión de ejercicio. Este sistema de aislación presenta además una notable resistencia al desgaste mecánico y al desgaste debido al efecto corona: de todo modo en el tramo en la ranura y casi hasta el primer codo sobre los extremos, la aislación está protegida por un cintado especial de amianto ferroso grafitado y de barniz semiconductor que permite igualar la distribución de tensión entre la superficie externa de la aislación y la masa.

La sección de la ranura del estator con sus dimensiones reales está indicada en la figura 7.

La medición de la temperatura del bobinado se realiza por dos medios: el primero, mediante termoresistencias ubicadas en el agua a la salida de cada bobina (54 sensores), el segundo, mediante medidores de temperatura a resistencia ubicados en la ranura en los separadores entre las dos semibobinas (una por cada ranura, por lo tanto 54 sensores).

Veamos brevemente los 6 aisladores pasantes que unen el bobinado con la parte exterior: están constituidos por conductores tubulares de cobre de alta conductividad, aislados en resina de vidrio y montados sobre un soporte de aluminio; la estanqueidad del gas se realiza con anillos de material elástico.

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM

ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

ALTERNADOR

BSI

41210

La refrigeración de los aisladores se realiza (en caso de Córdoba) directamente con hidrógeno que fluyendo de la cámara de los aisladores entra en los mismos en la zona central, y vuelve a salir del tubo de cobre y se descarga en la cámara de alimentación del ventilador, lado de los anillos (ver circuito de ventilación de la máquina descripto más adelante)

En cada aislador pasante hay tres transformadores de corriente para las protecciones del montante de máquina y para mediciones.

1.2.5. EL ARBOL DEL ROTOR

Proviene de una pieza forjada de que tiene elevadas características mecánicas y magnéticas; es una pieza única (con excepción de la brida de acople a la turbina, que está clavada en caliente sobre el eje y está provisto de cavidad axial pasante para mediciones e ultrasonidos. En su parte axial pueden distinguirse tres zonas: las dos exteriores que constituyen la extremidad del árbol cuyas funciones son principalmente mecánicas (apoyo del árbol en los cojinetes, transmisión del par mecánico por la extremidad del lado turbina), la zona central llamada tabla del rotor, cuyas funciones son mecánicas y electromagnéticas. En la misma se encuentran fresadas axialmente cuatro series de ranuras radiales, de forma trapezoidal, que llevan el bobinado

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / EMITIDO POR - ISSUED BY

REV. 0

1

2

3

4

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

16 / 72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT
ALTERNADOR

BSI
41.210

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / REV. 0 / 1 / 2 / 3 / 4 /

rotórico, dichas ranuras ocupan poco más de la mitad de la circunferencia (198° mecánicos sobre 360°) dejando libre cuatro "zonas polares" a 90° mecánicos (180° eléctricos) una de la otra; las zonas polares constituyen, por su baja reluctancia, las zonas preferenciales de pasaje de las líneas de flujo magnético en el rotor.

Teniendo en cuenta el entrehierro de separación entre el rotor y el estator, hemos completado así el circuito magnético para el recorrido de las líneas de flujo, las mismas salen de un polo NORTE, atraviesan el entrehierro en dirección radial, entran en los dientes del estator entre una ranura y la otra, recorren cerca de $1/4$ de la corona del paquete del estator, y finalmente vuelven hacia el rotor atravesando otra vez sea los dientes del estator que el entrehierro, para entrar después en el polo SUR adyacente al polo NORTE del cual habian partido (fig 8).

1.2.6. BOBINADO DEL ROTOR

Está constituido por platinas de cobre con un adecuado porcentaje de plata, para obtener un material con alto límite de elasticidad.

Las platinas están alojadas en las ranuras del rotor una sobre la otra y separadas por un laminado de fibras de vidrio y resina epoxi, en modo tal que forman unas bobinas que se arrollan alrededor de las zonas polares. La aislación contra masa está formada por estratos de material del mismo tipo del que se encuentra entre las espiras. Todas las bobinas de un polo estan unidas en serie entre si y también en serie con las de los polos adyacentes de modo que, recorridas por la corriente de excitación producen iguales "amper - espiras" o sea igual campo magnético para todos los polos. Naturalmente las mismas se encuentran conectadas de modo tal que a un polo NORTE siga un polo SUR y así sucesivamente.

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
FAGINA
PAGE

ITALIMPIANTI società italiana impianti p. a. 		MANUAL DE ENTRENAMIENTO NIVEL 2		
FMN 2407 CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE CORDOBA		SISTEMA SISTEMA SYSTEM AL TERNADOR	BSI	
		APPARECCHIATURA EQUIPO EQUIPMENT AL TERNADOR	41.210	
Las bobinas se mantienen en su lugar dentro de la <u>ra</u> <u>nura</u> , por chavetas metálicas anti-magnéticas que las bloquean contra la fuerza centrífuga: en los extremos quedan inmovilizados mediante separadores de resina de vidrio y asujetados contra la fuerza centrífuga por capas de blindaje de acero antimagnético, centra<u>d</u> <u>as</u> en la tabla del rotor. Entre los extremos y las coronas, la aislación se rea<u>l</u> <u>iza</u> mediante capas de fibra de vidrio y resina po<u>l</u> <u>liester</u>. El bobinado del rotor se refrigera directamente con hidrógeno, entrando bajo las coronas de blindaje, re<u>fr</u> <u>igera</u> parcialmente la parte interna de los extremos y se descarga luego en el entrehierro radialmente a traves de orificios que se encuentran en*las ranuras inferiores de ventilación, alimenta una serie de ori<u>f</u> <u>icios</u> ovalados por fresados que se encuentran en las platinas y se descargan radialmente en el entrehierro a traves de los orificios, previstos en las chavetas de cierre de las ranuras de rotor (fig 9). * las platinas; la otra parte entra en				
EMISSO DA PREPARATO PREPARADO PREPARED	CONTROLLATO VERIFICADO CHECKED		FOGLIO HOJA SHEET	PAGINA PAGINA PAGE 18/72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM

ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

ALTERNADOR

BSI

41.210

1.2.7. CIRCUITO DE VENTILACION

Como se ha visto anteriormente, el paquete del estator y el rotor tienen refrigeración por hidrógeno.

El hidrógeno entra en circulación por medio de dos ventiladores de tipo radial, cada uno de los cuales está montado sobre uno de los dos extremos del eje. Para simplificar, consideremos la mitad de la máquina; después del ventilador, el flujo de hidrógeno se divide en 5 ramas (véase el esquema del circuito de ventilación): el flujo preponderante fluye a lo largo de los extremos de la bobina del estator y entra en los tubos de alimentación de las dos cámaras centripetas, alcanza el entrehierro, se mezcla con el gas proveniente del rotor y vuelve al paquete a través de los canales de las dos cámaras de descarga laterales y de aquella central(fig 10 y 11):

- . una parte, como ya se ha visto, refrigera el rotor entrando por debajo de las coronas de blindaje.
- . una tercera parte entra en el entrehierro y refrigera los paquetes de los extremos de la primer cámara de descarga externa.
- . una parte entra por debajo de la brida y enfría los dedos prensapaquete descargándose luego en la primer cámara externa de descarga.
- . un componente ulterior, casi ínfimo, refrigera los terminales del bobinado del estator y luego penetra en la cámara de alimentación del ventilador.

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / REV. 0 / 1 / 2 / 3 / 4 /

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM

ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

ALTERNADOR

BSI

41.210

Desde las cámaras de descarga (en total 2,5 cámaras de descarga y 2 de carga para media máquina), el hidrógeno es transportado al domo y al refrigerante H₂ agua en esos contenidos, donde cede el calor de las pérdidas sacadas de las partes activas.

Este refrigerante es del tipo con tubos de aletas , en dos secciones, cada una con alimentación propia, descarga y válvulas propias de modo que se pueda excluir una sección del circuito permitiendo que siga el servicio a carga reducida.

Para contener las variaciones de temperatura del hidrógeno, cuando varia la carga, existe una pequeña instalación auxiliar que regula el caudal del agua en función de la temperatura del gas a la salida de los refrigerantes: de este modo se limitan además las excursiones térmicas de las partes activas de la máquina refrigeradas por el gas. El funcionamiento correcto de los refrigerantes de hidrógeno se controla con 4 medi-dores de temperatura a resis^{ten}cia ubicados así: 2 en la entrada y 2 a la salida del gas de cada refrigerante (fig 12).

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

20/72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT
ALTERNADOR

BSI
41.210

1.2.8. COJINETES Y LUBRICACION

Los cojinetes del rotor, como se ha visto ya en el punto 2.2., están incorporado en los escudos de soporte con una oportuna caja cilíndrica que encierra sea los sellos de hidrógeno como los cojinetes mismos; cada uno de estos, del tipo de rozamiento, está dividido en dos mitades en sentido horizontal y montado en un anillo portacojinete: la caja de contención es desmontable en su parte superior para permitir la inspección del mismo.

La operación se hace posible sin quitar el hidrógeno de la máquina porque el dispositivo de sello del gas está montado sobre un diafragma más interno.

Del dispositivo de sello se hablará en el capítulo referente a la instalación de sellos de aceite.

El aceite que lubrica y enfria los cojinetes es suministrado por la instalación centralizada de la turbina.

Los cojinetes cumplen una función claramente importante y muy delicada; para medir su temperatura durante el funcionamiento existe una termoresistencia doble en el metal blanco y una en el aceite a la descarga.

En cada uno de ellos, además, existe un captador de vibraciones para medir las amplitudes de vibración del eje durante el funcionamiento.

El cojinete del lado del colector está aislado de la masa de modo que se impidan las corrientes del eje que podrían dañar sea el metal blanco como los cuellos de los cojinetes; una escobilla ubicada en contacto con la extremidad del eje del alternador del lado turbina, descarga a tierra las eventuales tensiones eléctricas que podrían ocasionarse en el conjunto de ejes del turboalternador y turbina.

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / REV. 0 / 1 / 2 / 3 / 4

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

ITALIMPIANTI Società Italiana Impianti p. a.				MANUAL DE ENTRENAMIENTO NIVEL 2		
FMN 2407 CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE CORDOBA		SISTEMA SISTEMA SYSTEM		ALTERNADOR		BSI
		APPARECCHIATURA EQUIPO EQUIPMENT		ALTERNADOR		41.210
1.2.9. ANILLOS COLECTORES Y ESCOBILLAS Los anillos colectores están fabricados con acero y montados en el extremo del eje lado opuesto a la turbina, con la interposición de un tubo aislante de lana de vidrio entrecruzada y resina epoxi. En el tubo aislante se aplica un barniz "antihuella" (que no deja residuos carbónicos por eventuales descargas superficiales) cuyo fin es el de proteger el tubo en la parte expuesta a los agentes contaminantes del ambiente. Los anillos colectores están conectados al bobinado mediante pernos radiales y barras axiales que pasan por el orificio del rotor; se realiza con el máximo cuidado el sellado del hidrógeno, para evitar que éste pueda llegar a la zona de la cámara de anillos. Las escobillas de grafito natural están sostenidas por porta escobillas reemplazables durante el funcionamiento. El conjunto de los anillos colectores y las escobillas está protegido por una cobertura que constituye la "cámara de los anillos" en la cual hay ventilador radial ubicado sobre el eje, el cual asegura la ventilación en circuito abierto de los anillos. Dos termoresistencias (una en la entrada y la otra a la salida) miden la temperatura del aire de ventilación. Si se desean más detalles sobre los anillos colectores, las escobillas y los portaescobillas se pueden encontrar en las instrucciones de ejercicio GM.IE. 025 de la monografía de la máquina.						
EMISSO DA	EMITIDO POR - ISSUED BY	PREPARATO PREPARADO PREPARED	CONTROLLATO VERIFICADO CHECKED	FOGLIO HOJA SHEET	PAGINA PAGINA PAGE	22/72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM

ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

ALTERNADOR

BSI

41.120

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / REV. 0 / 1 / 2 / 3 / 4 /

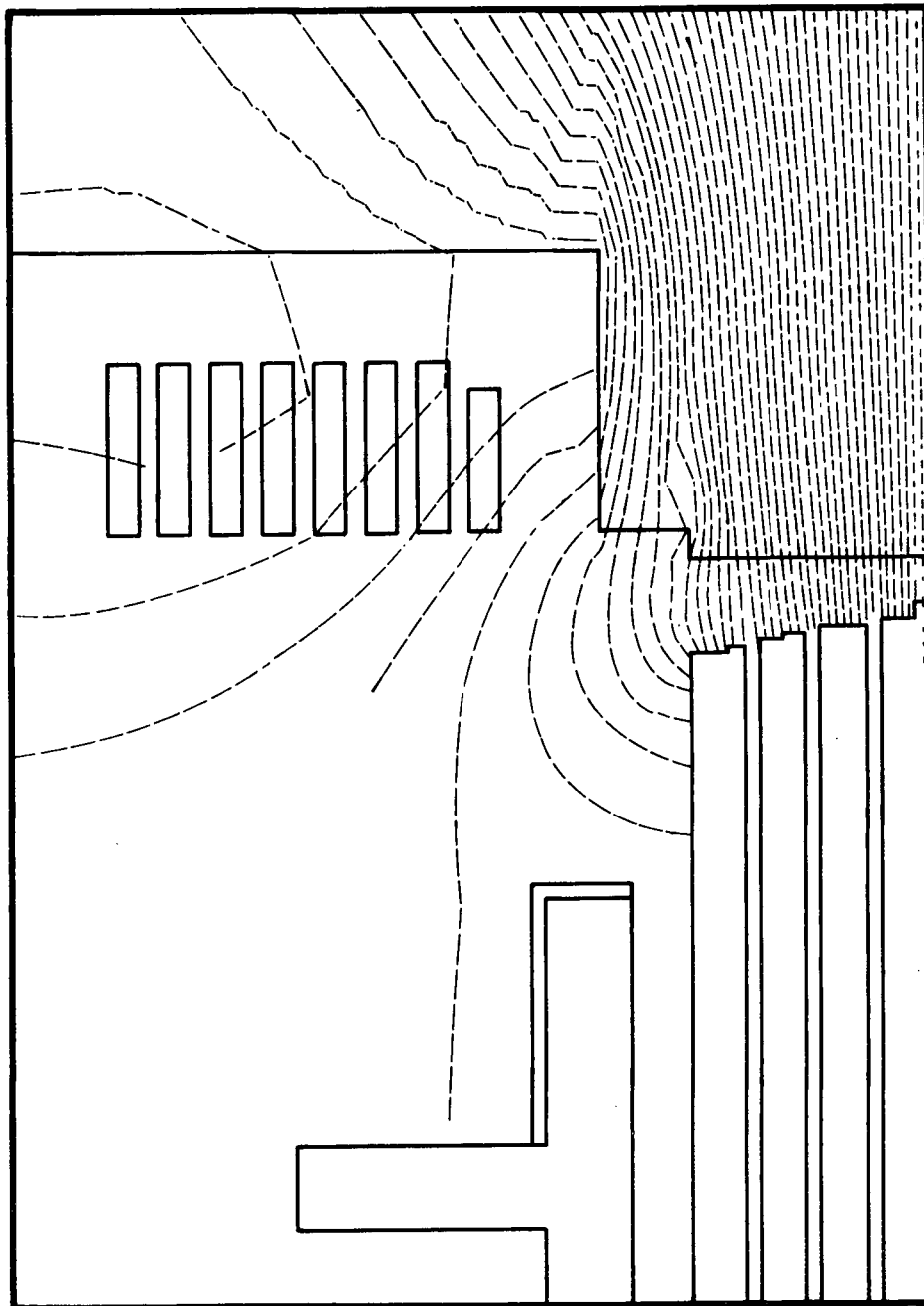


FIGURA Nº: 1

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

23/72

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

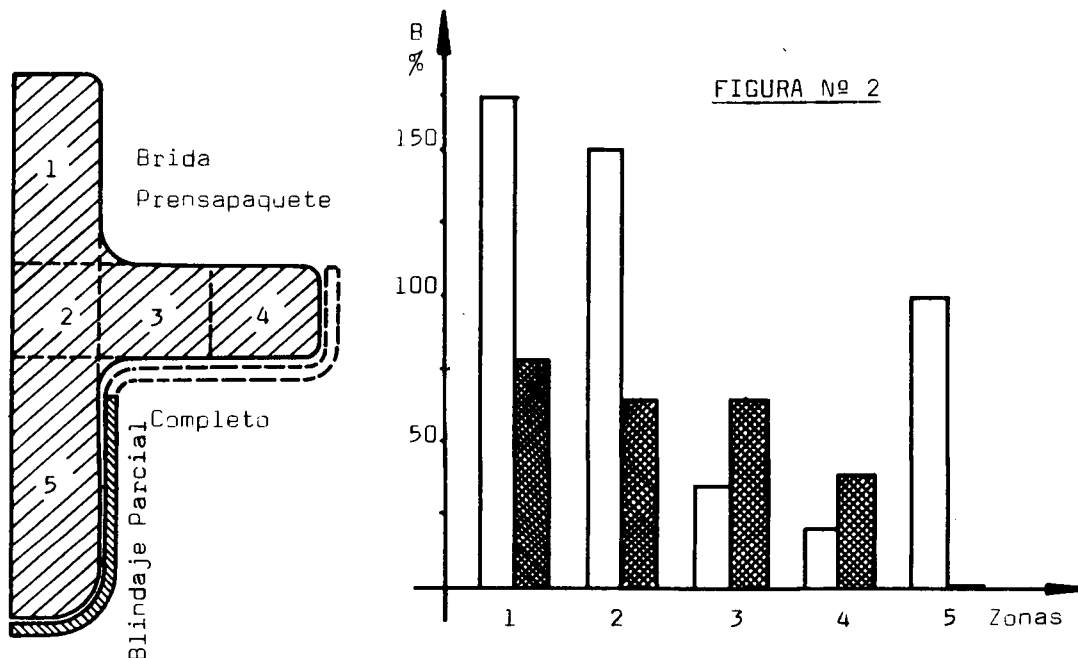
SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT
ALTERNADOR

BSI

41.120

BLINDAJE DE LAS BRIDAS PRENSAPAQUETE

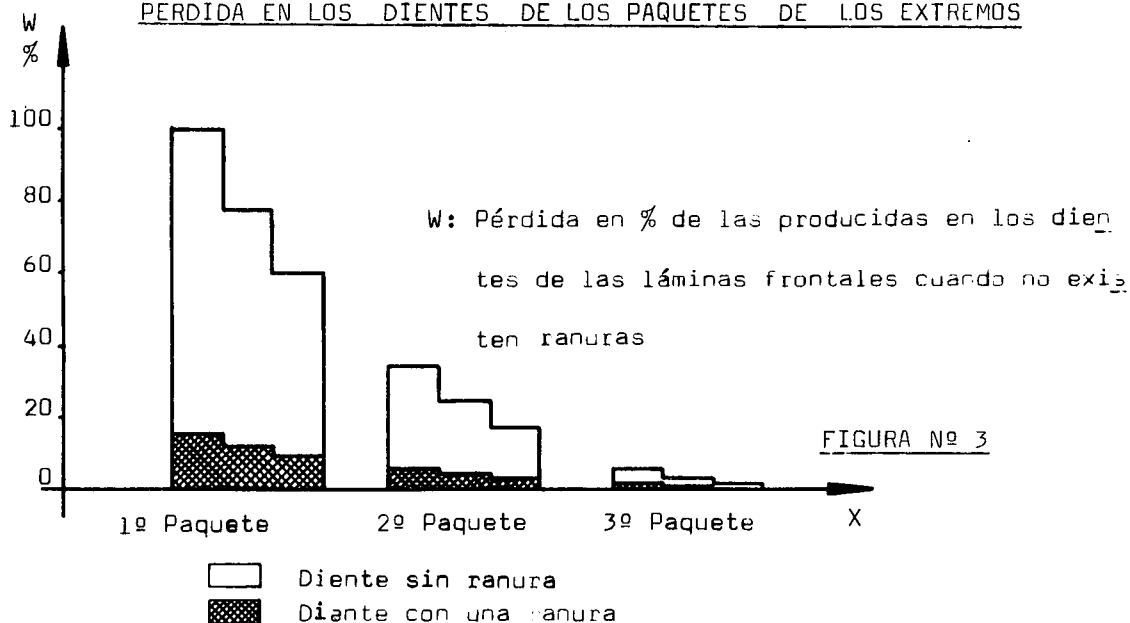


B % inducción media referido al valor medio en la zona 5 cuando no existe blindaje.

□ Sin blindaje

▨ Con blindaje parcial de cobre

PERDIDA EN LOS DIENTES DE LOS PAQUETES DE LOS EXTREMOS



W: Pérdida en % de las producidas en los dientes de las láminas frontales cuando no existen ranuras

□ Diente sin ranura

▨ Diente con una ranura



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT
ALTERNADOR

BSI

41 120

TRANSPOSICION DE CONDUCTORES AISLADOS EN LA BARRA DEL ESTATOR
(METODO ROEBEL).

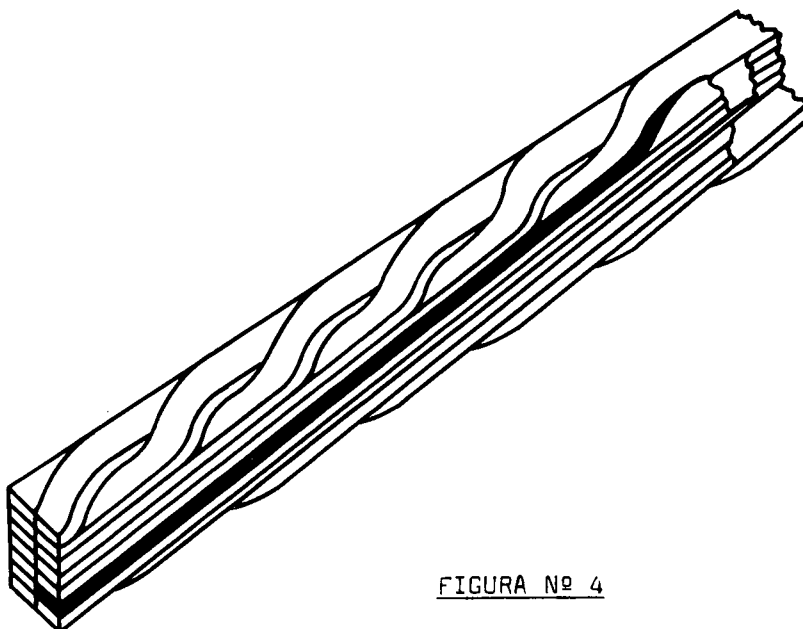


FIGURA Nº 4

CORTE TRASVERSAL DE VARIOS TIPOS DE BARRAS ESTATORICAS EMPLEADAS
EN TURBO-GENERADORES DE GRAN TAMAÑO.

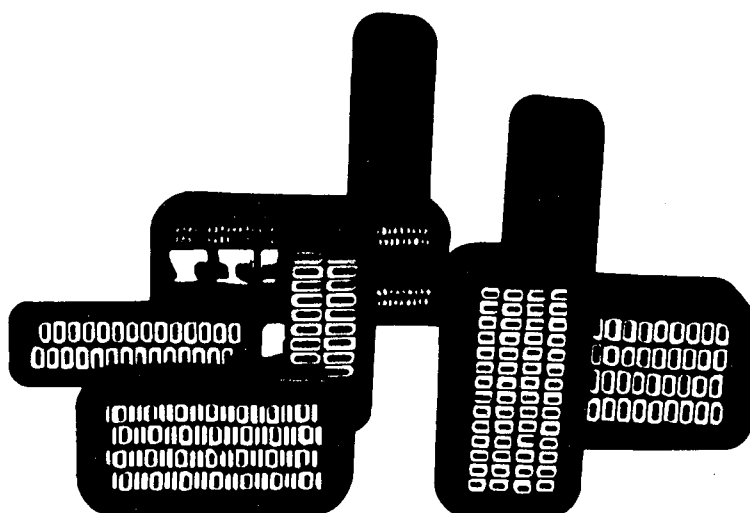


FIGURA Nº 5

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / REV. 0 / 1 / 2 / 3 / 4 /

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

1

25 172



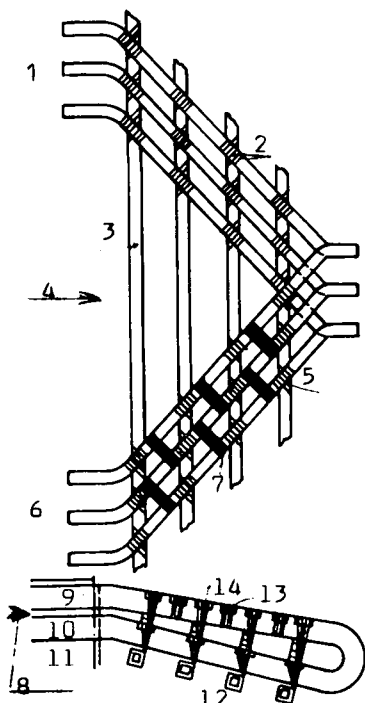
FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT
ALTERNADOR

BSI

41.1200

ENLACE FINAL DEL BOBINADO



- 1) Barras Inferiores
- 2) Enlaces de bandas
- 3) Bandas de Unión
- 4) VISTA DESDE ARRIBA
- 5) Enlaces de Bandas
- 6) Barras Superiores
- 7) Cintas de Atadura
- 8) VISTA DESDE EL COSTADO
- 9) Parte Superior
- 10) Parte Inferior
- 11) Núcleo del Estator
- 12) Enlaces de Bandas
- 13) Cintas de Atadura
- 14) Bandas de Unión

FIGURA Nº 6

FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT
ALTERNADOR

BSI

41.120

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / REV. 0 / 1 / 2 / 3 / 4 /

SECCION DE LA RANURA DEL ESTATOR CON FOTOGRAFIA DE LAS BARRAS
EN ESCALA 1:1

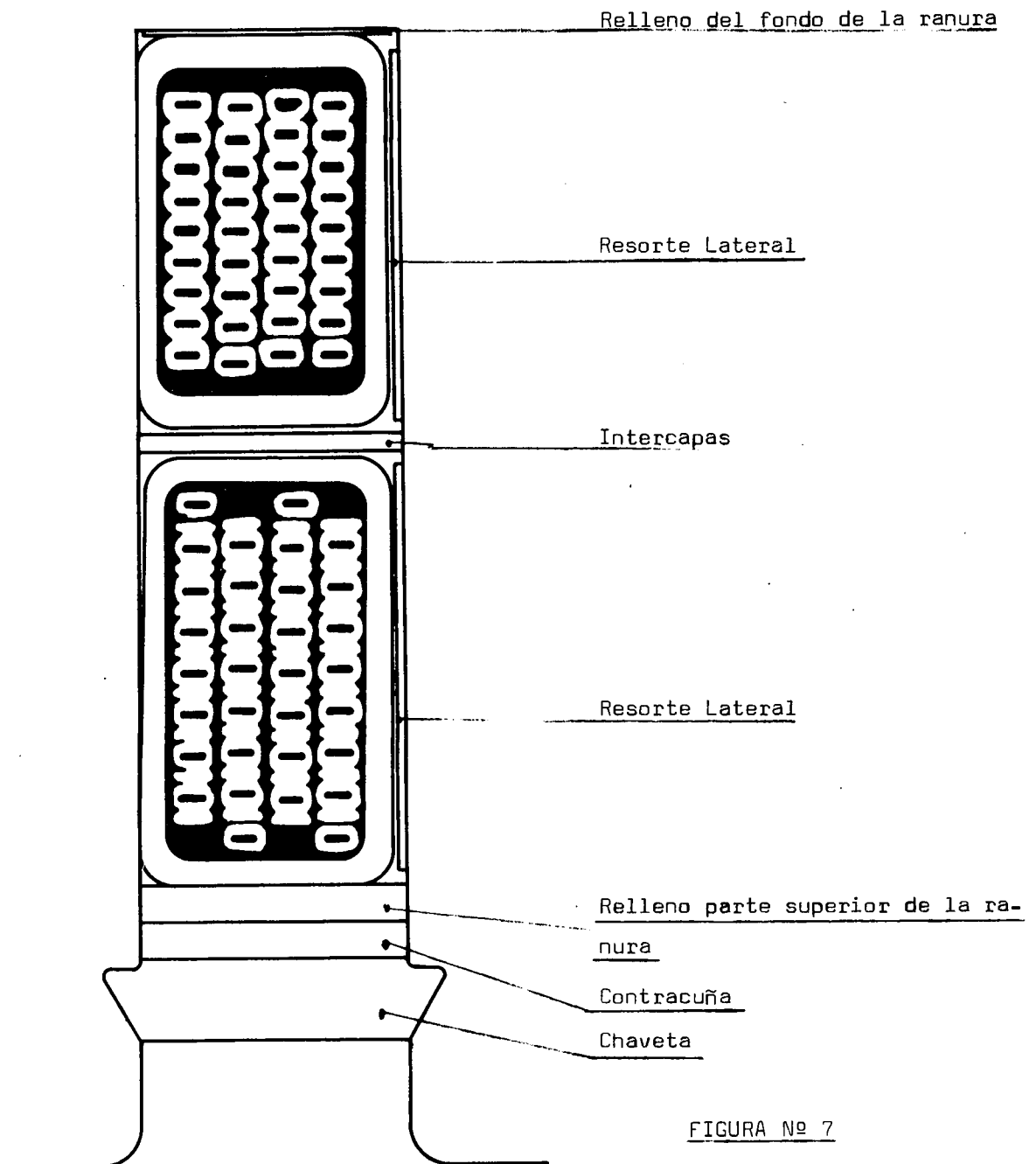


FIGURA Nº 7

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

27 / 72

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

ITALIMPIANTI società Italiana Impianti p. a. 		MANUAL DE ENTRENAMIENTO NIVEL 2		
FMN 2407 CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE CORDOBA		SISTEMA SISTEMA SYSTEM ALTERNADOR		BSI
		APPARECCHIATURA EQUIPO EQUIPMENT ALTERNADOR		41.120

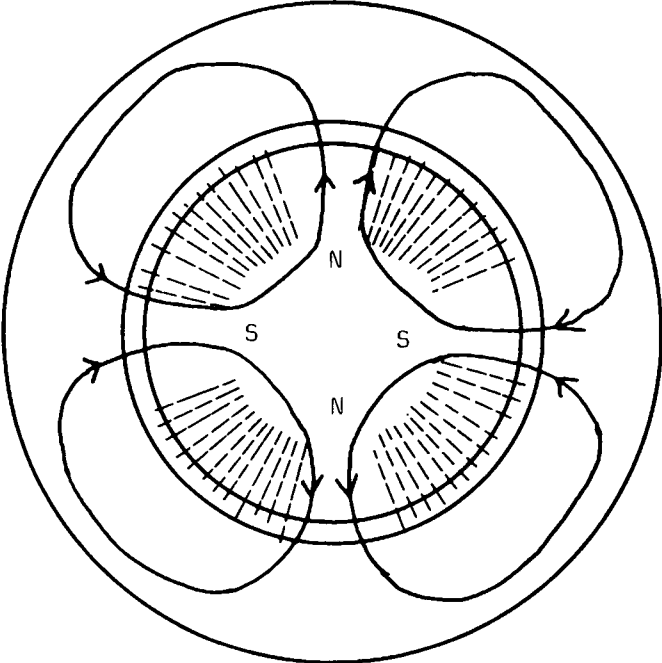


FIGURA Nº 8

METODOS DE REFRIGERACION PARA ROTORES DE GENERADOR DE 1800 REV. P. M.

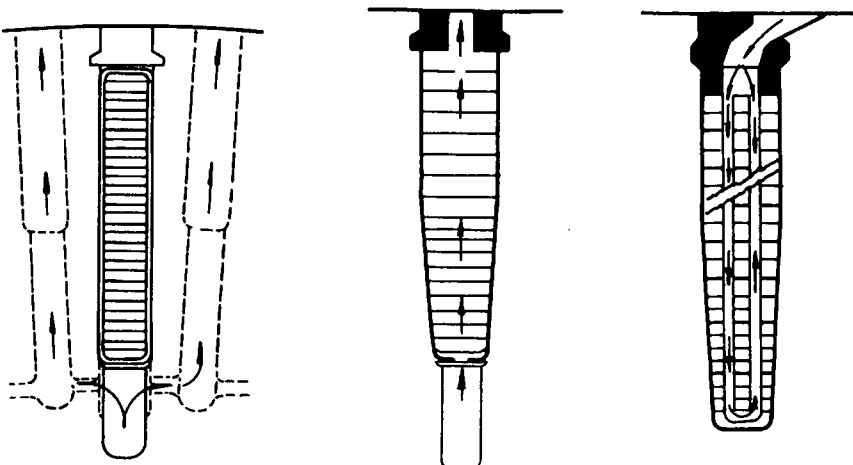


FIGURA
Nº 9

A. Convencional B. Con flujo radial C. AGPU flujo diagonal

PREPARATO PREPARADO PREPARED	CONTROLLATO VERIFICADO CHECKED	FOGLIO HOJA SHEET	PAGINA PAGINA PAGE
			28.../72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT
ALTERNADOR

BSI

41.120

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / REV. 0 / 1 / 2 / 3 / 4

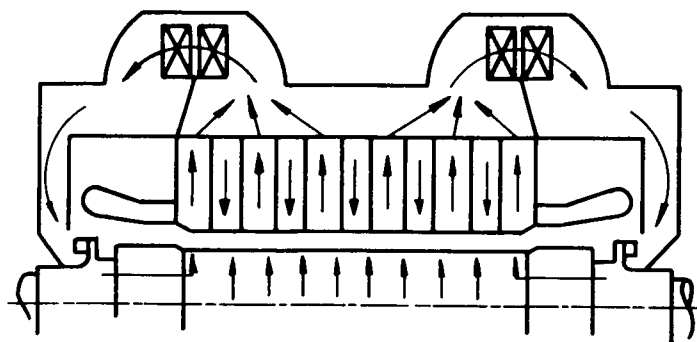


FIGURA Nº 10

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM

ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

ALTERNADOR

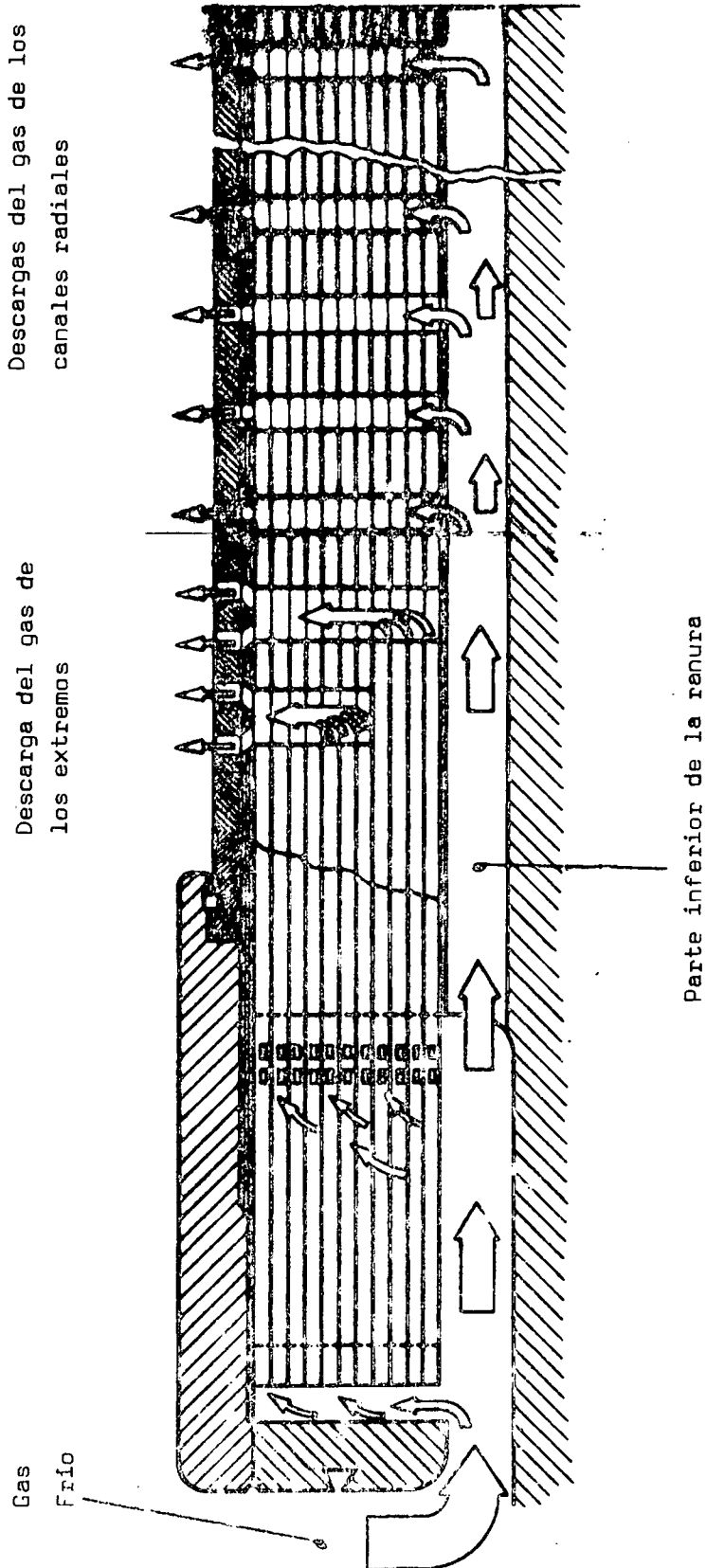
BSI

41.120

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / REV. 0 / 1 / 2 / 3 / 4 /

REFRIGERACION DIRECTA DEL ROTOR



SISTEMA DE TIPO RADIAL CON REFRIGERACION DIRECTA DE LOS EXTREMOS DE LAS BOBINAS

FIGURA Nº 11

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
FOLIO
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

30 72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

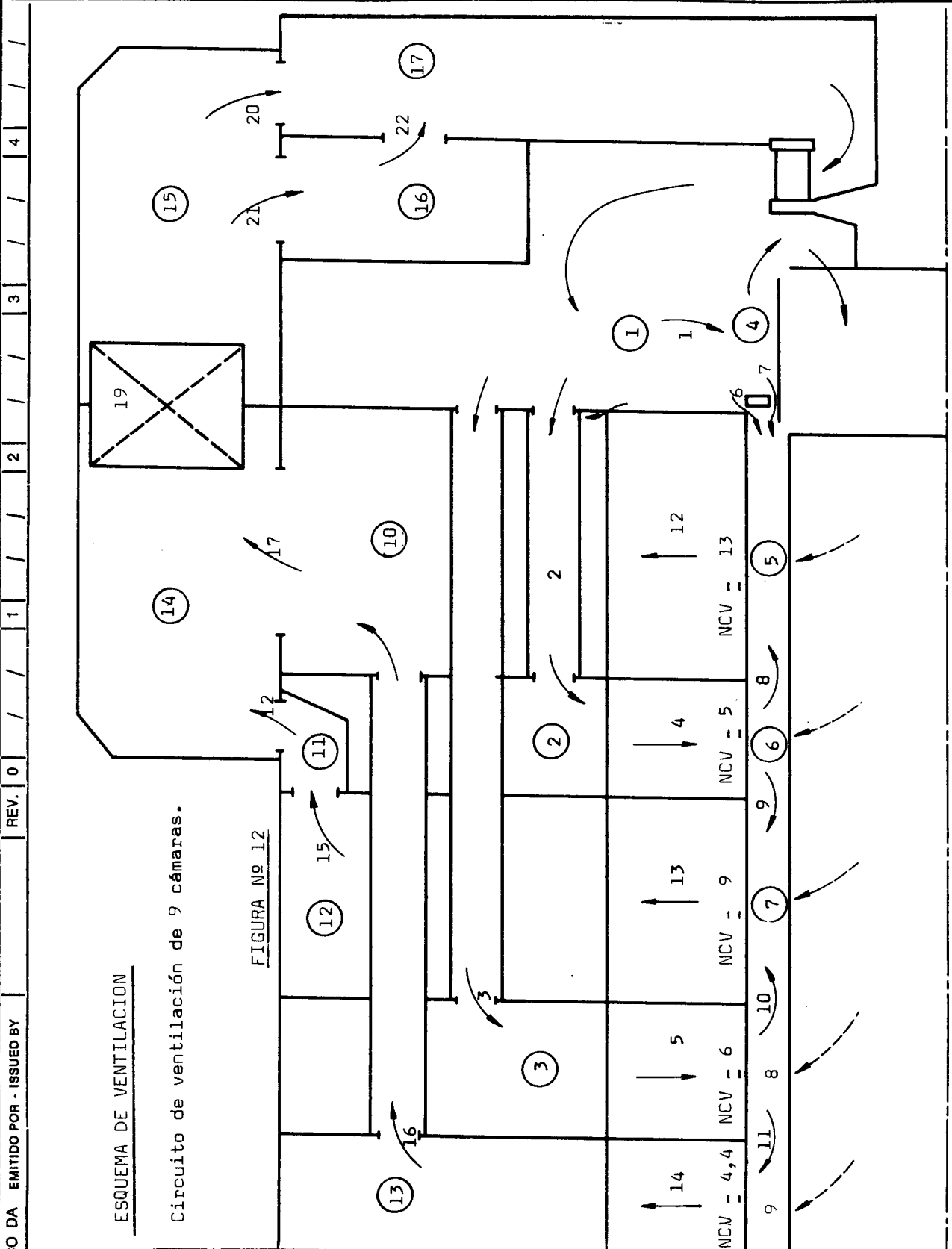
SISTEMA
SYSTEM
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

ALTERNADOR
ALTERNADOR

BSI

41.120

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION



PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

31.172


FMN 2407
 CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

 SISTEMA
 SISTEMA
 SYSTEM
ALTERNADOR
 APPARECCHIATURA
 EQUIPO
 EQUIPMENT
ALTERNADOR
BSI
41.210

2. -DATOS DE PROYECTOS Y CARACTERISTICAS TECNICAS (Fig.13-14-15).

1) THAR-4-763.530 - 763.530 KVA - 1500 rev/min.
 $22000 \pm 5\% V - \cos\phi = 0,85$

2) Máxima potencia :

en hidrógeno a presión	4,21 kg/cm ²	:	763.530 KVA
" " " "	3,15 "	:	671.900 "
" " " "	2,1 "	:	565.000 "
" " " "	1,05 "	:	427.580 "

en ausencia de circulación de agua

de enfriamiento de H₂O demineraliz.: 190.000 "

3) Relación de corto circuito en el
 funcionamiento a 5,25 kg/cm²
 (984.000 KVA 17 KV 50 Hz) :

0,5

4) Caudal hidrógeno en circulación : 38 m³/h

5) Caudal agua refrigerador H₂ con tem-
 peratura agua entrada 35° C

550 m³/h

6) Diferencia de presión entre entra-
 das y salidas de agua refrigeradores
 H₂

5 m de H₂O

 PREPARATO
 PRE ARADO
 PREPARED

 CONTROLLATO
 VERIFICADO
 CHECKED

 FOGLIO
 HOJA
 SHEET

 PAGINA
 PAGINA
 PAGE

32 / 72


FMN 2407
 CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

 SISTEMA
 SISTEMA
 SYSTEM

ALTERNADOR

 APPARECCHIATURA
 EQUIPO
 EQUIPMENT

ALTERNADOR

BSI

41.210

Total a presión 3,15 kg/cm ²	:	180 l/min.
" " " 4,2 "	:	205 "
" " " 5,25 "	:	235 "
Parcial lado gas 5,25 "	:	65 "

- 15) Diferencia entre presión aceite
sellado y presión hidrógeno.....: 0,5 Kg/cm²
- 16) Temperatura aceite a la salida
del refrigerador aceite sellado : 45° C
- 17) Caudal agua refrigerador aceite
sellado.....: 25 m³/h
- 18) Diferencia de presión entre entrada
y salida de agua refrigerador acei
te de sellado.....: 2,5 m de H₂O
- 19) Volúmen libre interno en el alternador....: 115 m³
- 20) Volúmen de anhídrido carbónico requerido
para expulsar el aire de el alternador
(con el alternador parado).....: 115 m³
- 21) Volúmen de anhídrido carbónico requerido
para expulsar el hidrógeno del alternador
(con el alternador parado).....: 230 m³

 PREPARATO
 PREPARADO
 PREPARED

 CONTROLLATO
 VERIFICADO
 CHECKED

 FOGLIO
 HOJA
 SHEET

 PAGINA
 PAGINA
 PAGE

34 / 72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM

ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

ALTERNADOR

BSI

41.210

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

REV. 0 1 2 3 4

22) Volumen de hidrógeno requerido para
llevar la presión desde:

0,035 kg/cm ²	hasta	1,05 kg/cm ²	:	115 m ³
0,035	"	2,1	:	230 m ³
0,035	"	3,15	:	345 m ³
0,035	"	4,2	:	460 m ³

23) Grado de pureza mínimo de el hidrógeno en botellas.....: 99,5 %

24) Consumo diario de hidrógeno en funcionamiento normal:

a la presión de	2,1 kg/cm ²	:	20 m ³
"	3,15	:	30 m ³
"	4,2	:	35 m ³

NOTA: Todos los volúmenes arriba mencionados (19) hasta (24) están referidos a presión atmosférica.

25) Grado de pureza de el hidrógeno contenido en el alternador en funcionamiento normal.....: 98 %

26) Caudal aceite de lubricación cojinetes alternador (total).....: 830 l/min.

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

35/72

ITALIMPIANTI

società Italiana Impianti p. a.



MANUAL DE ENTRENAMIENTO NIVEL 2

FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBASISTEMA
SISTEMA
SYSTEM

ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

ALTERNADOR

BSI

41.210

- 27) Presión aceite delubricación a
nivel cojinete alternador.....: $1,8 \text{ Kg/cm}^2$
- 28) Temp. aceite ingreso cojinetes.....: 40°C

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA EMITIDO POR - ISSUED BY

REV. 0

1

2

3

4

PREPARATO
PREPARADO
PREPAREDCONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKEDFOGLIO
HOJA
SHEETPAGINA
PAGINA
PAGE

36/72



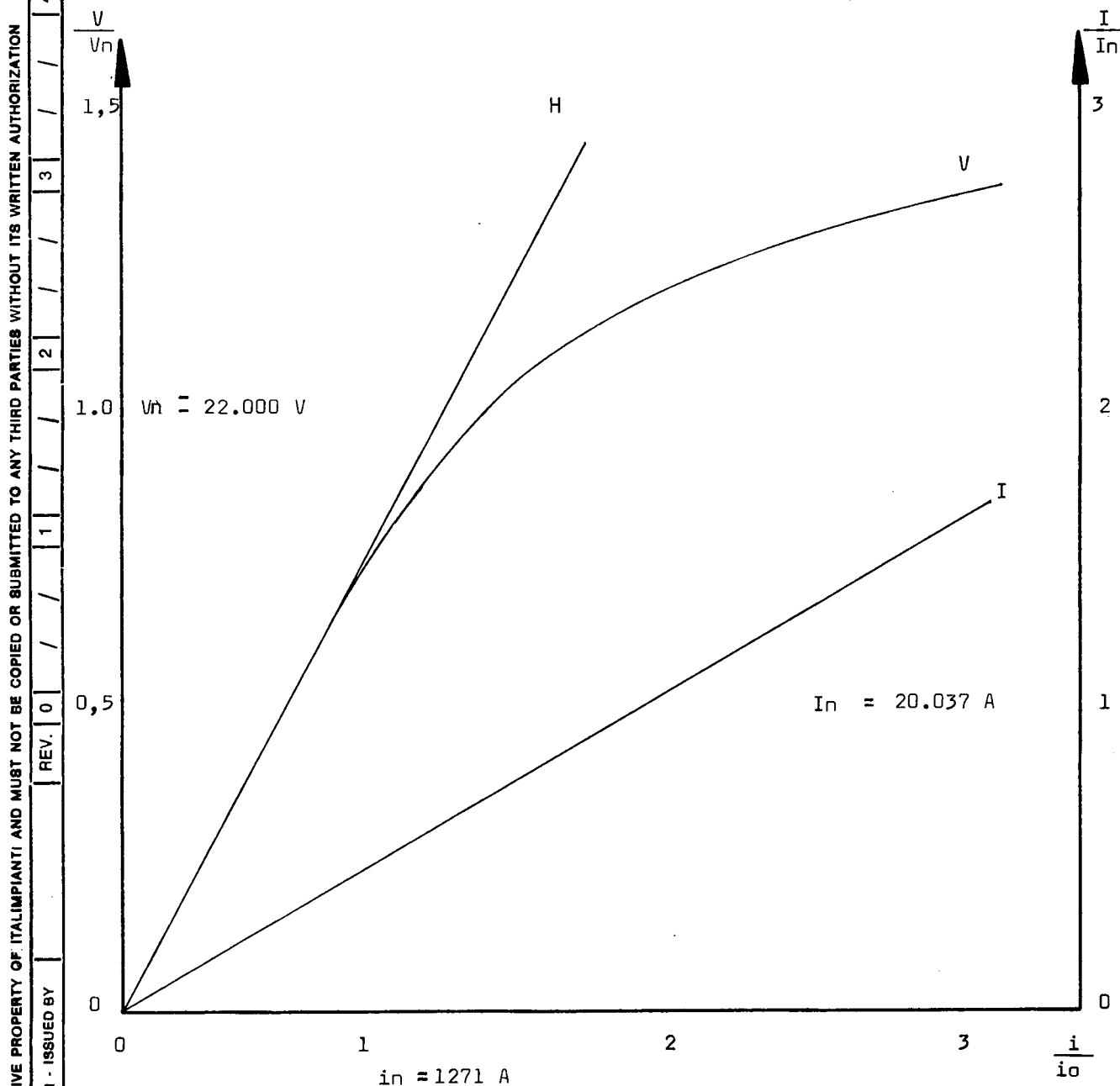
FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT
ALTERNADOR

BSI

41.120

CURVAS DE MAGNETIZACION Y DE CORTO CIRCUITO (VALORES DE CALCULO)



H . Recta del entrehierro

V . Curva en vacío

I . Curva de corto circuito

FIGURA Nº 13

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

37 / 72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT
ALTERNADOR

BSI

41.120

CURVAS EN V Y DE REGULACION

(Valores de Cálculo)

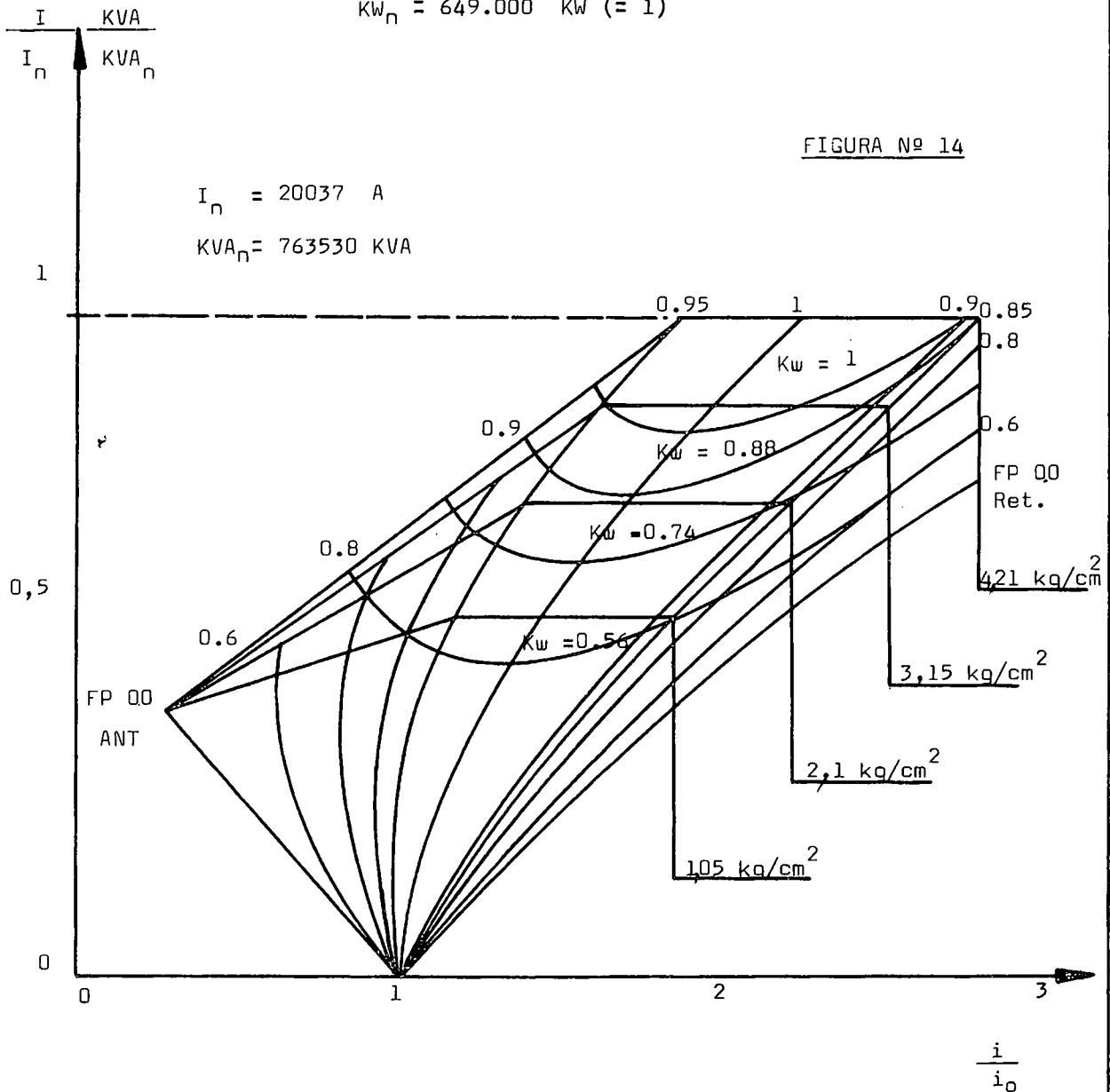
$$V_n = 22.000 \text{ V (const)}$$

$$KW_n = 649.000 \text{ KW (= 1)}$$

FIGURA Nº 14

$$I_n = 20037 \text{ A}$$

$$KVA_n = 763530 \text{ KVA}$$



PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

38 / 72



CURVAS DE CAPACIDAD DE POTENCIA

100% = 763530 KVA in H₂ a 4.1 Kg/cm²
 Max. corriente ecc. 3543 A (H₂ 4.21 Kg/cm²-KVA 763530 -KV 22-Hz 50-FP 0,85)
 3196 A (H₂ 3.15 Kg/cm²-KVA 671900 -KV 22-Hz 50-FP 0,85)
 Max. corriente ecc. 2815 A (H₂ 2.1 Kg/cm²-KVA 565000 -KV 22-Hz 50-FP 0,85)
 Min. corriente ecc. 318 A (H₂ 1.05 Kg/cm²-KVA 427580 -KV 22-Hz 50-FP 0,85)
 Valores de 2360 A (H₂ 1.05 Kg/cm²-KVA 427580 -KV 22-Hz 50-FP 0,85)
 110% KVAR Diagrama de la variación de potencia KVA en función del F.P.

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

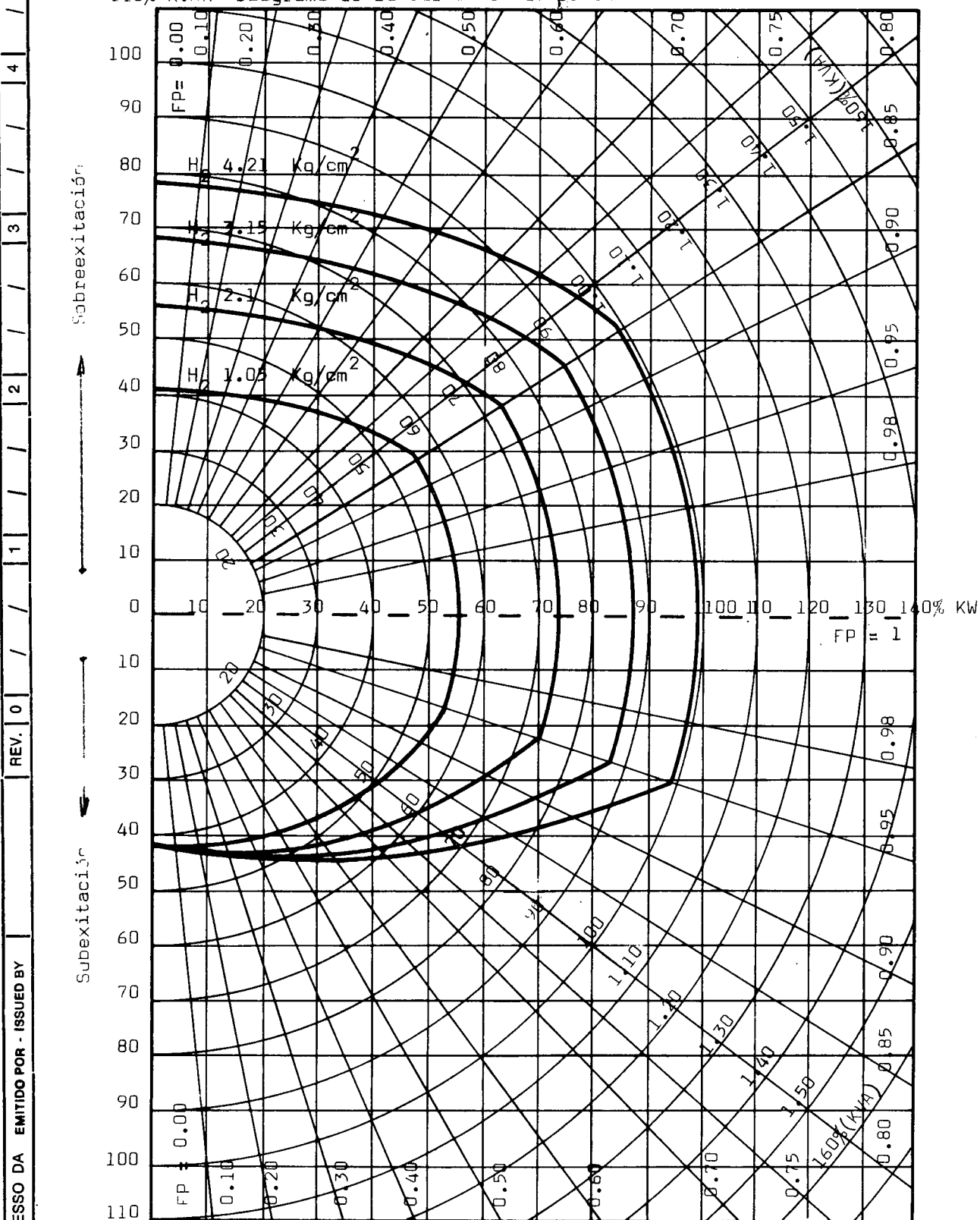


FIGURA Nº 15

FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT
ALTERNADOR

BSI
41.210

3.- CONSTRUCCION GRAFICA PARA DETERMINAR LA CORRIENTE DE EXCITACION

Cuando el alternador funciona en vacio, la corriente de excitación, $i_0 = 1271$ A, genera hacia el entrehierro un campo magnético que rota junto con el rotor e induce en el bobinado estatórico una f.e.m. igual a la tensión nominal de 22000 V.

Si se carga simétricamente el alternador, el bobinado estatórico, al ser recorrido por una corriente, da lugar a un campo magnético que rota con la misma velocidad angular del rotor y se superpone al campo magnético del rotor mismo, este fenómeno se conoce con el nombre de reacción de armadura.

La posición recíproca de las dos ondas de f.m.m. depende del ángulo de la corriente I del estator con respecto a la f.e.m. inducida en el estator; según el valor de este ángulo, durante el funcionamiento con carga, hace falta alimentar al rotor con mayor o menor corriente de modo tal de mantener la tensión a los bornes en el valor nominal.

Para determinar la corriente de excitación de una determinada condición de carga se puede proceder de diversas maneras: un modo rápido es aquel del método de Potier aplicado gráficamente.

La relación básica para comenzar es la siguiente:

$$(EX) = V + R \cdot I + j X I$$

la tensión interna o f.e.m. interna de la máquina es igual a la tensión a los bornes V, más la caída en la resistencia y en la reactancia del estator.

De la característica en vacio, en correspondencia con la f.e.m. interna E_i se tiene una f.m.m. F_{E_i} (producto de la corriente de excitación por el número de espiras del rotor) que es directa a 90° anticipadamente con respecto a la f.e.m. (ley de Neumann $e = - \frac{d\phi}{dt}$ donde,

según la convención, la operación "derivada" de una rotación de 90° y el signo negativo indica el sentido horario).



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM

ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

ALTERNADOR

BSI

41.210

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

REV. 0 1 2 3 4

En el vértice de FEI, paralelo a la I del estator pero con sentido contrario, parte el vector FRA, que representa el componente de f.m.m. que el rotor debe dar para balancear la reacción de armadura. El vector resultante FCAR es la f.m.m. total del rotor que dividida por el número de espiras del rotor, da la corriente de excitación (ver diagrama 16).

El valor de la corriente de excitación así calculado es ligeramente inferior al que se obtiene mediante mediciones, por este motivo ANSALDO introduce un coeficiente de mayor seguridad para el cálculo de las corrientes: los valores de excitación que aparecen sobre la placa y en las curvas características tienen en cuenta este coeficiente.

De los diagramas adjuntos se desprende que por medio del desfase con el campo del rotor, la reacción de armadura en sobre excitación da lugar a una solicitud de ampere espiras de excitación muy superior al régimen correspondiente de subexcitación (ver el diagrama 16 y 17), además se nota como, al disminuir la carga, a iguales valores de $\cos \varphi$ disminuye la corriente de excitación (diagrama 18).

Considerando que la carga activa proviene de la turbina (y por lo tanto se puede considerar constante) y que la tensión a los bornes es la impuesta por la red (que supongamos sea una tensión constante), cada variación de corriente de excitación implica una variación del $\cos \varphi$ y por lo tanto un intercambio de energía reactiva (ver diagrama 19). Esta consideración resulta evidente además de la observación de las curvas en "V",

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

41 / 72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM

ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

ALTERNADOR

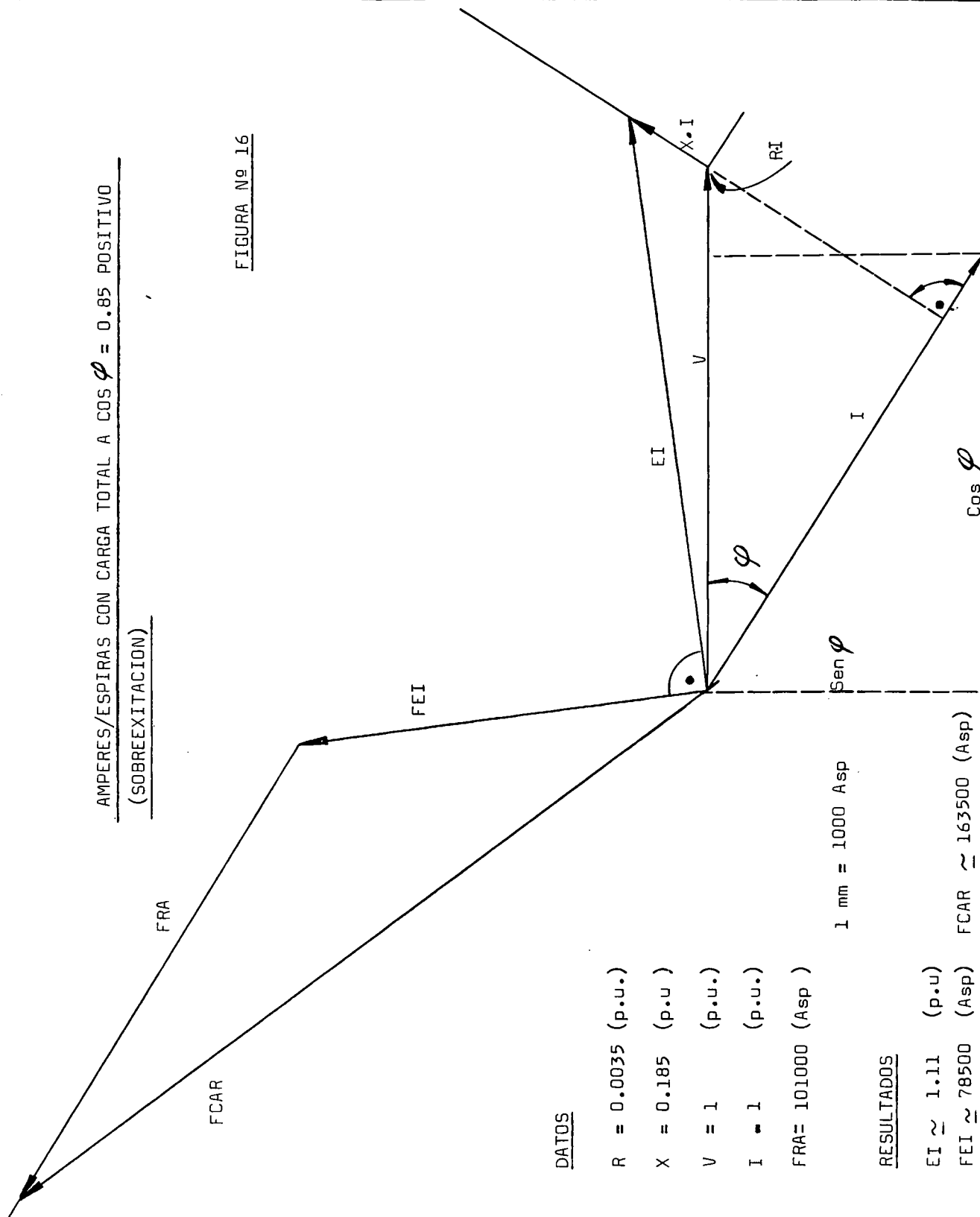
BSI

41.120

AMPERES/ESPIRAS CON CARGA TOTAL A $\cos \varphi = 0.85$ POSITIVO

(SOBREEXCITACION)

FIGURA Nº 16



DATOS

$R = 0.0035$ (p.u.)
 $X = 0.185$ (p.u.)
 $V = 1$ (p.u.)
 $I = 1$ (p.u.)
 $FRA = 101000$ (Asp)

1 mm = 1000 Asp

RESULTADOS

$EI \approx 1.11$ (p.u.)
 $FEI \approx 78500$ (Asp)
 $FCAR \approx 163500$ (Asp)



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT
ALTERNADOR

BSI

41.120

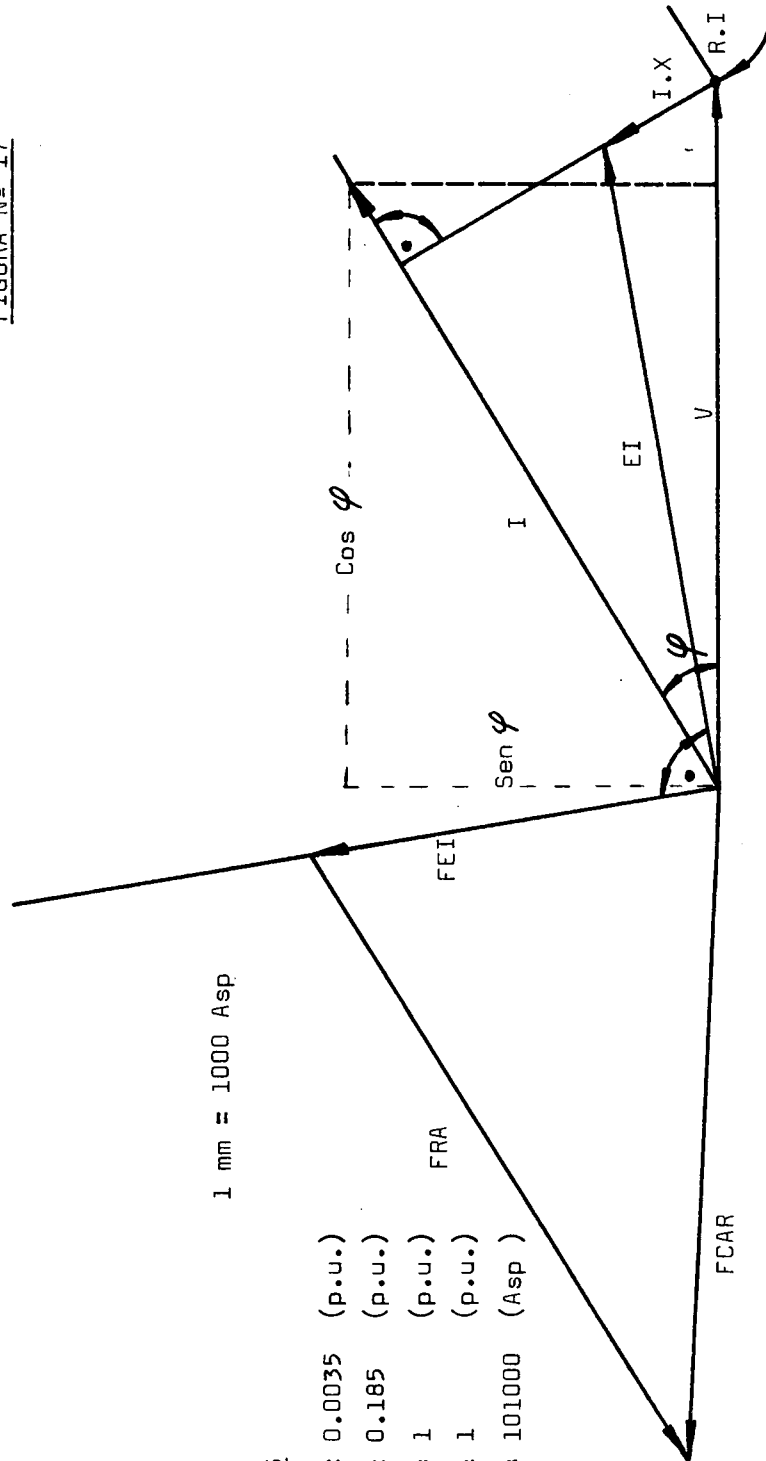
THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / EMITIDO POR - ISSUED BY / REV. 0 / 1 / 2 / 3 / 4 /

AMPERES/ESPIRAS CON CARGA TOTAL A $\cos \varphi = 0.85$ NEGATIVO

(SUBEXITACION)

FIGURA Nº 17



DATOS

$R = 0.0035$ (p.u.)
 $X = 0.185$ (p.u.)
 $V = 1$ (p.u.)
 $I = 1$ (p.u.)
 $FRA = 101000$ (Asp)

FCAR

$EI \sim 0.92$ (p.u.)
 $FEI \sim 59100$ (Asp)
 $FCAR \sim 96000$ (Asp)

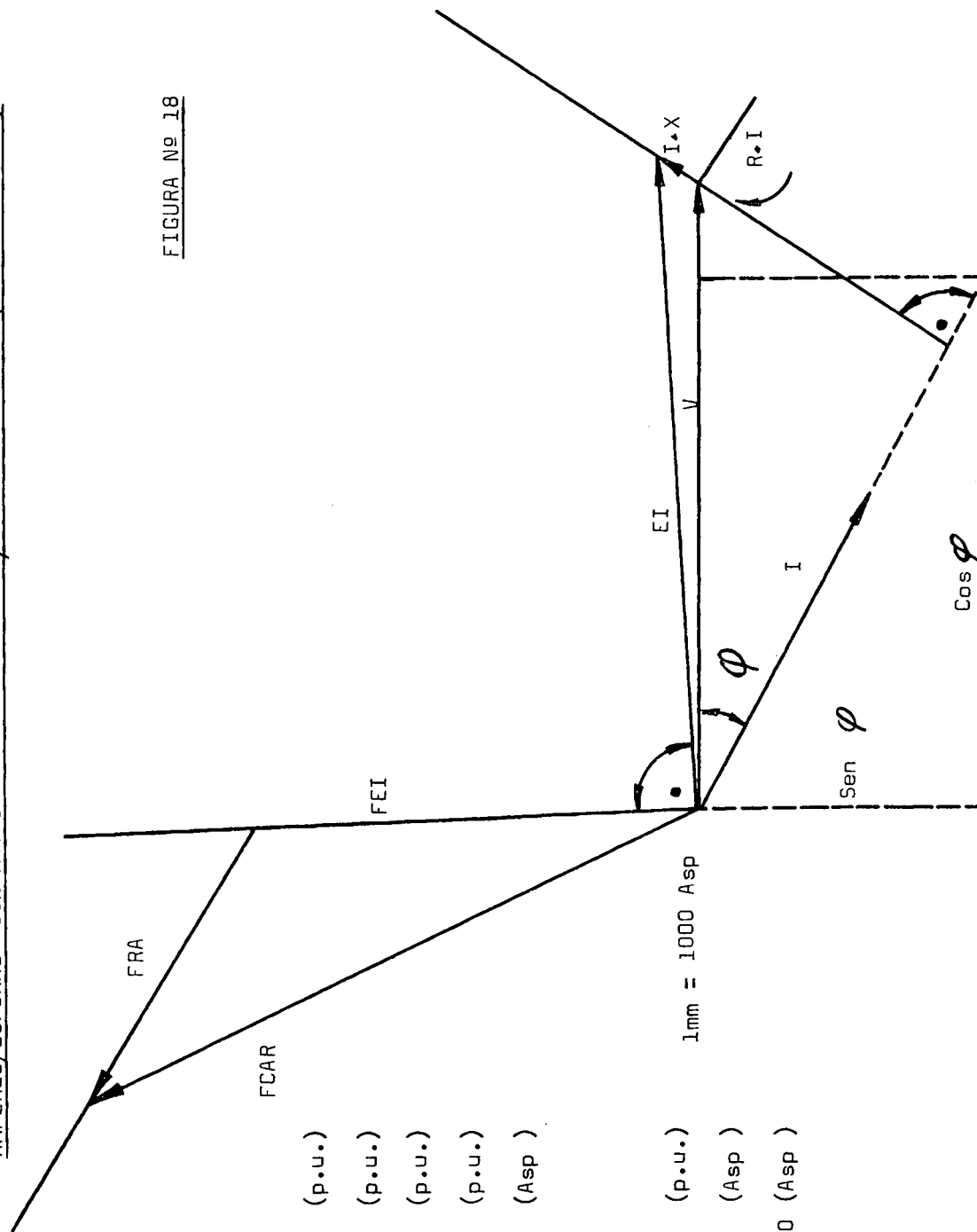
RESULTADOS

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE





FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

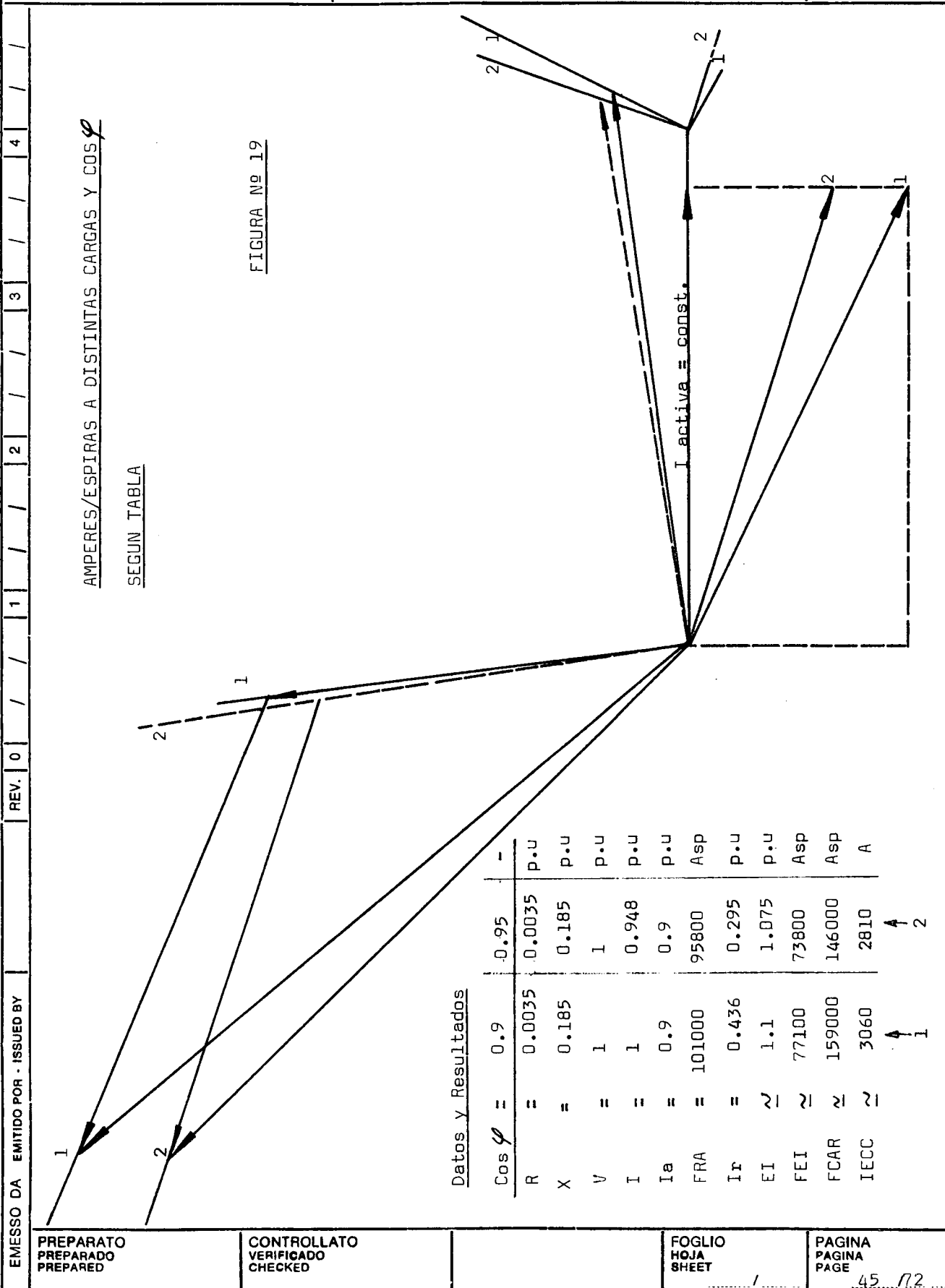
SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT
ALTERNADOR

BSI

41.120

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION



PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE


FMN 2407
 CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

 SISTEMA
 SISTEMA
 SYSTEM
 ALTERNADOR
 APPARECCHIATURA
 EQUIPO
 EQUIPMENT
 ALTERNADOR

BSI
 41.210

4.-FUNCIONAMIENTO CON TENSION ANORMAL

El dimensionamiento del alternador se realizó teniendo en cuenta una variación de tensión a los bornes igual a $\pm 5\%$ de la tensión nominal. Teniendo en cuenta que $E=4.44.\phi.N.F.K$

Donde:

E = tensión a los bornes

ϕ = flujo magnético

N = número de espiras por fase en serie

F = frecuencia de rotación o de red

K = coeficiente de bobinado

al aumentar E , a iguales frecuencias, aumenta ϕ . La inducción magnética ($B = \frac{\phi}{S}$ donde S es la sección de pasaje del flujo y es constante porque la máquina tiene dimensiones fijas) resulta por lo tanto, proporcional a la tensión a los bornes; además, las pérdidas en el paquete del estator, sometidas a la magnetización alternativa con frecuencia F , son aproximadamente proporcionales a B^2 .

El funcionamiento a tensiones superiores al $+ 5\%$ de la tensión nominal determina por lo tanto, no solo* una mayor inducción magnética y por lo tanto un incremento de las pérdidas y del recalentamiento del paquete del estator.

La parte que es más sensible a estos recalentamientos es por lo general, la superficie hacia el entrehierro de los dientes del estator, donde la inducción es más alta. En este punto se pueden determinar sobrecalentamientos locales, que llevan a una descomposición térmica del aislamiento entre las láminas y también a la función localizada de las láminas. La descomposición térmica genera productos de pirólisis que se mezclan a

* un mayor esfuerzo dieléctrico, sino

 PREPARATO
 PREPARADO
 PREPARED

 CONTROLLATO
 VERIFICADO
 CHECKED

 FOGLIO
 HOJA
 SHEET

 PAGINA
 PAGINA
 PAGE

/

46 / 72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM

AL TERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

AL TERNADOR

BSI

41.210

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

REV. 0 1 2 3 4

la circulación del hidrógeno y que si se miden, pueden dar una indicación de fenómenos térmicos anormales en la máquina.

El problema de la medición presenta dificultades realizativas que se deben, sustancialmente, a la intemperstividad de las señales. La G.E. Co ya lo ha estado experimentado desde unos años y propone un "Monitor de Núcleo" que es un dispositivo en el cual las partículas de pirólisis influncian corriente iónica.

Durante la primera puesta en servicio de la máquina puede llegar a ser necesario superar el campo de tensión permitida, dada la necesidad de efectuar verificaciones y controles en el regulador automático de tensión. En tal caso con la máquina en vacío se puede operar dentro del $\pm 7,5\%$ de la tensión nominal.

Pero si lo que se quiere medir es la característica de magnetización deberán tomarse medidas especiales. A continuación se explica el por-qué del procedimiento de medición aplicado por el personal de ANSALDO (escalones de tensión creciente distanciados en el tiempo). Cuando el generador funciona a plena carga o casi, los rotores, turbina-alternador han alcanzado su dilatación axial normal y el rotor del alternador se encuentra centrado con respecto al estator. En esta condición sin carga se puede admitir un flujo magnético correspondiente al 120% de la tensión nominal.

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

47 / 72

ITALIMPIANTI

Società Italiana Impianti p. a.



MANUAL DE ENTRENAMIENTO NIVEL 2

FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBASISTEMA
SISTEMA
SYSTEM ALTERNADORAPPARECCHIATURA
EQUIPO EQUIPMENT ALTERNADOR

BSI

41.210

Sin cargas las dilataciones del rotor de la turbina son razonablemente menores que las producidas a carga plena por cuyo motivo no existe el centrado axial del rotor del alternador en el estator. Esto determina un aumento del flujo en las zonas del paquete del lado de la turbina. Por todo esto se considera, en la prueba sin carga, que se debe aumentar la tensión gradualmente y no superar el 118% de la tensión nominal.

En lo que respecta al funcionamiento con carga a tensión inferior al 95% de la tensión nominal, no existen contradicciones especiales con tal que se reduzca además la prestación en KVA permitida por las curvas de capacidad de potencia.

Esto se debe a que de otro modo (siendo $KVA = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$) se tendría una corriente de estator no tolerable. Por debajo del 95% de la tensión, en condiciones de sobreexcitación ($\cos \varphi$ retrasado), los KVA deberían ser reducidos proporcionalmente a la reducción de la tensión. Por ejemplo, 90% de KVA cuando la tensión está al 90% de la tensión nominal. En el caso del funcionamiento el subexcitación ($\cos \varphi$ anticipado) los KVA deberían ser reducidos proporcionalmente al cuadrado de la tensión, es decir 81% de KVA al 90% de la tensión nominal, esto para reducir el recalentamiento de las partes terminales debido al flujo axial.

Operando a tensiones distintas de la nominal, se tiene además por lo general, una mayor necesidad de corriente de excitación y por lo tanto, una sobrecarga del rotor y también del sistema de excitación.

El funcionamiento a tensión superior a la nominal se considera también teniendo en cuenta el valor de la frecuencia.

Esta variante se analiza en el párrafo referido al "Funcionamiento a frecuencia anormal".

PREPARATO
PREPARADO
PREPAREDCONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKEDFOGLIO
HOJA
SHEETPAGINA
PAGINA
PAGE

48/72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT
ALTERNADOR

BSI

41.210

5.- FUNCIONAMIENTO A FRECUENCIA ANORMAL

El dimensionamiento del alternador prevé una variación de la frecuencia de red igual al $\pm 3\%$ de la frecuencia nominal.

El alternador está en condiciones de funcionar en forma continua a plena potencia y a la tensión nominal con una frecuencia descendente hasta 48 Hz y durante algunos minutos con frecuencia de hasta 47 Hz.

Más generalmente se admite para el alternador de Córdoba, el funcionamiento en servicio continuo a KVA nominales aún cuando la tensión y la frecuencia varíen en los campos $22KV \pm 5\%$ y $50 Hz \pm 3\%$.

En tales condiciones las sobretensiones del estator y del rotor serán superiores a las admitidas por el servicio nominal, aunque no alcancen valores perjudiciales a la buena conservación de la máquina.

El funcionamiento a frecuencia menor que la nominal en el sistema puede darse debido a un desequilibrio entre la potencia requerida y la potencia generable.

Para el alternador, una reducción de velocidad comporta una menor eficiencia de los ventiladores y por lo tanto, un menor caudal de gas de refrigeración además de una reducción de la tensión generada.

Si se quiere mantener en tales condiciones la carga nominal y la tensión dentro del campo admitido, hace falta una mayor excitación (mayor flujo). En consecuencia se produce una sobrecarga del rotor dada la mayor corriente, que es contemporánea con el menor caudal de H₂ de refrigeración.

El funcionamiento gravoso para el alternador es el funcionamiento a frecuencia reducida y a tensión superior a la nominal dos variaciones que corresponden a valo-

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA EMITIDO POR - ISSUED BY

REV. 0

1

2

3

4

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

49/72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM
AL TERNADOR
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT
AL TERNADOR

BSI

41.210

res elevados del flujo y por lo tanto de la inducción y de las consiguientes pérdidas en el paquete del estator. La frecuencia disminuida atenúa el aumento de las pérdidas pues las mismas, además de ser proporcionales casi al cuadrado de la inducción, son además proporcionales a la frecuencia. Teniendo en cuenta el menor efecto ventilante de los ventiladores y la disminuida prevalencia dinámica del rotor mismo, se puede decir, en general, que hace falta limitar el valor de la relación tensión/frecuencia; la máquina puede ser operada a valores de vol/hertz iguales al 105% del valor nominal (22000/50) durante tiempo indefinido sin reducción de su vida; se puede llegar al 110 % de la relación pero durante períodos del orden de algunos minutos, mientras que una relación igual al 120% es admisible durante el tiempo de intervención de las protecciones o sea no más de algún segundo.

Es necesario recordar que, generalmente, el funcionamiento a frecuencia baja está limitado por exigencias de turbina, mientras que los valores altos de volt/hertz no siempre son aceptables para los transformadores.

Estos problemas no se manifiestan en las instalaciones auxiliares de la máquina cuyos motores tienen amplios márgenes de tensión y de frecuencia.

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA EMITIDO POR - ISSUED BY

REV. 0

1

2

3

4

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

50 / 72


FMN 2407
 CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

 SISTEMA
 SISTEMA
 SYSTEM
ALTERNADOR
 APPARECCHIATURA
 EQUIPO
 EQUIPMENT
ALTERNADOR
BSI

41.210

6.- FUNCIONAMIENTO EN SOBRECARGA

El alternador no debería ser operado en condiciones de carga que superan las establecidas en la chapa y en las curvas de capacidad de potencia, aún cuando la temperatura del agua de refrigeración disponible sea inferior a la especificada en las características técnicas. Puede ocurrir además que el estator o el rotor estén por debajo de las temperaturas garantizadas. Pero para una buena conducción de la máquina no se aconseja aumentar la carga por encima de los valores nominales hasta alcanzar tales límites.

Otras zonas de la máquina son sensibles al aumento de la carga, ya sea por incremento de la temperatura en puntos que no son fácilmente determinables y que están monitoreados por termosensores, ya sea por incremento de las vibraciones electrodinámicas en la ranura y en los extremos; esas también no monitorizadas.-

El alternador ha sido proyectado en modo tal de poder tener una larga duración sin inconvenientes produciendo la carga nominal en servicio continuo o intermitente: las sobrecargas, reduciendo los márgenes de proyecto, no podrían más que reducir la duración de la máquina. ✓

Por lo que se refiera a las sobrecargas que pueden verificarse en ocasión de perturbaciones en la red, es buena práctica industrial admitir una corriente estática igual al 130 % de la nominal durante un minuto, y una corriente rotórica igual al 125 % de plena carga durante un minuto.-

Estas sobrecargas dan naturalmente un incremento de las pérdidas, principalmente en el bobinado, cuya temperatura aumenta rápidamente.

La capacidad térmica de los bobinados pueden hacer frente a esas mayores pérdidas, pero si la sobrecarga no se reduce y elimina, se alcanzan temperaturas que dañan permanentemente al generador.-

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA EMITIDO POR - ISSUED BY

REV. 0

1

2

3

4

 PREPARATO
 PREPARADO
 PREPARED

 CONTROLLATO
 VERIFICADO
 CHECKED

 FOGLIO
 HOJA
 SHEET

 PAGINA
 PAGINA
 PAGE

51 72


FMN 2407
 CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

 SISTEMA
 SISTEMA
 SYSTEM

ALTERNADOR

 APPARECCHIATURA
 EQUIPO
 EQUIPMENT

BSI

41.210

7.-FUNCIONAMIENTO DE LOS REFRIGERADORES DE HIDRÓGENO

En la descripción del circuito de ventilación de la máquina hemos dicho que el hidrógeno entra en circulación mediante dos ventiladores y que las pérdidas llevadas por el gas son cedidas a los refrigerantes H₂ - agua.

En condiciones nominales tenemos el hidrógeno frío a 46°C y agua fría a 35°C. Con carga reducida o con temperatura del agua inferior a los 35°C, el H₂ tiene una temperatura inferior a los 46°C. En tales condiciones, para reducir las excursiones térmicas de la máquina, se aconseja regular el caudal del agua a los refrigerantes de modo de no descender con el hidrógeno por debajo de los 30°C aproximadamente.

Con esta precaución se evita disminuir demasiado también la temperatura de los escudos y de la carcasa, evitando probables distorsiones perjudiciales para la alineación del árbol y para el funcionamiento de los cojinetes. Se podría alcanzar el mismo resultado variando la presión del hidrógeno en la máquina y mantenimiento constante el caudal del agua.

La capacidad de remoción del calor del H₂ es función del producto "calor específico-densidad"; justamente en función de estas características se indican en las curvas de capacidad de potencia, las prestaciones de la máquina a las distintas presiones de hidrógeno (fig 20-21).

En general, no es conveniente ni práctico adecuar con continuidad la presión del gas a la potencia erogada; por este motivo se usa la regulación automática de caudal de agua a los refrigerantes de hidrógeno.

Cuando se trabaja con agua a una temperatura inferior a los 35°C si el hidrógeno frío está a una temperatura menor 46°C, no es de buena práctica aumentar la carga más allá de los límites permitidos por las curvas de capacidad de potencia.

 PREPARATO
 PREPARADO
 PREPARED

 CONTROLLATO
 VERIFICADO
 CHECKED

 FOGLIO
 HOJA
 SHEET

 PAGINA
 PAGINA
 PAGE

52 / 72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM

ALTERANDOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

BSI

41.210

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / REV. 0 / 1 / 2 / 3 / 4 /

Como se ha dicho ya en el capítulo "Funcionamiento en so
brecarga" es posible que los límites de los esfuerzos e
lectrodinámicos, de inducción o temperatura sean supera-
dos en puntos no dotados de sensores o donde estos no
sean facilmente instalables por razones constructivas.

El funcionamiento y el ejercicio del conjunto de regula-
ción del caudal de agua a los refrigerantes de H₂ está
descrito en la sección especial del manual de ejercicio
de la máquina.

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

53 / 72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT
ALTERNADOR

BSI

41.120

POTENCIA A LOS BORNES EN FUNCION DE LA PRESION DE HIDROGENO

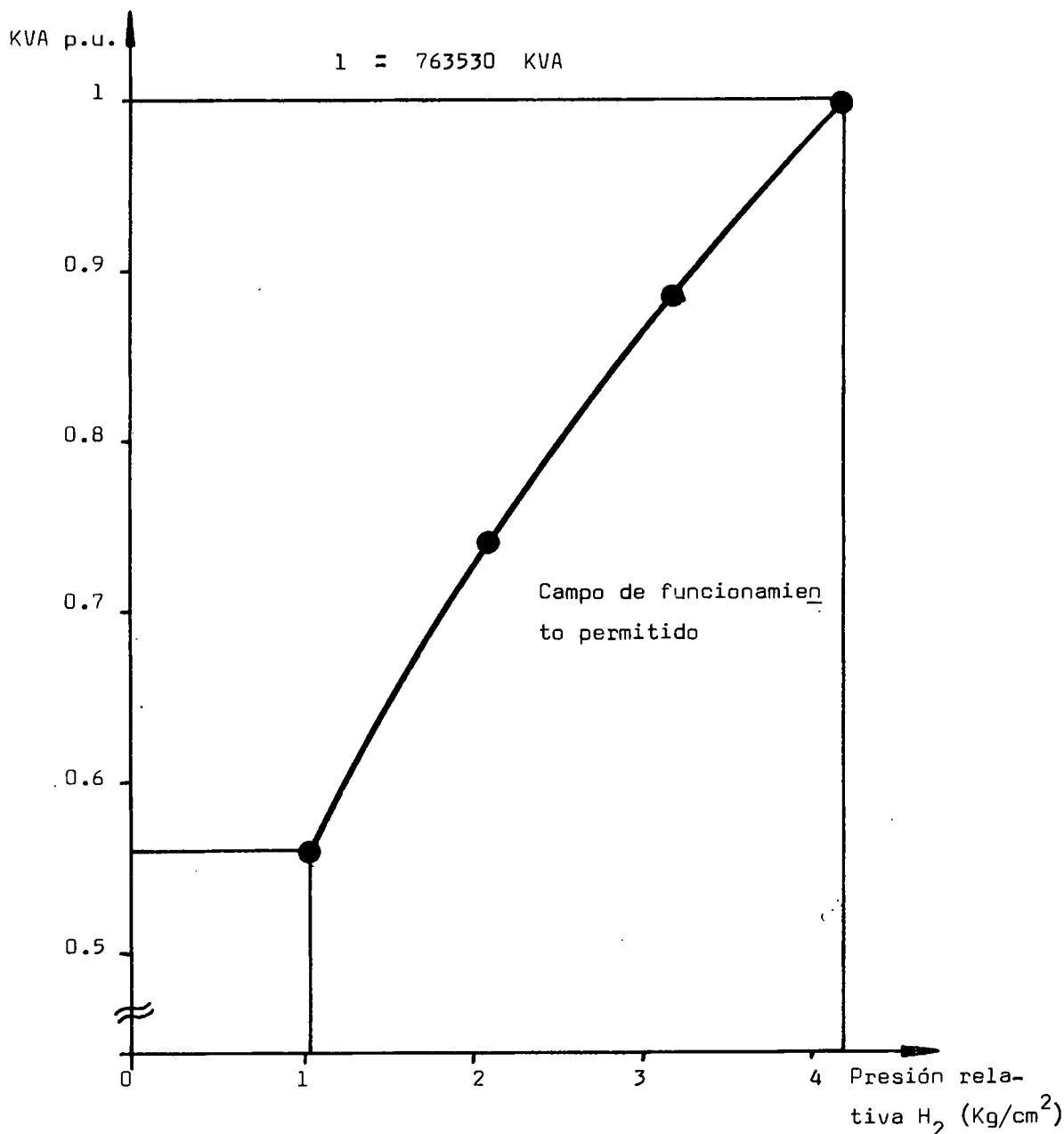


FIGURA Nº 20

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA EMITIDO POR - ISSUED BY

REV. 0

2

3

4

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

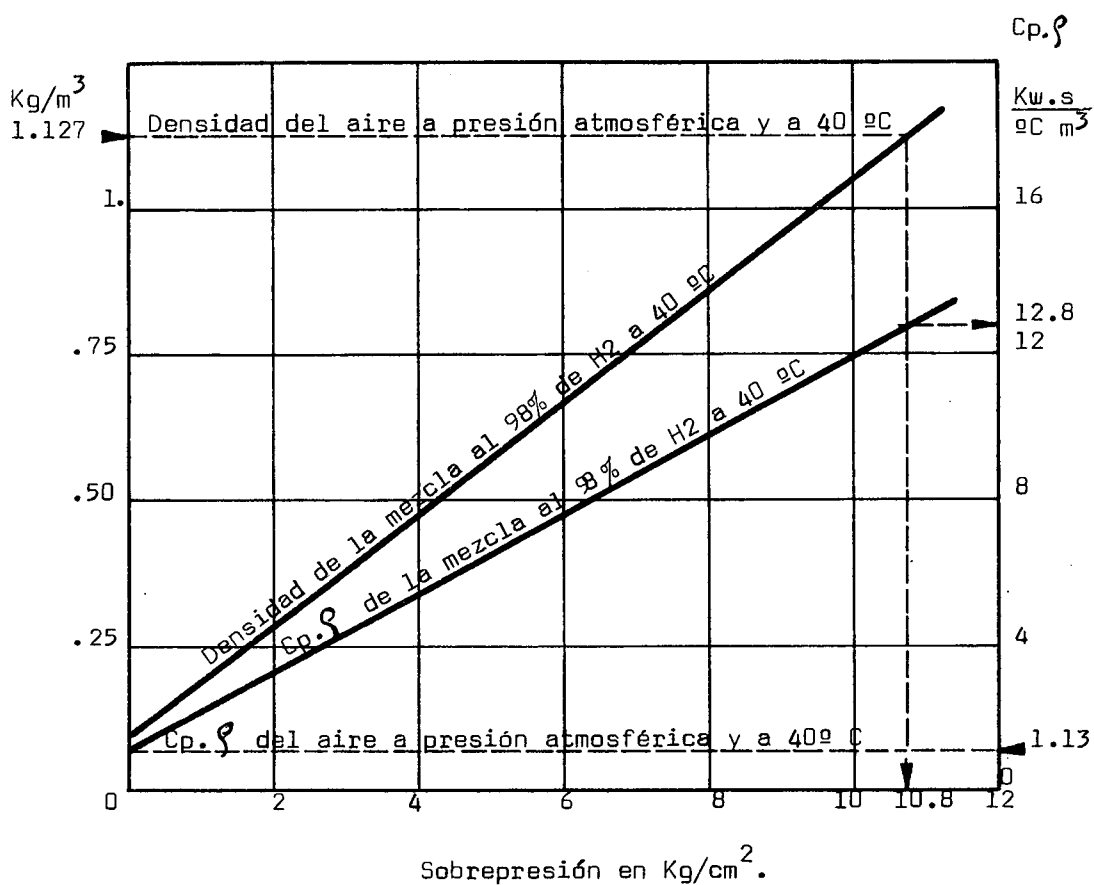
PAGINA
PAGINA
PAGE

1 / 54 / 72

ITALIMPIANTI
 società italiana Impianti p. a.

MANUAL DE ENTRENAMIENTO NIVEL 2
FMN 2407
 CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CÓRDOBA

 SISTEMA
 SISTEMA
 SYSTEM **ALTERNADOR**

 APPARECCHIATURA
 EQUIPO
 EQUIPMENT **ALTERNADOR**
BSI**41.120**
CARACTERISTICAS DE REFRIGERACION DE HIDROGENO

FIGURA Nº 21

THIS DOCUMENT IS EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTS WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA EMITIDO POR - ISSUED BY

 PREPARATO
 PREPARADO
 PREPARED

 CONTROLLATO
 VERIFICADO
 CHECKED

 FOGLIO
 HOJA
 SHEET

 PAGINA
 PÁGINA
 PAGE

55/ 72



FMN 2407
 CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
 SISTEMA
 SYSTEM
 ALTERNADOR
 APPARECCHIATURA
 EQUIPO
 EQUIPMENT

BSI
 41.210

8.- FUNCIONAMIENTO SIN AGUA DESMINERALIZADA

Un alternador con enfriamiento a agua del bobinado estático podría estar en condiciones de funcionar sin alimentación del agua al bobinado. Tal funcionamiento es posible siempre que se disminuye la carga (como se ha dicho en la monografía, 190.000 KVA para Córdoba) y se toman precauciones adecuadas. El bobinado debe ser vaciado y cuidadosamente secado al vacío. Con el vaciado por flujo libre se quita la mitad del agua del bobinado, mientras la otra mitad se quita con impulsos de aire a presión; luego se debe eliminar todo resto de humedad con el secado al vacío. Si no se efectúa esta tercera fase se corre el riesgo de tener, cuando la máquina está en tensión, descargas a masa en los tubos de teflón por ionización de las partículas de agua que se encuentren aún presentes.

El proceso de vaciado y secado descrito en detalle en las instrucciones de ejercicio puede llevar varios días y por lo tanto es poco probable que se deba recurrir a una medida de este tipo a menos que no se prevea la no disponibilidad del grupo agua estator durante un largo período.

Excluido este caso particular de funcionamiento del alternador, es necesario recordar que en todos los otros casos el agua desmineralizada del estator debe circular siempre en el bobinado ya sea con carga como con la máquina en vacío.

Si faltara el agua de refrigeración del agua desmineralizada, hará falta reducir la carga al valor correspondiente a la ausencia de circulación de agua desmineralizada (190.000 KVA).

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / REV. 0 / 1 / 2 / 3 / 4 /

PREPARATO
 PREPARADO
 PREPARED

CONTROLLATO
 VERIFICADO
 CHECKED

FOGLIO
 HOJA
 SHEET

PAGINA
 PAGINA
 PAGE

56. 72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

BSI
41.210

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / REV. 0 / 1 / 2 / 3 / 4 /

9.-VIBRACIONES ROTOR ALTERNADOR EN FUNCIONAMIENTO

La experiencia de ejercicio nos enseña que es una buena práctica mantener a bajo nivel las vibraciones de los rotores: Los generadores que trabajan durante mucho tiempo con vibraciones excesivas están más sujetos a frecuentes mantenimientos, para no mencionar el hecho que es mucho más cómodo para el personal de ejercicio trabajar cerca de grupos con bajo nivel de vibración.

Para los alternadores de 1500 rev/min, si la vibración pico a pico sobre el árbol en correspondencia con los cojinetes supera los 250 μ m habrá que proceder a un re balanceado lo antes posible.

En cambio cuando las vibraciones superan los 175 μ m con viene programar un balanceado en el momento más oportu no .

En la generalidad de los casos, siempre para alternado- res de 1500 rev/min el balanceado debe considerarse más que satisfactorio si las vibraciones están por debajo de los 100 μ m, para generadores con niveles de vibra ción pico a pico inferiores a dicho límite no se justi fican las tentativas de mejorar el balanceado.

Cunado el nivel de vibración cambia sensiblemente y su pera los niveles admitidos (250 μ m) conviene tratar de descubrir la causa antes de volver a balancear.

La causa más común de las vibraciones es el desequili- brio mecánico que puede reducirse con un balanceo. Los rotores se desbalancean cuando se ven obligados a rotar alrededor de un eje que no es el eje baricentrico.

Otras causas de vibración pueden deberse ya sea a una

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

57 / 72

ITALIMPIANTI

Società Italiana Impianti p. a.



MANUAL DE ENTRENAMIENTO NIVEL 2

FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBASISTEMA
SISTEMA
SYSTEM

ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

BSI

41.210

mala alineación de los cojinetes o a una inestabilidad de la presión derivada de la película de aceite en el espacio que se forma entre el eje y el buje.

Otro grupo de causas productoras de vibraciones pueden imputarse a la inestabilidad térmica. Entre ellas citamos: asimetría de transmisión del calor entre distintas partes del rotor, pernos radiales de conexión que no están perfectamente anclados u otras partes que toman luego al variar la temperatura, ventilación asimétrica, espiras en corto circuito en las bobinas polares.

En general puede decirse que la inestabilidad de tipo térmico se caracteriza por variaciones sensibles de vibraciones al variar las condiciones de carga; tales vibraciones se verifican casi siempre en condiciones de velocidad nominal.

En cuanto a las vibraciones, aunque no estén presentes en el rotor, citaremos aquellas debidas a las fuerzas magnéticas que accionan en el paquete del estator cuando algunas partes del mismos tengan fuego. Estas vibraciones van acompañadas por un notable zumbido; ambos cesan cuando la máquina este desconectada de la red, sin excitación pero manteniéndola a las revoluciones nominales. Evidentemente el equilibrado del rotor no tendría efecto alguno sobre estas vibraciones; a fin de evitar serios daños en el bobinado es necesario inspeccionar el tamaño del juego.

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA EMITIDO POR - ISSUED BY

REV. 0

1

2

3

4

PREPARATO
PREPARADO
PREPAREDCONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKEDFOGLIO
HOJA
SHEETPAGINA
PAGINA
PAGE

58 72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

BSI
41.210

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / REV. 0 / 1 / 2 / 3 / 4

10.- FUNCIONAMIENTO CON CARGAS DESEQUILIBRADAS

A) SERVICIO CONTINUO

La placa del alternador se refiere a las condiciones de carga equilibrada. En dicha situación las corrientes de fase son iguales en amplitud y estan desfasadas en 120° mecánicos.

En caso de carga desequilibrada, las corrientes de fase y también las tensiones, no constituyen más una terna equilibrada y simétrica: por consecuencia se produce una componente de secuencia negativa en el estator que crea un campo magnético rotante en sentido opuesto al rotor y que induce en su superficie corrientes parásitas a doble frecuencia (100 Hz)

Las corrientes parásitas circulan en las chavetas, en la superficie de los dientes del rotor y en las coronas de blindaje produciendo recalentamientos que pueden dañar las partes mencionadas por producción de que maduras y chispeos.

Como tales recalentamientos dependen del desequilibrio de las corrientes estatóricas, puede ser necesario con tener a este último o volver a equilibrar la carga o re ducir la potencia erogada. El generador está proyectado de acuerdo con las Normas ANSI, de modo tal que pueda sostener sin daños una corriente de secuencia negativa permanente que no supere el 8% de la corriente de fase, con tal que no se superen los KVA nominales y que la má xima corriente de fase no supere el 105% de la corrien te nominal.

Teniendo en cuenta las prestaciones del alternador a presiones reducidas de hidrógeno y varios cos. (según las curvas de capacidad de potencia fig.15), tal porcen taje máximo del 8% se aplica además a la corriente co rriente correspondiente a la prestación reducida de la máquina.

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

BSI

41.210

El valor en p.u. de la corriente de secuencia negativa puede ser calculado con el diagrama de la fig 22 cuando se conozcan las corrientes de las tres fases. Dicho diagrama se deriva de la descomposición de las corrientes de fase en las componentes simétricas, sólo se aplica cuando el componente de secuencia cero es nula. Con un sistema de puesta a tierra del neutro a alta impedancia, tal componente normalmente, no es apreciable.

Si se quisiera tener en cuenta, un criterio con servador sería el de combinarla con la I_2 calculada en el diagrama mencionado anteriormente, según la siguiente fórmula:

$$I' = \sqrt{(I_2)^2 + 2(I_0)^2}$$

y observar para I' el mismo límite dado para la I_2 permanente.

3) SERVICIO TRANSITORIO

El funcionamiento del generador con corrientes desequilibradas superiores a las admitidas por el servicio continuo está, como se ha visto en (A), limitado por el sobrecalentamiento superficial del rotor. En condiciones transitorias se pueden superar los límites consentidos en el régimen normal: el generador, según las normas ANSI, puede soportar, sin daños sensible, cortocircuitos desequilibrados u otras condiciones desequilibradas que den lugar a un valor de $I_2 t \leq 10$.

Esta prestación se entiende como producto integrado del cuadrado de la corriente de secuencia negativa (en "per unit" de la corriente correspondiente a los KVA nominales) por el tiempo t en segundos. La relación precedente es válida para tiempos de hasta 120 segundos. El funcionamiento del generador con valores de $I_2 t$ (y también de I_2 permanente) superiores a los dados anteriormente puede causar daños serios en el rotor, en tal caso se aconseja parar el grupo e inspeccionar el rotor, inspección que realizarán los técnicos de ANSALDO. Pueden hacerse necesarios las intervenciones ya sea en el forjado del rotor (eliminación



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

BSI

41.210

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / 1 / 2 / 3 / 4 / REV. 0

de las zonas dañadas con amolado y eventualmente con torneado) ya sea en las cuñas de acero y de aluminio (sustitución de las mismas), además en el aislamiento bajo las coronas de blindaje y bajo las cuñas.

En la fig. nº 23 a continuación, se comparan las prestaciones en términos de $I^2 t$ de los rotores con refrigeración indirecta y directa hasta 800 MVA, según lo previsto por las Normas ANSI C50-13 . 1977: de la figura resulta evidente que los transitorios desequilibrados deben estar contenidos en las máquinas con refrigeración directa con respecto a aquellas con refrigeración indirecta.

Esto se debe a la mayor carga eléctrica específica (densidades de corriente que van de 2 a 5 A/mm² en el rotor a 3 ÷ 4 a 10 ÷ 12 A/mm² en el estator) y a la menor incidencia en porcentaje de la periferia del rotor ocupada por el forjado, con respecto a aquella ocupada por las ranuras del bobinado (ranuras del bobinado trapezoidales y por lo tanto dientes del rotor de reducidas dimensiones al entrehierro).

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

61 / 72

THIS DOCUMENT IS EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTS WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CÓRDOBA

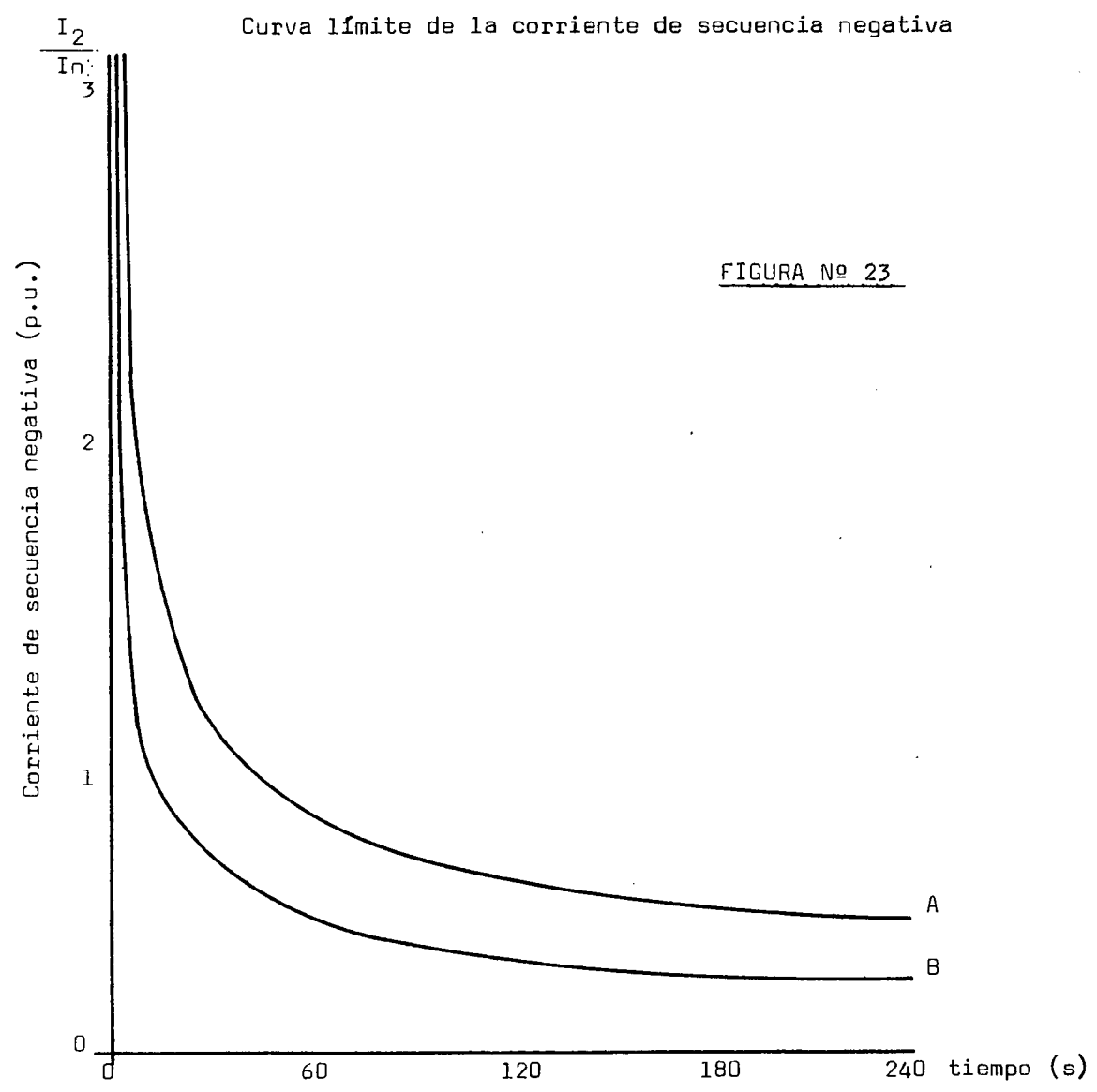
SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT
ALTERNADOR

BSI

41.120

PRESTACIONES EN CORRIENTE DE SECUENCIA NEGATIVA
PARA TURBOALTERNADOR CON REFRIGERACION INDIRECTA
Y DIRECTA

Curva límite de la corriente de secuencia negativa



A : $(I_2)^2 \cdot t = 30$ $t \leq 120$ s
B : $(I_2)^2 \cdot t = 10$ $t \leq 120$ s
A = Alternadores con refrigeración directa
B = Alternadores con refrigeración directa con $P_a \leq 800$ MVA

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PÁGINA
PAGE



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM

ALTERNADOR

APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

BSI

41.210

II.- FALTA DE EXCITACION

Un hecho prácticamente imposible, pero de gran gravedad, es la falta completa de excitación de la máquina que funciona a plena carga, sin intervención del grupo.

En dicha condición la potencia sincronizante que mantiene en sincronismo al rotor con la red va a cero y sin una adecuada reducción del vapor a la turbina, la velocidad del grupo comienza a aumentar. El alternador se convierte en un generador a inducción (toma potencia magnetizante de la red) sobre la superficie del rotor y de las cuñas se inducen elevadas corrientes. También el bobinado del rotor, en cortocircuito por la resistencia de descarga de campo, se convierte en la sede de corrientes inducidas; si no se encuentra en cortocircuito por la resistencia de descarga de campo, está sometido a elevadas tensiones inducidas.

Si la excitación llegara a faltar por apertura accidental del interruptor de campo y se está seguro que no existen desperfectos eléctricos en el alternador o afuera de él entonces, se puede intentar el recierre del interruptor y continuar manteniendo la carga sin efectuar el bloqueo. Si en cambio se han intervenido al mismo tiempo las alarmas sobre el alternador o sobre el transformador de grupo, entonces, no es conveniente intentar una resincronización volviendo a aplicar inmediatamente la excitación.

Si la falta de excitación con plena carga se mantuvo por un tiempo no determinado, no es aconsejable volver a excitar para tratar de retomar la carga; en dicho caso es conveniente parar el grupo e inspeccionar el rotor en la zona de las cuñas y de las coronas de blindaje.

Con la filosofía normal de las protecciones del montante de la máquina, se prevee un relé de falta de excitación que interviene sobre el relé de bloqueo haciendo abrir el interruptor del montaje de máquina y sucesivamente el interruptor de campo.

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / EMITIDO POR - ISSUED BY

REV. 0

1

2

3

4

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

64 / 72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

BSI
41.210

12.- FUNCIONAMIENTO EN TRANSITORIO Y BAJO FALLA

A) SINCRONIZACION FUERA DE FASE

Durante la puesta en paralelo del alternador en la red, cuando las tensiones de red y del generador no son iguales y el desfase entre las dos ternas es distinto de cero, surgen corrientes y pares electromanéticos que pueden causar severos esfuerzos al alternador y a toda la línea del eje turbina alternador.

Mientras las tensiones en el módulo pueden ser igualadas, el desfase debe ser variable justamente para poder realizar el paralelo, el ángulo máximo aceptable debe de toda manera limitarse a valores no superiores a los 10°.

B) CORTOS CIRCUITOS, RE-CIERRES, TRANSITORIOS DE MANIOBRAS.

Entre las condiciones anormales del sub-título mencionadas, las menos perjudiciales son, por lo general, los transitorios de maniobra y los re-cierre, con tal que se verifiquen siempre en condiciones de simetría (es decir que funcionen siempre y contemporáneamente las tres fases de los interruptores).

Generalmente se tienen corrientes más elevadas durante los cortos circuitos, sin embargo, como ocurre también para la sincronización no en fase, estos fenómenos tienen en común un brusco aumento de la corriente del estator. Esto llevaría a sobrecalentamientos excesivos del estator si el fenómeno durará mucho, sin intervención de eliminación de la falla por parte de las protecciones.

Otro elemento en común con estos malos funcionamientos es el aumento de los esfuerzos electrodinámicos sobre los extremos del bobinado del estator y entre el estator y el rotor.

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / EMITIDO POR - ISSUED BY

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

65 / 72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM **ALTERNADOR**
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

BSI

41.210

Los extremos del estator tienden a deformarse, tomando juego las ligaduras de los bloqueos, mientras en el rotor, a causa de la inercia de las distintas masas de la línea de eje, se pueden presentar oscilaciones torsionales con esfuerzos extremadamente elevados.

El proyecto del alternador se realizó admitiendo un corto circuito trifásico seco en los bornes y una sincronización con un ángulo de desfase de 120° (el peor desde el punto de vista de los esfuerzos sobre el eje derivados de las oscilaciones torsionales); afortunadamente, tales condiciones son poco probables. La sincronización fuera de fase queda impedida por los bloqueos sobre el sincronizador, un corto circuito de los bornes del alternador, a causa de la segregación de las barras es prácticamente imposible, mientras es más probable que se verifique del lado A.T. del transformador con la consiguiente intervención reductiva de la reactancia del mismo.

En el caso del bobinado del estator, se supone que el alternador no ha sufrido daños sensibles, si el bobinado puede soportar una prueba de tensión del 85% de la tensión de prueba con máquina nueva ($0,85 \times (2.E + 1000)$ V); no se deberán verificar señales visibles de deformación en los extremos y en las conexiones.

Desde el punto de vista térmico el bobinado del estator, según las Normas ANSI, puede soportar, partiendo de condiciones de régimen, un porcentaje de corrientes en el tiempo según se ve a continuación:

tiempo (segundos)	10	30	60	120
corriente estator (%)	226	154	130	116

Análogamente para el rotor, se puede decir que se admiten porcentajes de la tensión de excitación en el tiempo iguales a:

PREPARATO
PREPARATO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

66 / 72



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SISTEMA
SYSTEM **ALTERNADOR**
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

BSI
41.210

tiempo/seg.	10	30	60	120
tensión (%)	208	146	125	112

Hace falta recordar que los porcentajes de corriente y de tensión indicados arriba, dan lugar sobre temperaturas muy superiores a las del funcionamiento normal: por lo tanto tiene que ser limitados a no más de dos veces por año, para una sensible reducción de duración de la máquina.

El caso de corto circuitos, línea - línea, línea-neutro, u otras indicaciones no simétricas se interpretan teniendo en cuenta lo descrito en el capítulo "Funcionamiento con cargas desequilibradas".

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / REV. 0 / 1 / 2 / 3 / 4 /

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE



FMN 2407
CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CORDOBA

SISTEMA
SYSTEM
ALTERNADOR
APPARECCHIATURA
EQUIPO
EQUIPMENT

BSI
41.210

13.- FUNCIONAMIENTO COMO MOTOR

Durante un funcionamiento de emergencia en la red, el alternador podría quedar en sincronismo, conducido por otro generador a velocidad superior a la normal; esto es posible cuando hay grupos hidroeléctricos en la red para los que, normalmente se admite una sobre velocidad superior al 110 % como consecuencia de una pérdida de carga. En tal caso, el regulador de turbina cierra la admisión del vapor y en general, da también una señal de apertura del interruptor del grupo.

El funcionamiento como motor sincrónico podría darse en el caso que existan dos generadores separados de la red y que funcionan en paralelo alimentando sus propios auxiliares; una diferencia en las características de los reguladores de turbina podría hacer que una máquina funcionara como generador y la otra como motor.

Estos tipos de funcionamiento están limitados por exigencias de la turbina, porque, normalmente las posibilidades del alternador son más amplias.

En cambio una condición muy perjudicial para el alternador se da cuando el mismo está conectado en línea siendo parado en rotación por medio del virador : en este caso la máquina arranca como motor asincrónico, un análogo mal funcionamiento, no obstante todas las protecciones, ya ocurrió.

Esto puede ocasionar daños en el estator pero especialmente en el rotor; se aconseja en tal caso, parar el grupo conservando todas las informaciones posibles para la sucesiva inspección por parte de los Especialistas.

THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTIES WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

EMISSO DA / REV. 0 / 1 / 2 / 3 / 4 /

PREPARATO
PREPARADO
PREPARED

CONTROLLATO
VERIFICADO
CHECKED

FOGLIO
HOJA
SHEET

PAGINA
PAGINA
PAGE

ITALIMPIANTI
 società italiana impianti p. a.

 MANUAL DE ENTRENAMIENTO
 NIVEL 2

FMN 2407
 CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CÓRDOBA

 SISTEMA
 SISTEMA
 SYSTEM

ALTERNADOR

 APPARECCHIATURA
 EQUIPO
 EQUIPMENT

ALTERNADOR

BSI

41.210

 14 - PROTECCIONES PARA EL GENERADOR

Tipo	<u>Desperfecto observado</u>	<u>Acción</u>
87 G Diferencial Generador	- Cortocircuito trifásico.- - Cortocircuito bifásico.- - Falla a tierra de una fase	Actúa sobre 86/BA1
87 GT Diferecial total (Generador transform. TP-TUI-TU2	- Cortocircuito trifásico. - Cortocircuito bifásico. - Falla a tierra de una fase.	Actúa sobre 86/BA2
64s- 2G	Falla a tierra del estator La protección, cubre el 100% del arrollamiento.	- Alarma para umbral 95 % - Disparo para umbral 100 % que actúa sobre 86/BA2.-
64s - 1G de respaldo	Falla a tierra del estator. La protección cubre el 80 % del arrollamiento.	Actúa sobre 86/BA1.

 PREPARATO
 PREPARADO
 PREPARED

 CONTROLLATO
 VERIFICADO
 CHECKED

 FOGLIO
 HOJA
 SHEET

 PAGINA
 PÁGINA
 PAGE

69/72

ITALIMPIANTI società italiana impianti p. a.				MANUAL DE ENTRENAMIENTO NIVEL 2		
FMN 2407 CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE CÓRDOBA		SISTEMA SISTEMA SYSTEM ALTERNADOR		BSI		
		APPARECCHIATURA EQUIPO EQUIPMENT ALTERNADOR		41.210		

Tipo	<u>Desperfecto observado</u>	<u>Acción</u>
64 R - G	Falla a tierra del rotor.	Alarma.
51 G/ 27 Z - G	Sobre carga del generador.	Actúa sobre 86/BAI.
49 S - G	Sobre carga térmica del generador.	Alarma.-
61 G	Carga no equilibrada	Primer umbral: Alarma.- Segundo umbral: Disparo que actúa sobre 86/BAI.

PREPARATO PREPARADO PREPARED	CONTROLLATO VERIFICADO CHECKED	FOGLIO HOJA SHEET	PAGINA PÁGINA PAGE
		/	70 / 72

REV.

0

1

2

3

4

/

/

/

/

/

/

/

/

/

ITALIMPIANTI
 società italiana impianti p. a.

 MANUAL DE ENTRENAMIENTO
 NIVEL 2

FMN 2407
 CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE
CÓRDOBA

 SISTEMA
 SISTEMA
 SYSTEM
ALTERNADOR

 APPARECCHIATURA
 EQUIPO
 EQUIPMENT
ALTERNADOR

BSI

41.210

THIS DOCUMENT IS EXCLUSIVE PROPERTY OF ITALIMPIANTI AND MUST NOT BE COPIED OR SUBMITTED TO ANY THIRD PARTS WITHOUT ITS WRITTEN AUTHORIZATION

				<u>TIPO</u>	<u>DESPERFECTO OBSERVADO</u>	<u>ACCION</u>
			4	67 M - 2 G	Potencia inversa.	-Primer umbral: Alarma.- -Segundo umbral: Disparo que actúa sobre 86/BA2.
			3	67 M - 1 G de respaldo	Potencia Inversa	-Primer umbral: Alarma.- -Segundo umbral: Disparo que actúa sobre 86/BA1.
			2			
			1	40 G	Excitación nula	Actúa sobre 86/BA2
			0			
			REV.			
				59 G	Máxima tensión	-Primer umbral: Alarma.- -Segundo umbral: Disparo que actúa sobre 86/BA1.
			EMISSO DA			
			EMITIDO POR - ISSUED BY			
				PREPARATO PREPARADO PREPARED	CONTROLLATO VERIFICADO CHECKED	FOGLIO HOJA SHEET
						PAGINA PAGINA PAGE
						71 / 72

ITALIMPIANTI società italiana impianti p. a. 		MANUAL DE ENTRENAMIENTO NIVEL 2		
FMN 2407 CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE CÓRDOBA		SISTEMA SISTEMA SYSTEM ALTERNADOR	BSI 41,210	
		APPARECCHIATURA EQUIPO EQUIPMENT ALTERNADOR		

<u>TIPO</u>	<u>DESPERFECTO OBSERVADO</u>	<u>ACCION</u>
27 - G	Tensión mínima.	-Primer umbral: Alarma.- -Segundo umbral: Disparo que actúa sobre 86/BA2.
81 - G	Frecuencia mínima.	-Primer umbral: Alarma.- -Segundo umbral: Disparo que actúa sobre 86/BA1.
86/BA1	Intervención de las protecciones primarias de las Playas de Maniobra de 500 KV. Protecciones: generador, transformadores de unidad y transformador principal.	-Abre los interruptores 2GA-2GB sobre el arrollamiento de apertura BA1. -Abre el 41 y de excitación rápida. -Abre los 52 a 6,6 KV. -Orden de conmutación de alimentación a 6,6 KV. -Alarma. -Registro maniobra.
86/BA2	Intervención de las protecciones de refuerzo de la Playa de Maniobra de 500 KV. Protecciones: generador, transformadores de unidad y transformador principal.	-Abre los interruptores 2GA-2GB sobre el arrollamiento de apertura BA2. -Abre el 41 y de excitación rápida. -Abre los 52 a 6,6 KV. -Orden de conmutación de alimentación a 6,6 KV. -Alarma.- -Registro maniobra.

PREPARATO PREPARADO PREPARED	CONTROLLATO VERIFICADO CHECKED	FOGLIO HOJA SHEET /	PAGINA PÁGINA PAGE 72 / 72
------------------------------------	--------------------------------------	------------------------------	-------------------------------------