

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Técnica Naval**

**Estudio sobre las pruebas de taller y abordó  
de los generadores principales.  
Aplicaciones prácticas**

**Miguel QUIJADA ORTEGA**



**Centro: E. U. I. T. NAVAL**  
**Titulación: I. T. NAVAL**  
**Fecha: Octubre 2007**





# INDICE

---

## Capítulo 0 Objetivo del Proyecto

- Introducción..... 1

## Capítulo 1 El Alternador

- Alternador de Campos Giratorios..... 3

## Capítulo 2 Devanados de Alternadores

- Principios Generales..... 4
- Devanados Monofásicos..... 4
- Devanados imbricados bifásicos de paso Entero..... 7
- Devanados imbricados trifásicos de paso Entero..... 7
- Devanados de paso Fraccionario..... 8
- Devanados en Espiral y de Cadena..... 9

## Capítulo 3 Construcción de los Alternadores

- Tipos de Alternadores..... 12
- Estator o Inducido..... 12
- Ranuras..... 14
- Ventilación..... 16
- Estructura del Rotor..... 17

## Capítulo 4 Fuerzas Electromotrices y Potencia de los Alternadores

- Fuerza Electromotriz Inducida..... 19
- Forma de la Onda..... 21
- Fuerza Magnetomotriz de los Devanados Inductores Distribuidos..... 23
- Acoplamiento de los Devanados de los Alternadores..... 24
- Características Nominales de los Alternadores..... 25

## Capítulo 5 Regulación y Funcionamiento de los Alternadores

- Regulación o Caída relativa del Alternador..... 25
- Reactancia de Dispersión del Inducido..... 27
- Resistencia del Inducido..... 28

## Capítulo 6 Reacción de los inducidos Monofásicos

- Corriente y Fuerza Electromotriz en Fase..... 30
- Intensidad de Corriente con Retraso de Fase 90°..... 31
- Intensidad de Corriente con Avance de Fase 90°..... 33

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordado de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

• Pulsación de la reacción de un Inducido Monofásico.....	33
• Reacción de un Inducido Polifásico.....	36
• Fuerza Magnetomotriz Inductora, Inducida y resultante.....	39
• Caída de tensión por Impedancia del inducido.....	41
• Regulación o Caída relativa de tensión del Alternador.....	44
• Vectores de Espacio y Tiempo.....	45
• Diagramas Vectoriales de Espacio y Tiempo.....	47
• Método General.....	50
• Método de la Impedancia sincrónica o de Fuerza Electromotriz.....	50
• Determinación de la Reactancia Armónica.....	52
• Aplicación a Alternadores Trifásicos.....	54
• Regulación del Alternador en Estrella.....	55
• Regulación del Alternador en Triángulo.....	57
• Método de la Fuerza Magnetomotriz.....	57
• Diagrama de Potier.....	60
• Método de “American Standards Association”.....	63
• Rendimiento de los Alternadores.....	66
• Regulación de Tensión.....	68
• Acoplamiento en paralelo de los Alternadores.....	70
• Potencia de Sincronización.....	73
• Potencia Reactiva.....	74
• Sincronización.....	76
• Oscilaciones Pendulares.....	78

## **Capítulo 7 Fuente Principal de Energía Eléctrica**

• <b>VII. 1 A.B.S. 4-8-2.3</b>	
• Fuente Principal de Energía Eléctrica.....	79
• Número y Capacidad de Energía Eléctrica.....	79
• Energía Suministrada por los Generadores Propulsores.....	81
• Generadores de Cola.....	81
• Transformadores y Conversores.....	83
• Localización de los Generadores.....	83
• Disposición del Sistema.....	84
• Cuadro de Distribución Principal.....	84
• Protección de Generadores.....	84
• <b>VII. 2 Lloyd’s Register of Shipping Sección 2</b>	
• Número y Condiciones Nominales de los Grupos Generadores.....	85
• Número y Condiciones Nominales del equipamiento Convertidor.....	86
• Número y Condiciones Nominales del Equipamiento Transformador.....	86
• Disposición de Arranque.....	86
• Reguladores del Motor de Accionamiento.....	89
• <b>VII. 3 Det Norsket Veritas Sección 3</b>	
• Fuentes de Energía Eléctrica principal y Sistemas de Arranque.....	89
• Motores de Accionamiento para Generadores.....	92
• Generadores Accionados por los Motores Principales.....	92

## Capítulo 8 Protección de generadores

- **VIII. 1 A.B.S. 4-8-2.9.11**
  - Protección por Sobrecarga..... 93
  - Protección por Cortocircuito..... 93
  - Protección contra Daños Termales..... 93
  - Protección contra Inversión de Potencia..... 93
  - Parada por Motor de Accionamiento..... 93
  - Protección por bajo Voltaje..... 94
- **VIII. 2 Lloyd’s Register of Shipping Sección 6**
  - General..... 94
  - Protección contra Corto Circuito..... 95
  - Protección contra Sobrecarga..... 97
  - Protección en Generadores..... 98
  - Restricción de Carga..... 99
  - Circuitos de Alimentación..... 100
- **VIII. 3 Det Norsket Veritas Sección 3F**
  - Circuitos del Generador..... 100

## Capítulo 9 Generalidades

- **IX. 1 A.B.S. 4-8-3.1**
  - Normas de Cumplimiento..... 103
  - Certificación de Equipos..... 103
  - Material y Diseño..... 103
  - Características de Voltaje y Frecuencia..... 103
  - Grado de Protección..... 104
  - Accesibilidad..... 106
  - Materiales y Aislamientos..... 107
  - Temperaturas Ambiente..... 107
- **IX.2 Lloyd’s Register of Shipping Sección 1**
  - Requisitos generales..... 107
  - Planos..... 108
  - Inspecciones..... 110
  - Alteraciones..... 110
  - Definiciones..... 110
  - Diseño y Construcción..... 112
  - Calidad de la energía de Alimentación..... 112
  - Referencia a las Condiciones Ambientales..... 113
  - Inclinación del barco..... 113
  - Localización y Construcción..... 114
  - Conexión a Tierra..... 114
- **IX.3 Det Norsket Veritas Sección 1 y 2.**
  - Planos y Particularidades..... 114

## Capítulo 10 Máquinas Rotativas

• <b>X.1 A.B.S. 4-8-3.3</b>	
• Aplicación.....	120
• Definiciones.....	120
• Condiciones Nominales.....	122
• Capacidad de Sobrecarga/Sobreintensidad.....	122
• Capacidad de Cortocircuito.....	123
• Construcción.....	123
• Controles de Generadores.....	127
• <b>X.2 Lloyd’s Register of Shipping Sección 8</b>	
• Requisitos generales.....	129
• Condiciones Nominales.....	129
• Incremento de Temperatura.....	131
• Control del Generador.....	131
• Sobrecarga.....	132
• Alojamiento de las Máquinas.....	132
• <b>X.3 Det Norsket veritas Sección 5</b>	
• Requisitos comunes para Generadores y Motores.....	133
• General.....	133
• Requisitos en relación con partes Mecánicas.....	133
• Conexiones con Fabricantes.....	134
• Fabricante.....	134
• Materiales Aislantes, Incremento de Temperatura.....	134
• Sobrecargas.....	136
• Prueba de Alto Voltaje y resistencia Dieléctrica.....	137
• Voltaje de Arranque. Requisitos adicionales para Generadores.....	137
• Generadores de Corriente Alterna.....	137

## Capítulo 11 Pruebas

• <b>XI.1 A.B.S. 4-8-3.15</b>	
• Pruebas.....	139
• Listado de Pruebas.....	139
• Medida de Resistencia del Aislamiento.....	140
• Medida de resistencia del Bobinado.....	140
• Comprobación del Sistema de regulación de Voltaje.....	140
• Pruebas de carga y medida del Incremento de temperatura.....	141
• Pruebas de Sobrecarga y Sobreintensidad.....	143
• Prueba de capacidad del Corto Circuito.....	143
• Prueba de Sobre Velocidad.....	144
• Prueba de resistencia Dieléctrica.....	144
• Prueba de Funcionamiento en Equilibrio.....	145
• Rodamientos y Cojinetes.....	145
• Certificación.....	146
• <b>XI.2 Lloyd’s Register of Shipping Sección 20</b>	
• Pruebas.....	147
• Ensayos.....	148

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

- Cables de Alto Voltaje..... 150
- Áreas Peligrosas..... 151
- **XI.3 Det Norsket Veritas Sección 11**
- Generadores y Motores..... 153
- Resistencia Mecánica..... 153
- Temperatura..... 154
- Conexiones a Tierra..... 154
- Tipos de Alojamiento con relación a su Localización..... 154
- Generadores..... 155

## **Capítulo 12 Propulsión Eléctrica**

- **XII.1 Lloyd’s register of Shipping Sección 15**
- General..... 160
- Requerimientos de Potencia..... 160
- Control de la Propulsión..... 161
- Potencia del Sistema Propulsivo..... 161
- Instrumentos..... 162
- **XII.2 Det Norsket veritas Sección 11**
- Características Generales..... 163
- Número y Condiciones Nominales de los grupos Generadores..... 163
- Variaciones de Voltaje y Frecuencia..... 164
- Capacidad de Sobrecarga..... 164
- Par Torsor..... 164
- Generación de Ruidos en Semiconductores..... 164
- Ventilación..... 164
- Pruebas..... 165

## **Capítulo 13 Conclusiones**

- Definiciones..... 166
- Número de generadores y transformadores..... 166
- Requisitos del Cuadro Principal de Corriente..... 167
- Barras de Distribución de Corriente..... 168
- Conexionado interior..... 169
- Interruptores Principales..... 169
- Instrumentos de Medida..... 171
- Pruebas..... 171
- Pruebas de taller o de banco..... 172
- Pruebas a bordo..... 174
- Casos Prácticos..... 175
- Apendices A y B..... 176

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordado de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**



## **INTRODUCCIÓN:**

El objeto de cualquier proyecto es generalmente llegar a unas conclusiones práctica y teóricas. Esto se consigue a través de unos desarrollos o comparativas sobre las que se obtengan unos resultados a cerca de la temática a desarrollar.

Por lo que este proyecto no será una excepción y a lo largo de los siguientes capítulos trataremos de desarrollar el fin encomendado a este.

La generación de energía eléctrica abordo para cualquier tipo de embarcación es uno de los estudios principales a realizar por el gabinete de ingeniería que desarrolle cualquier nueva construcción, transformación de una nave ya construida o ante cualquier incremento de las demandas de energía necesaria para el desarrollo normal de las operaciones del barco, sin que este último caso se produzca por alguna de las dos opciones anteriores. Ya que este estudio viene influenciado por el fin para el cual se concibe el proyecto del mismo.

La concepción y posicionamiento del equipo principal de generación de corriente eléctrica por la que se rigen la mayoría de los barcos que se construyen actualmente en el mundo, se puede dividir en dos tipos fundamentales: Alternador de Cola acoplado a una caja reductora y La propulsión diesel eléctrica.

La primera de estas, Alternador de cola acoplado a una caja reductora se puede describir en grandes rasgos partiendo del motor principal, es decir de proa a popa de la cámara de maquinas. Este motor puede quemar combustibles de diferentes viscosidades. La energía mecánica a unas altas revoluciones que produce este motor principal, se acopla mediante un acoplamiento flexible a una caja reductora con dos salidas diferentes, cada una de estas salidas ya tamizadas por un elemento meramente mecánico tiene un régimen de revoluciones diferentes, siendo una salida de menor revoluciones que la otra. La salida a menores revoluciones se acoplará a la línea de ejes del barco, esta intrínsecamente puede componerse generalmente de uno o varios ejes intermedios, acabando siempre en el eje de bocina y en esta línea como último eslabón tendremos la hélice. Mientras que la otra salida de la caja reductora a mayores revoluciones, se acoplará mediante acoplamiento flexible al generador principal de corriente de la nave también conocido como PTO o alternador de cola. Desde el cual se reparte su energía eléctrica mediante cuadros de distribución y cables a los diferentes servicios necesarios e indispensables para la habitabilidad del mismo y para las necesidades del acarreo y transporte de la carga con la que se trabaje. Debido al gran consumo de energía de los servicios arriba indicados, los generadores de cola o PTO están normalmente secundados por otros grupos autónomos (motor de combustión interna - generador) GENSET con los que cuadra el balance eléctrico de este tipo de plantas.

Este esquema básico puede repetirse paralelamente dependiendo de las necesidades a cubrir por la nave o al propósito para el cual este artefacto flotante este concebido.

La segunda opción más utilizada después de la anterior, es la propulsión eléctrica que se aplica a barcos donde el concepto de maniobrabilidad es uno de los

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

finés fundamentales por y para el cual están concebidos. Por lo que la planta propulsora más que complicada es radicalmente diferente a la indicada en el anterior punto.

Siendo uno de los fines de este modelo de propulsión claramente influido por la capacidad de maniobrabilidad de los barcos a los que se aplica. Normalmente en estos nos encontramos con un número indeterminado de hélices transversales, hélices de popa y inclusive hélices azimutales que ayuden a un posicionamiento dinámico y estático en contra, en algunas ocasiones de las condiciones climatológicas de los mares donde faenen estos barcos. Todos estos elementos necesarios para la maniobrabilidad del barco normalmente estarán repartidos a lo largo de la eslora de los mismos no siendo localizados a popa como en el caso anterior. Por lo que las necesidades de potencia de estos equipos deben ser cubiertos directamente desde una fuente de producción de energía a distancia, además de los consumos eléctricos necesarios para la vida a bordo y servicios básicos de cualquier embarcación. Citando el caso anterior, el motor de este tipo de barcos no tiene por que estar localizado en la popa del barco, siendo lo más normal por el contrario que se encuentre en un punto intermedio de la eslora o bien en proa. Estas plantas parten de un motor que produce energía mecánica a través de la combustión interna de productos derivados del petróleo que se acopla a través de un acoplamiento flexible al generador principal de corriente de la nave. Desde el cual se reparte su energía eléctrica mediante cuadros de distribución y cables a los diferentes servicios indicados con anterioridad.

Este esquema como se indico en el punto anterior puede repetirse de forma paralela dependiendo de las necesidades a cubrir por la nave.

En ambos casos, los generadores de los que hemos hablado en los párrafos anteriores, se denominan generadores principales de Corriente eléctrica. Centro y eje de este proyecto de fin de carrera.

Nos gustaría destacar que las descripciones indicadas en los párrafos anteriores son unas concepciones generalizadas y como tales conllevan a grandes errores o exclusiones. Ya que otros tipos de concepciones de plantas propulsoras son usadas normalmente.

Este análisis del generador principal de corriente lo vamos a dividir en tres partes claramente diferenciadas: una parte primera meramente teórica, donde vamos a trabajar con la concepción y estudios de los grupos generadores de corrientes(Alternadores). Una segunda basada en las guías de aplicación para la construcción de barcos de tres sociedades de clasificación pertenecientes a la Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación. Y una tercera parte donde vamos a realizar una síntesis de las dos partes anteriores a través de casos prácticos.

## CAPITULO I: EL ALTERNADOR

### **Alternador de campos giratorios:**

En los alternadores que se encuentran en el mercado, el inducido es, en general, fijo, y el campo es el que gira. La producción de una f.e.m en un conductor del mismo depende solamente del movimiento relativo del mismo y del flujo, de manera que pueden ser indistintamente el inducido o el inductor los que se muevan. En los generadores de corriente continua, la existencia del colector hace necesario que sea el inducido el elemento giratorio o que las escobillas giren con el inductor. Como los alternadores no necesitan colector, no es preciso que sea el inducido el que gire.

Este tipo de construcción presenta dos claras ventajas. Un inducido giratorio requiere dos o más anillos para recoger la corriente generada y que pase al circuito exterior. Estos anillos deben estar más o menos descubiertos y son difíciles de aislar, especialmente para las tensiones elevadas, de 6600 a 13200 voltios, a que funcionan comúnmente los alternadores. Estos anillos suelen producir perturbaciones debidas a chispas, cortos circuitos, etc. Un inducido fijo no requiere anillos fijos y sus conductores pueden llevar un aislamiento continuo, desde las espiras hasta las barras del cuadro. Es más difícil aislar los conductores en un inducido giratorio que en un inducido fijo, debido a la fuerza centrífuga y a las vibraciones que produce la rotación.

Cuando es el inductor el que gira, la corriente que lo alimenta debe llegar hasta él por intermedio de anillos. Como la tensión del inductor sobrepasa raras veces los 250 voltios y la potencia absorbida es poco importante, los anillos no dan origen a dificultades especiales.

Ordinariamente, es difícil disponer del espacio suficiente para el cobre en la superficie de un inducido, especialmente cuando se trata de máquinas de gran velocidad y alta tensión con inducidos de pocos diámetro. Se puede conseguir un mayor espacio para el cobre si se hacen más profundas las ranuras. Si el que gira es el inducido, la posibilidad de ahondar las ranuras queda limitada por la reducción del espesor en la base de los dientes, como se pone de manifiesto en la figura 1 (a). No se presenta ninguna de estas dificultades cuando se trata de inducidos fijos, puesto que las bases de los dientes situados entre las ranuras aumentan si se hacen más profundas 1 (b). Como el inducido funciona en general a una tensión mucho más alta que el inductor, se requiere un aislamiento mucho mayor. El espacio preciso para este incremento del aislamiento es fácil conseguirlo en las profundas ranuras del estator.

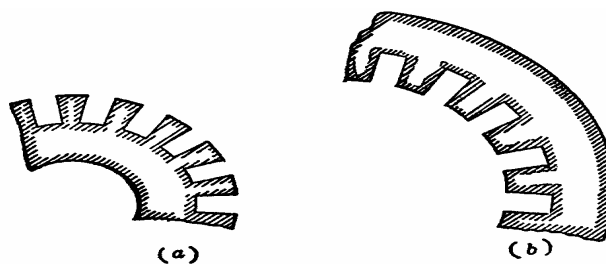


Fig. 1 – Efecto de la profundidad de las ranuras sobre el espesor de las bases de los dientes en el rotor y en el estator.

## CAPITULO II: DEVANADOS DE ALTERNADORES

### Principios generales:

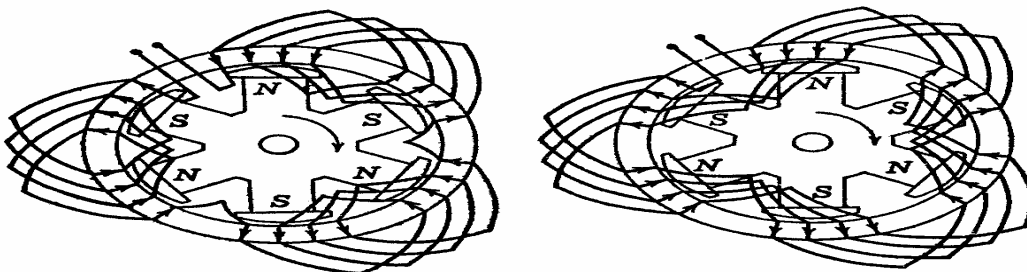
En el inducido usual de una dinamo, se genera corriente alterna; y si se disponen anillos colectores debidamente conectados se puede obtener una corriente alterna. Por consiguiente, si los devanados que se emplean en los generadores de corriente continua están provistos de tomas convenientes, pueden utilizarse para los alternadores. Sin embargo, las exigencias de los sistemas de corriente alterna aconsejan, en muchos casos, apartarse de los tipos de devanado de corriente continua. Por ejemplo, el devanado usual de corriente continua es un arrollamiento cerrado. Los devanados para alternadores, en cambio, pueden ser abiertos o cerrados según que el montaje sea en estrella o en triángulo.

Los principios generales en que se basan los arrollamientos para corriente continua se mantienen en los devanados para alternadores. El paso de bobina de cada espira debe ser igual aproximadamente a un paso polar; es decir que los dos lados de una espira deben quedar frente a dos polos adyacentes. Las espiras deben conectarse de modo que sus f.e.m. se sumen. Además, es conveniente que el devanado se prevea para que genere una f.e.m. sinusoidal, o aproximadamente de este carácter. El coste del devanado debe ser reducido, de manera que es de gran interés preparar las espiras y aislarlas antes de colocarlas en las ranuras.

Los devanados de los alternadores quedan dividirse en dos clases generales: el devanado imbricado ( figs. 3 a 7), en que se emplean las espiras romboidales; y el devanado en espiral ( figs. 2 y 3 a); de espira entera ( fig. 3 b); de una capa (figs. 2, 3, a); o de dos capas ( fig3, b),c) a 7. En los Estados Unidos se emplea casi exclusivamente el devanado imbricado de dos capas. En Europa se usan mucho más los devanados en espiral que los bobinados romboidales.

### Devanados Monofásicos:

En la actualidad, los devanados monofásicos prácticamente no se emplean. En realidad, la corriente monofásica se produce solamente en casos muy especiales, por ejemplo, para la alimentación de los ferrocarriles que la utilizan. Aun en estos casos, los generadores suelen ser trifásicos y la corriente monofásica se toma de dos terminales del acoplamiento en estrella. Como el rendimiento de un alternador funcionando como



a) Devanado monofásico e imbricado parcialmente distribuido.

b) Devanado monofásico, ondulado, parcialmente distribuido.

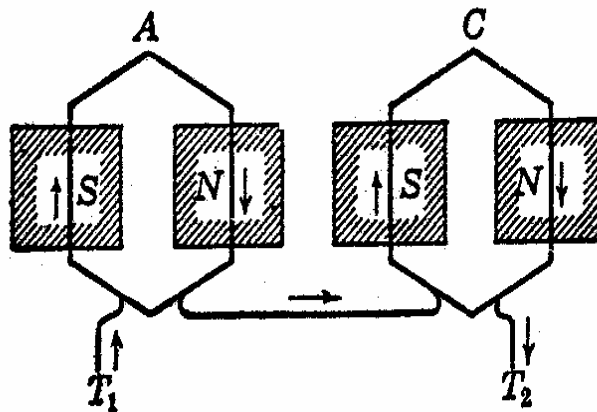
Fig. 2 – Devanados monofásicos imbricado y ondulado.

Monofásico es solo un 60% aproximadamente del correspondiente a su marcha como trifásico, este tipo es casi universalmente empleado.

Como los devanados polifásicos están formados en esencia por dos o más arrollamientos monofásicos simétricamente devanados sobre el inducido, se describirá primero el devanado monofásico. Una vez que se comprende el principio de los devanados monofásicos es sencillo comprender los polifásicos.

En las dinamos con un devanado ondulado se genera una f.e.m. más elevada que con un devanado imbricado, a igualdad de número de conductores, de polos y de otras condiciones. En un alternador, tanto con los devanados ondulados como con los imbricados se genera la misma f.e.m. si no varía el número de conductores del inducido, el de polos y otras condiciones, como puede verse en la figura 2, que representa un devanado imbricado de una capa y seis polos en (a) y otro de iguales condiciones, pero ondulado, en (b). El examen de los dos devanados prueba que los dos tienen el mismo número de conductores entre terminales, y, por consiguiente, si no varían las restantes condiciones, deben producir la misma f.e.m. inducida. Por su mayor sencillez de conexiones se emplea casi exclusivamente el devanado imbricado.

La figura 3 (a) representa un devanado monofásico de una sola capa de medias espiras para un alternador tetrapolar con cuatro ranuras, o sea una ranura por polo. Este devanado se llama de media espira o medio grupo de espiras por polo, es decir, la mitad de espiras o de grupos de espiras de que los polos. Las dos espiras se representan en serie, T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> son los terminales del devanado.



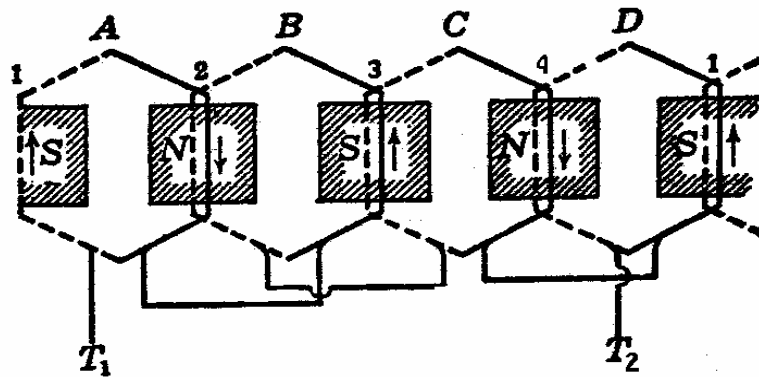
(a) Devanado de una capa, media espira entera y una ranura por polo.  
Fig. 3. Devanados monofásicos con espiras de forma romboidal.

En la figura 3(b) se representa un devanado más completo, al que se agregan dos espiras B y D. Así tiene cuatro espiras y cuatro polos, de manera que el número de espiras, o de grupos de ellas, coincide con el de polos, por lo que se denomina de espira entera. Además, un lado de cada espira, el representado con línea continua, está encima de la ranura, y el otro lado, de trazos, en el fondo. Así pues, este devanado es de dos capas. El devanado de ( ) puede observarse corriendo la espira B hasta que coincida con A, y D hasta que coincida con C. Debe observarse el método de conexión de las espiras



Proyecto fin de carrera: "Estudio sobre las pruebas de taller y abordo de los generadores principales. Aplicaciones prácticas". Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.

y que las de las espiras B y D están invertidas con relación a las de las A y C, de modo que sus f.e.m. se suman, como se indica por medio de flechas.



(b) Devanado de dos capas, espiras enteras y una ranura por polo.  
Fig. 3. Devanados monofásicos con espiras de forma romboidal.

No se usa casi nunca una ranura por polo, porque así no se aprovecha la superficie del inducido de una manera económica, y además se obtiene una deficiente curva de tensión. En la figura 4 se representa un arrollamiento monofásico, semejante al de la figura 3 (b), pero con dos ranuras por polo. Como las espiras de cada grupo están en serie antes de empalmarlas al grupo inmediato, el devanado es imbricado. Además es de doble capa. En la práctica se dispone de mayor número de ranuras por polo, pero se han reducido a dos en la figura 4, para poner de manifiesto el principio en que se funda.

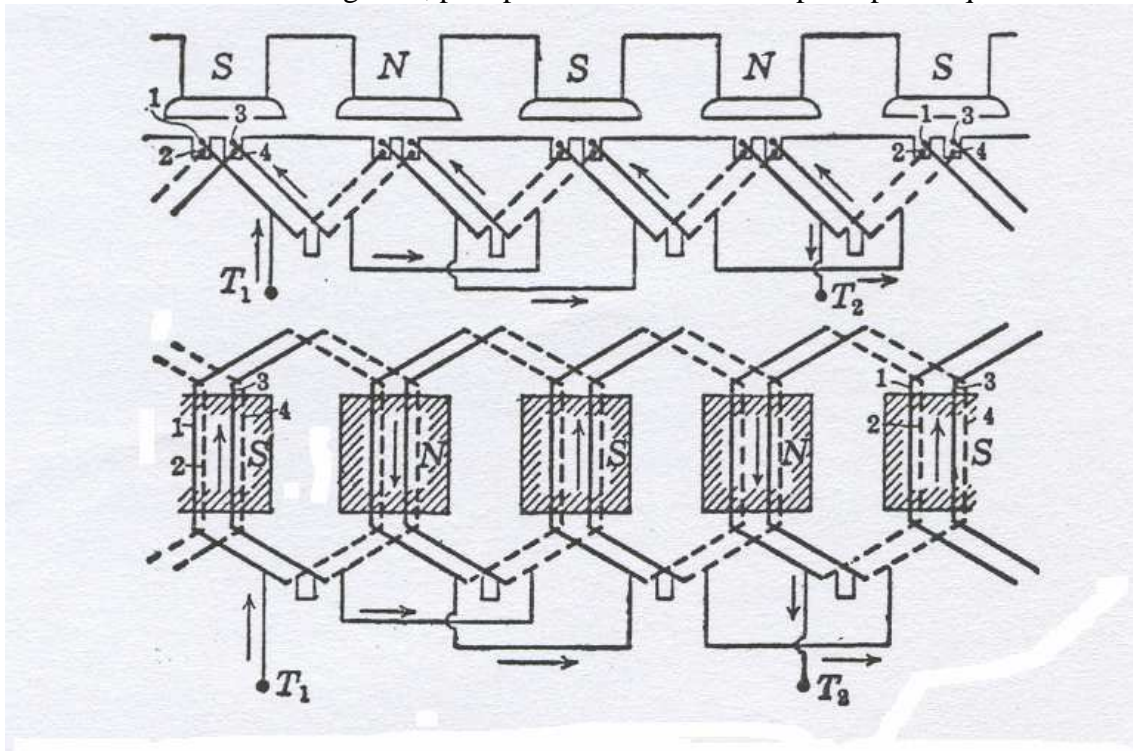


Fig.4 Devanado monofásico, imbricado, con dos ranuras por polo.

### Devanados imbricados bifásicos de paso entero.

Se puede obtener un devanado imbricado bifásico de paso entero colocado en el inducido dos devanados del tipo representado en la figura 4, separados entre sí por una distancia de 90 grados eléctricos. Este devanado se representa cuatro ranuras por polo y fase. Como el paso comprende ocho ranuras, o sea el número de ranuras por polo, construye un devanado de paso entero. Las conexiones de la fase B se omiten para mayor claridad, porque son idénticas a las de la fase A. Es de notar que los dos lados de una espira, en cualquier ranura, son siempre de la misma fase, lo que no es el caso cuando se trata de devanados de paso fraccionado; nótese asimismo la inversión de las conexiones del grupo central de la fase.

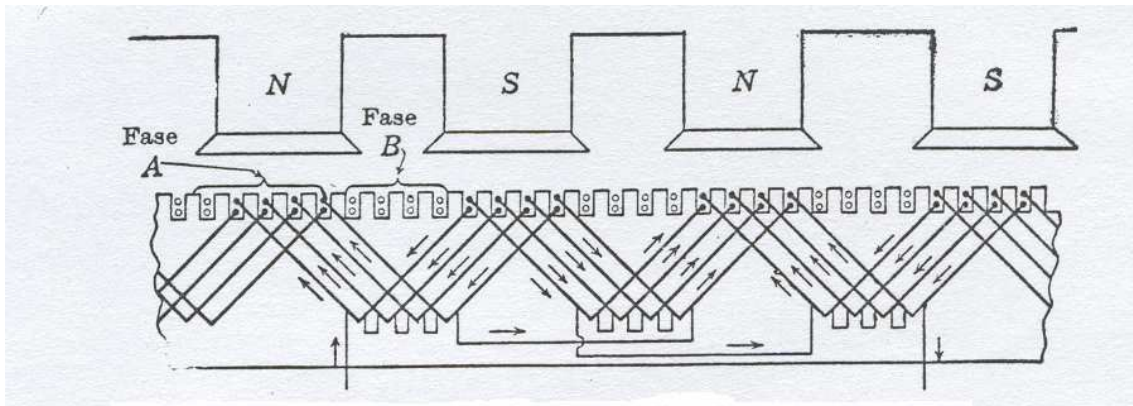


Fig. 5 Devanado bifásico, imbricado, de paso entero y dos capas con cuatro ranuras por polo y fase.

### Devanado imbricado trifásico de paso entero.

Se obtiene un devanado imbricado trifásico de paso entero colocado en el inducido tres devanados del mismo tipo que el de la figura 4, separados entre sí 120 grados eléctricos. Un devanado tipo de esta clase es el que representa en la figura 6, en el que hay doce ranuras por polo, o sea cuatro ranuras por polo y fase. Frente a cada polo hay, por lo tanto, cuatro ranuras reservadas para cada fase. Como un polo representa 180 grados eléctricos, el paso de ranura corresponde a  $180 : 12 = 15$  grados eléctricos. En el inducido ( fig. 6 ) hay tres fases, A, B, C; para mayor claridad, sólo se indican únicamente las conexiones de la fase A. Desde luego, las conexiones de B y C son idénticas a las de A. Como este devanado es de paso entero, el paso de una espira debe abarcar doce ranuras.

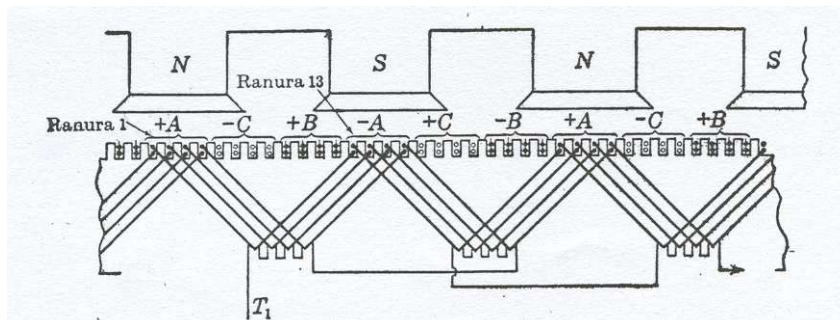


Fig. 6. Devanado imbricado trifásico, de paso entero y dos capas.

Por ejemplo, si el lado izquierdo de una espira está en la parte superior de una ranura 1, el lado derecho debe hallarse en el fondo de la ranura 13. Como cada ranura

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordo de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

corresponde a 15 grados eléctricos, el + B debe empezar a  $120 : 15 = 8$  ranuras del principio del grupo + A, como indica la figura 6. Obsérvese que, en este tipo de devanado, los dos lados de una espira, en cualquier ranura, corresponden a la misma fase, como ocurre con todos los devanados de paso entero.

### Devanados de paso fraccionario.

En un devanado de paso fraccionado, la espira abarca menos de 180 grados eléctricos. Por ejemplo, en la figura 7 se representa un devanado trifásico con  $5 : 6$  de paso. Una espira, en lugar de cubrir un paso de doce ranuras, no abarca más que diez de ellas, de modo que su extensión es menor que el paso polar completo. Prescindiendo del paso, estos devanados son análogos en todo al representado en la figura 6.

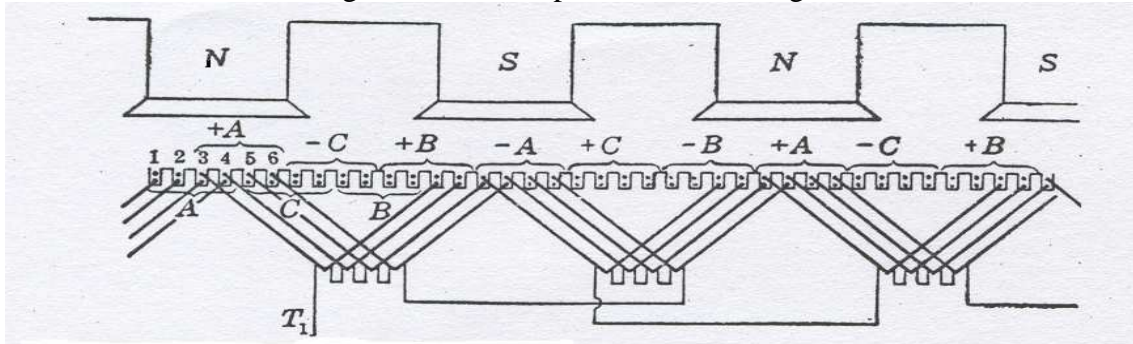
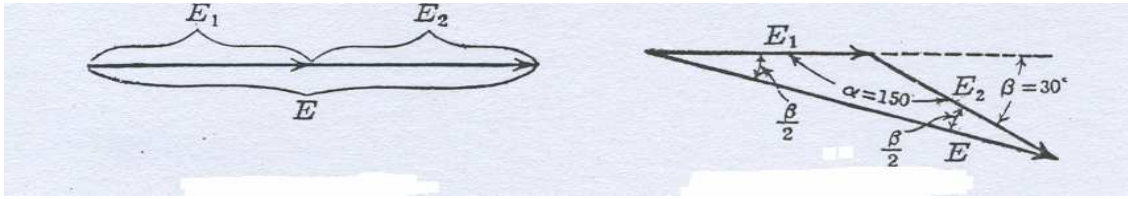


Fig. 7 Devanado trifásico, imbricado, de cinco sextos de paso y dos capas.

Puede observarse que la capa superior ( fig. 7 ) es en todo idéntica a la misma capa de la figura 6. ( Las letras A, B, C con signos (+) y (-) designan grupos de la misma fase, aplicados sólo a las capas superiores.) La capa inferior, en la figura 7, es semejante a la representada en la figura 6, pero está corrida dos ranuras hacia la izquierda. De aquí en cada grupo sólo dos ranuras contienen conductores de la misma fase.

Las ventajas de este tipo de devanado son: la mejora que introduce en la forma de la onda, la economía apreciable de cobre en los extremos de la espira y la anulación de la autoinducción en el devanado, porque hay menor inducción mutua entre los conductores de distinta fase, montados en las mismas ranuras ( ver fig. 7 ). La autoinducción en los extremos de las espiras se reduce también, debido a que su longitud es menor. Estos devanados generan una f.e.m. algo menor que los de paso entero, en igualdad de las restantes condiciones, porque los dos lados de cada espira no se hallan frente a partes correspondientes de los polos en cualquier instante, y, por consiguiente, el desfase de sus f.e.m. es ligeramente inferior a  $180^\circ$ . Este efecto se patentiza en la figura 8, en la que E1 es la f.e.m. inducida en los conductores comprendidos en un lado de la espira, y E2 la inducida en los comprendidos en el otro lado. E1 es numéricamente igual a E2, y cada una de ellas inducida en igual número de conductores, que cortan el mismo flujo y a la misma velocidad. En la figura 8 (a) se representa la posición relativa de estas dos f.e.m. inducidas en los dos lados de espira cuando se trata de paso entero. Cuando un lado de la espira se halla frente de un polo N, el otro lado está en la posición correspondiente frente de un polo S.





a) de paso entero.

b) paso fraccionario.

Fig. 8 Relación entre las f.e.m. de los lados de espiras en los devanados de paso entero y fraccionario.

Las f.e.m. inducidas tienen una diferencia de  $180^\circ$ , pero las conexiones son tales que dichas f.e.m. se suman, siendo su suma  $E$ , como se ve en la figura 8 (a).

Cuando se emplea el paso fraccionario  $5 : 6$ , la extensión de la espira es igual a  $5 : 6$  de  $180^\circ$ , o sea  $150$  grados eléctricos. La diferencia de fase entre las f.e.m.  $E_1$  y  $E_2$  será  $30$  grados eléctricos de tiempo, como se indica mediante el ángulo  $\beta$  en la figura 9 (b). La f.e.m. total  $E$ , que es su suma vectorial, es ligeramente inferior a la que da el paso completo.

La relación  $E : (E_1 + E_2) = E : 2E_1$  es el factor de paso  $k_p$ .

Examinando la figura 8(b) se observa que:

$$K_p = \frac{E}{2E_1} = \frac{2E_1 \cos \frac{1}{2} \beta}{2E_1} = \cos \frac{1}{2} \beta$$

Por ejemplo, para fracción de paso  $5 : 6$ ,  $\beta = 30^\circ$

$$K_p = \cos 15^\circ = 0.966$$

Los factores de paso para las armónicas son mucho menores que para la onda fundamental, de modo que las armónicas se reducen proporcionalmente mucho más que esta última. Por ejemplo, con fracción de paso de  $2:3$  se eliminará la tercera armónica; si es de  $4:5$  se eliminará la quinta, etc. Luego, con el sistema de paso fraccionario de la figura 7, solo dos de las ranuras de cada fase, que se hallan frente a un polo, contienen lados de espira de la misma fase. En las ranuras restantes, los dos lados de espira son de fase distinta. Por ejemplo, las ranuras 1 y 2 contienen sólo conductores de la fase A; las ranuras 5 y 6 contienen conductores de la fase A y de la C. De este grupo, pues sólo la ranura 3 y 4 contienen conductores de la fase A únicamente. El hecho de que ciertas ranuras contengan conductores de fases distintas reduce ligeramente la autoinducción en el devanado, como se indicó anteriormente.

### **Devanados en espiral y de cadena**

En lugar de hacer que las espiras se superpongan entre sí, se puede disponer el devanado en el estator como se representa en la figura 9 (a). Éste es el llamado devanado en espiral, por estar las espiras de un grupo conectadas en forma de espiral, como se puede ver en (b). Obsérvese que las espiras tienen un paso menor de  $180$  grados eléctricos espaciales. A pesar de esta característica, el devanado no se considera que tiene las propiedades peculiares de los de paso fraccionario. Los conductores alojados en las ranuras pueden enlazarse por medio de conexiones extremas del tipo imbricado, como en (d), sin modificar las características eléctricas del devanado, con lo que se origina un devanado imbricado de paso entero y media espira. La acción

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

diferencial de los lados de espira de la figura 9 (a), debida a que no tienen paso completo, se tiene en cuenta en (d) con la constante del factor del grupo.

Frente a cada polo puede añadirse una espira a, de trazos en la figura, pero contribuye tan poco en la generación de la f.e.m. inducida, debido a su reducido paso, que su utilización representa un gasto inútil. Como los extremos de las espiras pueden plegarse de modo que queden situados todos en un solo plano vertical( fig. 9,c), el devanado (a) se llama de una sola fila.

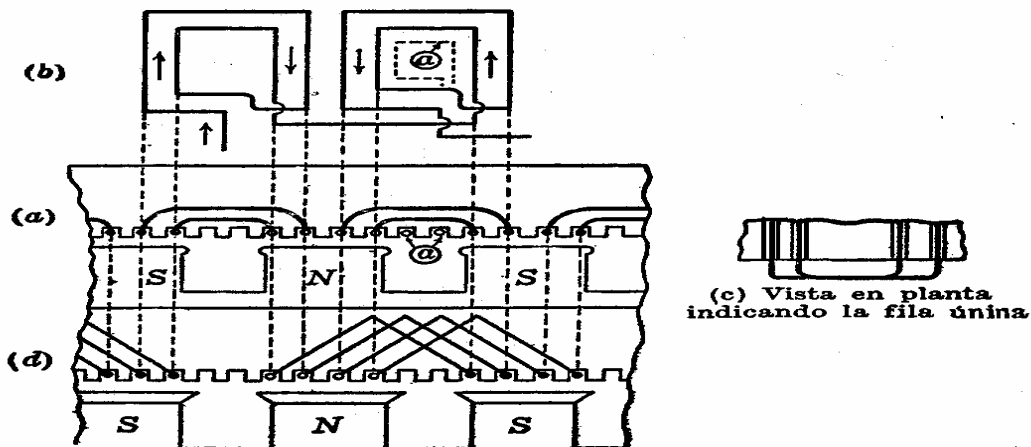


Fig. 9 Devanado espiral, monofásico, de una sola fila, y su equivalente imbricado.

En la figura 10 se representan devanados en espiral, conectados para formar un devanado trifásico en cadena, con seis ranuras por polo y , por tanto, dos ranuras por polo y fase. Éste es un devanado de dos filas, porque los extremos de las bobinas, para pasar de una a otra, tienen que quedar en dos planos distintos, perpendiculares al eje de la máquina. Si el número de bobinas por fase es impar, lo que ocurre si el número de polos no es múltiplo de cuatro, deben emplearse bobinas de forma trapecial como las dd´ de la figura 10(a), para que puedan pasar los extremos de las bobinas de una fase, la A, y completar el devanado.

Como que hay seis ranuras por polo, el paso de ranura vale  $180:6$ , o sea que el espacio es de 30 grados eléctricos. Si se supone que los polo (fig. 10) se mueve de izquierda a derecha y la sucesión de fases A-B-C, los lados de la izquierda de los lados de la izquierda de las espiras de la fase A, como se indica en la figura. Las espiras de la fase C tienen una disposición análoga a las de la fase B.

La principal ventaja del devanado en cadena es el espacio considerable que queda entre los extremos de espira, de modo que hay probabilidad de que se produzcan averías eléctricas en estos puntos, lo que hace que se preste admirablemente para máquinas de alta tensión. Aunque se deben almacenar espiras de distintos tamaños como reserva, la sustitución de una espira en este devanado es más fácil que en el imbricado, en el que es preciso quitar gran número de ellas para reemplazar una sola. En los Estados Unidos,



Proyecto fin de carrera: "Estudio sobre las pruebas de taller y abordo de los generadores principales. Aplicaciones prácticas". Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.

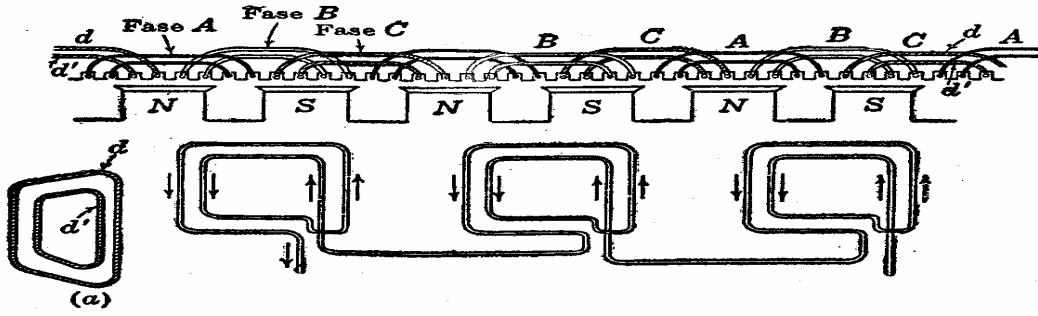


Fig.10. Devanado imbricado trifásico en cadena, que requiere bobinas especiales. actualmente el devanado en cadena apenas se emplea, habiendo sido reemplazado por el imbricado.

## **CAPITULO III: CONSTRUCCIÓN DE LOS ALTERNADORES**

### **Tipos de alternadores**

En la concepción general y la construcción de los alternadores pueden distinguirse, en una primera aproximación, tres clases, según sea la máquina motriz a la cual se acople. Los alternadores acoplados directamente a una máquina motriz ( de vapor o de combustión interna) deben girar necesariamente a poca velocidad. Con el fin de obtener una velocidad angular de conveniente uniformidad, es necesario disponer de una inercia considerable, lo que puede obtenerse disponiendo un volante separado o incorporando los elementos necesarios para el órgano móvil del alternador actúe como volante. Las velocidades de los alternadores accionados por turbinas hidráulicas varían entre amplios límites, desde 60 a 500 r.p.m., correspondiendo las velocidades menores a las alturas de salto más pequeñas. Tanto los alternadores movidos por un motor como los accionados por turbina lleven polos salientes, como en la figura 12.

Debido al considerable intervalo de tiempo que puede transcurrir desde que un alternador accionado por una turbina queda sin carga hasta que se cierran las compuertas, estos alternadores están provistos para funcionar con seguridad a una velocidad doble de la de régimen. Este tipo de alternador ( a menos que se accionen mediante engranajes, lo que se suele utilizar algunas veces en máquinas pequeñas ) gira a velocidades considerables, que varían entre 750 y 3600 r.p.m. Debido a las elevadas pérdidas que ocasiona la resistencia del aire y a la gran fuerza centrífuga, los rotores son del tipo cilíndrico liso, en el que las espiras del inductor se empotran en las ranuras. Los alternadores accionados por turbinas hidráulicas pueden ser de tipo vertical u horizontal. Como el acoplamiento mecánico de los alternadores es más sencillo si se colocan sobre la turbina, los tipos verticales son, con mucho los más utilizados. Sin embargo, los alternadores accionados por turbinas Pelton son, en general, horizontales.

En los primeros tiempos, los alternadores accionados por turbina de vapor eran de eje vertical; no obstante, para compensación de cargas y de vibraciones, este tipo ha sido prácticamente substituído por el eje horizontal.

### **Estator o Inducido**

El estator u órgano fijo del alternador hace casi siempre de inducido, siendo el órgano móvil el que hace de inductor; se designa por ello con el nombre de rotor. Cuando el alternador está en marcha, el hierro del estator está continuamente sometido a las variaciones del flujo del campo giratorio y debe, por tanto, construirse con chapas para reducir las pérdidas de corrientes parásitas. En máquinas de poco diámetro, cada una de las chapas forma ordinariamente un disco completo.

En los tipos mayores de máquinas rotativas, el hierro del estator se compone de segmentos circulares superpuestos, que se fijan a la estructura, bien mediante colas de milano, bien por pernos. En la figura 11(a) se representa un segmento estampado del tipo que se fija con pernos para máquinas de velocidad media, y en (b) unos con colas de milano para alternadores accionados por turbina de vapor. Debe observarse la gran anchura de hierro que queda en el fondo de las ranuras. En (c) se ha representado un segmento con ventilación para acoplarlo a otros del tipo (b) con el fin de dejar

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordo de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

conductos internos que aseguren la ventilación del núcleo del estator. Con frecuencia, las chapas tales como la (b) están perforadas para que formen conductos longitudinales de aire.

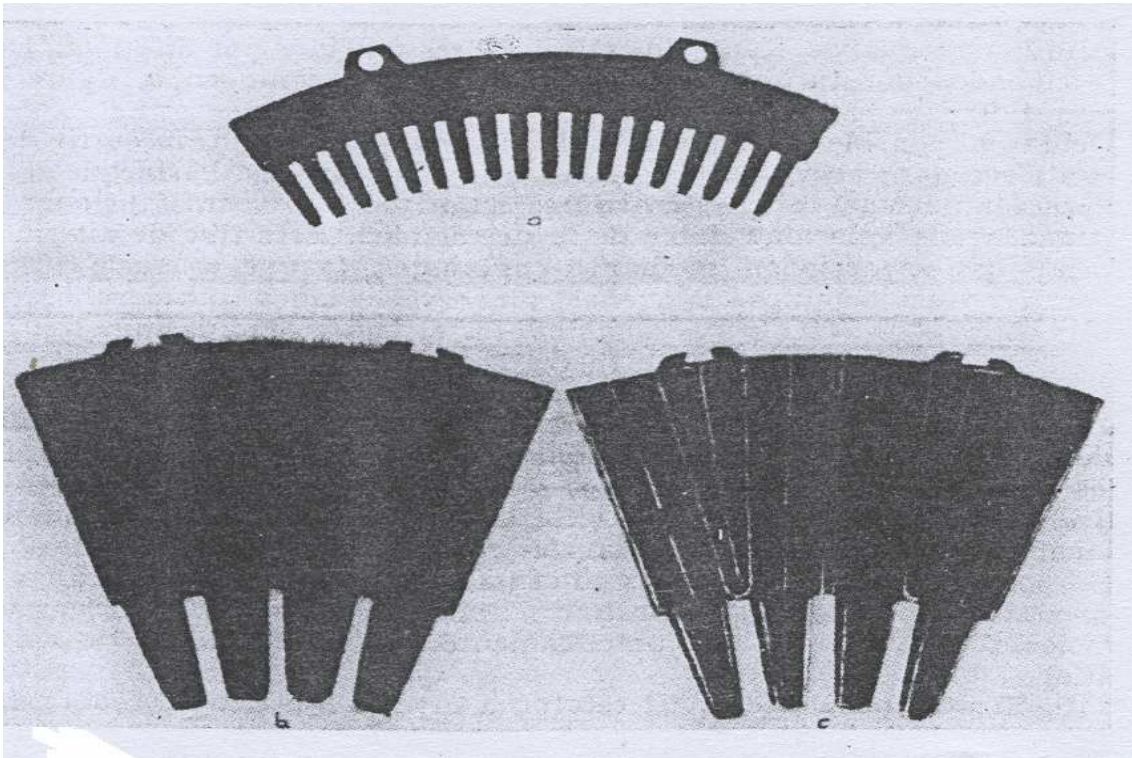


Fig. 11 Segmentos estampados para estator: a) baja velocidad; b) para accionamiento por turbina de vapor; c) segmento con conductos de ventilación. ( *Allis Chalmers Mfg. Co.* )

Los alternadores movidos por motor deben girar a velocidades relativamente reducidas y han de tener gran número de polos, por lo que el estator debe ser de un diámetro relativamente grande. Las piezas polares se fabrican con chapas superpuestas, unidas por roblones y provistas de entallas en cola de milano, para sujetarlas al armazón del rotor ( fig. 12).

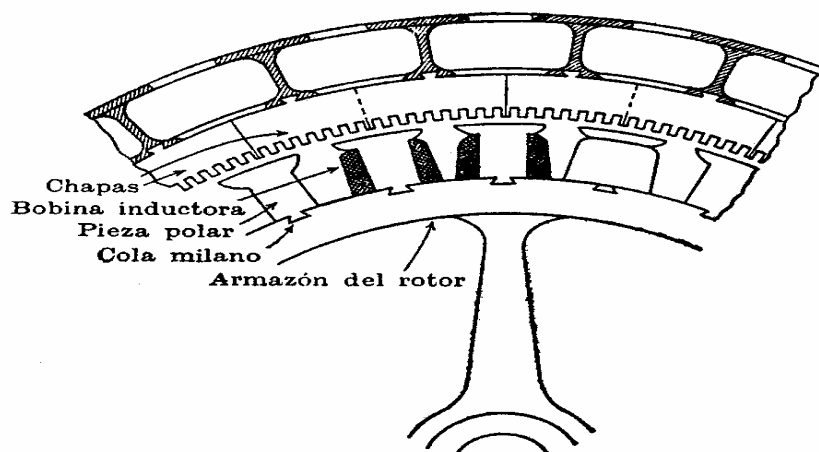


Fig. 12 Sección transversal de un alternador accionado por máquina de vapor.

El estator está compuesto de pequeños segmentos superpuestos, unidos a cola de milano a la estructura de la máquina, de una manera muy parecida a la que se utiliza para los inducidos de los generadores de corriente continua, con la excepción de que, en

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

los alternadores, las chapas del inducido están separadas de la parte fija de la máquina. La figura 12 representa la disposición general de un estator de este tipo. El bastidor puede construirse por cajas huecas de fundición( fig.12), o placas de acero entre las cuales se atornillan las láminas. Ambos tipos proporcionan la necesaria rigidez mecánica con poco peso, y con cualquiera de estas estructuras se cuenta con amplia posibilidad de salida de aire de enfriamiento, que pasa por los conductos previstos.

En la figura 13 se representa el estator de un alternador, desprovisto del devanado y accionado por turbina de vapor de gran velocidad. Debido a su reducida reactancia, la intensidad de la corriente de corto circuito, en los alternadores accionados por turbina de vapor, es excesivamente grande y los esfuerzos mecánicos que desarrollan son extremadamente elevados.

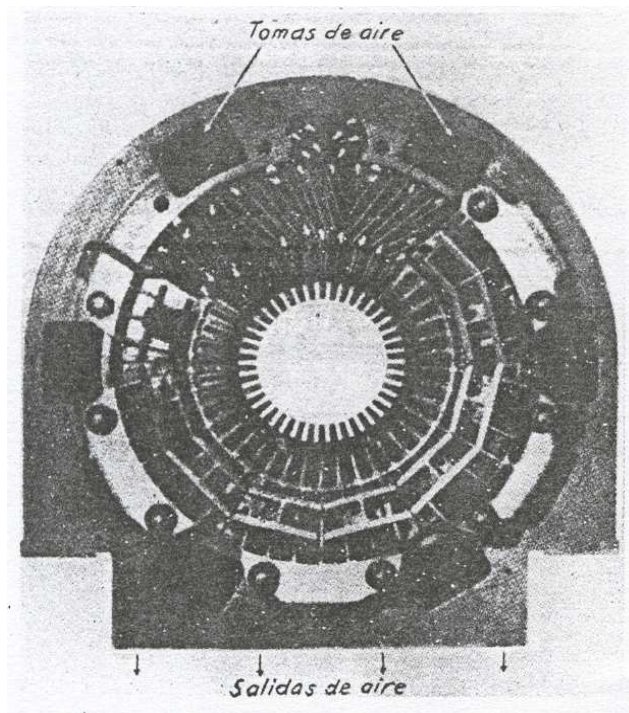


Fig. 13 Vista lateral de un estator de turbogenerador, en la que se observa la disposición alternada de los conductos espirales de ventilación, para conseguir una temperatura uniforme en todo el estator.(Allis Chalmers Manufacturing Co.)

( Estas fuerzas electromecánicas son proporcionales al cuadrado de la intensidad de las corrientes.) En el caso de corto circuito, los extremos de las espiras corren, pues, el peligro de salirse de sus posiciones, a menos que se sujeten firmemente. Las abrazaderas para sujetar los extremos de las espiras están representadas en la figura 13. Algunas abrazaderas se han suprimido para que se vea la manera de disponer los conductos de ventilación en espirales alternadas para procurar que sea uniforme la temperatura en todo el perímetro del estator ( ver también fig. 11).

### **Ranuras**

Para los alternadores se emplean dos tipos generales de ranuras, las abiertas y las semicerradas. La que más se emplea es la ranura abierta, cuya sección se representa en la figura 14 (a), porque las espiras se pueden formar y aislar antes de colocarlas en las ranuras, con lo que se consigue que el devanado sea más barato y efectivo.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordo de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

La ranura semicerrada, que se representa en la figura 14 (b), suelen ser necesaria sobre todo en los motores de inducción. La mayor superficie de la cabeza del diente reduce la reluctancia del entrehierro y también la dispersión del flujo, que tiende a perturbar la curva de f.e.m. Suele ser necesario poner los conductores uno a uno en la ranura, lo que resulta caro y sin aprovechamiento económico del espacio de aquélla. Es también difícil colocar el aislante.

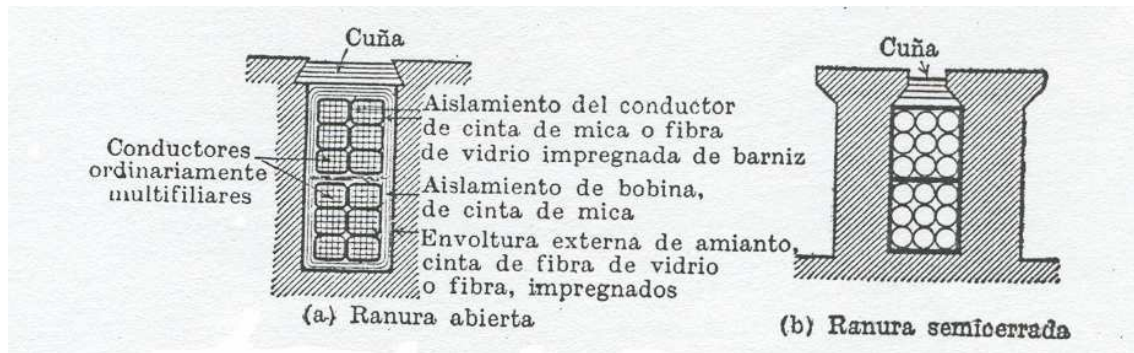


Fig. 14. Sección transversal de ranuras típicas para alternadores.

En ambos tipos de ranuras suelen retenerse los conductores por medio de cuñas de fibra (fig.14). El efecto que se obtiene con las ranuras semicerradas se puede conseguir con ranuras abiertas y cuñas de material magnético, construidas sólo parcialmente de hierro, de manera que la ranura no queda del todo cerrada. El aislamiento de las espiras se divide en dos clases generales, A y B. El aislamiento de clase A, de papel o tela, es de material orgánico y cuando está impregnado de barniz o relleno tiene una temperatura límite de trabajo de 100°C, medida con un detector empotrado. El aislamiento de clase B, del que son ejemplos las cintas de mica y de fibra de vidrio puede alcanzar una temperatura límite de 120°C, medida también con el detector empotrado. Antes se usaban barnices orgánicos, que sólo admitían bajas temperaturas de trabajo, para pegar las hojas de mica y para impregnar la fibra de vidrio, que se aplica regularmente en forma de cinta. Recientemente se han introducido en el mercado nuevos barnices de este tipo. La ranura de la figura 14 (a) aparece aislada con materiales de la clase B, lo que es corriente en los alternadores, puesto que la potencia útil aumenta con la temperatura de trabajo. Si se reemplazara la mica y la fibra de vidrio por cinta de algodón barnizada, se obtendría un aislamiento de la clase A.

Los conductores, o parte de ellos, que se hallan cerca de la boca de la ranura tienen menor autoinducción que los que se hallan cerca del fondo. Por consiguiente, la corriente tiende a circular por las porciones más superficiales de los conductores. Para evitar esta distribución desigual de la corriente, los conductores de gran sección de los alternadores están constituidos por cables multifilares, como se puede ver en la figura 14(a), aislándose los hilos con esmalte. Cada uno de los conductores está hecho de manera que los cables que ocupan las partes altas, media y baja, de la ranura, a distancias iguales para equilibrar sus autoinducciones.

Con el fin de evitar el efecto corona en los vacíos que existen entre los conductores y los núcleos de chapa en comunicación por tierra, lo que suele ocurrir cuando la tensión es elevada, el aislamiento de la ranura se recubre con una pintura semiconductor y las superficies se conectan a tierra.



### **Ventilación**

El problema de la ventilación de los alternadores de poca velocidad con polos salientes no es difícil de resolver. La longitud de los conductores empotrados no es grande, la superficie de radiación importante, y el movimiento del aire producido por los polos saliente asegura la circulación del mismo. Por el contrario, la potencia de los alternadores movidos por turbina de vapor es tan grande en comparación con su tamaño, la longitud de los conductores empotrados tan considerables y la agitación del aire producida por las superficies lisas del rotor tan pequeña, que el problema de la ventilación es difícil de resolver. Además, como no es posible prácticamente dejar conductos de ventilación en la parte maciza del rotor, todo el fluido refrigerante debe circular en dirección axial por el entrehierro o por conductos axiales perforados en las láminas del estator. Deben disponerse en el estator, por lo tanto, estos conductos( ver fig. 13). Actualmente se emplean conductos de ventilación con ciclo completamente cerrado, que además, eliminan la acumulación de polvo que se produciría en el sistema de ventilación si circulase por él aire exterior, consiguiéndose con ello reducir al mínimo las probabilidades de incendio, porque se suprime la entrada de oxígeno. También se establecen dispositivos de entrada de anhídrido carbónico, para caso de incendio. El agente refrigerante, que puede ser aire o hidrógeno, se enfría haciéndolo pasar entre tubos por los que circula agua, y circula continuamente por el sistema de ventilación del alternador.

Casi todos los alternadores por turbinas de vapor y los motores sincrónicos de gran tamaño se construyen actualmente con enfriamiento por hidrógeno. La razón fundamental que aconseja el uso de este gas en lugar del aire es que las pérdidas por rozamiento se producen a un décimo aproximadamente de las que se producen con el aire, con lo que se obtiene un aumento de rendimiento de 0.6%, o mayor, para la carga de régimen, además de un enfriamiento, cuyo rendimiento aumenta aproximadamente en un 20%. Otras ventajas del hidrógeno son: la reducción de la oxidación del aislante y de la probabilidad del incendio y del ruido producido por el viento. Las propiedades del hidrógeno que lo hacen ventajoso como agente refrigerador son: su menor densidad, que es solo el 7% de la del aire, la consiguiente reducción de la pérdida de presión, y su conductibilidad térmica, que es 7.5 veces mayor que la del aire, por lo que para una determinada diferencia de temperatura absorbe el 30% más de calorías que éste para una superficie dada. Debido al peligro de explosión se le ha de hacer circular por una envoltura estanca. Como en los condensadores sincrónicos el eje no sobresale, la refrigeración por hidrógeno se empleó inicialmente en ellos. En los alternadores se ha establecido un cierre especial de aceite en los cojinetes, que hace despreciable las fugas de hidrógeno. El peligro de explosión se elimina prácticamente si se mantiene la presión del gas un poco inferior a la del aire. Además, los límites entre los cuales es explosiva una mezcla de hidrógeno y aire varían entre el 5 y el 75% de hidrógeno, y el porcentaje normal en condiciones de trabajo varía entre el 95 y el 98%; en esta proporción, la mezcla no es combustible.

En la figura 15 se representa en esquema, un sistema longitudinal de ventilación. El aire de enfriamiento circula longitudinal o axialmente por el entrehierro y por los orificios practicados en las chapas de hierro y sale radialmente por los conductos de ventilación. En la figura 13 se indican los conductos de circulación del aire o hidrógeno, en el sistema de ventilación radial.

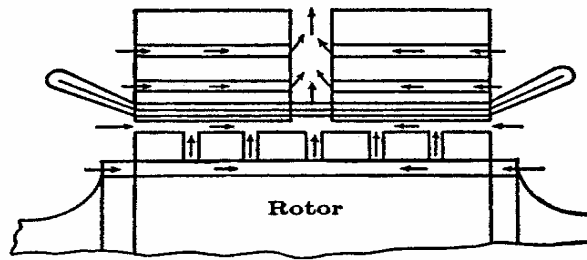


Fig.15. Paso del aire de refrigeración por los conductos de un turboalternador.

### **Estructura del rotor**

Para reducir las pérdidas en las caras polares y al mismo tiempo facilitar su construcción y montaje, los núcleos de casi todos los polos salientes se hacen de chapa roblonadas. En los alternadores de poca velocidad, estos núcleos se unen con colas de milano, o se fijan con pernos a la llanta del rotor. Los brazos centrales pueden ser de fundición o de acero fundido, o se pueden construir con acero de máquinas.

Las bobinas de campo de los alternadores de pequeña capacidad se confeccionan ordinariamente con conductores de sección rectangular, con cubierta de algodón completamente impregnada; en los alternadores de tipo mayor se emplean bobinas devanadas con cinta de cobre, frecuentemente aisladas con cintas de mica, fijadas a altas temperaturas.

Para amortiguar las pulsaciones u oscilaciones, sobre todo en el caso de alternadores accionados por motores de émbolo, se disponen amortiguadores de jaula en las caras polares.

El rotor sin polos salientes, o de tipo cilíndrico, se utiliza para los alternadores directamente acoplados a turbinas de vapor, que giran a gran velocidad. El rotor es una pieza cilíndrica de acero forjado, en cuya superficie se labran ranuras longitudinales para alojar las espiras del inductor. Las ranuras longitudinales estrechas, abiertas a lo largo de las caras polares, sirven para el equilibrio dinámico. Si no existieran dichas ranuras, el rotor sería más elástico según el eje de los polos, debido a la supresión de metal en las ranuras, que según un eje en ángulo normal al anterior y esta diferencia de elasticidades darían lugar a vibraciones.

El rotor se bobina con cinta de cobre. Las conexiones extremas de cobre deben sujetarse con cercos metálicos para soportar la fuerza centrífuga. Para reducir al mínimo la resistencia del aire, que tiende a ser considerable a las velocidades de las turbinas de vapor, las superficies del rotor terminado se hacen tan lisas como es posible.

La tensión de excitación es ordinariamente de 120 a 250 voltios y en las grandes centrales se produce por medio de un generador individual con accionamiento directo, con reductor de engranajes por medio de un motor; o bien se alimenta desde barras de cuadro destinada exclusivamente a la excitación. Las barras de excitación se alimentan regularmente por medio de un grupo motor generador conectado a las barras principales

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordado de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

de la central. En centrales menores, la excitatriz va montada directamente sobre el árbol del alternador o se acciona por medio de una correa movida por dicho árbol. En las grandes centrales se dispone en general de una batería tampón, acoplada a las barras de excitación y, además, se puede disponer de excitatrices accionadas por máquinas de vapor, para casos de accidentes.

**CAPITULO IV: FUERZAS ELECTROMOTRICES Y POTENCIA DE LOS ALTERNADORES**

**Fuerza electromotriz inducida**

La figura 16(a) representa el flujo magnético existente entre las superficie del inducido y los polos N y S de un alternador. Supóngase que la distribución del flujo es sinusoidal (figura 16(b)), produciéndose la máxima densidad frente al centro del polo. Sea  $B'$  el valor medio de esta densidad de flujo.  $B'$  es igual a  $2/\pi$  veces el valor máximo  $B$ . Sea  $a$  un conductor que corte este flujo con una velocidad de  $v$  cm/seg., y  $l$  cm. La longitud del conductor es perpendicular al plano del dibujo.

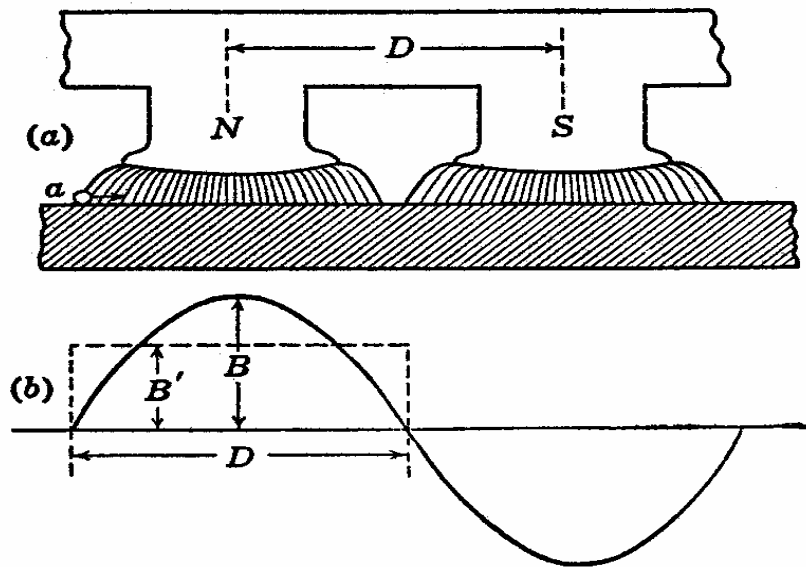


Fig.16. Generación de f.e.m. alternativa.

La f.e.m. inducida en el conductor  $a$  es máximo en el instante en que se halla exactamente frente al centro del polo, que es donde la densidad de flujo tiene el valor máximo  $B$ . Es decir, en el sistema de unidades c.g.s.,

$$e_m = Blv \cdot 10^{-8} \text{ voltios. ( I )}$$

Sea  $D$  el paso polar en centímetros y  $f$  la frecuencia en períodos por segundo.

El tiempo en segundos necesario para que el conductor recorra una distancia  $D$  es  $1/2f$  seg. Por lo tanto,

$$V = D/1:2f = 2fD \text{ cm/seg. ( II )}$$

El flujo total cortado, por polo, es

$$\phi = B' l D = 2 B l D / \pi \text{ maxwell.}$$

De donde

$$B = \pi \phi / 2lD \text{ gauss. ( III )}$$

La f.e.m. eficaz es igual al valor máximo dividido por  $\sqrt{2}$ , para una curva sinusoidal. Los voltios eficaces inducidos por conductor se obtiene reemplazando en ( I ) los valores ( II ) y ( III ), o sea,

Proyecto fin de carrera: "Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas". Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.

$$E_c = \frac{e_m}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{\pi \phi}{2lD} \right) 1 \cdot 2fD \cdot 10^{-8} \text{ voltios.}$$

Si hay Z conductores en serie por fase, la f.e.m. eficaz por fase es

$$E = 2.22 Z \phi f \cdot 10^{-8} \text{ voltios}$$

siendo  $\phi$  el flujo en weber ( 1 weber =  $10^8$  maxwell).

Como las f.e.m. en distintas espiras de un mismo grupo de fase no están en fase, las f.e.m. de los conductores no se suman algebraicamente. Se introduce, por lo tanto, un coeficiente  $k_b$ , llamado *factor de devanado* o de grupo, para corregir el efecto de esos desfases. Este factor es igual a la unidad para un arrollamiento concentrado, y menor que uno para devanados más espaciados. Su valor se determina fácilmente.

En la figura 17, sea  $E_c$  la f.e.m. por lado de espira, y n el número de ranuras por polo y fase o el número de lados de espira por grupo. ( En la figura 17. n = 4.) Si el ángulo eléctrico entre ranuras es  $\alpha^\circ$ , la f.e.m. resultante E se obtiene sumando vectorialmente las f.e.m. de los lados de la espira ab, bc, cd, df.

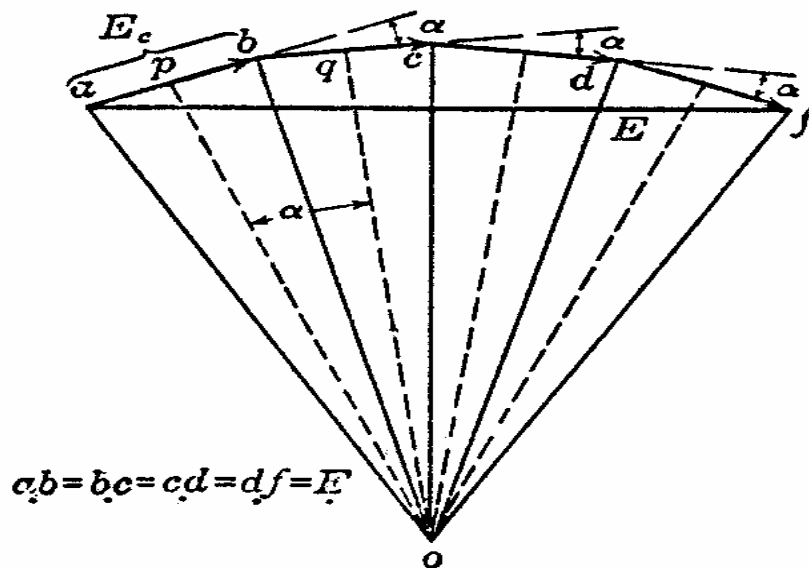


Fig.17. Determinación del factor de devanado.

Tracemos las perpendiculares se cortarán en O. Tracemos los radios oa, ob, etc. Como  $poq = \alpha$ ; y  $poa = \frac{1}{2}\alpha$  y  $E_c = 2oa \text{ sen } \frac{1}{2}\alpha$  resulta:

$$E = 2 \cdot oa \cdot \text{sen } \frac{1}{2}n\alpha \text{ y}$$

$$K_b = \frac{E}{n E_c} = \frac{\text{sen } \frac{1}{2}n\alpha}{n \text{ sen } \frac{1}{2}\alpha}$$

La tabla siguiente da los valores de  $K_b$  para algunos devanados tipo.

Valores del factor de devanado  $K_b$

Ranuras por polo y fase	Monofásico	Bifásico	Trifásico
1	1.000	1.000	1.000
2	0.707	0.924	0.966
3	0.667	0.910	0.960
4	0.653	0.907	0.958

Si se emplea paso fraccionario, las f.e.m. generadas en los dos lados de una espira no están en fase, como se vio en la fig. 6 ( b ), lo que reduce aún más la f.e.m. Se puede hacer una corrección para tenerlo en cuenta multiplicando la expresión de la tensión por  $k_p$  o factor de paso. La fórmula puede escribirse así:

$$k_p = \cos \frac{1}{2} 180^\circ ( 1 - p ). \text{ Siendo } p \text{ el paso, expresado como fracción.}$$

Valores del factor  $k_p$  de paso.

Paso p	9 : 10	6 : 7	5 : 6	4 : 5	3 : 4	2 : 3
$k_p$	0.988	0.974	0.966	0.951	0.924	0.866

Introduciendo  $k_b$  y  $k_c$  tendremos las expresiones completas de f.e.m.

$$E = 2.22 k_b k_p Z \phi f 10^{-8} \text{ voltios.}$$

$$E = 2.22 k_b k_p Z \phi f \text{ voltios.}$$

### Forma de la onda

Ordinariamente, la distribución del flujo en los generadores no es sinusoidal, especialmente, si son de polos salientes, sino que, en vacío, es achatada, como en la figura 18. La curva de f.e.m. por conductor tiene la misma forma que la curva de densidad de flujo  $B$ . Este hecho se debe a que la f.e.m. inducida viene dada por la expresión  $e = Blv 10^{-8}$  voltios; a frecuencia constante  $v$  es constante y, por consiguiente,  $e$  es proporcional a  $B$ . Si el devanado es de paso entero, las f.e.m. en los dos lados de cada bobina estarán desfasadas  $180^\circ$  en espacio, pero eléctricamente en fase, y serán de la misma magnitud, porque, en cada instante, estos lados de espira se hallan frente a partes correspondiente de polos opuestos. Por lo tanto, la curva de f.e.m. inducida en cada bobina tiene la misma forma que la f.e.m. inducida en cada lado de bobina. Si se dispone una ranura por polo y fase solamente, la curva de f.e.m. resultante tendrá el mismo perfil que la curva de densidad de flujo, que podrá ser achatada, como en la figura 18.

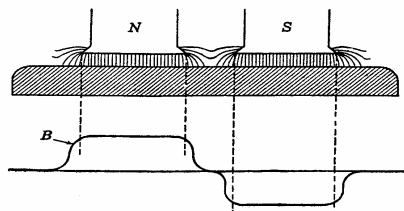


Fig. 18 Densidad de flujo en el entrehierro de una máquina de polos salientes.

La figura 19 (a) representa un grupo de fase, formado por cuatro espiras, de un alternador trifásico, con 12 ranuras por polo o 4 ranuras po polo y fase. La forma de la



**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordado de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

curva de f.e.m. para cada una de las cuatro espiras de paso entero que forman una fase del devanado es la misma que la de la curva de densidad de flujo ( número 1, 2, 3 y 4 de la figura 19, b). Como 12 ranuras representan 180 grados eléctricos,  $180 : 12 = 15$  es el intervalo en grados eléctricos entre ranuras sucesivas. Las cuatro f.e.m., por lo tanto, están separadas 15 grados eléctricos de tiempo, como se ve en la figura 19 (b). Como las espiras están conectadas en serie la f.e.m. resultante se obtiene sumando las ordenadas de las cuatro curvas. La curva resultante,  $E$ , en lugar de ser achatada como las individuales de las espiras, se acerca mucho a la forma sinusoidal. Ésta es la razón por la cual un devanado distribuido produce una onda mejor que un devanado concentrado.

Este acercamiento a la forma sinusoidal de la curva resultante de f.e.m. puede también atribuirse a una reducción proporcionalmente mayor de las armónicas, que intervienen realmente en las curvas individuales números 1, 2, 3, 4 de la figura 19 (b). El ángulo que forman dos espiras adyacentes es de  $15^\circ$  para la fundamental, pero el ángulo  $\alpha_3$  para la tercera armónica será  $3 \cdot 15 = 45^\circ$ ; para la quinta  $\alpha_5 5 \cdot 15 = 75^\circ$  (Fig. 19.). Por consiguiente, el factor de grupo para las armónicas es mucho menor que para la fundamental, con lo que aquellas se reducen sensiblemente en la curva de f.e.m. resultante.

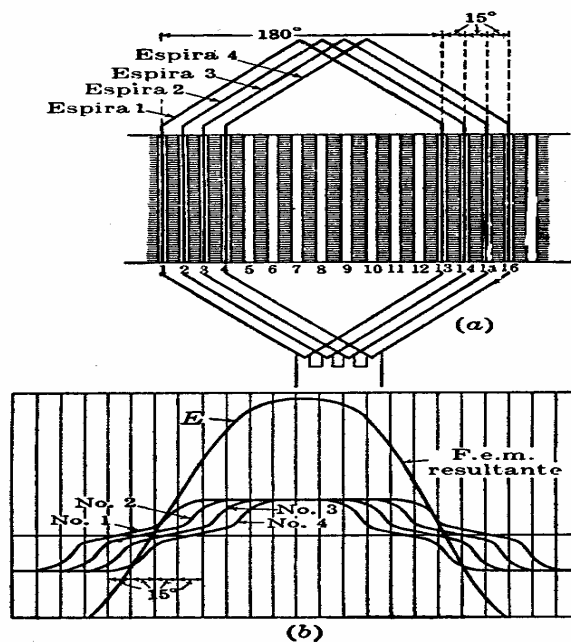


Fig. 19. Curva resultante de f.e.m. de un grupo de fase de cuatro espiras.

Con el devanado de paso fraccionario, las f.e.m. en cada lado de espira ( fig. 8) deben sumarse gráficamente para obtener la f.e.m. de la espira. Las f.e.m. de la espira. Las f.e.m. de las espiras se suman luego como en la figura 19 (b) para obtener la f.e.m. del grupo. Como resultado se obtiene, con el paso fraccionario, una curva de f.e.m. más próxima a la forma sinusoidal que la que da el paso entero.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

( En la fig. 8,  $\beta_3 = 3\beta$ ,  $\beta_5 = 5\beta$ , etc., siendo  $\beta_3, \beta_5$  los ángulos para las tercera y quinta armónicas. Por consiguiente, el devanado de paso fraccionario da proporcionalmente una mayor reducción de las armónicas que den la fundamental. )

### Fuerza magnetomotriz de los devanados inductores distribuidos

Los devanados de los polos no salientes del rotor, tales como los que se emplean en los alternadores accionados por turbinas de vapor, suelen tener la forma que se indica en la figura 20 (a), aunque el número de ranuras por polo es frecuentemente superior a las seis que hay en la figura. Este tipo de devanado da una curva de densidad de flujo que se acerca mucho más a la sinusoide que la de un rotor de polos salientes con entrehierro uniforme (fig.18). Consideremos la figura 20 (b), que representa la sección de una espira sencilla, empotrada en la superficie de un polo inductor. Si consideremos que la corriente se concentra en los ejes de los conductores, la curva de la f.m.m. de la espira es un rectángulo cuya altura es igual a los amperios vuelta de la espira.

La figura 20 (c) representa la sección transversal de las espiras de (a), contiguas por aa', bb' y cc'. La f.m.m. de la espira cc' sola está representada en (1); en (2) se representa la f.m.m. de la bb' sola; y en (3) la de la aa'.

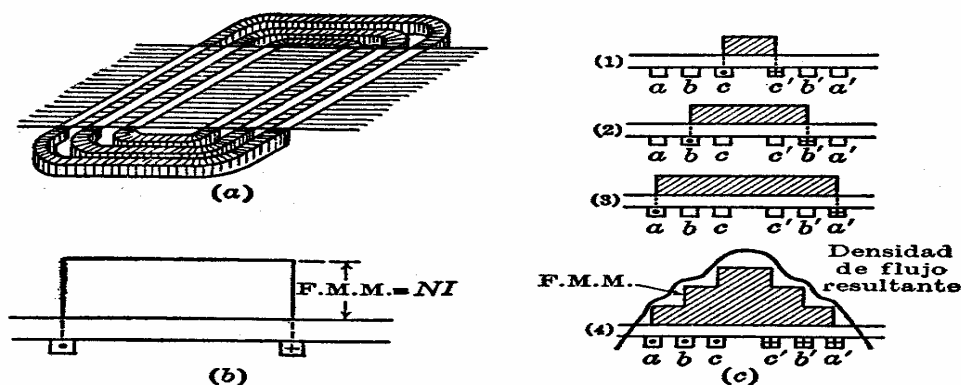


Fig. 20. Devanado de inductor distribuido y curva resultante de f.m.m. y de flujo.

En (4) se combinan la f.m.m. de las tres dando una curva resultante escalonada. En realidad, la corriente no se concentra en el eje del conductor, lo que da origen a que los rectángulo de f.m.m. se conviertan en trapecios. El flujo, además, se abre en los bordes de los dientes. Ambas causas hacen que la curva de densidad de flujo sea más continua que la curva escalonada de f.m.m. representada en (4). Con gran número de ranuras por polo, como ocurre en la práctica, apenas se perciben los escalones de la curva de densidad de flujo.

Por consiguiente, la curva de f.e.m. inducida en cada conductor será aproximadamente sinusoidal. Cualquiera irregularidad en las f.e.m. de las espiras quedará eliminada casi completamente al combinar la f.e.m. del grupo, como en la figura 19(b).

Así, pues, el devanado del rotor puede distribuirse de la misma manera que el del inducido o estator. En realidad, la corriente del inducido produce curvas de f.m.m. similares a las de la figura 20 (c), aunque sus amplitudes varíen con el tiempo. Esto

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

constituye la reacción del inducido del alternador. Además, si por el devanado usual trifásico del inducido se hace pasar una corriente continua entre dos terminales cualesquiera o entre un terminal y los otros dos unidos, se producirán en el entrehierro polos N y S para los cuales la distribución del flujo es aproximadamente sinusoidal. Algunos devanados inductores distribuidos se hacen de la misma manera que los devanados trifásicos de inducido.

### Acoplamiento de los devanados de los alternadores

Los devanados de los alternadores trifásicos pueden montarse en estrella o en triángulo. Sin embargo, como en el montaje en triángulo las tensiones de la tercera armónica y sus múltiplos quedan en corto circuito en el devanado, y además no es posible conectar con el neutro, el montaje en estrella es casi universalmente adoptado para los alternadores. En la práctica se suelen presentar casos en que seis conductores del alternador, correspondientes a los tres pares de conductores de las tres fases. Se debe cuidar de hacer los adecuados empalmes, tanto si son en estrella o en triángulo.

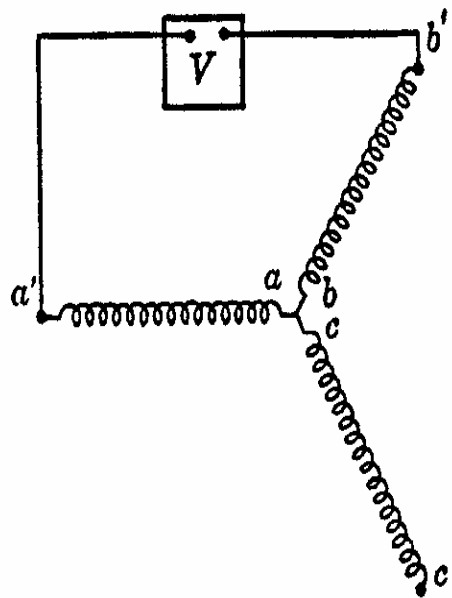


Fig. 21. Montaje en estrella de las bobinas de un alternador.

Sean  $aa'$ ,  $bb'$ ,  $cc'$  ( fig.21) los tres arrollamientos se conectan en estrella. Se unirá primero  $a$  con  $b$ , midiendo la f.e.m.  $E_{ab'}$  entre sus extremos libres, que debe ser igual a la de los arrollamientos, multiplicada por  $\sqrt{3}$ . Puede resultar igual a la f.e.m. del arrollamiento, en cuyo caso uno de éstos debe invertirse. Luego, se conecta el extremo  $c$  de  $cc'$  al punto  $ab$ . Las f.e.m.  $E_{b'c'}$  y  $E_{a'c'}$  deben ser iguales a la del arrollamiento por  $\sqrt{3}$ ; si no es así debe invertirse la bobina  $cc'$ .

Si se quiere conectar los arrollamientos en triángulo, deben conectarse los extremos  $a$  y  $b'$  ( fig. 22). La f.e.m.  $E_{ab}$  entre los extremos libres ha de ser igual a la f.e.m. de la bobina. En caso contrario, una de las dos bobinas deben invertirse. El extremo  $c'$  de las bobinas  $cc'$  debe conectarse a  $b$ . La f.e.m.  $E_{ca'}$  entre los extremos libres debe ser nula, como queda indicado por el diagrama vectorial (b). Si esta f.e.m. es prácticamente nula, pueden empalmarse los extremos  $c$  y  $a'$ . La f.e.m.  $E_{ca'}$  entre los extremos libres debe ser nula, como queda indicado por el diagrama vectorial (b). Si esta f.e.m. es prácticamente nula, pueden empalmarse los extremos  $c$  y  $a'$ . La f.e.m.  $E_{ca'}$

Proyecto fin de carrera: "Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas". Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.

puede ser doble que la f.e.m. de la bobina, como se indica en (c). En este caso, la bobina cc ha de invertirse.

### Características nominales de los alternadores

La determinación de las características de una máquina eléctrica se hace, en general, considerando la elevación de su temperatura, que se debe a las pérdidas de las mismas. La pérdida  $I^2R$  en el inducido, debida a la corriente de carga, limita su potencia útil. Esta pérdida depende del valor de la intensidad de la corriente en el inducido y es independiente del factor de potencia. Por ejemplo, 100 amperios en un generador monofásico de 200 voltios producirán las mismas pérdidas  $I^2R$  si el factor de potencia

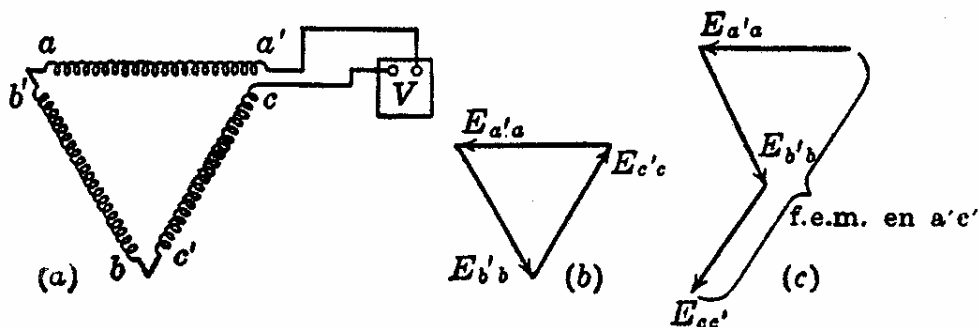


Fig.22. Montaje en triángulo de las bobinas de un alternador.

De la instalación es la unidad, es 0.4, o tiene otro valor cualquiera. La potencia útil en kilovatios, sin embargo, es proporcional al factor de potencia. Si el generador precedente se limita a 100 amp., su potencia útil será 20 Kw para factor de potencia unidad, pero solo 8 Kw para factor de potencia 0.4. La característica nominal será de 20 Kva prescindiendo del factor de potencia.

Por las razones antes expuestas se fijan en general las características nominales de los alternadores en Kva. Si se establecen en kilovatios se presupone que se refieran a un factor de potencia unidad, a menos que se especifique otra cosa. Al fijar la potencia útil de una máquina, siempre es conveniente señalar para qué factor de potencia.

Las características de las máquinas motrices acopladas a los alternadores se determinan totalmente partiendo de la carga en kilovatios. La misma turbina podría emplearse para mover un alternador de 200 Kva funcionando con factor de potencia 0.5 que un alternador de 100 Kva funcionando con factor de potencia unidad, aunque el primer alternador tendría una potencia nominal en Kva doble que el segundo.

## **CAPITULO V: REGULACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LOS ALTERNADORES**

### **Regulación o caída relativa del alternador**

La tensión entre terminales de una dinamo Shut disminuye al aplicar la carga debido a tres causas, a saber: la caída de tensión  $I_a R_a$  en el inducido, la reacción de éste y la reducción de la intensidad de la corriente de excitación producida por la caída de tensión entre terminales. Como los alternadores que se encuentran en el mercado llevan excitación independiente, esta última reducción no se produce. Tanto la caída de tensión en el inducido del alternador como la reacción de este dan origen, a una caída de tensión entre terminales al aplicar la carga. Otra causa de caída de tensión del alternador al aplicar la carga es la ocasionada por la reactancia de dispersión del inducido.

La regulación de las dinamos es, de por si, mejor que la de los alternadores. Por ejemplo, las dinamos shut de tipo industrial tienen una regulación muy estrecha, lo que hace posible generalmente transformarlas en compound, de manera que la tensión entre terminales sea prácticamente constante a cualquier carga. En el alternador, la caída de reactancia y de dispersión del inducido, que no existe en las dinamos, unidas al mayor efecto de la reacción del inducido, hace que la regulación sea más eficiente. Por añadidura, los alternadores no se pueden montar fácilmente en compound.

La regulación de un alternador depende no solo de la intensidad de la corriente, sino también del factor de potencia. El conocimiento de la regulación de los alternadores para varios valores del factor de potencia es ordinariamente esencial, ya que la variación porcentual de la tensión con la carga tiene una gran influencia en el funcionamiento del conjunto del sistema. Si un alternador alimenta lámparas de incandescencia, debe regularse de una manera muy precisa, o, si no, se debe agregar un regulador especial para circuitos de alumbrado. Los alternadores, además, pueden regularse bien cuando el factor de potencia es la unidad, mientras que la regulación mientras que la regulación

Puede ser muy deficiente para valores bajos del factor de potencia, aun cuando la intensidad de la corriente sea la misma en los dos casos.

En los alternadores de gran tamaño, las grandes intensidades de corriente que se originan en los cortos circuitos pueden producir serios trastornos en las máquina y en el sistema. El valor de esta corriente de corto circuito está íntimamente relacionado con la regulación del alternador, de manera que el conocimiento de ésta es de gran utilidad para fijar las condiciones de los cortocircuitos, interruptores, reactancias limitadoras de potencia, etc. Además, las cargas para las que las instalaciones de fuerza motriz se vuelvan inestables, es decir, dejan caer enteramente la tensión o pierden el sincronismo, se determinan en gran parte por medio de las características de regulación de los alternadores. Por ello, los ingenieros estudian cuidadosamente estas características para elegir los alternadores que mejor se adapten a los proyectos de generación de electricidad.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

La potencia de excitación y las características de la excitatriz también influyen en la regulación. Esta consideración tiene asimismo importancia.

Es muy conveniente, por lo tanto, conocer los factores y las reacciones que afectan la regulación y el funcionamiento de los alternadores. Como en general no es posible obtener las cargas necesarias para ensayar un alternador en las condiciones de carga efectivas, se hace preciso, para determinar la regulación, emplear métodos que no requieran someter el alternador a estas últimas, métodos que se consignarán más adelante.

### **Reactancia de dispersión del inducido**

Al circular la corriente por los conductores del inducido de un alternador, produce un flujo magnético que estos conductores abrazan.

El flujo magnético de dispersión relacionado con la corriente genera autoinducción en los conductores del inducido. Esta autoinducción, al multiplicarla por  $2\pi$  veces la frecuencia, da origen a la reactancia de los conductores. La corriente alterna que circula por los conductores ha de vencer, por lo tanto, no sólo resistencia si no también reactancia. En los alternadores modernos, los conductores están empotrados en las ranuras; y como el hierro que las rodea tiene poca reluctancia, la dispersión del flujo es relativamente grande. Por lo tanto, los conductores del inducido tienen una autoinducción considerable. En la figura 23 (a) se representa la dispersión de flujo en una ranura. El circuito que el flujo recorre pasa casi directamente a través de la ranura y alrededor de ella por el hierro que la envuelve. La reluctancia de este circuito magnético local se debe casi enteramente a la misma ranura, porque la reluctancia de la parte del circuito que queda dentro del hierro es prácticamente despreciable. En (b) se representa el flujo en un grupo de fase. Las líneas magnéticas pasan transversalmente a través de todas las ranuras y completan sus circuitos a través del hierro que envuelve dichas ranuras. Una ranura profunda y estrecha, tal como las de (a) y (b), tiene menor reluctancia que otra poco profunda y ancha, tal como la que se representa en (c), de manera que el flujo por amperio conductor será mayor .

No obstante, esas ranuras poco profundas se emplean raras veces, ya que la reducida

sección de la ranura no permite disponer el máximo de peso de cobre en el inducido.

En (d) se representa el flujo alrededor de una ranura semicerrada. Debido a la reducida reluctancia de los bordes salientes de los dientes, la dispersión del flujo en las ranuras, por amperio-conductor, es mucho mayor que en las ranuras abiertas, representadas en (a) y en (b), si las restantes condiciones no varían. Debe observarse que los conductores próximos al fondo de la ranura, que abrazan todo el flujo que atraviesa la ranura por encima de ellos, tienen mayor acoplamiento inductivo y, por lo tanto, mayor autoinducción que los conductores alojados en la parte alta de la ranura.



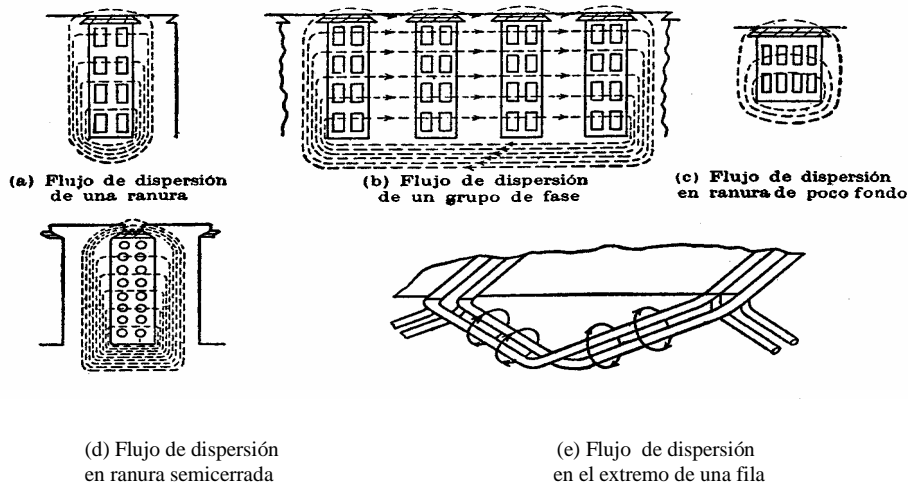


Fig. 23. Dispersión del flujo en las ranuras y en los extremos de bobinas.

Por consiguiente, en estos conductores, la densidad de la corriente es mayor en la parte superior del conductor. Por esta razón, los conductores del inducido de los grandes alternadores se forman con hilos aislados y cableados.

Además de la dispersión del flujo en las ranuras, se produce otra alrededor de los extremos de las espiras, como se indica en (e). Mientras que, en la ranura, la dispersión del flujo puede ser de 4 maxwell por amp-cm de conductor, en la extremidad de la espira puede ser de 10,4 a 0,8 maxwell por amp-cm.

Se indica que la autoinducción varía con el cuadrado del número de espiras. Esta misma ley puede aplicarse a los conductores dispuestos en las ranuras de los alternadores. Si el número de conductores en serie en una ranura se duplica, la reactancia de dispersión por ranura será cuatro veces mayor, si los demás factores no varían.

Como la reactancia de dispersión es proporcional a la frecuencia ( $X = 2\pi f L$ ), en un alternador de 25 períodos será considerablemente menor que en otro de 50 períodos, si los demás factores siguen siendo los mismos.

### Resistencia del inducido

El hierro del inducido constituye una parte considerable del circuito del flujo que cortan los conductores del mismo. Como este flujo es alternativo, se producirán efectos de histéresis y pérdidas por corrientes parásitas, originados en el hierro que rodea las ranuras. Como este flujo lo produce la corriente del inducido, la potencia correspondiente a esta pérdida debe suplirla la propia corriente del inducido. Las pérdidas por corrientes parásitas son proporcionales al cuadrado de la densidad de flujo, y las debidas a la histéresis a la potencia 1,6 de la densidad de flujo. Como el flujo es aproximadamente proporcional a la intensidad de la corriente, las pérdidas por corrientes parásitas resultan proporcionales al cuadrado de la intensidad y las de histéresis a la potencia 1,6 de la misma, aproximadamente. El conjunto de las pérdidas es, con aproximación, proporcional al cuadrado de la intensidad de la corriente.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordado de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

El efecto de estas pérdidas locales en el hierro se traduce en un aumento de las pérdidas totales, debidas al paso de la corriente por el inducido. Como estas pérdidas locales son casi proporcionales al cuadrado de la corriente. su efecto es prácticamente el mismo que si se aumentara la resistencia del inducido.

A menos que los conductores del inducido sean de sección pequeña, el efecto de la dispersión del flujo alrededor de las ranuras es forzar la corriente a que circule por la parte alta de la ranura, de manera que la densidad de la corriente en la parte de un conductor cercana a la boca de la ranura es mayor que la que hay en las partes más próximas al fondo de la misma. Con ello se aumenta también la resistencia efectiva del inducido.

La resistencia efectiva del inducido, por lo tanto, es mayor cuando la corriente es alterna que si es continua, debido a las variaciones de flujo que produce la primera. El tanto por ciento de aumento depende, en gran parte, de la forma de las ranuras y de los dientes y de la sección de los conductores, y es del orden del 20 al 60 por 100. Como la caída de tensión por resistencia del inducido es muy pequeña comparada con la caída debida ala reactancia de dispersión ya la reacción del inducido, un error considerable en la determinación de la resistencia sólo ocasiona pequeños errores en muchos de los cálculos. La resistencia efectiva del inducido puede determinarse midiendo la variación de la potencia absorbida cuando pasa o no pasa corriente por él. Un método más corriente, aunque menos preciso, consiste en medir la resistencia óhmica con corriente continua y aumentar este valor aplicando un coeficiente estimado, tal como 1,4, para cubrir las pérdidas indeterminadas.

## CAPITULO VI: REACCIÓN DE LOS INDUCIDOS MONOFÁSICOS

### Corriente y fuerza electromotriz en fase

En las máquinas, los amperios vuelta del inducido actúan sobre el circuito magnético de la máquina produciendo una distorsión del flujo en el entrehierro que hace variar su intensidad. Para una corriente dada en el inducido, la dirección y la magnitud de esta reacción del inducido dependen de la posición de las escobillas. En los alternadores se presentan condiciones algo similares. Para una corriente dada en el inducido, la magnitud y la dirección de la reacción no pueden depender de la posición de las escobillas, pero dependen del desfase que exista entre la intensidad y la tensión, o sea del factor de potencia de la carga aplicada.

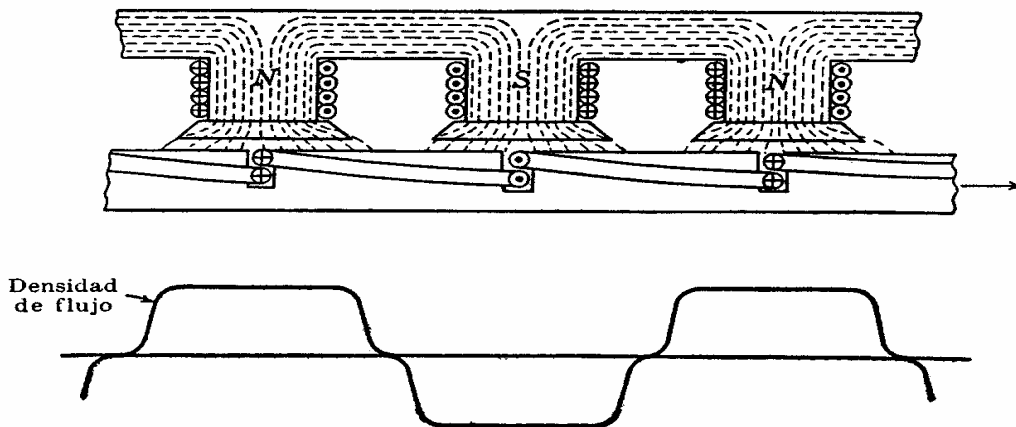


Fig. 24. Distribución del flujo en vacío.

La figura 24 indica los caminos seguidos por el flujo magnético en los polos y en el inducido de un alternador monofásico de varios polos salientes que marche en vacío. El inducido se mueve de izquierda a derecha. En el instante correspondiente a la figura, los lados de las espiras están directamente enfrente del centro de los polos y las f.e.m. inducidas deben alcanzar sus valores máximos. Puesto que la corriente es nula, el inducido no ejerce influencia alguna sobre la distribución del flujo. Por consiguiente, la distribución del flujo en (a) queda enteramente determinada por la f.m.m. de los polos inductores. La curva de densidad de flujo es simétrica y, por lo general, achatada, como la de una dinamo.

Si se cierra el circuito del inducido, generará corriente. Si esta corriente está en fase con la f.e.m. inducida en vacío, o tensión de excitación, el factor de potencia en los terminales del alternador será algo inferior a la unidad. En este caso, la corriente alcanzará su máximo valor cuando los lados de las espiras se encuentren exactamente frente a los centros de los polos (fig. 25). La dirección de la corriente será entrante en el plano de la figura para los conductores que se hallan frente a un polo N. En la espira *a*, la dirección de la corriente es tal que su f.m.m. actúa hacia abajo como indican las flechas. En cambio, la dirección de la corriente en la espira *b* da una f.m.m. que actúa hacia arriba. El efecto de la corriente en estas espiras sobre el circuito magnético principal queda indicado por la curva de densidad de flujo. El flujo aumenta en el lado derecho de cada polo y disminuye en el lado izquierdo. Si no fuera por el efecto de saturación, el flujo total sería invariable, porque el aumento en un lado del polo se

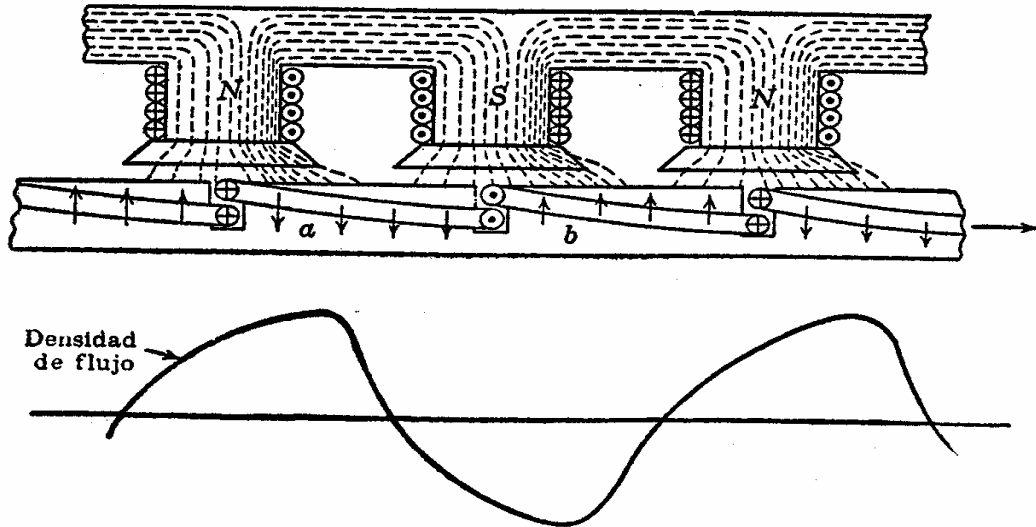


Fig. 25. Distribución del flujo con corriente en fase.

equilibraría por la disminución en el otro. Esto ocurre también en las dinamos si las escobillas están en la línea neutra geométrica, cuando sólo hay imantación transversal.

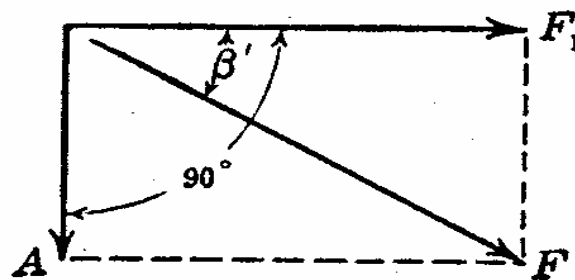


Fig. 26 Diagrama vectorial de f.m.m. con corriente en fase.

El diagrama vectorial de la f.m.m. está representado en la figura 26. La f.m.m. de los inductores se representa por el vector  $F_1$ , el vector f.m.m. del inducido  $A$  forma un ángulo recto con  $F_1$  y la f.m.m. resultante viene dada por el vector  $F$  que forma con  $F_1$  el ángulo  $\beta'$  medido en la dirección de las agujas del reloj. Este diagrama vectorial es idéntico al de las dinamos cuando las escobillas están en la línea neutra.

En las condiciones de la figura 25, las f.m.m. de las espiras del inducido actúan principalmente sobre el espacio interpolar, cuya reluctancia es elevada. Cuando las espiras están en esta posición, por lo tanto, el efecto de los amperios-vuelta de la espira sobre el flujo magnético del alternador es mínimo. Este efecto no se produce en los alternadores de polos no salientes, en los que el entrehierro es esencialmente uniforme.

### Intensidad de corriente con retraso de fase de $90^\circ$

La figura 27 representa el caso en que la corriente tiene un retraso de fase de  $90^\circ$  con relación a la f.e.m. cuando el alternador funciona en vacío. Cuando la espira está en la posición (1) de la figura 27 (a), la f.e.m. es máxima, como en la figura 25. La intensidad de la corriente en este instante se anula porque está en retraso de fase de  $90^\circ$

**Proyecto fin de carrera: "Estudio sobre las pruebas de taller y abordo de los generadores principales. Aplicaciones prácticas". Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

con respecto a la f.e.m. inducida. La intensidad no alcanza su máximo valor hasta que la espira se ha desplazado 90 grados eléctricos hacia delante para ocupar la posición (2). La espira se halla entonces exactamente frente a un polo S. Obsérvese que la f.m.m. de esta espira está dirigida hacia abajo y crea, por lo tanto, un flujo opuesto al magnético, que entra en el polo S, como se ve en (b). Por lo tanto, cuando la intensidad de la corriente está en retardo de fase de 90° con relación a la f.e.m. en vacío, su f.m.m. se opone directamente al campo inductor principal. Como resultado de ello, el campo se debilita cuando la intensidad tiene retardo de fase y se produce como consecuencia una reducción de la f.e.m. inducida.

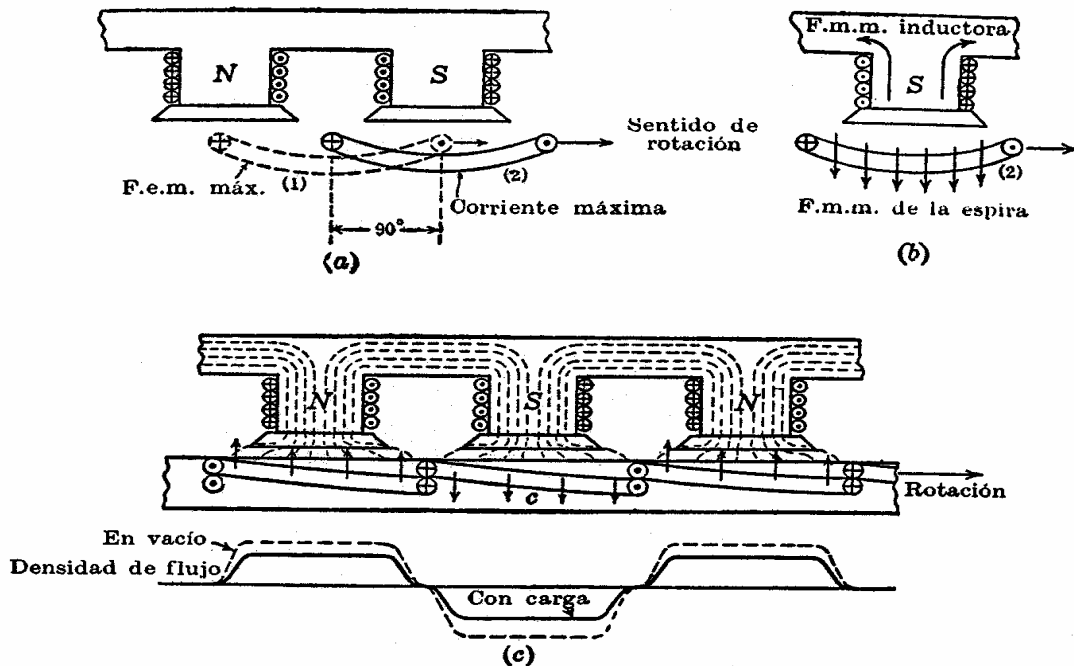


Fig. 27 Reacción del inducido. Corriente con retraso de fase de 90° respecto a la f.e.m. en vacío.

Este resultado es similar al que se produce si se avanzan 90° las escobillas de las máquinas. Todos los amperios-vuelta del inducido son entonces desmagnetizantes y debilitan el campo.

Cuando la corriente en las espiras es máxima, sus f.m.m. actúan directamente sobre los polos inductores más bien que sobre el espacio interpolar, como en la figura 25. Por consiguiente, su acción se ejerce sobre un circuito magnético de baja reluctancia, y su efecto sobre el flujo magnético del alternador es mucho mayor que cuando la corriente en vacío está en fase con la f.e.m. Con rotores de núcleo liso o sin polos salientes, tales como los acoplados a turbinas de vapor, el entrehierro es esencialmente uniforme, de modo que una f.m.m. dada del inducido tiene prácticamente el mismo efecto para todas las posiciones de sus espiras.

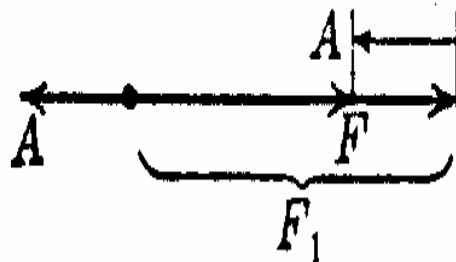


Fig.28. Diagrama vectorial indicando en efecto de la reacción de inducida cuando la corriente tiene un retardo de fase de  $90^\circ$  respecto a la tensión.

El efecto precedente de la reacción del inducido vectorial puede representarse por medio de un diagrama vectorial (fig. 28). El vector  $F_1$  representa la f.m.m. del inductor y A la del inducido, directamente opuestas. Su suma vectorial F es la f.m.m. resultante.

En la figura 27 (c) se representan las curvas resultantes, o de densidad de flujo con carga y en vacío para su comparación. El flujo total, representado por el área limitada por la curva de densidad de flujo, se ha reducido de una manera sensible.

### Intensidad de corriente con avance de fase de $90^\circ$

La figura 29 representa el caso en que la corriente en vacío está en avance de fase de  $90^\circ$  con relación a la f.e.m. Como antes, la f.e.m. alcanza su máximo valor cuando los lados de la espira se hallan exactamente frente al centro del polo (posición (1), fig. 29 (a)). La intensidad de la corriente, no obstante, no alcanza su máximo valor hasta que se sobrepasa esta posición, alcanzando la (2). Los amperios-vuelta de la espira refuerzan, en este caso, el campo principal, actuando en conjunción con él, lo que se percibe claramente en la posición (b) cuando la espira está justamente frente aun polo N y su f.m.m. actúa en conjunción con la f.m.m. del propio polo. Como en el caso de que la intensidad tenga un retraso de fase de  $90^\circ$ , la espira está en la posición más favorable, por lo que se refiere a su efecto sobre el circuito magnético del alternador .

Este efecto de la reacción del inducido puede representarse por medio de un diagrama vectorial (fig. 30 ). La f.m.m. del inductor es  $F_1$ , la del inducido es A, y la f.m.m. es su suma F, porque las dos actúan en el mismo sentido.

En la figura 29 (c) se representan las curvas resultantes, o de densidad de flujo, con carga y en vacío, para su comparación. El flujo total, representado por el área limitada por la curva de densidad de flujo con carga, ha aumentado de un modo sensible.

### Pulsación de la reacción de un inducido monofásico

Las f.m.m. del inducido que actúan en el campo del alternador, tal como se indica en las figuras 25, 27 y 29, no son constantes sino intermitentes. Esto se debe al hecho de que no solamente se mueven las espiras, sino que al mismo tiempo se producen variaciones de la corriente que circula por ellas. La reacción pulsatoria del



Proyecto fin de carrera: "Estudio sobre las pruebas de taller y abordado de los generadores principales. Aplicaciones prácticas". Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.

inducido puede explicarse si se consideran las condiciones que se producen cuando una espira sencilla gira con velocidad angular uniforme en un campo bipolar (fig. 31). Se supone que la intensidad está en fase con la tensión en vacío, o de excitación, y que varía con el tiempo según una ley sinusoidal.

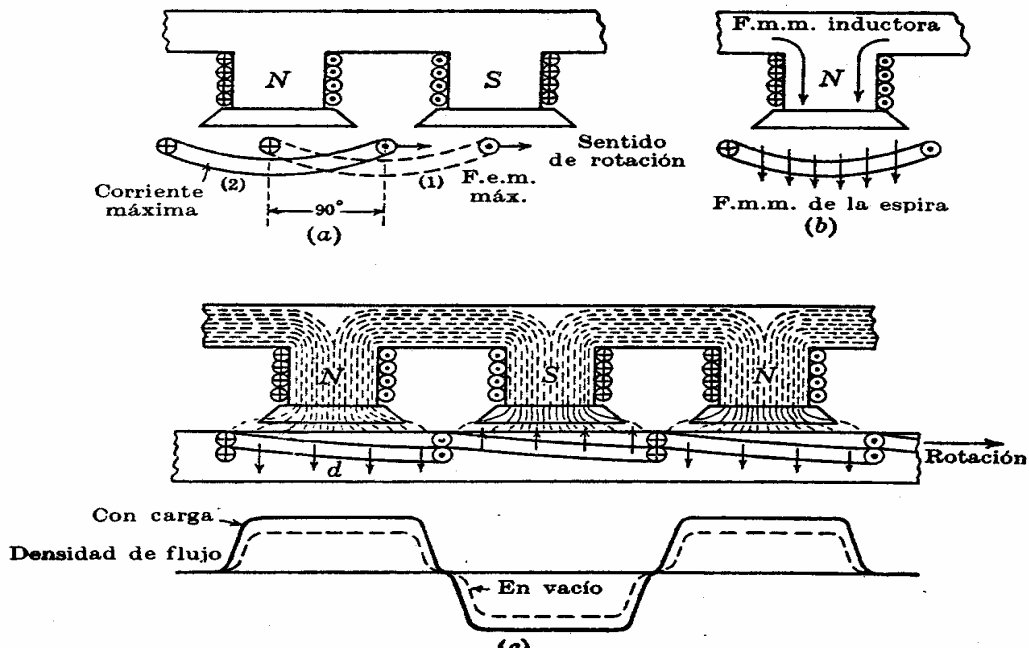


Fig.29 Reacción del inducido con corriente adelantada 90° respecto a la f.e.m. en vacío.



Fig.30. Diagrama vectorial demostrativo del efecto de la reacción del inducido cuando la corriente está en avance de 90° respecto a la tensión.

En su posición inicial. el plano de la espira coincide con el  $xx'$ , perpendicular al eje de los polos ( $\omega t = 0$ ). En (b) la espira ha girado un ángulo  $\omega t_2 = 90^\circ$  y la corriente ha alcanzado su valor máximo. Por consiguiente, la f.m.m. del inducido  $A_2$  es máxima y su dirección descendente y perpendicular al plano de la espira y al eje de los polos, como se indica. En (a) la espira ha girado un ángulo

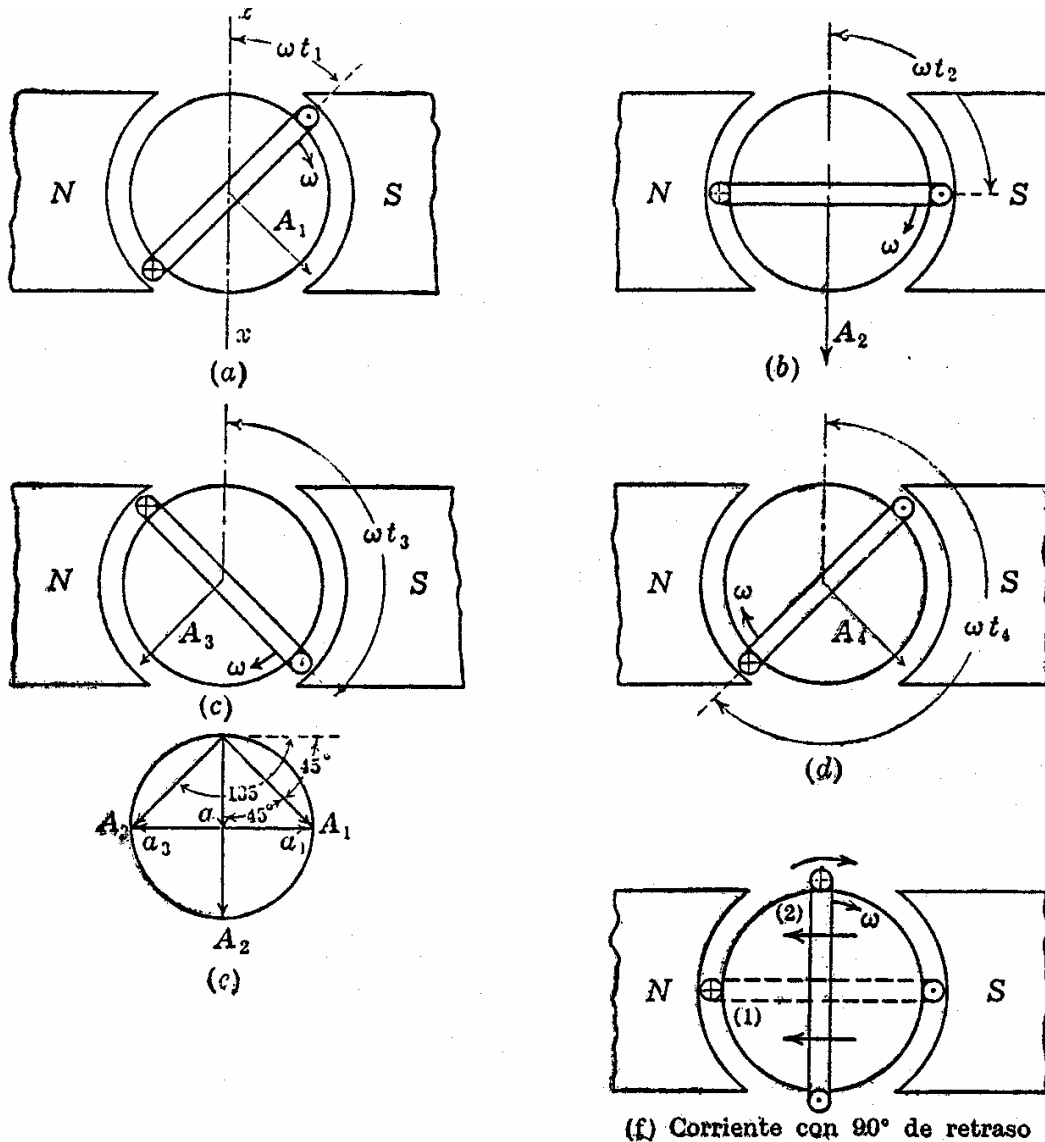


Fig. 31. Reacción pulsatoria del inducido en un alternador bipolar.

$\omega t_1 = 45^\circ$ , y la magnitud de la f.m.m., que es proporcional a la intensidad de la corriente, es  $A_1 = A_2 \text{ sen } 45^\circ = 0,707 A_2$ . Los vectores  $A_1$  y  $A_2$  están representados en el diagrama vectorial (e).  $A_1$  puede descomponerse en dos, uno  $a$ , según la dirección de  $A_2$ , y otro  $a_1$  en la dirección del campo principal y que, por consiguiente, la retuerza.

En (c),  $\omega t_3 = 135^\circ$ , y la f.m.m.  $A_3 = A_2 \text{ sen } 135^\circ = 0.707 A_2$ . El vector  $A_3$  se representa también en (e), y puede asimismo descomponerse en dos:  $a$  en la dirección de  $A_2$ , y  $a_3$  que se opone al campo principal. Análogamente puede probarse que en cada

Semirevolución y para cada componente, tal como  $a_1$ , que se suma al campo principal, hay otra componente igual y opuesta, tal como  $a_3$ , que se resta. Por consiguiente, la f.m.m. media lleva la dirección de  $A_2$ . En (d),  $\omega t_4 = 225^\circ$ , pero la posición de la espira y de la intensidad son idénticas a las de (a), de manera que el vector  $A_4$ , viene a coincidir con  $A_1$ .

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordó de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

Por consiguiente, en media revolución de la espira, la f.m.m. variable del inducido ha completado un ciclo. En una revolución de la espira habrá completado dos ciclos, de modo que la frecuencia de la f.m.m. es doble que la de la corriente. En cada medio período, la f.m.m. resultante será perpendicular al eje de los polos y variará con el tiempo según una senoide, pero con frecuencia doble. El valor medio en cada semiperíodo de las componentes de la reacción del inducido que llevan la dirección del eje de los polos es nulo. Alternativamente refuerzan y debilitan el campo, con doble frecuencia, pero su efecto neto sobre la intensidad del campo es nulo. Estas pulsaciones de frecuencia doble dan origen a histéresis y corrientes parásitas en la estructura del inductor. Sin embargo, las corrientes parásitas inducidas en el hierro, especialmente en las partes macizas y en los ensanchamientos de las caras polares, tienden a amortiguar las pulsaciones (ley de Lenz). Las pulsaciones de doble frecuencia del flujo, que cortan con velocidad sincrónica los conductores del inducido, dan lugar a terceras armónicas inducidas en el estator, pero estas armónicas son ordinariamente pequeñas.

En la figura 31(f) se representa el caso en que la intensidad está retrasada  $90^\circ$  con respecto a la tensión de excitación. La f.e.m. inducida es un máximo cuando la espira está en la posición (1), y la intensidad es máxima cuando la espira está en la posición (2). El valor medio de la f.m.m., de frecuencia doble, se opone al campo principal y las componentes pulsatorias de imanación transversal, cuyo valor medio es nulo, actúan perpendicularmente al eje de los polos (comparar con la fig. 26). Si la intensidad de la corriente avanza  $90^\circ$  respecto a la tensión de excitación, el valor medio de la f.m.m. del inducido refuerza el campo principal.

Si las corrientes en el inducido son polifásicas, constantes y equilibradas, la f.m.m. de éste es constante, y si el factor de potencia es constante, está en posición estacionaria con relación al campo.

### **Reacción de un inducido polifásico**

La reacción de un inducido monofásico tiene una pulsación de doble frecuencia. Con una carga polifásica constante y equilibrada, no obstante, la componente fundamental de la reacción del inducido es constante en magnitud y tiene una posición constante respecto a los polos inductores. Por ejemplo, si el inductor es fijo y el inducido gira, la f.m.m. está fija en el espacio; si el inductor gira y el inducido está fijo, la f.m.m. del inducido gira sincrónicamente con el campo inductor. Examinemos la figura 32. En (a) se representan tres intensidades iguales de corriente trifásica  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$ , en función del tiempo. En (b) se representa un devanado imbricado trifásico de paso entero y dos capas, parecido al de la figura 6. Se supone que cuando la corriente es positiva en (a) se dirige hacia el papel en las fases de (b) y (c) y, consecuentemente, cuando la corriente es negativa en (a) se dirige hacia el observador en los grupos de fase + de (b) y (c).

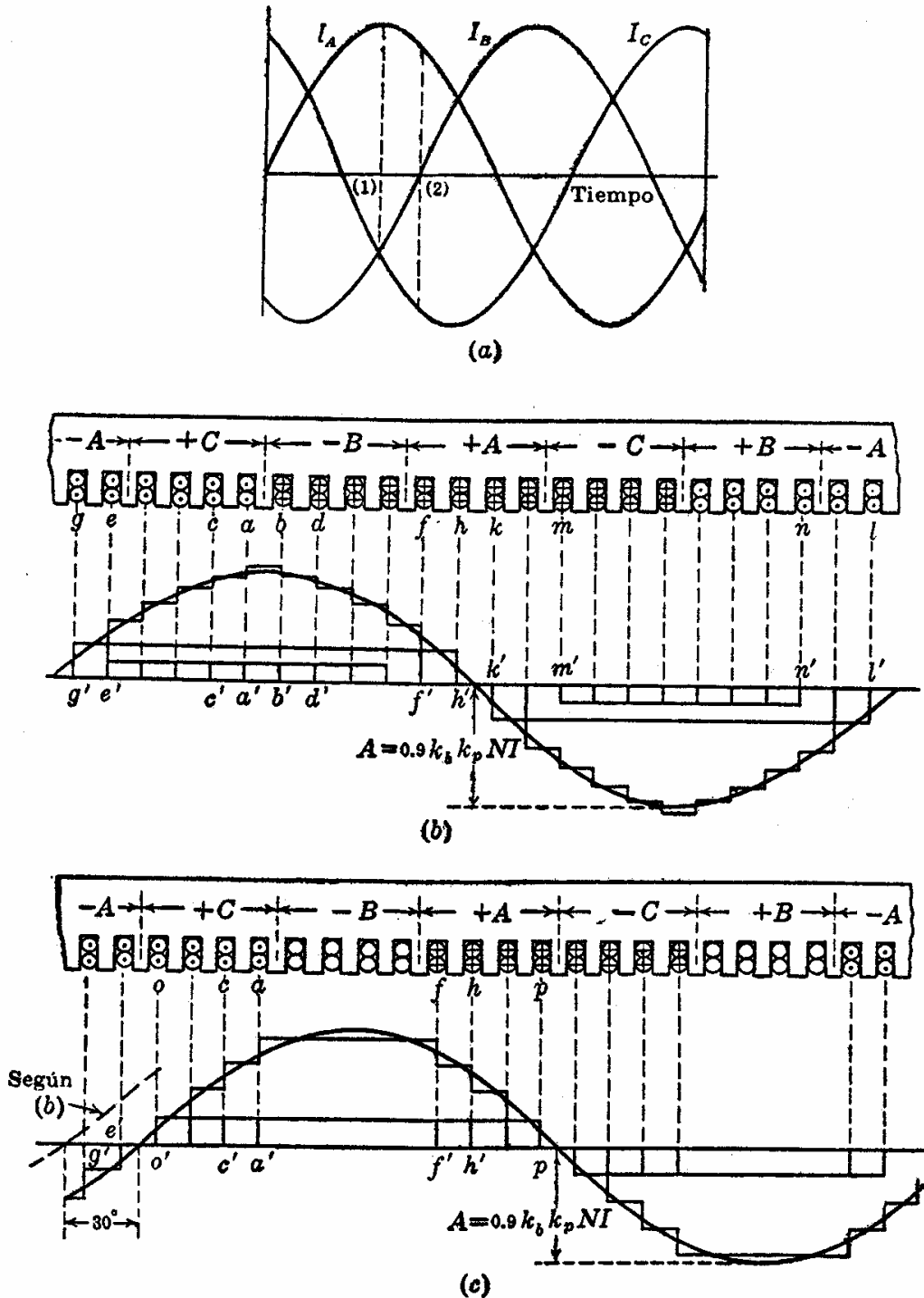


Fig. 32. F.m.m. de un inducido trifásico.

Consideremos en la curva (a) el instante (1).  $I_A$  es máxima y positiva, e  $I_B$ ,  $I_C$  son negativas e iguales cada una de ellas a la mitad de su valor máximo. Por consiguiente, la corriente irá hacia el papel en los grupos de fase + A, -B, -C y en sentido opuesto en los grupos -A, + B, + C. Asimismo, las f.m.m. debidas a las corrientes en los grupos A serán dobles que las debidas a las corrientes en los grupos B y C. Consideremos las ranuras a y b. La corriente sale del plano del papel en a y penetra en él en b y son ambas iguales, de modo que las dos ranuras pueden considerarse como si actuaran como una

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

simple espira. La dirección de la f.m.m. será hacia arriba y su magnitud podrá representarse por medio de un rectángulo a' b' cuya altura a escala es igual a los amperios-vuelta. Las ranuras c y d actúan de una manera análoga, y su f.m.m. se puede representar por medio de un rectángulo c'd'. Se pueden hallar relaciones semejantes para las otras ranuras en los grupos + C y -B. En las ranuras e, f, en los grupos -A, + A, la intensidad de la corriente es doble que la de los grupos -B, -C; por consiguiente, los rectángulos e'f' y g'h' tienen doble altura que los a'b' y c'd', como se ve en la figura.

Las mismas relaciones entre las f.m.m. se obtienen para las ranuras m, n y k, l, cuyas f.m.m. van dirigidas hacia abajo. La f.m.m. resultante se obtiene sumando los distintos rectángulos, con lo que se obtiene la curva escalonada de la figura. En realidad, debido a la dispersión del flujo, la curva resultante no es escalonada, sino ondulada. Las armónicas son tan pequeñas que, pueden despreciarse y la fundamental puede representarse por medio de la curva continua de la figura. Puede probarse que su valor máximo es:

$$A = 0,9 k_b k_p N I \text{ amperios-vuelta por polo}$$

en la que  $k_b$  es el factor de devanado,  $k_p$  el factor de paso, N el total de espiras en serie por polo del inducido, e I la corriente eficaz.

En (c) se representan las condiciones que se presentan en el instante (2) de la curva (a), cuando el ángulo eléctrico entre (1) y (2) es de  $30^\circ$ .  $I_A$  es aún positiva e igual a 0,866 de su valor máximo;  $I_B$  es cero;  $I_C$  es aún negativa e igual a 0,866 de su valor máximo. Por consiguiente, las corrientes en todas las ranuras de los grupos A y C son de la misma polaridad que, en (a) e iguales, de modo que los rectángulos de la f.m.m. tendrán todos la misma altura. Así, la f.m.m. de las ranuras a y f puede representarse por el rectángulo a' f' la de las ranuras c y h por el c'h' y la de o y p por el o'p', etc. Aun aquí, la f.m.m. resultante es una curva escalonada y su componente fundamental puede representarse por una curva sinusoidal de igual amplitud que en (b). Puede observarse que la onda ha avanzado también 30 grados eléctricos hacia la derecha, que corresponde al ángulo que forman las posiciones (1) y (2) en la curva (a). (La parte de curva de trazos pertenece a la b.) Como la figura 32 representa un alternador del tipo de campo giratorio, los polos inductores deben haber girado 30 grados eléctricos durante el intervalo (1) a (2) en (a). Por consiguiente, la componente fundamental de la f.m.m. del inducido gira sincrónicamente con el campo y tiene una posición constante con respecto a él. (Esta f.m.m. giratoria del inducido constituye el campo giratorio de un motor de inducción.)

El hecho de que las f.m.m. del inducido en la figura 32 sean curvas sinusoidales y las de las figuras 25, 27 y 29 sean irregulares, o no sinusoidales, plantea la cuestión de si estas últimas pueden representarse por vectores al mismo tiempo que otros que representan curvas sinusoidales. Debido al ancho del grupo y al paso y también al efecto del montaje en estrella, las armónicas de la curva de flujo quedan reducidas a valores pequeños en la curva resultante de f.e.m. Como en las características del alternador ordinariamente basta considerar las curvas de la componente fundamental de la tensión y de la intensidad, es preciso tener en cuenta tan sólo la componente fundamental de la curva de flujo. En los alternadores de polos salientes, la variación de la reluctancia a lo largo del entrehierro produce una distorsión de la curva e introduce efectos que dan sólo resultados aproximados en los métodos de análisis más simples y

que se pueden considerar en los métodos más complicados. Para los rotores con núcleo liso, la reluctancia del entrehierro es esencialmente uniforme y como el devanado inductor es distribuido, la f.m.m. de aquéllos es casi sinusoidal (fig. 20). Por consiguiente, puesto que solamente intervienen ondas sinusoidales de f.m.m., las características de estos alternadores se pueden calcular con toda precisión.

### F .m.m. inductora, inducida y resultante.

En las figuras 26, 28, 30 y 31 se representan los diagramas vectoriales correspondientes a la reacción de un inducido monofásico, tanto para el caso de que la intensidad esté en fase con la tensión de excitación como si avanza o retrasa  $90^\circ$ . Estos diagramas son aún más necesarios cuando se trata de alternadores polifásicos que funcionan en las mismas condiciones, ya que no hay componente pulsatoria de la reacción del inducido. Todos los diagramas vectoriales de f.m.m. son sólo aproximados, a menos que estas f.m.m. estén distribuidas según una senoide, puesto que las operaciones vectoriales no pueden aplicarse más que en el caso de variaciones según curvas sinusoidales o cosinusoidales.

En la figura 33 se representa el caso de un alternador trifásico en el que la intensidad esté retrasada un ángulo  $\theta$  con respecto a la tensión en los terminales. En estas condiciones, la f.e.m. real  $E_a$  inducida en el estator tiene un retardo de fase  $\beta$  con relación a la tensión de excitación, y la tensión en los terminales un retraso  $\alpha$  respecto a la f.e.m. inducida, lo que se explica mediante el diagrama vectorial del alternador. El inducido (fig. 33, a) es idéntico al de la figura 32, y sus condiciones corresponden a las de (a), en que la corriente en la fase A pasa por su valor máximo.

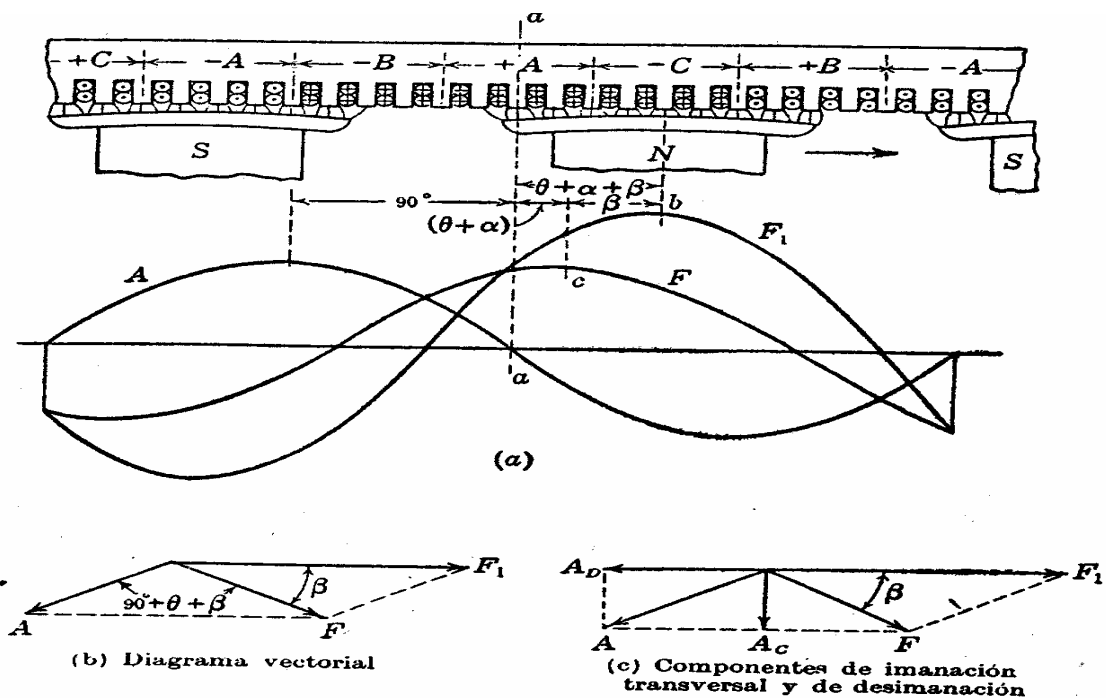


Fig. 33. F.m.m. del inductor, del inducido y resultante, en el inducido de un alternador trifásico.



**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordado de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

Los polos se representan en la figura 33 (a) y sus caras son redondeadas, de manera que se obtenga una curva sinusoidal  $F_1$  de densidad de flujo.  $F_1$  podría, no obstante, ser la componente fundamental de una curva no sinusoidal de densidad de flujo tal como una de las figuras 25 ó 27. Como aproximadamente se supone que la reluctancia en el entrehierro es uniforme, como sucede en los rotores de núcleo liso. En este caso, la f.m.m. y la densidad de flujo son proporcionales entre sí, de manera que  $F_1$  puede considerarse como representación a escala de la intensidad de flujo en el entrehierro en vacío.

En el caso de funcionamiento del alternador con carga, en la figura 33 (a) la corriente es máxima en la fase A, y la f.m.m. del inducido está representada por la curva A, deducida en la figura 32 (b). La f.m.m. resultante F se obtiene sumando en cada punto las ordenadas de las curvas  $F_1$  y A. En la figura 33 se supone que el factor de potencia de la carga es  $\cos \theta$ , que la tensión en vacío, o de excitación, E tiene un avance de fase de ángulo  $\beta$  con respecto a la f.e.m. inducida  $E_a$  con carga, y que  $E_a$  está en avance de fase  $\alpha$  respecto a la tensión V entre terminales. Como el factor de potencia de la carga es  $\cos \theta$ , V debe estar adelantada, con respecto a la intensidad I de la corriente, un ángulo  $\theta$ . Por consiguiente, el ángulo que forman la intensidad y la f.e.m.  $E_a$  debe ser  $\theta + \alpha$ , y el formado por I y la tensión de excitación E debe ser  $\theta + \alpha + \beta$ . Continuamos refiriéndonos a la figura 33 (a). El valor máximo de la f.e.m. inducida en un conductor tiene lugar cuando éste corta el valor máximo de la curva de densidad de flujo. El valor máximo de la tensión de excitación E se produce en la fase A cuando el vértice b de la curva de densidad de flujo  $F_1$  se halla en el centro del grupo de fase + A en la línea aa. Como la corriente I está en retardo de  $\theta + \alpha + \beta$  con respecto a E, la corriente en el grupo + A no alcanzará su valor máximo hasta que el punto a haya recorrido, a lo largo del entrehierro, un arco  $\theta + \alpha + \beta$ , que es el caso representado en (a). Se deduce de aquí que el valor máximo de la f.e.m.  $E_a$  inducida en el estator, con carga, se producirá cuando el centro c de la curva resultante de f.m.m. F se halle en la línea aa. Como I está en retraso con respecto a esta f.e.m., de ángulo  $\theta + \alpha$ , F tendrá que correr el mismo ángulo a la largo del entrehierro antes que la intensidad de la corriente en el grupo + A sea máxima. Todo ello se representa también en (a).

Con esto es posible trazar el diagrama vectorial de la f.m.m. para el caso general de una corriente con retraso de fase de  $\theta^\circ$  respecto a la tensión V en terminales. Cada una de las curvas sinusoidales de (a) puede representarse por un vector. Por consiguiente, si  $F_1$  se traza horizontalmente hacia la derecha, F formará con  $F_1$  un ángulo  $\beta$  con retardo y A un ángulo de  $90^\circ + \theta + \alpha$  con retardo respecto a F. Luego, la f.m.m. resultante F es la suma vectorial de la f.m.m. en vacío  $F_1$  y de la f.m.m. del inducido A, que es el mismo resultado que se obtuvo al sumar las ordenadas de las curvas  $F_1$  y A en (a).

Obsérvese que, en este caso de corrientes en retraso de fase, la dirección de la f.m.m. de reacción del inducido es tal que tiene un considerable efecto de desimación sobre el circuito magnético del alternador. En efecto, como se ve en (c), A puede sustituirse por una componente de imanación transversal  $A_c$  (ver fig. 26) y otra de desimación  $A_D$  (ver fig. 28).

Si la corriente (fig. 33, a) estuviese en fase con la tensión de excitación, o f.e.m. en vacío, el punto más alto b de la curva  $F_1$  quedaría exactamente frente al

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

centro del grupo +A, de modo que la f.e.m. y la corriente en la fase A alcanzarían simultáneamente sus valores máximos. Luego A estaría retrasada  $90^\circ$  respecto a  $F_1$  lo que corresponde a las figuras 25 y 26. Si la corriente estuviera en retraso de  $90^\circ$  con relación a la tensión de excitación, el ángulo  $\theta + \alpha + \beta$  valdría  $90^\circ$ , y  $F_1$  y A estarían en oposición, correspondiendo al caso de las figuras 27 y 28. Si la corriente estuviese en avance de  $90^\circ$  respecto a la tensión de excitación, el punto b estaría  $90^\circ$  a la izquierda de la línea aa, y  $F_1$  y A estarían en conjunción, lo que correspondería a las figuras 29 y 30.

El diagrama vectorial (fig. 33, b) tiene importancia porque es la base de casi todos los métodos de análisis del funcionamiento de los alternadores.

### Caída de tensión por impedancia del inducido

En las dínamos, la f.e.m. inducida se obtiene sumando numéricamente la caída de tensión  $I R$  en el inducido y la tensión en los terminales. En los alternadores, la reactancia de dispersión del inducido produce una caída  $IX$  que debe sumarse, con la  $I R$ , a la tensión en los terminales para obtener la f.e.m. inducida. Esta suma debe ser vectorial; es decir que la f.e.m. inducida en el estator del alternador es igual a la tensión en los terminales, sumada vectorialmente a la caída por impedancia del inducido.

Corriente en fase con la tensión en los terminales. La figura 34 (a) indica las condiciones que se presentan cuando el factor de potencia de la carga es igual a la unidad.  $V$  es la tensión en los terminales del alternador,

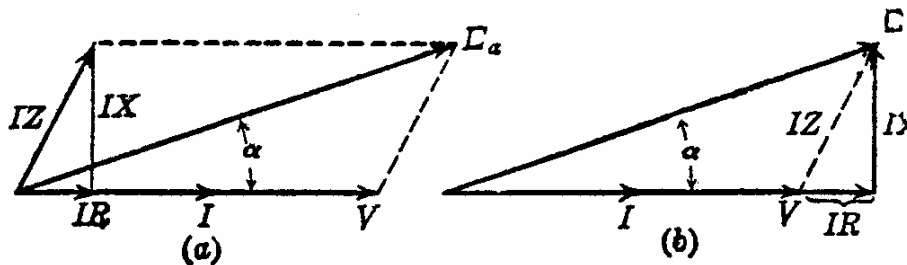


Fig. 34 Diagrama vectorial de un alternador para factor de potencia unidad.

e  $I$  es la intensidad de la corriente en el inducido, en fase con  $V$ . La caída de tensión  $I R$  en el inducido está en fase con  $I$ , siendo  $R$  la resistencia efectiva del inducido. La  $IX$  está en avance de  $90^\circ$  sobre la corriente y debe partir del extremo de  $IR$ . La suma de estos dos vectores da la caída por impedancia  $I Z$  en el inducido, que sumada vectorialmente a  $V$  da la f.e.m.  $E_a$  inducida en el estator de la máquina. La suma vectorial se lleva a cabo completando el paralelogramo con  $V$  e  $IZ$  como lados adyacentes. La diagonal  $E_a$  es la suma vectorial de  $IZ$  y  $V$  y representa la f.e.m. inducida.

Se obtiene el mismo resultado sumando la caída de tensión  $IR$  directamente a  $V$  (fig. 34, b), y añadiendo luego la caída  $IX$  en un ángulo recto con  $I$  y en avance con relación a ésta, a partir del extremo de  $I R$ . La adición vectorial en este caso se hace aplicando el método del polígono. La caída de tensión por impedancia se representa

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

con línea de trazos en la figura 34 (b), porque en este método no se utiliza para la determinación de  $E_a$ .

Debe observarse que con una carga de factor de potencia unidad, la corriente está en fase con la tensión en los terminales, pero en retraso con relación a la f.e.m. inducida, con la que forma el ángulo  $\alpha$ .

La determinación de  $E_a$  es sencilla cuando se conocen las otras cantidades.  $E_a$  es la hipotenusa de un triángulo cuyos lados son  $V + IR$  e  $IX$ . Luego,

$$E_a = \sqrt{(V + IR)^2 + (IX)^2}$$

Corriente en retraso de fase; Cuando la corriente tiene un retardo de fase  $\theta$  con relación a la tensión en los terminales, se emplea el mismo método para determinar la f.e.m. inducida. La figura 35(a) representa la intensidad de la corriente  $I$  con retraso de fase  $\theta$  respecto a la tensión  $V$  en los terminales.

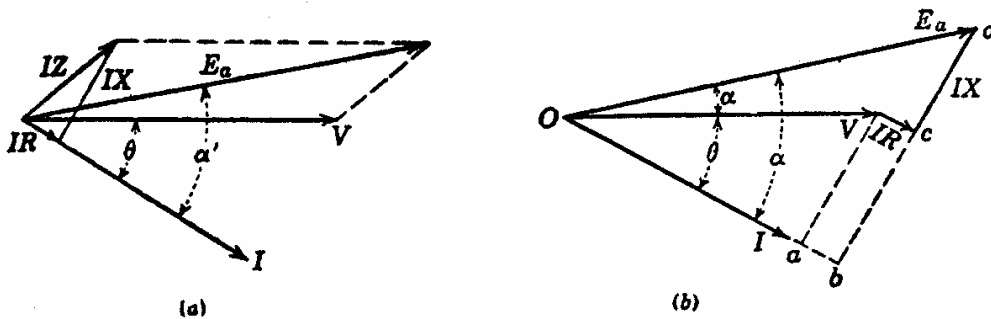


Fig. 35. Diagrama vectorial de un alternador para factor de potencia  $\cos \theta$  y corriente retrasada.

La caída de tensión  $IR$  está en fase con el vector intensidad  $I$ , y como antes, la  $IX$  adelantada  $90^\circ$  con respecto a él. Se determina entonces la caída de tensión por impedancia  $IZ$ , resultante de la suma de  $IR$  e  $IX$ , y añadida luego vectorialmente a  $V$  da la f.e.m. inducida  $E_a$ , debe observarse, en las figuras 34 y 35, que la posición del triángulo de impedancia del inducido queda determinada por la intensidad y no por la tensión. Cuando la corriente está retrasada, este triángulo gira con la corriente en el sentido de las agujas del reloj.

Como antes, la caída por impedancia debe ponerse a continuación de  $V$ , partiendo de su extremidad y teniendo en cuenta los desfases correspondientes. El método más directo de determinación de la f.e.m. inducida  $E_a$  es valerse del triángulo de vectores  $IR$ , en fase con la corriente, se agrega vectorialmente al extremo de  $V$  ( fig. 35.b); entonces la caída de tensión por reactancia  $IX$ , en ángulo recto con  $IR$  y en avance, se agrega al extremo de este último. La f.e.m. resultante se obtiene completando el polígono. La solución geométrica del diagrama es muy sencilla (fig.35,b). Si  $IR$  se proyecta sobre el vector intensidad  $I$ , se forma un triángulo rectángulo de tensiones  $Obd$ , cuya hipotenusa es  $E_a$ , los valores de los tres lados de este triángulo rectángulo se pueden determinar como sigue:

$$\begin{aligned} Oa &= V \cos \theta \\ ab &= IR \\ aV = bc &= V \sin \theta \\ cd &= IX \end{aligned}$$

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

$$E_a = (Ob^2 + bd^2) = ((Oa + ab)^2 + (bc + cd)^2) = ((V \cos \theta + IR)^2 + (V \sin \theta + IX)^2)$$

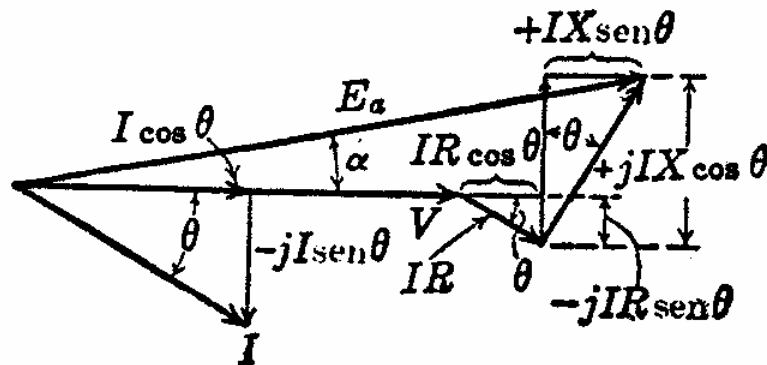
El ángulo de retraso de la corriente con relación a la f.e.m. inducida  $E_a$  es  $\alpha'$ , que se determina fácilmente como sigue:

$$\tan \alpha' = bd / Ob = V \sin \theta + IX / V \cos \theta + IR$$

Es de notar que el valor de la f.e.m. inducida es mucho mayor que antes, aun cuando el valor de la caída de tensión por impedancia no haya variado. Para determinado valor de la f.e.m. inducida, por lo tanto, la tensión en los terminales disminuye al aumentar el retraso de fase de la corriente, aunque no varíe el valor de ésta, lo que se debe al ángulo para el cual la caída por impedancia se ha de restar de la f.e.m. inducida. Es de esperar, por lo tanto, que la regulación de un alternador será menos eficaz cuando la corriente está en retardo de fase.

Para factor de potencia unidad, la caída de tensión por resistencia del inducido es el factor más importante en la determinación del valor de  $E_a$ . Con una corriente retardada, la caída por resistencia desempeña un papel secundario y es la caída por reactancia del inducido la que adquiere importancia.

Las relaciones que anteceden pueden también determinarse por medio de álgebra compleja. Es decir,



$$E_a = V + I (\cos \theta - j \sin \theta) (R + jX) = V + IR \cos \theta - jIR \sin \theta + jIX \cos \theta + IX \sin \theta.$$

Fig. 36. Diagrama vectorial de un alternador en cantidades complejas para corriente retrasada.

Todas estas cantidades que aparecen en la figura 36, pueden escribirse también en la forma,

$$E_a = (V + IR \cos \theta + IX \sin \theta) + j(IX \cos \theta - IR \sin \theta) = e_1 + je_2.$$

Corriente de avance de fase. La figura 37 representa un diagrama vectorial de un alternador para el caso de que la corriente esté en avance de  $\theta^\circ$  respecto a la tensión en los terminales. Al estar la corriente avanzada con relación a la tensión  $V$ , el triángulo de la impedancia gira con la corriente, en sentido opuesto al de las agujas del reloj, alrededor del extremo de  $V$ ,  $E_a$  se halla de la misma manera que en la figura 35.

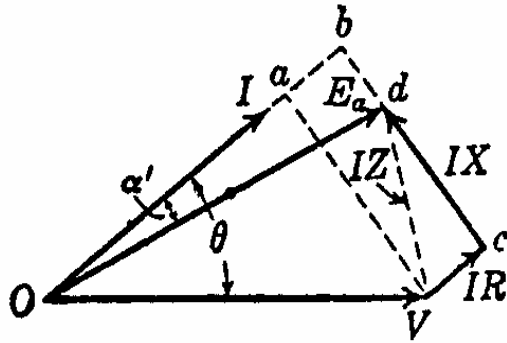


Fig. 37. Diagrama vectorial de un alternador para factor de potencia  $\cos \theta$  y corriente adelantada.

La caída de tensión  $IR$ , paralela a la intensidad, se proyecta sobre este vector en que difiere del anterior sólo en el signo de  $IX$ , que aquí es negativo.

$$\begin{aligned} Oa &= V \cos \theta \\ ab &= IR \\ aV &= bc = V \sin \theta \\ cd &= IX \end{aligned}$$

$$E_a = (Ob^2 + bd^2)^{1/2} = ((Oa + ab)^2 + (bc + cd)^2)^{1/2} = ((V \cos \theta + IR)^2 + (V \sin \theta + IX)^2)^{1/2}$$

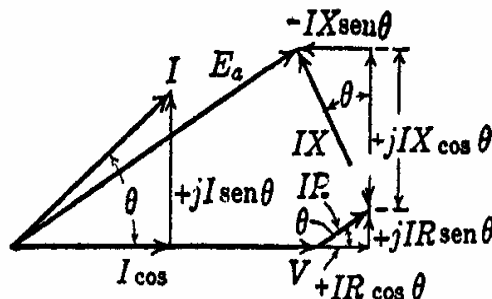
La f.e.m inducida es ahora menor en valor absoluto que la tensión en los terminales. Esto no puede suceder en una dinamo, y se debe a la posición de la caída de tensión  $IZ$  con relación a  $V$ .

Las relaciones precedentes pueden determinarse igualmente con cantidades complejas.

$$E_a = V + I (\cos \theta + j \sin \theta) (R + jX) = V + IR \cos \theta + jIR \sin \theta + jIX \cos \theta - IX \sin \theta.$$

### Regulación o caída relativa de tensión del alternador

La tensión  $E_a$  que se ha determinado en los apartados precedentes es la inducida en el inducido del alternador cuando este funciona con carga. En general es



una cantidad difícil de medir y sólo se puede calcular aproximadamente.

Fig. 38. Diagrama vectorial de un alternador en cantidades complejas para corriente con avance de fase.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordado de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

No existe un método sencillo para medir directamente la reactancia  $X$  de dispersión del inducido, aunque se puede calcular o determinar por medio del diagrama de Potier. En muchos de los métodos de determinación de las características del alternador no es necesario conocer el valor de  $E_a$  o el de la reactancia  $X$ .

Es importante conocer la regulación de la tensión porque demuestra cómo puede un alternador mantener la tensión en distintas condiciones de trabajo, que van desde la marcha en vacío hasta plena carga.

Si no hubiese reacción del inducido  $E_a$  sería la tensión en vacío del alternador, igual que en las dinamos con excitación independiente, en las que la f.e.m. inducida con carga sería igual a la inducida en vacío, si no se presentase dicha reacción. Como acabamos de ver, la reacción del inducido da origen a variaciones del valor del flujo magnético, acompañadas del correspondiente cambio de valor de la f.e.m. inducida  $E_a$ . El efecto de la reacción del inducido sobre la marcha del alternador se analiza en los métodos para determinar la regulación.

En general es imposible definir la regulación de un alternador sometiéndolo a cargas reales, especialmente si son de gran tamaño, hasta que se ponen en servicio, y aun después puede ser difícil conseguir que la carga tome el valor conveniente. Para hacer un ensayo con cargas reales se requiere disponer de una máquina motriz casi de la misma capacidad que el alternador y, en general, se debe aportar y absorber una potencia considerable.

En el caso de alternadores polifásicos se añade aún la dificultad de equilibrar las cargas.

La regulación de un alternador, sin embargo, puede calcularse con precisión partiendo de datos obtenidos con ensayos en circuito abierto o en Corto circuito, que exigen muy poca aportación de potencia y no necesitan ningún dispositivo para absorber la del alternador. Se utilizan corrientemente cinco métodos para determinar la regulación: el método general, o el de la impedancia sincrónica, o método de la f.e.m.; el método de la f.m.m.; el AIEE (American Institute of Electrical Engineers) de 1925; y el método de la ASA (American Standards Association). La aplicación y limitaciones de cada uno de ellos se expondrá más adelante con mayor detalle, pero antes de hacerlo es necesario establecer las relaciones de espacio y tiempo entre las f.m.m., flujos y f.e.m. de un alternador.

### **Vectores de espacio y tiempo**

La tensión en los terminales de un alternador depende del flujo que cortan los conductores del inducido, de las caídas de tensión en el inducido por resistencia y por reactancia de dispersión y del factor de potencia. Como se ha visto antes, el flujo es la resultante de dos f.m.m., una debida a los amperios-vuelta del inductor y otra producida por los amperios-vuelta del inducido (reacción del inducido). Además, como gira el inducido o el inductor, la situación en el espacio del flujo, la corriente del inducido y la f.e.m. inducida están estrechamente ligados.

Consideremos la figura 39, que representa dos posiciones de una espira del inducido con relación aun par de polos N y S del inductor. Se admite una distribución

sinusoidal del flujo a la largo del entrehierro. La recta  $ab$  es el eje de la espira. Cuando este eje coincide con el  $00$  de un polo  $N$ , como se indica en (a), el flujo que abraza la espira es máximo. Cuando el eje  $ab$  de la espira alcanza la posición  $a'b'$ , a mitad de camino entre los centros de los polos, como en (b), el flujo que abraza la espira es nulo. Este flujo cortado varía, pues, con el tiempo que invierte la espira en moverse a lo largo del entrehierro con una frecuencia igual a la de la f.e.m. inducida.

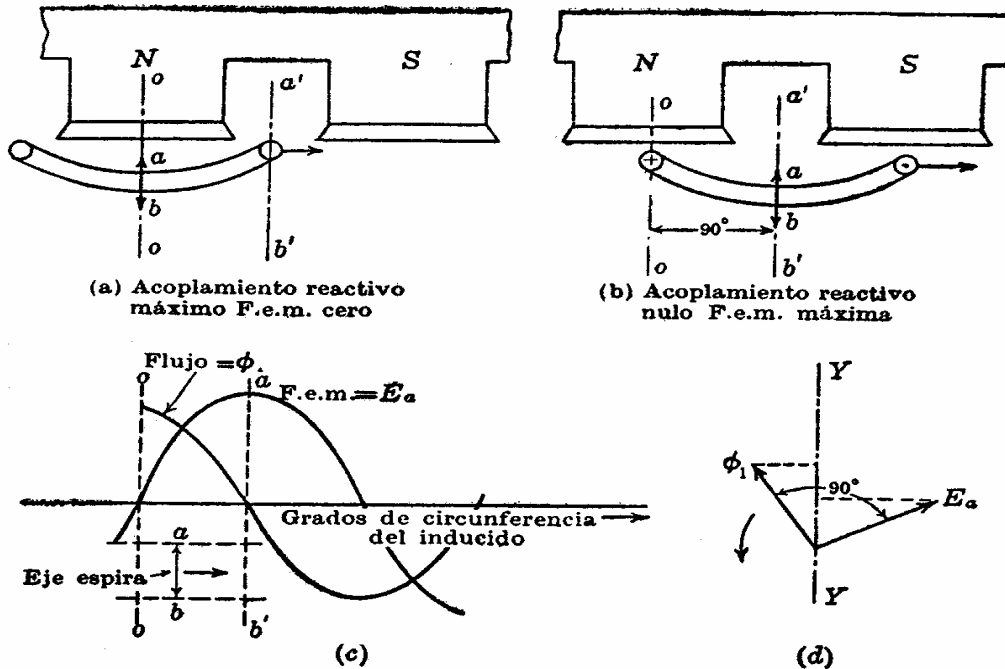


Fig. 39. Relación entre el flujo de un alternador y la f.e.m. inducida en una espira.

En la posición (a), el flujo que abraza la espira es máximo y la f.e.m. inducida es nula; en (b) el flujo es nulo y la f.e.m. inducida es máxima. Se ve que la f.e.m. inducida en la espira alcanza su valor máximo cuando está situada a  $90^\circ$  de espacio eléctrico después de abrazar el flujo máximo y, por lo tanto, más tarde en tiempo. El flujo que abraza la espira puede considerarse en avance de  $90^\circ$  sobre la f.e.m. que induce.

Esta relación entre el flujo y la f.e.m. cuando la espira se mueve a lo largo del entrehierro está representada gráficamente en la figura 39 (c).

Cuando el eje  $ab$  de la espira coincide con el eje  $00$  del polo, el flujo que abraza la espira es máximo y la f.e.m. inducida es nula, y cuando  $ab$  se mueve hacia la derecha, el flujo  $\phi_1$  que abraza la espira decrece según una ley sinusoidal y la f.e.m.  $E_a$  crece también siguiendo la misma ley de variación. Cuando el eje  $ab$  de la espira llega a la posición  $a'b'$ , a mitad del camino entre los centros de dos polos, el flujo que abraza la espira se anula y la f.e.m. inducida  $E_a$  es máxima. Por lo tanto, en un alternador, la curva de variación del flujo, que representa el flujo abrazado por la espira en cada instante, tiene un avance de  $90^\circ$  con respecto a la curva de la f.e.m., como se ve en la figura.

Estas relaciones de situación espacial pueden ponerse también de manifiesto por medio de vectores giratorios (fig.39, d). El vector  $\phi_1$  es igual al valor máximo del flujo

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

que abraza la espira; y el vector  $E_a$  es igual al máximo valor de la f.e.m. inducida. A cada posición de estos dos vectores giratorios corresponde una posición distinta de la espira del inducido con relación a los polos inductores. El valor instantáneo de una de las cantidades  $\phi_1$  o  $E_a$  se encuentra proyectando el vector correspondiente sobre el eje YY. Se ha visto que el flujo  $\phi_1$  alcanza su valor máximo a  $90^\circ$  de espacio antes que la f.e.m.  $E_a$ .

Las figuras 39 (c) y (d) son diagramas de fase y espacio. La figura 39 (c) representa el flujo que abraza la espira y la f.e.m. inducida en la espira para distintas posiciones de la espira en el espacio cuando se mueve con relación a los polos inductores. La figura 39 (d) representa estas mismas cantidades por medio de vectores giratorios.

Aun cuando el flujo  $\phi_1$  que abraza la espira del inducido y la f.e.m. inducida  $E_a$  varían con la posición que la espira toma en el espacio, varían también según su posición en el tiempo. Cuando la espira se traslada a lo largo de los 360 grados eléctricos de espacio con relación a los polos, la f.e.m. recorre 360 grados eléctricos de tiempo. El tiempo durante el cual lo hace es  $1 : f$  seg. siendo  $f$  la frecuencia en períodos por segundo. Por lo tanto, el tiempo requerido para que la espira recorra un determinado número de grados eléctricos de espacio es igual al tiempo requerido para que la f.e.m. recorra el mismo número de grados eléctricos de tiempo. Por esta razón, suelen combinarse un diagrama de fase y espacio con otro de fase y tiempo, del mismo modo que una variación angular de la f.e.m. puede transformarse en una variación en el tiempo de la misma f.e.m. Los diagramas de fase y espacio de las figuras 39 (c), (d) pueden considerarse igualmente como diagramas de fase y tiempo.

### **Diagramas vectoriales de espacio y tiempo**

Consideremos el caso de que la corriente esté en fase con la f.e.m. inducida  $E_a$ . En la figura 26, que es el diagrama vectorial de la f.m.m. en el caso en que la corriente esté en fase con  $E$ , f.e.m. en vacío, la f.m.m. del inducido  $A$  tiene un retraso de  $90^\circ$  con relación a la f.m.m.  $F_1$  en vacío. Sin embargo, cuando circula corriente de intensidad  $I$  en el inducido, el flujo se desplaza un ángulo  $\beta'$ , por efecto de la reacción del mismo, pasando de su dirección en vacío a su dirección con retraso de fase (fig. 26). Por consiguiente, la f.e.m. inducida  $E_a$  con carga alcanza su valor máximo con retraso de  $\beta'$  con relación a la f.e.m. en vacío  $E$ . Si la corriente está en fase con  $E_a$ , la primera alcanzará su valor máximo más tarde en el tiempo definido por un ángulo  $\beta$  que diferirá algo del  $\beta'$  porque la corriente está ahora en fase con  $E_a$  en lugar de estarlo con  $E$ . Luego el vector  $F$  de la figura 26 y su flujo correspondiente  $\phi$  se apartarán de  $F_1$  y  $\phi_1$  un ángulo  $\beta$  en la dirección de las agujas del reloj, como se ve en las figuras 40 y 41. En la figura 40,  $\phi_1$  es el flujo en vacío como en la figura 39 (c), y  $\phi$  es el flujo resultante desviado  $\beta^\circ$  a la derecha de  $\phi_1$ . La curva de la f.e.m. inducida  $E_a$  se retrasa ahora  $90^\circ$  y la curva de la intensidad  $I$ , en las condiciones indicadas, está en fase con  $E_a$  y, por tanto,  $I$  está también en retraso de  $90^\circ$  respecto a  $\phi$ .

En el diagrama vectorial (figura 41), las f.m.m.  $F_1$  y  $F$  producen los flujos  $\phi_1$  y  $\phi$  (fig. 40). La f.e.m.  $E_a$  tiene un retraso de  $90^\circ$  respecto a  $\phi$  y, por consiguiente, igual retraso con relación a  $F$ . Si la corriente estuviera en fase con la f.e.m. en vacío  $E$ , de acuerdo con la figura 26, la reacción del inducido estaría en retardo de  $90^\circ$  respecto a  $F_1$ , como se indica con trazos en  $A$ , (figura 41). Sin embargo, la f.m.m. del inducido  $A$



**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

se retrasa ahora  $90^\circ$  con respecto a la f.m.m. resultante  $F$ , como está indicado, con lo que la posición geométrica de  $A$  se sitúa en fase con  $E_a$ .  $I$ , como vector tiempo, está también en fase con  $E_a$ , luego  $A$ ,

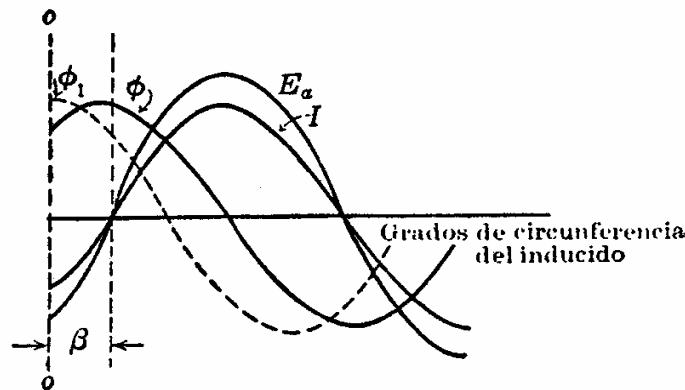


Fig. 40. Relación entre flujos, f.e.m. y corrientes.

está en fase con  $I$ . También se puede considerar  $I$  como vector espacio. Es decir, la curva de la intensidad  $I$  (fig. 40) puede considerarse como representación de los valores instantáneos de dicha intensidad para distintas posiciones de la espira a lo largo del inducido, como se hizo con  $E_a$  (fig. 39). También el flujo producido por la f.m.m. del inducido  $A$  cuando actúa solo atraviesa una espira cualquiera del inducido en condiciones que son función del tiempo, como ocurría con  $\phi_1$  (fig. 184); luego,  $A$  puede considerarse también como un vector tiempo.

Cuando la corriente se sitúa a  $90^\circ$  detrás de la f.e.m. inducida  $E_a$ , la reacción del inducido está exactamente en oposición al campo resultante (figs. 27 y 28.). La figura 42 representa el diagrama vectorial de f.m.m. y de f.e.m. para este caso.

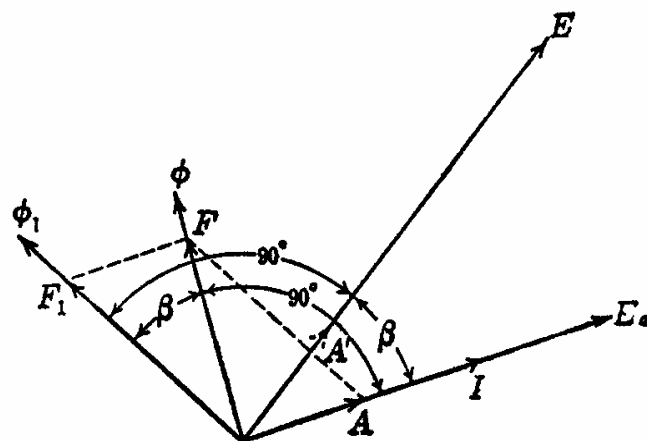
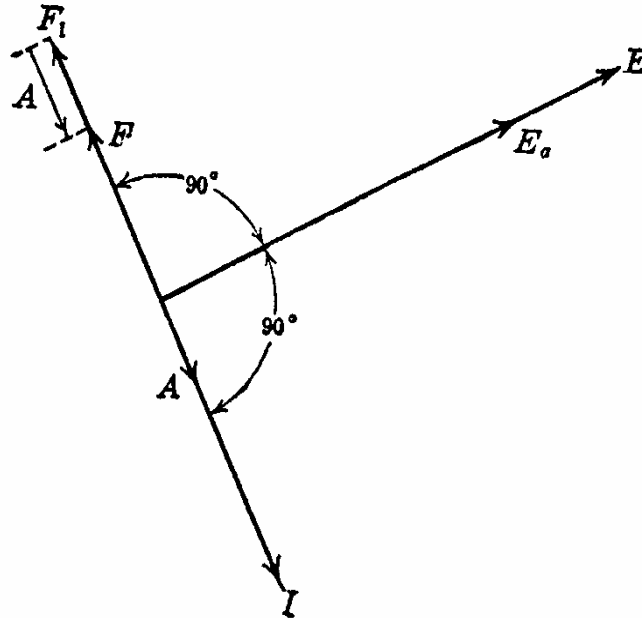


Fig. 41. Diagrama vectorial de las f.m.m. y f.e.m. del alternador

Sea  $F_1$  la f.m.m. en vacío y  $A$  la f.m.m. del inducido en oposición (ver figura 28). La f.m.m. resultante es  $F$ , y se determina por la suma vectorial de  $F_1$  y  $A$ . Los flujos que corresponden a  $F_1$  y a  $F$  se han omitido, pero pueden suponer proporcionales a estas f.m.m. y en fase con ellas. Según las f.e.m. inducidas  $E$  y  $E_a$  tienen un retardo de  $90^\circ$  con respecto a  $F_1$  y  $F$ , y están en fase entre sí. La intensidad  $I$  se supone con retardo de  $90^\circ$  respecto a  $E_a$  y, por tanto, otra vez,  $I$  está en fase con  $A$ .

Las figuras 41 y 42 hacen ver que en los diagramas vectoriales de los alternadores, el vector  $A$  de la f.m.m. del inducido está en fase con el vector intensidad  $I$ .

También en las figuras 41 y 42,  $F_1$  y  $F$  constituyen con  $A$  un diagrama espacial



de vectores de f.m.m., como los de las figuras 28, 30, 33 (b).

Fig. 42. Relación entre las f.e.m. inducidas y las f.m.m. del inductor de un alternador, para corriente con retardo de fase de  $90^\circ$ .

$E_a$  es también un vector espacio en las condiciones de las figuras 39 (c), (d), y 40, en las que su valor es función de la posición en el espacio de la espira. Como el flujo resultante que abrazan las espiras del inducido varía con el tiempo, por consiguiente, su vector de f.m.m.  $F$  pueden considerarse también como vector tiempo.  $E_a$  es asimismo un vector tiempo, como lo son  $I$  y  $E$ , de manera que  $E_a$  puede componerse con ellos. Luego,  $E_a$  y  $F$  o  $\phi$  pueden considerarse como lazos de unión entre el diagrama espacial de f.m.m. y el diagrama de tiempo de intensidades de corriente y f.e.m. Los diagramas de espacio y de tiempo pueden combinarse, por la tanto, en un solo diagrama, como se hace en las figuras 41 y 42.

En las figuras 32 y 33 se supone que es el inductor el que gira, mientras que en otras figuras se considera que es el inducido. La suposición que se hace en cada caso parece la que mejor se adapta a la reacción particular que se analiza. Sin embargo, no importa cuál de los dos elementos es el que gira, ya que el funcionamiento del alternador depende sólo del movimiento relativo entre el inductor y el inducido. Las conclusiones a las que se ha llegado son, por lo tanto, aplicables a los alternadores, tanto si gira el inductor como si lo hace el inducido.

### Método general

Para aplicar este método de determinar la regulación, han de conocerse de antemano los valores de la reacción del inducido y de su reactancia. La reacción  $A$  del inducido puede calcularse con precisión por medio de la fórmula ( $A = 0.9 k_b k_p NI$  amperio-vuelta por polo.) La reactancia del inducido puede calcularse o medirse. Ambas pueden determinarse por medio del diagrama de Potier.

Consideremos la figura 43, en la cual se dan la tensión  $V$  en los terminales del inducido, el factor de potencia  $\cos \theta$  y la intensidad de la corriente  $I$ , generalmente expresadas por sus valores nominales. Los vectores  $V$  e  $I$  están, por consiguiente, determinados. Las caídas de tensión  $IR$  e  $IX$  se suman vectorialmente a  $V$  (fig. 35), para dar la f.e.m. inducida con carga,  $E_a$ . El flujo que inducirá la f.e.m.  $E_a$  está en avance de  $90^\circ$  con relación a esta f.e.m.; en el diagrama, la f.m.m.  $F$  que produce este flujo se halla por medio de la curva de saturación correspondiente a  $E_a$ .

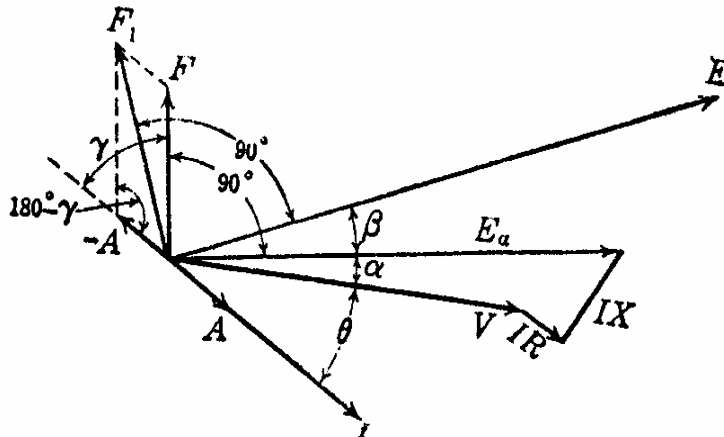


Fig. 43. Diagrama vectorial para el método general.

La f.m.m. de la reacción del inducido  $A$  está en fase con  $I$  (figs. 41 y 42). El campo aplicado  $F_1$  se halla sumando vectorialmente  $-A$  y  $F$ . La f.e.m. en vacío  $E$  calculada se deduce de la curva de saturación, correspondiendo su valor a los amperios-vuelta  $F_1$  y a un retraso de  $90^\circ$  de  $E$  respecto a  $F$  (fig. 41). Si  $F_1$ ,  $A$  y  $F$  se expresan en amperios-vuelta, pueden transformarse fácilmente en valores en función de la intensidad de la corriente, dividiéndolos por  $N_f$ , número de espiras por polo. La regulación es entonces  $(E - V) : V$ .

Aunque este método da resultados más precisos que el método de la f.m.m. o de la impedancia sincrónica, estos métodos menos exactos se prefieren en muchos casos, debido a su mayor sencillez.

### Método de la impedancia sincrónica o de la fuerza electromotriz

Suele llamarse éste el método pesimista, porque con su aplicación se obtienen para la regulación valores peores que los que realmente se producen.





Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordó de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.

impedancia sincrónica puede descomponerse en  $I_1' R$ , si  $R$  es la resistencia real del inducido, e  $I_1' X_s$  si  $X_s$  es la reactancia sincrónica del mismo.

Evidentemente

$$Z_s = E_1 / I_1'$$

$$X_s = (Z_s^2 - R^2)^{1/2}$$

En la práctica,  $R$  es pequeña comparada con  $Z_s$  y están casi en cuadratura, de modo que  $X_s$  tiene un valor muy próximo a  $E_1 / I_1'$ . El valor de la reactancia sincrónica depende en gran manera del grado de saturación del hierro. Por ejemplo, para densidades de flujo reducidas, la f.m.m. del inducido producirá un efecto mucho mayor

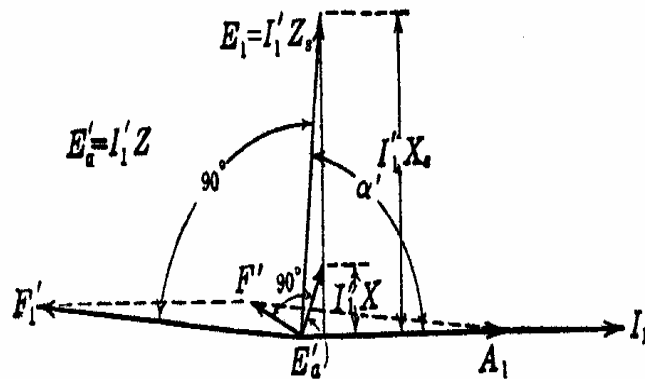


Fig. 46. Diagrama vectorial del alternador en corto circuito.

sobre el circuito magnético que si el hierro estuviese saturado. En el caso de corto circuito, por lo tanto, como sobre el hierro actúa una baja densidad de flujo, la reactancia sincrónica será demasiado grande. La variación de la impedancia sincrónica con la corriente de excitación está representada en la figura 45. Cuando el hierro se va saturando, la impedancia sincrónica decrece. En las condiciones de funcionamiento, el hierro está mucho más saturado que en el régimen de corto circuito del ensayo. Con el fin de acercarse lo más posible a las condiciones de funcionamiento, es conveniente alcanzar el valor de la impedancia sincrónica correspondiente al valor más alto posible de la corriente del inducido, como el  $I_1'$  (fig. 45). También se puede determinar la impedancia sincrónica para un valor muy bajo del factor de potencia, correspondiente al régimen de corto circuito, como indica la figura 46, en la que el ángulo  $\alpha'$ , que forman la intensidad y la f.e.m.  $E_1'$  se acerca a  $90^\circ$ . La corriente en el inducido es máxima, por lo tanto, cuando los ejes de sus espiras están casi frente a los ejes de los polos, como en la figura 27. En este caso y con polos salientes, la permeancia del circuito magnético es máxima, de modo que el valor de la impedancia sincrónica así determinado es excesivo y esencialmente mayor que para cualquiera otra posición de la espira, como indica, por ejemplo, la figura 25 .

De lo que antecede se deduce que el valor de la impedancia sincrónica determinado en corto circuito es excesivo y da un valor demasiado grande de la regulación obtenida calculada. Por esta razón, este método se llama pesimista. Es un

Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordado de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.

método seguro para emplearlo como garantía, porque siempre el alternador regulará mejor que lo que se deduce por el cálculo.

Debe observarse que la impedancia sincrónica  $Z_s$  es prácticamente igual a la reactancia sincrónica  $X_s$  y en la mayor parte de los casos pueden suponerse iguales sin error apreciable.

### Aplicación a los alternadores trifásicos

Los métodos de determinación de las características de un alternador dan resultados mucho más satisfactorios si se aplican a los polifásicos que si se emplean para los monofásicos. Esto se debe a que, con una carga constante equilibrada, la reacción del inducido polifásico es estacionaria y se sitúa en posición invariable respecto a los polos inductores. Por otro lado, la reacción del inducido monofásico es pulsatoria y da lugar a pulsaciones de doble frecuencia que el flujo.

A continuación se expone la aplicación del método de la impedancia sincrónica a los alternadores trifásicos.

En la figura 47 se representan las conexiones para determinar la impedancia sincrónica y la reactancia del inducido. Aunque se representa el alternador acoplado en estrella, la forma de acoplamiento no tiene importancia.

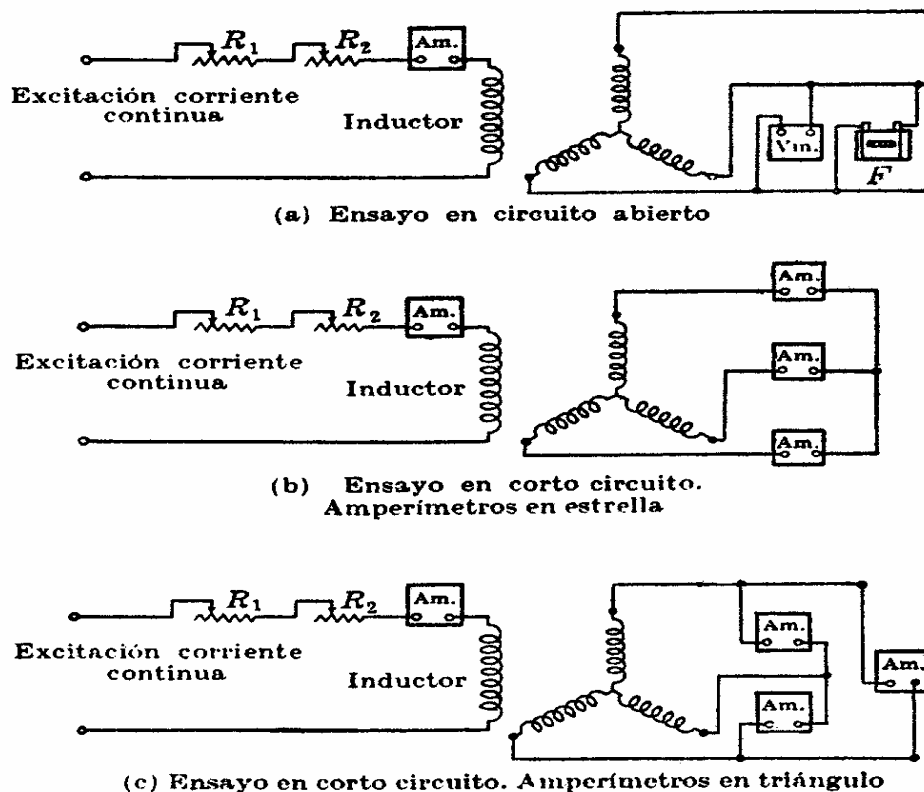


Fig. 47. Conexiones para lo ensayos del alternador en circuito abierto y en corto circuito.

En (a) se, representan las conexiones para el ensayo de un alternador trifásico en circuito abierto. Este método es esencialmente el mismo que el que se usa para las

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

dínamos. El campo se excita por medio de una corriente continua, medida con un amperímetro. El alternador se hace girar a la velocidad de sincronismo y se mide la f.e.m. para distintos valores de la corriente de excitación. Sólo es necesario determinar la f.e.m. de una fase, porque las tensiones de las tres fases deben ser iguales. Puede emplearse un indicador de frecuencia  $F$  para determinar la velocidad del alternador. Suele ser necesaria una resistencia adicional  $R_1$  en el circuito de excitación, para obtener los puntos de la parte más baja de la curva de saturación.

En el ensayo en corto circuito, las tres fases deben estar en corto circuito. Se emplean dos métodos para conectar los amperímetros, haciéndolo en estrella (fig. 47, b), en cuyo caso indican directamente la corriente de la línea, o en triángulo (fig. 47, c), que exige multiplicar las lecturas por  $\sqrt{3} = 1,73$  para obtener la corriente de la línea. Para la conexión en triángulo, la escala de los amperímetros puede ser poco más de la mitad ( $1 : 1,73 = 0,58$ ) de la que necesitan si se conectan en estrella. Se suele tomar la media de las lecturas de los amperímetros, aunque las diferencias entre las tres lecturas deben ser poco diferentes.

Al calcular la regulación de un alternador trifásico, sólo se realizan los cálculos para una de las tres fases. La regulación, el rendimiento, etc., de una fase es semejante a las de las otras dos, porque el alternador es simétrico. Sólo se necesita hacer los cálculos para un circuito monofásico ya explicado. Únicamente se han de tener en cuenta dos casos, según que el alternador esté montado en estrella o en triángulo. En ambos casos solamente se usan los valores de la intensidad de la corriente y la tensión de bobina.

### **Regulación del alternador en estrella**

Es imposible determinar si un alternador está montado en estrella o en triángulo si no se inspecciona el devanado. Afortunadamente, no se establece diferencia en lo que se refiere a la manera de calcular la regulación. Se puede suponer uno de los dos casos y el resultado será el mismo si se ejecuta debidamente el trabajo.

Supongamos que esté montado en estrella. La tensión de bobina es igual a la de línea dividida por  $\sqrt{3}$ . La intensidad de la corriente de bobina es la misma que la de línea.



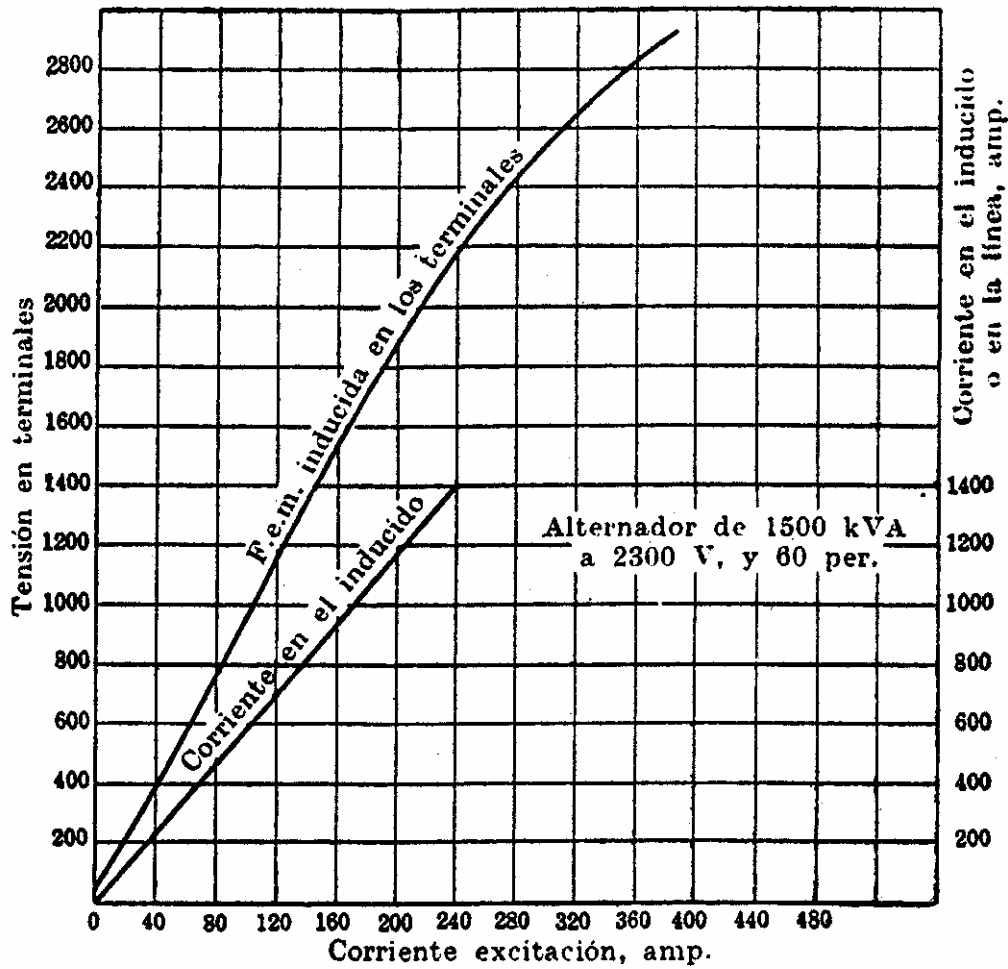
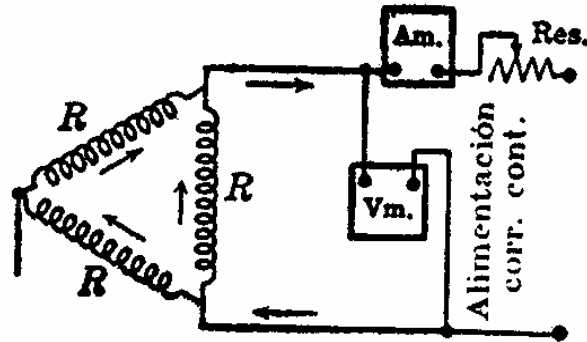


Fig. 48. Características de circuito abierto y de corto circuito de un alternador de 1500Kva.

### Regulación del alternador en triángulo

En este caso, la tensión de la línea es igual a la de la bobina, pero la intensidad bobina es la de línea principal dividida por  $\sqrt{3}$ . Los amperímetros conectados en triángulo



miden directamente la corriente de la bobina.

Fig. 49. Medición de la resistencia de bobina en triángulo con corriente continua.

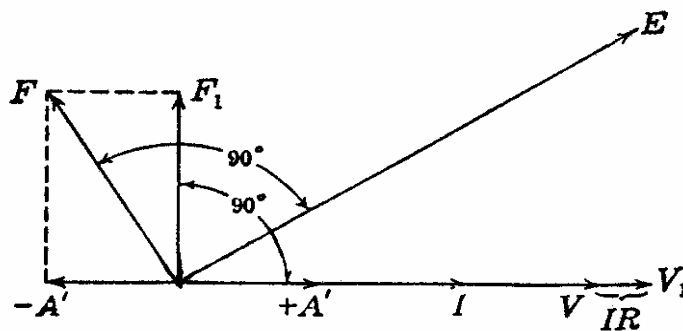
La figura 49 representa un esquema de conexiones de montaje en triángulo, empleado para medir la resistencia óhmica con corriente continua. Sea  $R$  la resistencia por bobinado y  $R_0$  la resistencia entre dos terminales cualesquiera. El circuito comprende dos ramales en paralelo, uno de  $R$  ohmios y otro de  $2R$  ohmios.

Por lo tanto  $1/R_0 = 1/R + 1/2R$  de donde  $R = 3/2 R_0$ .

Por lo tanto, para el cálculo de la regulación de los alternadores es indiferente suponer que el montaje es en estrella o en triángulo.

### Método de la fuerza magnetomotriz

En el método de la impedancia sincrónica se substituye una reacción de inducido o una f.m.m. por una tensión. En este método se substituye una tensión por una f.m.m. y precisamente la caída  $IX$  en el inducido del alternador. En otras palabras, se considera nula la reactancia de dispersión del inducido, pero se aumenta la reacción del mismo para compensar esta anulación.



**Proyecto fin de carrera: "Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas". Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

Fig.50. Diagrama vectorial para el método de la f.m.m., con factor de potencia unidad.

La aplicación de este método requiere realizar un ensayo en corto circuito y otro en circuito - abierto, por lo que en este aspecto es similar al de la impedancia sincrónica. La figura 50 representa el principio del método. El diagrama se ha trazado para factor de potencia unidad.  $V$  es la tensión entre los terminales. A ésta se le agrega la caída de tensión  $IR$ , obteniéndose la tensión  $V_1$ . Se requiere cierta f.m.m. en la excitación  $F_1$  para producir esta tensión  $V_1$ . El valor de esta f.m.m. expresada por la corriente excitatriz se determina por medio de la curva de saturación (fig. 51). Se encuentra el valor de la corriente de excitación  $F_1$  que corresponde a  $V_1$ . Se traza  $F_1$  formando

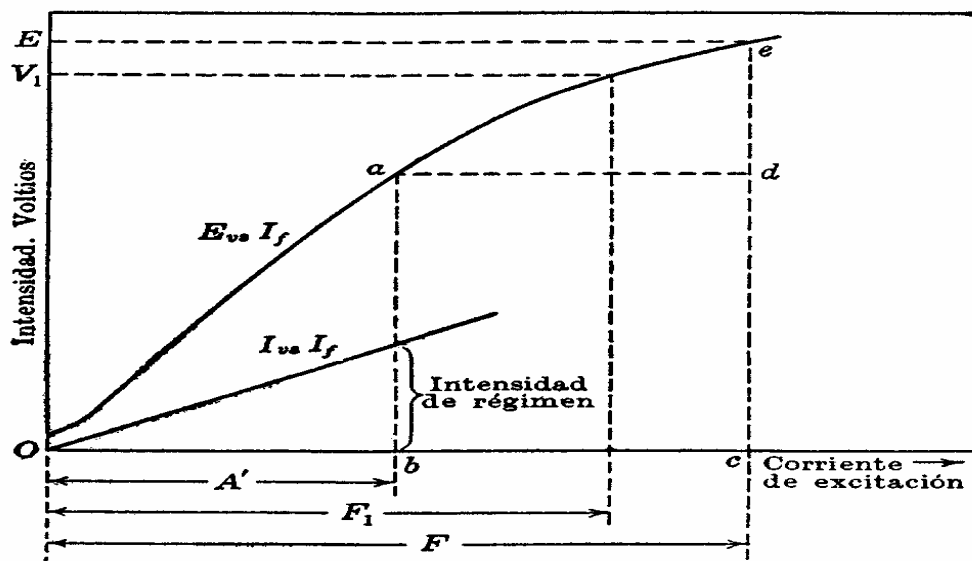


Fig. 51. Ensayos en circuito abierto y en corto circuito para el método de la f.m.m.

un ángulo recto con  $V_1$  y en avance con relación a ésta, del mismo modo que una f.m.m. tiene un avance de  $90^\circ$  sobre la f.e.m. que su flujo induce. En el ensayo en corto circuito se ajusta la corriente de excitación hasta que circule la corriente nominal. Se obtiene entonces en la figura 51 el valor correspondiente  $A'$  de la corriente excitatriz. La f.m.m. representada por esta corriente es la necesaria para hacer circular la corriente nominal por el inducido venciendo su reactancia y su reacción, si la resistencia fuese despreciable. Esta f.m.m.  $A'$  reemplaza el efecto combinado de la reactancia de dispersión y de la reacción del inducido. Se traza formando un ángulo de  $180^\circ$  con la corriente, como el vector  $-A'$ , de la figura 50. (La f.m.m. total que se supone que produce la caída total de tensión es  $+A'$ . La componente que ha de equilibrarla es  $-A'$ .) La f.m.m. resultante es  $F$ , que, para factor de potencia unidad, es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de  $F_1$  y  $-A'$ .

Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.

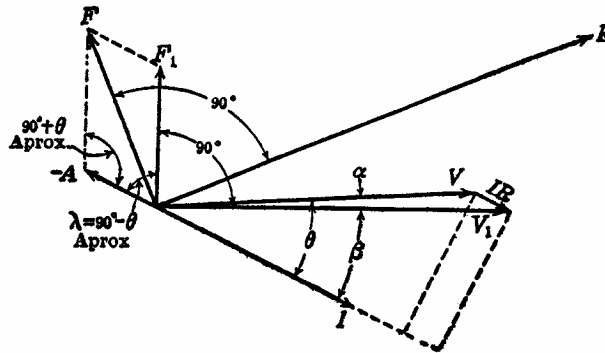


Fig. 52. Diagrama vectorial para el método de la f.m.m. con corriente retardada

F es la f.m.m. que existe en vacío en las condiciones supuestas. La f.e.m. en vacío E está en retardo de  $90^\circ$  respecto a F (fig. 50) y se determina por medio de la curva de saturación como correspondiente a la corriente de excitación F (fig. 51).

Para abreviar el método en el caso de factor de potencia unidad, la caída IR se agrega a la tensión en los terminales, y la intensidad de la corriente excitatriz correspondiente a esta suma se determina por medio de la curva de saturación. Se pone luego el alternador en corto circuito y se obtiene la corriente de excitación necesaria para hacer circular la corriente nominal por el inducido. Se calcula la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de estas dos corrientes excitatrices. El valor de la f.e.m. que corresponde, en la curva de saturación, a esta corriente de excitación resultante, es la que se supone que es la f.e.m. en vacío del alternador .

Cuando el factor de potencia es menor que la unidad, el diagrama se parece al de la figura 52.

La tensión  $V_1$  es la suma vectorial de V e IR. Este valor se halla fácilmente por cálculo proyectando las componentes sobre el vector intensidad. Así

$$V_1 = ((V \cos \theta + IR)^2 + (V \sin \theta)^2)^{1/2}$$

En la mayoría de los casos es suficientemente aproximada la suma aritmética de V e IR.

El valor del ángulo  $\alpha$  se encuentra determinado el ángulo  $\beta$

$$\text{Sen } \beta = V \sin \theta / V_1$$

$$\alpha = \theta - \beta.$$

Por lo general,  $\alpha$  es tan pequeño que puede despreciarse.

El vector  $F_1$  está en avance de fase de  $90^\circ - \alpha^\circ$ , con respecto al V, pero  $\alpha$  se desprecia. El vector reacción del inducido  $-A'$  forman un ángulo de  $180^\circ$  con el vector intensidad. Geométricamente, el ángulo entre  $-A'$  y  $F_1$  es:

$$\begin{aligned} \lambda &= 180^\circ - (90^\circ + \theta - \alpha) \\ &= 180^\circ - (90^\circ + \theta) \text{ aprox.} \\ &= 90^\circ - \theta. \text{ Aprox.} \end{aligned}$$

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

Y según las formulas de los triángulos oblicuángulos:

$$F^2 = F_1^2 + A^2 - 2 F_1 A \cos (90^\circ + \theta).$$

La f.e.m. E correspondiente a F y hallada por medio de la curva de saturación (fig. 51) es la f.e.m. en vacío del alternador.

Debido a la baja saturación correspondiente al corto circuito, una f.m.m. dada producirá un incremento de flujo mayor que la que produciría en condiciones de marcha normal, en las que la saturación del hierro es mayor. La f.e.m. correspondiente a un aumento dado de f.m.m. en corto circuito será mucho mayor, por lo tanto, que la f.e.m. correspondiente a un aumento igual de f.m.m. tomado en una parte más alta de la curva de saturación, lo que se comprende observando la figura 51. En corto circuito, la f.e.m. ab corresponde a la f.m.m. A'. La f.e.m. adicional de corresponde a una f.m.m. bc igual a A', pero tomada en una parte más alta de la curva de saturación. La f.e.m. de es evidentemente mucho menor que la f.e.m. ab. Por lo tanto, la parte de la f.m.m. A' que reemplaza a una f.e.m. es demasiado pequeña trabajando en carga. La f.e.m. en vacío E, hallada por medio de la curva de saturación es, pues, demasiado baja, y la regulación dada por este método es de ordinario menor que la real. Por esta razón suele llamarse éste el método optimista. Puede comprobarse este hecho que la regulación que se obtuvo por el método de la impedancia sincrónica es mayor mientras que el obtenido por el método de la f.m.m. es menor.

La parte de la f.m.m. A' que es efectivamente reacción del inducido es demasiado elevada en corto circuito, debido a la baja saturación y a la posición favorable de las espiras del inducido con relación a los polos inductores. Como en el método de la impedancia sincrónica, este factor tiende a dar un valor excesivo de la regulación. Estas dos causas de error tienden a compensarse en el método de las f.m.m., mientras que producen errores del mismo sentido en el método de la impedancia sincrónica. El método de la f.m.m., por lo tanto, da por lo regular resultados que se acercan más a la regulación real que los del método de la impedancia sincrónica. El valor efectivo de la regulación del alternador se halla generalmente entre los dos valores que se han determinado. Si la curva de saturación fuese una recta, ambos métodos darían aproximadamente el mismo resultado.

### **Diagrama de Potier**

Se demuestra que es excesivo el valor de la reactancia sincrónica determinada en corto circuito, porque se obtiene con baja saturación del circuito magnético del alternador. Por esta razón, la reactancia sincrónica determinada en tales condiciones se denomina reactancia sincrónica no saturada. Existen métodos para determinar la reactancia sincrónica, en los que se tiene muy en cuenta la saturación. Entre ellos se halla el método de Potier. En la figura 53 se representa el diagrama vectorial de un alternador para un valor bajo del factor de potencia, con corriente en retraso de casi 90° respecto a la tensión

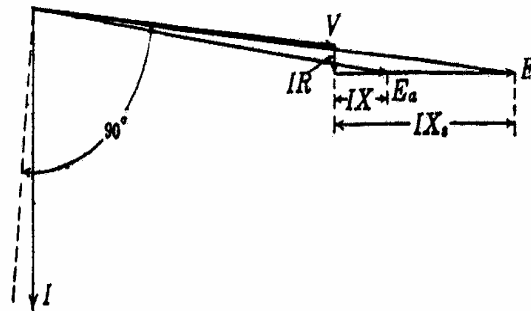


Fig. 53. Diagrama vectorial del alternador con bajo factor de potencia.

en los terminales. Obsérvese que los vectores tensión  $V$  en los terminales, f.e.m. inducida  $E_a$  y f.e.m. excitación  $E$  están casi en fase los tres. El vector caída de tensión  $IR$  es pequeño y forma prácticamente un ángulo de  $90^\circ$  con los de las otras tensiones, por lo que ejerce un efecto despreciable sobre la suma y su diferencia de éstas, de modo que:

$$IX_s = E - V$$

$$IX = E_a - V.$$

En el método de Potier se determinan una curva de saturación en vacío  $OAG$  y otra curva de saturación  $EBF$  con factor de potencia nulo o cercano a cero, y ambas ordinariamente para la corriente nominal (figura 54). La curva con factor de potencia bajo se puede obtener utilizando como carga un motor sincrónico con muy baja excitación, que funciona correctamente con una tensión inferior al 50 %. Si el motor sincrónico puede accionarse mecánicamente para compensar sus pérdidas, pueden obtenerse las características completas para tensión nula y para factor de potencia nulo. Las dos curvas de saturación (fig. 54) deben ser semejantes, puesto que en ambas el circuito magnético es el mismo, lo que se confirma en el alternador de polos salientes de la figura 27, que muestra

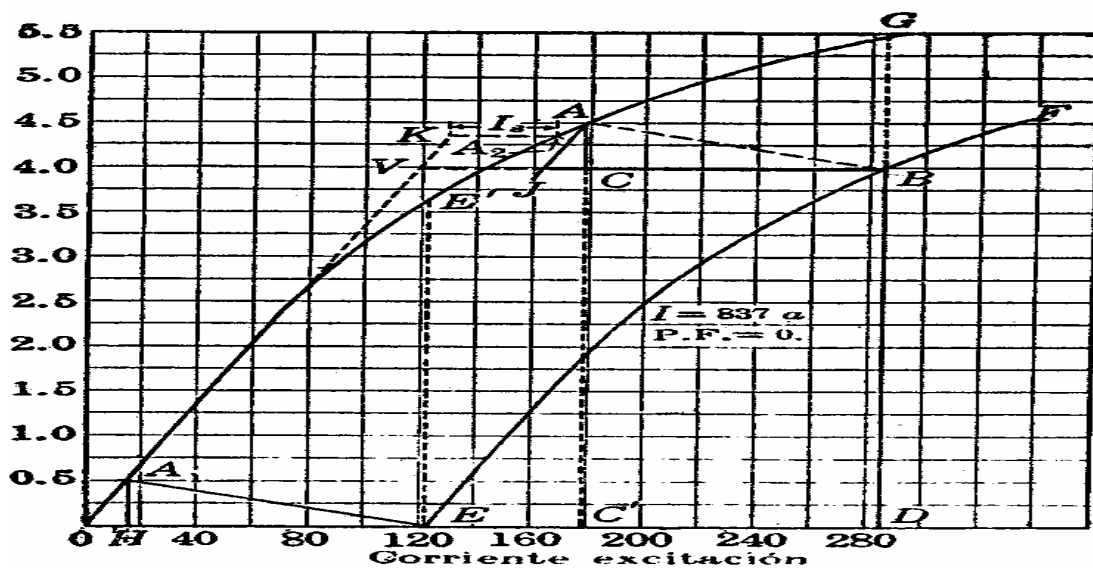


Fig. 54. Características de circuito abierto y de bajo factor de potencia de un alternador.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordado de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

que, para factor de potencia nulo, la f.m.m. del inducido actúa directamente sobre los mismos polos oponiéndose directamente a la f.m.m. de éstos. Por tanto, las dos curvas (fig. 54) deben ser semejantes y una de ellas debe correrse horizontalmente con respecto a la otra, debida a la f.m.m. de la reacción del inducido (en función de la corriente de excitación)  $I$ . No es, pues, necesario obtener los valores inferiores de la característica de factor de potencia bajo, porque las partes superiores de las dos curvas pueden superponerse y la parte inferior de la curva de factor de potencia bajo es idéntica a la porción correspondiente de la curva en vacío. En realidad, como las dos características son semejantes y paralelas, con un par de puntos de la parte superior de la curva de factor de potencia bajo se puede trazar, por superposición, la característica de funcionamiento en vacío. La parte inferior de la característica de factor de potencia bajo es una línea recta, de modo que también puede trazarse con completa exactitud. Con respecto a la figura 54, en la que aparecen las dos características de un alternador de 10000 Kva. a 6900 voltios, 514 r.p.m. y 60 periodos, movido por turbina hidráulica, es de notar que OE es la corriente excitatriz que produce la corriente de régimen en corto circuito (ver figs. 46 y 51).

Son los puntos A de la característica de marcha en vacío OAG, y B de la característica de factor de potencia bajo EBF, los correspondientes al mismo grado de saturación. Es decir, si la curva EBF se corriera de modo que el punto B coincidiera con el A, manteniéndose paralelos los ejes coordenados, las dos curvas coincidirían. Tracemos BC paralela al eje horizontal y AC paralela al eje vertical. Puesto que ambos puntos A y B corresponden al mismo grado de saturación, la f.m.m. neta que actúa en el circuito magnético debe ser la misma en los dos casos. La f.m.m. total de inducción correspondiente al punto B es OD, y la correspondiente a C es OC'. Si las f.m.m. netas deben ser las mismas, la f.m.m.  $BC = DC'$  debe ser la f.m.m. A de desimanciación del inducido. La curva EBF da la tensión en los terminales y la curva OAG la f.e.m. inducida. Si los puntos B y C se superponen corriendo la curva EBF hacia la izquierda, paralelamente a sí misma, la reacción del inducido se eliminará. La tensión en los terminales para factor de potencia nulo sería  $DB = C'C$ . Como la correspondiente f.m.m. es OC', la f.e.m. inducida correspondiente a la tensión en los terminales CC' será C'A. La diferencia AC entre la f.e.m. inducida y la tensión en los terminales debe ser, pues, la caída de tensión IX (fig. 53). Luego, con el triángulo de Potier ABC es posible determinar la reacción del inducido y su reactancia de dispersión para cualquier punto de la curva de saturación.

Para determinar los puntos A y B, que corresponden a la misma saturación, debe trazarse la curva EBF sobre papel transparente y superponerla para: que coincida con la OAG. Colocando un alfiler en A se situará B. Este método no suele ser muy exacto, especialmente para baja saturación, porque la coincidencia de las curvas no es difícil. Otro método es el siguiente: como que las curvas OAG y EBF son paralelas, los triángulos de Potier ABC y  $A_1EH$  deben ser iguales.  $A_1O$ , por corresponder al principio de la curva de saturación, es una recta. Tracemos BJ igual a EO y por J la paralela JA (A es desconocido) a la parte inicial de la curva de saturación. La intersección de JA con la curva OAG será el punto A. Como comprobación, el punto A de la curva de saturación debe encontrarse sobre la paralela trazada por B a  $EA_1$ .

Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.

### Método de la «American Standards Association»

En la figura 54, DB es la tensión en los terminales para factor de potencia nulo y corriente de excitación de intensidad OD, y DG es la f.e.m. E correspondiente para marcha en vacío. Luego, según la figura 53, GB = E - V es igual a  $IX_s$  para este grado de saturación, y, por consiguiente, la reactancia sincrónica a saturación valdrá  $X_s = GB : I$ . Por ejemplo, en la figura 54, GB = 1470 voltios. Luego

$$X_s = 1470 / 837 = 1,76 \text{ ohmios.}$$

La reactancia sincrónica no saturada, tal como la obtenida por el método de la impedancia sincrónica, también puede determinarse, OE da el valor de la corriente de excitación para corriente de régimen en el inducido en corto circuito. La f.e.m. en circuito abierto que corresponde a OE es EE'. Luego, la reactancia sincrónica no saturada  $X_s = EE' : I$  será  $3670 : 837 = 4,39$  ohmios, o 2,5 veces aproximadamente el valor de la reactancia saturada. Esto explica los errores que produce la saturación en los distintos métodos. La caída IR en el inducido, en ángulo recto con la caída debida a la reactancia que muy pequeña, puede despreciarse.

En el método dado por la «AIEE Standard» de 1925, la reactancia sincrónica a saturación se determinaba por diferencia entre las curvas (figura 54), como se ha descrito antes, y luego se empleaba para obtener la regulación. Este método ha sido mejorado por el de la «ASA», publicado por vez primera en 1936 y luego en 1943. Este método es, en realidad, el de la f.m.m., aplicado al caso de que no exista saturación, despreciando la resistencia y corrigiendo el resultado para tener en cuenta la saturación.

En la figura 55, OP es el eje de corrientes en el inducido y también en el inductor, con respecto a las cuales la tensión en los terminales tiene un adelanto de fase  $\theta$ , siendo  $\cos \theta$  el factor de potencia de la carga.

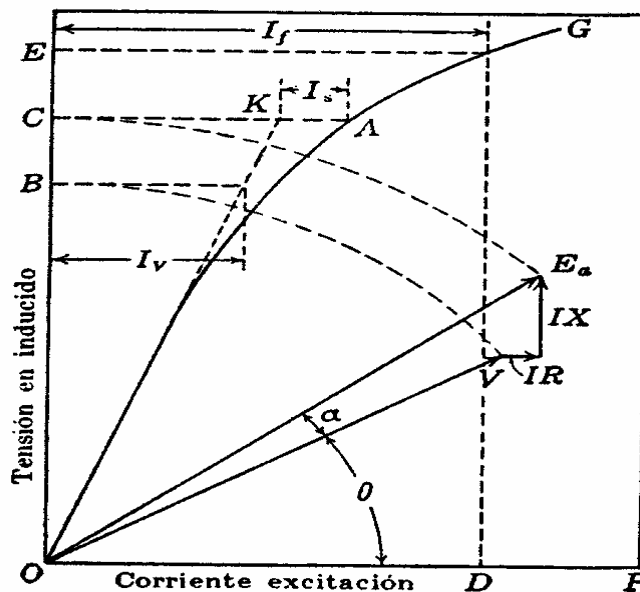


Fig. 55. Curva de saturación y vectores en el método de la ASA.



**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

Entonces se suman vectorialmente  $IR$  e  $IX$  para obtener la f.e.m. inducida  $E_a$ , siendo  $X$  la reactancia de dispersión determinada por medio del segmento  $AC$  del diagrama de Potier (fig. 54).  $OG$  es la curva de saturación en vacío.  $OK$  es tangente a la parte recta de la curva de saturación y se llama recta del entrehierro. La diferencia horizontal entre la recta del entrehierro y la curva de saturación para cualquier valor de la f.e.m. es la medida de la saturación correspondiente a esta f.e.m. Se trazan, tomando el origen como centro, arcos de radio  $OB = V$  y  $OC = E_a$ . El segmento  $I_v$  es la f.m.m. del inductor necesaria para generar  $V$ , si no hubiera saturación. (En la discusión de este método, las f.m.m. se darán en función de la corriente de excitación.) La recta  $CA$  se traza paralelamente al eje de abscisas. La distancia  $KA = I_s$  es el incremento de f.m.m. que se requiere para tener en cuenta la saturación cuando la f.e.m. es  $E_a$ .

En la figura 56,  $I_f'$  es la corriente de excitación necesaria para producir la de régimen en el inducido en corto circuito, que en la figura 54 es igual a  $OE$  y en la 51 igual a  $A'$ .  $I_v'$  forma un ángulo  $\theta$  con la perpendicular a  $I_f'$  hacia la derecha.  $I_r$  es la resultante de  $I_f'$  e  $I_v$ .  $I_s$  (fig.55) se agrega en fase con  $I_r$ , dando  $I_f = F$ . La f.e.m.  $OE$  correspondiente a  $I_f$  o a  $OD$  (fig. 55) es la f.e.m. en vacío  $E$ . La regulación es entonces  $(E - V) : V$ .

La base del método ASA se da en la figura 57. La tensión  $V$  en los terminales, la intensidad  $I$  con retardo de fase  $\theta$  y la intensidad de la corriente de excitación  $I_f' = A'$  necesaria para producir la corriente nominal en corto circuito, se representan por vectores.

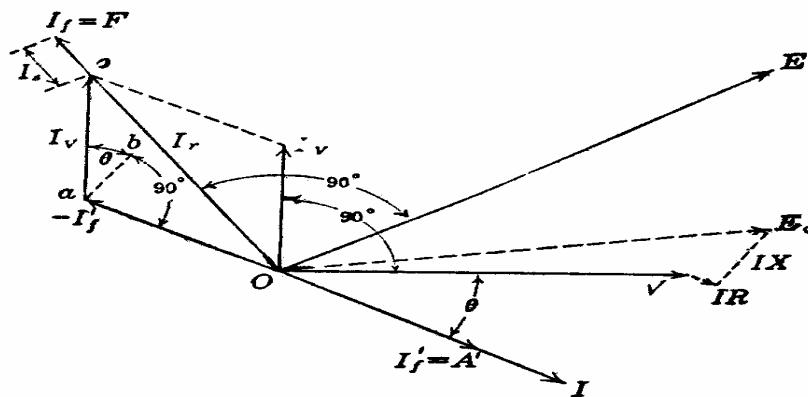


Fig. 57. Diagrama vectorial para el método ASA.

Los vectores  $IR$ ,  $IX$ ,  $E_a$  están representados de trazos, ya que no intervienen de un modo directo. Como en la figura 56,  $I_v$ , que está adelantada  $90^\circ$ , respecto a  $V$  se añade vectorialmente a  $-I_f'$ . Por ser  $ac = I_v$  perpendicular a  $V$ , y  $ab$  perpendicular a  $I$ , el ángulo  $bac$  es igual a  $\theta$ .  $I_r$  es la resultante de  $I$  y  $-I_f'$ , como en la figura 56. El vector  $I$  se suma a  $I_r$  y en fase con él para dar  $I_v = F$ , f.m.m. resultante. Luego, el diagrama vectorial formado con  $Oac$  e  $I_s$  es semejante al de la figura 56, con la sola diferencia de que  $I_v$  se suma a  $-I_f'$  en lugar de hacerlo a  $+I_f'$  situándose  $I_r$  e  $I_f$  hacia arriba y a la izquierda, en lugar de a la derecha.

De lo expuesto se deduce que, para una corriente dada, la regulación depende del factor de potencia. Los valores más altos de la regulación corresponden a los más bajos

Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.

valores del factor de potencia, con corriente en retardo en retardo de fase. Para factor de potencia unidad, el valor de la regulación es el nominal. Cuando la corriente está en avance de fase respecto a la tensión en los terminales tiende a aumentar al aplicar la carga, y la regulación puede anularse e incluso ser negativa.

La figura 58 representa tres curvas típicas del funcionamiento de un alternador en carga, que corresponden a valores del factor de potencia, 1, 0.8 con corriente en retardo de fase y 0.8 con corriente adelantada. La regulación en cada uno de estos es:

$$\text{Regulación} = \frac{ac - ab}{ab}$$

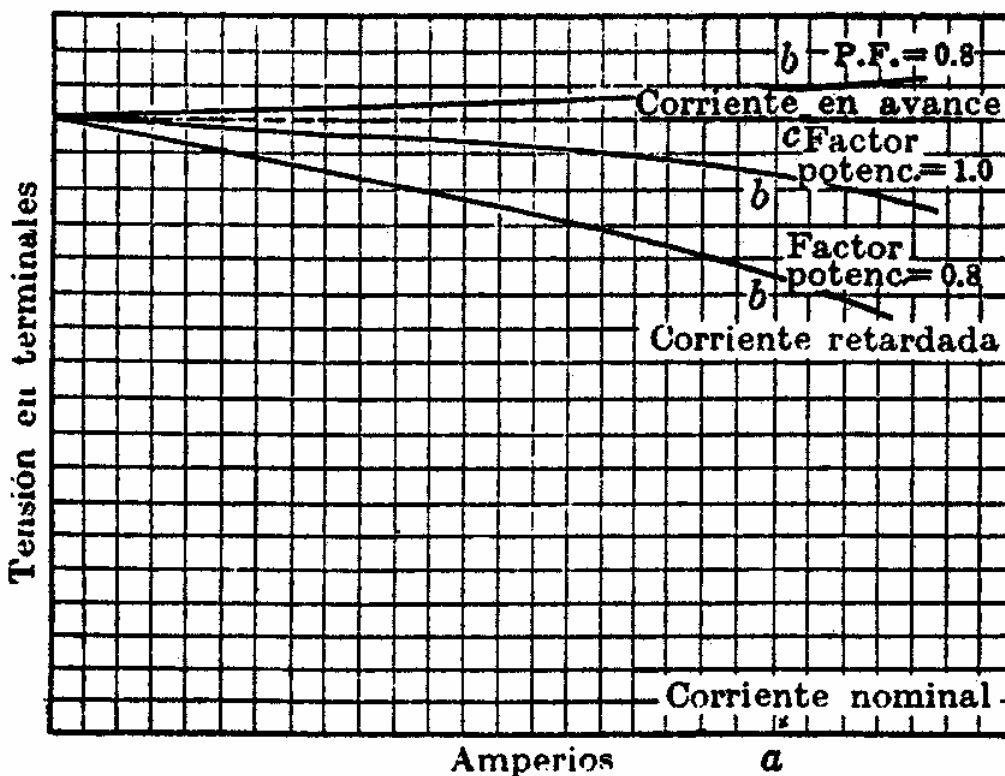


Fig. 58. Características del alternador con distintos factores de potencia.

Debe recordarse bien que, para una potencia útil dada en kilovatios, la regulación para corriente con retardo de fase es siempre peor que la obtenida para una intensidad de corriente útil dada.

Los métodos de Potier y de la «ASA» reducen al mínimo los errores debidos a la saturación. Sin embargo, no tienen en cuenta la amplia variación de la permeancia del entrehierro que se produce en los alternadores de polos salientes. En el método de Blondel, o de las dos reacciones, se tiene en cuenta esta variación. La f.m.m. del inducido se descompone en dos: una componente directa según el eje de los polos, como en la figura 27 y una componente en cuadratura que actúa a 90° eléctricos con relación a la otra o en el espacio interpolar a medio camino entre los ejes de los polos (fig. 25). Debido al bajo valor

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

de la permeancia asociado a la componente en cuadratura, se la multiplica por un coeficiente de corrección. Este método ha sido perfeccionado por Doherty y Nickle dando origen a otro que lleva estos nombres. Una causa de error, que se elimina difícilmente por métodos simples, es que cuando las curvas de f.m.m. no son sinusoidales no pueden representarse correctamente por medio de vectores.

### **Rendimiento de los alternadores**

Lo mismo que con las dínamos, no es fácil medir la potencia absorbida por un alternador. La medida directa del rendimiento mediante la aplicación de una carga real presenta las dificultades de suministrar la potencia necesaria y de encontrar una carga conveniente, por lo que los rendimientos de los alternadores se deducen partiendo de sus pérdidas.

En las normas «ASA» se dividen las pérdidas como sigue:

- a) de la excitación  $I_f^2 R_f$ ;
- b) del reóstato  $I_f^2 R_r$ ;
- c) las eléctricas debidas al contacto en los anillos del rotor;
- d) de la excitatriz;
- e) por rozamiento y resistencia del aire;
- f) por rozamiento mecánico de las escobillas;
- g) por ventilación;
- h) en el núcleo;
- i) en el devanado del inducido,  $I^2 R$ ;
- j) pérdidas adicionales debidas a las corrientes parásitas en el cobre y en el núcleo, ocasionadas por la distorsión del flujo magnético, que produce, la corriente de carga.

Las pérdidas precedentes se corrigen refiriéndolas a  $75^\circ\text{C}$ . a) Las del inductor (=  $P_f$ ) pueden obtenerse multiplicando la intensidad de la corriente de excitación por la tensión en el devanado inductor y son iguales a  $I_f^2 R_f$  si  $I_f$  es la intensidad de la corriente excitatriz y  $R_f$  la resistencia del devanado de los polos; b) la pérdida en el reóstato se puede atribuir a la central y no al alternador; c) en general se desprecia; d) como la b), esta pérdida en la excitatriz puede asignarse a la central y no al alternador; e) las pérdidas por rozamiento y debidas a la resistencia del aire (=  $P_{fw}$ ) son debidas a acciones mecánicas ya que el rotor hace de ventilador. La pérdida por resistencia del aire es elevada cuando el alternador se acciona con turbina de vapor de gran velocidad, aun cuando se reduce notablemente si se emplea refrigeración por hidrógeno. Se define diciendo que es la potencia mecánica necesaria para que el alternador marche a la velocidad nominal sin excitación. Se puede medir empleando un electromotor auxiliar y determinando la potencia que absorbe cuando está y cuando no está acoplado al alternador, haciendo la corrección correspondiente a la variación de pérdidas en el motor; f) queda incluida en e); g) pérdida por ventilación (=  $P_v$ ) es la potencia absorbida para hacer circular el aire de refrigeración, que se suma a la resistencia del aire: Si existen conductos largos exteriores al alternador, no se incluyen las pérdidas en ellos; h) pérdidas en el núcleo (=  $P_{cl}$ ) se deben a las corrientes parásitas y a la histéresis producidas por el campo magnético principal. Es la diferencia entre las potencias

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordado de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

necesarias para mover el alternador con excitación y sin ella. En la norma 50 de la «ASA», Regla 2112, se establece que el alternador se excitará de manera que la tensión en los terminales corresponda a la f.e.m. interna calculada, que es igual a la tensión nominal en los terminales, corregida para tener en cuenta la caída de tensión que produce la resistencia sola. Como el flujo en el entrehierro se determina por medio de la f.e.m. inducida interna parece más correcto proceder así.

i) Pérdidas en el inducido ( $P_R = I^2R$ ) que están integradas por las pérdidas  $R$  en todos los circuitos de paso de la corriente por el inducido, midiendo la resistencia  $I^2R$  con corriente continua y haciendo la corrección para referirla a  $75^\circ\text{C}$ . Así  $R$  no es la resistencia efectiva. j) Pérdidas adicionales ( $= P_s$ ), que se definen como diferencia entre la potencia mecánica absorbida y la suma de las pérdidas por rozamiento y por resistencia del aire ( $P_{fw}$ ) y las pérdidas  $I^2R$  ( $P_R$ ) a la temperatura que el devanado toma durante el ensayo, cuando el alternador gira a la velocidad nominal y regulando la excitación de modo que en el inducido en corto circuito se produzca una corriente de intensidad correspondiente a la carga para la cual se quieren determinar las pérdidas. Obsérvese que no se hace ninguna corrección para tener en cuenta la pérdida en el núcleo debida al campo resultante, que actúa para inducir la corriente en corto circuito. No obstante, este campo  $F'$  (fig. 46.) y la correspondiente pérdida son relativamente pequeñas. La suma de las pérdidas i) y j) da la pérdida debida a la resistencia efectiva del inducido.

Un método conveniente para medir la potencia absorbida en e), h), j) es emplear un motor pequeño de corriente continua. La potencia absorbida por su inducido puede medirse para cualquier régimen de marcha del alternador y la potencia útil se puede hallar restando las pérdidas en el cobre del inducido y las adicionales. Si se conocen las pérdidas por rozamiento y resistencia del aire, se pueden determinar las pérdidas en el núcleo h) midiendo la potencia absorbida por el alternador funcionando como motor sincrónico y restando las pérdidas por rozamiento y resistencia del aire y la pérdida efectiva por resistencia del inducido.

El rendimiento vale

$$\eta = (n V I \cos \theta) / (nVI \cos \theta + P_f + P_{fw} + P_r + P_{cl} + P_R + P_s)$$

en donde  $n$  es el número de fases;  $V$  e  $I$  la tensión y la intensidad de la corriente de bobina;  $\cos \theta$  el factor de potencia;  $P_f$  la pérdida en la excitación;  $P_{fw}$  la pérdida por resistencias pasivas;  $P_v$  la pérdida por ventilación;  $P_{cl}$  la pérdida en el núcleo;  $P_R$  la pérdida por la resistencia del inducido con corriente continua; y  $P_s$  las pérdidas adicionales.

Las tablas que siguen dan el rendimiento en tanto por ciento y otros datos relativos a alternadores sincrónicos típicos.

**Proyecto fin de carrera: "Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas". Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

**CARACTERÍSTICAS DE LOS ALTERNADORES TRIFÁSICOS DE 60 PERÍODOS.**

Para marcha continua a 50°C, factor potencia 0.80 y 240, 480, 600 y 2400 voltios.

	Potencia nominal Kva	Número de polos	R.P.M.	Kw excitatriz A 125 V	Carga			Peso neto Kg.
					1/2	3/4	Plena	
					Rendimiento para cos $\theta = 0.80$			
Máquina motriz	62.5	24	300	5.0	84.6	6.2	7.3	175
De eje Horizontal.	125	24	300	5.0	87.5	88.8	89.7	1700
	500	40	180	15	90.6	91.5	92.0	7100
	1000	52	138	25	91.9	92.6	93.0	12720
Motor horizontal de gran velocidad, directamente acoplado	62.5	6	1200	1.5	85.1♦	88.4	89.9	1110
	125	6	1200	2.0	86.9⊗♦	88.0	89.7	1415
	500	10	720	7.5	87.9♦	90.5	91.6	3590
	1125	10	720	10.0	91.6⊗	93.1	93.7	7385
	2188	10	720	15.0	93.3⊗	94.5	95.0	7385
					94.6⊗	95.4	95.7	9035

⊗2400 voltios.

♦ 240 a 480 voltios.

**Acoplado directamente a turbina de vapor**

Inducido : aumento de temp. 60° Inductor aumento de temp. 25°							M <sup>a</sup> de aire por minuto
1000♦	2	3600	15	93.7	95.8	95.6	100
2000♦	2	3600	20	94.7	95.7	96.1	140
5000♦	2	3600	35	94.7	95.9	96.5	340
15000♦	2	3600	100	95.1	96.2	96.8	1020

♦ Kilovatios.

**ACOPLADOS DIRECTAMENTE A TURBINA DE VAPOR**

Enfriamiento con hidrógeno

Factor de potencia, 0.80; relación de corto circuito, 0.85; hidrógeno a 0.03Kg/ cm<sup>2</sup>

Todos con 2 polos a 3600 r.p.m. y 13800 voltios.

Potencia Kw a 0.03 Kg/ cm <sup>2</sup>	Potencia Kva a 0.03 Kg/ cm <sup>2</sup>	Potencia Turbina Kw	Potencia a 1 Kg/ cm <sup>2</sup>		Excitatriz Kw	Rendimiento a 0.03 Kg/ cm <sup>2</sup> carga		
			Kw	Kva		1/2	3/4	Plena
20.000	23529	22000	23000	27058	110	97.8	98.0	98.1
30.000	35294	33000	34500	40588	145	97.8	98.0	98.1
40.000	47058	44000	46000	54117	155	98.0	98.1	98.3
60.000	70588	66000	69000	81176	200	98.0	98.5	98.5
15 % más que para 0.03 Kg/ cm <sup>2</sup>								

La máquinas de más de 100000 kw son regularmente de 4 polos y 1800 rpm.

**Reguladores de Tensión**

Los reguladores de tensión para las dínamos se han descrito. Estos reguladores son aún más necesarios para los alternadores que para las dínamos, ya que la regulación de los primeros es mucho mayor que la de las últimas. Además, no existe un sistema de montaje

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

compound que de resultados satisfactorios para los alternadores. El regulador Tirrill, también puede aplicarse a los alternadores mediante algunas variaciones para adaptarlos a la corriente alterna. Su principio de funcionamiento es el mismo, es decir, el reóstato de campo de la excitatriz se pone intermitentemente en corto circuito por medio de relevadores vibratorios de contacto, dependiendo la duración del período de corto circuito de la importancia de la variación de la tensión respecto a su valor prescrito.

Algunos reguladores han superado al Tirrill. El tipo más perfeccionado es el Silverstat, fabricado por la «Westinghouse Electric Corporation», cuyo esquema se da en la figura 59. El elemento principal del regulador consiste en un electroimán en forma de C con una armadura de hierro que puede ser atraída a través del entrehierro. La armadura consiste en un brazo giratorio alrededor de un eje, provisto de un resorte S que, por medio de una palanca, tiende a separar la armadura del imán.

El sistema regulador está formado por una serie de resortes de lámina unidos, pero aislados entre sí. La parte fija de cada uno de estos resortes de lámina se conecta a tomas distribuidas sobre la resistencia reguladora, montada en serie con el inductor shunt de la excitatriz. Las conexiones aludidas se hacen consecutivamente. En los extremos libres de los resortes van soldados unos botones de plata, dispuestos de manera que cuando el miembro transmisor ejerce su máxima presión, los botones entran todos en contacto, poniendo en corto circuito toda la resistencia reguladora.

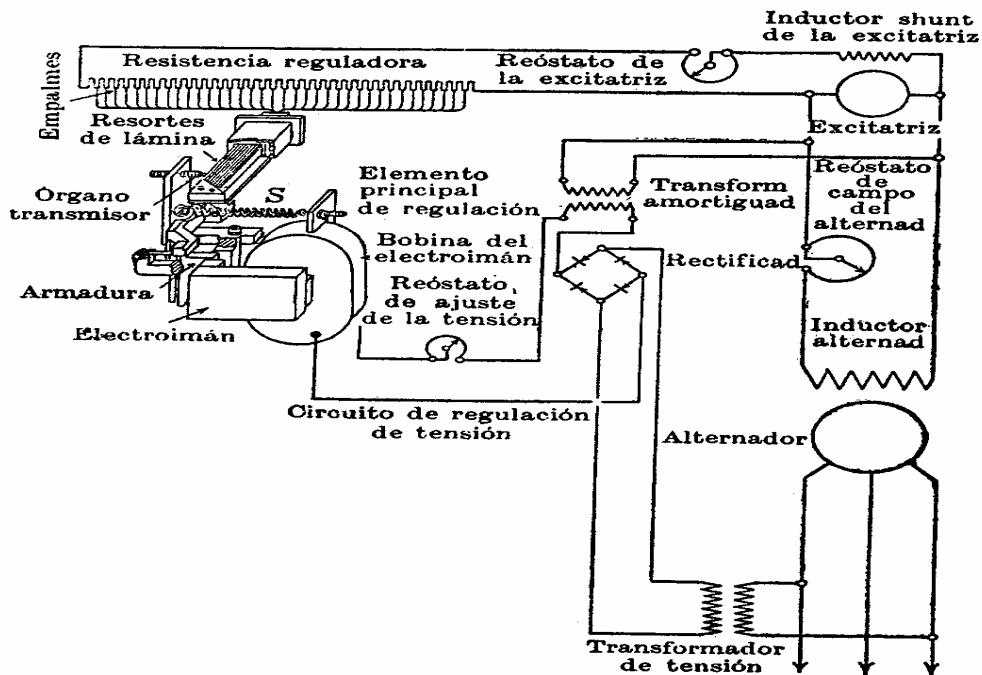


Fig. 59. Regulador de tensión Silverstat. (Westinghouse Electric Corporation.)

Por consiguiente, cuando el brazo móvil se traslada, y según la dirección en que lo hace, cierra o abre los contactos de plata unos después de otros, cortando o intercalando pequeñas resistencias escalonadas en el circuito del inductor shunt de la

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

excitatriz. Como la resistencia entre los botones depende de la presión, la resistencia del circuito inductor varía en realidad por cantidades casi infinitesimales.

El circuito del regulador de tensión se conecta a una fase del alternador cuya tensión quiere regularse, empleando un transformador de potencial si la tensión excede de 125 voltios. Un rectificador Rectox, conectado en puente para que dé una rectificación de onda completa, transforma la corriente alterna en continua. Esta corriente circula por la bobina del electroimán, el reóstato de ajuste de tensión y el secundario de un transformador amortiguador, dispuestos en serie. Así, todo el mecanismo de mando funciona con corriente continua.

Si aumenta la tensión del alternador, el electro atrae la armadura, con lo que el miembro transmisor reduce la presión sobre los resortes de lámina, abriendo algunos de los botones de plata que ponen en corto circuito los segmentos de la resistencia, con lo que se intercala más resistencia en el circuito inductor de la excitatriz y se hace disminuir la tensión hasta el valor conveniente. Si la tensión del alternador baja, se produce el mismo proceso en orden inverso. Para estabilizar la tensión y evitar oscilaciones excesivas o una variación pendular de la excitación, se intercala un transformador amortiguador, con el primario en el circuito inductor del generador que se regula, y el secundario en serie con la bobina del regulador. Cuando la excitación varía, se produce una transferencia de energía por inducción entre los circuitos primario y secundario. Debido a la dirección en que se conectan los dos arrollamientos, la energía absorbida ejerce una acción amortiguadora contra cualquier tendencia a la producción de oscilaciones en ambos circuitos. El transformador es de un tipo especial, con un pequeño entrehierro en su circuito magnético laminar. Cuando el transformador se conecta entre circuitos de corriente continua, no funcionará si el sistema está en equilibrio.

Las ventajas de este regulador son: su sencillez y que su acción es directa. No existen en él contactos vibratorios, sino que los únicos contactos móviles son los botones de plata dispuestos en las láminas elásticas. Como el elemento móvil tiene poca inercia y el recorrido máximo del transmisor es sólo de algunos milímetros, el regulador funciona rápidamente y el entretenimiento es de poco coste.

### **Acoplamiento en paralelo de los alternadores**

Las mismas razones que obligan a acoplar en paralelo, las dinamos pueden aplicarse a los alternadores. Como no existen las dificultades de la conmutación, los alternadores constituyen unidades de mucha mayor capacidad de la que es posible obtener con las dinamos. En el momento actual, la mayor unidad de corriente alterna es de 200000 Kva.

Con el fin de que funcionen bien en paralelo, las dinamos deben tener características de tensión inclinadas, para que los alternadores marchen bien en paralelo, sus máquinas motrices deben tener características de velocidad - carga inclinadas, por las razones que a continuación se exponen.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

Dos alternadores 1 y 2 (fig. 60, a), que para simplificar se representan como monofásicos, marchan en paralelo. En estas condiciones, la tensión en los terminales y la frecuencia tienen que ser iguales para los dos.

La figura 60 (b) representa la característica de velocidad-carga de cada uno de los motores que accionan los alternadores. (En lugar de expresar la velocidad en r.p.m., se adopta la frecuencia o velocidad eléctrica. Por ejemplo, un alternador de 6 polos a 1200 r.p.m. tendrá la misma velocidad eléctrica que un alternador de 8 polos a 900r.p.m.).

La carga se expresa como potencia útil de los alternadores, ya que la diferencia entre la potencia útil de la máquina motriz y la del alternador son las pequeñas pérdidas de los alternadores en las que no se cuentan las de la excitación. Para mayor claridad se ha exagerado la variación de velocidad.

Las curvas de velocidad-carga de las máquinas motrices se determinan por medio de sus reguladores si son de vapor, hidráulicas o de gas. Si el accionamiento se realiza con motores eléctricos, dichas características dependen de la que tengan estos motores.

Los reguladores de máquinas motrices se ajustan de modo (fig. 60, b) que la frecuencia en vacío lo de los dos alternadores sea la misma. Cuando funcionen con carga, estando montados en paralelo, deben hacerlo a la misma frecuencia.

Sea  $\omega_c$  (fig. 60, b) la frecuencia a la que funciona el sistema. Proyectando  $\omega_c$  horizontalmente hasta que corte las curvas, se obtiene la carga absorbida por cada alternador a la frecuencia indicada,  $o_a$  es la carga del alternador 1, y  $o_b$  la del alternador 2, correspondientes ambas a la misma frecuencia del sistema. Reforzando el campo del alternador 1 mediante su reóstato, y debilitando al mismo tiempo el campo del alternador 2 para que no varíe la tensión en la línea, si se tratara de dinamos, 1 absorbería inmediatamente mayor carga.



Proyecto fin de carrera: "Estudio sobre las pruebas de taller y abordó de los generadores principales. Aplicaciones prácticas". Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.

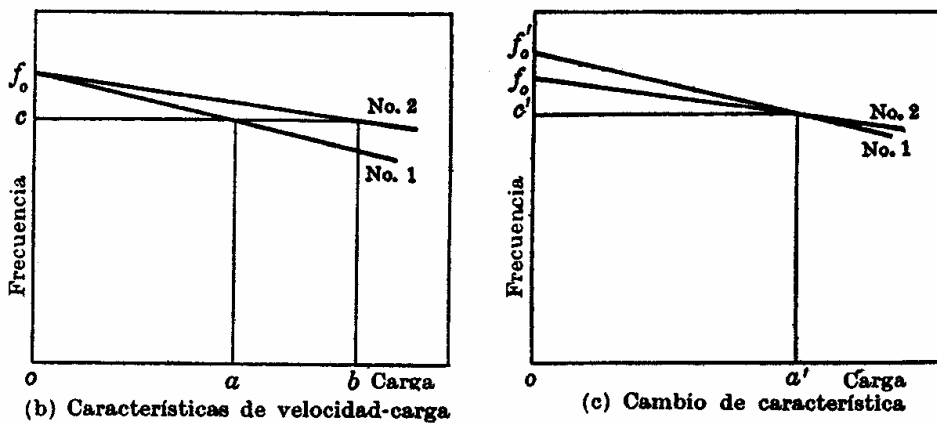
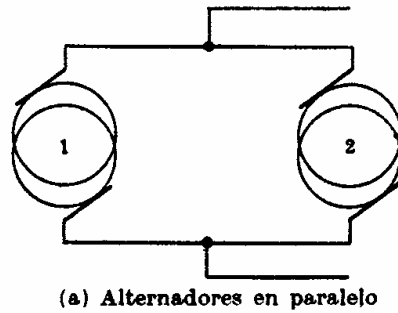


Fig. 60. Marcha de dos alternadores en paralelo.

Pero el alternador 1 no puede absorber más carga porque la máquina motriz acoplada sólo puede producir la potencia  $oa$  a esta frecuencia. El alternador 2 no puede ceder parte de su carga, ya que su máquina motriz sólo puede absorber la  $ob$  a esta frecuencia. Los dos alternadores deben funcionar a la misma frecuencia, condición que no se presenta con las máquinas. Por lo tanto, la carga expresada en kilovatios, que suministran los alternadores montados en paralelo, no puede transferirse de uno a otro de modo apreciable mediante variaciones en sus campos inductores.

Para hacer variar la carga en kilovatios de un alternador, debe variar la curva velocidad - carga de su máquina motriz. Si están accionados por motores térmicos o por turbinas de vapor, se consigue este efecto variando la tensión del resorte del regulador o por otro medio que tienda al mismo fin. Supongamos, en la figura 60 (c), que se desea que el alternador 1 absorba igual carga que el 2. Se dispone el resorte del regulador de 1 de modo que la característica se eleve, como se ve en la figura 60 (c). Los dos alternadores suministran entonces la misma potencia  $oa'$  a la misma frecuencia  $oc'$ . En estas condiciones (fig. 60, c), la frecuencia  $oc'$  es mayor que la frecuencia inicial  $oc$  de (b).

Si se ha de mantener la frecuencia primitiva, la característica de velocidad- carga del alternador 2 debe bajarse al mismo tiempo que se eleva la del 1. Por lo tanto, para repartir la potencia, entre dos alternadores en paralelo, deben variarse las características de velocidad - carga de los motores acoplados. Si éstos son motores shunt deben variarse sus

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

características por medio de sus reóstatos de campo. Debe observarse en la figura 60 (c) que las cargas de los dos alternadores son solamente iguales para una determinada frecuencia. En este caso, las dos frecuencias en vacío son distintas, siendo  $f'_0$  la del 1 y manteniéndose para el 2 la  $f_0$ .

Si las características de velocidad- carga de las máquinas motrices fuesen planas, la marcha de los alternadores en paralelo sería inestable. Es decir, con perturbaciones o variaciones muy pequeñas en la frecuencia se producirían amplias fluctuaciones en la potencia suministrada por cada uno de los alternadores, la que daría origen a señaladas dificultades en su funcionamiento.

### Potencia de sincronización

Se ha demostrado que las máquinas shunt en paralelo funcionan en equilibrio estable, es decir que las circunstancias que tienden a perturbar este equilibrio quedan contrarrestadas por reacciones que se oponen a esta tendencia. De igual manera, a cualquier acción que tienda a impedir la marcha en paralelo de los alternadores se oponen reacciones que tienden a evitarlo. Se comprende más claramente este proceso examinando el caso de que ninguno de los alternadores esté conectado a un circuito exterior. Si los dos alternadores se consideran como un circuito local en serie, sus f.e.m. están en oposición. Estas f.e.m. están representadas en la figura 61 por  $E_1$  y  $E_2$ , vectores iguales y opuestos, que anulan la f.e.m. neta que actúa en dicho circuito local. No circula, pues, ninguna corriente entre los dos alternadores de la misma manera

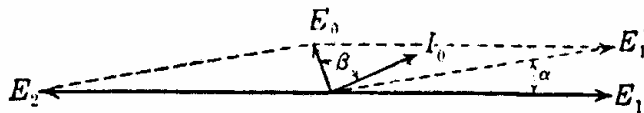


Fig. 61. Corriente de sincronización en los alternadores acoplados en paralelo.

que al empalmar los terminales de igual polaridad de dos baterías cuyas f.e.m. sean iguales.

Supongamos que la máquina que acciona el generador 1 se acelera momentáneamente. La tensión interna inducida de este generador tendrá un avance de fase de  $\alpha^\circ$  con relación a  $E_2$ . Es decir que  $E_1$  avanzará hasta la posición  $E_1'$  y la suma vectorial de  $E_1'$  y  $E_2$  ya no será nula, sino que, debido al desfase de los sumandos, valdrá  $E_0$ .

Del mismo modo, la corriente que circula entre los dos alternadores viene dada por la tensión resultante dividida por la suma de las respectivas impedancias de los alternadores. O sea

$$I_0 = (E_1' + E_2) / (Z_1 + Z_2) \quad |I_0| = E_0 / ((R_1 + R_2)^2 + (X_1 + X_2)^2)^{1/2}$$

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

si  $Z_1, Z_2$  son las impedancias;  $R_1, R_2$  las resistencias, y  $X_1, X_2$  las reactancias respectivas de las dos máquinas. Como la resistencia de un inducido de alternador es muy pequeña comparada con su reactancia, esta corriente tendrá un retraso de fase de  $\beta$ , próximo a  $90^\circ$ , respecto a la f.e.m.  $E_0$  que la produce, como se ve en la figura 61. Esto hace que  $I_0$  esté casi en fase con  $E'_1$ . Con ello se aumenta la carga al alternador 1, que tiende a reducir su velocidad. Por otra parte, lo forma casi  $180^\circ$  con  $E_2$ , o sea que estos dos vectores están en oposición. lo desarrolla, pues, una acción motriz en el alternador 2, porque la f.e.m. inducida está en oposición con la corriente, y esta acción tiende a acelerar el alternador 2. Por lo tanto, si dos alternadores en paralelo tienden a salirse de su régimen de marcha, se genera una corriente entre las dos máquinas, que tiende a acelerar el alternador que perdía velocidad y a frenar el que se aceleraba, y evita así que ambos alternadores se salgan de su marcha sincrónica.

Si los alternadores trabajan con carga,  $I_0$  se limita a aumentar la carga del alternador que tiende a producir un avance y reduce la carga del alternador que tiende a retrasarse. El alternador con retraso no funcionará de ordinario como motor, como lo haría en vacío, sino que, como su carga se reduce, su posición angular tiende a avanzar.

Como la corriente  $I_0$  tiende a mantener el sincronismo de los dos generadores se la designa con el calificativo de corriente de sincronización.

### Potencia reactiva

Al variar la corriente de excitación no varía de un modo apreciable la distribución de la carga entre los dos alternadores. Sin embargo, sí afecta a la corriente y a los voltios amperios reactivos (vars) suministrados por ambos alternadores.

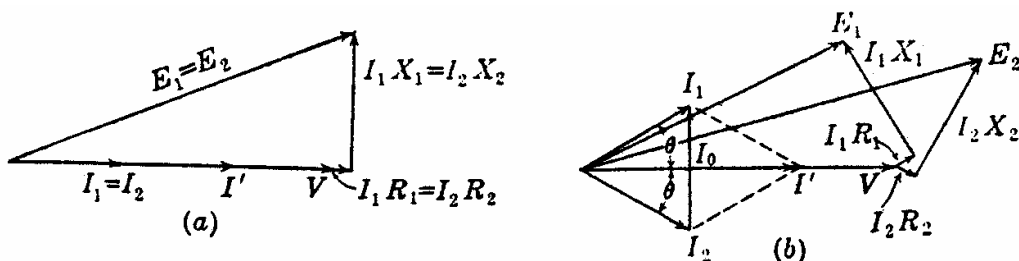


Fig. 62. Diagrama vectorial de tensiones e intensidades de corrientes, para alternadores en paralelo.

La figura 62 (a) representa el diagrama vectorial para dos alternadores análogos, con tensión  $V$  en los terminales comunes a ambos. Los alternadores suministran corrientes iguales  $I_1$  e  $I_2$ , que están en fase con la tensión  $V$ . La corriente exterior resultante es su suma  $I'$ , que está en fase con  $V$ . Como los alternadores tienen las mismas resistencia y reactancia, sus f.e.m. internas  $E_1$  y  $E_2$  son iguales. (En este diagrama, los alternadores se consideran referidos al circuito exterior, en cuyo caso las tensiones y las corrientes actúan en conjunción).

Si el campo del alternador 1 se debilita y el del 2 se refuerza, no se alterará, como se ha visto, de modo apreciable la distribución de la potencia entre los dos alternadores. Cuando el campo del alternador 1 se debilita, su f.e.m. interna decrece; y cuando el campo

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

del 2 se refuerza, su f.e.m. interna aumenta. Los alternadores deben continuar teniendo igual tensión en los terminales. Se ha explicado ya que si un alternador suministra una corriente en avance, su f.e.m. interna es menor que cuando suministra una corriente en retraso. Debido a la reacción del inducido, las corrientes en avance tienden, en los alternadores, a reforzar su campo, y las corrientes en retardo, a debilitarlo.

Para que el alternador 1 marche con una f.e.m. interna reducida, la corriente producida debe estar en avance, haciendo que  $E_1$  (fig. 62 b) sea de menor magnitud que antes (fig. 62, a). Por otra parte,  $E_2$  (fig. 62, b) es mayor que en (a), porque el alternador 2, en este caso, produce corriente retardada. Además, la existencia de reacción del inducido hace que la corriente en avance, en el generador 1, tienda a reforzar el campo, mientras que la retrasada, en el generador 2, tienda a debilitar el suyo. En ambos casos, la variación de flujo producida por el cambio de corriente de excitación se contrarresta por la reacción del inducido. La corriente exterior  $I'$  no puede cambiar de fase ni de magnitud, porque ambas dependen de la carga del sistema. Por lo tanto,  $I_1$  e  $I_2$  ajustarán sus desfases y magnitudes de modo que su suma vectorial sea igual a  $I'$  en fase con  $V$ . Si  $I_1$  e  $I_2$  son iguales, como se indica en (b), deben formar un ángulo  $e$  con  $V$  igual para ambas, de manera que su resultante  $I'$  coincida en dirección con  $V$ .



Fig. 63. Diagrama vectorial que indica el efecto de la excitación sobre la corriente de circulación de un alternador

Se observará que los dos alternadores producen una corriente mayor que antes, sin que por ello cambie la potencia útil de cada uno de ellos, lo que significa que la pérdida por calentamiento ( $I^2R$ ) en los dos alternadores ha aumentado, con el correspondiente descenso del rendimiento y de la potencia de régimen. No es, pues, este proceso el más favorable para el funcionamiento.

La figura ,63 representa el diagrama de la 62 (b), pero eliminando la caída de tensión. Aquí  $E_0$  es la diferencia entre  $E_1$  y  $E_2$ , e  $I_0$  la corriente que circula retrasada  $90^\circ$  respecto a  $E_0$ , como en la figura 61. Obsérvese que  $I_0$ , diferencia entre  $I_1$  e  $I_2$  en la figura 62 (b), está casi en cuadratura con la tensión en los terminales  $V$ , de modo que, prácticamente, no se produce intercambio de potencia entre los alternadores. Con ello se confirma lo que ya se ha demostrado, o sea, que la variación de la corriente de excitación no puede dar lugar a intercambio apreciable de potencia entre los alternadores. Sin embargo, habrá transferencia de vars negativos desde el alternador sobreexcitado al infraexcitado, dando lugar a que el último suministre vars. positivos.

En el estudio realizado se han analizado las reacciones que se producen en la marcha en paralelo con respecto a la caída de tensión por reactancia de dispersión  $X$  ya la f.e.m. inducida interna  $E_0$ . La reactancia sincrónica  $X_s$  puede reemplazarse por la reactancia  $X$  omitiendo el efecto de la reacción del inducido. Se obtiene entonces la f.e.m. en vacío o de excitación  $E$  más bien que las f.e.m. internas  $E_1$  y  $E_2$ .

### Sincronización

Para acoplar dinamos en paralelo con seguridad, deben cumplirse dos condiciones previas. Las dos tensiones en los terminales ser iguales o diferir muy poco y hay que tener en cuenta las polaridades de los terminales que se conectan.

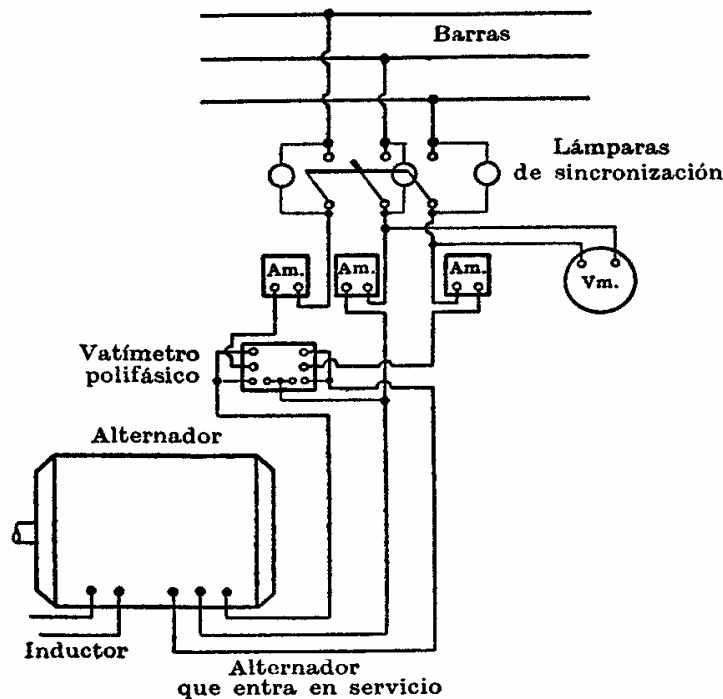


Fig. 64. Conexiones para el método de sincronización de las tres lámparas apagadas .

También han de cumplirse las dos condiciones indicadas para acoplar dos alternadores en paralelo. La igualdad de tensiones es fácil de comprobar conectando un voltímetro a uno de los alternadores y luego al otro. Las indicaciones de este voltímetro no señalarán la polaridad instantánea, ya que son independientes de ella en los aparatos para corriente alterna.

Sin embargo, pueden emplearse lámparas para determinar la polaridad correcta. En la figura 64 se representan las conexiones para acoplar un alternador trifásico a las barras del cuadro. Se conecta una lámpara entre cada dos polos del interruptor tripolar que conecta el alternador con las barras. La tensión nominal de las lámparas debe superar en un 15% la de las barras del cuadro. Por ejemplo, si el sistema es de 220 voltios, deben empalmarse dos lámparas de 115 en serie entre cada dos polos, aunque estas lámparas tengan que soportar una sobre tensión durante una parte del período de sincronización. Si el alternador que se pone en servicio está debidamente conectado, el brillo de las tres lámparas aumentará o disminuirá simultáneamente. Si el aumento o disminución se produce sucesivamente, quiere decir que la rotación de fases del alternador es opuesta a la

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

de las barras, de manera que deben cambiarse las conexiones de dos terminales del alternador.

Las lámparas oscilan con una frecuencia igual a la diferencia entre las frecuencias del alternador y de las barras. Cuando la frecuencia del alternador se aproxima a la de las barras, la oscilación se amortigua más y más. Cuando se apagan todas las lámparas se puede cerrar el interruptor. El hecho de apagarse las lámparas indica que la diferencia de potencial entre las cuchillas y sus contactos respectivos es casi nula y que los dos alternadores están en oposición por lo que se refiere a su circuito local en serie. Cuando entre dos puntos no hay una diferencia de potencial, pueden unirse sin peligro, de modo que, en este caso, el interruptor puede cerrarse sin inconveniente, quedando así los dos alternadores en paralelo.

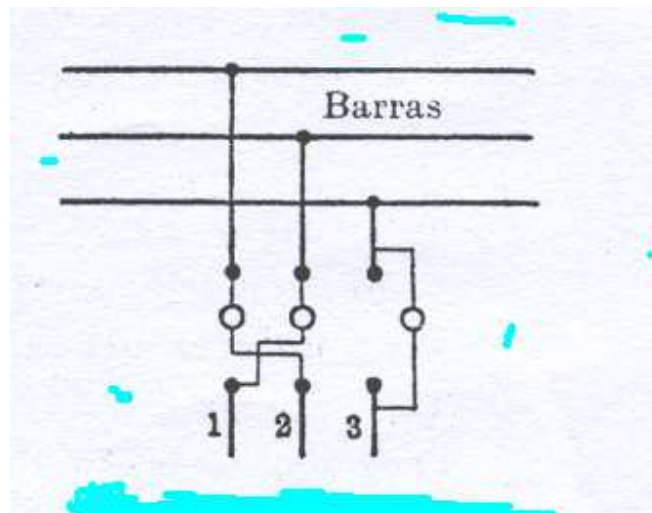


Fig. 65. Conexiones para el método de dos lámparas encendidas y una apagada para la sincronización de un alternador.

La desventaja de este método es que las lámparas de incandescencia están apagadas aun cuando exista una sensible diferencia de potencial entre sus terminales, por lo que puede suceder que se conecten los alternadores con esta diferencia de tensión. Cuando los alternadores son lentos o de poca potencia no son de temer perjuicios, pero en los de gran velocidad, accionados con turbinas de vapor, que tienen poca reactancia en el inducido y son muy «sensibles», pueden producirse perturbaciones considerables si existe un desfase sensible en el momento de conectar los alternadores en paralelo. Otra objeción que se hace a este método de las tres «lámparas apagadas» es que no revela si el alternador que va a conectarse a la línea marcha demasiado de prisa o despacio.

Las dificultades que anteceden pueden eliminarse, en parte, si se cruzan las conexiones de dos de las lámparas, como la 1 y la 2 de la figura 65. Si el alternador y las barras están en sincronismo, la 1 y la 2 brillarán y la 3 estará apagada. Como una de las dos lámparas encendidas aumenta de brillo y la otra disminuye cuando se aproxima la sincronización, es posible determinar con precisión el momento en que debe cerrarse el

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

interruptor. Éste es el método llamado de la Siemens Halske, o de dos lámparas encendidas y una apagada. Observando la sucesión de la iluminación de las lámparas se puede saber si el alternador que se pone en marcha gira a mayor o menor velocidad de la debida.

El método mejor es emplear el sincronoscopio. Este instrumento indica con precisión la posición del sincronismo. El sincronoscopio se conecta sólo a una fase. Es posible que una de las fases de cada alternador esté en sincronismo mientras las otras dos se hallen desfasadas por defecto de la rotación de fases, lo que debe comprobarse por, medio de lámparas, o por otros medios, antes de que actúe el sincronoscopio. Las lámparas de sincronización suelen emplearse junto con el sincronoscopio, de manera que el operador disponga de una comprobación del instrumento.

En las centrales, los alternadores funcionan de ordinario a tensiones comprendidas entre los 600 y los 13800 voltios y aun mayores, de modo que es necesario equipar los instrumentos con transformadores de tensión y de corriente. Las lámparas y el sincronoscopio se conectan entonces al secundario del transformador de tensión que funciona a unos 115 voltios. Suelen también conectarse las lámparas y el sincronoscopio a las barras de sincronización, que a su vez están conectadas a los secundarios de los transformadores de tensión cuyos primarios se enlazan a las barras principales. Las conexiones se establecen entonces entre el alternador que entra en servicio (a través de los transformadores de tensión) y las barras de sincronización, por medio de un interruptor de clavijas.

### **Oscilaciones pendulares**

El par motor de una máquina de movimiento alternativo, de vapor o de gas, no es uniforme durante una revolución del eje, sino que varía desde cero en el punto muerto a un máximo en una posición intermedia. Aun con un volante pesado, esta variación del par da origen a variaciones de la f.e.m., de modo que, en unos momentos, su valor sea superior al correcto, e inferior en otros. Estas variaciones dan origen a la producción de corrientes de sincronización de valor considerable, entre los alternadores acoplados en paralelo, y suele ocasionar «oscilaciones» de la velocidad de sus órganos giratorios alrededor de su valor medio. El efecto de la posición angular del cigüeñal puede apreciarse cuando en un alternador de 60 periodos se produce un decalaje de un grado en el órgano giratorio, que permite comprobar que ello da lugar a una diferencia de 30 grados eléctricos en la f.e.m. Estos impulsos suelen comunicarse al sistema, dando lugar a oscilaciones de los motores sincrónicos y los convertidores, que se denominan pendulares. Su presencia puede crear problemas delicados si los reguladores de las máquinas motrices tienen una frecuencia propia de oscilación muy parecida a la de los rotores de los alternadores, en cuyo caso pueden acumularse las oscilaciones y provocar que el alternador deje de marchar en sincronismo.

Para corregir las oscilaciones pendulares se emplean volantes pesados, se aplican amortiguadores hidráulicos (dashpots) a los reguladores, y devanados amortiguadores, o de jaula de ardilla, alrededor del inductor. Cuando se tienen varias máquinas motrices se suelen poner los cigüeñales en posiciones angulares distintas, con lo que se hace mínimo el efecto de las impulsiones de las máquinas sobre el sistema, aunque con ello se aumenta el intercambio de corrientes entre los alternadores.

## **CAPITULO VII: FUENTE PRINCIPAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**

### **VII .1 A.B.S. 4-8-2.3**

#### **3.- Fuente principal de energía eléctrica.**

##### **3.1 Número y capacidad de energía eléctrica.**

###### 3.1.1 General.

El número y la capacidad de los grupos generadores deben ser suficiente, para que bajo condiciones normales de navegación con un grupo generador cualquiera en reserva, debe haber suficiente capacidad para transportar las cargas eléctricas a los servicios esenciales y además con unas mínimas condiciones de confortabilidad y habitabilidad.

###### 3.1.2. Consideración de la corriente de arranque del motor.

En la selección de la capacidad de los grupos generadores, debe prestarse una particular atención a la corriente de arranque de los motores que forman parte del sistema. Con un grupo generador cualquiera del sistema en reserva “Stand by” y los restantes generadores operando en paralelo y en carga, el resto de grupos generadores tendrán suficiente capacidad con respecto al mayor motor esencial del barco, al arranque y la caída de tensión ocasionada por esta corriente de arranque, no causará que el motor se paré y que el equipo de control pierda tensión. Los límites en las que las variaciones de voltaje puedan aplicarse deben estar de acuerdo con:

Las variaciones de voltaje momentáneos deberán estar dentro del rango de  $-15\%$  a  $+20\%$  del voltaje tasado y este deberá de restablecerse a su voltaje tasado dentro del  $\pm 3\%$  en no más de 1.5 segundos cuando:

- A cargas iguales que la corriente de arranque del mayor motor o grupo de motores, aunque en cualquier caso, menores del 60% de la corriente tasada del generador y con un factor de potencia de 0.4 o menor, que puede ser de repente enclavado con el generador funcionando sin carga, y
- A cargas iguales si de repente es desconectado.

Para barcos con instalaciones con motor eléctrico que transmite la potencia a la hélice transversal de proa, en auxilio de la maniobra. El arranque y el funcionamiento de este motor pueden ser soportado por todos los generadores instalados con tal que sus arranques puedan condicionarse a los generadores requeridos que estén disponibles y comprobar que no se causa una pérdida de la carga eléctrica.

###### 3.1.3 Arranque en condición de nave muerta.

Esta es la condición en la que la planta propulsora principal con sus calderas y los auxiliares sin funcionamiento a causa de la ausencia de energía. La planta generadora de energía eléctrica (según su tamaño) apagada, los equipos generadores restantes serán capaces de proporcionar los servicios eléctricos necesarios para arrancar la planta propulsora principal desde condición de nave muerta.



**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

La fuente de emergencia de energía eléctrica también puede usarse para este propósito con tal que su capacidad o en combinación con otras fuentes de energía eléctrica sean suficiente para proporcionar los servicios exigidos:

Las fuentes de emergencia de potencia eléctrica deberán ser suficiente para suministrar a todos aquellos servicios que son esenciales para su seguridad en una emergencia, conveniente respecto a que estos servicios deben ser operados simultáneamente.

La fuente de emergencia de energía eléctrica será capaz, con una conveniente corriente de arranque y con la naturaleza transitoria de ciertas cargas, del suministro simultáneo de al menos los siguientes servicios para en periodo indicado:

- Luces de emergencia para embarcaciones salvavidas: (Para un periodo de 3 horas, luces de emergencia).
  - A cada cuadro orgánico y las estaciones de las embarcaciones y sobre los costados para la preparación y botadura de las embarcaciones salvavidas.
  - Para todas las áreas del agua a las cuales las embarcaciones salvavidas puedan ser botadas.
- Otras luces de emergencia: (Para un periodo de 18 horas, luces de emergencia)
  - En todos los servicios y pasillos de acomodación, escaleras y salidas, ascensores, ascensores de coches y ascensores de camiones;
  - En todos los espacios de máquinas y en las estaciones generadoras principales incluyendo sus posiciones controladoras.
  - En todas las estaciones de control, cuartos de control de maquinaria, y en cada cuadro de control principal y de emergencia.
  - En todas las posiciones de estiba para la entrada de bomberos.
  - Al servo motor, y
  - A la bomba contra incendio de emergencia, a la bomba de rociadores, a la bomba de los pocetes de emergencia y a las posiciones de arranque de sus motores.
- Luces de navegación:
  - Para un periodo de 18 horas, las luces de navegación y otras luces requeridas por la Regulación Internacional para la prevención de las colisiones en el Mar.
- Comunicaciones por radio:
  - Para un periodo de 18 horas, el equipamiento de radio debe cumplir con lo requerido por Solas en el capítulo IV.
- Comunicaciones Internas:
  - Por un periodo de 18 horas, todos los equipamientos de comunicaciones internas como es requerido ante una emergencia.
- Medios de Navegación: (Por un periodo de 18 horas, como sigue)
  - Compás Magnético
  - Giro compás
  - Radar
  - Eco – sonda
  - Indicador de ángulo del timón
  - Cuenta revoluciones de la Hélice
- Sistema de alarmas y detección de incendios. (Por un periodo de 18 horas)

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

- Señales de Emergencia:
  - Para un periodo de 18 horas, en operación intermitente de las luces de día y lamparas, la sirena del barco, los puntos de llamada manuales, y todas las señales internas que son requeridas ante una emergencia.

Al mismo tiempo, la capacidad debe ser suficiente para restaurar la propulsión del barco junto a otra maquinaria según convenga, para recuperar la nave desde una condición de nave muerta en un intervalo de 30 minutos después del corte de la corriente.

### **3.2 Energía suministrada por los generadores propulsores.**

Para barcos propulsados por energía eléctrica y con dos o más juegos de generadores para la propulsión, el servicio eléctrico del barco debe poder derivarse de la energía eléctrica generadas de estas fuentes.

### **3.3 Generadores de cola.**

#### **3.3.1 Velocidades variables de transmisión.**

Un generador enclavado a la maquinaria propulsora capaz de operar continuamente a una velocidad constante, por ejemplo, aquellos acoplados a la hélice de paso variable se considera un generador requerido por:

Número y capacidades de generadores:

General:

El número y capacidad de los grupos generadores será suficiente, para que bajo condiciones normales de la mar con algún generador en reserva, debe servir las demandas eléctricas para los servicios esenciales y para un mínimo de las condiciones de confortabilidad en habilitación.

Consideración para la corriente de arranque de motores:

En la selección de la capacidad de un grupo generador, debe prestarse una particular atención a la corriente de arranque de los motores que forman parte del sistema. Con algún generador en reserva o “stand by” y los restantes generadores, operando en paralelo y inicialmente transportando las cargas, cumpliendo con lo indicado en el punto anterior, deberá tener suficiente capacidad con respecto al mayor motor esencial del barco tal que el motor pueda ser arrancado y la caída de voltaje ocasionada por su corriente de arranque no causará ningún reparo en el funcionamiento del motor, ya sea parada o caída del equipamiento de control.

El límite de variación de voltaje bajo una aplicación repentina de cargas estará de acuerdo con lo que se indica en este mismo punto.

Para barcos con motores eléctricos que manejan hélices transversales para asistencia a la maniobrabilidad, el arranque de estos motores eléctricos y funcionamiento de estos motores deberán ser soportados por todos los generadores instalados. Se suministrará una disposición tal que su arranque se condiciona a los requisitos de los generadores.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

Arranque desde condición de buque muerto:

La condición de buque muerto es la condición bajo el cual la planta principal de la propulsión, calderas y auxiliares no se encuentran en funcionamiento debido a la ausencia de potencia. La planta generadores de potencia eléctrica deberá de ser de un tamaño tal que con algún generador o su fuente de primaria de potencia fuera de operación, los restantes grupos generadores deberán de ser capaces de suministrar a los servicios la electricidad necesaria para arrancar la planta principal propulsora desde la condición de buque muerto. La fuente de energía eléctrica de emergencia deberá ser también ser usada para este propósito al mismo tiempo.

Con tal de que las variaciones de voltaje estén de acuerdo con:

Las variaciones de voltaje momentáneas deberán estar dentro del rango de  $-15\%$  a  $+20\%$  del voltaje tasado, y este deberá de restablecerse a su voltaje tasado dentro del  $\pm 3\%$  en no más de 1.5 segundos cuando:

- A cargas iguales que la corriente de arranque del el mayor motor o grupo de motores, aunque en cualquier caso, menores del 60% de la corriente tasada del generador, y con un factor de potencia de 0.4 o menor, que puede ser de repente enclavado con el generador funcionando sin carga, y
- A cargas iguales si de repente es desconectado.

Lo anterior deberá cumplirse incluso para condiciones severas de la mar.

### 3.3.2 Velocidades variables de transmisión.

Un generador enclavado por la maquinaria propulsora incapaz de operar a una velocidad constante o continua puede instalarse además de los generadores:

Número y capacidades de generadores:

General:

El número y capacidad de los grupos generadores será suficiente, para que bajo condiciones normales de la mar con algún generador en reserva, debe servir las demandas eléctricas para los servicios esenciales y para un mínimo de las condiciones de confortabilidad en habilitación.

Consideración para la corriente de arranque de motores:

En la selección de la capacidad de un grupo generador, debe prestarse una particular atención a la corriente de arranque de los motores que forman parte del sistema. Con algún generador en reserva o “stand by” y los restantes generadores, operando en paralelo y inicialmente transportando las cargas, cumpliendo con lo indicado en el punto anterior, deberá tener suficiente capacidad con respecto al mayor motor esencial del barco tal que el motor pueda ser arrancado y la caída de voltaje ocasionada por su corriente de arranque no

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

causará ningún reparo en el funcionamiento del motor, ya sea parada o caída del equipamiento de control.

El límite de variación de voltaje bajo una aplicación repentina de cargas estará de acuerdo con lo que se indica en este mismo punto.

Para barcos con motores eléctricos que manejan hélices transversales para asistencia a la maniobrabilidad, el arranque de estos motores eléctricos y funcionamiento de estos motores deberán ser soportados por todos los generadores instalados. Se suministrará una disposición tal que su arranque se condiciona a los requisitos de los generadores.

Arranque desde condición de buque muerto:

La condición de buque muerto es la condición bajo el cual la planta principal de la propulsión, calderas y auxiliares no se encuentran en funcionamiento debido a la ausencia de potencia. La planta generadores de potencia eléctrica deberá de ser de un tamaño tal que con algún generador o su fuente de primaria de potencia fuera de operación, los restantes grupos generadores deberán de ser capaces de suministrar a los servicios la electricidad necesaria para arrancar la planta principal propulsora desde la condición de buque muerto. La fuente de energía eléctrica de emergencia deberá ser también ser usada para este propósito al mismo tiempo.

La fuente de energía eléctrica puede conectarse, automáticamente en un intervalo de 45 segundos, siempre que el voltaje o la frecuencia del generador se desvíen, por cualquier razón más allá de los límites prescritos. El generador no se conectará como uno de los generadores requeridos, tendrán que utilizar otros medios.

### **3.4 Transformadores y convertidores:**

En donde los transformadores y/o los convertidores formen parte del sistema eléctrico del barco y que estos alimenten a los servicios esenciales y a los servicios necesarios para conseguir las condiciones mínimas de habitabilidad.

El número y capacidad de los transformadores y/o convertidores debe ser tal que con cualquier transformador y/o convertidores o fases restantes del transformador fuera de servicio, los restantes deben ser capaces de abastecer de energía en unas condiciones marineras normales.

Cada uno de estos transformadores y/o convertidores deben de localizarse en unidades por separados con aislamientos separados, deben de ser servidos por circuitos independientes en los circuitos primarios y secundarios de cada fase. Cada uno de los circuitos secundarios será conectados a un interruptor aislado multipolar.

### **3.5 Localización de los generadores:**

Al menos una estación generadora “ uno o más generadores suficientes para la alimentación a los servicios esenciales “ se colocarán juntos con el cuadro de distribución principal, para que siempre que sea posible; la aparición de un incendio, inundación o accidente similar en no en más de un espacio pueda trastornar completamente el suministro eléctrico normal. Un cierre al medio ambiente para el

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

cuadro de distribución principal debe de proporcionarse un cuarto de mando centralizado situado dentro del espacio.

### **3.6 Disposición del sistema:**

En donde una fuente principal de energía eléctrica sea necesaria para la propulsión del barco, el sistema debe estar dispuesto de tal modo que en situación de pérdida de cualquiera de los generadores en servicio, el suministro eléctrico al equipo necesario para la propulsión, gobierno y para asegurar la seguridad del barco se mantendrá o se restaurará en ningún caso en no más de 45 segundos. Un elemento de restricción de carga se suministrará para proteger a los generadores contra una sobrecarga sostenida.

### **3.7 Cuadro de distribución principal:**

Cuando la fuente principal de energía eléctrica sea necesaria para la propulsión del barco, la barra de conexión principal, será subdividida por lo menos en dos partes que normalmente serán conectadas por interruptores automáticos u otros medios aceptados; lo más lejanos posibles siempre que sea posible, la conexión de los grupos generadores y otros equipos duplicados han de ser igualmente divididos entre la partes.

## **9.11 Protección de generadores.**

### **9.11.1 Protección de sobrecarga:**

Los generadores deberán protegerse por medio de interruptores automáticos que dispongan de unos dispositivos de disparo con retardo, este se regulará a un valor que no exceda el 15% de la intensidad a plena carga para máquinas en servicio continuo o por encima de las sobrecargas admisibles para máquinas en servicios especiales. Alternativamente los generadores de menos de 25 kW (33,5 hp) no dispuestos para funcionamiento en paralelo pueden protegerse por medio de fusibles.

### **9.11.2 Protección de cortocircuito:**

Los generadores se protegerán contra cortocircuitos por interruptores automáticos con dispositivos de disparo corto. Para la coordinación con los interruptores automáticos del alimentador, los dispositivos de disparo de retraso corto serán todos a una misma corriente y en el momento conveniente, coordinándose con los interruptores del alimentador.

Cuando dos o más generadores de corriente alterna se conectan en paralelo; el interruptor automático de cada generador, se regulará a un valor instantáneo superior a la del generador individual.

Para generadores de menos de 200 kW asistidos por motores diesel o turbinas de gas que operan independientemente en el sistema eléctrico, se omiten los interruptores automáticos el disparo corto, proporcionándose con disparos instantáneos y largos.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

#### 9.11.3 Protección contra daños termal:

Los interruptores automáticos del generador del cuadro de distribución principal tendrán unas características de disparo tales que abrirán antes que el generador este sometido a un daño termal.

#### 9.11.4 Protección de inversión de potencia:

Un dispositivo de protección de potencia inversa ha de ser suministrado por cada generador dispuesto para operaciones en paralelo. El rango de funcionamiento de estos dispositivos proteccionista debe de estar entre el 2 al 6% de la energía tasada de las turbinas y del 8 al 15% de la potencia tasada en los motores diesel.

#### 9.11.5 Parada del motor de accionamiento:

La parada del motor de accionamiento se causará por el disparo de un interruptor automático al generador.

#### 9.11.6 Protección por bajo voltaje:

Los generadores dispuestos para su funcionamiento en paralelo se les proporcionarán medios para cerrarse si el generador no esta trabajando, y abrir el mismo cuando el voltaje del generador se colapse.

En el caso de disparo por bajo voltaje suministrado para este propósito, la acción ha de ser instantánea previniendo el cierre de los interruptores.

## **VII .2 Lloyd’s Register Sección 2**

### **2.1 Número y condiciones nominales de los grupos generadores:**

2.1.1 En condiciones de travesía normales, el número y condiciones nominales de los grupos generadores en servicio y convertidores. Cuando algún grupo generador o grupo de convertidores se quede fuera de acción, los demás:

- Han de tener suficiente capacidad para asegurar la operatividad de los servicios eléctricos de los equipos esenciales, condiciones de habitabilidad y para la maquinaria de carga.
- Han de tener suficiente capacidad para permitir el arranque del mayor motor sin causar que se cale otro motor o que algún dispositivo proteccionista se active debido a una excesiva caída de voltaje sobre el sistema.
- Han de ser capaces de suministrar la energía eléctrica necesaria para arrancar la maquinaria propulsora principal desde la condición de nave muerta. La fuente de emergencia de energía eléctrica puede ser usada para asistir en auxilio de los generadores, para este fin.

2.1.2 La fuente principal de energía del barco debe ser capaz de mantener las operaciones de servicios eléctricos esenciales, condiciones de habitabilidad y

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

maquinaria de carga refrigerada para barcos con notación RMC a pesar de la velocidad y dirección de rotación del eje en la maquinaria propulsora.

2.1.3 En barcos donde la energía eléctrica es un requisito fundamental para mantener el barco operativo y en condiciones de habitabilidad, alimentado por un grupo generador. Ante la pérdida de potencia hay que tener previsto para su arranque automático y conexión al cuadro principal del grupo en “ Stand by ” y un restablecimiento secuencial automático de servicios esenciales, en un espacio tan corto de tiempo como sea posible.

## **2.2 Número y condiciones nominales del equipamiento convertidor.**

2.2.1 Para los servicios eléctricos del equipamiento esencial, condiciones de habitabilidad y la maquinaria de la carga refrigerada de los barcos con notación RMC siendo alimentados desde convertidores, tales como transformadores y convertidores. El número de grupos y condiciones nominales de estos equipos han de ser suficiente para asegurar el funcionamiento de aquellos servicios esenciales con un grupo convertidor fuera de servicio.

## **2.3 Número y condiciones nominales del equipamiento transformador.**

2.3.1 Para el funcionamiento de equipamientos esenciales, condiciones de habitabilidad y maquinaria de carga refrigerada de barcos con notación RMC siendo alimentados por medio de transformadores, el número y condiciones nominales de estos serán suficiente para asegurar el funcionamiento de aquellos servicios esenciales eléctricos hasta con un grupo transformador fuera de servicio.

## **2.4 Disposición de arranque.**

2.4.1 Las disposiciones de arranque de los motores de accionamiento de los grupos generadores han de cumplir con los requisitos descritos a continuación:

Disposición de arranque inicial:

- El equipo de arranque de los motores principales y auxiliares deberá ser suministrado tal que la carga inicial necesaria de aire de arranque o potencia eléctrica inicial deberá ser desarrollada a bordo sin ayuda externa. Para este propósito se requerirá un compresor de aire o un generador eléctrico. Estas unidades serán manejadas por motores de explosión arrancados a mano o por motores de vapor, excepto en el caso de pequeñas instalaciones y donde existan compresores operados manualmente de capacidad aprobada.
- Compresores de Aire:
  - Dos o más compresores de aire deben ser suministrados con una capacidad total, juntos capaces de cargar las botellas de aire en una hora desde la presión atmosférica, a la presión suficiente para un número de arranques requeridos. Al menos un compresor de aire será independiente de la unidad de propulsión principal y la

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval.**

**Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

capacidad del compresor de aire principal será aproximadamente igual a la división entre ellos.

- Los compresores deberán diseñarse tal que la temperatura de descarga para las botellas de aire de arranque no exceda sustancialmente los 93 °C en servicio. Además un dispositivo de alarma por alta temperatura de aire será instalado. Los compresores de emergencia están exentos de este dispositivo proteccionista.
- Cada compresor se fijará a una válvula de seguridad proporcionada y ajustada al acumulador de aire y la válvula a la salida no excederá en un 10% la máxima presión de trabajo. Se recomienda que estos compresores sean refrigerados por agua dulce.
- Capacidad de las botellas de arranque:
  - Para los motores principales que se disponen para arrancar con aire comprimido la capacidad total de las botellas será suficiente para suministrar sin recarga, un número no menor de doce arranques consecutivos de los motores principales. Al menos dos botellas de aproximadamente la misma capacidad serán suministradas.
  - Para instalaciones con múltiples motores, el número de arranques requeridos para cada motor será considerado especialmente.
- Arranque eléctrico:
  - En motores principales dispuestos con arranques eléctricos, dos grupos de baterías deberán de ser suministradas. Cada batería será capaz de arrancar el motor en frío y con sus capacidades combinadas tendrán suficiente capacidad, sin recarga para proporcionar el número de arranque de los motores principales como se requiere en el punto anterior.
  - La disposición de arranque eléctrico para motores auxiliares tendrá dos baterías separadas o serán alimentados por dos circuitos separados desde las baterías de los motores principales. Para un motor auxiliar solo sujeto a arranque eléctrico se aceptará una sola batería.
  - La capacidad combinada de las baterías para el arranque de los motores auxiliares será suficiente para tres arranques de cada motor.
  - La batería de arranque de los motores se usará solo para este propósito del arranque de los motores y la monitorización de los mismos. Se suministrarán medios para asegurar el almacenaje de



**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

la energía en las baterías y el mantenimiento al nivel requerido de arranques de los motores como se define en los puntos anteriores.

- Para los motores con arranque eléctrico por baterías, se les suministrará una alarma controlando el bajo nivel de carga de las baterías.
- Arranque de las fuentes de emergencia.
  - Los generadores de emergencia deberán ser capaces de arrancar fácilmente en condiciones frías inferiores a una temperatura de 0°C. Si esto es impracticable, o si se dan temperaturas inferiores, deberán de tener disposiciones para el calentamiento del mismo, tal que se asegure el arranque del mismo.
  - Cada generador de emergencia dispuesto para ser arrancado automáticamente se equipará con un sistema de arranque apropiado con dos fuentes independientes de almacenamiento de energía, cada una de las cuales será suficiente para al menos 3 arranques consecutivos. Cuando se de un arranque manual se tendrá que demostrar su eficiencia y solo se suministrará una fuente de almacenamiento de energía. Cualquiera que sea esta fuente de almacenamiento se protegerá contra reducciones inferiores a lo requerido por los arranques.
  - Las siguiente disposiciones deberán de realizarse para mantener en todo momento el almacenamiento de energía:
    - Los sistemas de arranque eléctricos y hidráulicos deberán de ser mantenidos desde le cuadro de control de emergencia.
    - Los sistemas de compresores de aire de arranque deberán de colocarse junto a las botellas de aire principales o auxiliares junto a una válvula de no retorno.
    - Todos aquellos arranques, cargas y dispositivos de almacenamiento de energía deberán de estar localizados en el cuarto del generador de emergencia.
  - Cuando el arranque automático no se requiera por las reglas y pueda demostrarse su eficiencia el arranque manual es permitido, tales como manivelas, arranques inerciales o hidráulicos manuales por acumuladores.
  - Las baterías de arranque de los motores deberán de ser usadas solo para el propósito de arranque de los motores y para la monitorización de los mismos.

2.4.2 Cuando la fuente de energía eléctrica de emergencia es requerida para ser usada para restaurar la propulsión desde una condición de buque muerto. El generador

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

de emergencia ha de ser capaz de suministrar la energía inicial de arranque para la maquinaria de propulsión en un tiempo no superior a treinta minutos desde la condición de buque muerto.

## **2.5 Reguladores del motor de accionamiento:**

2.5.1 El máximo de estadios de carga aplicado a la instalación eléctrica no debe causar variaciones de frecuencia y voltaje de alimentación excediendo los siguientes valores:

- Al menos que se indique lo contrario el equipamiento eléctrico, deberá operar satisfactoriamente con las siguientes variaciones temporales, desde sus valores nominales, cuando son medidos a la entrada de los terminales del consumidor.
- Voltaje:
  - Variaciones permanentes. -6% a -10%.
  - Variaciones transitorias. +20% a -15%.
  - Tiempo de recuperación. 1.5 Segundos.
- Frecuencia:
  - Variaciones permanentes.  $\pm 5\%$ .
  - Variaciones transitorias.  $\pm 10\%$
  - Tiempo de recuperación. 5 Segundos.

## **VII .3 Det Norsket Veritas Sección 3**

### **B200 Fuente de energía eléctrica principal y sistema de arranque:**

201 Debe suministrarse una fuente principal de energía capaz de alimentar todos siguientes servicios:

- Los servicios esenciales son aquellos considerados necesarios para:
  - Navegación, propulsión y maniobrabilidad del barco.
  - Servicio de emergencia.
  - Mantenimiento de un mínimo de seguridad, manteniendo las comunicaciones por radio, las alarmas operadas manualmente, sistemas de contraincendios, servicios de lastres y sentinas. Además de prestar una atención especial con respecto a la carga del barco por ejemplo: el sistema de gas inerte de un petrolero o la ventilación de la carga de un RoRo, etc...
- También debe de mantenerse una condición mínima de habitabilidad, en la que al menos los servicios: de cocina, calefacción, refrigeración, ventilación mecánica, servicios de agua de servicio y sanitaria han de ser mantenidas y funcionar adecuadamente.

La fuente principal de energía eléctrica debe de consistir de al menos dos grupos generadores según Solas II.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordó de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

202 La capacidad de estos grupos generadores debe ser tal que en el caso de que algún grupo generador quede parado, el resto de los grupos pueda alimentar aquellos servicios necesarios para suministrar las condiciones normales de operatividad, propulsión y seguridad.

Las mínimas condiciones de confortabilidad deben también estar asegurada, el cual incluye los servicios mínimos adecuados para cocinar, calefacción, refrigeración doméstica, ventilación mecánica, agua sanitaria y agua potable. Según solas capítulo II.

203 La capacidad de la fuente principal de energía eléctrica del barco debe ser tal que los siguientes servicios:

- Los servicios esenciales son aquellos considerados necesarios para:
  - Navegación, propulsión y maniobrabilidad del barco.
  - Servicio de emergencia.
  - Mantenimiento de un mínimo de seguridad, manteniendo las comunicaciones por radio, las alarmas operadas manualmente, sistemas de contraincendios, servicios de lastres y sentinas. Además de prestar una atención con respecto a la carga del barco por ejemplo: el sistema de gas inerte de un petrolero o la ventilación de la carga de un RoRo, etc...
- También debe de mantenerse una condición mínima de habitabilidad, en la que al menos los servicios: de cocina, calefacción, refrigeración, ventilación mecánica, servicios de agua de servicio y sanitaria han de ser mantenidas y funcionar adecuadamente.

Deberán de ser mantenidos sin tener en cuenta la velocidad y dirección de rotación de la maquinaria de propulsión o línea de eje. Según solas capítulo II.

204 Los grupos generadores deben asegurar que con cualquier generador o fuente primaria de energía fuera de servicio. Los demás grupos generadores deben ser capaces de proporcionar electricidad a los servicios necesarios para arrancar la planta de propulsión principal, partiendo desde la condición de buque muerto.

La fuente de energía eléctrica de emergencia puede ser usada con el propósito de arranque del buque desde la condición de buque muerto, en auxilio de los demás o por sí solo.

205 Cuando los transformadores constituyan una parte esencial de la electricidad que alimentan a los sistemas requeridos con anterioridad, el sistema deberá de estar en disposición de asegurar la continuidad de la alimentación. Según solas capítulo II.

206 En barcos impulsados por energía eléctrica “ Propulsión eléctrica “ con dos o más grupos generadores de propulsión de tensión constante, los servicios de energía eléctrica del barco pueden ser derivados desde estas fuentes en adición a los generadores en servicio del barco. De tal manera que sean capaces de proporcionar una propulsión efectiva con un generador de propulsión fuera de servicio.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

207 Un generador conducido por una unidad propulsora principal “ Generadores conducidos por ejes “, estará preparada para operar a una velocidad constante, esto puede ser considerado como un requerimiento del generador. La instalación de ejes de generadores que no cumplan con este criterio podrá ser colocado como adición de las fuentes de energía que:

Sobre el último de los ejes de generadores y grupo generadores en reserva “ Stand by “ se acoplará automáticamente. La capacidad del grupo en reserva será suficiente para las cargas necesaria de propulsión y seguridad no incluyendo normalmente servicios como:

- Hélices laterales que no formen parte de la propulsión principal.
- Molinetes.
- Sistemas de amarre.
- Equipo controlador de carga.
- Refrigeración para aire acondicionado.

Sin embargo, los servicios adicionales que se requieran por notaciones de servicios o notaciones de clase serán agregadas para la lista de servicios como: equipamiento de refrigeración, para buques con notación para transporte de carga refrigerada.

208 El sistema eléctrico principal debe suministrar iluminación a todas aquellas partes del barco normalmente accesibles para ser usadas por pasajeros o tripulantes según solas capítulo II.

209 La Disposición del sistema de luces principales deben de ser tal que con un fuego u otro accidente en los espacios que contiene la fuente de energía principal de energía eléctrica así como el equipamiento asociado de transformación, cuadros de distribución principal y cuadros de distribución de luces. No debe de ser afectado al sistema de luces requeridos por la regulación. Según solas capítulo II.

210 El cuadro de distribución principal debe estar en un lugar relativo a la estación de generación principal, este deberá de estar tan cercano como sea posible. La integridad de la alimentación eléctrica normal solo podrá ser afectada por un fuego u otro evento en este espacio.

Un alojamiento para el cuadro de distribución principal, constituido por un cuarto de control de máquinas situado junto al mamparo de cierre del espacio, no debe considerarse como separado del cuadro de distribución desde los generadores. Según solas capítulo II.

211 Cuando la energía eléctrica total instalada del grupo de generadores principales sea mayor a tres mega- vatios, la barra de distribución principal deberá ser subdividida en al menos dos partes las cuales deben ser conectadas por enlaces desmontables o por otros medios aprobados. La conexión de los grupos generadores y algún otro equipo duplicado deberá ser igualmente dividida entre las partes de al barra de distribución. Según solas capítulo II.

### **B300 Motores de accionamiento para generadores:**

301 Cada generador requiere para ser conducido o manejado un motor de accionamiento auxiliar separado. Un motor de accionamiento puede ser usado también para conducir otra máquina auxiliar. Aunque tendrá suficiente capacidad para el total de las cargas o la maquinaria auxiliar y el generador no podrán utilizarse simultáneamente. Si algún otro elemento auxiliar es conectado a este motor de accionamiento siendo posible sobrecargar el motor, un enclavamiento u otro medio físico se instalará para prever tales sobrecargas.

302 Cuando un generador es conducido o manejado por una máquina de vapor o una turbina y la operación de la caldera depende de la alimentación de energía eléctrica. Deberá existir al menos un generador conducido o manejado por un motor diesel auxiliar, o una turbina de gas, permitiendo así el arranque de las calderas.

### **B400 Generadores accionados por maquinaria principal:**

401 Cada generador debe ser accionado por una maquinaria principal y cada maquinaria principal es solamente para accionar un generador. Será posible desconectar cada generador de su máquina principal por medios de embragues separadores.

402 Ante la pérdida de alguna máquina principal accionadora de un generador. El grupo generador en reserva “ Stand by “ se arrancará automáticamente. Los servicios esenciales deberán ser restablecidos tan rápidamente como sea posible.

## **CAPITULO VIII: PROTECCIÓN DE LOS GENERADORES.**

### **VIII.1 A.B.S. 4-8-2. 9.11**

#### **9.11.- Protección de generadores.**

##### 9.11.1 Protección de sobrecarga:

Los generadores deberán protegerse ante una sobrecarga por medio de un interruptor con dispositivo de disparo por máxima de gran retardo. Esto deberá regularse a un valor que no exceda el quince por ciento (15%) sobre la intensidad a plena carga para máquinas en servicio continuo por encima de la sobrecarga admisible para máquinas en servicios especiales. Alternativamente en los generadores de menos de veinticinco kilovatios (25 kW) no dispuestos para el funcionamiento en paralelo puedan protegerse por fusibles.

##### 9.11.2 Protección por corto circuito:

Los generadores deberán protegerse contra corto circuito por interruptores automáticos de disparo de retraso corto. Para su coordinación con los interruptores automáticos del alimentador. Los dispositivos de disparo de retraso corto serán puestos en una corriente conveniente y momento que se deberá coordinar con los interruptores del alimentador.

Cuando se dispongan dos o más generadores de corriente alterna para funcionamiento en paralelo, el interruptor automático de cada generador, deberán ser regulados a un valor instantáneo superior a la contribución máxima de corriente del generador en particular.

Para los generadores de menos de doscientos kilovatios (200 kW) accionados por motores diesel o turbinas de gas que operan independientemente del sistema eléctrico, puede omitirse la condición de disparo de retraso corto y se proporcionarán unos dispositivos con disparos instantáneos o largos.

##### 9.11.3 Protecciones contra daños termales.

Los interruptores automáticos del generador principal y del cuadro de distribución de emergencia deben de tener unas características de disparo y ser colocados tal que ellos abran antes de que el generador este sometido a daños y perjuicios termales.

##### 9.11.4 Protección de inversión de potencia.

En los generadores dispuestos para su funcionamiento en paralelo llevarán un interruptor automático de inversión de potencia. El rango de funcionamiento de estos dispositivos proteccionistas deberá estar en un rango comprendido en el dos al seis por ciento (2% al 6%) de la energía tasada para turbinas y en el rango del ocho al quince por ciento (8% al 15%) de la energía tasada para motores diesel.

#### 9.11.5 Parada del motor de accionamiento.

La parada del motor de accionamiento debe de ser causada por el disparo del interruptor automático del generador.

#### 9.11.6 Protección de bajo voltaje.

Los generadores dispuestos para el funcionamiento en paralelo se les proporcionarán medios para permitir al interruptor automático del generador cerrar si el generador no esta generando, y para abrir este cuando la tensión se emplee.

### **VIII .2 Lloyd's Register Sección 6**

#### **6.1 General:**

La instalación ha de estar protegida contra: sobre intensidad, corto circuitos y otros daños eléctricos. El accionamiento en tiempo de los medios de protección se proyectara en una completa coordinación para asegurar:

- Una disposición de los servicios esenciales y emergencia bajo condición de fallo a través de una acción discriminada de los medios de protección, siempre que sean posible las disposiciones serán también para asegurar la viabilidad de otros servicios.
- La eliminación de fallos para reducir daños en el sistema y peligros de incendios.

6.1.2 Las protecciones contra corto circuitos y sobre cargas serán suministradas en cada sistema de alimentación y distribución sin línea de tierra. A menos que se encuentre bajo las excepciones de las descripciones de algún párrafo de esta sección.

6.1.3 La protección de corto circuito ha de ser suministrada para cada fuente de energía y en cada punto en el cual un circuito de distribución entre dos (2) o más circuitos subsidiarios.

6.1.4 Para los circuitos de protección de los generadores de energía asociados a un cuadro de distribución. El cable entre el generador y el cuadro de distribución ha de ser de una clase y ha de ser instalado de tal manera que sirva para minimizar el riesgo de corto circuito.

6.1.5 Las protecciones para los cuadros de baterías han de ser suministrados en una posición externa y adyacente a los compartimentos de baterías:

- Circuitos de la batería del motor de arranque.
- Circuitos para los cuales se demuestre que el riesgo resultante de la operación de excitación del medio de protección pueda ser mayor que la que resulte del fallo.

6.1.6 Las protecciones de corto circuito pueden ser omitidas para:

- Cableados o equipos internamente protegida contra corto circuitos.
- O donde pueda ser demostrado que estos son innecesarios por falta de una condición de corto circuito.
- Además donde el cableado es instalado de una manera tal que minimice el riesgo por corto circuito.

6.1.7 La protección de sobrecarga puede ser omitida por lo siguiente:

- Una línea de circuitos de clase aislada.
- Circuitos alimentando equipamientos incapaces de padecer sobrecargas, o sobrecargas asociadas al cable de alimentación, bajo condiciones normales.
- O innecesarias por la falta de condición de sobrecargas.

## **6.2 Protección contra corto circuitos:**

6.2.1 La protección contra corto circuitos será suministrada por medio de interruptores automáticos o fusibles.

6.2.2 La conexión de corto circuito y la capacidad de ruptura de la corriente de los medios de protección han de ser adecuadas ante cualquier corto circuito en un punto de la instalación, los requisitos para interruptores automáticos y fusibles se detallan a continuación:

- Los interruptores automáticos para sistemas de corriente alterna han de satisfacer las siguientes condiciones:
  - La r.m.s. “ Corriente de Ruptura Simétrica “ para las cuales los dispositivos serán tasados, no será menor que la r.m.s. Valor este componente de la corriente alterna del posible fallo de corriente, en el instante de separación del contactor.
  - El pico de corriente asimétrica para la cual los dispositivos serán tasados. No será menor que el valor pico del futuro fallo de corriente en la primera mitad del ciclo, permitiendo así la máxima asimétrica.
  - El factor de potencia al cual el dispositivo contra corto circuito ha de ser tasado será mayor que el fallo de corriente.
- Los interruptores automáticos para sistemas de corriente continua han de tener un factor de corriente asignado de ruptura no menor que el futuro error de corriente inicial.
- Ante la pérdida de las condiciones nominales consideradas con anterioridad, han de ser rearmados en la base del dispositivo para su futuro uso después de un fallo en la corriente.
- Para los servicios esenciales duplicados y servicios no esenciales, debe considerarse para la aceptación del dispositivo, no deben rearmarse para su uso futuro después de un fallo de corriente.



**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

- Protección contra pérdida de toma de tierra:
  - En todo sistema de distribución de corriente ha de tener una toma de tierra, por medio de impedancias. Esta ha de ser suministrada con unos medios para una continua monitorización y un indicador con la corriente que fluye a la toma de tierra.
  - Si la corriente derivada a la toma de tierra excede cinco amperios(5 A). Esta tiene que ser indicada por medio de una alarma y la corriente tiene que ser automáticamente interrumpida o limitada a un valor seguro.
  - Las condiciones nominales de corto circuito de los dispositivos usados ante una pérdida de la toma de tierra, no deberán ser menores que la futura falta de corriente de tierra en un punto de la instalación.
- Fusibles:
  - Los fusibles para los sistemas de corriente alterna han de tener una capacidad de corte no menor que el valor inicial de r.m.s. de los componentes de corriente alterna de la previsible pérdida de corriente.
  - Los fusibles para los sistemas de corriente continua han de tener una capacidad de corte no menor que el valor inicial de la previsible pérdida de corriente.

6.2.3 La consiguiente falta de corriente ha de ser calculada bajo los siguientes grupos de condiciones:

- En todos los generadores, motores y donde sean aplicables en todos los transformadores conectados, siempre que sea posible por algunos dispositivos de enclavamiento.
- Una falta insignificante de impedancia en el cierre del dispositivo de protección en relación con el tamaño de la carga.

6.2.4 Ante la ausencia de datos precisos, una futura falta de corriente puede ser hallada por:

- En un sistema de corriente alterna al cuadro de distribución principal:
  - $10 \times C_{\text{máx. carga}}$  ( $C_{\text{máx. carga}}$ : Corriente máxima de carga tasada). Para cada generador que pueda ser conectado, o.
  - $C_{\text{máx. carga}} / x$  para cada generador y tres (3)  $\times C_{\text{máx. carga}}$  para motores operados simultáneamente.
    - El valor derivado superior es una aproximación al r.m.s.
    - La máxima falta de corriente asimétrica puede ser estimada dos coma cinco (2.5) veces a la cifra anterior. “ Correspondiendo a un error del factor de potencia aproximadamente 0.1 “.
- El sistema de alimentación de corriente continua de baterías en los terminales de las baterías.
  - Quince (15) veces los amperios/horas tasados para baterías de vasos ácidos, o de tipo alcalino. Pensados para descargarse a un ritmo lento

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

correspondiente a la duración de la batería excediendo este en tres (3) horas. O

- Treinta (30) veces los amperios/horas tasados de la batería de vasos ácidos con una capacidad de cien (100) amperios/hora o mayores. Tipo alcalino con ritmo de descarga rápido. Correspondiente a una duración de baterías que no exceda tres horas (3 h.).
- Seis (6 x  $C_{\text{máx. carga}}$ ), para motores simultáneamente en funcionamiento (si es aplicable).

6.2.5 El uso de un interruptor automático con una capacidad de corto circuito menor que la previsible corriente de corto circuito en un punto de la instalación, se permite, siempre que lo preceda un dispositivo con una capacidad de corto circuito menor que lo necesario. Los interruptores automáticos de generadores no han de ser usados para estos propósitos.

- Este mismo dispositivo puede respaldar más de un interruptor automático suministrado para servicios esenciales o de emergencia alimentados desde ese mismo lugar.
- La combinación de dispositivos de respaldo o apoyo y los interruptores automáticos han de cumplir con un corto circuito menor e igual para un interruptor automático que cumpla con lo requerido en anteriores párrafos.
- Una evidencia de la combinación ha de ser suministrada para su consideración. Alternativamente, otras consideraciones deberán ser dadas para los planos donde se pueda demostrar que:
  - La toma de corriente, aguas arriba del dispositivo de respaldo debe de pasar por encima de este, siendo esta no-mayor que las condiciones nominales de ruptura de corto circuito de los interruptores automáticos, y.
  - Las características de los dispositivos de respaldo, y la futura pérdida de nivel, semejante a las condiciones nominales del pico de corriente de cortes no puede ser excedido y;
  - La integral de Joule con respecto a la corriente de los dispositivos de apoyo no debe de exceder las condiciones nominales correspondientes a la ruptura de corriente y tiempo de apertura de los interruptores automáticos.

### **6.3 Protección contra sobrecarga:**

6.3.1 Fusibles, interruptores automáticos y otros dispositivos proteccionistas serán suministrados para la protección contra sobrecargas. Estos tendrán unas características de disparo que asegure la protección del cableado y la maquinaria eléctrica contra una sobre carga eléctrica o mecánica.

6.3.2 Fusibles para protección contra sobrecarga:

- Los fusibles para los sistemas de corriente alterna han de tener una capacidad de corte no menor que el valor inicial de r.m.s. de los componentes de corriente alterna de la previsible pérdida de corriente.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

- Los fusibles para los sistemas de corriente continua han de tener una capacidad de corte no menor que el valor inicial de la previsible pérdida de corriente.
- Los fusibles para la protección contra corto circuitos, no deben ser usados para la protección contra sobre carga.

### 6.3.3 Interruptores automáticos para protección contra sobrecarga:

- Los interruptores automáticos para sistemas de corriente alterna han de satisfacer las siguientes condiciones:
  - La r.m.s. “ Corriente de Ruptura Simétrica “ para las cuales los dispositivos serán tasados, no será menor que la r.m.s. Valor este componente de la corriente alterna del posible fallo de corriente, en el instante de separación del contactor.
  - El pico de corriente asimétrica para la cual los dispositivos serán tasados. No será menor que el valor pico del futuro fallo de corriente en la primera mitad del ciclo, permitiendo así la máxima asimétrica.
  - El factor de potencia asignado para estos dispositivos no debe de ser menor que el futuro fallo de corriente.
- Los interruptores automáticos para sistemas de corriente continua han de tener un factor de corriente asignado de ruptura no menor que el futuro error de corriente inicial.
- Ante la pérdida de las condiciones nominales consideradas con anterioridad, han de ser rearmados en la base del dispositivo para su futuro uso después de un fallo en la corriente.
- Para los servicios esenciales duplicados y servicios no esenciales, debe considerarse para la aceptación del dispositivo, no debe rearmarse para un futuro uso después de un fallo de corriente.
- Protección contra pérdida de toma de tierra.
  - En todo sistema de distribución de corriente ha de tener una toma de tierra, por medio de impedancias. Esta ha de ser suministrada con unos medios para una continua monitorización y un indicador con la corriente que fluye a la toma de tierra.
  - Si la corriente derivada a la toma de tierra excede cinco amperios (5 A.). Esta tiene que ser indicada por medio de una alarma y la corriente tiene que ser automáticamente interrumpida o limitada a un valor seguro.
  - Las condiciones nominales de corto circuito de los dispositivos usados ante la pérdida de la toma de tierra, no deberán ser menores que la futura falta de corriente de tierra en un punto de la instalación.

6.3.4 Interruptores automáticos de apoyo a la protección para fusibles o otros dispositivos.

## 6.4 Protección en generadores:

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

6.4.1 Los equipos de protección requeridos por los siguientes párrafos deberán ser suministrados como mínimo.

6.4.2 Los generadores no dispuestos para operar en paralelo han de ser suministrados con un interruptor automático dispuesto para abrir simultáneamente ante un caso de corto circuito, sobrecarga o bajo voltaje, con todos los polos aislados. En el caso de generadores con condiciones nominales menores a cincuenta (50 Kw.) Kilovatios, se aceptarán con un interruptor multipolar con fusibles.

6.4.3 Los generadores dispuestos para operar en paralelo han de ser suministrados con un interruptor automático dispuesto para abrir simultáneamente, ante un caso de corto circuito, sobrecarga o bajo voltaje con todos los polos aislados. Este interruptor automático ha de ser suministrado con protección de potencia inversa con disparo lento, seleccionado y ordenado dentro de los límites del dos por ciento (2%) al quince por ciento (15%) de toda la carga para un valor fijado de acuerdo con las características de los motores de accionamiento. Una caída del cincuenta por ciento (50%) en el voltaje aplicado no dejara inoperativo al mecanismo de inversión de potencia.

6.4.4 El generador dispuesto con interruptor automático de corto circuito y disparo por sobrecarga, o con fusibles de similares características han de ser de tales capacidades ante los daños termales que la máquina nunca se vean sobrepasada sus límites de daños termales.

6.4.5 Los grupos de mecanismos de protección de bajo voltaje requeridos en los párrafos anteriores han de ser elegidos para asegurar las siguientes acciones:

- La instalación ha de estar protegida contra: sobre intensidad, corto circuitos y otros daños eléctricos. El accionamiento en tiempo de los medios de protección se proyectara en una completa coordinación que asegure:
  - Una disposición de servicios esenciales y de emergencia bajo condición de fallo a través de una acción discriminada de los medios de protección, siempre que sean posible las disposiciones será también para asegurar la viabilidad de otros servicios.

## **6.5 Restricción de carga:**

6.5.1 Han de tomarse medios para desconectar automáticamente después de un tiempo apropiado de retraso, en circuitos de categoría inferior. Cuando los generadores son sobrecargados, suficiente para asegurar la conexión de los grupos generadores, sin sobrecarga: (grupos de desconexión) según el siguiente orden.

- Circuitos no esenciales.
- Circuitos de servicio de alimentación, para habilitación.
- En buques de carga, circuitos de refrigeración.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

6.5.2 Si se requiere, esta restricción de carga debe ser realizado en una o más etapas, en cualquier caso los circuitos no esenciales han de ser incluidos en el primer grupos para ser desconectados.

6.5.3 Las consideraciones han de ser dadas suministrando medios para inhibir automáticamente el arranque de los motores importantes o la conexión de otras grandes cargas.

### **6.6 Circuitos de alimentación:**

6.6.1 El aislamiento y protección de cada circuito de alimentación ha de ser asegurado por un interruptor automático multipolar o interruptor con fusible en cada conductor aislado. La protección estará de acuerdo con los anteriores párrafos. Los dispositivos proteccionistas han de permitir el exceso de corriente durante el periodo normal de aceleración de los motores.

## **VIII .3 Det Norsket Veritas Sección 3 F.300**

### **F 300 Circuitos del generador:**

301 Cada generador dispuesto para funcionar en paralelo y cada generador con condiciones nominales mayores de cincuenta kilovatios (50 Kw.) deben ser suministrados con un interruptor automático multipolar. Para otros generadores un interruptor automático con fusible o un interruptor multipolar con fusible en cada fase aislada sobre el generador puede ser aceptado.

Cuando se use un interruptor automático y fusible, la regulación contra sobre intensidad del fusible se tasara en un máximo del ciento veinticinco por ciento (125%) de la corriente tasada de los generadores.

Cuando se usen interruptores automáticos, la regulación contra sobre intensidad debe dispararse desde el cinco diez por ciento (110%) al ciento veinticinco por ciento (125%) con un retraso de veinte segundos (20sg) a ciento veinte (120sg) segundos.

El disparo por corto circuito será regulado en un valor inferior al del generador, estando esta a una corriente de corto circuito a la que el generador se encuentra aún estable y con un retraso tan pequeño como sea posible con un (1sg) segundo como máximo.

302 Los generadores con una capacidad de mil quinientos kilo voltio amperios (1500 kva.) o superiores, han de ser equipados con un dispositivo protector conveniente o con un sistema el cual ante el caso de corto circuito en el generador o en el cable de alimentación entre el generador y su interruptor automático de excitación del generador, le permita abrir el interruptor automático. Los generadores de emergencia están exentos de este requerimiento.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

303 Para los generadores instalados en un espacio, el cual, no tiene acceso directo al espacio del cuadro de distribución principal, se le aplicarán los siguientes requisitos:

- El generador debe de estar conectado directamente al cuadro de distribución principal. La protección de corto circuito para el cable entre los elementos debe de ser instalada, el interruptor del equipo del generador debe de estar localizado en el cuadro de distribución principal.
- El generador debe estar localizado tal que este pueda ser manejado bajo todas las condiciones de la mar. Si ante una mar dura queda obstruido el acceso al cuarto del generador, un control remoto deberá de ser suministrado desde el cuarto de máquinas, por ejemplo un marcha/paro y control de velocidad.
- La instalación deberá ser monitorizada de acuerdo con los requerimientos del barco y en caso de indicarse así deberá asumir que el grupo generador sea operado desatendidamente.

304 Otros medios de protección de generadores contra sobrecarga, como por ejemplo, la alarma del bobinado a sobre temperatura combinada con un disparo con retraso operado por un dispositivo de potencia, dispositivo proteccionista o watímetro, serán aceptado según de las consideraciones de cada caso.

305 Los interruptores automáticos de los generadores serán normalmente suministrados con un accionamiento de bajo voltaje.

306 Cada generador dispuesto para funcionamiento en paralelo será suministrado con un dispositivo proteccionista contra la inversión de potencia (llamado dispositivo proteccionista de corriente inversa).

Los dispositivos proteccionistas de inversión de potencia se dispararán un interruptor automático en:

- A un máximo del quince por ciento (15%) de la potencia tasada para generadores accionados por un motor de pistones.
- A un máximo del seis por ciento (6%) de la potencia tasada para generadores accionados por turbinas.
- Con tiempo de retraso de tres (3 sg) a diez (10 sg) segundos.

La energía de liberación no debe de aportarse en variaciones de voltajes mayores al cincuenta por ciento (50%) y menores del sesenta por ciento (60%) del voltaje tasado, y en las instalaciones de corriente alterna a algunas variaciones de factor de potencia.

Los dispositivos proteccionistas de corriente inversa para corriente continua en generadores que son excitación en derivación han de ser conectados en los polos opuestos al bobinado en serie.

307 La medida del corto circuito, sobre intensidad y dispositivos proteccionistas de potencia inversa deben ser tal que sea posible volver a conectar el interruptor automático en un intervalo de treinta segundos (30sg.) después de la liberación,

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

proporcionando un voltaje dentro del rango del ochenta y cinco por ciento (85%) al ciento diez por ciento (110%) del voltaje tasado.

308 En barcos donde exista más de un generador necesario para cubrir la carga normal en navegación, cada generador deberá de ser suministrado con medios adecuados para el disparo de los consumidores no importantes. Si fueran necesario también los consumidores importantes pueden ser disparados o liberados.

La medida ha de ser tal que los consumidores importantes puedan ser liberados o desconectados cuando el generador de corriente – carga este debidamente re conducido. La liberación al noventa y cinco por ciento (95%) al ciento diez por ciento (110%), con un tiempo de retraso de cinco (5) a veinte (20) segundos.

309 La conexión automática del generador en reserva “Stand by “ después de ser desconectado, solo podrá ser posible cuando se muestre que todos los contactos auxiliares de los interruptores automáticos del generador, están desconectados en el cuadro de distribución principal.

## **CAPITULO IX: GENERAL.**

### **IX .1 A.B.S. 4-8-3. 1**

#### **1- General.**

##### 1.1. Norma de Cumplimiento:

En general, el equipo eléctrico será diseñado, construido y aprobado bajo una norma: nacional, internacional y de acuerdo con los requisitos de esta sección.

##### 1.2 Certificación de equipos:

Se exigen certificar los equipos eléctricos indicados abajo por el bureau, obedeciendo las disposiciones apropiadas de esta sección:

- Los generadores y motores de cien kilovatios (100kw) y mayores para servicios esenciales.
- Los Motores principales para la propulsión y los cuadros de emergencia.
- Los controladores de motores de cien kilovatios (100kw) y mayores para servicios esenciales.
- Los centros de control de los motores con cargas de cien kilovatios (100kw) y mayores para los servicios esenciales.
- Medios de carga y descarga de las baterías de emergencia y la fuente de transición de energía.
- Controles del sistema de propulsión: semiconductores y conductores de la propulsión.
- Otros elementos serán diseñados, se construirán y se aprobarán de acuerdo con lo establecido mediante experiencias industriales. Las características técnicas de las que se les pueden dotar por parte del fabricante y los requisitos aplicables de esta sección.
- La aceptación se basará en la documentación del fabricante que deberá de obedecer a una actuación satisfactoria de la instalación.

##### 1.3 Materiales y diseño:

El equipo eléctrico deberá construirse para resistir:

- El efecto del fuego.
- Resistentes a la humedad.
- Al ambiente marino.
- Las temperaturas de funcionamiento.
- Conexiones a tierra protegidas contra un contacto fortuito.

##### 1.4 Características de voltaje y frecuencia.

Las características eléctricas de los equipos que se alimentan del generador principal o de los sistemas de emergencia, exceptuando las alimentaciones a baterías para el grupo de emergencia, deberán de operarse satisfactoriamente bajo las siguientes variaciones en voltaje y frecuencia.



**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

<b>Parámetro eléctrico</b>	<b>Permanentes</b>	<b>Transitorias</b>
Frecuencia (Hz)	± 5%	± 10% (5 Segundos)
Voltaje (V)	+ 6 % a – 10%	± 20% (1,5 Segundos)

1.5 Protecciones:

El grado de protección para un aislamiento con respecto a la intrusión de partículas extrañas y aguas o líquidos se define con las siglas IP seguidos por dos dígitos:

El primer dígito nos define el grado de protección contra partículas y, El segundo dígito nos define el grado de protección contra la entrada de agua o líquidos.

**GRADO DE PROTECCIÓN DEL EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO. (PRIMER NÚMERO IP).**

<b>Primer Número o IP</b>	<b>Descripción Corta</b>	<b>Definición</b>
<b>0</b>	Sin protección	Sin protección especial.
<b>1</b>	Protección contra la entrada de objetos sólidos mayores de cincuenta milímetros (50 mm).	Protección contra la entrada de una superficie grande del cuerpo, como una mano (pero no protegido contra un acceso deliberado). Objetos sólidos mayores de cincuenta milímetros (50 mm) de diámetro.
<b>2</b>	Protección contra la entrada de objetos sólidos mayores de doce milímetros (12 mm).	Protección contra la entrada de una superficies del cuerpo, como dedos o objetos similares que no excedan ochenta milímetros de longitud y de un diámetro de doce milímetros (12 mm).
<b>3</b>	Protección contra la entrada de objetos sólidos mayores de dos coma cinco milímetros (2,5 mm).	Protección contra la entrada de herramientas, cables, etc. De espesores o diámetros mayores de dos coma cinco milímetros (2,5 mm).
<b>4</b>	Protección contra la entrada de objetos sólidos mayores de un milímetros (1 mm).	Protección contra la entrada de cables y pletinas de espesores mayores de un milímetro (1 mm).
<b>5</b>	Protección al polvo.	No totalmente protegido contra la entrada de polvo. Pero este no deberá de entrar en una cantidad suficiente para interferir con el funcionamiento satisfactorio del elemento.
<b>6</b>	Sin polvo.	Sin entrada de polvo.

**GRADO DE PROTECCIÓN DEL EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO. (SEGUNDO NÚMERO IP).**

<b>Segundo Número IP</b>	<b>Descripción Corta</b>	<b>Definición</b>
<b>0</b>	Sin protección	Sin protección especial.
<b>1</b>	Protección contra el goteo de agua.	El goteo de agua (en caída vertical) no debe de afectar al equipo eléctrico.
<b>2</b>	Protección contra el goteo de agua con inclinación de quince grados (15°)	El goteo de agua no debe ocasionar efectos al alojamiento del equipo eléctrico se inclina a un ángulo de quince grados (15°) de su posición normal.
<b>3</b>	Protección contra agua pulverizada.	Agua pulverizada a un ángulo superior a sesenta grados (60°) desde su posición normal, no debe ocasionar efectos perjudiciales del equipo eléctrico.
<b>4</b>	Protección contra agua salpicada.	Agua salpicada contra el alojamiento del equipo desde cualquier dirección no debe ocasionar efectos dañinos al equipo eléctrico.
<b>5</b>	Protección contra agua en chorro	Agua proyectada por una tobera contra el alojamiento del equipo desde cualquier dirección no debe de ocasionar efectos dañinos al equipo eléctrico.
<b>6</b>	Protección contra aguas duras	Aguas de mares duras o agua proyectadas en chorros no deben penetrar en el alojamiento del equipo eléctrico en cantidades dañinas.
<b>7</b>	Protección contra los efectos a la inmersión	El ingreso de agua en cantidades dañinas no será posible cuando el alojamiento este inmerso en agua bajo condiciones definidas de presión y tiempo.
<b>6</b>	Protección contra inmersión	El equipo esta previsto para condiciones de inmersión continuas en agua las cuales deben de ser especificadas por el fabricante.

Los equipos eléctricos deberán tener un grado de protección contra la intrusión de objetos y líquidos apropiados a la localización de su instalación.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordó de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

El grado mínimo de protección deberá estar de acuerdo con la siguiente tabla:

Localización	Condiciones de la Situación	Cuadros de Distribución a bordo, controles de Motores y Controladores						
		Generadores						
		Motores						
		Transformadores y Convertidores						
		Luces fijas						
Aplicaciones de Calor						Accesorios 2		
Espacios secos de habitación	Peligro por contacto de los elementos	IP20	—	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20
Cuartos de control secos. 4		IP20	—	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20
Cuartos de control	Peligro por goteo de líquidos y/o daños mecánicos	IP22	—	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22
Esp. Máq. Sobre plancha de fondo		IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP44
Cuarto del Servomotor		IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP44
Cuarto Maq. Refrigeración		IP22	—	IP22	IP22	IP22	IP22	IP44
Cuarto Maq. Emergencia		IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP44
Cuarto de almacenamiento		IP22	—	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22
Pañoles		IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP44
Gambuza	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP2	
Baños y duchas	Incremento de peligro de líquidos y daños mecánicos	—	—	—	—	IP34	IP44	IP55
Esp. de Máq. Sobre plancha de fondo. Tanques cerrados de fuel o Ac. Lubricante y cuarto de separadoras.		—	—	IP44	—	IP34	IP44	IP55 3
Cuartos de Bombas de lastre	Incremento de peligro de líquidos y daños mecánicos	IP44	—	IP44	IP44	IP34	IP44	IP55
Cuartos refrigerados		—	—	IP44	—	IP34	IP44	IP55
Cocina y lavandería		IP44	—	IP44	IP44	IP34	IP44	IP44
Línea de ejes y quilla cajón	Peligro por líquido pulverizado de la ventilación de carga. Serios daños mecánicos y humos agresivos	IP55	—	IP55	IP55	IP55	IP55	IP56
Bodegas para carga		—	—	—	—	IP55	—	IP55
Cubierta intemperie	Expuesto a mar dura	IP56	—	IP56	—	IP56	IP56	IP56
Pocetes y sentinas	Expuesto a inmersión	—	—	—	—	IPX8	—	IPX8

- Espacios con “—” indica que la instalación de equipo eléctrico no se recomienda.
- Los “Accesorios” incluyendo los interruptores, los detectores, cajas de unión, etc.
- Los envoltentes exteriores no se deben instalar en espacios inferiores de las planchas de fondo con combustibles adjuntos, lubricantes, sala de purificadoras o espacios que requieran certificado de equipo seguro.
- En el propósito de esta tabla, el puente de gobierno, se contempla como un cuarto de control seco y consecuentemente con instalación IP20 deberá de ser suficiente para que:
  - El equipo se localizará evitando ser expuesto a vapor, goteo, a emanaciones de líquidos de tuberías, válvulas, bridas, conductos de ventilación, etc. Instalándolo en lugares adecuados.
  - El equipo se localizará para evitar la exposición de mar o lluvia.

### 1.6 Accesibilidad:

El equipo eléctrico se diseñará y se localizará para proporcionar accesibilidad a las partes que requieran inspecciones o ajustes.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordó de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

### 1.7 Materiales y aislamientos:

Los materiales aislantes serán clasificados por su máxima temperatura continua de operación, de acuerdo con la siguiente tabla:

<b>CLASE</b>	<b>°C</b>	<b>°F</b>
<b>A</b>	108	221
<b>E</b>	120	248
<b>B</b>	130	266
<b>F</b>	155	311
<b>H</b>	180	356

Para los materiales o combinación de materiales que por medio de experiencia o pruebas que demuestren ser capaces de mantener un funcionamiento satisfactorio a temperaturas superiores de ciento ochenta grados centígrados (180 °C). Averiguando así su grado de aplicación y a la temperatura en la que se estimen su operatividad.

### 1.8 Temperaturas Ambientes:

Una temperatura ambiente máxima de cuarenta y cinco grados centígrados (45°C) será considerada para los locales de calderas y cámaras de máquinas; mientras que cuarenta grados centígrados (40°C) serán asumidos para cualquier otra localización.

Sin embargo, para temperaturas máximas ambientes de las máquinas eléctricas, una temperatura ambiente máxima de cincuenta grados centígrados (50°C) se considera para los locales de calderas y cámara de máquinas.

En los locales donde las temperaturas ambientales excedan estos valores anteriormente indicados, se asumirán las temperaturas indicadas por el equipo y que no deben de excederse.

## **IX .2 Lloyd’s Register. Sección 1**

### **1.1 Requerimientos generales:**

1.1.1 General: Los requisitos de este capítulo se aplican en buques de pasaje y buques de carga.

1.1.2 Aunque con estos requisitos se considerarán que cumplen con el convenio internacional para la seguridad de la vida en el mar. Hay que prestar atención a cualquier regulación de las autoridades nacionales del país en el que el buque este registrado. El cumplimiento de estos reglamentos nacionales puede incluirse como si se tratará del convenio internacional para la vida en el mar.

1.1.3 Los servicios eléctricos requeridos para mantener el barco en condiciones normales de travesía, de habitabilidad y operación han de ser capaces de mantenerse, sin la utilización del recurso de las fuentes de energía externa.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

1.1.4 Los servicios esenciales eléctricos han de ser mantenidos bajo condición de emergencia.

1.1.5 la seguridad del pasaje, tripulación y barco ha de asegurarse bajo cualquier situación ya sea en condiciones normales de travesía o ante cualquier situación de emergencia.

## **1.2 Planos:**

1.2.1 Al menos tres (3) copias de los planos y estudios de los mismos que se enumeran a continuación deberán de ser presentados, mientras que copias adicionales se presentarán cuando se requieran.

1.2.2 Diagramas unifilares de la potencia principal, emergencia y sistemas de iluminación incluyendo:

- Características nominales de las máquinas eléctricas, transformadores, baterías, etc.
- Todas las alimentaciones conectadas al cuadro de distribución: principal y auxiliar.
- Secciones a bordo y distribuciones.
- Tipos de aislamiento, tamaño e intensidad de los cables.
- Marca, tipo y Condiciones Nominales de los interruptores automáticos y fusible.

1.2.3 Diagramas simplificados de los circuitos del generador, circuitos de interconexión y circuitos de alimentación; indicando lo siguiente:

- Medios de protección; Por ejemplo “ Corto circuito, sobrecarga e inmersión de corriente”.
- Medios de instrumentación y sincronización.
- Disparos de los interruptores automáticos.
- Paradas remotas.
- Protecciones / indicaciones por falta de toma de tierra.

1.2.4 Los cálculos de la corriente de corto circuito de los cuadros de distribución principales y de emergencia, incluyendo en estos aquellas alimentaciones a través de transformadores, con detalles de los interruptores automáticos y fusibles. Indicando el tiempo de operación mostrando las curvas de discriminación.

1.2.5 Para barcos con atmósferas explosivas se presentarán una disposición general del barco mostrando las zonas y espacios peligrosos.

1.2.6 Una disposición general con la localización del equipo eléctrico localizado en las zonas peligrosas detallando:

- Tipo de equipo.
- Tipo de protección.
- Grupos de equipos.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

- Protección del alojamiento.
- Certificación de las autoridades.
- Clase y tipo de aislamiento a la temperatura.
- Número de certificado.
- Localización.

1.2.7 Diagrama unifilar del circuito del sistema de propulsión eléctrica (si existe) indicando lo siguiente:

- Características nominales de las máquinas, transformadores, baterías y convertidores.
- Tipos de aislamientos, tamaño y corriente alterna de los cables.
- Marca, tipo y condiciones nominales de los interruptores automáticos y fusibles.
- Medios de protección y instrumentación.
- Indicación / protección por pérdida de tierra.
- Especificación del sistema en relación de los requisitos de la sociedad para este tipo de propulsión.

1.2.8 Detalles de los sistemas de seguridad en zonas de pasajeros y tripulación los cuales incluyan un diagrama unifilar y planos de disposición general del barco, mostrando las zonas con protección contra incendio y la situación del equipamiento y rutas de las líneas eléctricas de:

- Luces de emergencia.
- Sistemas de detección de incendios en la habitación, alarmas y sistemas de extinción.
- Direccionamiento público.
- Alarmas.
- Puertas estancas y otras aplicaciones eléctricamente operadas y puertas interiores.

1.2.9 Planificación de pruebas incluyendo el procedimiento de la prueba la cual se suministrará para el sistema de alarma general y de emergencia.

1.2.10 Para las localizaciones de las baterías, Plano de disposición general con su localización con su localización y cálculos de las mismas.

1.2.11 Planos de los generadores y de los Motores propulsores.

1.2.12 Lo indicado para cumplir con la sociedad de clasificación, es un plano de disposición general del barco mostrando la localización del mayor número de equipamiento eléctrico, contra incendio, generadores principales, generadores de emergencia, cuadros de distribución principal, cuadros de distribución de emergencia, baterías del generador de emergencia y motores conectados al servicio de emergencia.

1.2.13 Planos de Disposición de los cuadros de distribución principal, cuadros de distribución de emergencia y secciones a bordo.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

1.2.14 Disposiciones de cargas operativas en servicio normal y de emergencia para las diferentes condiciones operativas.

### **1.3 Inspecciones:**

1.3.1 La maquinaria de producción eléctrica y equipamiento asociado junto con los servicios esenciales para la seguridad del barco. Se instalarán siguiendo los requisitos de la sociedad de clasificación. Se inspeccionarán y serán probados por los inspectores.

1.3.2 Generadores, motores y transformadores de cien kilovatios (100 kW) o superiores conectados a los servicios esenciales se inspeccionarán por la sociedad de clasificación durante la fabricación y se probarán a bordo.

1.3.3 Toda la maquinaria eléctrica para la propulsión eléctrica incluyendo los cuadros de distribución, convertidores, cables, generadores (principales y auxiliares) y motores. Se inspeccionarán por la sociedad de clasificación durante la fabricación y se probarán a bordo.

### **1.4 Alteraciones:**

1.4.1 No debe añadirse cargas temporales o permanentes, a la carga aprobada en una instalación existente hasta asegurarse que la capacidad de intensidad de corriente conducida y el estado de sus accesorios existentes: conductores y cuadros de distribución son adecuada para aumentar dicha carga.

1.4.2 Estas alteraciones se someterán a aprobación, mediante planos unifilares y cálculos y se ejecutarán bajo la inspección de los inspectores de la Sociedad de clasificación.

### **1.5 Definiciones:**

1.5.1 Los servicios esenciales son aquellos necesarios para la propulsión y la seguridad del barco; tales como:

- Compresores de los motores principales.
- Bombas neumáticas.
- Sistemas automáticos de rociadores.
- Bombas de lastre y sentinas.
- Bombas de circulación de agua de refrigeración.
- Sistemas de comunicación.
- Bombas de circulación de condensado.
- Equipamiento de la propulsión eléctrica.
- Bombas de extracción.
- Ventiladores para ventilación forzada de calderas.
- Bombas de alimentación de agua.
- Sistema de detección de incendios y alarma.
- Bombas del sistema de contra incendios.
- Bombas y válvulas de circulación de combustible.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

- Equipos auxiliares sirviendo a servicios esenciales manejados eléctricamente.
  - Bombas de lubricación.
  - Ventiladores de gas inerte.
  - Bombas de la maquinaria de cubierta.
  - Sistemas de iluminación en aquellas partes del barco en las que normalmente están accesibles para personas y pasajeros.
  - Auxiliares de navegación requeridos por los reglamentos.
  - Luces de navegación y luces con propósitos especiales donde sean requeridas por la reglamentación.
  - Separadoras de aceite.
  - Medios de barrido.
  - Medios de gobierno.
  - Hélices para posicionamiento dinámico.
  - Válvulas de control remoto.
  - Ventiladores de la ventilación para la maquinaria propulsora y el local de calderas.
  - Puertas estancas, puertas exteriores y aplicaciones operadas eléctricamente.
  - Maquinaria de Cubierta.

1.5.2 En servicios como los siguientes, se considerarán necesarios para una mínima condición de habitabilidad.

- Cocina.
- Calefacción.
- Refrigeración en habitación.
- Ventilación Mecánica.
- Servicios de Agua dulce.
- Servicios de Agua Sanitaria.

1.5.3 Los siguientes servicios se deberán añadir a los anteriores para mantener el barco en condiciones normales de operabilidad y habitabilidad.

- Medios de carga.
- Servicios de habitabilidad.
- Hélices laterales.
- Y otros elementos para el posicionamiento dinámico.

1.5.4 El alto voltaje se define como el voltaje que exceda mil voltios de corriente alterna (1000 V de C.A.) a mil quinientos voltios de corriente alterna (1500 V de C.A.) entre los conductores.

1.5.5 El cuadro de distribución principal se define como un interruptor y equipo de control de la energía generada por la fuente de energía eléctrica y su distribución para los consumidores eléctricos.

1.5.6 La distribución a bordo se define como el montaje de uno o más dispositivos proteccionistas dispuestos para la distribución de energía eléctrica a subcircuitos finales.



**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordó de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

1.5.7 Los subcircuitos finales se definen como la posición del sistema de cableado más halla del dispositivo proteccionista contra la sobre intensidad.

1.5.8 Los espacios de maquinaria de categoría A sé definen como aquellos espacios y huecos de ventilación conteniendo:

- Maquinaria de combustión interna usada para la propulsión principal.
- Maquinaria de combustión interna usadas para otro propósito de la propulsión principal. Para maquinas con una potencia agregada a la propulsión no menor de trescientos setenta y cinco kilovatios (375 kw.)
- Calderas de combustible o unidades de almacenamiento y tratamiento del combustible.

1.5.9 La condición de buque muerto se define como: los medios de la instalación que integra la maquinaria propulsora incluyendo la alimentación de energía y los servicios esenciales se encuentran fuera de operación.

### **1.6 Diseño y construcción:**

1.6.1 La maquinaria propulsora y equipamientos asociados junto con el equipamiento para los servicios esenciales se construirán de acuerdo con los requisitos relevantes de esta sección.

1.6.2 El diseño y la instalación de otros equipos serán tales que sus riesgos de incendio, debido a fallos de los mismos, serán mínimos, esto se incrementará con el cumplimiento de la normativa tanto nacional como internacional.

1.6.3 El equipo eléctrico se seleccionará desde una lista de equipos aprobada por Lloyd’s register of shipping.

### **1.7 Calidad de la energía de alimentación.**

1.7.1 Todos los equipos eléctrico alimentados desde las fuentes de potencia eléctricas principales o de emergencia, serán diseñados y construidos para operar satisfactoriamente bajo variaciones normalmente en los parámetros de voltaje y frecuencia.

1.7.2 También el equipamiento eléctrico, se podrá alimentar por un sistema de baterías, operando satisfactoriamente con las siguientes variaciones simultaneas, para valores nominales, medios en los terminales de entrada a los consumidores:

<b>Régimen</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Frecuencia</b>
Variaciones Permanentes	+ 6% a –10%	±5%
Variaciones Transitorias	+20% a –15%	±10%
Tiempo de Recuperación	1.5 Segundos	5 Segundos

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

1.7.3 Armónicos: Al menos que se especifique, la distorsión de la forma de la onda de voltaje a cualquier cuadro de distribución principal o seccionador a bordo, no debe de exceder el ocho por ciento (8%) para todas las frecuencias.

**1.8 Referencia en condiciones ambiente.**

1.8.1 Las condiciones nominales a propósito de clasificación del equipamiento eléctrico esencial, preparado para su instalación a bordo serán clasificadas para todos los servicios. Basándose sobre la temperatura ambiente en la cámara de máquina de cuarenta y cinco grados centígrados (45°C) y temperatura del agua del mar a la entrada de treinta y dos grados centígrados (32°C). El fabricante del equipamiento expedirá una referencia a una prueba condicionada a la temperatura ambiente de utilización.

**1.9Inclinación del barco:**

1.9.1 El equipamiento de emergencia y de servicios esenciales se deberá operar satisfactoriamente bajo las condiciones siguientes:

Instalación del Componente	Ángulos de inclinación Nota 2			
	Transversalmente(Babor – estribor)		Longitudinalmente(Proa – popa)	
	Estática	Dinámica	Estática	Dinámica
Equipamiento eléctrico esencial	15	22.5	5 Nota 3	7.5
Sistemas de seguridad del generador de emergencia, Instalaciones de Potencia en sistemas de seguridad de tripulación y pasajeros	22.5	22.5	10	10
Aplicaciones eléctricas y electrónicas del equipamiento. Nota 1	22.5	22.5	10	10

**Notas:**

- 1.) Superiores a ángulos de cuarenta y cinco grados 45° operaciones en interruptores no deseados o cambios operacionales.
- 2.) Transversalmente y longitudinalmente pueden ocurrir simultáneamente.
- 3.) Para esloras de barcos que excedan cien metros, de popa a proa el ángulo estático de inclinación se tomará con la siguiente fórmula (500/ L grados); L es la eslora en metros.

1.9.2 En barcos para el transporte de gases licuados y de productos químicos la fuente de emergencia de energía eléctrica deberá de permanecer en funcionamiento con el barco inundándose a una inclinación transversal superior a una inclinación máxima de treinta grados (30°).

1.9.3 Los propósitos para desviarse desde los ángulos dados en la tabla anterior se considerarán bajo el tipo, tamaño y servicio del barco.

1.9.4. Los ángulos dinámicos de inclinación de la tabla anterior se podrán exceder bajo ciertas circunstancias dependiendo el tipo del barco y el tipo de operación. El constructor, por lo tanto debe de asegurar que el equipamiento eléctrico sea capaz de operar en aquellos ángulos de inclinación.

### **1.10 Localización y construcción.**

1.10.1. El equipamiento eléctrico se localizará, cuando sea posible, en un lugar accesible, limpio de materiales inflamables, bien ventilados e iluminado adecuadamente, en cuanto a gases inflamables su situación no deberá de permitir la acumulación de los mismos, en lugar donde no exista riesgo de daños mecánicos, daños debidos a aguas, vapor y aceite.

Donde necesariamente este expuestos a los riesgos anteriormente nombrados se situarán, construirán y se alojarán adecuadamente. Las partes activas se protegerán donde sean necesarios.

1.10.2 Todos los equipos eléctricos se construirán y se instalarán de tal modo que no causen daños ante la manipulación y sus usos normales.

1.10.3. Los materiales aislantes y los circuitos aislados con retardo a la llama, resistentes a la humedad, al ambiente marino y vapores de combustible en condiciones apropiadas para protegerlo.

1.10.4 El funcionamiento de todos los equipos eléctricos y las disposiciones de lubricación deben de ser eficientes bajo condiciones de vibración y descargas como se indica en la práctica habitual.

1.10.5 Todas las tuercas y tornillos usados para las conexiones referentes al la instalación para el transporte de corriente eléctrica y los trabajos en las partes que deben de ser fijados eficientemente.

1.10.6 Los conductores y equipamiento eléctrico, serán localizados a una distancia necesaria de los compases magnéticos, o se dispondrán de tal manera que no cause interferencias con el campo magnético cuando se encienda o se apague.

1.10.7 Para cuando la energía eléctrica se use para la propulsión, el equipo se dispondrá, tal que deberá operarse satisfactoriamente en caso de inundación parcial de las sentinas sobre las tapas del doble fondo.

### **1.11 Conexión a tierra.**

1.11.1 Excepto donde se indique lo contrario, todas las partes de metal de los equipamientos eléctricos no expuestas al transporte de energía eléctrica y cable se conectarán a tierra.

### **IX .3 Det Norsket veritas. Sección 1 y 2. Documentación.**

#### **C100 Planos y particularidades.**

101 La lista de datos de los siguientes puntos 102 al 108 se presentará para su aprobación.

Nota: Los datos de instalación eléctricas deberán ser presentados preferiblemente en documentos separados, aunque también se aceptarán como parte de otros documentos cuando estén especialmente indicado.

102 Para los sistemas de alimentación:

- Diagramas unifilares.
- Cálculos de corto circuito de los cuadros de distribución principal de emergencia y la distribución a bordo incluyendo los cables usados para la alimentación desde las unidades transformadoras.
- Análisis discriminatorios.
- Cálculos de los armónicos de la línea eléctrica.

Nota: El diagrama unifilar debe contener información sobre los sistemas principales y de emergencia incluyendo: generadores, transformadores, cuadros de distribución, consumidores, dimensiones de cables y elementos de protección de los circuitos.

103 Por componentes

- Cables:
  - Aprobado, fabricante y tipo.
  - No aprobado, fabricante, tipo de cable, número de hilos por conductos en sección transversal en milímetros cuadrados, números de hilos por conductor, espesor del aislante en milímetros.
- Motores y generadores: para máquinas nuevas de tamaño mil quinientas KVA (1500 KVA) y superiores: informes del funcionamiento, evaluación de pruebas tipos del sistema de aislamientos sobre los bobinados según (IEC 34-18 a 33).
  - Generadores: Tipo de motores de accionamiento y su potencia en kilovatios.
    - Potencia (kw o kva).
    - Reactancias transitorias ( $x_d'$ ).
    - Reactancias subtransitorías ( $x_d''$ )
    - En generadores de energía para el sistema principal de propulsión se debe de presentar la documentación para ser aprobado.
- Cuadros de distribución principal y de emergencia, para la distribución a bordo:
  - Plano el panel frontal del tablero.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

- Diagramas esquemáticos, de todos los controles y circuitos de instrumentación, dando información de los tipos de cables, secciones transversales, marcas, tipos y características nominales de los equipos.
- Diagrama de barra de distribución informando sobre la sección transversal y materiales de aislamiento.
- Marcas, tipos, condiciones de fusibles y interruptores de equipos con información sobre los parámetros de corte de los interruptores automáticos.
- Cálculos de la barra de distribución a esfuerzos mecánicos por corto circuito en cuadros de distribución para las corrientes en corto circuito superiores a cincuenta kilo amperios (50 kA).
- Si existen sistemas de automatización de los cuadros de distribución.
- Programas de pruebas.
- Disposiciones de arranques de las máquinas principales y de emergencia.
- Tiene que presentarse para los generadores mayores o iguales de cien kilovatios certificado DNV. ( $\geq 100$  kW).
- Tiene que presentarse para generadores menores de cien kilovatios un certificado de taller. ( $\leq 100$  kW).

104 Definiciones:

- Fuente de energía principal: Es la fuente de alimentación de energía eléctrica al cuadro de distribución principal, para la distribución de todos los servicios necesarios para mantener el barco en operatividad normal y en las condiciones de habitabilidad necesarias.
- Estación principal de generación: espacio en el cual la fuente de energía principal se sitúa.
- Servicios Esenciales primarios: aquellos servicios los cuales se necesitan operar continuamente para que el mantenimiento y el barco estén operativo con respecto a la propulsión y maniobrabilidad. Ejemplo de equipos y sistemas esenciales primarios son:
  - Servo motores.
  - Bombas del paso variable de las hélices.
  - Inyectores de aire de barrido de los motores.
  - Bombas de suministro de combustible.
  - Válvulas de combustible.
  - Bombas de refrigeración.
  - Bombas de aceite de lubricación.
  - Bombas de refrigeración de agua dulce para los motores principales y auxiliares.
  - Ventilación necesaria para la propulsión.
  - Ventiladores de tiro forzado.
  - Bombas de suministro de agua.
  - Bombas de circulación de agua.
  - Bombas de condensado.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

- Quemadores para las plantas de vapor, turbinas de vapor y también para calderas auxiliares en barcos donde el vapor se usa como suministro para los servicios esenciales.
  - Hélices azimutales, las cuales son usadas como medios para la propulsión y maniobrabilidad.
  - Equipo eléctrico para la propulsión eléctrica de la planta con bombas de aceite lubricante y bombas de agua de refrigeración.
  - Generadores eléctricos y fuentes de potencias que alimentan a los equipos nombrados con anterioridad.
  - Bombas hidráulicas en los equipos nombrados con anterioridad.
  - Equipo de control de viscosidad para el HFO y MDO.
  - Control, monitorización y sistemas de dispositivos de seguridad para los servicios esenciales primarios.
- 
- Servicios esenciales secundarios: Son aquellos servicios los cuales no necesariamente deben operar continuamente para el mantenimiento operativo del barco, pero son necesarios para el mantenimiento funcional del barco. Como son:
    - Sistemas de amarre y fondeo.
    - Equipo de tratamiento de fuel oil y sus bombas.
    - Equipo de tratamiento de aceite lubricante y bombas.
    - Pre calentadores de HFO.
    - Bombas de agua salada.
    - Aire de arranque y compresores de aire de control.
    - Bombas de Pocetes, Lastre y Escoras.
    - Bombas de contra incendios y otros medios de contra incendios.
    - Ventiladores para motores y cuarto de calderas.
    - Ventiladores para espacios peligrosos y espacios seguros por gas en zona de cargas en cargueros.
    - Ventiladores de gas Inerte.
    - Luces de navegación, ayudas y señales.
    - Equipos de comunicaciones internas.
    - Sistemas de alumbrado principales.
    - Equipamiento eléctrico para aplicaciones estancas.
    - Generadores y fuentes de potencias suministradas a los equipos anteriormente nombrados.
    - Bombas hidráulicas suministradas a los equipos anteriormente nombrados.
    - Control, monitorización y sistemas de seguridad para los sistemas de carga.
    - Control, monitorización y sistemas de seguridad para equipos a servicios esenciales primarios.
  
  - Servicios para habilitación: Son aquellos servicios los cuales se necesitan que se encuentren operativos para mantener un mínimo en las condiciones de confort para la tripulación:
    - Cocina.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

- Calefacción
  - Refrigeración doméstica.
  - Ventilación mecánica.
  - Agua dulce y sanitaria.
  - Generadores eléctricos y fuentes de potencia asociada a los equipos anteriormente nombrados.
- Servicios de Emergencia: Son aquellos servicios los cuales son esenciales para la seguridad en condiciones de emergencia:
- Equipos y sistemas necesarios para mantener al menos aquellos servicios requeridos en el punto anterior de equipos esenciales primarios, con el suministro de potencia desde el generador de emergencia.
  - Equipos y sistemas necesarios para mantener al menos aquellos servicios requeridos para ser suministrados desde baterías acumuladoras de energía para la transición de la potencia eléctrica.
  - Equipamiento y sistemas para luces suplementarias de emergencia para barcos RO-RO.
  - Equipos y sistemas para las luces de localización baja en barcos de pasajeros.
  - Equipos y sistemas para el arranque y el control de los grupos generadores de emergencia.
  - Equipos y sistemas para el arranque y el control de los arrancadores de las bombas de la lucha Contra incendios.
  - Equipos y sistemas necesarios con el propósito de arranque, manual desde “Condición de buque muerto”. Los arrancadores de las fuentes principales de potencia eléctrica. Por ejemplo el compresor de emergencia.
  - Equipamiento y sistemas los cuales se necesitan para estar operativos con el propósito de la lucha contra incendio, en los espacios de máquinas. Esto incluye las bombas de emergencia para la lucha contra incendio incluyendo sus arrancadores, componentes y sistemas.
  - Equipos y sistemas necesarias para el propósito de renovación y exhaustación.
- Servicios no importantes: Son aquellos no esenciales en coordinación con anteriormente indicado.

105 Definiciones de áreas:

- Espacios cerrados: Son aquellos espacios limitados por mamparos y cubiertas. Con puertas, ventanas y otros medios similares.
- Espacios semi-cerrados: Son aquellos espacios donde las condiciones de ventilación son notablemente diferentes desde aquellas aperturas de cubiertas debidos a la presencia de estructuras tales como techo, etc.
- Espacios peligrosos: Son aquellas áreas (Zonas y espacios) que contengan una fuente peligrosa y / o en el cual se encuentren gases explosivos, mezclas de aire que puedan ser normalmente presentes en cantidades tales como para

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

tomar precauciones especiales para la construcción y uso de equipos eléctricos y maquinaria.

Nota: Una fuente de peligro debe de ser una carga con un punto de inflamación que no exceda los 60°C o un líquido caliente a una temperatura que exceda su punto de inflamación, o una mezcla de aire inflamable o sustancia explosiva, por ejemplo: gases, polvo o vapores. Las sustancias deberán ser también un producto almacenado a bordo, o ser generadas a bordo en operaciones. Los requisitos de las áreas peligrosas deberán ser también extendidos a áreas adyacentes. Las áreas definidas como no peligrosas son aquellas que no se encuentran incluidas en la definición anterior. Los espacios de con cierre de paso de aire deberán de definirse como áreas no peligrosas.



## **CAPITULO X: MÁQUINAS ROTATIVAS.**

### **X.1 A.B.S. 4-8-3. 3**

#### **3.1- Aplicación.**

Para todos los generadores y motores de cien kilovatios (100 kW) y mayores para su utilización en servicios esenciales. Se diseñarán, se construirán y se probarán de acuerdo con los requisitos expuestos en esta sección.

Para todas las máquinas eléctricas rotativas se diseñarán, construirán y se probarán de acuerdo con lo indicado en la práctica industrial y las características técnicas del fabricante.

Las pruebas que realiza el fabricante deben de estar de acuerdo con los requisitos expuestos en esta sección. Los certificados de las pruebas deberán estar a la disposición del inspector de la sociedad de clasificación.

La aceptación de la maquinaria eléctrica se basará finalmente en la actuación satisfactoria después de su instalación en su localización definitiva.

#### **3.2 Definiciones:**

##### **3.2.1 Servicios periódicos a condiciones nominales:**

El servicio en condiciones nominales es aquel en que la carga tasada en kva ante la cual las máquinas deben operar repetidamente, en un periodo especificado (N) a la carga tasada seguido por un periodo especificado (R) de resto y estado de desenergización, sin exceder el incremento de temperatura indicada en la siguiente tabla y el ciclo en servicio a condiciones nominales dado por  $N/(N + R)\%$ .

##### **3.2.2 Condiciones nominales en espacios pequeños de tiempo.**

Espacios pequeños de tiempo a condiciones nominales de una máquina eléctrica rotativa; es la carga tasada en Kw a la cual la máquina puede operar por un periodo de tiempo específico sin exceder el incremento de temperatura dada en la siguiente tabla. El resto y su estado de energización deberán ser suficiente para que la máquina restablezca la temperatura dentro de dos grados centígrados (2°C) del refrigerante antes del próximo funcionamiento. Al principio de la medida de la temperatura de la máquina deberá estar dentro de cinco grados centígrados (5°C) del refrigerante.

##### **3.2.3 Servicios no periódicos a condiciones nominales.**

El servicio no periódico a condiciones nominales de una máquina eléctrica rotativa es la carga tasada en Kw a la cual la máquina puede operar continuamente, para un periodo de tiempo específico, o intermitentemente bajo variaciones diseñadas de la carga y la velocidad dentro del rango de operación permisible, respectivamente. El incremento de la temperatura medido cuando la máquina ha estado operando hasta que alcance una condición de temperatura estable, no debe exceder los valores dados en la siguiente tabla.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordó de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

### 3.2.4 Condiciones nominales continuas.

Las condiciones nominales de una máquina eléctrica rotativa son la carga tasada en kilovatios (kw) a las cuales las máquinas pueden operar continuamente sin exceder la temperatura indicada en la siguiente tabla.

LÍMITE DE INCREMENTO DE TEMPERATURA PARA EL AIRE DE REFRIGERACIÓN EN MÁQUINAS ROTATIVAS. Temperatura ambiente a 50°C.

ITEM N°	PARTE MÁQUINA	MÉTODO DE TEMPERATURA	LÍMITE DE INCREMENTO DE TEMPERATURA EN °C Por clase de Aislamiento					
			A	E	B	F	H	
1°	A	Bobinados en máquinas de CA con salida tasada de 5000 kW o mayores	Resistencia	50	—	70	90	115
		Detector de temperatura Empotrado	55	—	75	95	120	
	B	Bobinados en máquinas de CA con salida tasada sobre 200 kW pero menores que 5000 kW.	Resistencia	50	65	70	95	115
			Detector de temperatura Empotrado	55	—	80	100	120
	C	Bobinados en máquinas con salida tasada de 200 kW o menores. <b>Nota 2</b>	Resistencia	50	65	70	95	115
	2°	Bobinado de armadura con conmutador	Termómetro	40	55	60	75	95
Resistencia			50	65	70	95	115	
3°	Campos bobinados de CA y CC en máquinas con excitación en CC, y otros campos bobinados en el ítem 4.	Termómetro	40	55	60	75	95	
		Resistencia	50	65	70	95	115	
4°	A	Campos bobinados de máquinas síncronas con rotor cilíndrico y excitación CC con bobinado empotrado en el estator. Excepto en motores síncronos inducidos.	Resistencia	—	—	80	100	125
			Termómetro	40	55	60	75	95
	B	Campos bobinados estacionarios de CA en multicapas.	Resistencia	50	65	70	95	115
			Detector de temperatura Empotrado	—	—	80	100	125
	C	Campos bobinados de baja resistencia de CC y CA. En máquinas con bobinados compensados multicapas.	Termómetro	50	65	70	90	115
			Resistencia	50	65	70	90	115
	D	Bobinados en una sola capa de CA y CC expuestos desnudos o barnizados en superficie metálica y capa de bobinados compensados de las máquinas de CC. <b>Nota 3.</b>	Termómetro	55	70	80	100	125
			Resistencia	55	70	80	100	125
5°	Bobinados permanentemente en corto circuito							
6°	Condiciones magnéticas y todos los componentes estructurales en contacto o no directo con aislamiento. (Excluidos Rodamientos).	Los incrementos de temperatura de algunas partes no deben ir en detrimento al aislamiento de esas partes o a cualquier otra parte adyacente a él.						
7°	Colectores, anillos rozantes, escobillas y delgas	El incremento de temperatura no excederá la combinación del grado de las escobillas, colectores y anillos rozantes materiales puedan manejarse en corrientes sobre todo en el rango completo.						

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordó de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

**Nota 1:** El incremento de los límites de temperatura expuestos en la tabla anterior esta basado sobre una temperatura ambiente de 50°C de acuerdo con IEC Publicación 60092 – 101. Para temperaturas ambientes de 40°C, el incremento de temperatura en 10°C.

**Nota 2:** La aplicación de las pruebas de superposición de métodos a bobinados de máquinas con condiciones nominales de 200kW o menores con aislamiento clases A,E,B o F, los límites de incremento de temperatura dados por el método de resistencia deberán ser incrementados 5°C.

**Nota 3:** También comprende bobinados de múltiples capas, reviniendo que bajo las capas están en contacto con la circulación de refrigerante.

### **3.3 Condiciones Nominales:**

Los generadores han de ser de condiciones nominales continuas. Los motores también serán de condiciones nominales continuas a menos que se utilicen en un funcionamiento intermitente en los motores.

### **3.4 Capacidad de sobrecarga / sobreintensidad:**

Las capacidades de sobrecarga/sobreintensidad para los generadores de Corriente alterna CA, corriente continua CC y motores deben de estar de acuerdo con la IEC publicación 60034-1. Para completar esta regla, se proporcionarán los siguientes requisitos para generadores de corriente alterna CA y motores.

#### **3.4.1 Generadores de corriente alterna CA:**

Los generadores de corriente alterna CA deben ser capaces de resistir una corriente de una coma cinco (1,5) veces su corriente nominal en un tiempo no menor de treinta segundos (30 Seg.).

#### **3.4.2 Motores de Corriente alterna CA:**

- a.) Capacidad de sobre intensidad: En motores de inducción trifásicos con una potencia nominal no menor de trescientos quince kilovatios (315 kW) y con voltaje no superior de mil voltios (1000 v.) deben de ser capaces de resistir una corriente de una coma cinco (1,5) veces su corriente nominal en un periodo de tiempo no menor de dos (2) minutos. Para motores de inducción trifásicos con potencias nominales mayores de trescientos quince kilovatios (315kW) la capacidad de sobreintensidad debe de estar de acuerdo con las especificaciones de los fabricantes.
- b.) Capacidad de sobrecarga en motores de inducción trifásicos: En motores de inducción trifásicos, a pesar de su servicio, deberá ser capaz de resistir una coma cinco (1,5) segundos sin pararse, o a un brusco cambio de velocidad, un par torsor superior al sesenta por ciento (60%) sobre el par torsor nominal, con voltaje y frecuencia dentro de los valores nominales.
- c.) Capacidad de sobrecarga en motores síncronos: En motores síncronos trifásicos, además del servicio debe de ser capaz de resistir un par torsor superior al nominal durante quince segundos (15 sg.) sin perder el sincronismo. La excitación debe de mantenerse en sus valores tasados (ante las siguientes circunstancias):

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordado de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

- Motores de inducción síncronos (rotor devanado): Un treinta y cinco por ciento (35%) superior al par torsor tasado.
- Motores síncronos (rotor cilíndrico): Un treinta y cinco por ciento (35%) superior al par torsor tasado.
- Motores síncronos (polos salientes): Un cincuenta por ciento (50%) superior al par torsor tasado.
- En motores síncronos con excitación automática se podrá enfrentar a algunos valores superiores con el equipo de excitación operando a condiciones nominales.

### **3.5 Capacidad de corto circuito:**

Las capacidades al corto circuito de los generadores deberán de estar de acuerdo con las publicaciones de la IEC 60034-1. Bajo condición de corto circuito, los generadores deberán de resistir las tensiones mecánicas y térmicas inducidas por el corto circuito, con valores al menos, tres (3) veces la carga total durante al menos dos (2) segundos.

### **3.6 Construcción:**

#### **3.6.1 Línea de ejes:**

El diámetro del rotor viene determinado por la siguiente ecuación:

$$\phi = k \sqrt[6]{(bT)^2 + (mM)^2} \quad \text{Donde:}$$

**$\phi$** : Es el diámetro del eje bajo estudio medido en milímetros (mm.).

**$b$** : Es una constante definida por la siguiente ecuación.  $b = 0.073 + n/4$ .

**$m$** : Viene definida por la siguiente ecuación:  $m = C^1 / (C^2 + Y)$ , de donde:

$C^1$ : es la constante 1186.

$C^2$ : es la constante 413,7.

$Y$ : es el rendimiento ante el esfuerzo medido en newton partidos de milímetros cuadrados ( $\eta = N/mm^2$ ).

**$T$** : Momento torsión a la velocidad de las condiciones nominales, medido en newton metro. (Nm).

**$M$** : Momento en la sección a considerar, medido en newton metro. (Nm).

Los diámetros de los ejes de rotores sujetos mediante presión o chavetas. El diámetro en los puntos deberá de incrementarse en un diez por ciento (10%) como mínimo.

Para ejes huecos donde el hueco supere el cuarenta por ciento (40%) del diámetro exterior. El mínimo diámetro exterior no debe de ser menor que el determinado por la siguiente ecuación:

$$D_0 = D / \sqrt[3]{(D_1/D_0)^4} \quad \text{Donde:}$$

**D<sub>0</sub>** : Es el diámetro exterior del eje requerido, medido en milímetros (mm).

**D** : Es el diámetro exterior del eje macizo, medido en milímetros (mm).

**D<sub>1</sub>** : Es el diámetro interior del eje requerido, medido en milímetros (mm).

Chaveta: En general, el material de la chaveta a de ser de igual o mayor capacidad a esfuerzo que el material del eje. El área efectiva de la chaveta al esfuerzo cortante no será menor que la indicada posteriormente. El área efectiva de la chaveta al esfuerzo cortante será el área bruta excluida por los materiales eliminados como por ejemplo, cuchillas, huecos de tornillos, chaflanes, etc. Y no se excluirán de la porción de la chaveta en el alojamiento.

$$A = (D^3/5.1r_m) (U_s/U_K) \quad \text{Donde:}$$

**A** : Area efectiva de la chaveta en milímetros. (mm).

**D** : Diámetro del eje en milímetros. (mm).

**R<sub>m</sub>**: Radio del eje a mitad de la chaveta en milímetros. (mm).

**U<sub>s</sub>**: Esfuerzo específico del material del eje.

**U<sub>K</sub>**: Esfuerzo específico del material de la chaveta.

Para el plato de acoplamiento y los pernos el diámetro mínimo para asegurar la fijación del acople mediante tornillos se determina mediante la siguiente ecuación:

$$d_b = 0.65 \sqrt{(D^3(v+c)/NBV_b)} \quad \text{Donde:}$$

**B**: Diámetro de los tornillos medidos en milímetros. (mm).

**c**: Constante 160.

**d<sub>b</sub>**: Diámetro de los huecos medidos en milímetros. (mm).

**D**: Diámetro del eje medidos en milímetros. (mm).

**N**: Número de tornillos.

**U**: Esfuerzo específico mínimo del material del eje, medido en newton partido por milímetros cuadrado. (N/mm<sup>2</sup>).

**U<sub>b</sub>**: Esfuerzo específico mínimo del material del eje, medido en newton partido por milímetros cuadrado. (N/mm<sup>2</sup>).

Donde como mínimo **U<sub>b</sub>** será igual a **U**.

### 3.6.2 Corrientes en el eje:

Los medios que se proporcionen para impedir las corrientes en el eje entre los luchaderos del eje y los rodamientos, se diseñarán y se dispondrán de tal manera que la corriente dañina pueda ser disipada, a causa del desequilibrio magnético de los polos.

### 3.6.3 Lubricación:

Los rodamientos de ejes en máquinas rotativas deberán lubricarse para todas las condiciones en las que este opera, incluyendo la condición de buque inclinado. Cuando se emplee la lubricación forzada, los generadores dispondrán de medios para cortar el funcionamiento de sus motores de accionamiento automáticamente bajo fallo del sistema de lubricación. Cada uno de los rodamientos con lubricación dispondrán de medios para poder ser inspeccionado manualmente.

### 3.6.4 Refrigeración:

Donde se use refrigeración por agua, el enfriador se dispondrá con medios tales que eviten la entrada de agua en la máquina, ya sea a través de goteos o bien por condensaciones en el intercambiador de calor.

### 3.6.5 Medios de prevención de condensación:

Para generadores de propulsión de corriente alterna CA y motores propulsores con peso superior a cuatrocientos cincuenta y cinco kilos (455 kg.) excluyendo su eje. Se dispondrán de medios para prevenir la condensación en la máquina cuando funcione en vacío.

### 3.6.6 Detectores de temperatura en el estator:

Para generadores de propulsión de corriente alterna CA y motores propulsores con potencias tasadas superiores a quinientos kilovatios (500kW.) Se dispondrán de medios para leer la temperatura a cada una de las fases de los bobinados estáticos.

### 3.6.7 Alojamiento y cajas de conexiones:

Las cajas de conexiones de los cables se enclavarán con medios para afianzar los cables a dichas cajas. Los alojamientos de las máquinas rotativas además del cable de las cajas de conexiones deberán de resistir las posibles lesiones mecánicas y riesgos por: agua, aceite y atmósferas peligrosas a bordo. El grado mínimo de protección de protección debe de estar de acuerdo con la siguiente tabla:

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

**El grado mínimo de protección deberá estar de acuerdo con la siguiente tabla:**

Localización	Condiciones de la situación	Cuadros de distribución a bordo, controles de motores y controladores						
		Generadores						
		Motores						
		Transformadores y Convertidores						
		Luces fijas						
Aplicaciones de calor								
Accesorios 2								
Espacios secos de habilitación	Peligro por contacto de los elementos	IP20	—	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20
Cuartos de control secos. 4		IP20	—	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20
Cuartos de control	Peligro por goteo de líquidos y/o daños mecánicos	IP22	—	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22
Esp. Máq. Sobre plancha de fondo		IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP44
Cuarto del Servomotor		IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP44
Cuarto Maq. Refrigeración		IP22	—	IP22	IP22	IP22	IP22	IP44
Cuarto Maq. Emergencia		IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP44
Cuarto de almacenamiento		IP22	—	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22
Pañoles		IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP44
Gambuza	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	
Baños y duchas	Incremento de peligro de líquidos y daños mecánicos	—	—	—	—	IP34	IP44	IP55
Esp. de Máq. Sobre plancha de fondo. Tanques cerrados de fuel o Ac. Lubricante y cuarto de separadoras.		—	—	IP44	—	IP34	IP44	IP55 3
		IP44	—	IP44	—	IP34	IP44	IP55 3
Cuartos de Bombas de lastre	Incremento de peligro de líquidos y daños mecánicos	IP44	—	IP44	IP44	IP34	IP44	IP55
Cuartos refrigerados		—	—	IP44	—	IP34	IP44	IP55
Cocina y lavandería		IP44	—	IP44	IP44	IP34	IP44	IP44
Línea de ejes y quilla cajón	Peligro por líquido pulverizado de la ventilación de carga. Serios daños mecánicos y humos agresivos	IP55	—	IP55	IP55	IP55	IP55	IP56
Bodegas para carga		—	—	—	—	IP55	—	IP55
Cubierta intemperie	Expuesto a mar dura	IP56	—	IP56	—	IP56	IP56	IP56
Pocetes y sentinas	Expuesto a inmersión		—	—	—	IPX8	—	IPX8

- Espacios con “—” indica que la instalación de equipo eléctrico no se recomienda.
- Los “Accesorios” incluyendo los interruptores, los detectores, cajas de unión, etc.
- Los envoltorios exteriores no se deben instalar en espacios inferiores de las planchas de fondo con combustibles adjuntos, lubricantes, sala de purificadoras o espacios que requieran certificado de equipo seguro.
- En el propósito de esta tabla, el puente de gobierno, se contempla como un cuarto de control seco y consecuentemente con instalación IP20 deberá de ser suficiente para que:
  - El equipo se localizará evitando ser expuesto a vapor, goteo, a emanaciones de líquidos de tuberías, válvulas, bridas, conductos de ventilación, etc. Instalándolo en lugares adecuados.
  - El equipo se localizará para evitar la exposición de mar o lluvia.

### 3.6.8 Placa de características:

La placa de características deberá indicar la resistencia de los materiales a la corrosión y al menos lo siguiente:

- El número de serie del fabricante (o la identificación de la marca).
- Tipo de Máquina.
- Condiciones nominales.
- El voltaje tasado.
- Nombre del fabricante.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

- Año de la fabricación de la máquina.
- Código IP
- Rendimiento.
- Corriente.
- Clase de aislamiento.
- Número de fases.
- Voltaje de excitación.
- Corriente de excitación.
- Factor de potencia.
- Frecuencia.
- Temperatura.
- Tipo de conexiones en los bobinados.

### **3.7 Controles del generador:**

#### **3.7.1 Reguladores de operatividad:**

Un regulador de operación deberá ser suministrado en cada motor de accionamiento para los generadores principales o de emergencia y este a su vez deberá de ser capaz de mantener la velocidad automáticamente dentro de los siguientes límites:

- a) Motores de accionamiento para turbinas de vapor o gas:
- La variación momentánea de velocidad en funcionamiento a plena carga (potencia) debe de estar dentro de un diez por ciento (10%) de la velocidad cuando:
    - Se quita súbitamente la carga partiendo desde plena carga.
    - Con el generador al cincuenta por ciento (50%.) de la plena carga y súbitamente se demanda más energía. Y
    - Siguiendo al cincuenta por ciento (50%.) de la plena carga después de un intervalo suficiente para restaurar la velocidad a su estado estable.
    - En los tres casos anteriores, la velocidad debe volver a estar dentro de un uno por ciento (1%.) De las velocidades estables en no más de cinco segundos (5 sg.).
  - La variación de velocidad a estado estable debe estar dentro de un cinco por ciento (5%.) de la velocidad a cualquier carga entre plena carga y sin carga.
  - Para los generadores de emergencia los requerimientos anteriores deberán de ser satisfechos. Sin embargo, la suma total de todas las cargas que puedan conectarse al generador automáticamente superior al cincuenta por ciento (50%) de la carga total de generador de emergencia deberá de ser asumidas.
- b) Motores de accionamiento en motores diesel:
- La variación momentánea de velocidad en funcionamiento a plena carga (potencia) debe de estar dentro de un diez por ciento (10%) de la velocidad cuando:
    - Se quita súbitamente la carga partiendo desde plena carga.



**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordado de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

- Con el generador al cincuenta por ciento (50%.) de la plena carga y súbitamente se demanda más energía. Y
- Siguiendo al cincuenta por ciento (50%.) de la plena carga después de un intervalo suficiente para restaurar la velocidad a su estado estable.
- En los tres casos anteriores, la velocidad debe volver a estar dentro de un uno por ciento (1%.) De las velocidades estables en no más de cinco segundos (5 sg.). Estas consideraciones podrán aceptarse por un método alternativo de cargas.
- La variación de velocidad a estado estable debe estar dentro de un cinco por ciento (5%.) de la velocidad a cualquier carga entre plena carga y sin carga.
- Para los generadores de emergencia los requerimientos anteriores deberán de ser satisfechos. Sin embargo, la suma total de todas las cargas que puedan conectarse al generador automáticamente superior al cincuenta por ciento (50%) de la carga total de generador de emergencia deberá de ser asumidas.

### 3.7.2 Sistemas de regulación automáticos de voltaje:

Los requisitos siguientes son para generadores de corriente alterna CA. Para los generadores de corriente continua CC, se utilizarán los requisitos de la IEC publicaciones 60092-202 y 301.

- a) General. Un regulador de voltaje automático a de ser suministrado para cada generador. La corriente de excitación para los generadores será proporcionada por excitadores rotativos adjuntos o por excitadores estáticos derivando su fuente de energía de las máquinas que controla.
- b) Variación de voltaje. El regulador de voltaje automático debe ser capaz de mantener el voltaje bajo condiciones estables en más menos dos coma cinco por ciento ( $\pm 2.5 \%$ ) para todas las cargas entre cero y la carga a condiciones nominales, al factor de potencia tasado, teniendo en cuenta las características del regulador del generador. Estos límites podrán aumentarse en más menos un tres coma cinco por ciento ( $\pm 3.5 \%$ ) para los generadores en servicio de emergencia.
- c) Variaciones de voltaje transitorias: Las variaciones de voltaje transitorias deben de estar entre el rango del menos quince por ciento al veinte por ciento ( $- 15\%$  al  $+20\%$ ) del voltaje y el voltaje debera de restaurarse dentro de un más menos tres por ciento ( $\pm 3\%$ ) del voltaje en no más de uno coma cinco segundos (1.5 sg.). para: Una carga igual a la corriente de arranque del motor más grande o grupos de motores. Pero en cualquier caso, al menos el sesenta por ciento (60%) de la corriente del generador y el factor de potencia de cero coma cuatro (0.4) de la corriente del generador funcionando sin carga; y a una carga igual o por encima que es desconectada rápidamente.
- d) Condición de Corto circuito: Bajo condiciones de corto circuito, la excitación del sistema deberá ser capaz de mantenerse en estado estable para corrientes en corto circuito durante dos segundos (2 sg.) o para tales magnitudes y duraciones

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

como se requiere para que actúen los dispositivos proteccionistas eléctricos adecuados como se indica a continuación:

Las capacidades al corto circuito de los generadores deberán de estar de acuerdo con las publicaciones de la IEC 60034-1. Bajo condición de corto circuito, los generadores deberán de resistir las tensiones mecánicas y térmicas inducidas por el corto circuito, con valores al menos, tres (3) veces la carga total durante al menos dos (2) segundos.

### 3.7.3 Funcionamiento en paralelo:

- (a) General: Cuando se requiera que dos o más generadores operen en paralelo, deberán proporcionarse los medios adecuados para dividir igualmente la potencia reactiva entre la proporción de las capacidades de los generadores.
- (b) Distribución de cargas reactivas: Las cargas reactivas de los generadores individuales no deben de diferir en su parte proporcionada de la carga reactiva combinada más un diez por ciento (+10%) de la potencia reactiva del generador más grande, o del veinte cinco por ciento (25%) del generador más pequeño.
- (c) Distribución de cargas en kilovatios (kW). En el rango del veinte al cien por cien (20% al 100%) de la suma de las cargas de todos los generadores, la carga en kilovatios (kW) sobre algún generador no debe de diferir en más de un quince por ciento (15%) de su potencia en kilovatios (kW) del mayor generador o el veinticinco por ciento (25%) de cualquiera que sea el menor de los generadores, en su proporción de carga. El punto de arranque para la determinación de los requisitos de distribución de la carga será el setenta y cinco por ciento (75%) de la carga con cada generador transportando su porción de carga.

## **X.2 Lloyd Register of Shipping. Sección 8.**

### **8.1 Requisitos generales.**

8.1.1 Las máquinas rotativas han de cumplir con la parte relevante de las publicaciones de la IEC 92, o la aceptarán los requisitos de la parte relevante de la norma nacional y los requisitos de esta sección.

8.1.2 En todas las máquinas eléctricas rotativas han de suministrarse un certificado de pruebas del fabricante.

8.1.3 Las partes rotativas de las máquinas deberán estar equilibradas para su funcionamiento a alguna velocidad anormal con respecto del rango de trabajo sin exceder los niveles de vibraciones marcados por IEC. 34 de las máquinas eléctricas rotativas.

8.1.4 La disposición de lubricación de los rodamientos serán eficientes bajo todas las condiciones de operación incluyendo la máxima indicación del barco y hay que asegurar que los medios suministrados para asegurar que la lubricación no alcance los bobinados de las máquinas o otros conductos y aislamientos.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

8.1.5 Se dispondrá de medios para prevenir los efectos dañinos al flujo de corriente circulatoria entre el eje y los rodamientos de la máquina o rodamientos de la conexión de la maquinaria.

8.1.6 Las máquinas de corriente alterna CA se construirán de tal manera que, bajo cualquier condición de operación, han de resistir los efectos de un repentino corto circuito a sus terminales sin ningún daño peligroso.

8.1.7 Los generadores de corriente alterna CA y los motores para los sistemas de propulsión eléctrica tendrán al menos un detector de temperatura empotrado (ETD) en cada fase de la máquina bobinado en situaciones tales que puedan ser sujetos a altas temperaturas. Donde aparezcan dos conductores por ranuras el detector de temperatura empotrado (ETD) se situará entre el aislamiento de las ranuras.

## 8.2 Condiciones nominales.

8.2.1 Los generadores, incluyendo sus sistemas de excitación y motores deberán ser capaces a servicios continuos a sus máximas condiciones nominales a la máxima temperatura con refrigeración por agua o por aire en un ilimitado periodo sin que se traspasen los límites de incremento de temperatura indicados a continuación:

### LÍMITE DE INCREMENTO DE TEMPERATURA PARA EL AIRE DE REFRIGERACIÓN EN MÁQUINAS ROTATIVAS. Temperatura ambiente a 50°C.

ITEM N°	PARTE MÁQUINA	MÉTODO DE TEMPERATURA	LÍMITE DE INCREMENTO DE TEMPERATURA EN °C Por clase de Aislamiento					
			A	E	B	F	H	
1°	A	Bobinados en máquinas de CA con salida tasada de 5000 kW o mayores	ETD	55	—	75	95	115
		R	50	—	70	90	110	
	B	Bobinados en máquinas de CA con salida tasada menores que 5000 kW.	ETD	50	—	80	100	115
		R	55	65	70	95	110	
2°	Bobinado de Inducido con conmutador	R	50	65	70	95	115	
		T	40	55	60	95	110	
3°	Campos bobinados de CA y CC excepto las nombradas en el ítem 4.	R	50	65	70	95	115	
		T	40	50	60	75	95	
4°	A	Campos bobinados de máquinas con rotores inductores y excitación de CC.	R	—	—	80	100	125
	B	Campo inductor estacionario de máquinas de CC con más de una capa.	R	50	65	70	95	115
			T	40	55	60	75	95
	C	Campos inductores de baja resistencia de máquinas de Ca y CC con bobinados compensados de máquinas de CC con más de una capa	R, T	55	65	70	90	115
D	Bobinados de una sola capa de máquinas de CC y CA con superficies libre y barnizada y bobinados compensados simples de máquinas de CC	R,T	55	70	80	100	125	
5°	Bobinados permanentemente en corto circuitos con aislamiento	T	50	65	70	90	115	
6°	Bobinados permanentemente en corto circuito sin aislamiento	T	El incremento de temperatura debe de alcanzar los semejantes a un riesgo de daño al aislamiento o a otros materiales o partes adyacentes.					
7°	Conductores, hierros y otras partes sin contacto con los bobinados.	T						

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

8°	Conductores, hierros y otras partes en contacto con los bobinados.	T	50	65	70	90	110
9°	Conmutadores y anillos rozantes abiertos y cerrados	T	50	60	70	80	90

**Nota 1:** Donde se usen como medio de refrigeración un intercambiador de calor con agua en el circuito de refrigeración el incremento de temperatura se medirá respecto a la temperatura del agua de refrigeración a la entrada en el intercambiador y a los incrementos de temperatura indicados en la tabla anterior deberán de ser incrementados en 10°C.

**Nota 2:** T : Método termómetro. R: Método resistencia y ETD: Detector de temperatura empotrada.

**Nota 3:** Para la medida el método resistencia será usado cuando sea aplicable.

**Nota 4:** El ETD deberá de ser usado cuando el ETD se localice entre el conductor y su ranura.

Los generadores deberán ser capaces de una potencia en sobrecarga de no más del diez por ciento (10%) de su factor de potencia en un periodo de quince minutos (15 min.) sin calentamiento peligroso. Otras máquinas estarán de acuerdo con el periodo al cual estén preparados y bajo prueba de carga el incremento de temperatura no excederá los valores de la tabla anterior.

8.2.2 Cuando una máquina rotativa se conecta para el suministro a un sistema con distorsión armónica las condiciones nominales de la máquina permitirá los efectos de un incremento de calentamiento de la carga armónica.

8.2.3 El diseño y la construcción de la excitación de motores de los ventiladores de la extracción de humos, serán los adecuados para la temperatura ambiente y el tiempo de operación requerida. Las pruebas tipo servirán para verificar la realización del motor eléctrico se presentará para su consideración.

### **8.3 Incremento de temperatura.**

8.3.1 Los límites de los incrementos de temperatura especificados en la tabla anterior, están basados para la refrigeración de la temperatura del aire y la refrigeración por agua se verán incrementados en diez grados centígrados (10°C).

8.3.2 Si se conoce que la temperatura media de refrigeración exceda los valores dados en la tabla anterior. El incremento de temperatura se reducirá en una cantidad igual a los excesos de temperatura de la refrigeración media.

8.3.3 Si se conoce que la temperatura media de refrigeración será permanentemente menor que los valores indicados en la tabla anterior. El incremento de temperatura que permitirá ser incrementado por una cantidad igual a la diferencia entre la temperatura declarada y la dada en la tabla anterior superiores a un máximo de quince grados centígrados (15°C).

### **8.4 Control del generador.**

8.4.1 Cada generador de corriente alterna, a menos que sea del tipo auto regulado, será suministrado con medios automáticos de regulación de voltaje. El voltaje armado no requerirá una fuente de potencia externa. Las previsiones se realizarán para asegurar la distribución en el sistema.

8.4.2 La regulación de voltaje en cualquier generador de corriente alterna con su equipo de regulación será tal que a todas las cargas desde cero a todas las cargas a un factor de potencia tasada. El voltaje tasado se mantendrá dentro del más menos dos

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

coma cinco por ciento ( $\pm 2.5\%$ ), en condiciones estables. Se suministrará al regulador de voltaje una disposición para ajustar el generador al voltaje sin carga.

8.4.3 Los generadores y sus sistemas de excitación, cuando operan a velocidades tasadas y voltajes sin cargas deberán de ser capaces, de absorber la conmutación inmediata, al balance la corriente demandada del mayor motor o carga a un factor de potencia no mayor del cero coma cuatro (0.4) con una transición de caída de voltaje que no exceda el quince por ciento (15%) del voltaje tasado. El voltaje a de recuperarse al voltaje tasado, dentro de un tiempo que no exceda uno coma cinco segundos (1.5 sg.).

8.4.4 El incremento de voltajes transitorios en los terminales de un generador no debe de exceder el veinte por ciento (20%) del voltaje tasado cuando los KVA tasados a un factor de potencia superior a cero coma ocho (0,8) se desconecta.

8.4.5 Los generadores y sus sistemas de regulación de voltaje han de ser capaces de mantener sin daño y en estado estable de condición de corto circuito a corrientes de al menos tres veces la mayor corriente para la carga mayor tasada para una duración de al menos dos segundos (2 sg.) o donde se precise de mayor retraso para el cual debe estar tarado el dispositivo proteccionista para estos propósitos. Deberán de ser cubierto.

8.4.6 Los generadores dispuestos para operar en paralelo han de ser estables desde sin cargas superiores a la combinada total de todas las cargas de los grupos y la carga combinada será tal que las cargas de algún generador no diferiría de su parte proporcionada de la carga total para más del quince por ciento (15%) de la potencia tasada de la máquina mayor o el veinticinco por ciento (25%) de la potencia tasada de la máquina individual cualquiera que sea la menor.

8.4.7 Cuando los generadores funcionen en paralelo, las cargas KVA del grupo generador individual no ha de diferir desde su parte proporcional de la potencia total KVA por más del cinco por ciento (5%) de la potencia KVA de las mayores máquinas.

## **8.5 Sobrecarga.**

8.5.1 Las máquinas han de resistir en prueba, din daño, las siguientes sobrecargas:

- A.) Generadores: Un exceso de corriente del cincuenta por ciento (50%) en quince segundos (15 sg.) después de alcanzar el incremento de temperatura correspondiente a la carga tasada, el voltaje en los terminales se mantendrán tan cercanos como sea posible del valor tasado. Lo descrito con anterioridad no se aplicará a la capacidad del par de sobrecarga del motor de accionamiento.
- B.) Maquinaria propulsora: Las pruebas de sobrecarga para la maquinaria propulsora deberá ser especialmente considerada para cada instalación.

## **8.6 Alojamiento de las máquinas.**

8.6.1 Donde se use agua para asegurar la refrigeración por medios de intercambiadores en los circuitos de refrigeración de las máquinas hay que suministrar

protecciones para la detección de filtraciones y el sistema se dispondrá para prevenir la entrada de agua en las máquinas.

### **X .3 Det Norsket Veritas. Sección 5.**

#### **A. Requisitos comunes para generadores y motores.**

##### **A100 General.**

101 Las máquinas rotativas han de cumplir con las publicaciones 92-301 de IEC además de con los requisitos de esta sección.

Nota: Las normas nacionales pueden ser aceptadas bajo condiciones especiales.

102 La excitación y el equipo de regulación de voltaje se considerarán como parte de la máquina y estarán sujetos a tantos requisitos como sean aplicables. La excitación electrónica, informática y los equipos de regulación de voltaje satisfacen los requerimientos especificados. Influyendo las condiciones ambientales.

103 Los fabricantes editarán un informe de pruebas indicando toda la información especificada en el punto 800. Incluidos en la sección E.

##### **A 200 Requisitos en relación con las partes mecánicas.**

201 Los ejes para los motores eléctricos de la hélice que sean único medio propulsor, han de ser certificados por la sociedad. Esto también es válido para los motores propulsores conductores de los generadores donde el eje es parte de la línea de ejes propulsores.

202 Las máquinas han de ser capaces de resistir las siguientes sobre velocidades durante dos minutos (2 min.):

- Generadores conducidos por turbinas; una coma veinticinco veces (1.25) la máxima potencia tasada.
- Generadores conducidos por otros sistemas de accionamiento; Una coma dos veces (1.2) la máxima potencia tasada.
- Motores de una velocidad; Una coma dos veces (1.2) la velocidad sin carga.
- Motores con rangos de velocidad ajustable; Una coma dos veces (1.2) la velocidad sin carga.

203 Las máquinas han de ser construidas de tal manera que cuando operen a alguna velocidad de trabajo, todas las partes móviles deberán de estar equilibradas. Esto tiene que ser verificado mediante pruebas.

Nota: La norma internacional para el balance de la maquinaria se usará como guía o normas internacionales. Como ejemplo la norma estándar DIN 45665.

204 Los rodamientos serán eficientemente y lubricados automáticamente para todas las velocidades de funcionamiento, dentro de los intervalos de servicio especificados por el fabricante. Se dispondrán de medios para prevenir que el lubricante

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

forme gases que puedan acceder a los bobinados o a otras partes aisladas o elementos que transporten corriente.

205 Han de tomarse disposiciones, si es necesario, para prevenir la circulación de corriente entre el eje y los rodamientos o cojinetes de la propia máquina, o de otras máquinas a los cuales estén conectadas. Por ejemplo motores de accionamiento para generadores, bombas o compresores para motores.

206 Donde la refrigeración de las máquinas se disponga a través de intercambiadores de calor AIRE – AGUA, se dispondrá de medios para prevenir la entrada de agua dentro de la maquinaria, ya sea por escape o condensación. Se suministrará monitorización con alarma por fuga.

207 La construcción y certificación para el intercambiador de calor AIRE – AGUA a de cumplir con los requerimientos para recipientes a presión (IEC – 92 – 301.).

208 Para las máquinas donde probablemente exista condensación. Aquellos los cuales funcionen en vacío para largos periodos, las disposiciones de calentamiento deberán de requerirse (IEC 92 – 301).

### **300 Conexiones de los terminales.**

301 Será conveniente, fijar los conectores terminales y se suministrarán en una posición accesible con espacio suficiente para la conexión conveniente de los conductores externos.

### **400 Fabricante.**

401 Cada máquina será suministrada con una placa de características, de materiales resistentes a incendio dándonos la siguiente información:

- Tipo.
- Número de serie.
- Clase de aislamiento.
- Y todos los datos técnicos necesarios para la aplicación de la máquina.

### **500 Materiales aislantes, incremento de temperatura.**

501 Los materiales aislantes para bobinados y otras partes que transporten corrientes han de cumplir con los siguientes requerimientos.

502 Todos los bobinados han de ser tratado para resistir la humedad, aire marino y vapores de lubricantes.

503 Los límites de incrementos de temperatura de máquinas de refrigeración por aire. Para servicios sin restricción se darán en la siguiente tabla. Para máquinas refrigeradas por agua, los límites de incremento de temperatura sobre la refrigeración de

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

agua la temperatura serán veinte grados centígrados (20°C) superior que los indicados en la siguiente tabla.

504 La siguiente tabla es válida para las temperaturas ambiente. Si la temperatura ambiente excede los límites indicados la temperatura deberá ser reducido. LIMITE DE INCREMENTO DE TEMPERATURA PARA EL AIRE DE REFRIGERACIÓN EN MÁQUINAS ROTATIVAS. Sin Restricciones.

ITEM N°	PARTE MÁQUINA	MÉTODO DE TEMPERATURA	LÍMITE DE INCREMENTO DE TEMPERATURA EN °C Por clase de Aislamiento					
			A	E	B	F	H	
1°	A	Bobinados en máquinas de CA con salida tasada de 5000 kW o mayores	ETD	55	—	75	95	115
		R	50	—	70	90	110	
	B	Bobinados en máquinas de CA con salida tasada menores que 5000 kW.	ETD	50	—	80	100	115
			R	55	65	70	95	110
2°	Bobinado de Inducido con conmutador	R	50	65	70	95	115	
		T	40	55	60	95	110	
3°	Campos bobinados de CA y CC excepto las nombradas en el ítem 4.	R	50	65	70	95	115	
		T	40	50	60	75	95	
4°	A	Campos bobinados de máquinas con rotores inductores y excitación de CC.	R	—	—	80	100	125
	B	Campo inductor estacionario de máquinas de CC con más de una capa.	R	50	65	70	95	115
			T	40	55	60	75	95
	C	Campos inductores de baja resistencia de máquinas de CA y CC con bobinados compensados de máquinas de CC con más de una capa	R, T	55	65	70	90	115
D	Bobinados de una sola capa de máquinas de CC y CA con superficies libre y barnizada y bobinados compensados simples de máquinas de CC	R,T	55	70	80	100	125	
5°	Bobinados permanentemente en corto circuitos con aislamiento	T	50	65	70	90	115	
6°	Bobinados permanentemente en corto circuito sin aislamiento	T	El incremento de temperatura debe alcanzar los semejantes a un riesgo de daño al aislamiento o a otros materiales o partes adyacentes.					
7°	Conductores, hierros y otras partes sin contacto con los bobinados.	T						
8°	Conductores, hierros y otras partes en contacto con los bobinados.	T	50	65	70	90	110	
9°	Conmutadores y anillos rozantes abiertos y cerrados	T	50	60	70	80	90	

**Nota 1:** La R indica la medida de temperatura por el método de resistencia, la T por el método del termómetro, solo aplicables a casos donde la medida por el método de la resistencia es impracticable. El detector de temperatura empotrado (ETD) este método deberá ser solo usado cuando los ETD estén localizados entre las bobinas y las ranuras.

**Nota 2:** Si los conmutadores y los anillos rozantes es adjuntos a los bobinados con bajo nivel de aislamiento el incremento de temperatura se aplicara para estas clases.

**Nota 3:** Un grado especial de escobillas será necesario para incrementos de temperaturas de noventa grados centígrados (90°C).

**Nota 4:** Cuando se usen intercambiadores de calor refrigerado por agua en los circuitos refrigerados de la máquina, el incremento de temperatura ha de ser medido con respecto a la temperatura del agua de refrigeración a la entrada del intercambiador de calor. Los incrementos de temperatura dados en esta tabla deberán de ser incrementados en quince grados centígrados (15°C).



**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

506 Una vez determinados los límites de incremento de temperatura, un margen se indicará para la temperatura de ciertas partes de la máquina siendo mayor este que la medida. La temperatura en tales puntos calientes no excederá los valores dados en la siguiente tabla:

<b>Clase de Aislamiento.</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>B</b>	<b>F</b>	<b>H</b>
Máxima temperatura en funcionamiento continuo.	105°C	120°C	130°C	155°C	180°C

507 El incremento de temperatura se medirá en la salida de potencia, voltaje, frecuencia y las pruebas de temperatura que se realizarán en el estadio para el cual la máquina esta tasada y marcada (continua, intermitente o corto tiempo) de acuerdo con los métodos de pruebas especificados en IEC publicaciones.

Nota: La prueba de temperatura a toda carga, puede ser difícil de realizar para máquinas grandes, debidos a la insuficiente energía disponible para la prueba. Por lo que, una de las siguientes pruebas de simulación o equivalentes se podrá someter a aprobación.

Generadores y motores síncronos:

1. Síncronos realimentados o método de carga inactiva, de acuerdo a IEEE Std. 115-1983, 6.2.2.
2. Método de factor de potencia cero, de acuerdo a IEEE Std. 115-1983, 6.2.3.
3. Método de carga a circuito abierto y corto circuito, de acuerdo con IEEE Std. 115-1983, 6.2.4.

### **A600 Sobrecargas.**

601 Las máquinas serán generalmente capaces de resistir las siguientes sobrecargas:

- Generadores de CA: Al cincuenta por ciento (50%) de la corriente tasada en exceso por un periodo no menor de treinta segundos (30 sg.), el voltaje y la frecuencia se mantendrá tan cercanas como sea posible de los valores tasados (IEC 34-1 modificado).
- Motores de CA: Excepto en los motores del colector, al cincuenta por ciento (50%) de la corriente tasada en exceso por un periodo no menor de ciento veinte segundos (120 sg.) el voltaje y la frecuencia se mantendrá tan cercanas como sean posibles de los valores tasados en (IEC 34-1 modificado).
- Máquinas conmutadas: Al cincuenta por ciento (50%) de la corriente tasada en exceso bajo las apropiadas combinaciones de condiciones a los siguientes estados.
  - (a) Motores de corriente continua, a sus mayores velocidades. Generadores, a sus velocidades tasadas. Motores de corriente alterna, a sus mayores velocidades específicas.
  - (b) Voltaje del inducido correspondiente con la velocidad específica.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordó de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

(c) Tiempo de cuarenta y cinco segundos (45 sg.)

Nota: La sobrecarga como se indica en 601 es difícil de realizar en máquinas grandes. En casos que no se puedan probar estas sobrecargas, deberán de entregarse los cálculos de aprobación, basados y aprobados por métodos y experiencias del fabricante.

**A700 Prueba de alto voltaje (Esfuerzo dieléctrico) y resistencia del aislamiento.**

701 La prueba de alto voltaje será aplicada a máquinas nuevas y completas con todos sus elementos en un lugar bajo condiciones equivalentes a las condiciones normales de trabajo. La prueba deberá estar de acuerdo con IEC 34-1 “cláusula 17” y se realizará por el fabricante a la conclusión de la prueba de temperatura.

702 Después de un rebobinado o otra gran reparación de una máquina, se deberá ver sujeta a una prueba de alto voltaje con una prueba de voltaje de al menos el setenta y cinco por ciento (75%) de lo especificado en la IEC 34-1 “cláusula 17”.

703 La resistencia de un nuevo aislamiento, se medirá inmediatamente después de la prueba de temperatura, realizada usando corriente continua entre el aislamiento de:

- (a) Todas las partes que transporten corriente conectadas y la tierra.
- (b) Todas las partes que transporten corriente de diferente polaridad o fase, donde sean accesibles los finales de fase o polaridad.

Los valores mínimos de la prueba de tensión y aislamiento se darán en la siguiente tabla. La temperatura a de estar cerca de la temperatura de operación o un método de calculo podrá usarse.

Voltaje tasado $U_n$ (V).	Mínima prueba de voltaje (V)	Mínima resistencia del aislamiento ( $M\Omega$ )
$U_n \leq 250$	$2 \times U_n$	1
$250 \leq U_n \leq 1000$	500	1
$1000 < U_n \leq 7200$	1000	$(U_n/1000) + 1$
$7200 < U_n \leq 15000$	5000	$(U_n/1000) + 1$

704 La resistencia de los bobinados de las máquinas, serán medidos y aprobados usando un método apropiado del puente o método de voltaje y corriente.

**B 300 Voltaje de arranque. Requisitos adicionales para generadores.**

301 Se deben de construir normalmente de tal modo que el generador cuando arranque, con la tensión absorbida, no necesite ayuda de ninguna fuente externa de energía eléctrica.

**B 400 Generadores de corriente alterna CA.**

401 La forma de la onda del voltaje deberá de ser aproximadamente sinusoidal, con una máxima desviación desde la curva fundamental sinusoidal de un cinco por ciento (5%) del valor pico.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordó de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

402 La regulación del voltaje será automática, tal que el voltaje se mantenga dentro del noventa y siete coma cinco al ciento dos coma cinco por ciento (97.5 al 102.5%) del voltaje tasado bajo todas las condiciones de estados de carga entre sin carga y corriente a plena carga además de a todos los factores de potencias a los cuales incidan en su uso normal, pero en cualquier caso dentro del siguiente rango  $\text{Cos } \phi - 0.7$  a 0.9. También se reconoce dentro de las consideraciones el efecto de las características de velocidades de los motores de accionamiento.

Estos límites deberán ser incrementados a noventa y seis coma cinco a ciento tres coma cinco por ciento (96.5 a 103.5%) para grupos de emergencia.

Si la tensión tasada difiere desde la tensión nominal de la instalación, se suministrarán medios para ajustar el voltaje, para mantenerse dentro de los límites especificados.

**CAPITULO XI: PRUEBAS.**

**XI. 1 A.B.S. 4-8-3. 3.15**

**3.15 Pruebas.**

3.15.1- Comprobación de máquinas y planificación de pruebas para: cada motor y generador diseñado para servicios esenciales de cien kilovatios (100 kW) y superiores se evaluarán y se aprobarán de acuerdo con las pruebas tipo indicado en la siguiente tabla:

**LISTA DE PRUEBAS PARA MÁQUINAS GIRATORIAS DE CIEN KILOVATIOS (100Kw) Y SUPERIORES.**

PRUEBAS	GENERADORES DE CA		MOTORES DE CA		MÁQUINAS DE CC	
	Pruebas Tipo (1)	Pruebas de Rutina (2)	Pruebas Tipo (1)	Pruebas de Rutina (2)	Pruebas Tipo (1)	Pruebas de Rutina (2)
(a) Inspección visual.	×	×	×	×	×	×
(b) Medida de la resistencia del Aislamiento. Punto 3.15.2	×	×	×	×	×	×
(c) Medida de la resistencia del bobinado. Punto 3.15.3	×	×	×	×	×	×
(d) Comprobación del elemento de regulación de voltaje. Punto 3.15.4	×	×				
(e) Prueba de incremento de carga y medida del incremento de temperatura. Punto 3.15.5	×		×		×	
(f) Prueba de sobrecarga. Punto 3.15.6	×		×		×	×
(g) Comprobación del estado de corto circuito. Punto 3.15.7 (3)	×					
(h) Prueba de sobre velocidad. Punto 3.15.8	×	×	×(4)	×(4)	×(4)	×(4)
(i) Prueba de esfuerzo dieléctrico. Punto 3.15.9	×	×	×	×	×	×
(j) Prueba de balance en funcionamiento. Punto 3.15.10 (5).	×	×	×	×	×	×
(k) Verificación de los grados de protección	×		×		×	
(l) Verificación de los rodamientos después de las pruebas	×	×	×	×	×	×
(m) Medición del entre hierro.	×	×			×	×
(n) Verificación de conmutaciones.					×	

**Notas:**

- (1) **Pruebas Tipo:** Se aplica al prototipo de las máquinas o al menos a la primera de un lote de máquinas.
- (2) **Pruebas de Rutina:** Las máquinas para la prueba de rutina deben de tener la referencia a la máquina del mismo tipo que ya tenga pasada la prueba tipo. Los certificados de las pruebas de rutina deben de contener el número de serie del fabricante de las máquinas con la prueba tipo realizada y los resultados de los mismos.
- (3) La verificación a las condiciones estables de corto circuito solo se aplica a máquinas síncronas.
- (4) Donde se indique o se especifique estarán de acuerdo ente el comprador y el fabricante.
- (5) Equilibrio estático (Para máquinas tasadas a quinientas RPM o menores (500 RPM)) o balance dinámico se aceptarán en lugar de la prueba especificada en máquinas para ser acopladas a motores y suministradas sin eje y/o rodamientos, o para grupos incompletos de rodamientos.

**3.15.2 Medida de resistencia del aislamiento.**

Inmediatamente después de la prueba de alto voltaje la resistencia del aislamiento se medirá usando un verificador de corriente continua (CC) al aislamiento actuando directamente sobre:

- Todas las partes que transporten corriente conectadas juntas y con la toma de tierra.
- Todas las partes que transporten corrientes de diferente polaridad o fase, en los finales de la fase o polaridad individualmente accesible.

Los valores mínimos de los voltajes de la prueba y la resistencia del aislamiento se dan en la siguiente tabla. La temperatura a la cual la resistencia del aislamiento es medida a de encontrarse cerca de la temperatura de operación o método apropiado de cálculo:

<b>Voltaje tasado <math>U_n</math> (V).</b>	<b>Mínima prueba de voltaje (V)</b>	<b>Mínima resistencia del aislamiento (<math>M\Omega</math>)</b>
$U_n \leq 250$	$2 \times U_n$	1
$250 < U_n \leq 1000$	500	1
$1000 < U_n \leq 7200$	1000	$(U_n/1000) + 1$
$7200 < U_n \leq 15000$	5000	$(U_n/1000) + 1$

**3.15.3 Medida de la resistencia del bobinado.**

La resistencia del bobinado de la máquina se medirá y se registrará usando un método de puente apropiado o método de corriente y voltaje.

**3.15.4 Comprobación del sistema de regulación de voltaje.**

Las pruebas se dirigirán a los generadores para verificar que el sistema de regulación de voltaje automático es capaz de lograr la actuación descrita a continuación:

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

Sistemas de regulación automáticos de voltaje:

Los requisitos siguientes son para generadores de corriente alterna CA. Para los generadores de corriente continua CC, se utilizarán los requisitos de la IEC publicaciones 60092-202 y 301.

- a) General. Un regulador de voltaje automático a de ser suministrado para cada generador. La corriente de excitación para los generadores será proporcionada por excitadores rotativos adjuntos o por excitadores estáticos derivando su fuente de energía de las máquinas que controla.
- b) Variación de voltaje: El regulador de voltaje automático debe ser capaz de mantener el voltaje bajo condiciones estables en más menos dos coma cinco por ciento ( $\pm 2.5 \%$ ) para todas las cargas entre cero y la carga a condiciones nominales, al factor de potencia tasado, teniendo en cuenta las características del regulador del generador. Estos límites podrán aumentarse en más menos un tres coma cinco por ciento ( $\pm 3.5 \%$ ) para los generadores en servicio de emergencia.
- c) Variaciones de voltaje transitorias: Las variaciones de voltaje transitorias deben estar entre el rango del menos quince por ciento al veinte por ciento ( $-15\%$  al  $+20\%$ ) del voltaje y el voltaje debera de restaurarse dentro de un más menos tres por ciento ( $\pm 3\%$ ) del voltaje en no más de uno coma cinco segundos (1.5 sg.). para: Una carga igual a la corriente de arranque del motor más grande o grupos de motores. Pero en cualquier caso, al menos el sesenta por ciento (60%) de la corriente del generador y el factor de potencia de cero coma cuatro (0.4) de la corriente del generador funcionando sin carga; y a una carga igual o por encima que es desconectada rápidamente.
- d) Condición de Corto circuito: Bajo condiciones de corto circuito, la excitación del sistema deberá ser capaz de mantenerse en estado estable para corrientes en corto circuito durante dos segundos (2 sg.) o para tales magnitudes y duraciones como se requiere para que actúen los dispositivos proteccionistas eléctricos adecuados como se indica a continuación:

Las capacidades al corto circuito de los generadores deberán de estar de acuerdo con las publicaciones de la IEC 60034-1. Bajo condición de corto circuito, los generadores deberán de resistir las tensiones mecánicas y térmicas inducidas por el corto circuito, con valores al menos de, tres (3) veces la carga total durante al menos dos (2) segundos.

### 3.15.5 Pruebas de carga y medida del incremento de temperatura.

El incremento de temperatura se medirá después del funcionamiento a su producción de voltaje, frecuencia para la cual la máquina es usada.

Los límites serán los indicados en la siguiente tabla:

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

**LIMITE DE INCREMENTO DE TEMPERATURA PARA EL AIRE DE REFRIGERACIÓN EN MÁQUINAS ROTATIVAS. Temperatura ambiente a 50°C**

ITEM N°	PARTE MÁQUINA	MÉTODO DE TEMPERATURA	LÍMITE DE INCREMENTO DE TEMPERATURA EN °C					
			Por clase de Aislamiento					
			A	E	B	F	H	
1°	A	Bobinados en máquinas de CA con salida tasada de 5000 kW o mayores	Resistencia	50	—	70	90	115
		Detector de temperatura Empotrado	55	—	75	95	120	
	B	Bobinados en máquinas de CA con salida tasada sobre 200 kW pero menores que 5000 kW.	Resistencia	50	65	70	95	115
			Detector de temperatura Empotrado	55	—	80	100	120
	C	Bobinados en máquinas con salida tasada de 200 kW o menores. <b>Nota 2</b>	Resistencia	50	65	70	95	115
			Termómetro	40	55	60	75	95
2°	Bobinado de armadura con conmutador	Resistencia	50	65	70	95	115	
		Termómetro	40	55	60	75	95	
3°	Campos bobinados de CA y CC en máquinas con excitación en CC, y otros campos bobinados en el ítem 4.	Resistencia	50	65	70	95	115	
		Termómetro	40	55	60	75	95	
4°	A	Campos bobinados de máquinas síncronas con rotor cilíndrico con excitación CC y con bobinado empotrado en el estator excepto en motores síncronos inducidos.	Resistencia	—	—	80	100	125
			Termómetro	40	55	60	75	95
	B	Campos bobinados estacionarios de CA en multicapas.	Resistencia	50	65	70	95	115
			Detector de temperatura Empotrado	—	—	80	100	125
			Termómetro	50	65	70	90	115
	C	Campos bobinados de baja resistencia de CC y CA. En máquinas con bobinados compensados multicapas.	Resistencia	50	65	70	90	115
			Termómetro	55	70	80	100	125
	D	Bobinados en una sola capa de CA y CC expuestos desnudos o barnizados en superficie metálica y capa de bobinados compensados de las máquinas de CC. Nota 3.	Resistencia	55	70	80	100	125
			Termómetro	55	70	80	100	125
	5°	Bobinados permanentemente en corto circuito	Los incrementos de temperatura de algunas partes no deben ir en detrimento al aislamiento de esas partes o a cualquier otra parte adyacente a él.					
6°	Condiciones magnéticas y todos los componentes estructurales en contacto o no directo con el aislamiento. (Excluidos Rodamientos).							
7°	Colectores, anillos rozantes, escobillas y delgas	El incremento de temperatura no excederá la combinación del grado de las escobillas, colectores y anillos rozantes materiales puedan manejarse en corrientes sobre todo en el rango completo.						

**Nota 1:** El incremento de los límites de temperatura expuestos en la tabla anterior esta basado sobre una temperatura ambiente de 50°C de acuerdo con IEC Publicación 60092 – 101. Para temperaturas ambientes de 40°C, el incremento de temperatura en 10°C.

**Nota 2:** La aplicación de las pruebas de superposición de métodos a bobinados de máquinas con condiciones nominales de 200kW o menores con aislamiento clases A,E,B o F, los límites de incremento de temperatura dados por el método de resistencia deberán ser incrementados 5°C.

**Nota 3:** También comprende bobinados de múltiples capas, reviniendo que bajo las capas están en contacto con la circulación de refrigerante.

### 3.15.6 Pruebas de sobrecarga y sobreintensidad.

Las pruebas estarán dirigidas a los generadores de corriente alterna CA, para demostrar que tiene una capacidad adecuada a la sobre carga y a la sobre intensidad. Como se describe a continuación:

Capacidad de sobrecarga / sobreintensidad:

Las capacidades de sobrecarga/sobreintensidad para los generadores de Corriente alterna CA y corriente continua CC y motores deben de estar de acuerdo con la IEC publicación 60034-1. Para completar esta regla, se proporcionarán los siguientes requisitos para generadores de corriente alterna CA y motores.

Generadores de corriente alterna CA:

Los generadores de corriente alterna CA deben ser capaces de resistir una corriente de una coma cinco (1,5) veces su corriente nominal en un tiempo no menor de treinta segundos (30 Seg.).

Motores de Corriente alterna CA:

- a.) Capacidad de sobre intensidad: En motores de inducción trifásicos con una potencia nominal no menor de trescientos quince kilovatios (315 kW) y con voltaje no superior de mil voltios (1000 v.) deben de ser capaces de resistir una corriente de una coma cinco (1,5) veces su corriente nominal en un periodo de tiempo no menor de dos (2) minutos. Para motores de inducción trifásicos con potencias nominales mayores de trescientos quince kilovatios (315kW) la capacidad de sobreintensidad debe estar de acuerdo con las especificaciones de los fabricantes.
- b.) Capacidad de sobrecarga en motores de inducción trifásicos: En motores de inducción trifásicos, a pesar de su servicio, deberá ser capaz de resistir una coma cinco (1,5) segundos sin pararse, o a un brusco cambio de velocidad, un par torsor superior al sesenta por ciento (60%) sobre el par torsor nominal, con voltaje y frecuencia dentro de los valores nominales.
- c.) Capacidad de sobrecarga en motores síncronos: En motores síncronos trifásicos, además del servicio debe ser capaz de resistir un par torsor superior al nominal durante quince segundos (15 sg.) sin perder el sincronismo. La excitación debe mantenerse en sus valores tasados (ante las siguientes circunstancias):
  - Motores de inducción síncronos (rotor devanado): Un treinta y cinco por ciento (35%) superior al par torsor tasado.
  - Motores síncronos (rotor cilíndrico): Un treinta y cinco por ciento (35%) superior al par torsor tasado.
  - Motores síncronos (polos salientes): Un cincuenta por ciento (50%) superior al par torsor tasado.

En motores síncronos con excitación automática se podrá enfrentar a algunos valores superiores con el equipo de excitación operando a condiciones nominales.

### 3.15.7 Prueba de capacidad de corto circuito.

La prueba estará dirigida a los generadores de corriente alterna CA para demostrar que el generador y su sistema de regulación del voltaje automático son capaces de sostener sin daño, bajo estado estable la condición de corto circuito, a una corriente tres veces (3 veces) su corriente tasada durante dos segundos (2sg.)



**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

Capacidad de corto circuito:

Las capacidades al corto circuito de los generadores deberán estar de acuerdo con las publicaciones de la IEC 60034-1. Bajo condición de corto circuito, los generadores deberán de resistir las tensiones mecánicas y térmicas inducidas por corto circuito, con valores de al menos, tres (3) veces la carga total durante al menos dos (2) segundos.

Condición de Corto circuito: Bajo condiciones de corto circuito, la excitación del sistema deberá ser capaz de mantenerse en estado estable para corrientes en corto circuito durante dos segundos (2 sg.) o para tales magnitudes y duraciones como se requiere para que actúen los dispositivos proteccionistas eléctricos adecuados como se indica a continuación:

Las capacidades al corto circuito de los generadores deberán de estar de acuerdo con las publicaciones de la IEC 60034-1. Bajo condición de corto circuito, los generadores deberán de resistir las tensiones mecánicas y térmicas inducidas por el corto circuito, con valores al menos, tres (3) veces la carga total durante al menos dos (2) segundos.

### 3.15.8 Prueba de sobre velocidad.

En generadores de corriente alterna y donde se especifique mediante un acuerdo entre el comprador y el fabricante, los motores de corriente alterna CA deben de resistir sin daño alguno, una prueba de funcionamiento de una coma dos veces (1.2) la velocidad tasada durante dos minutos (2 min.).

Donde se acuerde entre el comprador y el fabricante, los generadores de corriente continua CC y los motores deben de resistir sin daño alguno las pruebas de sobre velocidad descritas a continuación:

<b>MAQUINAS DE CC</b>	<b>REQUISITOS DE SOBRE VELOCIDAD</b>
Los generadores	1.2 veces la velocidad tasada.
Con bobinados SHUNT (derivación)	1.2 veces la velocidad tasada más alta.
<b>Y separadamente con motores en excitación</b>	
Motores de excitación COMPOUND (Compuesta) con regulación de velocidad del 35% o menores.	1.2 veces la velocidad tasada más alta, o 1.15 veces la velocidad correspondiente sin carga cualquiera que sea la mayor pero sin exceder las 1.5 veces la velocidad tasada más alta.
Motores de excitación COMPOUND (Compuesta) con regulación de velocidad mayores del 35% o motores de bobinado series.	El fabricante debe asignar una máxima velocidad de seguridad de operación que se marcará en la placa de características del equipo. La sobre velocidad de estos motores debe de ser 1.1 veces la velocidad máxima de seguridad en que opere.

### 3.15.9 Prueba de resistencia dieléctrica.

La resistencia de todas las máquinas giratorias se probará con todas sus partes ensambladas y en una condición equivalente a la condición de funcionamiento en trabajo. El voltaje de la prueba será aplicado entre los bobinados en prueba y el marco de la máquina con los bobinados que no estén en prueba y los cables conectados al marco.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

El voltaje de la prueba debe de ser un voltaje de onda sinusoidal y a una frecuencia de veinticinco a sesenta hertzios (25 a 60 Hz.). Será aplicado continuo durante sesenta segundos (60 sg.)

El voltaje de la prueba normal para todas las máquinas giratorias será de dos veces (2 veces) el voltaje tasado más mil voltios (+ 1000v), con un mínimo de mil quinientos voltios (1500 v) excepto para las partes de las máquinas descritas en la tabla siguiente:

<b>PARTES DE LA MÁQUINA</b>	<b>PRUEBAS DE VOLTAJE EN RMS.</b>
Los bobinados del campo magnético de los generadores, motores síncronos y condensadores síncronos: A) Para todas las máquinas excepto las del apartado siguiente B) Para arranque de motores con campos magnéticos conectados a lo largo de la resistencia de más de 10 veces la resistencia del campo bobinado.	A) Diez (10) veces el voltaje del campo tasado con un mínimo de 1500 v y un máximo de 3500v. B) 1000 v más dos (2) veces el valor máximo del voltaje con un mínimo de 1500 v.
Rotores de fase compuesta en motores de inducción: A) Para motores no reversibles o B) Para motores reversibles invirtiendo el suministro primario mientras funcionan	A) 1000v más dos (2) veces al abrir el circuito paralizando el voltaje secundario. B) 1000v más cuatro veces al abrir el circuito y paralizando la corriente del voltaje secundario.

La prueba de esfuerzo dieléctrico se realizará justo después de la prueba de incremento de temperatura.

La prueba de voltaje para otras máquinas deberá de estar de acuerdo con la publicación IEC – 60034-1 Cláusula 17.

### 3.15.10 Prueba de funcionamiento en equilibrio.

Los motores deberán ser operados sin cargas y a una velocidad tasada, mientras se les suministra un voltaje y frecuencias tasadas, y en el caso del generador, manejando por unos medios apropiados y excitado para obtener un voltaje tasado. La vibración de las máquinas y el funcionamiento de la lubricación de los rodamientos y cojinetes, donde sean aplicables, será verificada y se encontrarán satisfactoriamente.

### 3.15.11 Rodamientos y cojinetes:

Con relación a las pruebas indicadas en el punto anterior, las máquinas que tengan cojinetes encamisados serán abiertos para establecer que el eje asienta apropiadamente en los cojinetes.

### 3.17 Certificación:

Cada generador y motor de cien kilovatios (100kw) y superiores dirigidos para servicios esenciales serán certificados basados en la revisión de los diseños, tipos y pruebas de rutina realizados de acuerdo con la siguiente tabla ante la presencia de un inspector de la sociedad de clasificación.

Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordó de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.

### LISTA DE PRUEBAS PARA MÁQUINAS GIRATORIAS DE CIEN KILOVATIOS (100Kw) Y SUPERIORES.

PRUEBAS	GENERADORES DE CA		MOTORES DE CA		MÁQUINAS DE CC	
	Pruebas Tipo (1)	Pruebas de Rutina (2)	Pruebas Tipo (1)	Pruebas de Rutina (2)	Pruebas Tipo (1)	Pruebas de Rutina (2)
(a) Inspección visual.	×	×	×	×	×	×
(b) Medida de la resistencia del Aislamiento. Punto 3.15.2	×	×	×	×	×	×
(c) Medida de la resistencia del bobinado. Punto 3.15.3	×	×	×	×	×	×
(d) Comprobación del elemento de regulación de voltaje. Punto 3.15.4	×	×				
(e) Prueba de incremento de carga y medida del incremento de temperatura. Punto 3.15.5	×		×		×	
(f) Prueba de sobreintensidad. Punto 3.15.6	×		×		×	×
(g) Comprobación del estado de corto circuito. Punto 3.15.7 (3)	×					
(h) Prueba de sobre velocidad. Punto 3.15.8	×	×	×(4)	×(4)	×(4)	×(4)
(i) Prueba de esfuerzo dieléctrico. Punto 3.15.9	×	×	×	×	×	×
(j) Prueba de balance en funcionamiento. Punto 3.15.10 (5).	×	×	×	×	×	×
(k) Verificación de los grados de protección	×		×		×	
(l) Verificación de los rodamientos después de las pruebas	×	×	×	×	×	×
(m) Medición del entre hierro.	×	×			×	×
(n) Verificación de conmutaciones.					×	

**Notas:**

**(1) Pruebas Tipo:** Se aplica al prototipo de las máquinas o al menos a la primera de un lote de máquinas.

**(2) Pruebas de Rutina:** Las máquinas para la prueba de rutina deben de tener la referencia a la máquina del mismo tipo que ya tenga pasada la prueba tipo. Los certificados de las pruebas de rutina deben de contener el número de serie del fabricante de las máquinas con la prueba tipo realizada y los resultados de los mismos.

(3) La verificación a las condiciones estables de corto circuito solo se aplica a máquinas síncronas.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

(4) Donde se indique o se especifique estarán de acuerdo ente el comprador y fabricante.  
 (5) Equilibrio estático (Para máquinas tasadas a quinientas RPM o menores (500 RPM)) o balance dinámico se aceptarán en lugar de la prueba especificada en máquinas para ser acopladas a motores y suministradas sin eje y/o rodamientos, o para grupos incompletos de rodamientos.

El fabricante tiene como opción, cada diseño de máquina o tipo puede mantenerse un registro como producto de diseño evaluado. En el caso, de que cada unidad producida del tipo será certificada basándose solo con las pruebas de rutina realizadas bajo la satisfacción de un inspector con los servicios del fabricante.

Más allá, de la opción del fabricante, el sistema de seguridad de calidad de los medios industriales. En cualquier caso y a lo largo de la aprobación del diseño, la máquina puede ser juzgada antes de su aprobación y cada unidad de producción deberá ser certificado basado en una auditoría, por un inspector de los archivos de calidad mantenidos por el fabricante. La maquinaria también puede estar incluida en la publicación del BUREAU “ Lista de equipos aprobados” (List of type approved equipment).

**XI. 2 Lloyds Register of shipping Sección 20 “Pruebas y ensayos”**

**20.1 Pruebas.**

20.1.1 Las pruebas estarán de acuerdo con lo siguiente: Todas las pruebas serán realizadas por personal competente sobre los tipos de máquinas aprobadas. Las máquinas deberán de mantener satisfactoriamente y asegurar su condición exacta. Siendo recalibrada en intervalos anuales.

**LISTADO DE PRUEBAS PARA GENERADORES ELÉCTRICOS**

<b>Loyd's Register of Shipping</b>			
<b>Tipo de prueba.</b>		<b>Prueba Tipo</b>	<b>Prueba Rutina</b>
<b>I</b>	<b>Inspección Visual y Dimensional.</b>	<b>#</b>	<b>#</b>
<b>II</b>	<b>Medida de la Resistencia del Aislamiento.</b>	<b>#</b>	<b>#</b>
<b>III</b>	<b>Medición de la Resistencia de los Bobinados.</b>	<b>#</b>	<b>#</b>
<b>IV</b>	<b>Prueba de regulación de Voltaje.</b>	<b>#</b>	<b>#</b>
<b>V</b>	<b>Prueba de Pot. Tasada y medida del Incremento de Temperatura.</b>	<b>#</b>	
<b>VI</b>	<b>Prueba de Sobreintensidad.</b>	<b>#</b>	<b>#</b>
<b>VII</b>	<b>Comprobación del Estado de Cortocircuito.</b>	<b>#</b>	<b>#</b>

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordó de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

VIII	Prueba de Sobre Velocidad.	#	#
I#	Prueba de esfuerzo Dieléctrico.	#	#
X	Prueba de Balance en Funcionamiento.	#	#
XI	Verificación de los grados de protección.	#	
XII	Verificación de Rodamientos después de las Pruebas.	#	#
XIII	Medición de Entrehierro.	#	#

Las pruebas se realizarán satisfactoriamente sobre todo el equipamiento eléctrico, completos o en secciones a las premisas del fabricante y un informe de las pruebas emitidas por el fabricante.

20.1.2 Un alto voltaje a alguna frecuencia entre veinticinco (25) y cien (100) Hertzios se aplicará entre:

- Todas las partes que transportan corriente, juntas y tierra.
- Todas las partes que transporten corriente de polaridad opuesta o fase.

Para máquinas rotativas el valor será de mil voltios (1000 v) por dos (2) más el voltaje mínimo tasado ( $1000 \times 2 + V_1$ ) y para otros equipamientos eléctricos, estarán de acuerdo con la siguiente tabla:

<b>Voltaje tasado <math>U_n</math> (v)</b>	<b>Voltios de la Prueba (v)</b>
$U_n \leq 60$	500
$60 < U_n \leq 1000$	$2 \times U_n + 1000$
$1000 < U_n \leq 2500$	6500
$2500 < U_n \leq 3500$	10000
$3500 < U_n \leq 7200$	20000
$7200 < U_n \leq 12000$	28000
$12000 < U_n \leq 15000$	38000

El número de equipamiento incluido en el montaje para los cuales una prueba de bajo voltaje que se encuentre por encima de lo especificado deberá de ser desconectado durante la prueba y será probado separadamente con su prueba apropiada de bajo voltaje.

La prueba comenzará a una tensión alrededor de un tercio ( $\frac{1}{3}$ ) del voltaje de la prueba y se incrementará a su máximo valor tan rápidamente como es consecuente se indique el valor por los instrumentos de medición. La prueba de máximo voltaje ha de mantenerse durante un (1) minuto y se reducirá a un tercio ( $\frac{1}{3}$ ) del valor máximo antes de desconectarse. El conjunto se considera que ha pasado la prueba si no ocurren descargas perjudiciales.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

20.1.3 Cuando se desee hacer una prueba adicional de alto voltaje sobre el equipamiento el cual tiene ya aprobadas las pruebas, la tensión de la prueba adicional será el ochenta por ciento (80%) de la prueba de tensión que ya tiene pasada.

20.1.4 Inmediatamente después de la prueba de alta tensión, la resistencia del aislamiento usando un comprobador de corriente continua entre:

- Todas las partes que transportan corriente, juntas y tierra.
- Todas las partes que transporten corriente de polaridad opuesta o fase.

Los valores mínimos de la prueba de voltaje y de resistencia del aislamiento se dan en la siguiente tabla:

Voltaje tasado $U_n$ (V).	Mínima prueba de voltaje (V)	Mínima resistencia del aislamiento ( $M\Omega$ )
$U_n < 250$	$2 \times U_n$	1
$250 \leq U_n \leq 1000$	500	1
$1000 < U_n \leq 7200$	1000	$(U_n/1000) + 1$
$7200 < U_n \leq 15000$	5000	$(U_n/1000) + 1$

20.1.5 Las pruebas de acuerdo con los estándares con los cuales el equipamiento cumpla deberán ser aceptados como una alternativa a los anteriores.

## 20.2 Ensayos:

20.2.1 Ante una nueva instalación o alguna alteración o adicción para una instalación ya existente, puesto en servicio se le aplicara los siguientes ensayos. Estas pruebas son adicionales a las pruebas aceptadas las cuales deberán ser realizadas por el fabricante y serán inspeccionadas y aceptadas por el inspector de la sociedad de clasificación.

20.2.2 La resistencia del aislamiento deberá ser medida de todos los circuitos y equipamiento eléctrico, usando un comprobador de corriente continua, entre:

- Todas las partes que transportan corriente juntas y tierra, tan lejano como sea responsablemente posible.
- Todas las partes que transporten corriente de diferente polaridad o fase.

Los valores mínimos de la prueba de voltaje y de resistencia del aislamiento se dan en la tabla siguiente:

Voltaje tasado $U_n$ (V).	Mínima prueba de voltaje (V)	Mínima resistencia del aislamiento ( $M\Omega$ )
$U_n < 250$	$2 \times U_n$	1
$250 \leq U_n \leq 1000$	500	1
$1000 < U_n \leq 7200$	1000	$(U_n/1000) + 1$
$7200 < U_n \leq 15000$	5000	$(U_n/1000) + 1$

La instalación deberá de ser subdividida y los equipos desconectados si los resultados producidos en la prueba inicial son menores a los que figuran en la tabla.

20.2.3 Las pruebas deberán de verificar eficientemente:

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

- La continuidad del conductor de tierra.
- Las tomas de tierra de partes metálicas no expuestas al transporte de corriente.
- Conexiones de continuidad eléctrica para el control de la electricidad estática.

20.2.4 Ha de demostrarse que las reglas han sido cumplidas con respecto de:

- a) Funcionamiento satisfactorio de cada generador para todo funcionamiento a todas las cargas tasadas.
- b) Temperatura de las uniones, conexiones, interruptores automáticos y fusibles.
- c) La operación de los controles del motor, dispositivos de sincronización, disparo por sobre velocidad, corriente - inversa y disparo por sobre intensidad y otros dispositivos de seguridad.
- d) La regulación de tensión de cada generador, cuando funciona a la máxima carga tasada, súbitamente desconectada y con el mayor motor arrancado en el sistema.
- e) Operación satisfactoria en paralelo, y distribución de cargas en kilovatios (kW) y kilovoltios amperios (KVA) de todos los generadores capaces de ser operados en paralelo a todas las carga superiores a la carga normal de trabajo.
- f) Todo el equipamiento esencial y otros equipos importantes deberán ser operados bajo las condiciones de servicio, sin embargo no necesariamente a la máxima carga o simultáneamente, para una cantidad de tiempo para demostrar su funcionamiento satisfactorio.
- g) El equipamiento de propulsión ha de ser probado bajo su condición de trabajo y operado en presencia del inspector para su aprobación. El equipamiento ha de tener suficiente potencia para asegurar la marcha correcta del barco en todas las circunstancias normales. En barcos de pasajeros la maniobrabilidad de la maquinaria para la inversión de la dirección del empuje de la hélice en tiempo suficiente, bajo condiciones normales de maniobrabilidad y para que el barco tenga el máximo avance a la velocidad de servicio, lo cual se demostrará en las pruebas de mar.

20.2.5 La caída de tensión ha de ser medido donde sea necesario, para verificar que esta no exceda lo especificado a continuación:

- Todos los equipos eléctricos alimentados desde el principal y la fuente de potencia eléctrica de emergencia ha de ser diseñado y fabricado capaz de operar satisfactoriamente bajo las siguientes variaciones normales de voltaje y frecuencia.
- Al menos que se indique lo contrario el equipamiento eléctrico, deberá operar satisfactoriamente con las siguientes variaciones temporales, desde sus valores nominales, cuando son medidos a la entrada de los terminales del consumidor.
  - Voltaje:
    - Variaciones permanentes. -6% a -10%.
    - Variaciones transitorias. +20% a -15%.
    - Tiempo de recuperación. 1.5 Segundos.
  - Frecuencia:
    - Variaciones permanentes.  $\pm 5\%$ .
    - Variaciones transitorias.  $\pm 10\%$

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

- Tiempo de recuperación. 5 Segundos.
- Harmónicos: Al menos que se indique lo contrario, la distorsión de la onda sinusoidal del voltaje en algún cuadro de distribución o cualquier sección a bordo no excederá el ocho por ciento (8%) para todas las frecuencias superiores a 50Hz y para frecuencias sin tensión sobre 25 Hz la forma de la onda no excederá el uno coma cinco por ciento (1,5%) el suministro de la tensión.

20.2.6 Ha de demostrarse mediante pruebas prácticas que las reglas han de ser cumplidas con respecto a un posible incendio, tripulación, emergencia en pasajeros y sistemas de seguridad del barco.

20.2.7 Para completar las pruebas generales de alarmas de emergencias, al inspector debe suministrársele dos (2) copias de la planificación de pruebas, detallando los niveles medidos de presión sonora (dB), tales procedimientos han de ser contrastados por la sociedad de clasificación y el fabricante de los elementos sonoros.

### **20.3 Cables de Alto Voltaje:**

20.3.1 Ante una instalación con cables de alta tensión, o una adición para una instalación existente, puesta en servicio a de resistir una tensión de prueba satisfactoriamente realizada en cada cable completo y sus accesorios. Las pruebas han de ser realizadas después de la prueba de resistencia del aislamiento requerida por el punto 20.2.2 y debe usarse cualquier voltaje de corriente alterno y frecuencia o voltaje de corriente continua indicado con anterioridad.

20.3.2 Cuando una tensión de corriente alterna resista la prueba realizada, las tensiones no deben ser menores a la tensión normal de operación del cable debe ser mantenida por un periodo mínimo de veinticuatro horas (24h.).

20.3.3 Cuando una prueba de resistencia de voltaje de corriente continua se realice, el voltaje no debe ser menor que:

- $1.6(2,5V_0 + 2Kv)$  para cables con voltaje tasados ( $V_0$ ) superiores y incluyendo 3.6 Kv. O
- $4.2 V_0$  para voltajes tasados mayores.
- Cuando “ $V_0$ ” es tasado, la potencia, frecuencia, voltaje entre conductores y tierra o de pantalla metálica, para el cual es cable es diseñado.
- La prueba de voltaje se mantendrá por un mínimo de quince minutos (15min.). Después de completar la prueba del conductor ha de ser conectado a tierra por un periodo suficiente para eliminar alguna purga de cargas eléctricas. Una prueba de resistencia del aislamiento deberá estar de acuerdo con 20.2.2 y ha de ser realizado.

### **20.4 Areas Peligrosas:**

20.4.1 Todo el equipamiento eléctrico localizado en áreas peligrosas ha de ser examinado para asegurar que es de un tipo permitido por las reglas, han de ser



**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

instalados para complacer con su certificación y que la integridad del concepto de protección no ha sido perjudicada.

20.4.2 Las alarmas y encorvamientos asociados en equipamiento presurizado y la ventilación de espacios localizados, en áreas peligrosas han de estar probadas para su correcta operación.

### **XI. 3 Det Nosrket veritas. Sección 9.**

#### **B400 Generadores y Motores:**

401 Los generadores y motores han de tener un grado de protección de acuerdo con su localización como se describe a continuación:

- Las designaciones se basarán en la IEC publicación N° 529, “ Clasificación de grados de protección suministrados para alojamientos”.
- Los alojamientos serán generalmente de metal, con las siguientes excepciones:
  - En habilitación: Alojamientos para luminarias, interruptores, enchufes, cajas de conexiones, etc.
  - Pantallas de luminarias y ventanas de otros alojamientos, también en otros espacios secos de los espacios de acomodación.
- Los alojamientos tipo IP55 o IP56, cuando se requiera, no deberán de ser aleaciones de aluminio.
- El equipamiento eléctrico deberá ser construido generalmente a los cuales al menos serán de tipo retardado a la acción de las llamas. Las pruebas para el equipamiento de tipo retardante a la llama estarán de acuerdo con la IEC- Publicación 92-101, apéndice A, o otros métodos de pruebas aprobados deberán de ser requeridos. Requerimientos especiales deberán de ser dados para materiales los cuales se fundan o goteen durante la prueba.
- Entradas de cables: Las entradas de los cables son generalmente para ser desde abajo o desde el lado (excepto para los alojamientos de IP20), es requerido para prevenir la intrusión de agua o otros líquidos. Como excepción de estos requerimientos por ejemplo las entradas de cables desde arriba están sujetos a consideraciones especiales de cada caso.
- Todos los equipamientos deberán de ser suministrados generalmente convenientemente con conectores terminales fijos en una posición conveniente para la conexión de cables externos.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

**TABLA: TIPOS DE AISLAMIENTO EN RELACIÓN CON SU LOCALIZACIÓN**

Localización	Cuadro de control	Elementos de control y arranque de motores	Máquinas Rotativas	Transformadores y rectificadores	Luminarias	Aplicación de calefacción	Enchufes
Cuarto de Máquinas y cuarto de caldera sobre cubierta.	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP44
Cuarto de máquinas y cuarto de calderas en cuartos secos de control	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22
Cámara de Máquinas y Cuarto de calderas bajo cub.	N	N	IP44	N	IP44	IP44	N
Cámara de Máquinas y cuartos de calderas, en cuartos separados para las purificadoras de HFO y LO	IP44	IP44	IP44	IP44	IP44	IP44	N
Tanques de F.O.	N	N	N	N	N	N	N
Tanques de lastre y otros tanques de agua, pocetes y sentinas	N	N	IP68	N	N	IP68	N
Conductos de ventilación	N	N	IP44	N	N	N	N
Casetas en cubierta, espacios del castillo de proa y compartimentos del servo y espacios similares	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22	IP44
Cuartos de bombas, lastre y cuartos similares inferiores a las líneas de carga.	IP44	IP44	IP44	IP44	IP44	IP44	IP56
Bodegas de carga	N	N	IP44	N	IP55	N	IP56
Aperturas de cubierta y quilla de cajón	IP56	IP56	IP56	IP56	IP56	IP56	IP56
Cuartos de baterías, pañol de pinturas, almacenes para las botellas de acetileno para soldadura.	N	N	Ex	N	Ex	Ex	N
Espacios secos de Habilitación	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20
Cuartos de baño y duchas	N	N	N	N	IP44	IP44	N
Cocina, lavandería y cuartos similares	IP44	IP44	IP44	IP44	IP44	IP44	IP44

- “N” Normalmente no aceptado la instalación en estas localizaciones.

### **C600 Resistencia a Humedad, salinidad y vapores de Aceite.**

601 El equipamiento eléctrico deberá ser construido generalmente de materiales duraderos no higroscópicos los cuales no se deterioran en atmósferas a las cuales se expondrán probablemente.

602 Se debe prestar especial atención para acabar con los alojamientos fabricados con materiales orgánicos con respecto a la resistencia a aceites y productos químicos.

603 La instalación de alojamientos sobre cubierta o en compartimentos donde severos problemas de corrosión pueden producirse han de ser realizados con materiales resistentes especialmente a la corrosión o dimensionales concesiones a ciertas corrosiones.

### **C700 Resistencia mecánica.**

701 Los alojamientos deberán tener suficiente resistencia mecánica para resistir a los esfuerzos para los cuales probablemente serán expuestos.

702 Los alojamientos los cuales estén localizados con probabilidad de ser pisados o trepados, deberán ser capaces de resistir el peso de un hombre. Esto se aplica por ejemplo para las mayores máquinas eléctricas de cámara de máquinas, motores de chigres en cubiertas, etc.

Una prueba para estos efectos, con una fuerza de mil Newton (1000 N) aplicados por un área plana de setenta por setenta milímetros (70x70 mm), deberán realizarse como prueba tipo o prueba aleatoria.

703 Los alojamientos usados en bodegas de carga, que estén en contacto con la carga o con los mecanismos, deberán resistir impactos desde cualquier posición con un martillo con una superficie plana de setenta por setenta milímetros (70x70 mm) y una energía de sesenta julios (60J).

La prueba para estos efectos deberá ser realizada como prueba tipo o pruebas aleatorias.

### **C800 Temperatura.**

801 Los alojamientos deberán resistir la temperatura ambiente del aire, a la máxima carga del equipo, el incremento de temperatura no debe ser mayor que el riesgo de incendio, daños a materiales adyacentes o peligros para las personas.

802 El incremento de temperatura de los alojamientos para otros equipos no deberán exceder normalmente cincuenta o cuarenta grados centígrados (50 ó 40 °C) para alojamientos los cuales son instalados en contacto con materiales inflamables tales como mamparos de madera. Como excepciones deberán ser consideradas a equipos los cuales son especialmente protegidos contra contacto o salpicadura de aceites.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordó de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

803 Cuando se usen alojamientos de otros materiales como el metal, estos deberán al menos resistir la inmersión en agua de ochenta grados centígrados (80°C) durante quince minutos (15 min.) sin ser deteriorados. La prueba para estos efectos deberá ser realizada como prueba tipo o prueba aleatoria. Esto también se aplica para pantallas de las luminarias, si se fabrican de otros materiales como el cristal.

### **C900 Conexiones a Tierra.**

901 Todos los alojamientos metálicos deberán de suministrarse con tornillo para su conexión a la toma de tierra. Para el equipamiento con corrientes superiores a veinticinco amperios (25A.), El tornillo de conexión a toma de tierra deberá estar en el interior del alojamiento.

### **C1000 Tipos de Alojamiento con relación a su localización.**

1001 Los alojamientos dados en la tabla anterior son los requeridos como mínimos.

1002 Para equipamiento suministrado a tensiones nominales sobre quinientos voltios (500 v) hasta mil voltios (1000 v) y los cuales son accesibles a personal no cualificado, se requerirá adicionalmente que el grado de protección contra el contacto en partes activas será al menos IP4X.

El grupo de generadores o motores con ejes horizontales deberán ser instalados con el eje en dirección longitudinal o en dirección proa a popa del barco.

Para máquinas que se encuentren instaladas transversalmente, debe de asegurarse que el diseño de los rodamientos y los dispositivos para la lubricación sean satisfactorios para aguantar sus balances. El fabricante deberá ser informado cuando una máquina valla instalarse transversalmente.

### **E200 GENERADORES.**

201 Todos los grupos generadores junto con sus cuadros de distribución han de funcionar a su máxima carga tasada, deberá verificarse que los siguientes parámetros están dentro de los límites satisfactorios.

- Características eléctricas.
- Conmutación.
- Disparos de Sobre velocidad
- Protección de Sobre carga.
- Lubricación
- Nivel de Vibración
- Regulación de voltaje y velocidad (dentro de los límites dados a continuación).

Requerimientos Generales:

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

- El sistema de distribución y de retorno por el casco deberá ser usado para los barcos tipo tankers, o para potencia, calentamiento o iluminación en otros tipos de barcos de mil seiscientas toneladas (1600 Ton.) de peso muerto y superiores.
- Los requerimientos del párrafo anterior no excluyen bajo condición aprobada por la administración el uso de:
  - Sistemas de protección catódica de corriente impresa.
  - Sistema de tierra local y limitado, o
  - Dispositivos monitorizados del nivel de aislamiento suministrando para la circulación de corriente no deben exceder los treinta mili amperios (30 mA) en la condición más desfavorable.
- Para barcos construidos sobre o el 1 de octubre del 1994, el requerimiento del párrafo primero de los requerimientos generales no excluye el uso del sistema de tierra localmente limitado, proporcionando la seguridad que una posible corriente no fluya directamente junto a los espacios peligrosos.
- Donde se usen los sistemas de retorno por el casco, todos los subcircuitos finales, deberán ser de dos (2) hilos y con precauciones especiales para satisfacer a la administración.

En instalaciones de Corriente Alterna, los siguientes sistemas pueden ser usados:

- Tres (3) fases Aisladas, en tres (3) Cables.
- Tres (3) fases, en tres (3) cables con tierra neutral.
- En voltajes iguales y superiores a quinientos voltios (500v).
  - En tres (3) fases, con cuatro (4) cables con uno como tierra, pero sin retorno con el casco.
  - Fase simple, con dos (2) cables aislados.
  - Fase simple, con dos (2) cables con una fase de tierra a la fuente de potencia, pero sin retorno por el casco.
- El sistema de distribución de tierra no se usa generalmente en las construcciones de tankers para cumplir con la regla. Los siguientes sistemas de generación y distribución son aceptados para las construcciones tankers:
  - Dos (2) cables aislados.
  - Una (1) fase, con dos (2) cables aislados.
  - Tres (3) fases, con tres (3) cables aislados.

Requerimientos para Generadores:

Voltaje de Arranque:

La construcción será normalmente tal que los generadores, en el arranque ocupe un voltaje que no necesite ayuda de una fuente eléctrica externa de energía.

Generadores de Corriente Alterna:

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordó de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

La forma de la onda del voltaje será aproximadamente sinusoidal, con una desviación máxima desde la curva fundamental de un cinco por ciento (5%) en su valor pico.

La regulación de voltaje deberá ser automática, tal que el voltaje se mantenga dentro del noventa y siete coma cinco por ciento al ciento dos coma cinco por ciento (97,5 % al 102,5%) del voltaje tasado bajo todos los estados entre sin carga y a toda la carga. La corriente y los factores de potencia a los cuales puedan acometerse en su uso normal, pero en cualquier caso en un rango comprendido entre ( $\text{Cos}\phi$  -0,7 a 0,9) también se debe tomar consideración al efecto de la velocidad característica del motor de accionamiento. Estos límites deberán ser incrementados desde el noventa y seis coma cinco por ciento al ciento tres coma cinco por ciento (96,5 al 103,5%) para grupos de emergencia.

Si el voltaje difiere desde el voltaje nominal de la instalación, deberán de suministrarle medios para ajustar el voltaje a los límites especificados.

**Pruebas en Máquinas:**

Para las máquinas eléctricas el fabricante debe realizar las pruebas tipo sobre el prototipo de una máquina o sobre la primera de una serie de máquinas, las pruebas de rutina sobre las subsiguientes máquinas de un tipo en particular estarán de acuerdo con la siguiente tabla. Las pruebas del fabricante serán dadas con carácter informativo, Tipo, N° de serie, clase de aislamiento, todos los datos técnicos necesarios para la aplicación de la máquina y los resultados de las pruebas requeridas.

**TABLA DE PRUEBAS EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS.**

Número de la Prueba	Prueba tipo en Generadores	Prueba de rutina en Generadores	Prueba tipo en Motores
1.) Examen de la documentación técnica (si es apropiada), inspección visual y medida del hueco del aire. <b>Comentario 3.</b>	♣	♣	♣
2.) Medida de la resistencia del Aislamiento.	♣	♣	♣
3.) Medida de la resistencia del bobinado.	♣	♣	♣
4.) En generadores de CC, medida de las características del voltaje del Generador.	♣	♣	
4.a) En generadores de CA, medida de la regulación de voltaje durante su ritmo constante y dinámico entre: Carga/Sin carga.	♣	♣	
4.b) En generadores de CA, medida de las características de corto-circuito abierto (Curva sin carga).	♣	♣	
4.c) En generadores de CA. Medida de las características de corto-circuito (Curva de corto circuito).	♣	♣	
4.d) En generadores de CA. Medida de la corriente de excitación al voltaje tasado, corriente y factor de potencia.	♣		
5.) Prueba de Potencia tasada y medida del incremento de temperatura.	♣		♣
6.) Prueba de sobrecarga y sobre intensidad. (IEC 34-1/ 1/18-19).	♣	♣	♣
7.) Verificación del estado de la Condición de Corto-Circuito. <b>Comentario 4.</b>	♣		
8.) Prueba de sobre velocidad ( IEC 34-1/17).	♣	♣	♣ <b>Comentario 5.</b>
9.) Esfuerzo Dieléctrico (Prueba de Alto Voltaje IEC 34-1/17).	♣	♣	♣
10.) Prueba de Balance en Funcionamiento. <b>Comentario 6.</b>	♣	♣	♣
11.) Prueba cierre del rotor a corriente tasada. <b>Comentario 7.</b>			♣
12.) Verificación del grado de protección (IEC 92-201/26).	♣		♣
13.) Verificación de Rodamientos. <b>Comentario 8.</b>	♣	♣	♣

Prueba Tipo sobre una máquina prototipo o prueba al menos a la primera remesa de la máquina.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordó de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

El certificado de las pruebas de rutina a las máquinas ha de contener el número de serie del fabricante a los cuales han de tener la prueba tipo y el resultado.

Comentario 3: Medida del entrehierro solo para máquinas de tamaño uno coma cinco (1,5 mVA) y superiores.

Comentario 4: Verificación de estado estable en condición de corto circuito aplicable solo a generadores síncronos.

Comentario 5: Si es aplicable.

Comentario 6: Durante la prueba de funcionamiento, las vibraciones de las máquinas y operación del sistema de lubricación de los rodamientos, si existen, serán revisadas.

Comentario 7: Solo para motores de inducción en Corriente Continua.

Comentario 8: Para rodamientos planos, pruebas de rutina bajo solicitud.

Las variaciones de voltaje bajo condiciones transitorias han de cumplir con lo siguiente:

- Cuando el generador esta funcionando a plena carga y de repente se le conecta la mayor carga posible del sistema abordó, la caída instantánea de voltaje que se produzca no debe ser mayor de un quince por ciento (15%) del voltaje tasado.
- Cuando el generador esta funcionando a plena carga y de repente se desconecta la mayor carga del sistema abordó, el incremento instantáneo de voltaje no debe de ser mayor de un veinte por ciento (20%) del voltaje tasado.
- En instalaciones donde dos (2) o más generadores se conectan para su funcionamiento en paralelo, la carga máxima a la cual pueden ser conectados / desconectados debe ser dividida con relación a sus condiciones nominales.

Nota. Si la carga máxima instalada abordó a la cual debe ser conectado o desconectado un generador es desconocido por el fabricante del generador. El diseño del generador debe basarse en los siguientes valores; Una conexión sobre el sesenta por ciento (60%) de la corriente a plena carga con un  $\text{Cos}\phi = 0.4$ . El voltaje se restablecerá dentro de un más menos tres por ciento ( $\pm 3\%$ ) en no más de uno coma cinco segundos (1,5 sg.)

Para grupos de emergencia estos deberán ser incrementados para dentro del más menos cuatro por ciento ( $\pm 4\%$ ) en no más de cinco segundos (5 sg.).

Los generadores de corriente alterna deben estar protegidos contra los daños térmicos de corto circuito al menos durante dos segundos (2 sg.) Sin daño alguno en el generador o en su grupo de excitación.

Debe ser verificado también que bajo la condición de estado estable, el generador síncrono de corriente alterna con un sistema de excitación capaz de mantener sin sufrir daño alguno, una corriente de al menos tres (3) veces la corriente tasada durante dos segundos (2 sg.) a menos que exista una protección selectiva, la cual permita pasar a una duración determinada a una formación de corto circuito, en cualquier caso, deberá asegurarse la instalación cumpliendo con (IEC – 92-301).

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

202 Los generadores para función en paralelo, han de ser probados para ello, verificando los siguientes parámetros:

- Sistema de Sincronismo.
- División de cargas.
- Protección para energía reversible.

Además hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Los generadores para funcionamiento en paralelo deben ser tales que su división de potencia y su carga reactiva sean estables bajo todas las condiciones de carga, excepto cuando las oscilaciones de potencia o de carga reactivas puedan ser descuidadas y ellas no excederán en más o menos veinte por ciento ( $\pm 20\%$ ) de la corriente tasada de cada generador.
- En el rango del veinte al cien por cien (20% al 100%) de la carga reactiva tasada de cada generador, la verdadera, carga reactiva (Valor medio, si aparece oscilación) esta no difiere desde su división proporcionada, del valor total de la carga reactiva en no más de un diez por ciento (10%) de la potencia reactiva tasada del mayor generador que funcione en paralelo, o en no más del veinticinco por ciento (25%) de la carga reactiva del generador más pequeño si esta es menor que la anterior.
- Cuando los generadores están funcionando en paralelo con toma neutral de tierra, debe asegurarse que se igualan la corriente resultante de los generadores y que esta no exceda el veinte por ciento (20%) de la corriente tasada para cada generador.

Nota: Para mayor seguridad se dispondrá que el neutro de cada generador se conectarán al mismo tiempo. Por ejemplo por un contactor enclavado entre el neutro del generador y tierra. Si tal disposición no se cumple los generadores deberán de estar diseñados tal que la máxima corriente nunca se producirá.

Debe también ser nombrado que el resultado de la corriente igualada de los armónicos deberá ser influenciada por la regulación del voltaje y la división de las cargas reactivas de ciertos tipos de generadores.

203 La resistencia del aislamiento de todos los generadores completos deberá estar de acuerdo con lo siguiente.

La resistencia del aislamiento una nueva máquina, “Limpia y seca”, deberá ser medida inmediatamente después de la prueba de temperatura y se realizará usando un medidor de corriente continua entre:

- Todas las partes que transporten corriente juntas y a tierra.
- Todas las partes que transporten corrientes de diferente polaridad o fase, donde los finales de cada fase o polaridad sean accesibles individualmente.
- Los valores mínimos de la prueba de tensión y aislamiento se dan en la siguiente tabla, la temperatura a la cual la resistencia debe ser medida estará cerca de la temperatura de operación, o se deberá de usar un método apropiado de cálculo.



**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordado de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

Los valores mínimos de la prueba de voltaje y de resistencia del aislamiento se dan en la tabla siguiente:

<b>Voltaje tasado <math>U_n</math> (V).</b>	<b>Mínima prueba de voltaje (V)</b>	<b>Mínima resistencia del aislamiento (<math>M\Omega</math>)</b>
$U_n \leq 250$	$2 \times U_n$	1
$250 \leq U_n \leq 1000$	500	1
$1000 < U_n \leq 7200$	1000	$(U_n/1000) + 1$
$7200 < U_n \leq 15000$	5000	$(U_n/1000) + 1$

Nota. La prueba realizada a alto voltaje y resistencia del aislamiento. Deberá de ser necesaria para las condiciones de los semiconductores para asegurar que no se produzcan daño en las partes viales del equipo.

## **CAPITULO XII: PROPULSIÓN ELÉCTRICA.**

### **XII .1 Lloyd’s Register of Shipping Sección 15.**

#### **15.1 General:**

15.1.1 Cuando la disposición permita un motor de propulsión el ser conectado a una planta generadora teniendo a unas condiciones nominales mayores que las condiciones nominales del motor, han de suministrarse medios para limitar la potencia absorbida por el motor que no exceda el par torsor continuo a plena carga al cual el motor y ejes aprobados.

15.1.2 La ventilación y el sistema de refrigeración para el equipo de propulsión eléctrica deberán ser suministrados con dispositivos de automatización dispuestos para operar ante una alarma. Si la temperatura media de refrigeración exceda un valor de seguridad determinado.

15.1.3 El detector de temperatura empotrado requerido estará dispuesto para operar ante una alarma, si la temperatura excede un valor predeterminado de seguridad.

#### **15.2 Requerimientos de Potencia.**

15.2.1 El sistema de propulsión deberá tener una potencia suficiente para la maniobrabilidad del barco y para su marcha inversa. Con el barco navegando a su máxima velocidad el equipamiento propulsor deberá ser capaz de detenerse e invertir la marcha del barco en un tiempo estimado.

15.2.2 El sistema de propulsión tendrá un par torsor adecuado y unos márgenes de potencia para todas las condiciones de operación incluyendo maniobrabilidad en condiciones climáticas severas con respecto a la hélice y a las características del buque.

15.2.3 La potencia eléctrica del sistema de propulsión deberá ser derivada desde los grupos generadores dedicados para el servicio de la propulsión o desde una planta central de generación de potencia la cual servirá a ambos servicios de Propulsión y los servicios de carga del buque.

15.2.4 Cuando la potencia propulsiva se derive desde una fuente de control, común, el sistema de control de la planta de potencia deberá asegurar una distribución de la potencia entre la propulsión y los servicios del barco con enclavamiento de las cargas no esenciales y/o reducción en la potencia propulsora si fuese necesario.

15.2.5 Cuando se use un sistema de generación de potencia central el número y las condiciones nominales de los grupos generadores deberán ser tales que con un grupo fuera de funcionamiento los restantes grupos serán capaces de alimentar a todos los servicios esenciales y a los servicios normales del barco (servicio de carga) manteniendo un efectivo nivel de potencia propulsora.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

15.2.6 Cuando se use un sistema de generación de potencia central es, los requerimientos de la potencia eléctrica son normalmente suministrados por dos o tres (2 ó 3) grupos generadores en paralelo, sobre las pérdidas de potencia repentinas desde un grupo, las condiciones nominales de los restantes grupos en servicio deberán ser suficiente para asegurar ininterrumpidamente la operabilidad de los servicios esenciales y un nivel efectivo de potencia propulsiva.

### **15.3 Control de la Propulsión.**

15.3.1 Los sistemas de control de la propulsión deberán de ser estables en todo el rango normal de operación y dispuesto para atenuar algunos efectos de las fluctuaciones de carga cíclicas de las hélices causadas por la acción de las olas.

15.3.2 El control del escalonamiento menor de la velocidad de la hélice, y/o paso desde cero a toda la potencia avante o inversa debe de ser suministrada.

15.3.3 El sistema de control deberá asegurar que no haya sobre velocidad peligrosa de los motores propulsores sobre pérdidas de cargas.

15.3.4 Los enclavamientos deberán ser suministrados en el sistema de control para asegurar que los circuitos de marcha avante y inversa no deben conectarse simultáneamente.

15.3.5 Algunas faltas simples en cualquier excitación de las máquinas propulsoras o sistemas de distribución de potencia no deben de producir una pérdida total de la potencia propulsora.

15.3.7 Cada estación de control deberá ser suministrada con paradas de emergencia para los motores propulsivos. Las paradas de emergencia deberán ser independientes del sistema de control normal.

15.3.8 El sistema de control limitará la potencia propulsora si la potencia disponible desde los generadores no es suficiente para suministrar el nivel de demanda de la potencia propulsora. En el caso de una limitación de potencia, habrá una indicación visual en las estaciones de control.

15.3.9 Los locales de control deberán ser suministrados con independencia de los sistemas remotos o sistemas automáticos, para permitir un control efectivo del equipamiento propulsivo.

### **15.4 Protecciones del sistema propulsivo.**

15.4.1 Dispuesto para proteger al sistema contra sobrecargas y probables fallos eléctricos con resultado de daño para la planta.

15.4.2 Los circuitos de propulsión principales deberán ser suministrados con medios para la detección de falta de conexión a tierra. Cuando sea posible la falta de conexión a tierra. Donde sea posible la falta de corriente causando daños al

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

equipamiento eléctrico deberán de disponerse de medios para la interrupción de la corriente.

15.4.3 Para la protección del equipamiento eléctrico y los cables contra sobrecargas han de suministrarse medios para la limitación de la tensión inducida en los campos bobinados u otros circuitos inducidos y los dispositivos deberán de ser de un tamaño adecuado para atender a las necesidades para satisfacer las condiciones de operación externas.

15.4.4 En condición de parada o marcha inversa de la hélice, la energía regenerativa producida por el motor propulsor, no causará un peligro de incremento de velocidad en los motores de accionamiento de un peligro de sobre velocidad en los motores de accionamiento o un peligro de sobre intensidad de las condiciones suministradas del sistema.

Cuando se use un sistema de control de generación de potencia las fluctuaciones de tensión y la frecuencia no excederán los siguientes límites:

- Todos los equipos eléctricos alimentados desde el generador principal y la fuente de potencia eléctrica de emergencia ha de ser diseñado y fabricado capaz de operar satisfactoriamente bajo las siguientes variaciones normales de voltaje y frecuencia.
- Al menos que se indique lo contrario el equipamiento eléctrico, deberá de operarse satisfactoriamente con las siguientes variaciones temporales, desde sus valores nominales, cuando son medidos a la entrada de los terminales del consumidor.
  - Voltaje:
    - Variaciones permanentes. -6% a -10%.
    - Variaciones transitorias. +20% a -15%.
    - Tiempo de recuperación. 1.5 Segundos.
  - Frecuencia:
    - Variaciones permanentes.  $\pm 5\%$ .
    - Variaciones transitorias.  $\pm 10\%$
    - Tiempo de recuperación. 5 Segundos

## **15.5 Instrumentos.**

15.5.1 La estación de control central deberá ser suministrada con la siguiente instrumentación:

- Sistema de corriente Alterna:
  - Un amperímetro para cada generador y motor propulsor, voltímetro, vatímetro y medidor de frecuencia para cada generador y amperímetro para cada circuito de excitación.
  - La indicación de temperatura para cada generador y motor propulsivo, con indicación de lectura de las bobinas del stator y la temperatura del sistema de refrigeración.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

- Sistema de Corriente Continua:
  - Un voltímetro y amperímetro para cada generador y motor propulsivo.
  - Un amperímetro para cada circuito de excitación.

15.5.2 Cada estación de control deberá suministrarse con los instrumentos indicados a continuación:

- Velocidad de la Hélice.
- Dirección de rotación de la hélice para hélices de paso fijo o posición del paso para las hélices de paso controlable.
- Indicación visual de limitación de potencia.

## **XII. 2 Det Norske Veritas Sección 11 Propulsión Eléctrica.**

### **B100 Características de los generales.**

101 Un barco es considerado para ser propulsado con propulsión eléctrica cuando la potencia principal para la propulsión es suministrada por motores eléctricos.

Nota: Las unidades propulsoras deberán ser conectadas convencionalmente a las hélices; fijas o rotativas, por ejemplo a hélices azimutales, con paso variable o velocidad para el control del rendimiento y dirección de la hélice.

102 La configuración mínima de un sistema de propulsión eléctrica deberá consistir en un motor de accionamiento, un generador y un motor eléctrico.

Nota: La configuración mínima del sistema de propulsión eléctrica deberá estar sujeta a extensiones para tipos de barcos específicos. Para barcos con propósitos especiales, donde la situación de la maniobrabilidad sea un propósito crítico, la configuración del punto anterior es del todo inadecuada en vista a las conveniencias de un simple fallo en el sistema propulsor.

103 Los motores que alimentan a los generadores que suministran potencia eléctrica para la propulsión deberán de ser considerados como motores principales.

104 Los motores que alimentan a los generadores del suministro de potencia para los servicios del barco solo se definen como motores auxiliares, sin embargo ellos pueden ser conectados al sistema de propulsión y de ese modo contribuyen a la potencia propulsora.

### **B200 Número y Condiciones Nominales De Los Grupos Generadores.**

201 En Barcos con propulsión eléctrica con dos o más grupos generadores propulsivos a voltaje constante, la potencia eléctrica para los servicios del barco deberán ser tomadas desde estas fuentes. Los generadores auxiliares no necesitan conectarse

fijos. Aunque un generador propulsivo quede fuera de servicio, deberá de suministrarse potencia a todos los servicios esenciales importantes han de ser mantenidos.

### **B300 Variaciones de Voltaje y Frecuencia.**

301 Las variaciones de frecuencia deberán de estar limitadas para que no existan riesgos sobre la máquina o otros equipamientos.

302 Las variaciones de frecuencia deberán de mantenerse dentro de los límites dados en los puntos anteriores. Durante situaciones de paradas repentinas, se aceptarán variaciones de voltaje y frecuencia excedan los límites normales.

### **B400 Capacidad de Sobrecarga.**

401 El sistema deberá tener suficiente capacidad de sobrecarga para suministrar el par necesario y para la potencia reactiva del sistema de corriente Alterna, necesitando para el arranque y las condiciones de maniobra.

### **B500 Par Torsor.**

501 El par torsor disponible al eje de la hélice deberá ser adecuado para permitir al barco ser maniobrado, parado o invertir la marcha con el barco navegando a toda velocidad.

502 Un adecuado margen de par torsor deberá ser suministrado como garantía contra un estado de motor parado durante condiciones atmosféricas o de maniobrabilidad graves.

503 Un suficiente margen de par torsor deberá ser suministrado para asegurar un arranque bajo cualquier condición ambiental.

### **B600 Generación de Ruidos en Semiconductores.**

601 El sistema eléctrico se diseñara para prevenir los efectos dañinos de las interferencias electromagnéticas generadas por los semiconductores de los convertidores.

Nota: Deberá de tenerse en cuenta los problemas de interferencias electromagnéticas cuando la capacidad de los semiconductores de los convertidores exceda el cuarenta por ciento (40%) de la capacidad del generador.

### **B700 Ventilación**

701 Se suministrará una ventilación adecuada en el cuarto de los convertidores de energía de la propulsión y unidades e control.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

702 La pérdida de ventilación a espacios o equipamiento con refrigeración por aire forzado no debe causar la pérdida de propulsión. Dos grupos de ventilación deberán de ser suministrados, dispuesto uno en funcionamiento y una unidad en stand-by.

**E PRUEBAS**

**E100 Inspecciones y Pruebas.**

101 El sistema de propulsión eléctrico deberá estar sujeto a unas pruebas finales a una prueba de mar.

- El programa de la prueba detallada deberá estar de acuerdo con la sociedad de clasificación en cada caso.
- La prueba final al mar asume que las pruebas satisfactorias de todos los subsistemas han sido realizadas de acuerdo con la clase principal.

102 El programa de las pruebas ha de incluir las pruebas de la planta propulsora en condiciones normales y algunas condiciones anormales a las cuales el sistema sea operado intencionado interesadamente.

103 Las secuencias de arranque y parada deberán de ser probadas, también como los controles para el sistema.

104 Alarmas y indicadores particularmente importante para el sistema integral y manejo, deberán ser probado. Todos los modos de funcionamiento deberán ser probados desde todas las localizaciones de control.

## **CAPITULO XIII: CONCLUSIONES**

### **Definiciones:**

Potencia generada principal: Es la suma de las potencias nominales (kW/kva) de todos los generadores que integren la fuente de energía principal, previstos o no para su funcionamiento en paralelo.

Fuente de energía eléctrica principal: es la destinada a suministrar energía eléctrica a todos los servicios que el mantenimiento del buque en condiciones normales de funcionamiento y habitabilidad necesita.

Cuadro de distribución principal: Es el cuadro eléctrico destinado a la maniobra de la fuente principal de energía eléctrica y a la distribución de dicha energía a los servicios del buque.

Servicios esenciales: Son todos aquellos cuya utilización sea indispensables para garantizar la propulsión, la maniobra, la seguridad de la navegación y la utilización de los medios para la prevención y lucha contra incendios e inundaciones.

### **Número de generadores y transformadores:**

Todo buque en el que la energía eléctrica constituya el único medio para mantener los servicios esenciales, dispondrá de una fuente de energía principal que comprenda como mínimos dos grupos electrógenos independientes.

La potencia generada por estos grupos será tal que aún cuando uno de ellos se averíe, sea posible asegurar el funcionamiento de todos los servicios esenciales y los necesarios para mantener el buque en condiciones normales de operación y habitabilidad sin necesidad de recurrir a la fuerza de energía de emergencia.

En el caso en que la fuente de energía principal está compuesta por dos generadores dispuestos en forma tal que uno de ellos sea accionado en forma independiente y el otro esté acoplado al motor propulsor, ya sea en forma directa o por intermedio de otro mecanismo destinado a otra finalidad, este último deberá de cumplir con los siguientes requisitos:

- Se podrá poner en servicio estando el otro generador parado.
- Su funcionamiento será independiente del sentido de rotación del motor propulsor.
- Estará diseñado teniendo en consideración de las variaciones de velocidad del motor propulsor que pudieran producirse durante la navegación.
- Se podrá poner en servicio aún cuando el motor no esté siendo utilizado para propulsar el buque.
- Se dispondrá de medios adecuados para permitir acoplar y desacoplar el generador del motor propulsor utilizado mecanismos de embrague o similares.



**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

Además de estas las Sociedades de Clasificación Incluidas en este estudio indican claramente que los generadores de corriente eléctrica deben de estar contruidos para soportar los siguientes excesos ante eventuales sobrecargas y corto circuitos. De la siguiente manera:

#### **A.B.S.:**

- Sobre Carga: Los generadores principales de corriente eléctrica deben de resistir una intensidad de 1,5 veces su corriente nominal en un periodo de tiempo no inferior a treinta segundos.
- Corto Circuitos: Debe resistir tensiones térmicas y mecánicas de corto circuito con valores de al menos tres veces su carga máxima durante al menos dos segundos.

#### **Lloyd’s register of Shipping:**

- Sobre Carga: Los generadores principales de corriente deben de resistir un exceso de corriente del 50% durante quince segundos después de alcanzar el incremento de temperatura correspondiente a la carga tasada.
- Corto Circuito: Estos deben de resistir tensiones térmicas y mecánicas de al menos tres veces su carga total durante al menos dos segundos.

#### **Det Norsket Veritas:**

- Sobre Carga: Los equipos en estudio deberán ser capaces de resistir las siguientes sobre carga del 50% de la corriente tasada en exceso por un periodo no menor de treinta segundos, mientras que el voltaje y la frecuencia se mantendrán tan cercanos como sea posible a los valores tasados.
- Corto Circuito: Estos deben de resistir tensiones térmicas y mecánicas de al menos tres veces su carga total durante al menos dos segundos.

En el caso de que la fuente de energía principal alimente grupos convertidores de C.C. a C.A. o viceversa, destinados a alimentar consumidores que incluyan servicios esenciales, se instalarán como mínimo dos unidades cuyas potencias sean tales que, aún cuando uno cualquiera de ellos quede fuera de servicio, sea posible asegurar el funcionamiento de los referidos servicios esenciales.

En el caso de que los servicios esenciales o parte de ellos estén alimentados por medio de transformadores trifásicos, se instalarán como mínimo dos unidades, de tal forma que el funcionamiento de aquellos quede asegurado estando uno cualquiera de los transformadores fuera de servicio.

#### **Requisitos para el cuadro principal de corriente.**

El cuadro estará compuesto por paneles acoplados convenientemente uno a continuación del otro y dispuesto de tal forma que faciliten el libre acceso al interior de los mismos.

No podrá ser parte componente de ningún grupo generador y estará ubicado independientemente del mismo.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

Contendrá como mínimo un panel correspondiente a generadores donde se instalarán los aparatos de medida, interruptores y demás elementos conexos y otro panel o paneles para la distribución de servicios de fuerza motriz e iluminación normal.

Se instalará en lugar accesible, bien ventilado, libre de emanaciones ácidas o gaseosas, al abrigo de choques y de cualquier incidente causado por agua, vapor o aceite. Estará diseñado de tal manera que pueda dispersar el calor despedido por los elementos ubicados en su interior y evitar efectos de condensación.

Los instrumentos, mecánicos para el accionamiento de interruptores, pulsadores y todas las demás partes que requieran una operación manual estarán ubicados en su frontal.

Deberá pintarse interiormente y exteriormente con una pintura adecuada. Las partes metálicas poseerán medios para ser conectadas a masa con el fin de garantizar una eficaz conexión a tierra.

Los paneles que componen el cuadro estarán separados entre sí mediante divisiones metálicas o de material incombustible, y en los frentes se indicarán las tensiones correspondientes.

La entrada de los cables al cuadro generalmente será desde abajo o desde los costados. La estructura de los paneles y puertas deberán ser de construcción rígida.

Todos los elementos y aparatos montados en el cuadro estarán diseñados para asegurar un funcionamiento satisfactorio, teniendo en cuenta los movimientos y las vibraciones que puedan manifestarse durante la navegación del buque.

### **Barras de distribución de corriente:**

El cuadro poseerá barras principales compuestas pletinas de cobre adecuado y dispuestas convenientemente (horizontal o verticalmente) constituidas por una o más pletinas en paralelo por fase o polo.

Las barras, sus piezas de unión y sus soportes se estudiarán de tal manera que puedan resistir sin deformaciones anormales ante esfuerzos electromecánicos que puedan resultar de los cortocircuitos.

Las barras principales y secundarias estarán dimensionadas de tal manera que la elevación de temperatura no sobrepasen los 45 °C para un funcionamiento continuo a carga nominal.

Para estas barras de distribución de corrientes tenemos dos claras tendencias según la sociedad de clasificación a aplicar:

Para A.B.S. y Lloyd: La barra de conexión principal, será siempre subdividida en por lo menos dos partes que normalmente serán conectadas por interruptores automáticos, localizados lo más lejanos posibles siempre que sea posible. Además de indicar que la conexión de los grupos generadores y otros equipos duplicados estarán igualmente divididos entre las barras.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

Para D.N.V: Cuando la energía eléctrica total instalada de los grupos generadores principales supere los tres mega vatios, la barra de distribución principal deberá de estar subdividida en al menos dos partes, las cuales deberán ser conectadas por enlaces desmontables u otros medios aprobados por la sociedad. La conexión de los grupos generadores y algunos otros equipos duplicados, deberán ser igualmente dividida entre las partes de la barra de distribución.

### **Conexión Interior:**

Todas las conexiones provenientes de las barras de distribución principales se efectuarán con conductores unipolares sin armadura metálica, separados entre si y con una rigidez mecánica adecuada, con la finalidad de evitar cortocircuitos accidentales y de soportar los correspondientes esfuerzos electrodinámicos.

Las partes bajo tensión de los elementos eléctricos componentes del tablero, estarán convenientemente alejadas entre sí o protegidas con pantallas aislantes e anti-inflamables, que impidan la formación de arcos o contactos accidentales entre ellas o entre una de ellas y masa.

### **Interruptores principales:**

Son aquellos destinados a la maniobra de conexión y desconexión de los generadores principales.

Analizando lo indicado en capítulos anteriores de este mismo trabajo podemos destacar lo siguiente según la Sociedad de clasificación de la que dependa la aprobación de nuestra planta. Por lo que indicaremos lo que destaca cada una de las que aquí hemos tratado:

A.B.S. La protección de los generadores para esta sociedad de clasificación viene definida por los siguientes parámetros: Sobrecarga, Corto circuito, daños térmicos, inversión de potencia, parada del motor de accionamiento y bajos voltajes:

a) Sobrecarga:

- Interruptores Automáticos tarados a un valor que no exceda el 15% de la intensidad a plena carga para las máquinas en servicios continuos.
- En generadores de condiciones nominales menores de 25 Kw no dispuestos para trabajar en paralelo pueden protegerse por medio de fusibles.

b) Corto circuito:

- Interruptores automáticos tarados a una corriente y en un momento conveniente de actuación conveniente, coordinados con los interruptores del alimentador.
- En generadores dispuestos para su conexión en paralelo, el interruptor automático de cada generador, se regulará a un valor instantáneo superior a la del generador como unidad individual.

c) Daños térmicos:

- Los interruptores automáticos tendrán unas características de disparo que abrirán sus contactos antes de que el generador este sometido a daños térmicos.

d) Inversión de potencia:

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

- Dispositivo proteccionista por cada generador dispuesto para funcionar en paralelo. Este dispositivo se encontrará tarado entre el 2% y el 6% para generadores manejados a turbinas y del 8% al 15% para generadores manejados por motores diesel o de explosión.

e) Parada del Motor de Accionamiento:

- Mediante un interruptor automático directamente conectado al generador.

f) Parada por bajo voltaje:

- Para generadores dispuestos para su conexión en paralelo, se deben proporcionar con medios para cerrar el contacto en caso de que el generador no este trabajando y abrir este cuando la tensión generada se este empleando.

Lloyd's Register of Shipping. Las siguientes protecciones deberán de ser suministradas como mínimo para generadores de corriente eléctrica.

a) Generadores no dispuestos para su funcionamiento en paralelo: Deberán de suministrarse con interruptores automáticos dispuestos para abrir simultáneamente ante un caso de: Corto circuito, sobre carga y bajo voltaje. En generadores menores de 50 Kw estos dispositivos pueden ser sustituidos por fusibles.

b) Generadores dispuestos para operar en paralelo: Deberán de suministrarse con interruptores automáticos dispuestos para abrir simultáneamente ante un caso de: Corto circuito, Sobre carga, bajo voltaje y además con una protección por corriente inversa del 2% al 15 % de la carga de acuerdo a las características de los motores de accionamiento. Estos generadores dispuestos con interruptores automáticos de Corto circuito y sobre carga han de tener capacidad tal que ante daños termales nunca sean sobre pasado estos para mantener la máquina segura ante estos daños. La protección de bajo voltaje tiene que asegurar una disposición eficaz de servicios esenciales y de emergencia.

Det Norsket Veritas. Estos son los medios de protección a incluir en los circuitos principales de los generadores de corriente eléctrica.

Generadores dispuestos para su funcionamiento en paralelo y mayores de 50Kw. Deberán ser suministrados con interruptores automáticos unipolares. Aunque también se aceptan para los generadores nombrados con anterioridad interruptores automáticos con fusibles para cada fase aislada.

a) Sobre Intensidad: Interruptores automáticos y fusibles que se tasarán a un valor que no exceda un valor del 125% de la corriente en condiciones nominales de los generadores. Cuando se utilicen interruptores automáticos para la regulación de la sobre intensidad deben de dispararse desde el 110% al 125% con un retraso de 20 a 120 segundos. Además una alarma de alta temperatura en el bobinado combinado con un retraso conveniente debe de ser instalado.

b) Corto circuito: Estará regulado a un valor inferior al que el generador aun se encuentre estable y con un retraso tan pequeño como sea posible. En generadores mayores de 1500KVA o mayores se instalarán con un dispositivo protector conveniente o con un sistema ante el cual ante un caso de Corto circuito el generador o el cable de alimentación entre el generador o el generador automático le permita al generador abrir automáticamente.

c) Bajo Voltaje: Los interruptores automáticos de los generadores se suministrarán con un accionamiento por bajo voltaje.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

- d) Contra la inversión de potencia: Interruptor de disparo automático tarados a las siguientes potencias:
- Al 15% de la potencia en condiciones nominales para generadores accionados por motores de combustión interna.
  - Al 6% de la potencia en condiciones nominales para generadores accionados por turbinas.
- e) Para los medios contra Corto circuito, Sobre Intensidad y Protección de corriente Inversa. Indicados anteriormente para la protección de los generadores de corriente eléctrica. Los citados Interruptores deberán conectarse de nuevo después de 30 segundos después de la liberación de los mismos para unos voltajes proporcionados por el generador dentro de un rango del 85% al 110% del voltaje tasado del mismo.
- f) Donde se encuentren más de un generador para cubrir la carga normal necesaria para la navegación, cada generador deberá ser suministrado con medios para la liberación de sus consumidores restringidos por la importancia de los mismos en el sistema cuando el generador se encuentre en un rango de carga entre el 95% al 110% con un retraso de 5 a 20 segundos.

### **Instrumentos de medida:**

Para alternadores no dispuestos para su conexión en paralelo: En cada alternador un voltímetro, un frecuencímetro, un amperímetro por fase o un amperímetro con un conmutador que permita medir la corriente de cada fase; y para los alternadores de más de 150kVA un vatímetro.

Para alternadores dispuestos para funcionar en paralelo: En cada alternador un vatímetro, un amperímetro por fase o uno conmutable a todas las fases. Para las operaciones de conexión en paralelo dos voltímetros, dos frecuencímetros y un dispositivo indicador de sincronismo o un sincronoscopio, o ambos. Uno de los voltímetros y uno de los frecuencímetros se conectarán permanentemente a barras, el otro voltímetro y el frecuencímetro llevarán conmutadores que permitan conectarlos a uno cualquiera de los alternadores.

Los voltímetros y los amperímetros estarán graduados de manera tal que los valores nominales correspondientes estén situados aproximadamente en dos terceras partes de la escala.

Los vatímetros cumplirán con requisitos similares y para el caso de alternadores con una prevista conexión en paralelo estará dispuesto para indicar potencias inversas de por lo menos el 15% de la potencia activa nominal.

Los instrumentos de medida serán convenientes para las condiciones de utilización previstas, muy especialmente en lo que se refiere a resistencia a las vibraciones, choques y protección contra agentes exteriores.

### **Pruebas:**

Para hablar de las pruebas a superar por los grupos generadores debemos dejar clara una frontera entre el antes y el después de su montaje e integración al sistema que los va a rodear durante el resto de su vida operativa.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordado de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

### **Pruebas de Taller o pruebas de banco:**

Estas constituyen el análisis definitivo de que las máquinas cumplen con los requisitos de calidad necesarios según las sociedades de clasificación para enfrentarse al complejo y hostil sistema en el que van a ser integradas.

Estas pruebas parten de unas pruebas tipo que se realizan al prototipo de las máquinas o al menos a la primera de un lote de máquinas.

Sobre estos resultados ya aprobados de la máquina prototipo llamados “type approval” se realizan unas pruebas de rutina a la máquina específica que vamos a integrar en el sistema.

Las máquinas para la prueba de rutina deben de tener la referencia a la máquina del mismo tipo que ya tenga pasada la prueba tipo. Los certificados de las pruebas de rutina deben de contener el número de serie del fabricante de las máquinas con la prueba tipo realizada y los resultados de los mismos. De tal modo que en las pruebas realizadas en estas máquinas específicas se obtengan unos resultados sinónimos a las pruebas tipo.

De todos modos hay pruebas que solo deben realizarse a las máquinas prototipo y no las máquinas específicas a instalar.

En los siguiente párrafos se va a nombrar las pruebas de Taller tanto tipo como de rutina que implícitamente son indicadas por las sociedades de clasificación estudiadas:

#### **A.B.S:**

- Inspección Visual. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Medición de la Resistencia del Aislamiento. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Medición de la Resistencia del Bobinado. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Comprobación del elemento de regulación de Voltaje. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Prueba de Incremento de Carga y Incremento de la Temperatura. Se requiere solo prueba tipo.
- Prueba de Sobre Intensidad. Se requiere solo prueba tipo.
- Comprobación del estado de Corto Circuito. Se requiere solo prueba tipo.
- Prueba de Sobre Velocidad. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Prueba de esfuerzo Dieléctrico. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Prueba del balance en funcionamiento. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Verificación de los grados de protección. Se requiere solo prueba tipo.
- Verificación de los rodamientos después de las pruebas. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Verificación de entre hierro. Se requiere prueba tipo y de rutina.

### **Det Norsket Veritas:**

- Examen de la Documentación Técnica, inspección visual y medida del entrehierro. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Medida de la resistencia del aislamiento. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Medida de la resistencia del bobinado. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Medida de la Regulación de voltaje a ritmo constante y dinámico (Curva con Carga/ Sin Carga). Se requiere prueba tipo y de rutina.
  - Medida de las características de Corto circuito, con circuito abierto y sin carga (Curva sin carga). Se requiere prueba tipo y de rutina.
  - Medida de las características de Corto circuito (Curva de Corto circuito). Se requiere prueba tipo y de rutina.
  - Medida de la Intensidad de Excitación al voltaje, intensidad y factor de potencia tasado. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Prueba de Potencia tasada y medida del incremento de temperatura. Se requiere prueba tipo.
- Prueba de Sobre carga y sobre intensidad. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Verificación del estado de corto circuito. Se requiere prueba tipo.
- Prueba de Sobre Velocidad. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Prueba de esfuerzo Dieléctrico. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Prueba sin carga. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Verificación de los grados de protección. Se requiere prueba tipo.
- Verificación de los rodamientos. Se requiere prueba tipo y de rutina.

### **Lloyd’s Register of Shipping:**

- Inspección Visual y dimensional. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Medición de la Resistencia del aislamiento. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Medición de la Resistencia de los bobinados. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Prueba de regulación de voltaje. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Prueba de potencia tasada y medida del incremento de Temperatura. Se requiere prueba tipo.
- Prueba de Sobre intensidad. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Comprobación del estado de cortocircuito. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Prueba de sobre velocidad. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Prueba de esfuerzo dieléctrico. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Prueba de balance n funcionamiento. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Verificación de los grados de Protección. Se requiere prueba tipo.
- Verificación de los rodamientos. Se requiere prueba tipo y de rutina.
- Verificación de entre hierro. Se requiere prueba tipo y de rutina.

Lo que se desprende de estos listados de pruebas enunciados en la reglamentación de las diferentes sociedades de clasificación estudiadas. Las pruebas Tipo y de rutina exigidas a los generadores principales de energía eléctrica son similares.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordó de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

Una vez que los generadores superen estas pruebas la sociedad de clasificación emite unos certificados en origen, que certifican la validez del producto por parte de la sociedad de clasificación que asegure la viabilidad del producto final.

Por lo que estos patrones representan una ventaja para los fabricantes a la hora de Homogeneizar las pruebas a realizar tanto a sus prototipos como a sus equipos ya específicos. Equipos que se van a montar en los diferentes proyectos.

Una vez que los generadores han sido aprobados en origen por las sociedades de clasificación, se envían a los astilleros donde se construyan o se transformen barco para ser integrados como equipo esencial de conjunto donde es integrado.

### **Pruebas a bordo:**

Para este conjunto de pruebas a realizar a los generadores de corriente principal una vez ya integrados en su sistema de corriente debe de ser aprobado por las tres partes implicadas en el proceso de la construcción del barco. Estas tres partes son el Astilleros constructor, el representante del armador y la sociedad de clasificación que asegure al barco y la carga que este transporta.

Un protocolo de pruebas aprobado para este fin suele constar principalmente de once pruebas como son:

- 1.- Inspección visual.
- 2.- Medida de la resistencia del aislamiento.
- 3.- Prueba preliminar de carga (Estabilización de temperaturas).
- 5.- Prueba de incremento de Carga, resistencia y sobrecarga.
- 6.- Prueba de marcha en Paralelo.
- 7.- Prueba de Alarmas, paradas Automáticas y elementos de Control.
- 8.- Prueba de Automatismo de Grupos (Black out).

### **Descripción de pruebas a bordo:**

#### **1.- Inspección Ocular:**

Se comprobará que los distintos elementos se encuentran correctamente montados ya a bordo y que no presentan ningún tipo de desperfecto ni anomalía en su funcionamiento.

#### **2.- Medida de resistencia del aislamiento:**

La medida de aislamiento se realizará con un aparato medidor de aislamiento (megger 500V), la tensión de prueba se aplicará durante un tiempo máximo de sesenta segundos al inicio y terminación de pruebas.



**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordó de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

### **3.- Prueba preliminar de carga:**

Se pondrá en marcha el generador a diferentes regímenes hasta conseguir su temperatura de funcionamiento.

### **4.- Prueba de incremento de carga, resistencia y sobrecarga:**

Una vez efectuada la prueba preliminar de carga, se llevará el generador a trabajar en vacío y se ajustará el valor de su tensión al valor nominal, a continuación se irá incrementando la carga de forma escalonada a regímenes de 0, 25, 50, 75 y 100% de su potencia nominal, durante un periodo de 10 minutos cada uno.

Una vez alcanzado el 100% de la potencia nominal se mantendrá el grupo trabajando en estas condiciones durante un periodo de 60 minutos, tomándose los parámetros de funcionamiento cada 15 minutos.

Posteriormente se incrementará la potencia hasta el 110% de la nominal, manteniéndose en estas condiciones durante un periodo de 30 minutos.

### **5.- Prueba de marcha en paralelo:**

Desde el 25% de la carga total en cada grupo, se procederá al acople de ambos y se realizarán los ajustes correspondientes.

A partir de esta situación, se incrementará carga a ambos grupos en paralelo de forma escalonada, a regímenes de 50, 75 y 100% de su carga nominal. En cada intervalo de tiempo se tomarán parámetros de funcionamiento. Posteriormente se llevará el grupo hasta la situación de vacío.

### **6.- Prueba de Alarmas, Paradas Automáticos y Elementos de Control :**

Se comprobarán las distintas las distintas alarmas y paradas automáticas, de forma real o simulada, tomándose nota de los datos obtenidos. A continuación se comprobarán los diferentes elementos de control, arranque y paradas que dispone el grupo.

### **7.- Prueba de automatismo de grupos (Black Out).**

Cuando está funcionando un solo grupo generador, existirán dispositivos para el arranque automático del generador parado y seleccionado en Stand by, en caso de fallo del generador en funcionamiento.

*Los resultados a estas pruebas y las de taller nos darán como resultado la perfecta integración de nuestros grupos generadores.*

### **Casos Práctico:**

En este apartado se utilizarán protocolos de pruebas de taller o banco y otro a bordo. Estos protocolos se van a intercalar en las siguientes páginas como apéndices:

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

**Apéndice A:** Como protocolo de pruebas emitido por una de las siete entidades o Sociedades de Clasificación pertenecientes a la IACS “International Association Classification Society” como es RINA, la sociedad de clasificación Italiana, donde se pueden ver indicados los siguientes datos para nuestro estudio:

- Fabricante: HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES CO, LTD-EES.
- Comprador: ASTILLEROS DE HUELVA, S.A.
- Certificación emitida para un total de tres Grupos Generadores de Corriente Alterna.
- Tipo de Generadores de Corriente Alterna: HFJ6 566-84E.
- Capacidad de los Generadores: 1200 kVA.
- Tensión Tasada de los Grupos Generadores: 450V Trifásico a 60 Hz.
- Números de Serie de las Máquinas Eléctricas: 60079RAL01001,02 y 03.
- Compuesto por un total de trece páginas.

**Apéndice B:** Como protocolo de pruebas a bordo hemos escogido el de la Antigua Izar, actualmente Navantía para un remolcador construido en sus instalaciones de San Fernando:

- Fabricante: STAMFORD.
- Comprador: IZAR SAN FERNANDO.
- Certificación emitida para un total de dos grupos generadores de Corriente Alterna.
- Tipo de Generadores de Corriente Alterna: VC.274C2.
- Capacidad de los generadores: 77,5 kVA.
- Tensión Tasada 380/220V Trifásico Neutro a 50 Hz.
- Número de Serie de las Máquinas Eléctricas: 0135959/1 y 0135959/2.
- Compuesto por Ocho páginas.

**Proyecto fin de carrera: “Estudio sobre las pruebas de taller y abordaje de los generadores principales. Aplicaciones prácticas”. Alumno: Miguel Quijada Ortega. Ingeniería técnica Naval. Propulsión y Servicios auxiliares del Buque.**

## **APENDICES A y B:**

# TEST CERTIFICATE CERTIFICATO DI COLLAUDO



N. 06/PU/CO/0919-1.ULT.

RINA file No. 06/PU/CO/0919  
*Pratica RINA N.*

Manufacturer or Supplier: HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES CO., LTD. - E.E.S.  
*Fabbricante o Fornitore*

Work order No.: -  
*Commessa N.*

Purchaser: ASTILLEROS DE HUELVA.  
*Committente*

Order No.: 60079RAL010 Intended for: C - 826 ( RI 83231 )  
*Ordine N. Destinazione*

**THIS IS TO CERTIFY** that the items, particulars of which are given below, have been tested and found to be in compliance with the requirements of the RINA rules

*SI CERTIFICA che gli oggetti / apparecchi, le cui caratteristiche sono di seguito indicate, sono stati sottoposti a collaudo e sono stati riscontrati conformi alle prescrizioni dei regolamenti del RINA .*

The calibration status and adequacy of the test measurements devices used have been satisfactorily verified.

*Lo stato di taratura e l'adeguatezza degli strumenti di misura utilizzati per il collaudo sono stati verificati con esito soddisfacente*

Description of material and tests carried out:

*Descrizione del materiale e prove eseguite:*

**-Item : TOTAL THREE(3) SETS OF A.C. GENERATOR**

Type : HFJ6 566-84E Generator Capacity : 1200kVA/1539.6A

Rated Power Source : 450V 3Ø 60Hz Serial No. : 60079RAL01001,02,03

**-Tests :**

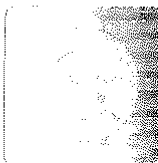
- (1) Review of material documentation(Cert. No. 06/PU/CO/0625-1)
- (2) Temperature rise measurement & winding resistance measurement
- (3) Verification of short circuit condition & Verification of bearing condition
- (4) Over speed test, Over load test & load characteristic test
- (5) High voltage, insulation resistance measurement & Visual examination

Markings: 06PUCO0919-1  03  
*Marche apposte:* 49 Testing date: 15 June 2006  
*Data collaudo:*

Enclosures: HHI Test reports as endorsed by RINA  
*Allegati:*

Issued at: Busan  
*Rilasciato a:*

on: 15 June 2006  
il:



GI-HOON CHOI, RINA

RINA carries out its duties through officers or other persons it considers possess all the requirements of suitability and competence for the tasks which have been assigned to them. In its capacity as expert RINA only expresses opinions and evaluations of compliance with its own rule requirements and does not, in any case whatsoever, (even if its opinions are requested on matters not expressly covered by Rules) assume the liabilities pertaining to the designers, shipowners, builders, test inspectors, shipyards or any person or organization responsible by law or contractually for providing guarantees for all of whom the respective liabilities remain unchanged even in the case of consultative actions by RINA. For what concerns the tasks taken on and carried out directly, other than those delegated, dealt with in the following sentence, RINA is answerable in law terms. Within the context of the tasks under the responsibility of RINA as delegate of the Italian Merchant Marine Ministry, liability can only be recognized in the case of fraud or gross negligence by the officers or the persons encharged. In no case shall the liability, regardless of the amount of damage reported, exceed a value equal to 5 times the total of the fees received by RINA as consideration of the services rendered from which the damage reported derives.

*Il RINA esplica le sue mansioni a mezzo di funzionari o altre persone che giudica munite di ogni requisito di idoneità e competenza per i compiti loro affidati. Nella sua qualità di perito il RINA esprime esclusivamente opinioni e valutazioni di conformità alle proprie norme regolamentari e non assume in alcun caso (ove pure i suoi pareri fossero richiesti in materia non espressamente regolamentata) le responsabilità facenti capo ai progettisti, agli armatori, ai costruttori, ai collaudatori, ai cantieri e ad ogni persona od Ente tenuto per legge o per contratto a fornire garanzie, soggetti tutti che mantengono inalterate le rispettive responsabilità anche nel caso di interventi consultivi del RINA. Per quanto attiene ai compiti direttamente assunti e svolti al di fuori di quelli delegati di cui al punto successivo, il RINA risponde a termini di legge. Nell'ambito dei compiti che al RINA fanno capo in qualità di delegato del Ministero dei Trasporti e della Navigazione eventuali responsabilità possono essere ravvisate solo in caso di dolo o colpa grave dei funzionari o dei soggetti incaricati. In nessun caso la responsabilità - quale che sia l'entità del danno lamentato - potrà eccedere un valore pari a 5 volte la misura dei compensi percepiti dal RINA come corrispettivo dei servizi prestati o prestazioni rese, dai quali o dalle quali sia derivato il danno lamentato.*



HEAVY INDUSTRIES CO.,LTD.  
ELCTRO ELECTRIC SYSTEMS

**HEAD OFFICE**

#1,CHEONHA\_DONG, DONG\_GU, ULSAN KOREA  
TEL: (052)230-6771,2 FAX: (052)230-6780

**SEOUL OFFICE**

HYUNDAI B/D, KYE\_DONG CHONGRO\_GU SEOUL KOREA  
TEL: (02)746-7650~2

**INSPECTION & TEST REPORT**

Customer : SPANISH/HUELVA/C826	
Project No. 60079RAL010	Date of Test : 2006.06.15
Type : HFJ6 566 - 84E	Voltage : 3 phase ~ 450V , 60 Hz
Capacity : 1200 KVA *3 SETS	Serial No. 60079RAL01001.02.03

**TEST ITEMS**

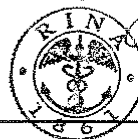
1. VISUAL & DIMENSIONAL INSPECTION
2. MEASUREMENT OF WINDING RESISTANCE
3. MEASUREMENT OF INSULATION RESISTANCE
4. HIGH VOLTAGE TEST
5. TEMPERATURE RISE TEST
6. OVER LOAD TEST
7. OVER SPEED TEST
8. VOLTAGE REGULATION TEST
9. STEADY STATE SHORT CIRCUIT TEST
10. NO LOAD TEST

**TEST RESULT : GOOD**

Approved By :

*T.W. Park*

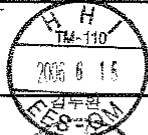
Reviewed and



*Choi GH*  
Pusan Office  
GH Choi

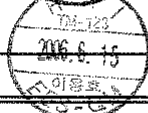
Witnessed By :

Checked By :



06PUL0 09A-1  
15 - JUN - 06

Tested By :





# TEST REPORT OF GENERATOR

R/M TEST SHOP

Type : HFJ6 566-84E (IP 44) Serial No : 60079RAL 01001

1. Temperature test : 450 V, 1539.6 A,  $\cos \phi = 0.8$ , Field = 65.5 V 5.45 A

Time	Stator			Exciter field		Remark
	Voltage(V)	Current(A)	Frequency(Hz)	Voltage(V)	Current(A)	
15:10	450	1539.6	60	59.5	5.30	
16:40	450	1539.6	60	65.5	5.45	
* Voltage regulation test ( $\pm 2.5\%$ )						
SPEC : 438.75 [V] ~ 461.25 [V]						
ACT : 446 [V] ~ 456 [V]						

Temp. run time :		Winding resistance ( $\Omega$ )		Temp. rise by resistance method (K)		Temp. rise by E.T.D method (K)	Remark
Hr	mins	Stator (U-V)	Rotor (I-k)	Stator	Rotor		
Ambient / Coolant temp ( $^{\circ}\text{C}$ )							
Cold	21	0.002711	0.7620				
Warm							

2. Over current test : % of rated current ( A) for secs

3. Over speed test : % of synch. speed ( rpm) for secs

4. Open circuit characteristic test				5. Short circuit characteristic test				Remark
Voltage(V)	Field(A)	Voltage(V)	Field(A)	Current(A)	Field(A)	Current(A)	Field(A)	
* No load test : 450V, 60Hz, 900rpm								

6. Load test at $\cos \phi =$				Remark
Voltage(V)	Current(A)	%		
* Steady state short circuit test				
1539.6 (A) X 3 = 4618.8 (A) For 2 sec				
ACT : 8800 (A)				

7. Phase voltage comparison : U-V = 450 V, V-W = 450 V, W-U = 450 V

8. Exciter data : U = 56 S = 45 T = 55 K = 20 R47 = 10 R1 =  
 Rectifier Transformer(T6) : 5.6.6 - 4.4.5 Current transformer(T1,T2,T3) : 2.1 - 2.2  
 Reactor(L1) : 41-42 2.0.m.m Capacitor(C1) : 143 Thyristor controller(R2) :  
 Adjustment :  $U_{\text{soil}} =$  V.R = T.N =  
 Others :

9. High voltage test :	10. Insulation resistance					
			Before H.V test		After H.V test	
Stator = AC 2000 V for 60 secs	Stator	1000	M $\Omega$	1000	M $\Omega$	
Rotor = AC 1500 V for 60 secs	Rotor	1000	M $\Omega$	1000	M $\Omega$	
11. Phase sequence : U.V.W. viewed from D.E $\rightarrow$	Space heater	1000	M $\Omega$	1000	M $\Omega$	

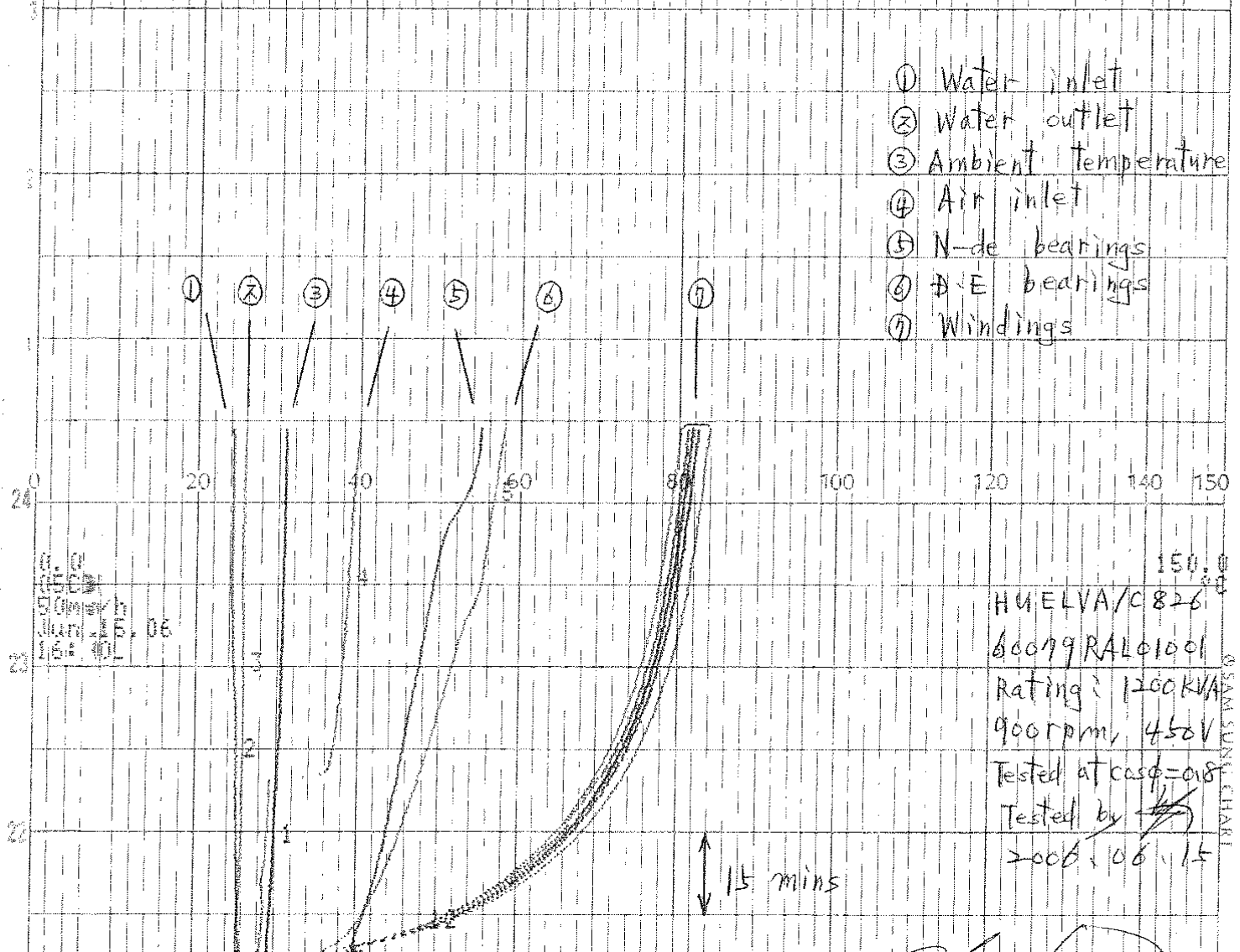
12. Other data :

Pusan Office  
GH Choi  
15-JUN-08

Tested by : 2006.06.15

# Temperature rise graph

- ① Water inlet
- ② Water outlet
- ③ Ambient temperature
- ④ Air inlet
- ⑤ N-de bearings
- ⑥ D-E bearings
- ⑦ Windings



HUELVA/C826  
 60099RAL01001  
 Rating: 1200KVA  
 900rpm, 450V  
 Tested at cosφ=0.8  
 Tested by *[Signature]*  
 2006.06.15



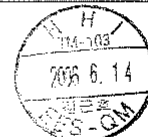
*[Signature]*  
 Pusan Office  
 GH Choi  
 06PLU00719-1  
 15 JUN 06



# INSPECTION REPORT

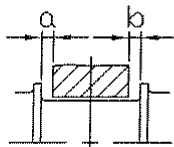
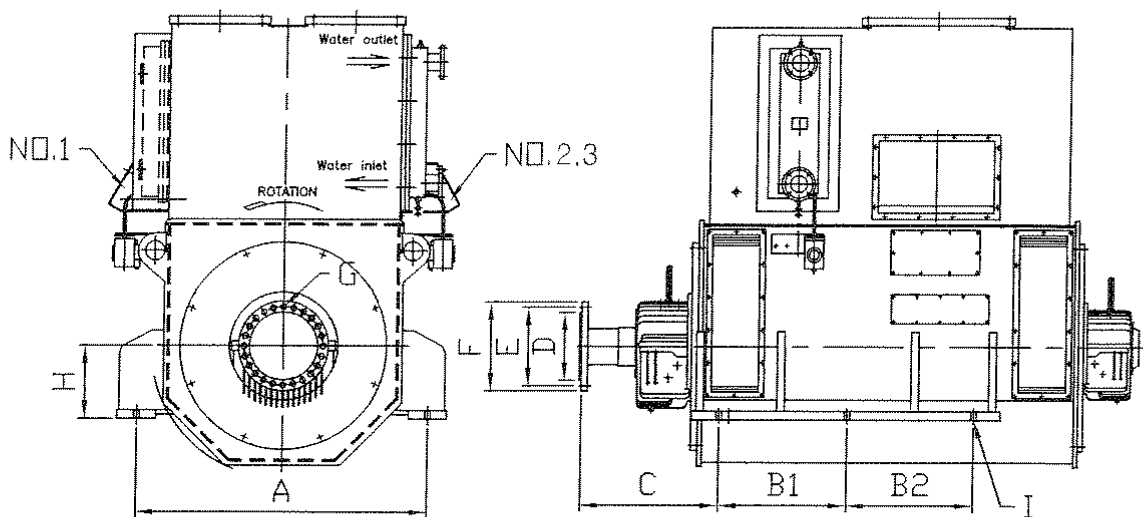
검사 성적서

CHECKED BY :  
검 토 자



PROJ. NO. 수주번호	60079RAL010	SPEC 용량,형식	960KW,8P,450V	INSP. DATE 검 사 일	2006.06.14
CUSTOMER 수 주 처	YANMAR	DWG. NO. 도면번호	3M-046663	INSPECTOR 검 사 자	S.K.SEOK
PROJ.NAME 수 주 명	C-826	Q'TY 수 량	3SET(NO: 1 )	SERIAL NO. 일련번호	✕

## FINAL CHECK SHEET(D)



# DIMENSION #  
(치 수)

PART (구분)	MK (기호)	A	B1	C	D	E	F	G	H	I	a	b
SPEC(치수)		±1.0 1360	592.5	±1.0 636	$-\frac{0.036}{0}$ ø317	±0.3 ø365	ø409	24-ø26	$-\frac{0.0}{0}$ 340	6-ø39	1.5	1.5
MEASURE(측정)		+0.1	-0.3	-0.3	-0.015	-0.01	-0.02	24-ø26	-0.6	6-ø39	1.5	1.5

B2
592.5
+0.2

### (검 사 표)

NO. (번호)	ITEM (항목)	STD&DWG (도면)	CHECK (검사)	RESULT (결과)	REMARK (비고)
1	POSITION OF TERMINAL BOX 단자함 위치	APPROVAL SPEC	G	G	
2	CABLE GLAND SIZE & ARRANGE CONDITION 인출부 치수 및 나열상태	APPROVAL SPEC	G	G	
3	BEARING CONDITION 베어링 상태	APPROVAL SPEC	G	G	
4	COVER ASSEMBLY CONDITION 카바 조립 상태	APPROVAL SPEC	G	G	
5	DAMAGE OF EACH PARTS 각 부품의 흠집	APPROVAL SPEC	G	G	

NOTE(특기) # VISUAL INSPECTION : GOOD

# 유첨 참조(계측기 사용 LIST)

G : GOOD (양호)    NG : NO GOOD (불량)    NA : NOT APPLICATION (해당없음)

FINAL INSPECTION  
최종판정

합 격  
ACCEPT





# TEST REPORT OF GENERATOR

R/M TEST SHOP

Type : HFJ6 566-84E (IP 44) Serial No : 60079RAL0100Z

1. Temperature test : 450 V, 1539.6 A,  $\cos \phi = 0.8$ , Field = 64.0 V 5.35 A

Time	Stator			Exciter field		Remark
	Voltage(V)	Current(A)	Frequency(Hz)	Voltage(V)	Current(A)	
11:25	450	1539.6	60	58.5	5.20	
12:25	450	1539.6	60	63.5	5.30	
13:05	450	1539.6	60	64.0	5.35	
* Voltage regulation test ( $\pm 2.5\%$ )						
SPEC : 438.75 [V] ~ 461.25 [V]						
ACT : 445 [V] ~ 454 [V]						

Temp. run time :		Winding resistance ( $\Omega$ )		Temp. rise by resistance method (K)		Temp. rise by E.T.D method (K)	Remark
Hr	mins	Stator (U-V)	Rotor (I-k)	Stator	Rotor		
Ambient / Coolant temp ( $^{\circ}\text{C}$ )							
Cold		22	0.002712	0.7612			
Warm							

2. Over current test : 150 % of rated current ( 2309.4 A ) for 120 secs

3. Over speed test : 120 % of synch. speed ( 1080 rpm ) for 120 secs

4. Open circuit characteristic test				5. Short circuit characteristic test				Remark
Voltage(V)	Field(A)	Voltage(V)	Field(A)	Current(A)	Field(A)	Current(A)	Field(A)	
* No load test : 450V, 60Hz, 900rpm								

6. Load test at $\cos \phi =$				Voltage(V)	Current(A)	%	Remark



7. Phase voltage comparison : U-V = 450 V, V-W = 450 V, W-U = 450 V

8. Exciter data : U = 59 S = 36 T = 55 K = 20 R47 = 10 R1 =  
 Rectifier Transformer(T6) : 6.5.5 - 5.4.4 Current transformer(T1,T2,T3) : 2.1 - 2.2  
 Reactor(L1) : 41-42 2.0mm Capacitor(C1) : 143 Thyristor controller(R2) :  
 Adjustment :  $U_{\text{soil}} =$  V.R = T.N =  
 Others :

9. High voltage test :	10. Insulation resistance				
		Before H.V test		After H.V test	
Stator = AC 2000 V for 60 secs	Stator	800	M $\Omega$	800	M $\Omega$
Rotor = AC 1500 V for 60 secs	Rotor	1000	M $\Omega$	7000	M $\Omega$
11. Phase sequence : U.V.W. viewed from D.E $\rightarrow$	Space heater	1000	M $\Omega$	1000	M $\Omega$

12. Other data :

Tested by : 2006.06.15

  
 Pusan Office  
 GH Choi  
  
 05PUN009127  
 15-JUN-06





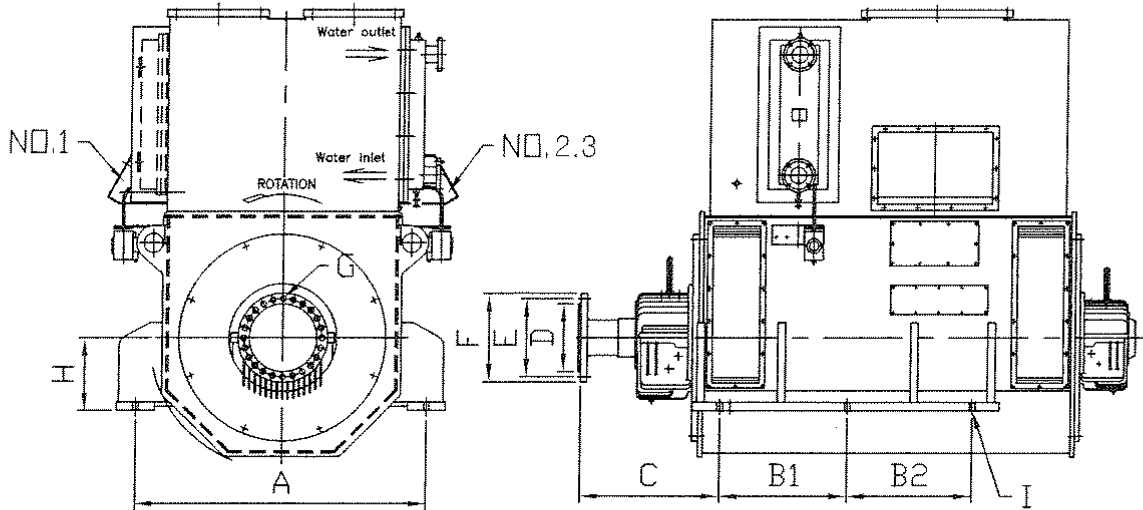
# INSPECTION REPORT

검사 성적서

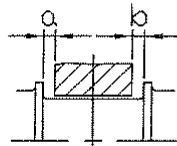
CHECKED BY :  
검 토 자

PROJ. NO. 수주번호	60079RAL010	SPEC 용량,형식	960KW,8P,450V	INSP. DATE 검 사 일	2006.06.14
CUSTOMER 수 주 처	YANMAR	DWG. NO. 도면번호	3M-046663	INSPECTOR 검 사 자	S.K.SEOK
PROJ.NAME 수 주 명	C-826	Q'TY 수 량	3SET(NO: 2 )	SERIAL NO. 일련번호	✕

## FINAL CHECK SHEET(D)



# DIMENSION #  
(치 수)



B2
592.5
+0.2

PART (구분) \ MK (기호)	A	B1	C	D	E	F	G	H	I	a	b
SPEC(치수)	±1.0 1360	592.5	±1.0 636	-0.036 ∅317	±0.3 ∅365	∅409	24-∅26	-0.0 340	6-∅39	1.5	1.5
MEASURE(측정)	+0.1	+0.2	+0.5	-0.005	-0.01	-0.04	24-∅26	-0.6	6-∅39	1.7	1.3

(검 사 표)

NO. (번호)	ITEM (항목)	STD&DWG (도면)	CHECK (검사)	RESULT (결과)	REMARK (비고)
1	POSITION OF TERMINAL BOX 단자함 위치	APPROVAL SPEC	G	G	
2	CABLE GLAND부 SIZE & ARRANGE CONDITION 인출부 치수 및 나열상태	APPROVAL SPEC	G	G	
3	BEARING CONDITION 베어링 상태	APPROVAL SPEC	G	G	
4	COVER ASSEMBLY CONDITION 카바 조립 상태	APPROVAL SPEC	G	G	
5	DAMAGE OF EACH PARTS 각 부품의 흠집	APPROVAL SPEC	G	G	

NOTE(특기) # VISUAL INSPECTION : GOOD

# 유첨 참조(계측기 사용 LIST)

G : GOOD (양호)    NG : NO GOOD (불량)    NA : NOT APPLICATION (해당없음)

FINAL INSPECTION  
최종판정

ACCEPT



# TEST REPORT OF GENERATOR

R/M TEST SHOP

Type : *HFJ6 566-84E (IP44)* Serial No : *60079 RAL 01003*

1. Temperature test : *450* V, *1539.6* A,  $\cos \phi = 0.8$ , Field = *64.5* V *5.40* A

Time	Stator			Exciter field		Remark
	Voltage(V)	Current(A)	Frequency(Hz)	Voltage(V)	Current(A)	
05:00	450	1539.6	60	59.0	5.17	
06:00	450	1539.6	60	63.0	5.30	
07:00	450	1539.6	60	64.0	5.32	
08:00	450	1539.6	60	64.0	5.40	
09:00	450	1539.6	60	64.5	5.40	

\* Voltage regulation test ( $\pm 2.5\%$ )

SPEC: *438.75 [V] ~ 461.25 [V]*

ACT: *446 [V] ~ 455 [V]*

Temp. run time :		Winding resistance ( $\Omega$ )		Temp. rise by resistance method (K)		Temp. rise by E.T.D method (K)	Remark
4 Hr 05 mins		Stator (U-V)	Rotor (I-k)	Stator	Rotor		
Ambient / Coolant temp ( $^{\circ}$ C)							
Cold	<i>22</i>	<i>0.002720</i>	<i>0.7611</i>	<i>60.0</i>	<i>60.1</i>	<i>60</i>	
Warm	<i>26</i>	<i>0.003398</i>	<i>0.9512</i>				

2. Over current test : *150* % of rated current (*2309.4* A) for *120* secs

3. Over speed test : *120* % of synch. speed (*1080* rpm) for *120* secs

4. Open circuit characteristic test				5. Short circuit characteristic test				Remark
Voltage(V)	Field(A)	Voltage(V)	Field(A)	Current(A)	Field(A)	Current(A)	Field(A)	
* No load test : <i>450V, 60Hz, 900rpm</i>								

6. Load test at $\cos \phi =$				Voltage(V)	Current(A)	%	Remark

7. Phase voltage comparison : U-V = *450* V, V-W = *450* V, W-U = *450* V

8. Exciter data : U = *56* S = *40* T = *55* K = *20* R47 = *10* R1 =  
 Rectifier Transformer(T6) : *6.6.5 - 4.5.4* Current transformer(T1,T2,T3) : *2.1 - 2.2*  
 Reactor(L1) : *U<sub>1</sub>-U<sub>2</sub> 2.0 mm* Capacitor(C1) : *1u3* Thyristor controller(R2) :  
 Adjustment :  $U_{soll} =$  V.R = T.N =  
 Others :

9. High voltage test :	10. Insulation resistance					
			Before H.V test		After H.V test	
	Stator = AC <i>2000</i> V for <i>60</i> secs	Stator	<i>900</i>	M $\Omega$	<i>900</i>	M $\Omega$
Rotor = AC <i>1500</i> V for <i>60</i> secs	Rotor	<i>1000</i>	M $\Omega$	<i>1000</i>	M $\Omega$	
11. Phase sequence : U.V.W. viewed from D.E $\rightarrow$ <i>↻</i>	Space heater	<i>1000</i>	M $\Omega$	<i>1000</i>	M $\Omega$	

12. Other data :

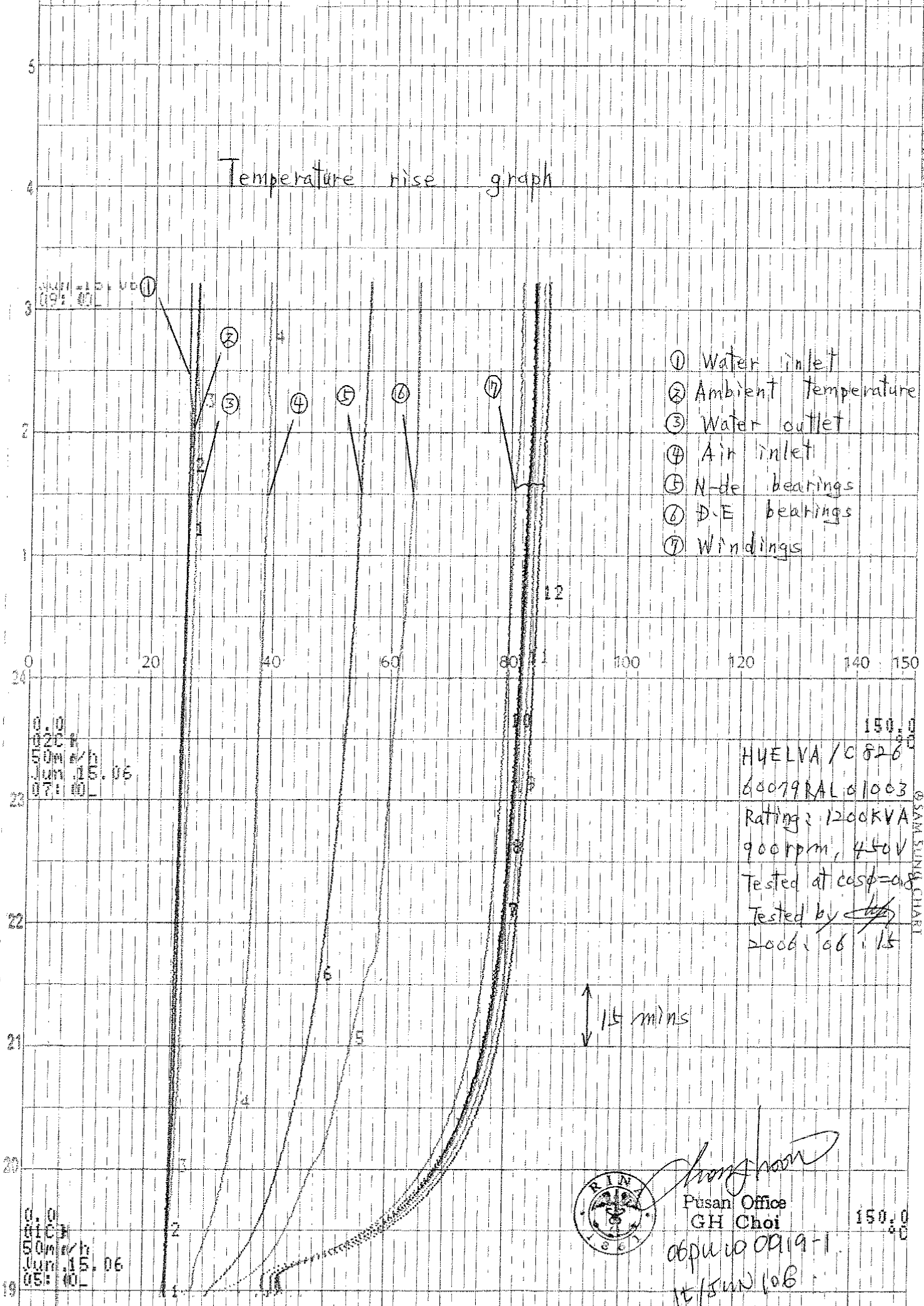
*06DU100919-1*  
 Pusan Office  
 GH Choi

Tested by : *2006. 06. 15*

*15/JUN/06.*

# Temperature rise graph

- ① Water inlet
- ② Ambient temperature
- ③ Water outlet
- ④ Air inlet
- ⑤ N-de bearings
- ⑥ D-E bearings
- ⑦ Windings



HUELVA / C 826  
 60079RAL 01003  
 Rating: 1200KVA  
 900rpm, 450V  
 Tested at  $\cos\phi=0.8$   
 Tested by [signature]  
 2006.06.15



[Signature]  
 Pusan Office  
 GH Choi  
 060110 0919-1  
 15/5/06

150.0  
 00



# TEST REPORT

# OF

# MOTOR GENERATOR

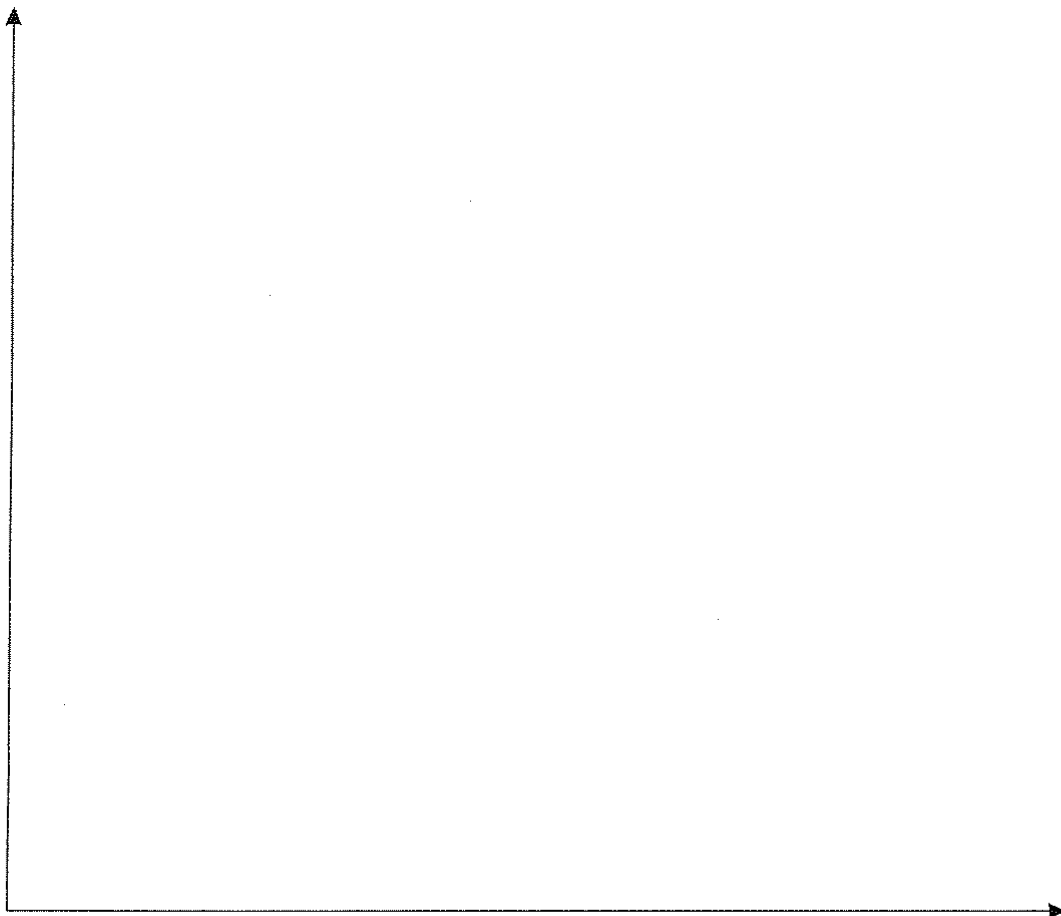
SHEET NO.

TYPE

HFJ 6 566-84E

SERIAL NO.

60079 RAL 01003

Resistance ( $\Omega$ )

Time (min)

Stator

Ambient temp. 22 °C

Cold

Resistance

0.002720  $\Omega$ ~~Rotor~~  
(term U-V)

Ambient temp. 26 °C

warm

Resistance

0.003398  $\Omega$ 

## Warm Resistance measurement

Time	Resistance ( $\Omega$ )	Time	Resistance ( $\Omega$ )
0 : 00		5 : 30	
0 : 30		6 : 00	
1 : 00	X 0.006	6 : 30	
1 : 30	0.56699	7 : 00	
2 : 00	0.56637	7 : 30	
2 : 30	0.56576	8 : 00	
3 : 00	0.56515	8 : 30	
3 : 30	0.56457	9 : 00	
4 : 00		9 : 30	
4 : 30		10 : 00	
5 : 00		10 : 30	

$$T = \frac{0.003398}{0.002720} (235 + 22) - (235 + 26)$$

$$= \underline{60.0} \text{ K}$$

TEST DATE

2006.06.15



# TEST REPORT

# OF

# ~~MOTOR~~ GENERATOR

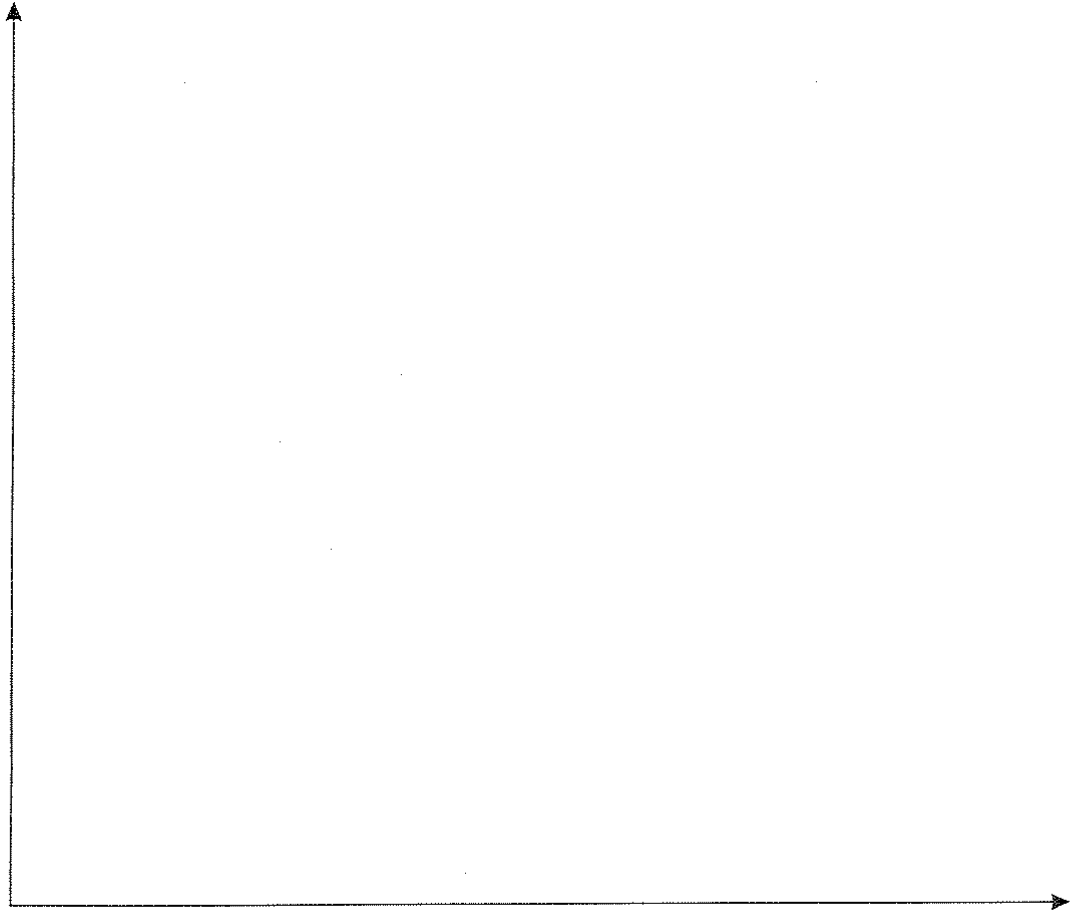
SHEET NO.

TYPE

HFJ 6 566-84E

SERIAL NO.

60079 RAL 01003

Resistance ( $\Omega$ )

Time (min)

<del>Stator</del> Rotor (term U-V)	Ambient temp.	22 °C	Cold	Resistance	0.7611 $\Omega$
	Ambient temp.	26 °C	warm	Resistance	0.9512 $\Omega$

## Warm Resistance measurement

Time	Resistance ( $\Omega$ )	Time	Resistance ( $\Omega$ )
0 : 00		5 : 30	
0 : 30		6 : 00	
1 : 00	x 0.015	6 : 30	
1 : 30	63.638	7 : 00	
2 : 00	63.417	7 : 30	
2 : 30	63.199	8 : 00	
3 : 00	62.982	8 : 30	
3 : 30	62.765	9 : 00	
4 : 00		9 : 30	
4 : 30		10 : 00	
5 : 00		10 : 30	

$$T = \frac{0.9512}{0.7611} (235 + 22) - (235 + 26)$$

$$= \underline{60.1} \text{ K}$$

TEST DATE

2006.06.15



# INSPECTION REPORT

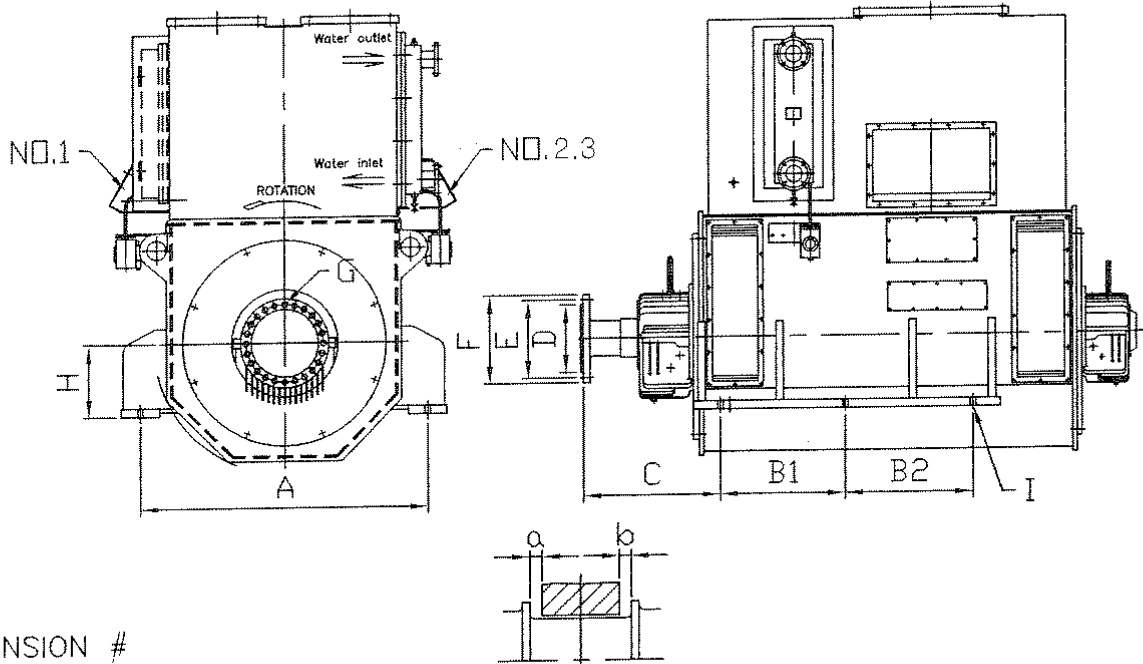
## 검사 성적서

CHECKED BY :  
검 토 자



PROJ. NO. 수주번호	60079RAL010	SPEC 용량,형식	960KW,8P,450V	INSP. DATE 검사일	2006.06.14
CUSTOMER 수주처	YANMAR	DWG. NO. 도면번호	3M-046663	INSPECTOR 검사자	S.K.SEOK
PROJ.NAME 수주명	C-826	Q'TY 수량	3SET(NO: 3)	SERIAL NO. 일련번호	✕

### FINAL CHECK SHEET(D)



# DIMENSION #  
(치수)

B2
592.5
+0.1

PART \ MK (구분 \ 기호)	A	B1	C	D	E	F	G	H	I	a	b
SPEC(치수)	±1.0 1360	592.5	±1.0 636	-0.036 ø317	±0.3 ø365	ø409	24-ø26	-0.6 340	6-ø39	1.5	1.5
MEASURE(측정)	+0.2	+0.1	+0.5	-0.020	-0.01	-0.04	24-ø26	-0.6	6-ø39	1.6	1.4

(검 사 표)


NO. (번호)	ITEM (항목)	STD&DWG (도면)	CHECK (검사)	RESULT (결과)	REMARK (비고)
1	POSITION OF TERMINAL BOX 단자함 위치	APPROVAL SPEC	G	G	
2	CABLE GLAND SIZE & ARRANGE CONDITION 인출부 치수 및 나열상태	APPROVAL SPEC	G	G	
3	BEARING CONDITION 베어링 상태	APPROVAL SPEC	G	G	
4	COVER ASSEMBLY CONDITION 카바 조립 상태	APPROVAL SPEC	G	G	
5	DAMAGE OF EACH PARTS 각 부품의 흠집	APPROVAL SPEC	G	G	

NOTE(특기) # VISUAL INSPECTION : **GOOD**  
# 유점 참조(계측기 사용 LIST)

G : GOOD (양호)    NG : NO GOOD (불량)    NA : NOT APPLICATION (해당없음)

FINAL INSPECTION  
최종 판정 **합 격**  
**ACCEPT**



 <p><b>IZAR</b> CONSTRUCCIONES NAVALES, S.A. DIVISIÓN DE BUQUES RÁPIDOS ASTILLERO SAN FERNANDO GESTIÓN DE SISTEMAS</p>	Denominación:  <p align="center"><b>GRUPOS GENERADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b></p>	Construcción: <b>385</b> <b>REMOLCADOR DE 1500 HP</b>
		Prueba nº: P-C.2
		Hoja nº 1 de 8 hojas

## 1.- DESCRIPCIÓN

El buque lleva montado dos grupos generadores de energía eléctrica, situados en la Cámara de Máquinas, siendo capaz cada grupo de generar la máxima carga necesaria en el buque a excepción de las funciones de auxilio contraincendios, caso este en que se acoplaran en paralelo.

### CARACTERÍSTICAS DEL ALTERNADOR:

Marca: \_\_\_\_\_ STAMFORD  
Nº de fases \_\_\_\_\_ 3 en estrella y con neutro no accesible  
Tensión \_\_\_\_\_ 380/220 V  
Potencia aparente \_\_\_\_\_ 77,5 KVA  
Potencia activa \_\_\_\_\_ 62 KW  
Cos  $\phi$  \_\_\_\_\_ 0,8  
Frecuencia \_\_\_\_\_ 50 Hz


### CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR:

Marca: \_\_\_\_\_ DEUTZ DITER  
Tipo \_\_\_\_\_ TD.229-6  
Potencia \_\_\_\_\_ 72 KW  
Velocidad \_\_\_\_\_ 1.500 rpm

## 2.- OBJETO

Comprobar el correcto funcionamiento del sistema, así como las distintas protecciones. Las pruebas a realizar serán las siguientes:

- Inspección visual
- Medida de resistencia de aislamiento
- Prueba preliminar de carga
- Prueba de incremento de carga, resistencia y sobrecarga
- Prueba de marcha en paralelo
- Prueba de alarmas, paradas automáticas y elementos de control
- Prueba de automatismo de grupos (Black-out)

 <b>IZAR</b> CONSTRUCCIONES NAVALES, S.A. DIVISIÓN DE BUQUES RÁPIDOS ASTILLERO SAN FERNANDO GESTIÓN DE SISTEMAS	Denominación:  <b>GRUPOS GENERADORES          DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b>	Construcción: <b>385          REMOLCADOR          DE 1500 HP</b>
		Prueba nº: P-C.2
		Hoja nº 2 de 8 hojas

### 3.- PROCEDIMIENTO

Con la instalación terminada en condiciones de pruebas se procederá como sigue:

#### A.- INSPECCIÓN OCULAR.-

Se comprobará que los distintos elementos están correctamente montados y no presentan ningún tipo de desperfectos ni anomalías en su funcionamiento.

#### B.- MEDIDA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.-

La medida se realizará con un aparato medidor de aislamiento (megger 500 V), la tensión de prueba se aplicará durante un tiempo máximo de 60 segundos al inicio y terminación de pruebas.

#### C.- PRUEBA PRELIMINAR DE CARGA.-

Se pondrá en marcha el generador en diferentes regímenes hasta conseguir su temperatura de funcionamiento.

#### D.- PRUEBA DE INCREMENTO DE CARGA, RESISTENCIA Y SOBRECARGA.-

Una vez efectuada la prueba preliminar de carga, se llevará el grupo desde vacío al 100% de su carga nominal, de forma escalonada a regímenes de 25,50,75 y 100% en períodos de 10 minutos cada uno.

Alcanzado el 100% de la carga se mantendrá el grupo trabajando en estas condiciones durante un tiempo de 60 minutos, se tomarán datos de funcionamiento cada 15 minutos.

Posteriormente se incrementará la potencia hasta el 110% de su carga nominal, manteniéndola en estas condiciones durante un período de 30 minutos.

#### E.- PRUEBA DE MARCHA EN PARALELO.-

Desde el 25% de la carga total en cada grupo, se procederá al acople de ambos y se realizarán los ajustes correspondientes.


A partir de esta situación, se incrementará carga a ambos grupos en paralelo de forma escalonada, a regímenes de 50,75 y 100% de su carga nominal. En cada intervalo de tiempo se tomarán parámetros de funcionamiento.

Posteriormente se llevará el grupo hasta la situación de vacío.

#### F.- PRUEBA DE ALARMAS, PARADAS AUTOMÁTICAS Y ELEMENTOS DE CONTROL.-

Se comprobarán las distintas alarmas y paradas automáticas, de forma real o simulada, tomándose nota de los datos obtenidos.

A continuación se comprobarán los diferentes elementos de control, arranque y paradas que dispone el grupo.

 <b>IZAR</b> CONSTRUCCIONES NAVALES, S.A. DIVISIÓN DE BUQUES RÁPIDOS ASTILLERO SAN FERNANDO GESTIÓN DE SISTEMAS	Denominación:  <b>GRUPOS GENERADORES          DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b>	Construcción: <b>385</b> <b>REMOLCADOR          DE 1500 HP</b>
		Prueba nº: P-C.2
		Hoja nº 3 de 8 hojas

**G.- PRUEBA DE AUTOMATISMO DE GRUPOS (BLACK-OUT)**

Cuando está funcionando un solo generador, existirán dispositivos para el arranque automático del generador parado y seleccionado en stand-by, en caso de fallo del generador en funcionamiento.

INSPECCIÓN VISUAL	
GRUPO GENERADOR Nº 1	Correcto
GRUPO GENERADOR Nº 2	Correcto

MEDIDA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO			
DENOMINACIÓN	Resistencia medida		Resultado
	En frío	En caliente	
GRUPO GENERADOR Nº 1	Correcto	Correcto	Correcto
GRUPO GENERADOR Nº 2	Correcto	Correcto	Correcto



**IZAR**

CONSTRUCCIONES NAVALES, S.A.  
DIVISIÓN DE BUQUES RÁPIDOS  
ASTILLERO SAN FERNANDO  
GESTIÓN DE SISTEMAS

Denominación:

GRUPOS GENERADORES  
DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Construcción: **385**  
**REMOLCADOR**  
**DE 1500 HP**

Prueba nº: P-C.2

Hoja nº 4 de 8 hojas

**GRUPO GENERADOR Nº 1****PRUEBA DE INCREMENTO DE CARGA**

Carga (%)	Tiempo (min.)	Tensión (V)	Corriente (Amp)	Potencia (Kw)	Factor Potencia	Frecuencia (Hz)	Temp. Agua (°C)	Presión aceite (bar)	Velocidad Rpm
0	10	390	0	0	0	51,1	40	4,5	1536
25	10	390	28,7	15,9	0,84	50	60	4	1500
50	10	382	45,1	28,2	0,93	48,8	80	4	1468
75	10	371	81,9	41,5	0,79	47,9	81	3,5	1434
100	10	369	107	54,1	0,80	47,1	85	3	1413

**PRUEBA DE RESISTENCIA**

Carga (%)	Tiempo (min.)	Tensión (V)	Corriente (Amp)	Potencia (Kw)	Factor Potencia	Frecuencia (Hz)	Temp. Agua (°C)	Presión aceite (bar)	Velocidad Rpm
100	60	369	107	54,1	0,80	47,1	85	3	1413
		376	110	56,9	0,80	46,9	90	2,5	1407
		375	109	57,3	0,80	46,9	90	2,3	1406
		379	110	57,6	0,79	47	90	2,2	1409

**PRUEBA DE SOBRECARGA**

Carga (%)	Tiempo (min.)	Tensión (V)	Corriente (Amp)	Potencia (Kw)	Factor Potencia	Frecuencia (Hz)	Temp. Agua (°C)	Presión aceite (bar)	Velocidad Rpm
110	30	374	120	62,4	0,80	46,7	90	2	1401
		378	120	62	0,80	46,6	90	2	1400
		375	119	62	0,80	46,6	90	2	1400
0	---	380	0	0	0	49,8	80	2,5	1495



AL 110





**IZAR**

CONSTRUCCIONES NAVALES, S.A.  
DIVISIÓN DE BUQUES RÁPIDOS  
ASTILLERO SAN FERNANDO  
GESTIÓN DE SISTEMAS

Denominación:

GRUPOS GENERADORES  
DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Construcción: **385**  
**REMOLCADOR**  
**DE 1500 HP**

Prueba nº: P-C.2

Hoja nº 5 de 8 hojas

**GRUPO GENERADOR Nº 2**

**PRUEBA DE INCREMENTO DE CARGA**

Carga (%)	Tiempo (min.)	Tensión (V)	Corriente (Amp)	Potencia (Kw)	Factor Potencia	Frecuencia (Hz)	Temp. Agua (°C)	Presión aceite (bar)	Velocidad Rpm
0	10	386	0	0	0	50,9	45	5	1535
25	10	387	27,7	18,6	0,9	49,8	80	4	1495
50	10	385	55,7	28,6	0,76	49,2	80	3,7	1477
75	10	383	79,6	41,9	0,8	48,3	81	3	1450
100	10	381	106	57,1	0,84	47,4	81	2,5	1421

**PRUEBA DE RESISTENCIA**

Carga (%)	Tiempo (min.)	Tensión (V)	Corriente (Amp)	Potencia (Kw)	Factor Potencia	Frecuencia (Hz)	Temp. Agua (°C)	Presión aceite (bar)	Velocidad Rpm
100	60	381	106	57,1	0,84	47,4	81	2,5	1421
		374	109	57,5	0,81	47,3	82	2	1419
		381	107	55,8	0,80	47,4	82	2	1422
		378	108	56,6	0,80	47,6	82	2	1427

**PRUEBA DE SOBRECARGA**

Carga (%)	Tiempo (min.)	Tensión (V)	Corriente (Amp)	Potencia (Kw)	Factor Potencia	Frecuencia (Hz)	Temp. Agua (°C)	Presión aceite (bar)	Velocidad Rpm
110	30	371	117	61,2	0,80	47,1	84	2,2	1421
		373	118	61,3	0,81	47,1	84	2	1412
		371	118	61,3	0,81	47,2	85	2	1416
0	---	388	0	0	0	0	80	2,7	1507





CONSTRUCCIONES NAVALES, S.A.  
DIVISIÓN DE BUQUES RÁPIDOS  
ASTILLERO SAN FERNANDO  
GESTIÓN DE SISTEMAS

Denominación:

GRUPOS GENERADORES  
DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Construcción: 385  
REMOLCADOR  
DE 1500 HP

Prueba nº: P-C.2

Hoja nº 6 de 8 hojas

**PRUEBA DE CARGA EN PARALELO**

Carga (%)	Tiempo (min)	Frecuencia (Hz)		Voltaje (V)		Intensidad (Amp)		Potencia (Kw)		Temperatura (°C)		Pres. aceite (bar)		Cos φ
		G-1	G-2	G-1	G-2	G-1	G-2	G-1	G-2	G-1	G-2	G-1	G-2	
Vacio	--	1536	1537	380	381	0	0	0	0	80	80	3	3	--
50	--	49,7	49,5	387	385	55,5	60,6	34,4	34,2	82	82	2,8	3	1
75	--	49,5	49,5	383	381	72	80,8	42,7	48	82	83	2,8	2,8	1
100	--	48,5	48,5	375	375	110	113	57	59	88	85	2,5	2,8	0,8





**IZAR**

CONSTRUCCIONES NAVALES, S.A.  
DIVISIÓN DE BUQUES RÁPIDOS  
ASTILLERO SAN FERNANDO  
GESTIÓN DE SISTEMAS

Denominación:

**GRUPOS GENERADORES  
DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Construcción: **385  
REMOLCADOR  
DE 1500 HP**

Prueba nº: P-C.2

Hoja nº 7 de 8 hojas

**PRUEBA DE ALARMAS Y PARADAS AUTOMÁTICAS**

DENOMINACIÓN	FUNCIONAMIENTO	
	Grupo 1	Grupo 2
Alarma presión aceite lubricación	Correcto	Correcto
Parada automática baja presión aceite lubricación	Correcto	Correcto
Parada automática alta temperatura agua refrigeración	Correcto	Correcto
Parada por sobrevelocidad	Correcto (52,4 Hz)	Correcto (52,5 Hz)
Sobreintensidad "Retardo 10 segundos"	Correcto	Correcto
Sobrecarga	Correcto	Correcto
Potencia inversa (- 10% I.N.) (disparo y señalización)	Correcto	Correcto


**INDICACIÓN CONTROL (ARRANQUE / PARADA NORMAL Y EMERGENCIA)**

DENOMINACIÓN	FUNCIONAMIENTO	
	GRUPO 1	GRUPO 2
Arranque local	Correcto	Correcto
Arranque a distancia	Correcto	Correcto
Parada de emergencia y desbloqueo	Correcto	Correcto
Indicador rpm	Correcto	Correcto
Indicador presión de aceite	Correcto	Correcto
Indicador temperatura de agua	Correcto	Correcto

**PRUEBA DE AUTOMATISMO DE GRUPOS**

DENOMINACIÓN	FUNCIONAMIENTO	
	GRUPO 1	GRUPO 2
Producir fallo de la tensión de barras (black-out), automáticamente se producirá el arranque y acoplamiento a barras del grupos seleccionado en stand-by	Correcto	Correcto



 <b>IZAR</b> CONSTRUCCIONES NAVALES, S.A. DIVISIÓN DE BUQUES RÁPIDOS ASTILLERO SAN FERNANDO GESTIÓN DE SISTEMAS	Denominación:  <b>GRUPOS GENERADORES          DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b>	Construcción: <b>385          REMOLCADOR          DE 1500 HP</b>
		Prueba nº: P-C.2
		Hoja nº 8 de 8 hojas

#### 4.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Los diferentes equipos y elementos estarán montados y conexiónados según planos, y no presentarán ningún tipo de daños y/o desperfectos.

Los parámetros de prueba estarán de acuerdo a los recomendados por el fabricante o en su defecto se tomarán como referencia los valores obtenidos en las pruebas de taller.

Los equipos durante su funcionamiento no presentarán vibraciones ni ruidos anormales.

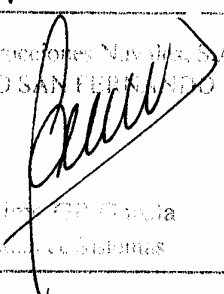
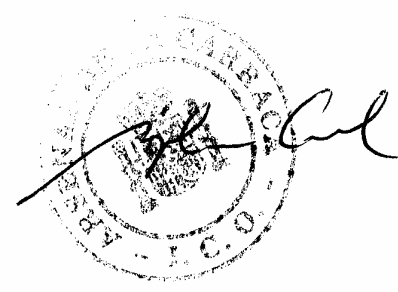
#### 5.- EQUIPOS DE MEDIDA UTILIZADOS

EQUIPO	Nº DE SERIE
Pinza amperimétrica	0184104
Multímetro digital	194016-KJV

#### 6.- OBSERVACIONES

Fecha: **30 de Noviembre de 2001**

#### VISADO POR

POR IZAR	POR LAS INSPECCIONES
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">           u/z-         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;">             IZAR Construcciones Navales, S.A.              ASTILLERO SAN FERNANDO           </p> <p style="text-align: center;">               Jefe Técnico de Sistemas           </p> </div>	



















# BIBLIOGRAFÍA

---

- ▶ **Tratado de Electricidad. Tomo II. Corriente Alterna.**  
Autor: Chester. L. Dawes.
  
- ▶ **Máquinas Motrices Generadores de Energía Eléctrica.**  
Autores: José Ramírez Vázquez y Lorenzo Beltrán Vidal.
  
- ▶ **Pruebas de Puesta en Marcha de Instalaciones Eléctricas Industriales.**  
Tomos I y II. Autor: Antonio Arufe Buján.
  
- ▶ **Regulations for Electrical Installations. Maritime Installations.**  
Presentado por: Norwegian Water Recourses and Energy Administration.
  
- ▶ **Normas relativas a la fuente Eléctrica principal y al Cuadro eléctrico principal de los Buques y Artefactos Navales. Presentado Por la Prefectura Naval Argentina.**
  
- ▶ **Tratado Práctico de Electrotecnia. Tomo II Máquinas Eléctricas.**  
Autor: Jesús Rapp Ocariz.
  
- ▶ **Ship Propulsion: Basic Principles of ship propulsion.**  
Presentado por: Man B&W Diesel.
  
- ▶ **Rules for Building and Classing Steel Vessels A.B.S.**
  
- ▶ **Electronic Rule Books for Vessels of DET NORSKE VERITAS (DNV).**
  
- ▶ **Lloyd’s Register of Shipping Rule Books.**



