

104
2ej.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



ILUMINACION E INSTALACIONES ELECTRICAS.
PLANTAS ELECTRICAS DE EMERGENCIA

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
FRANCISCO JAVIER RODRIGUEZ MENDOZA

ASESOR: ING. BENJAMIN CONTRERAS SANTA CRUZ.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX,

1998.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

264774



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U N I V E R S I T A D
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de
Exámenes Profesionales

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Q. MA. DEL CARMEN GARCIA MIJARES
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Iluminación e instalaciones eléctricas
Plantas eléctricas de emergencia

que presenta el pasante: Francisco Javier Rodríguez Mendoza

con número de cuenta: 8501870-1 para obtener el Título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 3 de junio de 19 98

MODULO:

PROFESOR:

FIRMA:

I
III
IV

Jaime Rodríguez Martínez
Casildo Rodríguez Arciniega
Benjamin Contreras Santacruz

Jaime
CS
BCS

A MIS PADRES:

DON ISMAEL RODRIGUEZ ORDAZ

DOÑA RICARDA MENDOZA ALPIZAR

POR EL APOYO RECIBIDO DURANTE
MI CARRERA Y DESPUES DE ELLA,
LA CONFIANZA BRINDADA AUN EN
MOMENTOS DIFICILES, GRACIAS A
SUS CONSEJOS Y EDUCACION ES
QUE YO PUDE REALIZARME
PROFESIONALMENTE.

A TODA MI FAMILIA POR SU APOYO Y
COMPRENSION QUE ME HAN DADO

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
A LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

POR LA OPORTUNIDAD QUE ME BRINDARON PARA LA
REALIZACION DE MIS ESTUDIOS.

A LETICIA ANGELES DONIZ QUE
ME HA BRINDADO SU CARÍÑO
EN LAS BUENAS Y EN LAS MALAS

INDICE

CAPITULO 1 IMPORTANCIA DE LA ELECTRICIDAD Y LAS PLANTAS DE EMERGENCIA EN LA VIDA DEL SER HUMANO

- 1.0 IMPORTANCIA DE LA ELECTRICIDAD
- 1.1 HISTORIA DE LA ELECTRICIDAD
- 1.2 IMPORTANCIA DE LAS PLANTAS DE EMERGENCIA

CAPITULO 2 GENERADORES DE CORRIENTE ALTERNA

- 2.0 INTRODUCCION
- 2.1 CLASIFICACION DE LOS GENERADORES DE CORRIENTE ALTERNA
- 2.2 ESTRUCTURA DE LOS GENERADORES DE CORRIENTE ALTERNA
- 2.3 GENERADOR BASICO DE CORRIENTE ALTERNA
- 2.4 GENERADOR DE CORRIENTE ALTERNA CON ARMADURA ESTACIONARIA
- 2.5 PRODUCCION DEL CAMPO MAGNETICO
- 2.6 GENERACION DE UNA SALIDA DE ONDA SENOIDAL
- 2.7 GENERADORES DE C.A MONOFASICOS, BIFASICOS Y TRIFASICOS
- 2.8 CARACTERISTICAS DE LAS CONEXIONES Δ E Y EN GENERADORES DE CORRIENTE ALTERNA.
- 2.9 REGULACION DEL GENERADOR

CAPITULO 3 DETERMINACION DE LA CARGA EN UNA INSTALACION ELECTRICA

3.0.0 INTRODUCCION

3.1.0 ESTIMACION DE LA CARGA POR SIMILITUD

3.2.0 CALCULO ANALITICO

3.2.1 CARGA O POTENCIA INSTALADA

3.2.2 DEMANDA MAXIMA

3.2.3 FACTOR DE CARGA

3.3.0 DETERMINACION DE LA CARGA EN WATTS

CAPITULO 4 TIPOS Y CARACTERISTICAS DE LAS PLANTAS DE EMERGENCIA

4.0 FABRICANTES DE PLANTAS DE EMERGENCIA

4.1 PARTES PRINCIPALES DE UNA PLANTA DE EMERGENCIA

4.2 ELEMENTOS AUXILIARES

4.3 EL INTERRUPTOR DE TRANFERENCIA

CAPITULO 5 CALCULO Y SELECCION DE LA PLANTA DE EMERGENCIA

5.0 SELECCION

5.1 CAPACIDAD DEL MOTOR DIESEL

5.2 CALCULOS GENERALES

5.3 EJEMPLOS

APENDICE

- 1 - CLASIFICACION DE LOS MOTORES DE INDUCCION

- 2 - TABLA 2. LETRAS CLAVE DE BLOQUEO PARA DETERMINAR LA CORRIENTE DE ARRANQUE EN MOTORES ELECTRICOS DE INDUCCION TRIFASICOS (JAULA DE ARDILLA)

- 3 - TABLA 3. CORRIENTES DE LINEA DE GENERADORES TRIFASICOS A PLENA CARGA Y FACTOR DE POTENCIA DE 80/100

- 4.- GRAFICA 4 COMPORTAMIENTO DE LOS GENERADORES F.M. REGULACION EXTERNA EN ARRANQUE DE MOTORES

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

1.0 IMPORTANCIA DE LA ELECTRICIDAD

La electricidad es una de las principales formas de energía usadas en el mundo actual. en la actualidad es de gran importancia el consumo de energía eléctrica para la sociedad moderna ya que gracias a ella se realizan infinidad de actividades que están estrechamente ligadas con su forma de vida, como lo es la iluminación el funcionamiento de aparatos electrodomésticos, motores y maquinaria en las industrias, elevadores, aire acondicionado etc. De hecho, puede decirse que la electricidad se usa en todas partes.

1.1 HISTORIA DE LA ELECTRICIDAD

Aunque sólo en los tiempos modernos la electricidad empezó a ser útil, los griegos ya la habían descubierto desde hace 2,000 años. Observaron que un material que nosotros conocemos como ámbar. Se cargaba con una fuerza misteriosa, después de frotarlo contra ciertos materiales. El ámbar cargado atraía a cuerpos livianos tales como hojas secas y viruta de madera.

Los griegos llamaban al ámbar elektron, de donde se ha derivado el nombre de electricidad. Alrededor del año 1600, William Gilbert clasificaba los materiales en eléctricos y no eléctricos, según se comportaban como ámbar o no.

En 1773, un francés, Charles Dufay, observó que un trozo de vidrio eléctricamente cargado atraía algunos objetos también cargados, pero que repelia a otros objetos cargados. Concluyó entonces que existían dos tipos de electricidad.

Hacia la mitad del siglo XVIII, Benjamin Franklin llamó a estas dos clases de electricidad positiva y negativa.

1.2 IMPORTANCIA DE LAS PLANTAS DE EMERGENCIA

Como ya se mencionó anteriormente la electricidad es fundamental en las vidas de los seres humanos, por lo cual una interrupción del servicio eléctrico, puede causar trastornos importantes y pérdidas económicas cuantiosas.

Es por estas razones que las empresas han optado por la instalación de plantas de energía de emergencia.

Las plantas de emergencia constituyen la fuente de energía de reserva más práctica y económica para un gran número de aplicaciones. Sus capacidades oscilan desde unos pocos centenares de watts hasta varios miles de watts.

Las plantas de emergencia son actualmente el recurso más práctico y razonable para mantener las necesidades indispensables de energía eléctrica siendo utilizadas como:

Planta de emergencia como única fuente de energía

Servicios temporales fuera de ciudades:

- Contratistas
- Explotaciones
- Perforaciones

Servicios autónomos:

- Ferias
- Circos
- Contenedores refrigerados

- Servicios fijos alejados del servicio comercial:
- Clínica rural
- Granja avícola
- Planta lechera
- Empacadora
- Retransmisora

Plantas de emergencia para suplir emergencias

Lugares de congregación:

- Condominios
- Multifamiliares
- Tiendas de autoservicio

- Espectáculos:
- Estadios
- Estudios cinematográficos
- Televisoras

Lugares de urgencias:

- Hospitales
- Clínicas
- Puestos de socorro

Procesos industriales:

- Mezclado de productos químicos
- Producción de alimentos
- Tratamientos térmicos

CAPITULO 2

GENERADORES DE CORRIENTE ALTERNA

2.0 INTRODUCCION

A los dispositivos que transforman la energía mecánica en energía eléctrica se les llama GENERADORES.

Básicamente, un generador produce electricidad por la rotación de un grupo de conductores dentro de un campo magnético. Por lo tanto, la energía que entra a un generador es la energía mecánica necesaria para hacer que giren los conductores. Esta energía puede provenir de motores de gasolina o diesel, o bien de turbinas de vapor, motores eléctricos, agua corriente y hasta de reactores atómicos. De hecho, todo lo que pueda hacer girar a un eje puede ser la energía que entra a un generador eléctrico.

Aunque se clasifican de muchas maneras, existen sólo dos tipos básicos de generadores: *generador de c-c* que tiene una salida de voltaje continuo y *los generadores de c-a* que tienen una salida de voltaje alterno.

Desde el punto de vista de la cantidad total de potencia producida, los generadores constituyen la más importante fuente de energía de las que se usan actualmente en el mundo. Los generadores de c-a también se llaman alternadores, ya que producen corriente alterna.

En un generador de c-a, el voltaje inducido se transmite directamente a la carga. a través de anillos rozantes, en tanto que un generador de c-c el conmutador convierte la c-a inducida en c-c antes de que sea aplicada a la carga.

2.1 CLASIFICACION DE LOS GENERADORES DE CORRIENTE ALTERNA

Todo generador de c-c tiene una clasificación de potencia, expresada normalmente en kilowatts, que indica la máxima potencia que puede ser constantemente alimentada por el generador. Por otra parte los generadores no pueden generalmente clasificarse de la misma manera, ya que la potencia consumida en un circuito de c-a depende del factor de potencia del circuito, lo cual significa que un generador de c-a puede alimentar una cantidad moderada de potencia real para una carga, y sin embargo, si el factor de potencia de la carga fuese bajo, la potencia total o aparente que el generador produce realmente puede ser muy grande. En estas condiciones, el generador se puede quemar.

Por esta razón los generadores de c-a no deben clasificarse según la máxima potencia de consumo permisible de la carga, sino de acuerdo con la potencia aparente máxima que pueden pasar. Esto se hace expresando la capacidad en voltamperes o kiloamperes. Así pues, para determinado voltaje de salida se sabe la máxima corriente que el generador puede producir, independientemente del factor de potencia de la carga. Por ejemplo, si un generador clasificado como de 50 kilovolts, o sea que la máxima corriente que puede

producir sin peligro es de 100 kilovoltamperes dividido entre 50 kilovolts, es decir, 2 amperes.

Ocasionalmente, los generadores de c-a se diseñan para usarse con cargas que tengan un factor de potencia constante. En este caso, la clasificación de estos generadores puede indicarse en watts o kilowatts para ese factor de potencia particular.

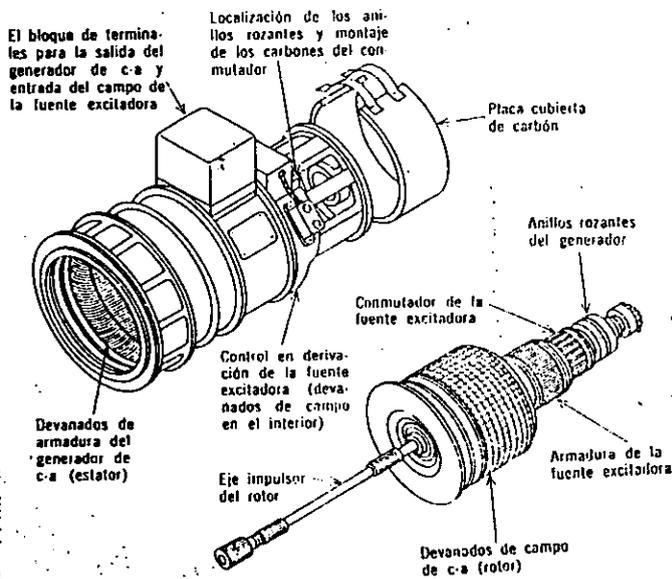
Como sabemos el factor de potencia en México esta regido por las compañías suministradoras de electricidad y su valor es de - 0.8, por esta razón podemos realizar una clasificación de los generadores de c-a de acuerdo a su potencia nominal y es la siguiente.

- 3 a 15 KW - uso doméstico
- 20 a 150 KW - uso industrial mediano
- 175 a 350 KW - uso industrial
- 400 a 2500 KW - uso industrial mayor

2.2 ESTRUCTURA DE LOS GENERADORES DE CORRIENTE ALTERNA

Desde el punto de vista de apariencia física, los generadores de c-a varían considerablemente, desde los muy grandes, impulsados por turbinas que pesan miles de

kilogramos, hasta pequeños generadores de aplicación especial que sólo pesan unos cuantos kilogramos y aun menos.



Prácticamente todos los generadores de c-a tienen armaduras estacionarias y campos rotatorios. Los devanados de armadura se colocan siguiendo la circunferencia interna de la cubierta del generador y generalmente se incrustan en un núcleo de hierro laminado. El núcleo y los devanados constituyen el estator.

Los devanados de campo y los polos de campo, que constituyen el rotor, están montados sobre un eje y giran con el estator. También sobre el eje del rotor se encuentran montados

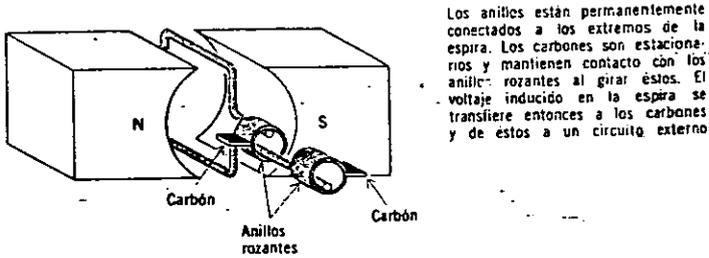
los anillos rozantes para los devanados de campo. Cuando el generador contiene su propia fuente excitadora de c-c, la armadura de la fuente excitadora y el conmutador también están montados en el eje del motor.

Los portaescobillas para los anillos rozantes del generador y el conmutador de la fuente excitadora están montados en la cubierta del generador, lo mismo que las terminales para efectuar las conexiones eléctricas al generador. La figura representa un generador de c-a típico con fuente excitadora dentro de él.

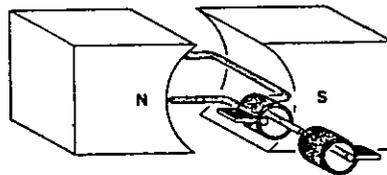
2.3 GENERADOR BASICO DE CORRIENTE ALTERNA

Téngase presente que el generador más simple de c-a consta de una sola espira de alambre que gira dentro de un campo magnético, al girar la espira, se genera un voltaje de c-a entre sus dos extremos, el cual será inducido a las escobillas esto se logra instalando anillos metálicos en los extremos de la bobina rotatoria. Cada anillo se ajusta a un extremo de la bobina y ambos anillos giran al girar la bobina. Estos anillos se llaman anillos rozantes. Cada anillo rozante está permanentemente conectado al extremo respectivo de la bobina rotatoria, de manera que el voltaje inducido en la bobina aparece entre los anillos. Las escobillas están unidas a los anillos rozantes haciendo contacto eléctrico con ellas. Así pues, cada escobilla está siempre en contacto con el anillo rozante correspondiente, el cual, a su vez, está permanentemente conectado a un extremo de la bobina. El resultado es

que entre las escobillas se origina un voltaje de c-a inducido en la bobina y éste puede transmitirse a un circuito externo.



La espira y los anillos rozantes giran en tanto que los carbones permanecen estacionarios



2.4 GENERADORES DE C-A CON ARMADURA ESTACIONARIA

Cuando un generador de c-a produce una cantidad de potencia relativamente pequeña, los anillos rozantes operan satisfactoriamente. Por otra parte, cuando se manejan potencias elevadas, resulta cada vez más difícil el aislar suficientemente sus anillos rozantes y por lo tanto, éstos se convierten en un motivo frecuente de problemas. Debido a esto, la mayor parte de los generadores de c-a tienen una *armadura estacionaria* y un *campo*

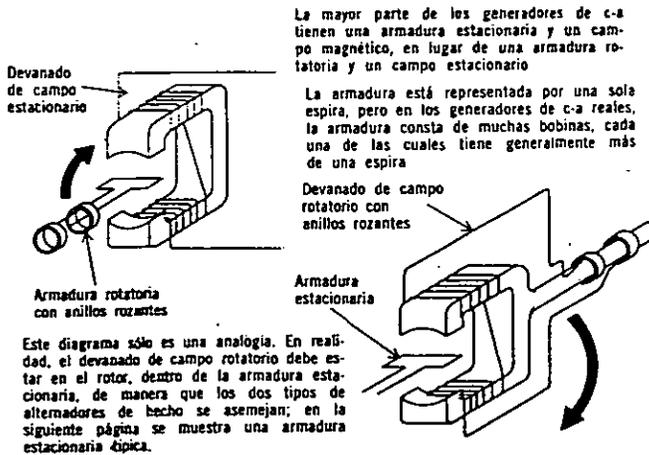
rotatorio. En estos generadores, las bobinas de armadura están montadas permanentemente con arreglo a la circunferencia interna de la cubierta del generador, en tanto que las bobinas de campo y sus piezas de campo polares están montadas sobre un eje y giran dentro de la armadura estacionaria.

En el campo de una armadura estacionaria, la salida del generador puede *conectarse directamente* a un circuito externo sin necesidad de anillos rozantes ni escobillas, lo cual elimina los problemas de aislamiento que existirían si fuese necesario producir corrientes y voltajes elevados a la carga, por medio de anillos rozantes. Naturalmente, como el devanado de campo gira, deben usarse anillos rozantes para conectar el devanado a su fuente externa de excitación de c-c. Sin embargo, los voltajes y corrientes que se manejan son pequeños, comparados con los de armadura y no hay dificultad en suministrar el aislamiento suficiente.

Otra ventaja en usar una armadura estacionaria es que hace posible velocidades de rotación mucho más altas y por lo tanto, voltajes más altos de los que se pueden obtener con armaduras rotatorias; esto se debe nuevamente a la dificultad que hay en aislarla. A velocidades de rotación muy elevadas, la elevada fuerza centrífuga que resulta hace difícil aislar adecuadamente el devanado de armadura. Este problema no existe cuando el devanado de campo gira a altas velocidades.

En resumen, en tanto que prácticamente todos los generadores de c-c constan de una armadura rotatoria y un campo estacionario, la mayor parte de los generadores de c-a tienen una armadura estacionaria y un campo rotatorio. En el caso de una armadura estacionaria, se pueden producir voltajes mucho mayores que los que son posibles con generadores de

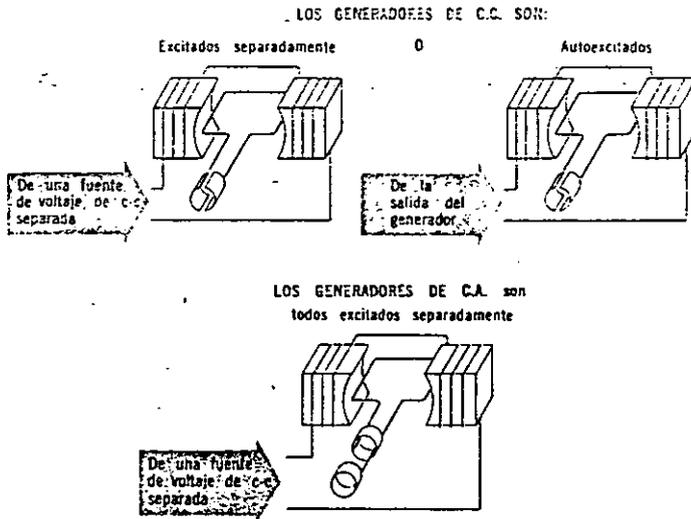
armadura rotatoria La parte de un generador que gira se llama rotor en tanto que la parte estacionaria recibe el nombre de estator.



2.5 PRODUCCION DEL CAMPO MAGNETICO

El campo magnético necesario para que funcione un generador de c-a es producido por un devanado de campo, igual que en el caso de los generadores de c-c. Téngase presente que el devanado de campo es un electroimán y, por lo tanto, necesita corriente para producir su campo magnético. El voltaje aplicado al devanado de campo es de c-c, esto es necesario ya que se requiere una corriente de excitación de c-c para que el generador funcione debidamente. Como resultado, no se puede usar autoexcitación para los generadores de c-a,

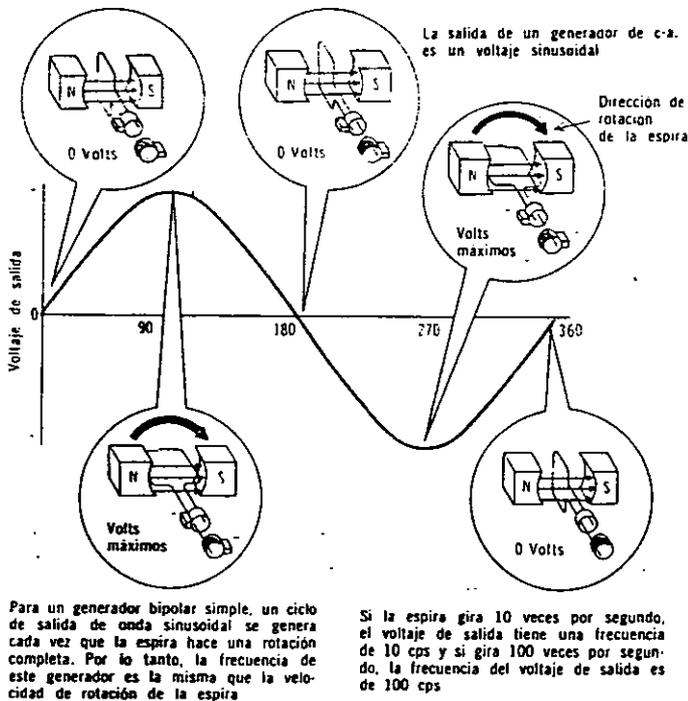
ya que su salida es de c-a. Entonces deben usarse fuentes de voltaje de c-c separadas para alimentar la corriente a los devanados de campo. En muchos generadores de c-a, la fuente de voltaje de c-c para el devanado de campo es un pequeño generador de c-c que está dentro de la misma cubierta del generador de c-a.



2.6 GENERACION DE UNA SALIDA DE ONDA SENOIDAL

De lo estudiado en páginas anteriores, puede notarse que la salida de un generador simple de c-a de una espira es igual al voltaje inducido en la espira rotatoria. Este voltaje es

igual a la *suma* de los voltajes inducidos *en ambos lados de la bobina* al cortar éstos las líneas magnéticas de flujo. Cuando no se cortan líneas de flujo el voltaje es nulo, y cuando se corta el número máximo de líneas de flujo, el voltaje es máximo

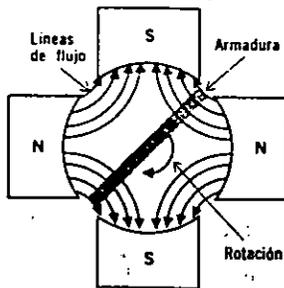


Como se aprecia en la figura, en un generador de c-a de dos polos, el voltaje llega a cero y alcanza un máximo de dos veces durante una rotación completa de la espira.

Estas variaciones siguen una onda sinusoidal. Así pues, para una rotación completa, que corresponde a 360 grados de rotación, el voltaje generado corresponde a 360 grados eléctricos.

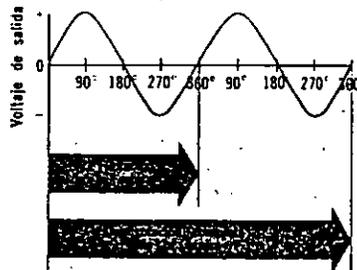
Si se usaran cuatro polos en lugar de dos, el voltaje de salida seguiría alcanzando su valor máximo cuando los dos lados de la bobina pasaran frente a los centros de los polos. Sin embargo, como el número de polos se ha duplicado, el voltaje sería máximo *cuatro veces* durante cada rotación completa de la espira. Por lo tanto, *la frecuencia* del voltaje de salida de c-a es lo doble de la velocidad de rotación de la espira. Por ejemplo, si la espira gira 30 veces en un segundo, la frecuencia de voltaje es de 60 cps. Debe ser obvio que para determinada velocidad de rotación cuánto mayor número de pares de polos se tenga, más alta será la frecuencia del voltaje del generador.

En un generador de cuatro polos, los lados de la espira cortan el máximo número de líneas de flujo cuatro veces durante cada rotación completa de la espira.



Los cuatro puntos de voltaje máximo ocurren cuando los lados de la espira pasan por los centros de los cuatro polos.

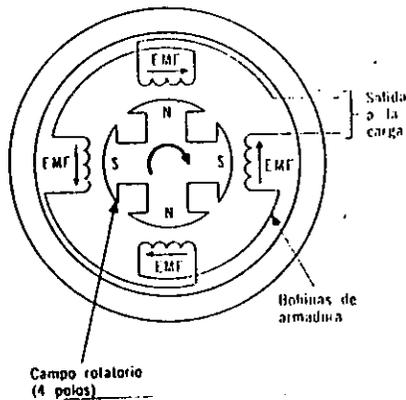
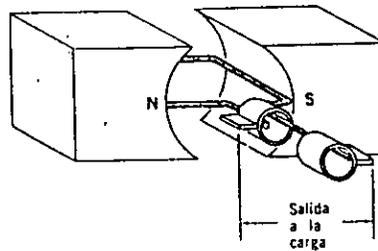
En un generador de cuatro polos, se generan dos ciclos del voltaje de salida para cada rotación completa de la espira.



2.7 GENERADORES DE C.A. MONOFASICOS, BIFASICOS Y TRIFASICOS

GENERADOR MONOFASICO

Una espira simple girando en un campo magnético es un generador monofásico, ya que sólo tiene un voltaje de salida



Este generador con armadura estacionaria de 4 polos también es de una sola fase, ya que tiene una salida de voltaje

Con las bobinas de armadura devanadas en la forma mostrada, los voltajes inducidos en las bobinas se suman para producir el voltaje de salida

Cuando se trató de generadores de c-a, la armadura ha sido representada por una sola espira. El voltaje inducido en esta espira sería muy pequeño, la armadura consta en realidad de numerosas bobinas, cada una con más de una espira. Las bobinas están devanadas de manera que cada uno de los voltajes en las espiras de cualquier bobina se

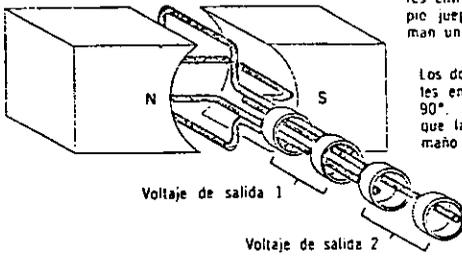
suman para producir el voltaje total de la bobina. Si todas las bobinas de armadura se conectan en serie aditiva, el generador tiene una *salida única*. La salida es sinusoidal y en cualquier instante es igual en amplitud a la suma de los voltajes inducidos en cada una de las bobinas. Un generador con armadura devanada en esta forma es un GENERADOR DE UNA FASE O MONOFASICO. En la práctica, muy pocos generadores de c-a son monofásicos, ya que puede obtenerse una mayor eficiencia conectando las bobinas de armadura mediante otro sistema.

GENERADOR BIFASICO

En un generador bifásico, las bobinas de armadura están devanadas de manera que el generador tenga dos voltajes de salida separados que difieren en fase, por 90 grados. Un generador simple bifásico de espira rotatoria consta de dos espiras perpendiculares entre sí; cada espira está conectada a su propio juego de anillos rozantes. Cuando el voltaje inducido en una espira es máximo, el voltaje en la otra es cero y viceversa. Por lo tanto, los voltajes obtenidos en los anillos rozantes difieren 90 grados en fase.

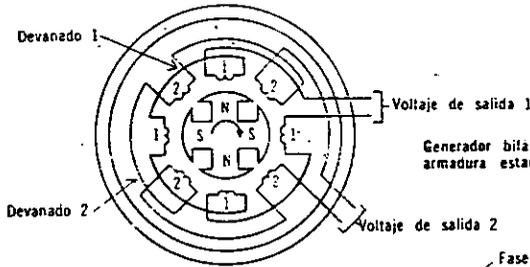
Las bobinas de armadura de un generador bifásico real con una armadura estacionaria se dividen en dos devanados monofásicos, espaciando cada bobina de los dos devanados de manera que los voltajes inducidos en ambos estén desfasados 90 grados.

Generador de espira rotatoria de dos fases



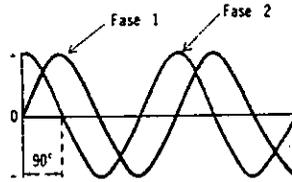
Dos espiras rotatorias perpendiculares entre sí, cada una con su propio juego de anillos rozantes, forman un generador de dos fases

Los dos voltajes de salida son iguales en amplitud y están adelantados 90°. Esto, naturalmente, supone que las espiras son del mismo tamaño



Generador bifásico con armadura estacionaria

Al girar el campo, induce el voltaje máximo primero en un devanado y luego en el otro. Las bobinas de los devanados están espaciadas de manera que existe una diferencia de 90° entre los voltajes inducidos en los dos devanados

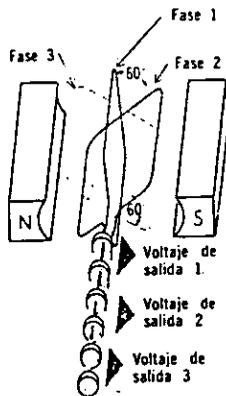


GENERADOR TRIFASICO

Básicamente, los principios del generador trifásico son los mismos que los de un generador bifásico, excepto que se tienen tres devanados *espaciados igualmente* y tres voltajes de salida *desfasados* 120 grados entre sí.

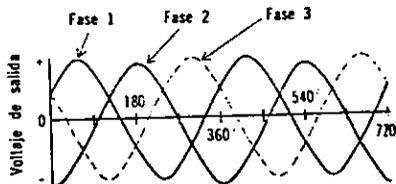
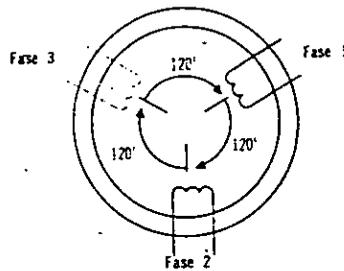
A continuación, se ilustra un generador simple trifásico de espira rotatoria, incluyendo las formas de onda. Físicamente, las espiras adyacentes están separadas por un ángulo equivalente a 60 grados de rotación. Sin embargo, los extremos de la espira están conectados a los anillos rozantes de manera que la tensión 1 está adelantada 120 grados con respecto a la tensión 2, a su vez, está adelantada 120 grados con respecto a la tensión 3. También se muestra un diagrama simplificado de un generador trifásico de armadura estacionaria. En este diagrama, las bobinas de cada devanado se combinan y están representadas por una sola. Además, no aparece el campo rotatorio. La ilustración muestra que el generador trifásico tiene tres devanados de armadura separados, desfasados 120 grados.

Generador trifásico de espira rotatoria



Un generador trifásico produce tres voltajes iguales desfasados 120°

Generador trifásico de armadura estacionaria



2.8 CARACTERISTICAS DE LAS CONEXIONES Δ E Y EN GENERADORES DE CORRIENTE ALTERNA.

Como se estudió en la página anterior, hay seis puntas que salen de los devanados de armadura de un generador trifásico y el voltaje de salida está conectado a la carga externa por medio de estas seis puntas. En la práctica, esto no sucede así. En lugar de ello, se conectan los devanados entre sí y sólo salen *tres* puntas que se conectan a la carga. Existen dos maneras en que pueden conectarse los devanados de armadura. El que se emplee uno u otro es cosa que determina las características de la salida del generador.

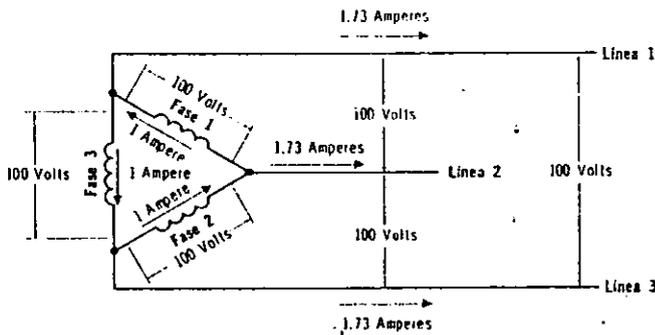
CONEXION DELTA

En esta conexión, los tres devanados están conectados en *serie* y forman un circuito cerrado. A esto se le llama *conexión delta*, ya que su representación esquemática es parecida a la letra griega delta (Δ).

Podría parecer que en esta conexión hay una elevada corriente continuamente en los devanados, a un en ausencia de carga conectada. En realidad, debido a la diferencia de fase que hay entre los tres voltajes generados, pasa una corriente despreciable o nula en los devanados en condiciones de vacío (sin carga).

Las tres puntas que salen de la conexión delta se usan para conectar la salida del generador a la carga. El voltaje existente entre dos cualesquiera de las puntas, llamado voltaje de línea, es igual al voltaje generado en un devanado, que recibe el nombre de voltaje de fase. Así pues,

como se puede apreciar en la figura, tanto los tres voltajes de fase como los tres voltajes de línea son iguales, y todos tienen el mismo valor. Sin embargo, la corriente en cualquier línea es raíz cuadrada de 3 o sea, aproximadamente 1.73 veces la corriente en cualquier fase del devanado. Por lo tanto, nótese que una conexión delta suministra un *aumento de corriente* pero *no hay aumento en el voltaje*.



En una conexión delta, el voltaje de línea es igual al voltaje de fase, en tanto que la corriente de línea es igual a $\sqrt{3}$ ó 1.73 veces la corriente de fase

La potencia total real que produce un generador trifásico conectado en delta es igual a raíz cuadrada de 3 o 1.73 veces la potencia real en cualquiera de las líneas. Sin embargo, tengase presente, que la potencia real depende del factor de potencia del circuito por lo tanto la potencia total es igual a:

$$P_{\text{real}} = 1.73 E_{\text{línea}} I_{\text{línea}} \cos \Phi.$$

CONEXION Y

En esta conexión, una de las puntas de cada uno de los devanados se junta con una de las otras dos, lo que deja tres puntas libres que salen a la conexión a la carga.

A esta se le llama conexión Y, ya que esquemáticamente representa la letra Y.

Las características de voltaje y corriente de una conexión Y son opuestas a las que presenta una conexión delta. El voltaje que hay entre dos líneas cualesquiera de una conexión Y es 1.73 veces el voltaje de una fase, en tanto que las corrientes en las líneas son iguales a las corrientes en el devanado de cualquier fase.

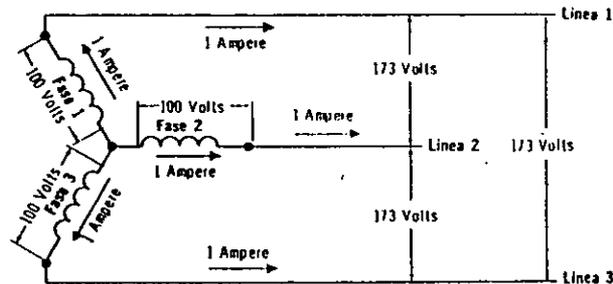
Así pues, la conexión Y es 1.73 veces el voltaje de una fase, en tanto que las corrientes en la línea son iguales a las corrientes en el devanado de cualquier fase.

Así pues, la conexión Y aumenta el voltaje pero no la corriente.

La potencia total real que produce un generador conectado en Y es igual a la de un generador conectado en delta.

Por lo tanto, la potencia real total es igual a:

$$P_{\text{real}} = 1.73 E_{\text{línea}} I_{\text{línea}} \cos \Phi.$$



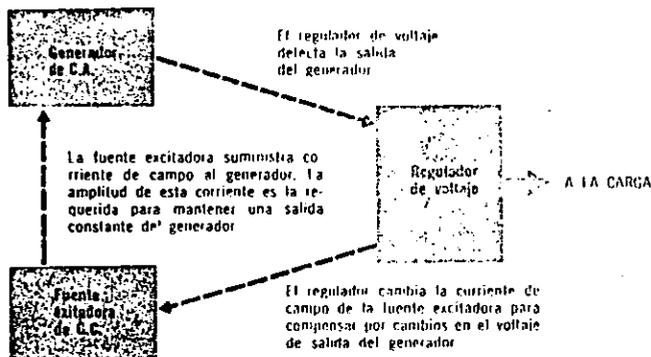
En una conexión Y, el voltaje de línea es igual a $\sqrt{3}$ ó 1.73 veces el voltaje de fase, en tanto que la corriente de línea es igual al voltaje de fase

2.9 REGULACION DEL GENERADOR

Cuando cambia la carga en un generador de c-a, el voltaje de salida también tiende a cambiar, como ocurre en un generador de c-c. La principal razón de ello es el cambio de la caída de voltaje en el devanado de armadura, ocasionado por el cambio en la corriente de carga. Sin embargo, en tanto que en un generador de c-c la caída de voltaje en un devanado de armadura es simplemente una caída IR , en un generador de c-a existe una caída IR y una caída IX_L , producida por la corriente alterna que fluye a través de la inductancia del devanado. La caída IR depende sólo de la cantidad del cambio de carga, pero la caída IX_L depende también del factor de potencia del circuito. Así pues, el voltaje de salida de generadores de c-a varía con los cambios en la corriente lo mismo que con todo cambio en el factor de potencia. Como resultado, un generador de c-a que tiene una regulación satisfactoria para un valor de factor de potencia puede tener una mala regulación con otro valor del factor de potencia.

Debido a su regulación inherente mala los generadores de c-a generalmente están provistos de algún medio auxiliar de regulación. Los reguladores auxiliares usados, independientemente que sean operados manualmente o de que funcionen de manera automática cumplen su función básicamente de la misma manera "sienten" el voltaje de salida del generador. Y, cuando éste cambia, ocasionan un cambio correspondiente en la corriente de cambio de la fuente excitadora que suministra la corriente de campo al generador. Así pues, si el voltaje de salida del generador se reduce, el regulador produce un

aumento en la corriente de campo de la fuente excitadora. Por tanto, el voltaje de salida de la fuente excitadora, aumenta, haciendo que tambien aumente la corriente en el devanado de campo del generador. Como resultado el campo magnetico del generador aumenta en intensidad y eleva el voltaje del generador a su amplitud original. Una secuencia de eventos similar pero opuesta ocurre cuando el regulador siente una disminucion en el voltaje de salida del generador.



CAPITULO 3

DETERMINACION DE LA CARGA EN UNA INSTALACION ELECTRICA

3.0.0 INTRODUCCION

En el diseño de una instalación eléctrica, así como en la instalación de una planta de emergencia se requiere del conocimiento de la potencia o carga que se va alimentar. Por carga se entiende la que será demandada a la instalación y no a la suma de las capacidades de los equipos que serán instalados. Mientras mayor información se tenga al respecto del consumo y de las condiciones de operación de todos los elementos que estarán conectados a la instalación, mayores serán las posibilidades de un cálculo que cumpla con los requerimientos técnicos y que sea económico. Esta información resulta indispensable para la etapa en que se realiza la ingeniería de detalle.

La determinación de la carga es una labor que requiere de técnica, pero también de criterio para definir los preparativos que deben dejarse para el futuro en el caso de una instalación eléctrica. En cuanto a la instalación de una planta de emergencia se tomara en cuenta las cargas que sean usadas con mayor frecuencia y de manera importante o indispensable.

3.10 ESTIMACION DE LA CARGA POR SIMILITUD

Para las primeras etapas de un proyecto, cuando se requiere tener una estimación aproximada de la carga, se pueden utilizar los valores de carga típicos, producto de la observación en empresas o procesos similares que se encuentren operando.

En cuanto a la estimación de la carga en alumbrado se puede realizar por medio de tablas.

3.2.0 CALCULO ANALITICO

La precisión que se obtiene con los métodos estimativos resulta insuficiente para obtener las capacidades de los elementos de una instalación eléctrica.

Un cálculo más preciso se inicia cuando se conocen los consumos de energía de cada uno de los equipos y servicios que serán alimentados por la instalación.

A continuación se definen algunos términos necesarios para la determinación de la carga:

3.2.1 CARGA O POTENCIA INSTALADA

La carga o potencia instalada (P_{inst}) es la suma de los consumos nominales de cada elemento consumidor según sus datos de placa.

$$P_{inst} = \sum P_j$$

donde: P_j = potencia de cada elemento.

$$j = 1, 2, \dots, N$$

2.2.2 DEMANDA MAXIMA

La *demanda máxima* (P_{max}) es la carga o potencia máxima que podría ocurrir en una instalación. En las tarifas, para fines de facturación, la demanda máxima es la carga máxima que subsiste durante 15 minutos en el lapso de un mes. Se le llama también demanda máxima medida.

3.2.3 FACTOR DE CARGA

El factor de carga (fc) es el cociente de la potencia o demanda máxima entre la potencia (carga) instalada por lo tanto:

$$P_{max} = (fc) \cdot P_{inst}$$

4.0.0 DETERMINACION DE LA CARGA EN WATTS

En las instalaciones eléctricas normalmente se encuentran dispositivos que transforman la energía en calor o en trabajo con elementos inductivos y capacitivos que no desarrollan trabajo.

Por lo cual cada uno tiene un diferente manejo para calcular su potencia real en watts

Para los circuitos de iluminación se necesita obtener el voltaje y la corriente y se aplica la siguiente relación:

$$P = V \times I \text{ (watts)}$$

Para los circuitos de fuerza que están en HP se hace la conversión de HP a Watts, tomando en cuenta la siguiente relación:

$$1 \text{ HP} = 0.746 \text{ Watts}$$

CAPITULO 4

TIPOS Y CARACTERISTICAS DE LAS PLANTAS DE EMERGENCIA

4.0 FABRICANTES DE PLANTAS DE EMERGENCIA

Existen dentro del mercado mexicano de plantas de emergencia, fabricantes que cubren un rango de potencia de unos cuantos KW hasta varios cientos de KW.

	BAJO 1 KW - 25 KW	MEDIO 30 KW - 75 KW	ALTO 100 KW - 250 KW
MAQUINARIA IGSA	X	X	X
SELMEC	X	X	X
MAIESA	X	X	X
TEICIE	X	X	X
DIESEL MOTRIZ	X	X	
PLANELEC	X	X	X
OTTO MOTORES	X	X	
MAQUINARIA CAR	X	X	
CUMMINS DE MEXICO			X
MEXTRAC			X
MOTO EQUIPOS	X		X
DISTRIB. PERKINS	X	X	

4.1 PARTES PRINCIPALES DE UNA PLANTA DE EMERGENCIA

Una planta de suministro de energía eléctrica de emergencia es una instalación que tiene por objeto transformar la energía mecánica suministrada por un motor de combustión interna en energía eléctrica.

Una planta de emergencia, está formada por los siguientes elementos:

- 1) *Motor de combustión interna*.- Su función es transformar la energía química de un combustible en energía mecánica para impulsar un generador.
- 2) *Generador*.- Es una máquina que transforma la energía mecánica en energía eléctrica.

4.2 ELEMENTOS AUXILIARES

Entre estos elementos auxiliares se encuentran los siguientes:

- 1) *Sistema de alimentación de combustible*: Su función es recibir, almacenar y proporcionar al motor de combustión interna el combustible que éste requiera.

2) *Sistema de lubricación*: El principal objeto de este sistema es el de reducir la fricción (y por consiguiente el desgaste del motor), separando dos superficies móviles con una película de aceite.

3) *Sistema de enfriamiento*: Se tienen dos tipos de enfriamiento de los motores:

- a) Enfriamiento por aire
- b) Enfriamiento por agua

Los sistemas de enfriamiento tienen como función principal la de disminuir el calor que disipan los motores, de los cuales si no se disminuye éste adelgazara el aceite lubricante peligrosamente y puede causar trastornos al motor.

4) *Regulador de voltaje*: El generador de c-a; no puede dar en todas las condiciones de carga el voltaje constante de salida que se le exige, para ello necesita cierta ayuda de un agente exterior que le indique cual debe de ser su potencial entre bornes en cualquier caso determinado (Ese agente es el regulador de voltaje).

El regulador de voltaje controla el aumento o descenso del voltaje entre bornes del generador, mediante el reajuste automático directo o indirecto de la excitación del generador de acuerdo con los cambios de la magnitud de la carga.

5) *Sistema de transferencia automática* El sistema de transferencia automática se usa en las plantas de emergencia, ya que éstas, deben funcionar cuando falla la energía de suministro normal de la compañía de luz, alimentar la carga y salir del sistema cuando la energía de suministro normal se restablece y detener la planta (Todo esto en forma automática).

Dicho sistema de transferencia automática se compone de dos partes

- 1) El circuito de control
- 2) El interruptor de transferencia

CIRCUITO DE CONTROL

El circuito de control, es la parte de la unidad de transferencia que se encarga de activar la planta de emergencia cuando por alguna causa ajena se llega a interrumpir la energía de suministro normal, así mismo ordena la transferencia, detiene la planta de emergencia, ordena la transferencia inversa y avisa por medio de señalización (luz indicadora), en caso de falla. Es por así decirlo, el cerebro de la planta.

Sus funciones son:

- 1) Detectar el voltaje del suministro normal y las fallas de energía.
- 2) Bajo una falla de energía de suministro normal, manda la señal a la planta generadora para que funcione, cerrando los contactos de arranque del motor de la máquina.

3) Cuando la planta de emergencia arranca el circuito de control desconecta el circuito de arranque (motor de arranque)

4) Cuando la planta de emergencia alcanza el voltaje y frecuencia adecuados, el control lo detecta y permite que el interruptor realice la transferencia y así la energía pasa de la planta de emergencia a la carga

5) Si la planta falla al empezar su funcionamiento, el control limitador de arranque detiene el motor del mismo después de aproximadamente 130 segundos

6) Cuando la energía de suministro normal se restablece, el control lo detecta, hace parar la planta y se encarga de que la transferencia inversa se realice

El circuito de control está integrado por varias secciones las cuales son:

a) *Sección de control de voltaje de línea* Tiene como función vigilar que exista el voltaje adecuado (220/440v) en las líneas de alimentación normal y mandar la señal de arranque y transferencia en caso de que el voltaje bajara más del 70 % de su valor nominal o cayese a nivel de cero.

Cuando el voltaje se restablece al 90% de su valor, lo detectan y mandan otra señal para iniciar la transferencia inversa de la carga, al sistema de suministro de energía eléctrica normal y paro de la máquina.

Esta constituido por tres relevadores sensitivos de voltaje (uno por cada fase), o por dos relevadores sensitivos de voltaje que están conectados a la linea de alimentación normal y a la seccion de transferencia y paro

b) *Sección de transferencia y paro* Tiene la función de ordenar al interruptor de transferencia, que conecte la carga de la linea de suministro normal a la del suministro de emergencia , tambien la de retrasar la transferencia inversa (Transferir la carga de la linea de suministro de emergencia a la linea de suministro normal), para asegurar que el voltaje de la linea de suministro normal sea estable, evitando operaciones innecesarias del interruptor de transferencia (Una vez realizada la transferencia inversa), mandar una señal al circuito de arranque y paro, para que éste detenga la planta después de haber trabajado un corto tiempo en vacío

Esta sección está compuesta por dos relevadores: relevador de control (2RC) y relevador auxiliar (4RA); y dos relevadores de tiempo: reloj de tiempo de transferencia (1RTT) y reloj de tiempo de paro (3RTP).

SECUENCIA DE OPERACION DEL CIRCUITO DE CONTROL DE TRANSFERENCIA

Cuando por alguna causa baja o falla el voltaje de la linea de alimentación normal, las bobinas de los relevadores sensitivos se desenergizan abriendo sus platinos, los cuales están conectados en serie entre si (19S1 - 19S2) y con respecto a la sección de transferencia y paro abren el circuito del relevador de control 2RC, desenergiza al relevador auxiliar 4RA.

Al desenergizarse el relevador 2RC desenergiza el circuito de alimentación normal del interruptor de transferencia y energiza el circuito de alimentación de emergencia, como se muestra en el diagrama No. 1. Al mismo tiempo, el relevador auxiliar 4RA, cierra un platino 4RA y permite que el circuito de arranque y paro de la planta ponga a funcionar la misma si el interruptor selector se encuentra en la posición automático, (diagrama No. 2)

Si por alguna razón no arranca la planta, este control da la señal de falla de arranque por medio de la alarma y de una luz indicadora.

Cuando la energía de suministro normal se restablece y el voltaje adecuado es detectado por los relevadores sensitivos (19S1 y 19S2), cerrando sus platinos y el circuito de reloj de tiempo de transferencia 1RTT, el cual después de cierto tiempo energiza al relevador de control 2RC.

El relevador de control 2RC, energiza a su vez al reloj de tiempo de paro 3RTP, el cual al cabo de determinado tiempo, energiza al relevador auxiliar 4RA, mismo que envía una señal de paro al circuito de arranque y paro de la máquina y desenergiza al relevador de tiempo y paro.

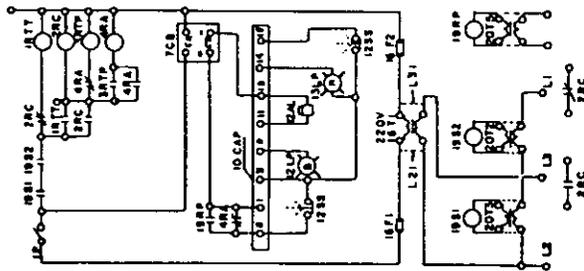


DIAGRAMA DE CONTROL DE TRANSFERENCIA

DIAGRAMA NO. 1

c) *Circuito de arranque y paro automatico*. A continuación se describe el funcionamiento del circuito, haciendo énfasis en el diagrama No 2

Cuando el interruptor manual automático está en la posición automática y se interrumpe el suministro normal se cierra el platino 4RA

El rele R1, cierra el circuito de tierra a través de los platinos normalmente cerrados R3D y R4D y al energizarse su bobina cierra el platino R1A

El platino R1A al cerrarse permite el paso de la corriente eléctrica que viene de la terminal 1 a la terminal 4, partiendo de esta hacia la valvula solenoide de corte de combustible (en los motores diesel)

El relé R2, se energiza a través del interruptor centrifugo de arranque y paro por sobrevelocidad por medio del contacto normalmente cerrado y cierra el platino R2A, el cual energiza al elemento térmico H2 y a la bobina del solenoide de arranque a través de la terminal No. 3

Al energizarse la bobina del solenoide de arranque está cierra su platino, y de este modo se energiza el motor de arranque (marcha), para realizar el intento de arranque de la máquina.

Cuando el motor arranca el contacto normalmente cerrado del interruptor centrífugo de arranque y paro, por sobrevelocidad, abre y el contacto normalmente abierto cierra, al abrir el primero se desconecta el relé R2, el cual a su vez abre el platino R2A, desconectándose el elemento térmico H2 y el solenoide de arranque

Al desenergizarse el solenoide de arranque, este abre el platino que energiza al motor de arranque sacandolo del sistema

Si la máquina no arranca al primer instante, el control dejará que el motor de arranque este trabajando, intentando arrancarla por un lapso de 30 segundos.

Si en este periodo no arranca, el control provee un receso y vuelve a permitir otro intento de arranque

El control permite de 4 a 8 intentos hasta contemplar 130 segundos de intento de arranques, pasados los cuales ponen fuera al sistema de arranque y se conecta la luz y alarma de falla de arranque; la secuencia es la siguiente:

El elemento térmico H2, al energizarse a través del platino R2A, se empieza a calentar cuando no se desconecta por no haber arrancado la máquina, éste cierra el platino T2, permitiendo con este que el relé R2 se desenergize parcialmente.

Al realizarse lo anterior, el contacto R2A se abre y desconecta al elemento térmico H2 y al solenoide de arranque terminando así, el primer periodo de intento de arranque

Al enfriarse el elemento térmico H2, abre el platino T2 y de esta forma se vuelve a energizar el relé R2, iniciándose de esta manera el segundo periodo de intento de arranque y así sucesivamente, hasta completar de un minuto a 130 segundos de intento de arranque de la planta.

Los elementos térmicos H1 - 1 y H1 - 2 proveen el tiempo limite de los intentos de arranque.

Cuando se inicia el primer intento de arranque H1-2, es energizado y empieza a calentarse si no arranca la planta, al calentarse cierra el platino T1-2, el cual cierra el circuito para el elemento térmico H1-1.

Cuando este elemento se calienta, cierra el platino T1-1, cerrándose el circuito para el relé R3, el cual cierra los platinos REA y R3C y abre el platino R3D. El platino R3A cierra el circuito para la alarma, el platino R3C cierra el circuito para la luz de falla de arranque y el platino R3D, abre los circuitos del relé R1, R2 y los elementos térmicos H1-1 y H1-2 cesándose así los intentos de arranque.

del motor de batería -

DIAGRAMA NO. 2

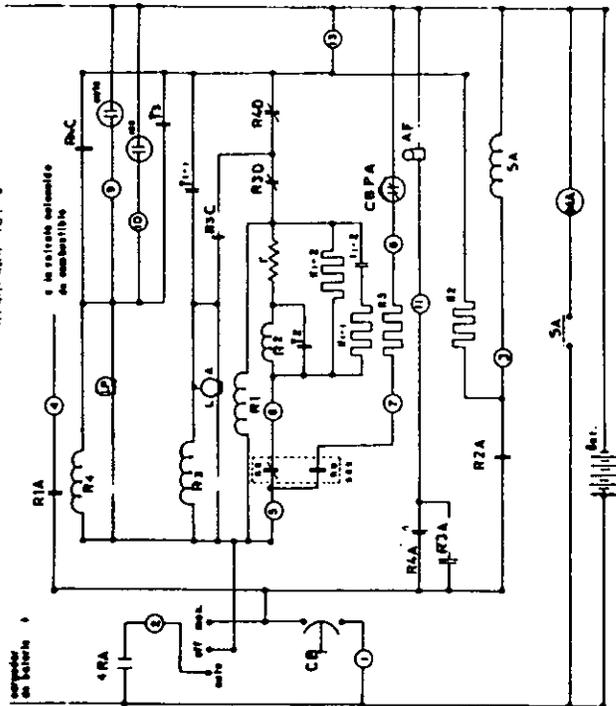


DIAGRAMA DE CONTROL MAESTRO

PROTECCIONES CONTRA BAJA PRESION DE ACEITE Y ALTA TEMPERATURA DE AGUA

El elemento termico H3 (baja presion de aceite), nos sirve para proteger la máquina contra baja presion de aceite

En operacion normal cuando la máquina arranca la bomba de aceite levanta presión, abriendo el control de baja presión de aceite y no deja que cierre el circuito

Si por falta de aceite u otra razón hay baja presion de aceite, el control de baja presión de aceite permanece cerrado y el elemento térmico es alimentado a traves del platino normalmente abierto del interruptor centrifugo de arranque y paro por sobrevelocidad, empezando a calentarse Aproximadamente 15 segundos después cerrará el contacto T3, el cual cierra el circuito del relé R4 y de la luz de paro.

El relé R4 cierra los platinos R4A y R4C que energizan la alarma y sostienen energizado al relé R4, respectivamente abre el platino R4D, que desenergiza la válvula solenoide de combustible, provocando el paro de la planta.

d) *Sección de prueba:* Algunas veces cuando a las plantas de emergencia no se les hace funcionar temporalmente (cortos periodos de tiempo), pueden llegar a no funcionar cuando

mas se les necesita es por eso que se ha incluido en las unidades de transferencia un circuito que hace que la planta arranque, trabaje y pare, con lo cual nos permite estar seguros de que la maquina esta en condiciones de operacion y al mismo tiempo localizar fallas que puedan ser corregidas oportunamente

El circuito de prueba de la planta consta de un reloj programador con una escala semanal y horaria y un platino conectado al control de arranque y paro de la máquina

En el disco semanal se fija el día, hora y tiempo, que se desee poner la planta a trabajar.

La secuencia es la siguiente

El motor electrico del reloj impulsa al mecanismo de relojería y éste mueve al disco en donde están colocadas dos levas, al llegar a la primera de ellas ésta mueve una palanca que cierra el platino y envia una señal eléctrica al circuito de arranque y paro, para poner en marcha la máquina y se mantenga trabajando hasta que el platino del reloj se abra nuevamente movido por la segunda leva.

e) *Sección de instrumentos:* A fin de controlar la tensión, la frecuencia, la corriente, el número de horas de la operación de la planta y la energía suministrada, se han incorporado varios instrumentos que miden dichos parámetros de la máquina.

La lectura de los instrumentos nos informan del funcionamiento de la maquina y nos determinan si es normal o no

Los instrumentos que se componen como equipo en las plantas de emergencia son

1) *Voltimetro*: Este instrumento mide el voltaje de salida del generador entre fases está conectado al conmutador de fases y por medio de este último, es posible obtener las lecturas de voltaje entre dos de cualesquiera de las tres fases.

2) *Amperimetro*: Nos mide la corriente que proporciona el generador a la carga en cada fase, está conectado al conmutador del generador, por medio de este es posible medir la corriente en cada fase, con un mismo instrumento. El rango del amperimetro se selecciona de acuerdo a la potencia de la planta.

3) *Frecuencimetro*: Nos mide la frecuencia eléctrica que produce el generador.

4) *Horimetro*: Este instrumento registra el número de horas que la planta trabaja, pudiendo aplicar el programa de mantenimiento preventivo a la máquina en el tiempo adecuado.

5) *Kilowathorimetro*: Este instrumento nos indica la energía que ha suministrado la planta.

6) *Conmutador de voltimetro*

7) *Conmutador de amperimetro*: A través de éstos dos conmutados es posible tener un solo amperimetro y un solo voltimetro y realizar lecturas en las tres fases de salida del generador.

A continuación se muestra la forma de conexión de dichos instrumentos de medición.

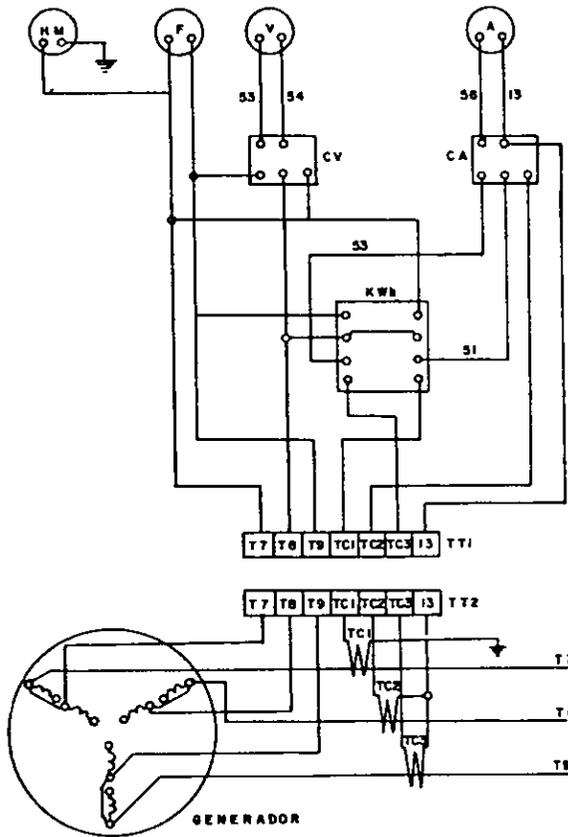
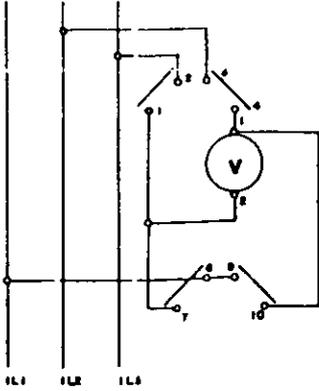


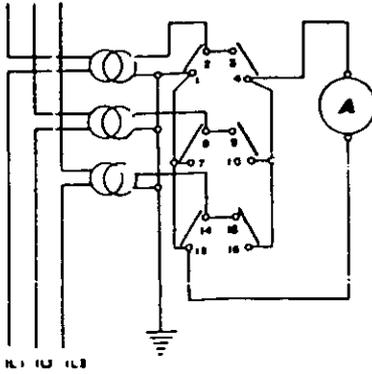
DIAGRAMA DE ALAMBRADO P/TAB. DE INSTRUMENTOS

CONMUTADOR DE VOLTMETRO PARA 3 TENSIONES, 3 FASES



conexión	L1-L2	L2-L3	L1-L3
1/2	•	•	•
2/3	•	•	•
1/3	•		
2/10			•

CONEXION DEL CONMUTADOR DEL AMPERMETRO CONECTADO A 3 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE



conexión	L1	L2	L3	0
1/2	•	•	•	•
2/4	•			
1/6	•	•	•	•
2/10	•			
12/14	•	•	•	•
15/16			•	

CONTACTOS CERRADOS



f) Cargador de baterías. Para evitar una posible falla de arranque por falta de energía eléctrica de corriente directa, se ha incluido en los circuitos de control un cargador de baterías, el cual tiene por objeto mantener siempre en óptimas condiciones de operación a los acumuladores de la planta.

4.3 EL INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA

Es un aparato cuya función es la de conectar las líneas de energía eléctrica de suministro normal a la carga y cuando el suministro normal falla, conecta las líneas de suministro de energía eléctrica de emergencia a la carga.

OPERACION DEL INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA

Cuando se cierra el interruptor del circuito de control de transferencia (1P), el relé 2RC se energiza a través de los platinos de los relés sensitivos de voltaje 19S1 y 19S2, los cuales se energizan a través de las líneas de suministro normal y se desenergizan cuando ocurre alguna falla en dicho suministro, (diagrama 1).

El relé 2RC, cierra un platino que está conectado en serie con la bobina del contactor de suministro normal y con el platino auxiliar (M2-4) de la bobina del contactor de emergencia

que está normalmente cerrado, permitiendo con esto que la corriente fluya de la línea L2 del suministro normal a la bobina del contactor M1, cerrándose con la línea L3 hacia el contactor

CANDADO ELECTRICO

El contactor del suministro normal al energizarse cierra tres juegos de contactos (M1-1, M1-2 y M1-3), los cuales conectan la línea de alimentación normal a la carga y abre un contacto auxiliar M1-4, que está conectado en serie con la bobina del contactor de emergencia (M2), asegurando que éste permanezca desenergizado

El relé 2RC también abre un platino (2RC-4) que está conectado en serie con el platino auxiliar (M1-4), del contactor de suministro normal y la bobina del contactor de emergencia M2, lo cual impide que cuando esté energizado el contactor de suministro de emergencia al mismo tiempo.

CANDADO MECANICO

Al cerrarse los tres juegos de contactos del contactor de suministro normal, estos accionan una palanca que no permite cerrar a los contactos del contactor del suministro de emergencia cuando están operando y viceversa.

FALLA DE ENERGIA NORMAL

Cuando ocurre una falla de energía normal, los relés sensitivos de voltaje 19S1 y 19S2, se desenergizan al igual que el relé 2RC y con esto también se desenergiza el contactor de suministro normal M1

Esto permite que se cierren el contacto auxiliar del contactor de suministro normal M1-4 y el platino 2RC-4 permitiendo que pase la corriente de la línea 1L2 de emergencia M2 cerrando el circuito con la línea 1L3 de emergencia, cuando la planta eléctrica esta generando al voltaje requerido

Al energizarse el contactor de suministro de emergencia, cierra los contactos (M2-1, M2-2, M2-3) conectando la carga al generador y abre el contacto auxiliar M2-4 que no permite que se energice el contactor de suministro normal

El diagrama del interruptor de transferencia, se muestra en el diagrama No. 3

RETORNO DE LA ENERGIA NORMAL:

Cuando retorna la energía normal, los controles dan la orden al interruptor para realizar la transferencia inversa de carga y al mismo tiempo detiene la planta.

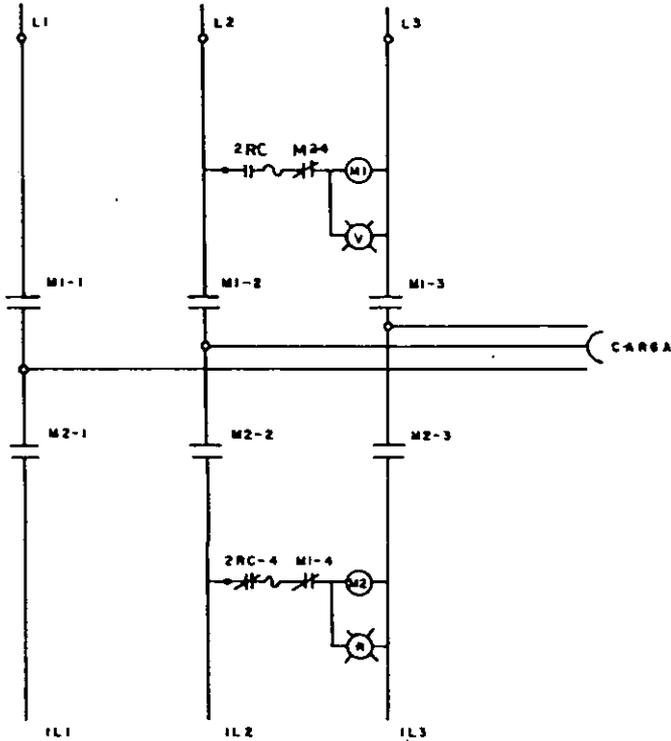
La secuencia es la siguiente:

Los reles sensitivos de voltaje detectan la energia normal y cierran sus platinos energizando al rele 2RC

Este al energizarse abre el platino del contactor de emergencia 2RC-4, cierra el platino del contactor de alimentación normal 2RC, proporcionando con esto que el contactor de emergencia se desenergize y desconecta la carga del generador, que cierra su contacto auxiliar M2-4 y se energize el contactor de alimentación normal M1. Este al energizarse cierra los contactos M1-1, M1-2 y M1-3, conectando la carga a la alimentación normal.
(diagrama No 3)

DIAGRAMA No. 3

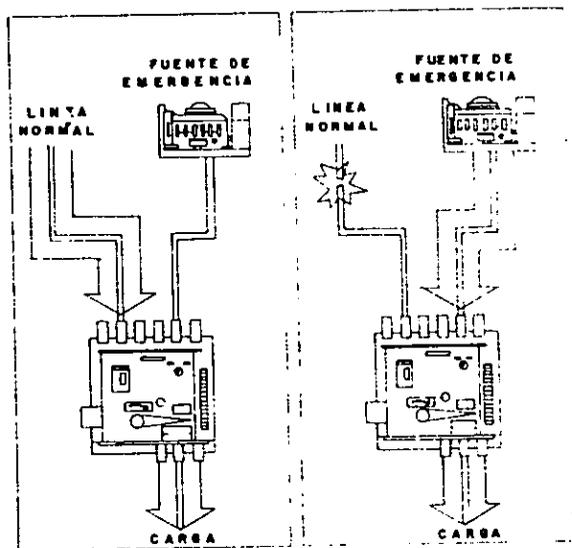
SUMINISTRO NORMAL



SUMINISTRO DE EMERGENCIA

**DIAGRAMA DEL INTERRUPTOR
DE TRANSFERENCIA**

TABLERO DE TRANSFERENCIA



FUNCION DE LOS CONTROLES Y COMPONENTES

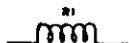
- 19S1.2 *Relevador sensitivo de voltaje*. - Vigila que haya voltaje adecuado en las lineas de alimentaci3n normal
- 1P *Interruptor de prueba* - Permite energizar todo el sistema de transferencia.
- 1 RTT *Reloj de tiempo de transferencia*. - Permite que el voltaje de la linea se estabilice antes de retransferir la carga.
- 3RTP *Reloj de tiempo de paro*. - Detiene la planta despu3s que se ha efectuado la retransferencia.
- 4RA *Relevador auxiliar*. - Auxilia al reloj de tiempo de paro.
- 2RC *Relevador de carga*. - Permite la retransferencia y el paro de la planta.
- 7CB *Cargador de baterias*. - Mantiene cargada la bateria al 95 % o al 100 % de su carga.
- 10 CAP *Control de arranque y paro*. - Envia la se1al a la planta para que arranque, supervisa su trabajo y la detiene en caso de alguna falla.

- 12 AL. *Alarma sonora* - Anuncia la falla de la planta
- 12 LP *Luz de paro por alta temperatura de agua o sobrevelocidad* - "luz blanca"
- 13 LP *Luz de falla de arranque* - "luz roja"
- LP 3 *Luz de alimentación normal* - "luz verde"
- LP 4 *Luz piloto de emergencia* - "luz roja"
- M1 *Contactador de suministro normal*.- Conecta la carga con la alimentación normal.
- M2 *Contactador de suministro de emergencia*.- Conecta la carga al generador cuando la planta está generando.
- 19RP *Reloj programador*.- Arranca la planta en periodos determinados asegurando que no fallará cuando se necesite.
- 12SS *Interruptor manual fuera automático*.- Permite operar la planta en manual automático o dejarla apagada.

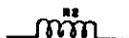
- 20T2,3,5 *Transformadores del circuito de control* - Baján el voltaje de 440 a 220 v o 110 v, se usan en circuitos alimentados a 440 v
- KWH *Kilo-wathorimetro* - Nos mide el consumo de energía suministrada por la planta de emergencia
- F *Frecuencímetro* - Nos indica la frecuencia en Hertz a la cual está generando la planta
- V *Voltímetro*.- Instrumento que nos registra el voltaje entre cualquiera de las fases.
- A *Amperímetro*.- Instrumento que nos registra la corriente que circula por cada fase del generador.
- CV *Conmutador de voltímetro*.- Instrumento selector de fases entre las cuales se desea medir la tensión, nos conecta el voltímetro entre dos de las tres fases.
- CA *Conmutador del Amperímetro*.- Instrumento selector de fase a la cual se desea medir la corriente.
- HM *Horímetro*.- Instrumento que registra el número de horas que la planta trabaja.

- CATA *Control de alta temperatura de agua* - Interruptor de seguridad que permite que la planta se pare cuando la temperatura del agua es alta y por lo tanto peligrosa
- ICS *Interruptor centrifugo de sobrevelocidad GO₂* .- Elemento que conecta el motor de arranque y lo desconecta cuando el motor se ha arrancado.
- CBPA *Control de baja presión de aceite*.- Interruptor que obliga que la planta se pare cuando hay falla en el sistema de aceite.
- SA *Solenoides de arranque*.- Conecta y desconecta el motor de arranque a la batería
- MA *Motor de arranque*.- Motor que impulsa el cigüeñal para proporcionar el arranque de la máquina
- BAT *Batería*.- Almacén de energía eléctrica. Proporciona la energía eléctrica al motor de arranque, para que este efectúe su trabajo.

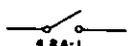
**SIMBOLOS USADOS EN EL CIRCUITO DE CONTROL MAESTRO
IO CAP.**



RELEVADOR DE IGNICION



RELEVADOR DE ARRANQUE



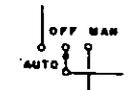
PLATINO DEL CONTROL REMOTO DEL RELEVADOR
AUXILIAR



LUZ PILOTO DE PARO (ROJA)



INTERRUPTOR CENTRIFUGO DE ARRANQUE Y PARO
POR SOBREVELOCIDAD (GO²) ELEMENTO DE ARRANQUE



INTERRUPTOR SELECTOR MANUAL -AUTOMATICO.



LUZ PILOTO DE FALLA DE ARRANQUE (BLANCA)



ELEMENTOS TERMICOS DE LOS INTERRUPTORES LIMITES
DE TIEMPO DE INTENTO DE ARRANQUE



RELEVADOR DE FALLA DE ARRANQUE



CONTROL DE ALTA TEMPERATURA DEL AGUA.



ALARMA DE FALLA DE ARRANQUE O DE PARO



RESISTENCIA

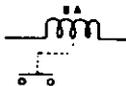


MOTOR DE ARRANQUE (MARCHIA)

SÍMBOLOS USADOS EN EL CIRCUITO DE CONTROL
MAESTRO 10 CAP.



BATERIA



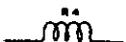
SOLENOIDE ARRANQUE



INTERRUPTOR CENTRIFUGO DE ARRANQUE Y PARO POR
SOBREVELOCIDAD (GO²) ELEMENTO DE SOBREVELOCIDAD



ELEMENTO TERMICO DEL INTERRUPTOR LIMITE DE
ARRANQUE.



RELE DE PARO



CONTROL DE BAJA PRESION DE ACEITE



TERMINALES ELECTRICAS DEL CIRCUITO DE CONTROL
MAESTRO.

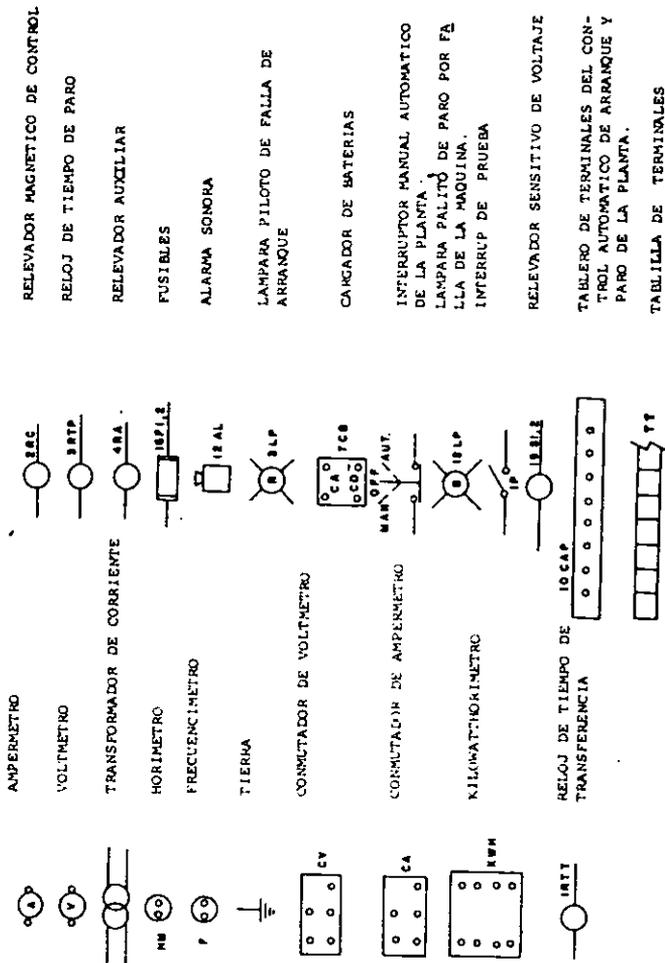


INTERRUPTOR TERMICO DEL CONTROL DE BAJA PRESION
DE ACEITE.



ELEMENTO TERMICO DEL CONTROL MAESTRO.

SIMBOLOS USADOS EN EL CIRCUITO DE CONTROL DE TRANSFERENCIA





MI-1, MI-2, MI-3
PLATINOS PRINCIPALES DEL CONTACTOR DE
ALIMENTACION NORMAL.



MI-4
PLATINO AUXILIAR DEL CONTACTOR DE
ALIMENTACION NORMAL.



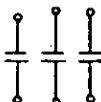
RRC-1
PLATINOS DEL RELEVADOR MAGNETICO DE
CONTROL



RRC-4



FS
FUSIBLE DEL CONTACTOR DE ALIMENTACION
DE EMERGENCIA.



M2-1, M2-2, M2-3
PLATINOS PRINCIPALES DEL CONTACTOR
DE ALIMENTACION DE EMERGENCIA.

SÍMBOLOS USADOS EN LOS PROGRAMAS DEL INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA



LÍNEAS DE ALIMENTACION NORMAL



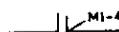
BOBINA DEL CONTACTOR DE ALIMENTACION NORMAL



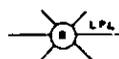
BOBINA DEL CONTACTOR DE ALIMENTACION DE EMERGENCIA



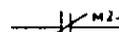
FUSIBLE DEL CONTACTOR DE ALIMENTACION NORMAL



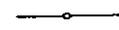
PLATINO AUXILIAR DEL CONTACTOR DE ALIMENTACION NORMAL



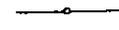
PLATINO AUXILIAR DEL CONTACTOR DE ALIMENTACION DE EMERGENCIA



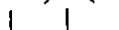
PLATINO AUXILIAR DEL CONTACTOR DE ALIMENTACION DE EMERGENCIA



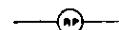
TERMINALES DEL TRANSFER A LA CARGA



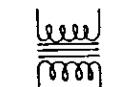
TERMINALES DEL TRANSFER A LA CARGA



TERMINALES DEL TRANSFER A LA CARGA



TERMINALES DEL TRANSFER A LA CARGA



TRANSFORMADOR DE POTENCIAL
440/220 V, 25VA

CAPITULO 5

CALCULO Y SELECCION DE LA PLANTA ELECTRICA DE EMERGENCIA

5.0 SELECCION

Existen varias aplicaciones especiales de generadores sincronos sin escobillas. las caules deben analizarse meticulosamente para hacer una adecuada selecci3n que proporcione un servicio libre de fallas.

1.- Considerando la parte el3ctrica

- a) Efectuar un an3lisis cuantitativo de cargas.
- b) Determinar el tipo de carga por alimentar (caracteristicas especiales).
- c) Tensi3n de alimentaci3n (127,220,440 volts).
- d) Aplicaci3n especifica del generador.
- e) Capacidad del generador.

2- La parte mec3nica

- a) Determinar la capacidad de la fuente motriz.
- b) Caracteristicas de operaci3n de la fuente motriz.
- c) Tipo de acoplamiento

1.a.- An3lisis cualitativo de las cargas

Analizar por separado circuitos de iluminaci3n y circuitos de fuerza, para esto se debe determinar el total de carga por iluminaci3n en watts, total de la carga en HP, haciendo la

conversión a watts. Expresando la carga total en KW, se debe considerar como factor importante la corrección de capacidad del generador por altitud de acuerdo a normas.

1.b.- Tipo de carga por alimentar

Es importante conocer la función de cada una de las cargas que serán alimentadas por el generador, ya que esto determinará los puntos críticos de operación tales como: centros de computo, procesamiento, máquinas intermitentes (elevadores, compresoras, etc.), las cuales requieren de una alimentación de voltaje con características que están dentro de los rangos de especificación de cada carga (voltaje, frecuencia, caídas de voltaje por arranque, contenido de armónicas, T.I.F (factor de influencia telefónica), factor de desviación, etc.

1.c.- Tensión de alimentación

Es el porcentaje arriba o abajo del voltaje nominal dentro del cual la carga no sufre modificaciones sensibles, por ejemplo el par transmitido, caída de voltaje excesiva, frecuencia y trastornos en el sistema general.

Teniendo en cuenta que el voltaje va en razón directa de la potencia e inversa a la corriente, la regulación específica a plena carga es del 2% y la caída máxima permitida se hace de acuerdo al estudio previo de cada máquina.

1.d.- Aplicación específica del generador

Esta característica es importante para el uso del generador que sea aplicado a una carga especial, que tenga parámetros restringidos y que de ellos depende la buena operación de un

sistema, tal como un centro de computo en cuyo caso existen generadores con diseño especial que satisfacen por ejemplo estricto factor de forma, reducido contenido de armónicas, regulación de voltaje menor del 2%, etc

1.e.- Capacidad del generador

Habiendo efectuado el análisis de carga de la instalación por alimentar, de acuerdo con el reglamento de obras e instalaciones eléctricas y de las especificaciones de cada carga, se establecen los KW reales demandados.

Generalmente en una instalación eléctrica se considera un factor de carga previendo un incremento de la misma a futuro.

2.- Capacidad del motor diesel

2.a.- Determinación de la capacidad

El generador debe ser impulsado por una fuente rotatoria de potencia; como un motor de combustión interna, aunque existen otros métodos de impulsión.

La potencia de entrada requerida para la máquina motriz se debe calcular según la demanda en KW del generador seleccionado.

La potencia de entrada requerida por la flecha del generador es igual a la potencia de salida en KW (eficiencia X 0.746).

Esto como regla es la potencia mínima requerida por el motor para las condiciones especificadas en la placa,

Sin embargo cuando se necesita que el generador arranque motores eléctricos, con sobrecarga o existen limitaciones de caída de voltaje, es muy probable que se necesite un motor de mayor potencia. Esta relación es para generadores al nivel del mar, debiéndose hacer la corrección por altitud de acuerdo a normas

2.b.- Características de operación del motor diesel

Habiendo seleccionado la capacidad del motor, es necesario prever un decremento en la potencia por el acople del equipo auxiliar, altitud y temperatura.

En el caso de los motores de aspiración natural, por regla general se reduce 1% de la potencia máxima por cada 10 grados F (6 grados C) arriba de 60 grados F (15.6 grados C) de la temperatura de entrada de aire y el 3.5% por cada 1000 pies (305 metros) de altura sobre el nivel del mar, para convertir el caballaje o potencia corregida a potencia observada o real.

Para determinar la potencia real, si un motor va a trabajar a 3000 pies (914 metros) de altura y a una temperatura de 120 grados F, redúzcanse 10.5% por altura más ($1\% \times 10 \text{ grados F} \times 120 \text{ grados} - 60 \text{ grados}$), por la temperatura (un total de 16.5) de la potencia corregida, de la curva (Norma BS AU 649-1958) dada por el fabricante.

2.c.- Tipo de acoplamiento

Los fabricantes de generadores fabrican generadores de uno y dos valeros para acoplamiento diverso que son:

Acoplamiento directo, por bandas, flexibles y rígidas, por engranes.

Estos tipos de acoplamiento son fabricados en forma estándar

Cuando el acoplamiento es directo (generadores de un balero), los tipos de adaptadores se norman por números que se rigen por S A E (Society of Automotive Engineers) en el sistema ingles y DIN en el sistema europeo.

Los tipos de adaptadores estándar que Potencia Industrial, S.A (P.I.) y Fairbanks - Morse, S A (F.M.) fabrican son.

P.I. fabrica

3 a	10 KW	SAE 5
10 a	50 KW	SAE 3
60 a	150 KW	SAE 1
175 a	1500 KW	SAE 0, 00

F.M. fabrica

3 a	10 KW	SAE 5
10 a	50 KW	SAE 3
60 a	150 KW	SAE 1
170 a	500 KW	SAE 0

5.2 CALCULOS GENERALES

Selección del generador autorregulado

El generador de tipo autorregulado tiene un sistema de excitación capaz de proporcionar una respuesta inmediata a los cambios bruscos de carga, como son los que se presentan en el arranque de motores de inducción.

El generador autorregulado es capaz de arrancar motores de inducción NEMA código B (ver apéndice tabla No. 2), en relación de un HP de carga del motor eléctrico por un KW generado.

Fórmulas para calcular las características de arranque para cada motor eléctrico

$$\text{HP (motor eléctrico)} \times (\text{KVA/HP}) = \text{KVA arranque} \text{-----(1)}$$

$$\text{KVA (arranque)} \times \text{F.P. (arranque)} = \text{KW arranque} \text{-----(2)}$$

$$\text{AMP (arranque)} = \frac{\text{KW (arranque)} \times 1000}{1.732 \times \text{volts} \times \text{F.P. (arranque)}} \text{-----(3)}$$

Fórmulas para calcular las características de operación

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Potencia mecánica}}{\text{Potencia eléctrica}} = \text{-----} \text{---} (4)$$

$$\text{Potencia eléctrica (KW)} = \frac{\text{Pot. mecánica (HP)} \times 0.746}{\text{eficiencia (decimal)}} \text{-----} (5)$$

$$\text{Factor de potencia (F.P. decimal)} = \frac{\text{Potencia real (KW) operación}}{\text{Potencia aparente (KVA) operación}} \text{-----} (6)$$

$$\text{Potencia (KVA) operación} = \frac{\text{Potencia real (KW) operación}}{\text{F.P. (decimal) operación}} \text{-----} (7)$$

$$\text{Amperes (AMP) operación} = \frac{\text{Potencia real (KW) operación} \times 1000}{1.732 \times \text{volts} \times \text{F.P. (decimal) operación}} \text{-----} (8)$$

Fórmulas para calcular las características de arranque (planta)

$$\text{KW efectivos totales} = \text{KW arranque} \times (0.8)^2 \text{ arranque} \text{-----} (9)$$

$$\text{KVA efectivos totales} = \text{KVA arranque} \times (0.8)^2 \text{ arranque} \text{-----} (10)$$

$$\text{AMP efectivos totales} = \text{AMP arranque} \times (0.8)^2 \text{ arranque} \text{-----} (11)$$

El factor $(0.8)^2$ no es el factor de potencia al cuadrado, sino que debe interpretarse como el cuadrado del porcentaje decimal que disminuye el voltaje por efectos de arranque.

Fórmula para calcular la potencia instantánea requerida del motor diesel

$$\text{BHP instantáneos} = \frac{\text{KW efectivos}}{\text{Eficiencia del generador}} \text{-----(13)}$$

Fórmula para calcular la potencia en operación requerida del motor diesel

$$\text{BHP operación} = \frac{\text{KW operación}}{\text{Eficiencia del generador X 0.746}} \text{-----(14)}$$

5.3 EJEMPLOS

EJEMPLO 1

Determinar los BHP que deberá de proporcionar un motor diesel que accionará un generador autorregulado de 20 KW con la siguiente carga

Arranque de un motor eléctrico de 20 HP/3F/60 Hz/220 v, diseño clase "B", ver apéndice en 1. Clasificación de los motores de inducción, código "F"

De la placa del motor obtenemos la letra de código, ésta determina los KVA consumidos cuando el motor es arrancado. Estos KVA son independientes del tipo de carga del motor.

El tiempo tomado por el motor eléctrico para arrancar y acelerar la carga a plena velocidad es determinada por el tipo de carga.

Para este caso el motor tiene código F y corresponde de acuerdo a la tabla 2 (ver apéndice); al valor máximo de 5.6 (KVA / HP) ; empleando la formula (1) tenemos:

Paso 1.

$HP \text{ (motor eléctrico)} \times (KVA / HP) = KVA \text{ (arranque)}$

$20 \text{ HP} \times 5.6 (KVA / HP) = 112 \text{ KVA}$

El factor de potencia de los motores eléctricos en el arranque, varia de 0.3 a 0.5, para este caso y en lo sucesivo para fines de cálculo, supondremos que el factor de potencia es de 0.4

Del resultado del paso No. 1 y empleando la fórmula (2) tenemos

Paso 2.

$$\text{KVA (arranque)} \times (\text{F.P.}) = \text{KW (arranque)}$$

$$112 \text{ KVA} \times (0.4) = 44.8 \text{ KW}$$

Debido a que el voltaje se cae un 20% durante el arranque, los KW efectivos consumidos durante el arranque variarán de acuerdo con el cuadrado del voltaje sostenido, en consecuencia los KW que el motor debe proporcionar son obtenidos del resultado del paso No. 2 y empleando la fórmula (3).

Paso 3

$$\text{KW (arranque)} \times (0.8)^2 \text{ volts proporcionados} = \text{KW efectivos}$$

$$44.8 \text{ KW} \times 0.8^2 = 28.672 \text{ KW}$$

Paso 4

Para determinar la potencia que el motor de combustión debe proporcionar. Del resultado obtenido en el paso No. 3 resulta:

$$\frac{\text{KW efectivos}}{\text{Eficiencia. generador} \times 0.746} = \text{HP motor de combustión}$$

$$\frac{28.672 \text{ KW}}{0.86 \times 0.746} = 44.69 \text{ HP instantáneos}$$

Estos HP deberán ser proporcionados por el motor diesel, durante el periodo de arranque momentáneo

Usualmente este periodo toma algunos segundos y es deseable que el motor de combustión interna mantenga su velocidad constante durante el arranque de los motores eléctricos normalmente es aceptable una variación de velocidad momentánea no mayor del 6% de la velocidad normal de operación.

Paso 5

Determinar los HP continuos requeridos por el generador, con la fórmula (13).

$$\text{KW nominales del generador} = \text{HP}^*$$

HP* requeridos del motor diesel en servicio continuo.

$$\frac{20 \text{ KW}}{0.86 \times 0.746} = 31.17 \text{ HP continuos}$$

Una planta generadora "convencional" deberá tener una capacidad mínima de 50 KW para obtener características similares en el arranque de un motor eléctrico de 20 HP.

Es importante tener en cuenta que el generador de 20 KW consume 44 HP aproximadamente solo durante algunos segundos. Si el motor es conectado con una cierta inercia, el tiempo de aceleración hasta alcanzar su velocidad normal de operación, será más corto. consecuentemente los HP requeridos por el generador también será una cantidad menor.

EJEMPLO 2

Seleccionar un generador que deberá arrancar primero con tres motores de las siguientes capacidades: 20HP, 10HP, 5HP y posteriormente arrancar un cuarto motor con capacidad de 20HP.

Todos ellos trabajan en una línea trifásica a 220 volts, 60 Hz, diseño NEMA B, código F (ver apéndice clasificación I y tabla No. 2 respectivamente), y eficiencia del 90%.

Cálculo de las características del primer motor de 20HP, siguiendo las fórmulas anteriores.

Paso 1 en arranque

$$\text{KVA} = \text{HP} \times (\text{KVA/HP}) = 20 \times 5.6 = 112 \text{ KVA}$$

$$\text{KW} = \text{KVA} \times \text{F.P.} = 112 \times 0.4 = 44.8 \text{ BKW}$$

$$\text{AMP} = \frac{\text{KW} \times 1000}{1.732 \times 220 \times 0.4} = 293.93 \text{ AMP}$$

Paso 2 en operacion

$$KW = \frac{20 \times 0.746}{0.9} = 16.58 \text{ KW}$$

$$KVA = \frac{16.58}{0.8} = 20.73$$

$$AMP = \frac{16.58 \times 1000}{1.732 \times 220 \times 0.8} = 54.4 \text{ AMP.}$$

Paso 3 Efectivos totales

$$KWE = 78.4 \times 0.8^2 = 50.176$$

$$KVAE = 196 \times 0.8^2 = 125.440$$

$$AMPE = 514.38 \times 0.8^2 = 411.504$$

Para el cálculo de las características de los motores de 10,5 y 35 HP, se sigue la misma secuencia que para el de 20HP.

Estos resultados los concentramos en el cuadro A.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

CUADRO A

CAPACIDAD MOTOR (HP)	CARACTERISTICAS ARRANQUE			CARACTERISTICAS OPERACION		
	KW	KVA	AMPER	KW	KVA	AMPER
20	44.8	112	293.93	16.58	20.73	54.40
10	22.4	56	146.97	8.29	10.36	27.19
5	11.2	28	73.48	4.14	5.18	13.59
35	78.4	196	514.38	29.01	36.27	95.18

F.P. = 0.4

F.P. = 0.8

Arranque del cuarto motor de 20HP.

Del cuadro A tenemos:

CUADRO B

CAPACIDAD MOTOR (HP)	CARACTERISTICAS DE ARRANQUE			CARACTERISTICAS DE OPERACION		
	KW	KVA	AMPER	KW	KVA	AMPER
35	78.4	196	514.38	29.01	36.27	95.18
20	44.8	112	293.93	16.58	20.73	54.40

Sumando las características, que aparecen en el cuadro B de arranque y operación del grupo, concluimos que.

	KW	KVA	AMP
TOTAL	29.01	36.27	95.18
	<u>44.80</u>	<u>112.00</u>	<u>293.93</u>
	73.81	148.27	389.11

y empleando las fórmulas 9.10 y 11 tenemos

$$KWE = 73.81 \times 0.8^2 = 47.23 \text{ KWE}$$

$$KVAE = 148.27 \times 0.8^2 = 94.89 \text{ KVAE}$$

$$AMPE = 389.11 \times 0.8 = 311.28 \text{ AMPE}$$

Las características de operación y arranque de los tres primeros motores y posteriormente el cuarto (ver cuadro B en la parte inferior derecha) determinan la capacidad del generador.

El generador requiere como mínimo 49.59 KW, F.P. 0.8 por lo cual se selecciona tentativamente el generador de 50 KW, F.P. 0.8 tipo autorregulado cuyo amperaje nominal es de 164 amperes (ver tabla No. 3 en el apéndice).

Si se compara el valor del amperaje durante el arranque de los tres primeros motores 514 38 amperes, más el amperaje del cuarto motor en operación 54 40 amperes, se observará que sumados no exceden de la capacidad instantánea de 574 V.s. 514 38 amperes y de operación $95.18 + 54.40 = 149.58$ V.s. 164 amperes. del generador de 50 KW, con lo cual podemos estar seguros que el generador se encuentra bien seleccionado.

Cabe hacer notar que este cálculo puede ser muy particular, ya que se han considerado los siguientes factores.

- 1) Arranque a plena tensión de los motores
- 2) Capacidad instantánea del generador
- 3) Características de la carga

Por lo tanto, debemos tener mucho cuidado y consultar con el fabricante del motor eléctrico y generador sobre sus capacidades instantáneas de arranque.

EJEMPLO 3

Si necesitamos que el arranque sea forzosamente todos al mismo tiempo, combinando los valores del cuadro A y B, resulta el cuadro C descrito a continuación.

CUADRO C

CAPACIDAD MOTOR (HP)	CARACTERISTICAS ARRANQUE			CARACTERISTICAS OPERACION		
	KW	KVA	AMPER	KW	KVA	AMPER
20	44.8	112	293.93	16.58	20.73	54.40
20	44.8	112	293.93	16.58	20.73	54.40
10	22.4	56	146.97	8.29	10.36	27.19
5	11.2	28	73.48	4.14	5.18	13.59
55	123.20	308	808.31	45.59	57.00	149.58

Empleando las fórmulas 9, 10 y 11 con los datos totales del cuadro C, obtenemos:

$$KWE = 123.20 \times 0.8^2 = 78.85$$

$$KVAE = 308.00 \times 0.8^2 = 197.12$$

$$AMPE = 808.31 \times 0.8 = 646.64$$

Como se puede ver en el amperaje de arranque del grupo completo es de 646.64 amperes; lo que es mayor que el máximo que puede proporcionar el generador de 50 KW que da 574 amperes.

Por tal motivo seleccionamos un generador de 60 KW que proporciona $197 \times 3.5 = 690$ amperes en el arranque (ver tabla 3 en el apéndice).

Por tal motivo seleccionamos un generador de 60 KW que proporciona $197 \times 3.5 = 690$ amperes en el arranque (ver tabla 3 en el apéndice)

Selección del generador con regulador

Estos generadores están dotados de un regulador de voltaje que permite una regulación de +/- 10% del voltaje nominal y una regulación de vacío a plena carga de 1%.

Resultando ideales para trabajar con cargas que requieren de voltajes precisos como equipos electrónicos y servicio de alumbrado

Sin embargo también pueden ser utilizados para operación de motores eléctricos.

EJEMPLO 4

Se tiene un motor de 25 HP, 60 Hz, 220 V, 3 F, diseño NEMA B, código F.

De la fórmula (1)

Paso 1

$KVA/HP \text{ arranque} \times HP = KVA \text{ arranque}$

$5.6 \times 25 = 140 \text{ KVA en el arranque}$

Paso 3

1 - Para este caso supondremos una caída del 20%.

2 - Corriéndose hacia la izquierda en forma paralela al eje de las abscisas hasta cruzar el eje de las ordenadas (vertical), en donde podremos leer la capacidad correspondiente. para este ejemplo, resulta un generador de 75 KW F.P. = 0.8.

EJEMPLO 5

Suponiendo que se necesitará arrancar dos motores eléctricos, uno de 10 HP y otro de 20 HP ambos a 220 volts, 60 Hz, 3 fases, diseño B, código F, necesitando arrancar primero el motor de 20 HP.

Paso 1

$$20 \text{ HP} \times 5.6 \text{ KVA/HP} = 112 \text{ KVA}$$

Paso 2

Seleccionando una caída de 20% de voltaje en la gráfica, nos da 58 KW (eje vertical), capacidad mínima que debe tener el generador.

Paso 3

Si el motor de 20 HP tiene una eficiencia del 90% esto representará una carga de 16.58 KW (ver cuadro A, características de operación), cuando el motor ya haya alcanzado su régimen de operación.

Paso 4.

Para el arranque del motor de 10 HP

$$10 \text{ HP} \times 5.6 \text{ KVA/HP} = 56 \text{ KVA}$$

y una caída de voltaje de 20% encontramos en la gráfica que requiere una capacidad mínima de 30 KW.

Paso 5

Para obtener la capacidad mínima requerida tenemos:

- a) En el primer arranque requieren 58 KW (paso 2.)
- b) En operación el motor de 20 HP consume 16.58 KW (paso 3)
- c) En el arranque del segundo motor se requiere: $16.58 \text{ KW} + 30 \text{ KW} = 46.58 \text{ KW}$ (paso 4)

Se elige el generador en función del arranque que consume mayor potencia (paso 2), ya sea para uno o varios motores, añadiendo la potencia que consumen otros motores en operación, en este caso el generador seleccionado es de 60 KW F.P. = 0.8

Ejemplo 6.

En el caso inverso del ejemplo anterior, el motor de 10 HP en operación (ver cuadro A) y arrancando posteriormente el de 20 HP requiere

$$8.29 \text{ KW} + 58 \text{ KW} = 66.29 \text{ KW}$$

Por lo que será necesario seleccionar un generador de 75 KW con regulador o de lo contrario aceptar una caída de voltaje de aproximadamente 24% en el caso de que se seleccione el generador de 60 KW.

EJEMPLO 7

Si requerimos de que ambos motores arranquen a un solo tiempo:

$$20 \text{ HP} \times 5.6 \text{ KVA/HP} = 112 \text{ KVA}$$

$$10 \text{ HP} \times 5.6 \text{ KVA/HP} = \underline{56 \text{ KVA}}$$

156 KVA totales

Con una caída de 20% del voltaje obtenemos una capacidad mínima de 90 KW (ver apéndice gráfica 4). o si podemos operar con una caída del 23% de voltaje, podremos seleccionar un generador de 75 KW con regulador.

APENDICE

I - CLASIFICACION DE LOS MOTORES DE INDUCCION

De acuerdo con sus características de par, intensidad y velocidad, la NEC (National Electrical Code) y la NEMA (National Electric Manufactures Association), han clasificado a los motores en diferentes clases

CLASE A.- Tipo normal

Este es un motor diseñado con un par de arranque normal alrededor de 150% del de régimen. Su corriente de arranque va de 5 a 7 veces la nominal. Su deslizamiento a plena carga es menor del 5% y en los motores de gran tamaño, aproximadamente el 2%.

Tiene un solo devanado de jaula de ardilla de baja resistencia, el cual se instala en ranuras profundas, lo cual se reduce en un arranque rápido. Para motores de 10 HP o mayores, las corrientes de arranque suelen ser muy elevadas, lo que implica la utilización de métodos de arranque a tensión reducida. Sus aplicaciones son generales: bombas centrifugas, ventiladores, grupo motor - generador y equipos que requieren un par de arranque bajo.

CLASE B

Este diseño proporciona pares y deslizamientos similares a los de la clase anterior, pero las corrientes en el arranque suelen ser menores, de 4 a 5 veces la nominal. Esta característica se consigue por medio de un devanado de rotor especial de tipo doble jaula de ardilla o de barras profundas como en los de clase A. Como los anteriores, no se prestan para el arranque a tensión plena de la red. Este diseño es el más común para uso general en tamaños que van de los 5 a los 200 HP, cuando los requerimientos del par de arranque no son muy severos.

CLASE C

Este es un diseño de par de arranque elevado y baja corriente de arranque, su rotor es de doble jaula de ardilla, que si bien proporciona las características mencionadas, limita su capacidad de disipación térmica. Por esto no son recomendados, para cargas de alta inercia que impidan su rápida aceleración. Su corriente de arranque es de 4.5 a 5 veces la nominal, su par de arranque del orden de 250% del de régimen y su deslizamiento a plena carga es del 5% o menos. Entre sus aplicaciones más comunes se tiene: compresores, transportadores, máquinas trituradoras y toda clase de cargas de naturaleza estática y con requerimientos de alto par de arranque. Se fabrican de capacidades de 3 HP o mayores.

CLASE D

Son motores con ranuras en el estator reducidas y a poca distancia de la superficie. Esto trae consigo alta resistencia, desarrollándose elevados pares de arranque, hasta 300% del

nominal, pero con rendimientos bajos. Además tiende a sobrecalentarse con cargas de alta inercia. Se usa con cargas intermitentes, con frecuentes inversiones de giro que requieren aceleraciones rápidas. Los motores con deslizamientos mayores, tales como los que se usan en los servicios de los elevadores, tienen deslizamientos entre 15 y 25%

CLASE E Y F

Los motores clase E, son de bajo par de arranque, 130% del nominal, baja corriente de arranque de 2 a 4 veces la nominal y bajo deslizamiento, alrededor de 2%. Se construyen con doble jaula de ardilla, proporcionando requerimientos más bien modestos, aunque su consumo de energía es pequeño. Se utiliza para mover cargas ligeras como las de los motores de clase A y B. La clase F, es similar a la clase E, pero requieren menos corriente de arranque y presenta un deslizamiento mayor.

Rotor devanado. Sus devanados del rotor pueden ser conectados a un grupo de resistencias exteriores y a otros circuitos de mando, lográndose con esto:

- A) Ajustar el par de aceleración.
- B) Controlar su velocidad.

TABLA 2

LETRAS DE CLAVE DE BLOQUEO PARA DETERMINAR LA CORRIENTE DE ARRANQUE EN MOTORES ELECTRICOS DE INDUCCION TRIFASICOS (JAULA DE ARDILLA)

DESIGNACION	KVA POR CABALLO
A	0 - 3.15
B	3.15 - 3.55
C	3.55 - 4.00
D	4.00 - 4.50
E	4.50 - 5.00
F	5.00 - 5.60
G	5.60 - 6.30
H	6.30 - 7.10
J	7.10 - 8.00
K	8.00 - 9.00
L	9.00 - 10.0
M	10.0 - 11.2

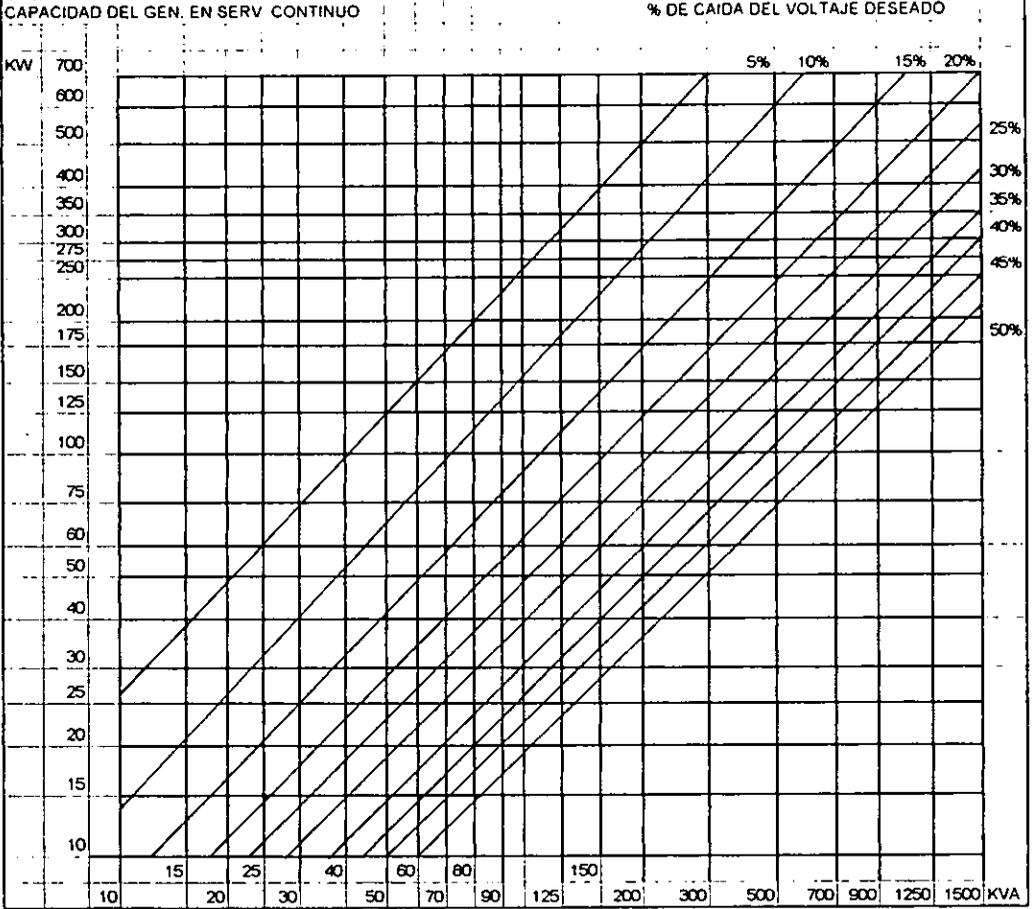
TABLA 3

CORRIENTES DE LINEA DE GENERADORES TRIFASICOS A PLENA CARGA Y
 FACTOR DE POTENCIA DE 80/100

KW	KVA	220 V	230 V	440 V	460 V
7.5	9.4	25	24	12	12
10	12.5	33	31	16	16
15	18.7	49	47	25	24
20	25.0	66	63	33	31
25	31.3	82	79	41	39
30	37.5	99	94	49	47
40	50.0	131	126	66	63
50	62.5	164	157	82	78
60	75.0	197	188	99	94
75	93.8	246	235	123	118
100	125.0	328	314	164	157
125	156.0	410	392	205	196
150	187.0	491	469	246	235
175	219.0	575	550	288	275
200	250.0	657	628	328	314
250	312.0	819	783	410	392
300	375.0	985	941	493	471
350	438.0	1151	1101	575	550

GRAFICA 4

COMPORTAMIENTO DE LOS GENERADORES F.M. REGULACION EXTERNA EN ARRANQUE DE MOTORES



CONCLUSIONES

En el presente trabajo hemos tratado con gran interés, la importancia de la electricidad para el desarrollo del hombre, y por tal situación su interrupción ocasiona trastornos importantes y pérdidas económicas cuantiosas; por lo cual es de gran importancia adentrarse en el estudio de las PLANTAS ELECTRICAS DE EMERGENCIA; ya que gracias a ellas podemos suplir de una manera eficiente por un cierto intervalo de tiempo la energía proporcionada por las compañías suministradoras.

Como se pudo apreciar todo el conocimiento aquí presentado, es la recopilación de información acerca de las plantas de emergencia, el acceso a esta información es muy difícil ya que es exclusivo de los fabricantes además es muy limitada la bibliografía en español para su consulta.

Es por estas razones que esperamos que por medio de este trabajo se den las herramientas suficientes para el conocimiento y operación de las plantas eléctrica de emergencia para así tener las bases para seleccionar una planta eléctrica de emergencia que mejor convenga a las necesidades del usuario.

Esperemos que este trabajo ayude en la formación de INGENIEROS MECANICOS ELECTRICOS, con los suficientes conocimientos en PLANTAS ELECTRICAS DE EMERGENCIA, sean capaces de asumir su responsabilidad y compromiso con el crecimiento y desarrollo de México.

BIBLIOGRAFIA

ELECTRICIDAD 1-7

HARRY MILEAF

LIMUSA

INSTALACIONES ELECTRICAS CONCEPTOS BASICOS Y DISEÑO

N. BRATO, E. CAMPERO.

PLANTAS ELECTRICAS

RAUL APAOLAZA

MANUAL DE CARACTERISTICAS DE LAS PLANTAS ELECTRICAS

AUTOMATICAS

“SELMEC”

MAQUINAS MOTRICES GENERADORES DE ENERGIA ELECTRICA

JOSE RAMIREZ VAZQUEZ

C E A C