



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN



33  
2E1

“GRUPOS GENERADORES  
(PLANTAS ELECTRICAS)”

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
P R E S E N T A :  
**OSCAR MORALES MORALES**

ASESOR: ING. JOSE ANTONIO BARRERA RODRIGUEZ

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx.

1995

FALLA DE ORIGEN



## **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 está 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. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA: "Grupos Generadores (Plantas Eléctricas)".

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

que presenta el pasante: Oscar Morales Morales  
con número de cuenta: 8406892-3 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 5 de Enero de 199 5

PRESIDENTE	<u>Ing. Casildo Rodríguez Arciniega</u>	<u>Cas 17-1-95</u>
VOCAL	<u>Ing. Ma. de la Luz González Quijano</u>	<u>Luz 31-1-95</u>
SECRETARIO	<u>Ing. José Antonio Barrera Rodríguez</u>	<u>JAB 5/1/95</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Jaime Rodríguez Martínez</u>	<u>JRM 11/1/95</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Ramón Osorio Galicia</u>	<u>RO 12/1/95</u>

UAE/DEP/VAP/01

FALLA DE ORIGEN

Doy gracias a Dios por todas las bendiciones  
que me ha dado y por que siempre está conmigo

A mis padres Abraham y Ma. Antonleta  
con amor y agradecimiento por el apoyo  
y cariño con que me han guiado.

Al Ing. José A. Barrera por todo la ayuda  
recibida para la realización de este trabajo.  
Con cariño, admiración y agradecimiento

Al Ing. Manuel Bandrich por su apoyo  
incondicional, con admiración y agradecimiento

A mis hermanos Abraham, Carlos, Pablo y David  
Con cariño por el tiempo compartido

Con aprecio a todos mis compañeros de trabajo  
Ing. R. Ramírez, Gilberto, Tomás, Anilú, Carmen  
Claudia, Lillana y Edgar.

A Celso, Bernardo, J. Luis y L. Fernando  
por la amistad que me han brindado

A Ma. Guadalupe O.  
por ser una persona especial en mi vida

**GRUPOS GENERADORES  
( PLANTAS DE ENERGIA ELECTRICA)**

**CAP 1. SISTEMAS DE GENERADORES.**

1.1. INTRODUCCION.	1
1.2. COMPONENTE DE UN SISTEMA GENERADOR.	2
1.3. USO DE LOS GRUPOS GENERADORES.	5
1.3.1 DEMANDA DE LOS GRUPOS GENERADORES.	9
1.4. EL GRUPO GENERADOR Y EL MEDIO AMBIENTE.	11

**CAP 2. ELECTRICIDAD BASICA.**

2.1. ENERGIA ELECTRICA.	15
2.2. CORRIENTE ELECTRICA, LEY DE OHM.	16
2.3. CIRCUITOS SERIE Y PARALELO.	20
2.4. COMPONENTES ELECTRICOS	25
2.5. MAGNETISMO E INDUCCION MAGNETICA.	30
2.6. C.A. Y POTENCIA DE C.A.	34

**CAP 3. ELECTROMAGNETISMO Y GENERADORES.**

3.1. MAGNETISMO Y FLUJO DE CORRIENTE.	52
3.1.1. ELECTROIMANES.	52
3.1.2. INDUCCION ELECTROMAGNETICA.	53
3.1.3. CANTIDAD DE VOLTAJE INDUCIDO.	55
3.2. INTRODUCCION A LOS GENERADORES.	56
3.2.1. GENERACION DE UNA ONDA SINUSOIDAL POR INDUCCION MAGNETICA-GENERADOR.	57
3.2.2. CONSTRUCCION Y OPERACION BASICA DE GENERADORES	58
3.2.2.1. GENERADORES TRIFASICOS.	61
3.2.2.2. DEVANADOS DEL GENERADOR.	62
3.2.2.3. CONEXION EN Y ALTA, Y BAJA.	63
3.2.2.4. GENERADORES SIN ESCOBILLAS.	65

**CAP 4. SISTEMAS DEL MOTOR.**

4.1. SISTEMA DE AIRE.	71
4.2. SISTEMA DE COMBUSTION.	76
4.3. SISTEMA DE LUBRICACION.	79
4.4. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.	81
4.5. ARRANQUE.	84
4.6. SISTEMA ELECTRICO.	86
4.7. GOBERNADOR.	89
4.8. CIMENTACIONES.	94

## **CAP 5. SISTEMAS ELECTRICOS.**

<b>5.1 GENERADORES: CARACTERISTICAS Y RENDIMIENTOS.</b>	<b>96</b>
<b>5.2. CORTA-CIRCUITOS.</b>	<b>101</b>
<b>5.3. INTERRUPTORES AUTOMATICOS DE TRANSFERENCIA.</b>	<b>111</b>
<b>5.4. TABLEROS DE CONTROL.</b>	<b>119</b>
<b>5.5. OPERACION EN PARALELO.</b>	<b>122</b>

## **CAP 6. ANALISIS DE CARGAS Y SELECCION DE GRUPOS GENERADORES.**

<b>6.1. ANALISIS DE CARGAS, TAMAÑO Y SELECCION DEL GENERADOR.</b>	<b>132</b>
<b>6.2. CARACTERISTICAS DE LA CARGA.</b>	<b>133</b>
<b>6.3. FACTORES DE ANALISIS DE CARGA</b>	<b>146</b>
<b>6.4. PROCEDIMIENTO PARA SELECCIONAR UN GRUPO GENERADOR.</b>	<b>148</b>
<b>EJEMPLO 1</b>	<b>149</b>
<b>PROCEDIMIENTO ALTERNO</b>	<b>157</b>
<b>EJEMPLO 2</b>	<b>158</b>

<b>FORMULARIO</b>	<b>160</b>
-------------------	------------

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>162</b>
---------------------	------------

<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>164</b>
---------------------	------------

# CAPITULO 1

## SISTEMAS DE GENERADORES

### 1.1. INTRODUCCION

Hoy en día la energía eléctrica es una fuente necesaria para el ser humano para poder elaborar sus tareas cotidianas, así como para sus diversiones.

"Energía" es una palabra con muchos significados. Los seres humanos podemos gastar mucha, pero no la creamos. Lo que hacemos es que tomamos una clase de energía ya existente y la transformamos en otra..

Eso es lo que hacemos con un generador, que transforma energía mecánica en eléctrica.

Una planta eléctrica portátil es: un sistema de potencia que está permanentemente instalado, y conectado directamente al sistema eléctrico. Por conveniencia la mayoría de los sistemas estacionarios pequeños son aparatos de gas natural, algunos de más potencia son de gasolina ó bien de Diesel, estos sistemas se encuentran listos para suministrar electricidad simple y en todo momento que el ser humano lo necesite.

Es muy fácil de instalar un generador estacionario y un interruptor de transferencia que continuamente monitorea la calidad del servicio eléctrico para su utilidad. Si la falta de potencia es interrumpida en ese momento el sistema estacionario arranca automáticamente, suministrando potencia o fuerza eléctrica a todo el equipo.

En muchas formas la energía eléctrica a venido a definir la forma de vida del ser humano. De hecho el promedio de aparatos eléctricos en cada casa es de 10.

Muchos de nosotros no nos damos cuenta lo importante que es la electricidad hasta que esta se suspende. Los aparatos no funcionan, los sistemas de seguridad se apagan, aún las cosas más simples están en espera de esa energía en donde la electricidad es usada para activar bombas de agua y algunos otros sistemas, la necesidad de electricidad continua es mayor. Un generador puede solucionar este problema ya que suministra electricidad cuando la luz normal falla, protegiendo su propiedad aunque usted no se encuentre allí.

Las plantas estacionarias proveen de energía a pequeños negocios, oficinas, fabricas, hoteles, hospitales, etc. donde es necesaria una continuidad en el suministro de electricidad, ya sea para equipos sofisticados de producción continua, equipos de computación, para las comunicaciones, así como equipo necesario para monitorear a los pacientes en clínicas, entre otras muchas aplicaciones en las que se utilizan las plantas de energía eléctrica.

Estos son algunos aspectos importantes por lo que una planta de emergencia es necesaria para las tareas cotidianas de el ser humano así como para su comodidad.

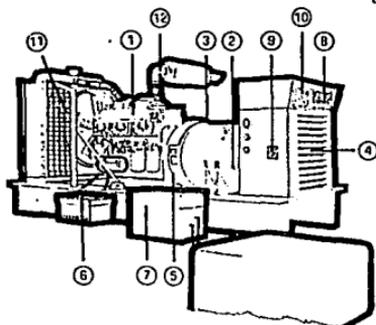
## 1.2. COMPONENTES DE UN SISTEMA GENERADOR

Los componentes que son comunes a todos los sistemas de generadores, tanto primarios como auxiliares se podrán ver en la fig. 1-1.

- Motor diesel que mueve el rotor
- El estator
- Las partes eléctricas que transmiten la corriente
- Las partes mecánicas que lo arman todo
- El sistema de arranque el cual lo pone a funcionar.

Frecuentemente se usa un sistema de arranque por batería. Este sistema incluye las baterías, un motor de arranque, un alternador para cargar las baterías, su regulador e interruptor de arranque. El arranque por baterías es económico, ocupa poco espacio y es confiable. En algunas instalaciones se utiliza el arranque por aire. Este sistema comprende un motor de arranque por aire y los controles de arranque.

Una vez que arranca, un generador puede trabajar por largo tiempo, de manera que el motor requiere un suministro continuo de combustible. Tanto el motor como el generador produce calor, de modo que se necesita un ventilador o sistema de enfriamiento por líquido para el motor y un adecuado flujo de aire alrededor del área donde se encuentra el grupo generador.



1. Motor Diesel
2. Rotor
3. Estator
4. Partes eléctricas
5. Partes mecánicas
6. Sistema de arranque
7. Combustible
8. Equipo de seguridad
9. Corta circuitos automáticos
10. Tablero de control
11. Sistema de refrigeración
12. Sistema de escape

fig. 1- 1 Componentes de los Sistemas de Generadores

Los gases producidos por la operación del motor tiene que ser extraídos con seguridad por el sistema de escape

Un tablero de Control es otra parte esencial del sistema generador. El cual nos indica el funcionamiento del sistema de generación y se encuentra montado en el generador. Se encuentra distribuido en su gran mayoría en dos partes esenciales una de ellas se encarga de registrar lo relacionado con el generador y puede incluir un voltímetro, amperímetro, medidor de frecuencia, selector de fases, u otros accesorios especiales. La otra incluye medidores relacionados con el motor, tales como el horómetro, termómetro para temperatura del agua, presión y temperatura del aceite y el tacómetro. Aquí también está el interruptor de arranque del sistema.

Las protecciones del equipo son una parte clave del grupo generador, en estas protecciones se encuentra el corta circuitos automático, el cual es un dispositivo de protección concebido para evitar que el generador se quemé. Puede ir montado en el generador o separado de él, su funcionamiento es el desconectar el generador de la carga cuando hay problemas eléctricos, un corto circuito o una sobre carga eléctrica. El equipo de seguridad tiene la función de vigilar la temperatura del agua, la temperatura y presión del aceite en el motor, así como evaluar la velocidad a la cual opera el sistema.

Si llega a haber alguna falla en la máquina el equipo de seguridad se apagará y en el tablero de control por medio de leds se indicará la falla del generador y el porque.

El sistema generador auxiliar tiene dos características adicionales. En

contraste con un sistema primario, que está diseñado para operar casi continuamente, el sistema auxiliar entra en servicio cuando se necesita, opera un tiempo y luego se apaga. Este ciclo de prender y apagar puede repetirse a menudo. Por eso el sistema auxiliar también incluye un interruptor automático de transferencia y un sistema de arranque y parada automático.

El interruptor automático de transferencia capta cuando la fuente primaria de energía falla y manda una señal al sistema de arranque y paro automático, el cual pone el grupo generador en marcha. Al re-establecerse el servicio eléctrico normal, el interruptor automático de transferencia avisa al sistema de arranque y paro, el cual apaga el grupo generador.

Además de obedecer el sistema de transferencia, la unidad de arranque y paro automático está conectada al sistema de seguridad que constantemente vigila las diversas condiciones del grupo generador. Si el sistema capta una alta temperatura de agua en el sistema de refrigeración, una caída marcada en la presión del aceite o velocidad excesiva del motor, el sistema de arranque y paro apagará al grupo generador.

### 1.3 USO DE LOS GRUPOS GENERADORES

Casi cualquier caso donde se use o se pueda usar energía eléctrica, es una aplicación potencial para un sistema generador. Las instalaciones que requieren una gran cantidad de energía, frecuentemente incluyen varios sistemas generadores trabajando juntos. Muchas aplicaciones requieren generadores móviles que pueden ser llevados fácilmente.

Para darnos una idea del gran mercado de grupos electrógenos apreciaremos dos tipos de aplicaciones básicas.

#### APLICACIONES PRIMARIAS

Las aplicaciones primarias, donde el generador es la fuente principal o única de energía caen en cinco categorías generales.

**Primero:** Hay las aplicaciones en sitios remotos donde no hay servicio eléctrico, y donde sería muy alto el costo de construir largas líneas de transmisión desde donde hay el servicio. Las minas de carbón, las canteras necesitan energía eléctrica para sus palas grandes y trituradoras. Los sistemas de generadores hacen el trabajo y tienen la ventaja de poder ser llevados a nuevos frentes de trabajo. Un caso similar sería una planta procesadora que opera cerca de su materia prima, un aserradero, una desmontadora de algodón, en la construcción de puentes y un molino de granos son algunos ejemplos. (fig. 1.2).

Áreas totalmente inaccesibles para las líneas de transmisión eléctrica.

Los generadores primarios se usan en unidades móviles e instalaciones marinas, plataforma de perforación submarina, barcas, embarcaciones que tienen cables y faros (fig. 1.3). Las aplicaciones de grupos generadores portátiles incluyen circos y parques de diversiones, plantas portátiles de asfalto y plantas de trituración.

Proveer la energía eléctrica a menor costo que las empresas de energía, es otro posible uso de un grupo generador primario. Este puede ser el caso en que el calor producido por el motor y el agua se recupera para otros usos. Ejemplos

de esto podrían ser: Compañías manufactureras, ladrilleras, molinos de trigo, donde un sistema generador primario puede ser más económico que el servicio eléctrico existente.



fig. 1.2 Construcción de puentes.



fig.1.3 Instalaciones Marinas

La demanda pico crea otro mercado para los grupos generadores. Las tarifas eléctricas casi siempre se basan en el máximo consumo eléctrico durante un cierto periodo de tiempo. Este consumo se llama demanda pico.

Cuando una operación ocasiona un súbito aumento en el consumo una vez al día o a la semana, puede ser más barato operar un generador que pagar el precio alto que cobra la compañía de energía eléctrica por esta demanda pico ocasionada. Muchas plantas industriales necesitan mas energía en alguna parte de su proceso en el cual se puede ahorrar dinero usando un grupo generador.

La operación de equipos delicados es otra aplicación para generadores primarios. Los costosos equipos eléctricos pueden sufrir daños por las fluctuaciones en la corriente eléctrica. Un generador primario puede producir el flujo constante de energía eléctrica para computadoras, radares y toda clase de equipos electrónicos.

## APLICACIONES AUXILIARES

Las aplicaciones auxiliares, donde el generador constituye una especie de seguro eléctrico en caso de fallar el suministro normal de energía, los cuales caen en tres grandes grupos.

La primera es la seguridad pública donde una falla de energía puede ser asunto de vida o muerte. Los generadores auxiliares protegen al público en hospitales, estaciones de policía, bomberos y aeropuertos. La energía auxiliar también es vital para las comunicaciones telefónicas, transmisiones de radio y televisión, plantas de tratamiento de aguas potables, y negras, en instalaciones militares e instalaciones de radar.

La seguridad privada es otro campo que necesita de energía auxiliar. Cualquier sitio donde trabaja, juega o compra un gran número de personas, requieren una fuente auxiliar de energía, y no solo para las luces y calefacción, sino también para ventilación donde se producen gases tóxicos y para operar los controles eléctricos de seguridad. Algunos ejemplos son oficinas, restaurantes, centros comerciales, hoteles, elevadores para esquiadores y los parques de diversiones.

Los generadores auxiliares dan una seguridad económica en los casos en que un apagón puede dañar equipos o materiales. Muchas industrias tienen procesos que, una vez comenzados tiene que llevarse a cabo totalmente. Una falla eléctrica durante un proceso de estos puede ocasionar una gran pérdida. Por ejemplo, en un proceso de extrusión, el plástico se funde y se pasa por las

máquinas. El suministro de energía tiene que ser constante, o el plástico se endurece dentro de la máquina. La energía eléctrica constante también es esencial para lecherías, frigoríficos, fábricas de hielo, laboratorios fotográficos, fabricación de pinturas y otros procesos químicos.

### 1.3.1. DEMANDA DE LOS GRUPOS GENERADORES

Se espera que el mercado mundial de grupos generadores aumente aproximadamente en un 40% para mediados de la década de los noventa.

En unidades, esto arroja más o menos 21,000 unidades para el mercado Norte Americano y 28,000 para el mercado internacional, o sea el 57% el mercado total. El tamaño del mercado internacional ha sido durante varios años. Se espera que siga así en los noventa.

En los últimos años, ocho de cada diez unidades instaladas en el mercado Internacional fueron usados como fuente primaria de energía.

En Norte América, siete de cada diez grupos generadores vendidos, se usaron para aplicaciones auxiliares. El cual se espera que esta tendencia continúe.

En el mercado internacional, hay muchos países que rápidamente están desarrollando potencial industrial. En muchos casos, este crecimiento es mayor que el de los servicios públicos, lo cual hace que los generadores primarios constituyan el mercado mayor.

Aunque se cree que los mercados tradicionales de plantas primarias y auxiliares dominan los años noventa, está naciendo todo un mercado nuevo; especialmente en los Estados Unidos. Este mercado, que combina las características de las aplicaciones primaria y auxiliares, está creciendo por los aumentos en el precio de la energía eléctrica. Básicamente, este mercado se divide en tres categorías.

Una es la reducción de la demanda pico y su alto costo usando los grupos generadores auxiliares existentes. La segunda es la reducción de la demanda pico comprando nuevos sistemas de generadores que pueden o no tener funciones adicionales como auxiliares. En la tercera categoría, se están instalando sistemas de generadores para sustituir algunos o todos los servicios prestados por las compañías de energía eléctrica. En los Estados Unidos, este concepto se ha llamado "co-generación" o energía total.

El mercado es impresionante teniendo el Norte Americano así como el mercado internacional, especialmente en los países en desarrollo. Se espera que los países que están promoviendo agresivamente su crecimiento industrial serán los mejores mercados. En orden de potencial de mercado, estos son : Norte América, el Medio Oriente, África, el Lejano Oriente, Sur y Centro América.

Con lo que respecto a México se tiene un mercado de 1500 unidades para el año de 1994, 1300 para el 95 y 1500 para el 96, lo que es aproximadamente un 5.3% del mercado internacional.

#### 1.4. EL GRUPO GENERADOR Y EL MEDIO AMBIENTE

Los sistemas generadores son robustos, confiables y generalmente tienen una larga vida útil, sin embargo, hay que tomar algunas precauciones para asegurarse de que se instalen en un ambiente donde puedan funcionar correctamente y seguramente. Si se siguen los procedimientos apropiados, los sistemas generadores pueden operar extensa y seguramente en muchas condiciones diferentes y difíciles.

Hay que tener en cuenta la TEMPERATURA en la operación de un sistema generador. Aunque los sistemas generadores trabajan mejor entre los 16°C a 38°C, y trabajan por encima y debajo de estas temperaturas. (fig.1.4.)

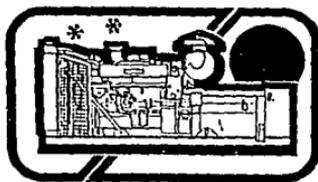


fig. 1.4. Protección contra Temperatura

Los motores turbo cargados trabajan según especificaciones hasta 38°C, y luego pierden el 1% de potencia por cada 5.5°C. Sin embargo a temperaturas extremas, tanto calientes como frías, se deben ciertos ajustes en la operación del generador. En ocasiones se necesitan equipos auxiliares.

Cuando el frío es extremo, frecuentemente en el sistema se instalan calentadores del agua, o del aceite lubricante. En ambientes muy cálidos pueden

ser necesarios radiadores para alta temperatura ambiente.

La HUMEDAD es otro enemigo de un sistema generador. El sistema consiste de partes mecánicas y electrónicas con cables y otros metales los cuales tienen que ser protegido de la humedad. Frecuentemente se usan calentadores eléctricos de ambiente para mantener secos los elementos eléctricos mientras el sistema no funciona. (fig.1.5.)

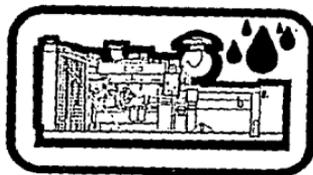


fig. 1.5. Protección contra la Humedad

La nieve, la lluvia, el granizo, el rocío, la condensación ocasionada por cambios de temperatura, el vapor y el salpique de líquidos en proceso industriales, contra todos ellos hay que proteger el grupo generador, y el sistema más usado es algún tipo de cerramiento. En la mayoría de los casos, el cerramiento consiste en cuatro lados y un techo. En muchas instalaciones portátiles, el sistema generador se instala generalmente dentro de un remolque. Además de la protección básica del cerramiento, las partes expuestas del sistema generador deben pintarse o barnizarse con recubrimientos industriales adecuados.

EL POLVO es otro enemigo de los sistemas generadores. No solo es polvo

común y corriente, sino las muchas clases de polvo proveniente de diversos procesos industriales: polvo de carbón; arena, grafito pulverizado, fibras de madera, polvo de madera y de rocas; todos pueden alterar el funcionamiento de un generador y ocasionar un corto circuito que destruye el generador. El polvo también ataca el motor diesel, pero el motor usualmente se puede proteger con filtros de servicio pesado o usando conductos para tomar aire de donde haya menos polvo. Para el generador en si, pueden hacerse necesarios filtros especiales. fig. 1.6.

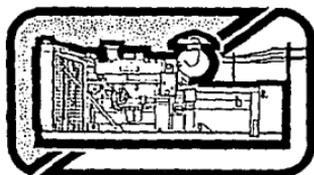


fig. 1.6. Protección contra el polvo

La mejor solución en un ambiente polvoriento, es instalar el generador lejos del polvo y llevar la energía que genera al sitio de trabajo. Una segunda solución al polvo es una limpieza periódica y completa del sistema. En muchos casos la limpieza DIARIA. Soplar el sistema con aire comprimido es una buena manera de mantenerlo limpio. Otra protección puede ser una cubierta especial para los componentes del generador, por ejemplo, el regulador de voltaje, que son los más sensibles al polvo.

LAS ATMOSTERAS EXPLOSIVAS y los grupos generadores sencillamente no van juntos. Acetileno, hidrógeno, etileno, gasolina, metano entre otros son materiales peligrosos para un sistema generador. También lo son materiales de

fácil ignición, como el algodón, el rayón y otras fibras similares. Nuevamente, la solución normal y óptima a un ambiente peligroso es ubicar el grupo generador lejos de él y transportar la energía eléctrica al sitio por cables.

Otra consideración, tanto para el motor, como para el generador es la ALTURA. El motor necesita cantidades de aire para convertir todo el combustible en energía. Además el flujo de aire hace una buena parte del trabajo de enfriar el generador. A mayor altura, el aire es menos denso. Hasta 1000 mts. sobre el nivel del mar, por ejemplo un generador KOHLER funciona normalmente hasta 1007 M.S.N.M. teniendo un factor de reducción del 3% en la eficiencia del generador por cada 305 metros. Tanto el motor, como el generador se les debe disminuir su potencia paulatinamente, esto simplemente quiere decir que tanto el motor como el generador operan con menor eficiencia y entregan menor potencia a medida que aumenta la altura por encima de los 1000 metros.

La temperatura, la humedad, el polvo, las atmósferas explosivas y la altura, tienen que considerarse cuidadosamente en el diseño de cualquier sistema generador.

## CAPITULO 2

### ELECTRICIDAD BASICA

#### 2.1. ENERGIA ELECTRICA.

Hoy, la energía es necesaria para que una nación crezca, progrese y obtenga estabilidad económica. Una nación puede construir una gran civilización usando la energía, pero los recursos energéticos se están volviendo escasos. Para usar bien los recursos energéticos, hay que tener un buen entendimiento de qué es la energía.

Energía es la capacidad de realizar trabajo, hay muchas clases de energía: calórica, atómica, mecánica y eléctrica. Una clase de energía puede transformarse en otra. En una central eléctrica, el calor convierte el agua en vapor. El vapor, a su vez, se usa para impulsar una turbina que produce energía mecánica rotativa. Esta energía mecánica impulsa un generador que la convierte en energía eléctrica. La electricidad se puede transmitir y convertir en otras formas de energía.

Hasta principios del siglo pasado, se entendía muy poco sobre la producción de energía eléctrica. Desde entonces, se han realizado un sin número de experimentos que han permitido entender como se puede generar energía, energía eléctrica eficiente y económicamente. La electricidad se puede producir de varias maneras. Un método común es por medio de una reacción química, este dispositivo se llama batería. Una batería tiene la gran desventaja de poder producir solo una cantidad limitada de energía. La mayoría de las industrias necesitan grandes cantidades de energía eléctrica. Para producir la electricidad

que necesitan las industrias, se usa un generador electromagnético.

Tanto en los países industrializados como en los países en desarrollo, la capacidad de generar energía eléctrica tiene importancia mundial. Los países requieren electricidad como fuente primaria de energía para sus hogares, escuelas y fábricas. En nuestro mundo moderno sería imposible vivir sin energía eléctrica.

## 2.2. CORRIENTE ELECTRICA, LEY DE OHM.

Corriente eléctrica es el paso de electrones a través de un conductor. La corriente eléctrica es transmisión de energía ( por lo cual se desplaza aproximadamente a 300,000 Km por segundo), y debe existir necesariamente un circuito que permita este flujo constante de electrones.

Los electrones se desplazan siempre de un potencial negativo a un potencial positivo, de tal manera que, para que haya corriente eléctrica, debe existir necesariamente una diferencial de potencial.

Amperio.

El movimiento de electrones por un alambre se llama corriente eléctrica o corriente. La corriente que no presenta variación ni en magnitud, ni en sentido se le denomina como Corriente Continua (C.C.), y aquella corriente la cual varía, a intervalos periódicos, tanto en magnitud como en sentido o dirección se le denomina como Corriente Alterna (C.A.). La intensidad de la corriente depende del número de electrones que se mueven en un circuito. Como los electrones son invisibles y muy numerosos, no se pueden medir por medios

ordinarios. La unidad de medida de corriente es el Amperio (A). Un amperio equivale a  $6.24 \times 10^{18}$  electrones pasando por un punto dado en un segundo. La letra *I*, representando la intensidad, se usa para señalar la corriente en el circuito. La medición de la corriente se logra con un instrumento llama Amperímetro, el cual se conecta en serie, interrumpiendo el circuito. (fig.2.1.)

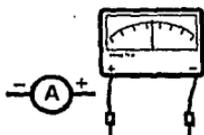


fig. 2.1. Amperímetro

**Voltaje, Tensión ó Fuerza Electromotriz.**

Es la diferencia de potencial existente entre dos cargas. La unidad para medir tensiones es el voltio. El voltio es la diferencia de potencial eléctrico que existe entre dos puntos de un circuito, por el cual circula una corriente de un amperio, cuando la potencia desarrollada entre estos puntos es de un vatio. El instrumento que se emplea para medir esta magnitud es el Voltímetro, que se conecta en paralelo con el circuito cuya tensión se desea medir. fig. 2.2.

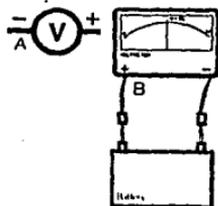


fig. 2.2. Voltímetro

## Resistencia.

Se tiene presente que la cantidad de corriente que pasa por un circuito depende de la magnitud del voltaje aplicado. A mayor voltaje, mayor corriente. Sin embargo, la corriente resultante de un voltaje dado depende también de la resistencia del circuito. La resistencia en un circuito se opone al paso de los electrones, así como la fricción se opone al movimiento mecánico. Si la resistencia en un circuito se aumenta y el voltaje permanece constante, la corriente a través del circuito disminuirá.

La unidad de medida de la resistencia es el Ohmio, el cual se identificara con la letra griega  $\Omega$  (omega). Un Ohmio es la resistencia que permite el paso de un amperio por un circuito cuando se le aplica un voltio. La mayor parte del trabajo realizado en un circuito eléctrico depende de la resistencia.

La resistencia en un alambre depende de:

1. El tipo de material.
2. El área de la sección.
3. La longitud.
4. La temperatura.

Los diferentes materiales tienen diferentes estructuras atómicas, esta determina cuantos electrones libres están disponibles para el flujo de la corriente. Un alambre de cobre tiene menos resistencia que uno de aluminio porque el alambre de cobre tiene más electrones libres. Un alambre que tiene un diámetro mayor que otro tiene más electrones libres por pulgada de longitud. Un alambre de gran diámetro tendrá una resistencia menor que un alambre de poco diámetro. fig. 2.3.



Fig. 2.3 La resistencia de un alambre depende de su longitud y diámetro

Entre más lejos viaja un electrón por un alambre, mayor será la resistencia que exista, un alambre largo tiene más resistencia que un alambre corto.

#### LEY DE OHM.

La resistencia de un conductor se mide en unidades llamadas Ohmios, por el físico y matemático alemán George Simon Ohm. Al experimentar con la electricidad, él descubrió que:

1. Manteniendo constante la resistencia un aumento de voltaje aumenta la corriente y una reducción de voltaje disminuye la corriente.
2. Cuando el voltaje es constante, un aumento de resistencia reduce la corriente y una reducción de la resistencia aumenta la corriente.

La cual se puede enunciar de la siguiente manera:

*"La intensidad es directamente proporcional a la tensión e inversamente proporcional a la resistencia".*

La ley de Ohm se puede expresar matemáticamente con las fórmulas:

$$V = I \times R$$

$$I = V / R$$

$$R = V / I$$

En donde:

V = Voltaje.

I = Corriente.

R = Resistencia.

### 2.3. CIRCUITOS EN SERIE Y EN PARALELO

#### CIRCUITOS EN SERIE.

Los circuitos en serie tienen solo un camino para el flujo de corriente. El circuito en serie más sencillo contiene una batería, un resistor y un conductor (Fig. 2.4). La corriente de la batería fluye desde su terminal negativo, por el resistor, al terminal positivo. Hay un solo camino para la corriente.

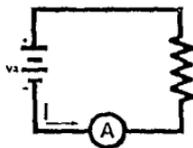


fig. 2.4. Circuito en Serie

Características de los circuitos en Serie.

1. La corriente que pasa por los elementos del circuito es la misma.
2. La resistencia total es igual a la suma de las resistencias individuales de los componentes del mismo.

3. A medida que la corriente pasa por cada resistor, se pierde cierto voltaje al "forzar" los electrones a través del resistor. Esta pérdida de voltaje en cada resistor se llama Caída de Voltaje.

### CIRCUITO EN PARALELO

Un circuito en Paralelo tiene dos o más caminos para que pase la corriente. Un ejemplo común son los enchufes eléctricos en nuestras casas. La Fig. 2.5 muestra un circuito en paralelo que contiene un calentador, un motor y un foco. Cada componente de un camino a la corriente; se llama Rama.



fig. 2.5. Circuito en paralelo

#### Características de los circuitos en Paralelo.

1. La corriente a través de cada resistor depende de su resistencia y del voltaje aplicado a él.
2. El voltaje en las ramas son iguales al voltaje aplicado.
3. La corriente total suministrada por el voltaje de la fuente es igual a la suma de las corrientes en cada rama individual.
4. La resistencia total de un circuito en paralelo siempre es menor que el menor resistor del circuito.

## CIRCUITOS SERIE-PARALELO

Muchos circuitos son combinaciones de circuitos en serie y en paralelo y se denominan Circuitos Serie-Paralelo. La fig. 2.6. muestra un circuito serie-paralelo. La corriente fluye desde el lado negativo de la batería a través de  $R_2$ , y se divide en B para pasar en paralelo por los resistores  $R_3$  y  $R_4$ , y se divide en C para pasar en paralelo por los resistores  $R_1$  y  $R_2$ .

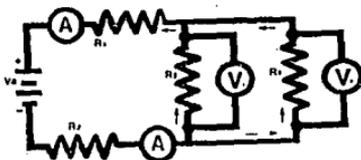


fig. 2.6. Circuito Serie-Paralelo

Las caídas de voltaje por  $R_3$  y  $R_4$  son iguales por que están en paralelo, La corriente se vuelve a unir en A y pasa por  $R_1$ , al lado positivo de la fuente de poder. Las corrientes a través de  $R_1$  y  $R_2$  son iguales porque están en serie.

## CIRCUITOS ABIERTOS Y CORTOS CIRCUITOS.

Un circuito abierto se presenta cuando se interrumpe el camino por el cual fluye la corriente. Si se produce un circuito abierto en un circuito en serie, deja de fluir la corriente. En un circuito en paralelo, un circuito abierto en una rama detendrá el flujo de corriente en esa rama mientras que un circuito principal abierto hará que no fluya corriente (fig. 2.7)

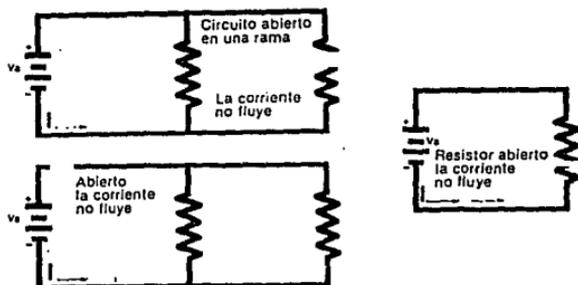


fig. 2.7 Circuitos Abiertos

Los Corto Circuitos ocurren cuando la corriente no recorre su camino planeado. Esto usualmente sucede en circuitos mal instalados o hechos con componentes eléctricos defectuosos.

La figura 2.8 muestra un circuito en serie en el cual  $R_1$  y  $R_2$  "están en corto", para la fuente,  $R_1$  y  $R_2$  parecen un alambre y la resistencia total del circuito está limitada a  $R_3$ . Fluirá más corriente porque la resistencia total es menor.



fig. 2.8 Corto Circuito

Si ocurre un corto circuito en paralelo, la mayor parte de la corriente pasará por el corto, pero muy poca pasará por los resistores porque la corriente

toma el camino de la menor resistencia. La fig. 2.9., muestra un circuito en paralelo con un corto circuito.

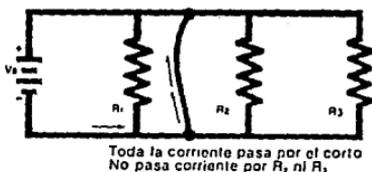


fig. 2.9. Circuito en paralelo con corto circuito

Un corto en un circuito en paralelo puede dañar la fuente de voltaje ( $V_a$ ) porque fluirá una cantidad excesiva de corriente. También hay la posibilidad de un incendio por el calor generado por estas altas corrientes. Para evitar esto, un dispositivo protector, llamado Fusible se coloca en serie con la fuente. Un fusible está hecho de un conductor especial que se funde cuando por él pasan corrientes excesivas. En la fig. 2.10, al ocurrir un corto, se quemará el fusible protegiendo los otros circuitos puestos en paralelo.

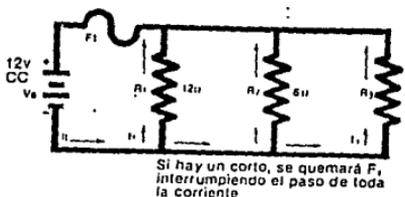


fig. 2.10 Circuito en Paralelo prtogido con Fusible

## 2.4. COMPONENTES ELECTRICOS

Para comprender como se usa la electricidad, es necesario conocer los componentes eléctricos. Un circuito eléctrico puede tener resistores, capacitores o inductores o combinaciones de los tres. Todo circuito es afectado por la resistencia. Los circuitos de CA se ven más afectados por los inductores y capacitores que por la resistencia.

### RESISTENCIA.

La estructura atómica de un material determina su capacidad de conducir electrones. Un material que conduce más electrones que otro tiene menos resistencia al flujo de electrones. La oposición al flujo de corriente se llama Resistencia. La resistencia depende de las propiedades físicas del material. Los materiales con una resistencia baja tiene muchos electrones libres. Los que tienen un resistencia alta tiene pocos electrones libres.

Hay gran variedad de resistencias. Los metales tienen una resistencia muy baja, pero materiales como el vidrio tienen una resistencia muy alta.

### CONDUCTORES Y ALAMBRES.

Un conductor es un material que tiene una baja resistencia. Un alambre de cobre es un conductor común. La resistencia de un alambre depende del tipo de material, longitud y sección transversal.

Del cobre normalmente se fabrica alambre de diferentes diámetros o calibres, estos se numeran de manera que al aumentar el número del calibre, disminuye el diámetro del alambre. Por ejemplo, un alambre de calibre 22 es mucho más delgado que un alambre calibre 12.

## **AISLADORES.**

Lo contrario de un conductor es un Aislador. Los aisladores son materiales que tienen muy pocos electrones libres, de modo que su resistencia es muy alta, algunos aisladores comunes son el vidrio, el caucho y las cerámicas.

## **RESISTORES FIJOS**

Los componentes usados para agregar una resistencia a un circuito se llaman Resistores. Hay dos tipos de resistores: fijos y variables. El resistor fijo más común es hecho de carbón vienen en varios tamaños y formas. Un resistor de mayor tamaño puede disipar más calor que un resistor pequeño. Los resistores de carbón se clasifican en watts (W) según la potencia que pueden disipar.

La resistencia se mide en ohmios ( $\Omega$ ). Los valores de los resistores se indican con un código de colores impreso en el resistor.

## **RESISTORES VARIABLES**

Los resistores variables generalmente se llaman potenciómetros y su resistencia se puede variar de cero a máxima resistencia.

## **CAPACITORES**

Más comúnmente conocidos como condensadores, son elementos que introducen capacitancia en un circuito. Existe un capacitor siempre que un material aislante separe a dos conductores que tengan diferencial de potencial entre sí.

Un capacitor se compone de dos placas metálicas separadas por un aislador. Este aislador se llama dieléctrico. (fig. 2.11).

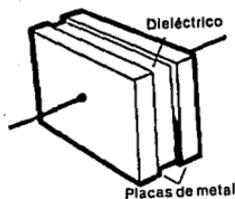


fig. 2.11. Capacitor

Un capacitor está cargado cuando existe diferencia de potencial entre sus placas. A mayor carga de las placas se obtendrá un campo eléctrico más intenso, pero si esta carga es excesiva (sobrecarga) se produce la perforación de las placas, deteriorándose el capacitor.

Capacitancia: Es la propiedad de un circuito eléctrico que le permite almacenar energía eléctrica, por medio de un campo electrostático, para liberarlo posteriormente.

La unidad de capacitancia es el Faradio. Un Faradio es una unidad de medida bastante grande, de manera que los condensadores se clasifican en microfaradios. El efecto capacitivo que se produce en un condensador (cuando se le considera como capacitancia pura) provoca un defasamiento de adelanto de  $90^\circ$  de la corriente respecto a la tensión. Este defasaje máximo irá disminuyendo a medida que vaya aumentando la resistencia. (fig. 2.12)

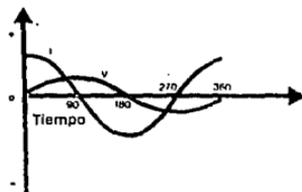


fig. 2.12. Efecto capacitivo

## INDUCTORES.

Un inductor es una bobina que se opone al cambio en la corriente. La bobina es un arrollamiento de alambre en forma de espiral. Está compuesta por:

- a) **Conductor:** Suele ser un alambre sólido de cobre, revestido con un aislamiento esmaltado, a través del cual circulará la corriente.
- b) **Núcleo:** Elemento que se encuentra dentro de la bobina. Puede ser de un material ferromagnético o de un material aislante.

**Inductancia:** Aún cuando la inductancia es en realidad una característica física del conductor, a menudo se le define, más bien, en función del efecto que tiene en el flujo de la corriente, y que se expresa así:

*Inductancia es la propiedad de un circuito eléctrico a oponerse a cualquier cambio de la corriente en él.*

La inductancia de una bobina depende:

a) Del núcleo:

- **Material del cual está hecho:** ya que si es ferromagnético, el campo magnético se intensifica por el reforzamiento o suma de las líneas de fuerza producidas por la bobina.

- **Sección transversal:** a mayor área transversal se obtendrá un mayor número de líneas de fuerza.

- **Longitud:** a mayor longitud corresponde un flujo magnético menor.

b) De las espiras:

- A mayor número de espiras, mayor inductancia.
- Cuanto más cercanas entre sí las espiras, se tendrá una mayor

inductancia.

Todos estos factores se expresan matemáticamente de la siguiente

forma:

$$L = \frac{.4 \pi N^2 \mu A}{l}$$

Donde:

N = Número de espiras  
 $\mu$  = Permeabilidad magnética  
A = Area transversal del núcleo.  
l = Longitud del núcleo

c) De la intensidad de la corriente: cuanto mayor corriente circule por la bobina, se obtendrá mayor intensidad en el campo magnético.

Cuando el núcleo llega a un límite máximo de flujo magnético, se dice que éste se ha saturado.

Inductancia Pura: Es aquella que se considera sin resistencia ni capacitancia. El efecto inductivo que se produce en una bobina, considerada como inductancia pura, provoca un defasamiento de atraso de  $90^\circ$  de la corriente con respecto a la tensión. Este defasaje máximo irá disminuyendo a medida que aumente la resistencia de la bobina, pues en un circuito puramente resistivo la tensión e intensidad están en fase. fig. 2.13

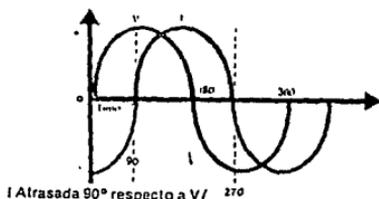


fig. 2.13 Efecto Inductivo

## 2.5 MAGNETISMO E INDUCCION MAGNETICA

El magnetismo se usa para producir un flujo de corriente y se necesitan conocimientos de magnetismo para entender como se genera y se usa electricidad. Hace mas de 200 años los griegos descubrieron que cierta clase de piedra tenia la peculiaridad de atraer pedazos de hierro. Esta piedra se llama Magnetita. Debido a sus características principales, la magnetita es considerada como un material natural. La magnetita se considera un material natural porque atrae materiales magnéticos.

La mayoría de los imanes modernos no son imanes naturales sino que son artificiales. Los materiales magnéticos son aquellos que fácilmente se convierten en imanes. Hay tres elementos que se pueden clasificar como magnéticos: 1) Hierro; 2) Cobalto; 3) Níquel. La mayoría de los imanes son de hierro, pero hay algunos con una combinación de los tres elementos.

Uno de los tipos de imán mas comunes es el imán de barra (fig.2.14). Un imán de barra tiene mayor fuerza de atracción en las puntas y la menor en el centro. Los extremos se llaman polos Norte y Sur. Lineas invisibles rodean el imán y fluyen del polo norte al polo sur por fuera del imán mientras que dentro del imán fluyen del polo sur al polo norte. Estas lineas se llaman Lineas de Fuerza o Lineas de Flujo. El espacio alrededor del imán a través del cual fluyen estas lineas se llama Campo Magnético.

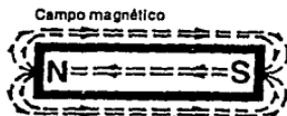


fig. 2.14 Imán de barra

Las líneas de flujo se pueden observar regando limaduras de hierro en un papel y colocando un imán debajo de la hoja se verá las líneas como en la fig. 2.15. Otro tipo de imán común es un imán de herradura. El imán de herradura es básicamente un imán de barra doblado en forma de "U". Los dos extremos todavía se dominan polos norte y sur, y las líneas de flujo están entre ellos. La tierra también puede considerarse como un gran imán con el polo norte magnético ubicado cerca del polo norte geográfico, y con el polo sur magnético localizado cerca del polo sur geográfico.

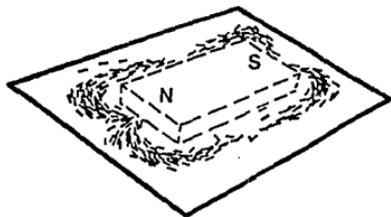


fig. 2.15 Líneas de flujo

## ATRACCION Y REPULSION DE LOS IMANES.

Si un imán de barra se suspende en el aire fig. 2.16 A, y otro imán se acerca a el con los polos norte como se ve, los dos imanes se repelen. Si se acercan los dos polos sur nuevamente se repelen.

Cuando un polo sur se acerca a un polo norte fig. 2.16 B, los imanes se atraen. Se pueden sacar dos conclusiones de esto.

- Dos polos iguales se repelen
- Polos diferentes se atraen.

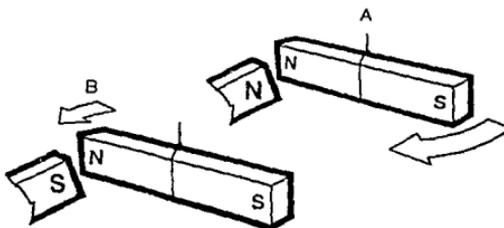


fig. 2.16 Atracción y Repulsión de los Imanes.

En su estado natural la mayoría de los materiales magnéticos carecen de propiedades magnéticas. Esto se debe a la disposición de sus moléculas. El imán de barra de que hablamos se compone de millones de moléculas invisibles. Estas moléculas pueden imaginarse como pequeños imanes con polos norte y sur. En su estado natural los imanes están dispuestos de forma desordenada, por lo cual, los campos se anulan los unos a los otros.

Un pedazo de hierro se puede magnetizar alineando sus moléculas con una fuente externa. La fuerza magnética externa se puede producir frotándolo con un imán o por medio de una corriente eléctrica (fig. 2.17). Las líneas de flujo del imán hacen que las moléculas del hierro queden alineadas en una dirección. Esto hace que las líneas de flujo se concentren en los extremos de la pieza de hierro (fig. 2.17).

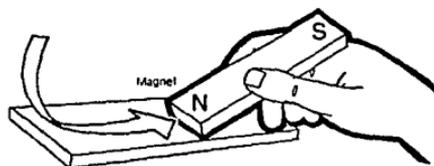


fig. 2.17 Magnetización del hierro

Una barra de hierro también se puede magnetizar envolviéndole una bobina de alambre. Se pasa una corriente por el alambre, produciendo un campo magnético que alinea las moléculas de la barra de hierro. Si se imanta hierro duro, el tiende a retener el magnetismo. Este tipo de imán se llama imán permanente. Si se magnetiza hierro blando, este tiende a perder su magnetismo esta clase de imán se llama imán temporal.

Cuando un alambre de cobre se mueve a través de un campo magnético fluirá una corriente eléctrica por el alambre. Se indujo un voltaje "cortando" las líneas de flujo magnético. El proceso de inducir un voltaje en un alambre se llama **inducción magnética**. Hay tres requisitos para inducir un voltaje en un alambre:

1. Un conductor.
2. Un campo magnético.
3. Movimiento relativo entre el alambre y el campo magnético.

La fig. 2.18 muestra como se induce un voltaje en un alambre de cobre moviéndolo a través del campo magnético de un imán de herradura. También se produce una corriente moviendo el imán y teniendo quieto el alambre. El voltaje inducido no es de corriente continua (CC), sino uno que constantemente cambia de polaridad. Este tipo de corriente se llama corriente alterna (CA).

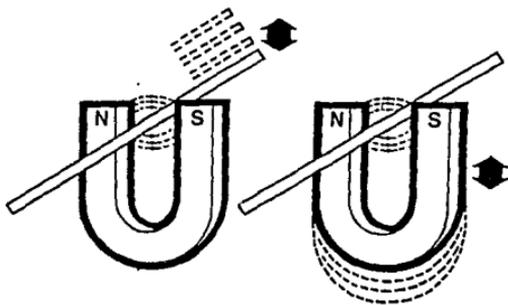


fig. 2.18. Inducción de voltaje en un alambre.

## 2.6 C.A. Y POTENCIA DE C.A.

### CORRIENTE ALTERNA

La mayoría de los generadores producen voltajes y corrientes en forma de corriente alterna (C.A.). Hay dos razones para esto:

1. Es más barato producir y distribuir C.A.

2. La C.A. es más versátil que la C.C.

#### POLARIDAD DE LA C.A.

En un circuito de CC en serie, la batería impulsa la corriente en un solo sentido porque la polaridad del voltaje es siempre igual. (fig. 2.19.a.)

En un circuito de CA, la corriente fluye en una dirección y luego en la otra porque la polaridad del voltaje cambia periódicamente (fig. 2.19.b.). Como la polaridad de la corriente alterna cambia, el símbolo de la fuente de CC ya no es práctico. El símbolo de una fuente de Corriente Alterna es : ~



fig. 2.19.a. Sentido de la CC



fig. 2.19 b. Sentido de la CA

#### FORMAS DE ONDA

Las formas de onda son dibujos que muestran la relación entre el voltaje o la corriente y el tiempo o los grados del ángulo (fig. 2.20.a). La onda generalmente se dibuja en un gráfico que consiste en una línea vertical y otra horizontal. La línea vertical indica el valor del voltaje o de la corriente mientras

que la horizontal indica tiempo o grados. En un circuito de CC, con batería las ondas de voltaje y de corriente son líneas rectas porque el voltaje y la corriente no varían. (fig. 2.20.b).

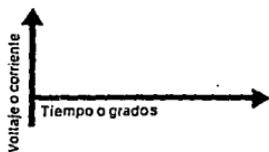


fig. 2.20.a. Grafico para ondas

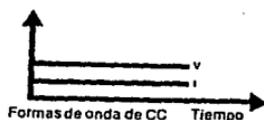


fig. 2.20.b. Ondas de CC

Supongamos que se coloca un interruptor en serie en un circuito de CC y se prende y apaga rítmicamente. El voltaje que aparece sobre el resistor llegaría al máximo y luego a cero con el mismo ritmo con que se acciona el interruptor. Como la dirección del voltaje es positivo, la onda se llama CC Variable.(fig. 2.21)

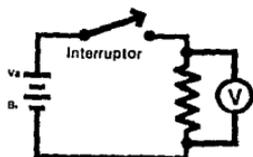
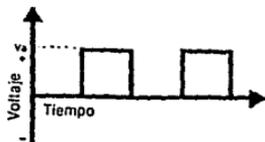


fig. 2.21. CC Variable



Si se coloca otra batería en paralelo con la batería  $B_1$ , con la polaridad indicada (fig.2.22.a), y se acciona rápidamente el interruptor, el voltaje sobre el resistor irá de positivo a negativo al paso que se acciona el interruptor. El voltaje sobre el resistor sería una onda de CA porque cambia de polaridad. (fig.2.22.b)

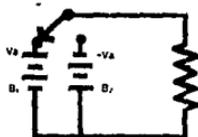


fig. 2.22.a. Cambio de Polaridad en las baterías

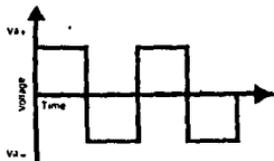


fig. 2.22.b. Onda de CA

#### ONDAS SINUSOIDALES.

Las ondas de corriente alterna producidas por un generador electromagnético cambian más gradualmente que la onda cuadrada. Esta onda se llama onda sinusoidal. La onda sinusoidal es más común y generalmente se piensa en ella cuando se habla de CA.

Un generador electromagnético produce electricidad convirtiendo la energía mecánica rotacional en una onda sinusoidal. Como el generador produce la onda girando, la onda se puede trazar usando un círculo (fig. 2.23). Como un pastel, el círculo se puede dividir en 8 segmentos cada uno de  $45^\circ$ . Se ha trazado un radio a la marca de  $0^\circ$  a la derecha del círculo se traza un gráfico. La línea vertical del gráfico indica el voltaje positivo o negativo, mientras que la horizontal representa el número de grados y el tiempo.

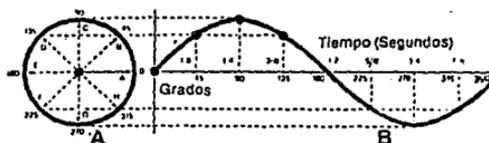


fig. 2.23. Conversión de energía mecánica rotacional en una onda sinusoidal

La curva sinusoidal se genera haciendo girar el radio en sentido contrario al reloj, empezando en la marca de 0, al pasar el radio por cada marca de  $45^\circ$ , se proyecta un línea a la derecha como se ve. Las marcas correspondientes en la horizontal se proyectan luego hacia arriba para encontrar las líneas que vienen del círculo. Donde se cruzan las líneas, se proyecta un punto de la curva sinusoidal. La curva completa de  $360^\circ$  se forma uniendo todos estos puntos.

#### CARACTERISTICAS DE LA ONDA SINUSOIDAL.

Los generadores producen voltajes y corrientes en forma de onda sinusoidal. Es importante conocer las características de las ondas sinusoidales porque los generadores se clasifican de acuerdo con estas características.

##### a) CICLO

La onda sinusoidal de CA sube de cero voltios al máximo voltaje positivo en  $90^\circ$  y luego regresa a cero a los  $180^\circ$ . Lo mismo se repite entre  $180^\circ$  y  $360^\circ$ .  
(fig. 2.24.)

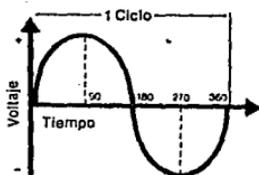


fig.2.24. Ciclo de una onda sinusoidal.

### b) FRECUENCIA

La frecuencia es el número de ciclos por segundo la (fig.2.24) muestra un ciclo que demora 1 segundo. La frecuencia sería de 1 ciclo por segundo o CPS. El CPS es el antiguo término para frecuencia y aún se ve a veces. El término Hertz, abreviando Hz, es el que se usa ahora para indicar la frecuencia. En la fig. 2.24, la frecuencia es 1 Hz. En muchos casos, se presentan varios ciclos en un tiempo dado (fig. 2.25). Si ocurren 10 ciclos en un lapso de 5 segundos, la frecuencia se puede calcular con la sig. formula.

$$F = \text{Número de Ciclos} / \text{Tiempo} ; F = 10 \text{ ciclos} / 5 \text{ seg.} = 2\text{Hz}$$

La frecuencia de la corriente alterna en los Estados Unidos como en México es de 60 Hz, pero en muchos otros países es de 50Hz.

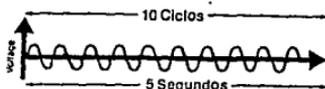


fig. 2.25. Frecuencia de una onda sinusoidal

### c) PERIODO

El periodo de onda para una onda sinusoidal es el tiempo que toma para completar un ciclo. El periodo se puede calcular de la siguiente manera:  $P = 1/\text{Frecuencia}$ .

Para una onda sinusoidal de 60 Hz, el periodo sería:  $P = 1/60 \text{ Hz}$ .  
entre dos o más ondas sinusoidales. Supongamos que tenemos dos ondas sinusoidales,  $V_1$  y  $V_2$ , con un periodo de 1 segundo. Si ambos voltajes alcanzan su valor más alto en el mismo momento de tiempo (fig. 2.26), los voltajes están en fase.

### d) DIFERENCIA DE FASE

La diferencia de fase es la diferencia en grados entre dos o más ondas sinusoidales. Supongamos que tenemos dos ondas  $V_1$  y  $V_2$  con un periodo de 1 segundo. Si ambos voltajes alcanzan su máximo valor en el mismo momento (fig. 2.26) los voltajes están en fase.

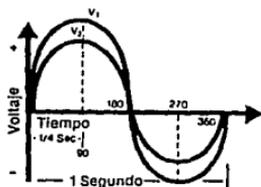


fig. 2.26 Voltajes en Fases

Si una onda sinusoidal ( $V_2$ ) empieza  $1/4$  de segundo después de la otra, existiría una diferencia de fases de  $90^\circ$ , entre los voltajes  $V_1$  y  $V_2$  (fig.2.27). Hay diferentes formas de expresar la diferencia de fases. Todas las siguientes expresiones significan lo mismo cuando se aplican a la diferencia de fases.

1.  $V_1$  está defasada  $90^\circ$  con  $V_2$
2.  $V_2$  está  $90^\circ$  atrasado respecto a  $V_1$ .
3.  $V_1$  está  $90^\circ$  adelantado respecto a  $V_2$

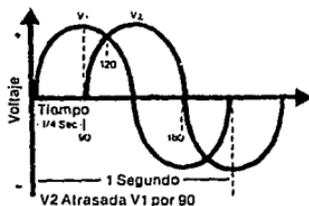


fig. 2.27 Voltajes Defasados

#### e) AMPLITUD.

La máxima altura o máximo valor de una onda sinusoidal se llama amplitud (fig. 2.28)

#### f) VALOR DE PICO A PICO

La amplitud se mide en valores pico o de pico a pico. Durante un ciclo completo de una onda sinusoidal, ocurre un pico positivo a los  $90^\circ$  y un pico negativo a los  $270^\circ$ . La distancia entre los picos positivo y negativo es llamado valor de pico a pico (P-P) (fig.2.28)

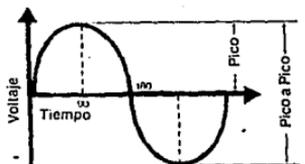


fig. 2.28 Amplitud y Valor de Pico a Pico de una onda sinusoidal

### f) VALOR PROMEDIO DE UNA ONDA SINUSOIDAL

Los voltajes y corrientes de las ondas sinusoidales varían constantemente, asiéndolos difíciles de medir. Una forma de medir una forma sinusoidal es por su valor promedio. El valor promedio de una corriente o de un voltaje sinusoidal se halla tomando la suma de todos los puntos instantáneos a lo largo de la parte positiva de la curva y dividiendo por el número total de puntos.

Si se usaran todos los puntos instantáneos, el valor promedio de la onda sinusoidal sería fig. 2.29.a.

Si se usa tanto la parte positiva como la negativa de la onda sinusoidal para calcular el valor promedio, el voltaje o la corriente promedio serían cero (un voltaje positivo sumado a uno negativo da cero) fig. 2.29.b.

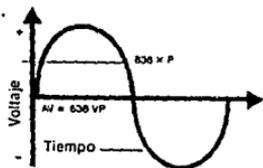


fig. 2.29.a. Valor promedio medio ciclo

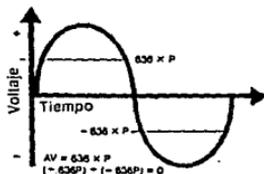


fig. 2.29.b. Valor promedio del ciclo

### g) VALOR EFECTIVO

El valor promedio de una onda sinusoidal completa es igual a cero, lo cual no sirve de mucho cuando se trata de comparar los efectos caloríficos de la CC y la CA. Para comparar los efectos caloríficos de la CC y la CA se usa el **Valor Efectivo**. (fig. 2.30). El valor efectivo se llama Raíz Cuadrada de la Medida de los Cuadrados o valor RCMC por el método empleado en encontrarlo. El valor eficaz se puede calcular multiplicando el valor pico por 0.707. Si la onda sinusoidal

tiene el valor pico de 10 V, el RCMC sería:

$$V_{RCMC} = 0.707 \times 10 \text{ V} = 7.07 \text{ V}$$

Los voltímetros y amperímetros de CA miden el voltaje y la corriente en valores RCMC. Los voltímetros y amperímetros de CA se usan de la misma forma que los de CC.

### POTENCIA DE CORRIENTE ALTERNA.

La energía eléctrica usada en la industria se consume casi exclusivamente en forma de CA. La energía de CA es consumida por diversas cargas. Una carga eléctrica es un aparato que requiere corriente y voltaje para funcionar. En la industria, una carga frecuente es un motor eléctrico. Las diferentes cargas tienen diferentes efectos sobre la fuente de potencia, que generalmente es un generador electromagnético.

### CARGAS RESISTIVAS

La potencia CA se puede usar en una carga resistiva. Las cargas resistivas ofrecen la misma oposición al paso de los electrones en CA como en CC, las leyes de Ohm y de potencia se aplican igualmente a los circuitos resistivos de CA que a los de CC. De los circuitos CC se sabe que:

$$V = IR$$

$$I = V/R$$

$$R = V/I$$

$$P = IV$$

$$P = I^2R$$

$$P = V^2/R$$

Estas seis fórmulas muestran la relación entre voltaje, corriente, resistencia y potencia y pueden aplicarse a circuitos resistivos de CC y CA. en los circuitos CA se usan los valores eficaces al aplicar las leyes de Ohm y de potencia.

En un circuito resistivo de CA un aumento en el voltaje ocasionará un aumento en la corriente. En el pico positivo (fig. 2.31), a medida que el voltaje aumenta en el tiempo, la corriente aumenta a la par. Lo mismo sucede en el pico negativo. Como el voltaje y la corriente cambian a la misma velocidad, el voltaje y la corriente están en fase.

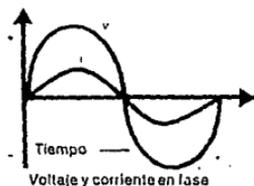


fig. 2.31 Aumento de Voltaje y de corriente a la par

Para hallar la potencia total consumida en un circuito de CA resistivo (fig. 2.32), se puede hallar multiplicando puntos instantáneos a lo largo de las curvas de voltaje y de corriente. La curva de potencia para el pico positivo, se halla multiplicando los puntos sobre las curvas positivas de voltaje y de corriente. La curva de potencia que resulta es positiva porque el voltaje y la corriente son positivos. La curva correspondiente al pico negativo se puede hallar por el mismo método. La curva de potencia sigue siendo positiva porque se multiplica una corriente negativa por un voltaje negativo.

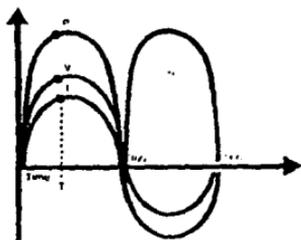


fig. 2.32 Potencia total consumida en un circuito de CA resistivo

Un circuito de CA que solo tiene resistencia siempre tendrá una curva de potencia positiva. Las cargas más efectivas, en términos de potencia son resistivas. La mayor parte de las cargas industriales no son resistivas sino inductivas.

#### CARGAS INDUCTIVAS

Un motor eléctrico es una carga inductiva frecuente. Como el motor es inductivo tiende a bajar la eficiencia del circuito. Un inductor es una bobina de alambre que se opone a cambios en la corriente.

Cuando se aplica CA a un inductor, se genera un campo magnético constantemente variable alrededor de el, lo cual hace que el inductor se oponga a la CA. Esta oposición a la CA por un inductor se llama **Reactancia Inductiva**.

La Reactancia Inductiva siempre hace que la corriente se atrase  $90^\circ$  con respecto al voltaje. En un circuito con un Inductor y una fuente de CA (fig. 2.33), la corriente está atrasada  $90^\circ$  con respecto al voltaje porque cuando el voltaje es máximo, la corriente es cero.

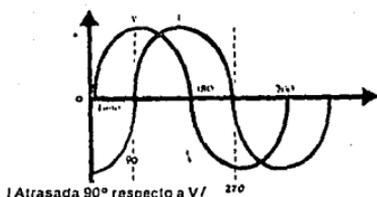


fig. 2.33. Reactancia Inductiva.

La potencia CA en un circuito resistivo se disipa en forma de calor. Aunque el inductor se opone al flujo de la corriente, no se disipa calor. El inductor solo "parece" consumir potencia. La razón es que el inductor muestra tanto potencia positiva como negativa.

La fig. 2.34 muestra un circuito inductivo con sus ondas correspondientes. Se ve en el gráfico que durante los primeros  $90^\circ$  el voltaje es positivo y la corriente es negativa.

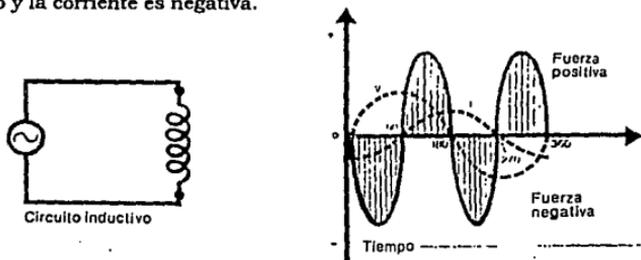


fig. 2.34. Circuito CA inductivo con su onda correspondiente

Para hallar la curva de potencia resultante, la corriente negativa se multiplica por un voltaje positivo, de modo que la curva de potencia aparece negativa.

De  $90^\circ$  a  $180^\circ$ , tanto la corriente como el voltaje son positivos de modo que la curva de potencia que resulta también es positiva. Multiplicando entre sí los valores instantáneos de voltaje y corriente se obtiene la curva de potencia positiva o negativa. Estos picos positivos y negativos son iguales en amplitud, de manera que sumados, el resultado es cero. **El inductor no consume potencia real.** Aunque el inductor no utilice potencia real, el generador de CA tiene que entregarle corriente y voltaje. Esta corriente y este voltaje no realizan ningún trabajo, de manera que la eficiencia del circuito se reduce con una carga inductiva.

#### CARGAS CAPACITIVAS.

Una carga capacitiva tiene el mismo efecto sobre un generador que una carga inductiva. Sin embargo, algunas características de un capacitor son contrarias a las de un inductor. Un capacitor se opone a cambios en el voltaje.

Cuando se aplica una CA el capacitor, el capacitor hace que la corriente se adelante  $90^\circ$  al voltaje. La fig. 2.35 muestra un circuito de CA capacitivo. En un circuito capacitivo, la corriente se adelanta porque la corriente es máxima en  $0^\circ$ , mientras el voltaje es mínimo. Esto es lo contrario de un inductor. Como el inductor, el capacitor no consume potencia real porque también muestra potencia positiva y negativa.

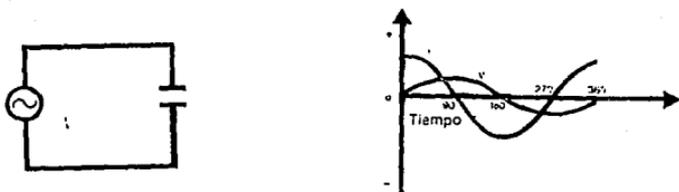


fig. 2.35 Circuito CA, capacitivo con su onda correspondiente.

Las curvas de potencia (fig. 2.36), se hallan de la misma forma que se usó para el inductor. Sin embargo, la situación es la contraria del inductor. Esto es importante cuando se trata de corregir un problema que ocurre al usar cargas inductivas.

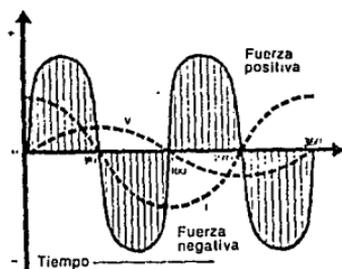


fig. 2.36. Curvas de potencia

## MOTORES

En los motores industriales que se componen de muchas bobinas de alambre, hay características de inductancia y resistencia. Las bobinas hacen que la corriente se atrase con respecto al voltaje, como en un inductor y debido a la longitud del alambre, el motor también tiene resistencia. Un motor puede

considerarse como un inductor en serie con un resistor.

## POTENCIA REAL

En la fig.2.37, un generador está suministrando potencia a un motor. El resistor de la fig.2.37 es el único elemento que consume potencia. La potencia consumida por el resistor se llama **potencia real**. La potencia real se mide en watts y se puede calcular usando la fórmula  $PV = I^2R$ .

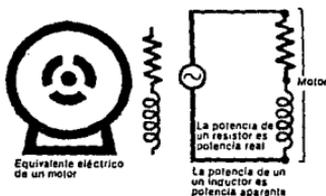


fig. 2.37. Potencia real consumida por un motor

## POTENCIA APARENTE

El inductor no consume potencia real. Sin embargo, para el generador, el inductor **parece** consumir potencia porque se opone al paso de la corriente (reactancia inductiva) y porque hay una caída de voltaje a través de él. La potencia total usada por el inductor y el resistor, se llama apropiadamente **Potencia Aparente. (PA)**.

La potencia aparente se mide en voltamperios (VA) para distinguirla de la

potencia real (PR). La potencia aparente para un circuito inductivo se puede hallar multiplicando la corriente total por el voltaje aplicado:  $PA = V_A \times I_t$ .

#### FACTOR DE POTENCIA.

La eficiencia de un circuito inductivo depende de la relación de la potencia real a la potencia aparente. La relación de la potencia real a la potencia aparente se llama Factor de Potencia (FP) y se puede hallar con la fórmula:

$$FP = PR / PA$$

Como el factor de potencia es un cociente, carece de unidades. El factor de potencia es una medida de la eficiencia de un circuito inductivo. Entre más cercano esté la potencia aparente a la potencia real, más eficiente será el circuito inductivo. El mejor FP es 1 y solo se presenta cuando la Potencia Real (PR) = Potencia Aparente (PA). Para alcanzar la máxima eficiencia, el FP debe aproximarse lo más posible a uno.

El proceso de aumentar el factor de potencia se llama **Corrección del Factor de Potencia**. Hay varias formas de corregir el factor de potencia. El más común es por medio de capacitores. En la fig.2.38.a se muestra un generador dando potencia a un motor. El generador tiene que suministrar tanto la potencia positiva como la negativa. La potencia negativa no hace ningún trabajo útil, de modo que rebaja la eficiencia del circuito. En la fig. 2.38.b., se ha agregado un capacitor al motor para cancelar los efectos de la potencia negativa causados por las reactancias inductivas del motor. La razón por la cual el capacitor corrige el

factor de potencia es que el capacitor tiene características de potencia negativa opuestas a las del inductor.



fig. 2.38.a. Potencia suministrada a un Motor

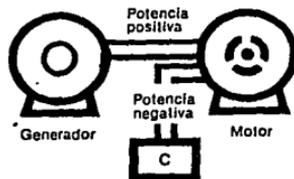


fig. 2.38.b. Corrección del factor de potencia

De esta manera se usa más eficientemente la potencia del generador porque ya no provee potencia negativa.

Otro método utilizado para aumentar el factor de potencia es por medio de un motor especial llamado **Motor Sincrónico**. Un motor sincrónico se puede controlar para que tenga las mismas características de un capacitor. El efecto capacitivo del motor aumentará el factor de potencia. Otro método que debe usarse para aumentar el factor de potencia es un método preventivo. Todos los motores deben trabajar cerca de su capacidad máxima. Esto aumenta el FP reduciendo la potencia negativa.

## CAPITULO 3

### ELECTROMAGNETISMO Y GENERADORES

Los generadores son la fuente principal de CA. Los generadores convierten la energía mecánica rotativa en electricidad por medio del magnetismo. El magnetismo es producido por una corriente que fluye por un conductor.

#### 3.1 MAGNETISMO Y GENERADORES

Quando fluye corriente por un conductor, un campo magnético rodea el conductor. este campo magnético forma una serie de círculos concéntricos alrededor del conductor. La dirección del campo magnético depende de la dirección del flujo de la corriente a través del conductor. Si la corriente entra en el alambre (se indica con una X) (fig. 3.1.a.), el campo girará en sentido contrario a las agujas del reloj. Si la corriente sale del alambre (se indica con un punto) (fig. 3.1.b) el campo magnético irá en sentido de las agujas del reloj.

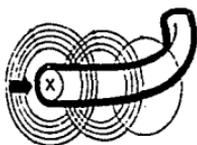


fig. 3.1.a Corriente entrando en un conductor

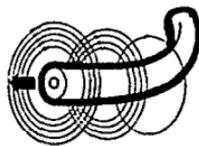


fig. 3.1.b Corriente saliendo de un conductor

#### 3.1.1 ELECTROIMANES.

A un conductor se le puede dar una forma de varios lazos para aumentar la intensidad del campo magnético. Este conductor con los lazos se llama

bobina. Cuando se aplica un voltaje de CC a los extremos de la bobina, los campos magnéticos individuales que rodean el conductor se ayudan unos a otros aumentando el campo magnético total. Las líneas de flujo irán del norte al sur por fuera de la bobina y de sur a norte dentro de la bobina. La dirección en que corren las líneas de flujo depende de la dirección en que fluye la corriente por la bobina.

Las líneas de flujo magnético se pueden concentrar en los polos colocando una barra de hierro blando dentro de la bobina. Una bobina con un núcleo de hierro blando se llama Electroimán (fig. 3.2). Las principales ventajas del electroimán sobre el imán permanente son que el electroimán se puede prender y apagar y que la intensidad del campo magnético se puede variar aumentando o reduciendo la corriente en la bobina.

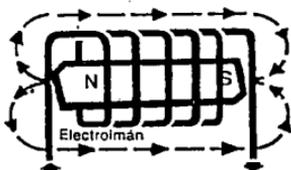


fig. 3.2 Electroimán

### 3.1.2 INDUCCION ELECTROMAGNETICA.

Un campo magnético puede servir para producir un voltaje en un conductor. El proceso de "inducir" un voltaje en un conductor se llama Inducción Electromagnética.

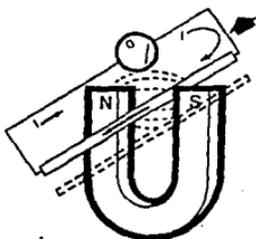
Hay tres requisitos que se deben cumplir para inducir un voltaje en un conductor:

1. Un conductor.
2. Un campo magnético
3. Movimiento relativo entre el campo magnético y el conductor.

Si el conductor se coloca sobre al campo magnético de un imán en U y se mueve hacia abajo cortando las líneas de flujo, se inducirá una diferencia de potencial entre los extremos del conductor (fig. 3.3.a) . La razón para que se presente esta diferencia de potencial es que al cortar las líneas de flujo, los electrones del conductor se desplazan hacia un extremo. Un extremo del conductor tendrá entonces un exceso de electrones (potencial negativo) y el otro un déficit de electrones (potencial positivo). Si se coloca un amperímetro en serie con el conductor, la corriente fluirá del extremo negativo al extremo positivo. Si el conductor se mueve hacia arriba através del campo magnético, se vuelve a inducir un voltaje en el alambre, pero en polaridad opuesta (fig. 3.3.b.)



a



b

fig. 3.3. Diferencial de potencial

La dirección del flujo de corriente en un conductor depende de como se desplaza el conductor por el campo magnético y de la dirección de las líneas de

flujo. La dirección de la corriente se puede hallar usando la regla de la mano izquierda para generadores (fig. 3.4).

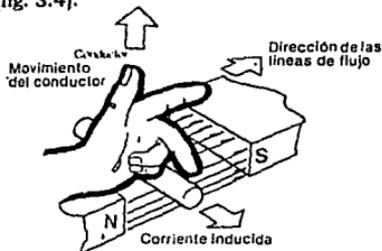


fig. 3.4. Regla de la mano izquierda para hallar la dirección de la corriente

### 3.1.3 CANTIDAD DE VOLTAJE INDUCIDO

La cantidad de voltaje inducido en un conductor depende de cuatro factores:

1. La intensidad del campo magnético.
2. El número de espiras del conductor.
3. La velocidad del movimiento relativo entre el conductor y el campo magnético.
4. El ángulo con el cual el conductor corta el campo magnético.

El método más práctico de aumentar la intensidad del campo magnético, es usando un electroimán. La intensidad del campo magnético se puede aumentar incrementando la corriente que pasa por la bobina. Cortando este campo aumentado, se inducirá más voltaje en el conductor.

Al aumentar la velocidad a la cual se cortan las líneas de flujo se aumentará el voltaje inducido en el conductor. Esto se puede lograr moviendo el

conductor a través del campo magnético estacionario más rápidamente o moviendo el campo magnético para que corte el conductor estacionario más rápidamente.

Si un conductor se mueve paralelamente a las líneas de flujo de un imán, no se cortarán líneas de flujo y no se inducirá voltaje en el conductor (fig. 3.5.a). Si el conductor se mueve en ángulo recto respecto a las líneas de flujo, cortará el máximo de líneas y se inducirá el máximo voltaje (fig. 3.5.b). Si el conductor se mueve en un ángulo diferente al recto, se inducirá menos voltaje en él.

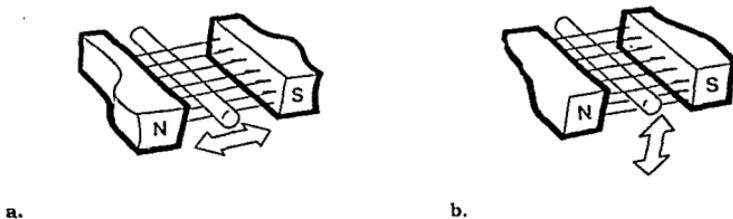


fig. 3.5. Líneas de flujo respecto a un conductor

### 3.2. INTRODUCCION A LOS GENERADORES.

Un generador es una máquina que convierte energía mecánica rotativa en energía eléctrica mediante la inducción electromagnética. Los generadores usan dos métodos para inducir voltaje en un conductor. Un método es el de Inducido Rotatorio y el otro el de Campo Giratorio. En el método del inducido rotatorio (fig. 3.6.a.) un conductor enrollado, llamado inducido, se hace girar en un campo magnético estacionario. En el método del campo giratorio (fig. 3.6.b.) se hace girar un campo magnético que induce un voltaje en un conductor estacionario.

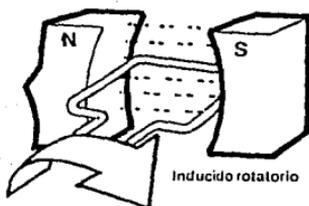


fig. 3.6.a. Inducido Rotatorio



fig. 3.6.b. Campo Giratorio

### 3.2.1.GENERACION DE UNA ONDA SINUSOIDAL POR INDUCCION MAGNETICA-GENERADOR

Al girar una bobina de alambre en un campo magnético (fig. 3.7), se genera una onda sinusoidal. En el punto A, los lados de la bobina se mueven paralelos a las líneas de flujo magnético. No se están cortando líneas de flujo y no se está induciendo corriente en la bobina. Cuando la bobina se gira a  $\frac{1}{4}$  de vuelta (C) el conductor nuevamente se mueve paralelo a las líneas de flujo y no se inducirá voltaje. Durante la próxima  $\frac{1}{2}$  revolución sucede lo mismo, excepto que cambia la polaridad.

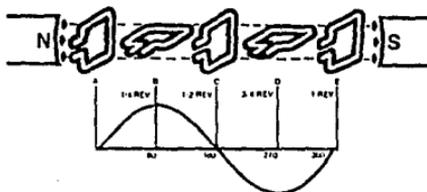


fig. 3.7. Generación de una onda sinusoidal

### 3.2.2. CONSTRUCCION Y OPERACION BASICA DE GENERADORES.

Los requisitos para la inducción magnética los reúnen algunos componentes especializados dentro del generador. Un generador consiste de dos componentes principales:

1. Conjunto giratorio (rotor)
2. Conjunto estacionario (estator)

El rotor crea el campo magnético giratorio mientras que el voltaje se induce en los conductores del estator.

El rotor es un electroimán de cuatro polos montado en un eje y envuelto con alambre de manera que sus caras externas se alternan entre polos norte y sur. Los devanados del rotor reciben corriente continua por medio de **anillos y escobillas**. Cuando se aplica CC a las escobillas, las líneas de flujo saldrán de los polos norte a los polos sur adyacentes.

El estator consiste en un núcleo de hierro blando en el cual se han puesto espiras de alambre (fig. 3.8). Estas espiras se llaman **devanados**. El estator tiene forma cilíndrica para alojar en su interior al rotor. El núcleo de hierro concentra las líneas de flujo magnético del rotor para que se pueda inducir más voltaje en los devanados del estator.

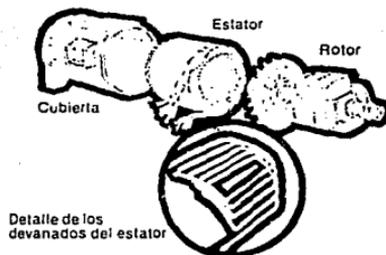


fig. 3.8. Devanados de un estator

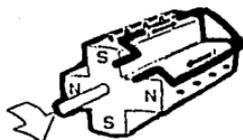
En los generadores prácticos hay muchas espiras de alambre en los devanados del estator. Para explicar como se induce un voltaje en los devanados se utilizara una sola espira. Una espira de alambre se coloca en el estator de manera que el polo norte del estator se halla debajo de un lado de la espira y que el polo sur debajo del otro lado de la espira. (fig. 3.9.a).

Al girar el rotor las líneas de flujo magnético del polo norte cortan el lado superior de la bobina y le inducen un voltaje. A la vez que se induce un voltaje en el lado superior de la bobina, las líneas de flujo del polo sur están induciendo un voltaje en el lado inferior de la bobina. Estos dos voltajes inducidos se refuerzan mutuamente y producen un flujo de corriente. El máximo voltaje inducido ocurre cuando los polos están directamente debajo de los lados de la espira. En cualquier otra posición, el voltaje inducido es menor.

Cuando el rotor gira  $90^\circ$ , ( $1/4$  de vuelta) (fig. 3.9.b), las líneas de flujo del polo sur estarán cortando el conductor superior y las líneas de flujo del polo norte estarán cortando el conductor inferior, la corriente ahora fluirá en sentido contrario.



a.



Rotada 90°

b.

fig. 3.9. Inducción de voltaje en los devanados

Si otra bobina se coloca opuesta a la primera y se conecta en serie con ella, el voltaje será dos veces el de una bobina sola. Esto es semejante a conectar dos pilas en serie. Las espiras también se pueden conectar en paralelo para aumentar la salida de corriente.

Un voltaje con forma de onda sinusoidal se induce en los devanados del estator. Cada  $\frac{1}{2}$  vuelta del rotor ( $180^\circ$ ) induce una onda sinusoidal en cada uno de los devanados del estator. En cada revolución, se inducen dos ondas sinusoidales en los devanados del estator (fig. 3.10). La frecuencia de la onda sinusoidal depende del número de polos del rotor y de la velocidad que este gira. La frecuencia de un generador se puede conocer aplicando la fórmula:

$$\text{Frecuencia} = (P/2) \cdot (\text{RPM}/60)$$

En la cual:

P = Número de polos

RPM = Revoluciones por Minuto.

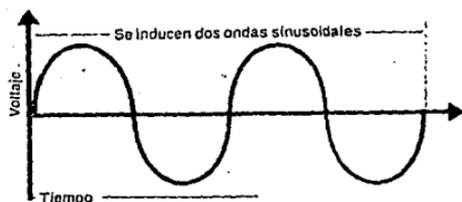
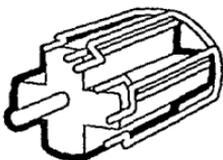


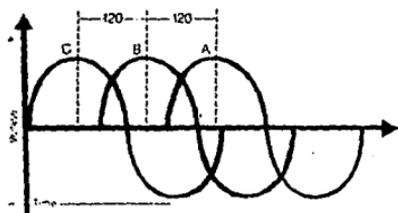
fig. 3.10. Inducción de dos ondas sinusoidales

### 3.2.2.1 GENERADORES TRIFASICOS

Para aumentar su eficiencia, los generadores en la práctica usan tres devanados. La fig. 3.11.a. muestra un generador que tiene tres devanados separados. Al pasar los mismos polos frente a los tres devanados de fase, se induce un voltaje en cada uno de ellos. El voltaje en el devanador de cada clase alcanzará su pico  $120^\circ$ , antes del siguiente. Este tipo de generador se llama generador trifásico. En la fig. 3.11.b., la fase C alcanza su pico  $120^\circ$  antes de la fase B y la fase B alcanza su pico  $120^\circ$  antes de la fase A. El orden en que las fases alcanzan sus picos se llaman **secuencia de fases**. Las secuencia de fases de los generadores generalmente es C,B,A.



a.



b.

fig. 3.11. Generación de tres ondas sinusoidales de tres devanados

### 3.2.2.2 DEVANADOS DEL GENERADOR.

Como hay seis bobinas (dos para fase) en un generador trifásico, sería poco práctico representarlas en forma pictórica. Los devanados de un generador se representan con el símbolo esquemático de una bobina. La fig. 3.12 muestra la representación esquemática del devanado de un generador trifásico. La conexión se llama "Y" o "estrella" por su parecido a la letra Y y a una estrella. Cada fase está separada  $120^\circ$  de las otras. Empezando por la fase A, y siguiendo en sentido de las agujas del reloj, cada devanado se denomina desde  $T_1$ - $T_4$  hasta  $T_9$ - $T_{12}$ . Las terminales de los devanados salen del estator a una caja de terminales. Algunos generadores solo tendrán 4 terminales, mientras que otros tendrán 10 o 12.

En voltaje se inducen en los dos devanados de una fase. En el generador, estos devanados se encuentran uno frente al otro. Estos devanados se pueden conectar en serie o en paralelo dependiendo del voltaje y de la corriente que se desea obtener.

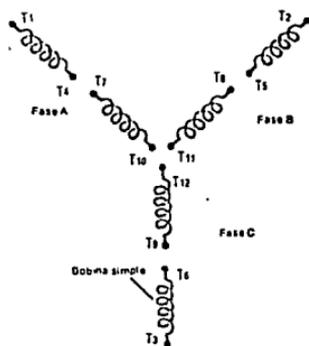


fig.3.12. Representación esquemática de un devanado

### 3.2.2.3 CONEXION EN "Y" ALTA, "Y" BAJA

#### CONEXION EN "Y" ALTA

La fig. 3.13. muestra cada pareja de devanados conectada en serie. Conectar estos devanados en serie es como conectar dos baterías en serie. Cada batería ayuda a la otra para que el voltaje de salida sea dos veces el voltaje de una batería sola. En la fig. 3.13. supongamos que se inducen 120 voltios en cada devanado de fase. Como ambos devanados están conectados en serie, el voltaje total sobre ellos será de 240 voltios. Conectar los devanados en serie se llaman **Conexión en Y Alta**. En la fig. 3.13.b, la fase B se conecta en serie uniendo los terminales T<sub>8</sub> y T<sub>5</sub>.

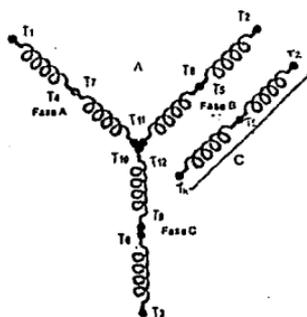


fig 3.13. Conexión en "Y" Alta.

En un generador conectado en Y alta los voltajes de salida pueden tomarse entre dos terminales de fase cualesquiera. En la fig. 3.14 la salida se puede tomar de los terminales T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, o T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> o T<sub>3</sub> y T<sub>1</sub>. El voltaje entre dos

terminales de fase se puede conocer mediante la fórmula:

$$V_L = 1.73 \times \text{voltaje de fase.}$$

En la mayoría de los generadores conectados en Y alta, se saca una cuarta terminal  $T_0$  que se llama neutro. El voltaje tomado del neutro a una fase es igual al voltaje de fase. La conexión Y alta aumentará el voltaje de salida del generador pero la corriente de fase se limita a la corriente producida por un devanado. Para superar esto, los devanados se conectan en paralelo.

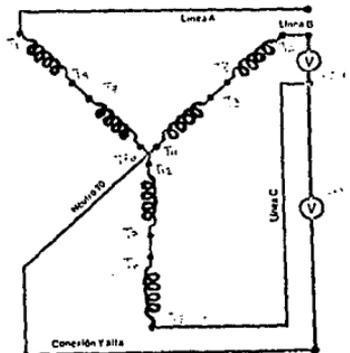


fig. 3.14. Toma de voltajes en la conexión "Y" alta

#### CONEXION "Y" BAJA.

En la conexión Y baja (fig. 3.15) los devanados de fase están conectados en paralelo. La conexión en Y baja puede asemejarse a dos baterías en paralelo. Cuando se conectan dos baterías en paralelo, el voltaje resultante es el de una sola batería pero se puede dar corriente a una carga dos veces mayor que la capacidad de una sola batería.

En la Fig. 3.15 los devanados del estator están conectados en Y baja. Los devanados de la fase B se conectan en paralelo uniendo las terminales  $T_5$  y  $T_{11}$  y  $T_2$  a  $T_8$ . El voltaje inducido en los dos devanados es igual al voltaje inducido en uno solo de ellos. Sin embargo la fase puede suministrar corriente a una carga dos veces mayor que la de un devanado sencillo.

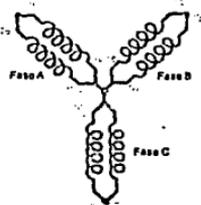


fig. 3.15 Conexión en "Y" Baja

#### 3.2.2.4. GENERADORES SIN ESCOBILLAS

El mayor problema de los generadores que usan anillos deslizantes y escobillas es el desgaste de estas. Un generador sin escobillas vence este problema reemplazando las escobillas y los anillos deslizantes con un pequeño generador en un extremo del eje del rotor. Este pequeño generador se llama **Excitatriz**. La excitatriz usa el principio de inducido giratorio para producir la CC que requiere el generador.

La excitatriz consiste de un embobinado, un campo y un juego de rectificadores (fig. 3.16). El campo es cilíndrico y provee un campo magnético estacionario. El embobinado se encuentra en el eje del rotor principal y tiene las bobinas necesarias para la inducción magnética. Al girar el embobinado, se induce en él un voltaje trifásico. Este voltaje trifásico de CA se convierte en CC en el conjunto rectificador.

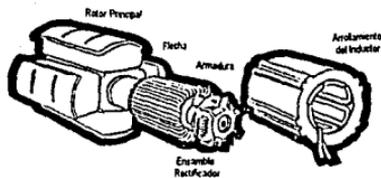


fig. 3.16. Excitatriz de un Generador

El cambio de CA en CC se llama rectificación. La rectificación se logra mediante un dispositivo llamado Diodo. Cuando se aplica CA a un diodo, el conducirá solo en las partes positivas de la curva sinusoidal. La salida será una corriente continua pulsante. Esta CC se llama Rizada. En un generador sin escobillas, en la bobina de la excitatriz se induce un voltaje trifásico. El conjunto rectificador tiene tres diodos que convierten cada fase en CC. Cada voltaje pulsante de cada fase se suma a los otros tres para que la CC aplicada al rotor sea una serie de pequeños impulsos (fig. 3.17).

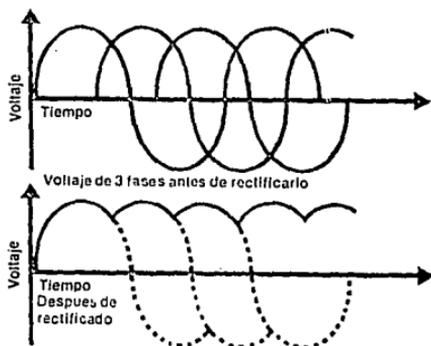


fig. 3.17. Rectificación de una señal

## REGULACION DE VOLTAJE DEL GENERADOR.

Como el voltaje de salida de un generador de CA varía considerablemente con los cambios de carga se tiene que emplear algún método para mantener constante el voltaje en los terminales. En la mayoría de los generadores, se usa un dispositivo auxiliar de control llamado Regulador de Voltaje, para mantener un voltaje de salida constante. Si el voltaje del generador cae debido a un aumento de carga, el regulador de voltaje automáticamente aumenta el voltaje CC al rotor para que el voltaje de salida regrese a su valor original. Si el voltaje de salida trata de aumentar, el regulador de voltaje reducirá el voltaje al rotor nuevamente para regresar el voltaje de salida a su valor original.

El campo del rotor se controla indirectamente variando el voltaje en el campo de la excitatriz. Se tiene que manejar menos corriente en el campo de la excitatriz que en el campo del generador principal. La fig. 3.18 muestra un circuito de regulación básico para un generador sin escobillas. La entrada al regulador se conecta a  $T_7$  y  $T_9$ , y la salida del regulador a su vez se conecta al campo de la excitatriz. Al caer el voltaje de salida, el regulador percibirá la caída y aumentará el voltaje al campo de la excitatriz haciendo aumentar el voltaje que se induce en la bobina. Este mayor voltaje se rectifica y se aplica en los devanados del rotor. Como al rotor ahora se aplica un mayor voltaje, se induce un mayor voltaje en el estator y el voltaje de salida alcanza nuevamente su valor original.

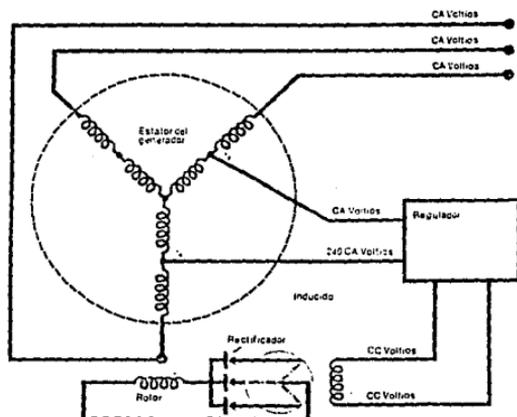


fig. 3.18 Circuito de Regulador Básico

Un regulador de voltaje compensa los cambios en el voltaje aplicado al devanado de campo de la excitatriz. El regulador recibe CA monofásica directamente del generador. El regulador contiene un circuito sensor, un circuito de disparo y un circuito de fuerza. La fig. 3.19. muestra un diagrama en bloque de un regulador básico.

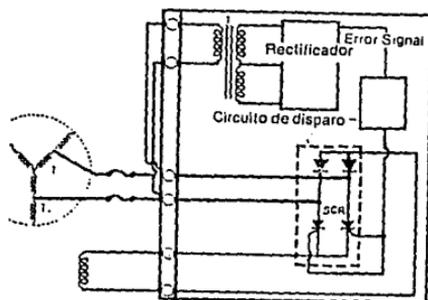


fig. 3.19. Diagrama en bloque de un regulador básico.

El circuito sensor consta de un transformador ( $T_1$ ), un rectificador y un circuito de control. El objeto del transformador  $T_1$  es reducir el voltaje del

generador a niveles utilizables por el rectificador y los circuitos de control. El rectificador produce un voltaje de CC que varía en proporción al cambio en el voltaje de salida del generador.

El voltaje de salida del rectificador se aplica a los circuitos de control donde se compara con el voltaje de referencia. Cualquier diferencia entre el voltaje de CC del circuito sensor y el voltaje de referencia hacen que el circuito de control emita una "señal de error". La señal de error se aplica luego a los circuitos de disparo.

Los circuitos de disparo convierten la señal de error en una serie de impulsos positivos. El tiempo entre los impulsos varía según los cambios en la salida del generador. Estos impulsos positivos luego son utilizados para "disparar" los rectificadores controlados de silicio (SCR) en el circuito de fuerza. Cuando se aplica una CA al SCR, conducirá durante la mitad positiva de la onda sinusoidal, de manera que se aplicará una CC pulsante a la carga. El tiempo que el SCR permanece encendido durante la mitad positiva de la onda sinusoidal, puede variarse enviando una pequeña corriente positiva a la compuerta en el momento apropiado. Entre mayor sea el tiempo que el SCR permanece encendido, mayor será la corriente enviada a la carga. La fig. 3.20a muestra la forma de la onda si el SCR se prende cuando la onda está en  $45^\circ$  y en la fig. 3.20.b, se ve la corriente que resulta si el SCR se enciende a los  $135^\circ$ . En el caso A se aplica más corriente a la carga porque el SCR está encendido por más tiempo.

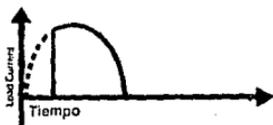


fig. 3.20.a Encendido del SCR a  $45^\circ$

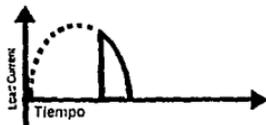


fig. 3.20.b Encendido del SCR a  $135^\circ$

El circuito de fuerza se compone de un rectificador que tiene dos diodos y dos SCR. El voltaje de salida del generador se aplica directamente al rectificador. El rectificador cambia el voltaje del generador en CC pulsante que luego se aplica al devanado de campo de la excitatriz. La CC pulsante es controlada por los SCR en el circuito rectificador, los cuales reciben señales de los circuitos de disparo. El tiempo entre impulsos controla el tiempo que permanecen encendidos los SCR. Si disminuye el voltaje del generador, el tiempo entre impulsos es más corto de manera que los SCR se encienden más temprano en la onda sinusoidal. Se aplica entonces más corriente a los devanados del campo de la excitatriz haciendo aumentar la salida del generador. Si la salida del generador trata de aumentar, el tiempo entre impulsos aumenta disparando los SCR más tarde en el ciclo. Menor corriente es aplicada entonces al devanado de campo haciendo que el voltaje de salida se reduzca.

## CAPÍTULO 4

### SISTEMAS DEL MOTOR

#### 4.1. SISTEMA DE AIRE

Su funcionamiento es suministrar oxígeno a los cilindros para que el combustible se pueda quemar, y luego sacar los gases que quedan de la combustión.

El aire de admisión debe ser limpio, seco y tener la temperatura adecuada. Tanto la admisión como el escape deben tener buen flujo de aire, sin restricciones excesivas.

La admisión consiste de una tubería desde una fuente de aire fresco múltiple de admisión en los motores aspirados normalmente (fig. 4.1.a.) o al turbo cargador en motores turbo cargados (fig. 4.1.b).

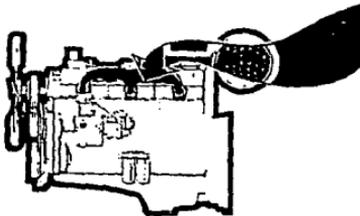


fig. 4.1.a Aspiración Normal

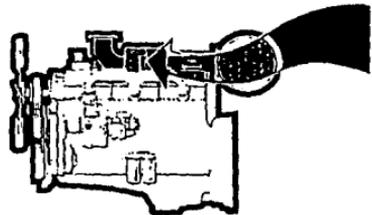


fig. 4.1.b Aspiración con Turbocargador

Para cualquier motor, el polvo es el peor enemigo y el sistema de admisión es el más vulnerable. Siempre se usa alguna clase de purificador de aire. De los tipos de purificador, baño de aceite y seco, se recomienda el tipo seco para los motores de los Generadores. No se recomiendan filtros de baño de aceite por su menor eficiencia en aplicaciones de carga variable que típicamente se presentan en aplicaciones de grupos generadores.

En el filtro seco de servicio normal (fig. 4.2), el aire se filtra por un elemento reemplazable único, de un papel especial de alta calidad, que tiene una eficiencia de 99.9%. Un purificador de aire de servicio pesado tiene dos etapas, que incluyen un pre-depurador que retiene el polvo más pesado antes de pasar a la segunda etapa donde se saca el polvo restante. Se recomiendan los purificadores de servicio pesado en aplicaciones de construcción y minería así como aquellas donde se requiere la más alta eficiencia posible para proteger el motor.

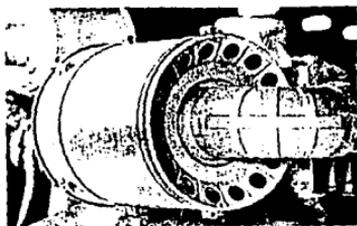


fig. 4.2 Filtro Seco

La entrada de flujo de aire de combustión del motor determina el tamaño del filtro, el cual debe producir el mínimo de restricción en la admisión para mantener un flujo adecuado de aire al motor. Al calcular el tamaño del purificador de aire, se necesita la Hoja de datos del motor para hallar la cantidad de aire de combustión, limitaciones en las restricciones y la capacidad de retención de polvo necesarios.

Normalmente, la fuente de aire que entra al purificador es el aire que lo rodea. Cuando el grupo generador se encuentra dentro de un edificio, se hace necesario abrir huecos en los muros para entrada y salida de aire (fig. 4.3). Sin embargo, en alguna instalación, la fuente de aire fresco debe localizarse a cierta distancia del motor y hay que usar tuberías.

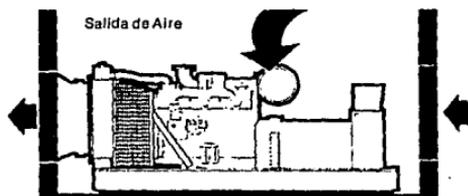


fig. 4.3 Entrada y Salida de aire para Grupos Generadores

La toma de aire debe localizarse donde no aspire agua ni gases de escape, los cuales tapan toda clase de purificadores de aire y acortan su vida. Cada unión de tubería debe tener sello permanente. Una entrada de aire aun un hueco diminuto dejará entrar polvo suficiente para dañar el motor. De manera que los componentes del sistema de aire son de vital importancia. El buen mantenimiento del purificador de aire, según las instrucciones, también es esencial para la eficiencia del sistema.

### Escape

El aire de escape lleva los productos de la combustión del motor a la atmósfera. Cuando el grupo generador está encerrado, se hace necesaria una tubería al exterior. También puede ser necesario controlar el ruido, las emisiones y el calor del escape.

La contra presión excesiva es causada por mucha restricción en el flujo de los gases de escape. Cuando el motor tiene que trabajar contra una contrapresión excesiva, la potencia útil se reduce. La relación aire-combustible disminuye por el barrido incompleto de los cilindros y se reduce la economía del combustible mientras aumenta la temperatura en el escape. Un motor turbo cargado es menos afectado por la contra presión que un motor de aspiración natural, pero de todas maneras es esencial que el sistema de escape esté diseñado para ofrecer la menor restricción posible al flujo de los gases de escape. Es de vital importancia usar tubos de escape del tamaño correcto porque hasta un pequeño aumento en el diámetro del tubo de escape puede reducir significativamente la contra presión.

En las instalaciones, los tubos rectos cortos producen la menor restricción. La flexibilidad entre componentes es necesaria para permitir el movimiento relativo y la dilatación, los cuales podrían someter los tubos a esfuerzos excesivos. Para permitir la dilatación térmica, se deben usar un mínimo de 12 pulgadas de conducto flexible en los primeros cuatro pies de la tubería de escape. (fig. 4.4)

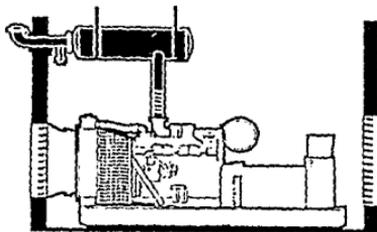


fig. 4.4 Sistema de escape

Así como la tubería de admisión, la tubería de escape debe ser apoyada, para que su peso no recaiga en los componentes del motor.

Debe tener una trampa de condensado y una válvula de drenaje en la parte más baja de la tubería (fig. 4.5). Esto se requiere porque en el proceso de combustión se produce agua y la trampa evitará que el condensado entre al motor.

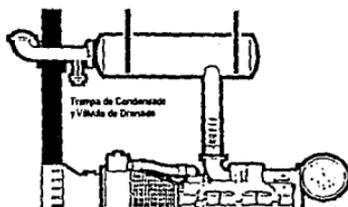


fig. 4.5 Trampa de condensado y válvula de drenaje

La temperatura de los gases de escape normalmente es aproximadamente  $400^{\circ}\text{C}$  ( $800^{\circ}\text{F}$ ), de manera que es importante que el tubo de escape no toque materiales combustibles a su paso por la pared o por el techo. Para disminuir la radiación de calor dentro del edificio, puede ser necesario aislar los tubos.

Para controlar el ruido, generalmente se usan silenciadores. Se consiguen para tres niveles de supresión de ruido: industrial, residencial y crítico. El silenciador industrial suprime aproximadamente 20 decibeles, el residencial 28 decibeles, y el crítico tiene hasta aproximadamente 32 decibeles de supresión. También hay silenciadores en los cuales se circula agua que recoge calor de los gases del motor. Estos silenciadores se llaman silenciadores recuperadores de calor.

A la salida, el escape debe orientarse hacia arriba, para reducir el ruido, y alejar los gases de edificios y tomas de aire (fig. 4.6). Se debe usar una tapa para protegerlo de la lluvia, polvo, o bien de la nieve.

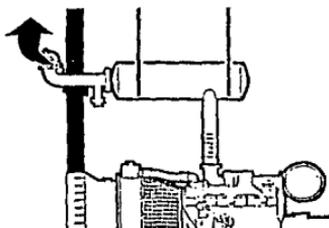


fig. 4.6 Posición del sistema de escape

En instalaciones de varios motores, combinar los escapes de todos en uno solo puede traer problemas y debe estudiarse cuidadosamente. Si todos los motores no trabajan al tiempo, se pueden acumular gases de escape en los motores apagados. También puede presentarse condensación que llene los motores de agua.

#### 4.2 SISTEMA DE COMBUSTION

El combustible diesel en un motor tiene dos funciones importantes: Provee la energía para el motor, enfría, lubrica la bomba de combustible así como los inyectores. Los motores trabajan con combustible diesel que cumpla con ciertas especificaciones en cuanto a:

Viscosidad  
 Contenido de azufre  
 Residuos de carbono  
 Densidad

Número de cetano  
 Agua y sedimentos  
 Azufre activo  
 Destilación

Punto de inflamación.  
 Punto de congelación.  
 Cenizas

La viscosidad se refiere a la características de fluidez del combustible o a su "cuerpo". Si el combustible es demasiado fluido, el exceso de presión en la inyección y la falta de lubricación pueden dañar el motor.

El número de cetano es una medida de las características de arranque y calentamiento. Un número mínimo de 40 es deseable para un buen arranque y para reducir el humo blanco durante el calentamiento. Si el motor trabaja mucho tiempo en vacío a bajas temperaturas o grandes alturas, se debe usar un combustible con un número de cetano mayor. Un número de cetano superior a 60 no es deseable.

El punto de congelación es la temperatura que causa la formación de cristales de parafina, que restringen el paso del combustible causando pérdidas de potencia.

Otra especificación es evitar la cantidad de agua y sedimentos en el combustible. Recuerde, no sólo se requiere comprar un combustible limpio, sino que hay que protegerlo del agua y sedimentos una vez comprado, filtrándolo.

El agua y el sedimento se acumulan en el fondo del tanque de combustible y deben drenarse a intervalos regulares. En instalaciones sobre el piso, simplemente se abre el grifo de desagüe. En tanques subterráneos hay que sacar el agua y el sedimento con bomba, y si es económicamente factible, deben proveerse bocas de acceso para inspección y limpieza.

## FILTROS DE COMBUSTIBLE

Los filtros de combustible en los motores se usan para atrapar la mugre y otras impurezas antes de que dañen la bomba de combustible y otros componentes del motor por oxidación o abrasión. Un filtro de tipo desechable es equipo de norma de motor generador. La carcasa y los elementos filtrantes están combinados en una unidad. Cuando el filtro requiere servicio, simplemente se desecha y se reemplaza con uno nuevo. El correcto mantenimiento del filtro es indispensable para mantener un buen flujo de combustible.

## LINEAS DE SUMINISTRO Y RETORNO.

Para las líneas de suministro y retorno de combustible, se deben utilizar mangueras de caucho flexible para permitir el movimiento relativo entre los diversos elementos del sistema de combustible. Lo mejor es usar una manguera de buena calidad revestida en caucho con refuerzo de tela, y trenza de alambre. Si el motor tiene un tanque diario, se debe usar tubería de hierro para la conducción de combustible desde el tanque de almacenamiento. No se recomienda usar tubos de bronce, cobre o galvanizados porque pueden producir descomposición del combustible. El tamaño de la tubería para no ocasionar restricciones dependerá del consumo del motor, la longitud de las líneas, el número de codos así como los diversos accesorios usados. Para la mayoría de las aplicaciones se requiere un tamaño mínimo de ½ pulgada.

## ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE

La localización del tanque principal es factor primordial para determinar el correcto diseño del sistema de combustible. El caso más sencillo es donde el

tanque está localizado al lado del motor y hay una sola válvula selenoide localizada en la bomba de combustible (fig. 4.7)

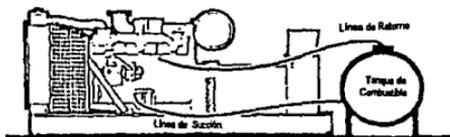


fig. 4.7 Almacenamiento de combustible

El almacenamiento de combustible es una parte importante. El combustible en bruto se guarda en un tanque cuyo tamaño depende del consumo del motor. Si el nivel freático del terreno lo permite, es mejor enterrar el tanque para que no sufra fluctuaciones grandes de temperatura. Los tanques localizados sobre la superficie y expuestos al sol directo deben cubrirse con pintura reflectiva para evitar que el combustible se recaliente con las consecuentes pérdidas de potencia. El combustible usado para generadores auxiliares a veces se almacena por un largo periodo de tiempo. Esto puede ocasionar descomposición del combustible, con los consecuentes problemas de filtros tapados y la parada del equipo en una emergencia. Sin embargo, la descomposición del combustible se puede virtualmente eliminar con las debidas precauciones, tales como el uso de aditivos de combustible.

#### 4.3 SISTEMA DE LUBRICACION

El sistema de lubricación es una de las parte más importantes de un

motor diesel. El aceite lubricante tiene varias funciones. Lubrica las partes en movimientos y da enfriamiento interno. Mantiene limpio el motor suspendiendo los contaminantes hasta que los filtros de aceite lo atrapan o hasta cuando se cambia el aceite. Es un sello para la combustión y protege las partes internas del motor contra el óxido y la corrosión.

Los filtros de flujo completo (fig.4.8.a) están diseñados específicamente para cada modelo de motor, de acuerdo al caudal, a las temperaturas y a las presiones de ese motor y dar la capacidad de filtración necesaria. Los filtros de flujo de derivación (fig. 4.8.b) mantiene más limpio el aceite y prolongan la vida de los filtros de flujo completo.

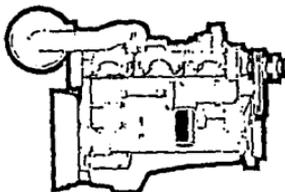


fig. 4.8.a Filtro de flujo completo

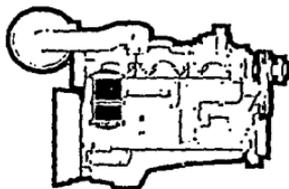


fig. 4.8.b Filtro de flujo de derivación.

Un respiradero alivia las presiones que se crean en el depósito de aceite. En los motores turbo cargados, se usa un elemento de malla y la presión sale a la atmósfera.

Un buen mantenimiento del sistema de lubricación de un motor es esencial para el buen funcionamiento del grupo generador. Cambios de filtros, de aceite y el uso del tipo correcto de aceite, todo esto ayuda a reducir el desgaste y los costos de operación. El uso de un aceite lubricante de alta calidad es importante para prolongar la vida del motor.

#### 4.4. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Un sistema de enfriamiento bien diseñado e instalado para el motor es absolutamente vital.

Valor calorífico del combustible.

30% Potencia

70% Rechazado como calor :

30% Al agua y al aceite

30% Por el escape

10% Al medio ambiente

Aproximadamente un 30% del valor calorífico del combustible consumido en un motor de pistones se recupera como potencia al eje. El resto se rechaza como calor, el cual se tiene que tener en cuenta al diseñar el grupo generador. En una aplicación de energía primaria, la recuperación del calor rechazado para otros fines puede ser económico. El calor de combustión que no se transforma en potencia ni se bota directamente a la atmósfera tiene que ser retirado por el sistema de refrigeración. Para cumplir con esta misión tiene que haber un flujo continuo de refrigerante para sacar el calor del motor.

#### SISTEMAS CERRADOS

La mayoría de los sistemas de enfriamiento hoy en día son "sistemas cerrados", en los cuales el refrigerante se protege de la contaminación y se trata para prevenir la corrosión de los elementos metálicos. El componente primario del sistema de enfriamiento es un radiador (fig. 4.9.b) o un intercambiador de calor. (fig. 4.9.a)

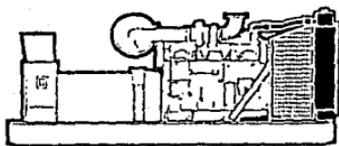


fig. 4.9.a Sistema de enfriamiento por medio de radiador

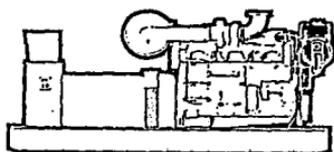


fig. 4.9.b Sistema de enfriamiento por medio de Intercambiador de Calor

Primero hablemos del radiador montado en el motor, que es el sistema más usado por su sencillez. Es un sistema completo, compacto, de bajo perfil y está diseñado para realizar el trabajo de refrigeración en una instalación donde hay un flujo libre de aire fresco hacia y desde el núcleo del radiador. Donde no hay flujo libre de aire, como cuando el grupo generador se instala dentro de una edificación, se tiene que proveer el debido flujo de aire fresco. (Debe ser aire fresco, no recirculado).

Una abertura en la pared del cuarto de máquinas, para la entrada de aire, debe tener aproximadamente una y media veces el área frontal del radiador. Si hay persianas contra la lluvia o rejillas en la abertura, ésta debe ser más grande.

Para sacar el aire de salida del radiador del cuarto de motores, se usan ductos (fig.4.10). Instalar el radiador cerca de la pared reduce los ductos necesarios. El tamaño del agujero debe ser por lo menos igual al del radiador. Si el agujero tiene persianas o alguna otra obstrucción debe ser una y media veces mayor.

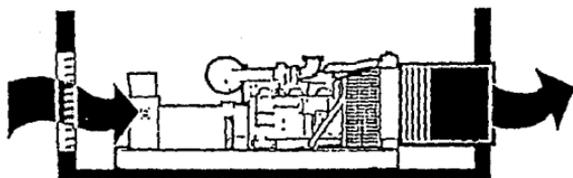


fig. 4.10. Ductos para ventilación del Grupo Generador

Los ductos pueden ser de lona o de metal, pero no se deben fijar ductos rígidos al radiador. Se usa una sección de caucho o de lona pesada para absorber la vibración. Los ductos deben estar libres de obstrucciones, fugas o quiebres. Esto también ayuda a evitar la recirculación del aire al radiador. Si se usan parrillas o persianas, el área frontal deber aumentarse, ampliando gradualmente el ducto. Es mejor instalar un sistema generador de manera que el sentido de flujo de aire sea igual al del viento predominante.

Otro factor que hay que considerar es el calor producido por otros equipos en el cuarto. Si éstos calientan demasiado el aire en el cuarto antes de que llegue al radiador o a la admisión del motor, hace falta más ventilación.

En el intercambiador de calor, el refrigerante del motor pasa alrededor de la sección tubular del mismo y el calor se transfiere al agua fría que fluye dentro de los tubos de cobre-níquel del intercambiador. Así el requisito básico del sistema es un suministro suficiente del agua fría que se puede calentar al pasar por el intercambiador de calor, para luego ser desechada. Esta agua fría puede ser de un acueducto de la ciudad, un pozo o cualquier otra fuente ilimitada de agua, hasta agua de mar. Si se necesita una bomba, puede ser movida por el

mismo motor. Para el agua del acueducto puede ser necesario usar una válvula reductora de presión. Finalmente con respecto al agua utilizada para el sistema de enfriamiento debe ser limpia, no corrosiva y no propensa a producir incrustaciones. Los conductos de agua tapados impiden el paso del agua y restringen la capacidad de transferir calor del sistema.

#### 4.5 ARRANQUE

Hay dos sistemas básicos para arrancar los grupos generadores: Arranque eléctrico, que es el más común y arranque por aire.

##### ARRANQUE POR AIRE

El arranque por aire a veces se especifica cuando el cliente quiere evitar el uso y mantenimiento de baterías o donde existe aire comprimido. Cuando no hay aire comprimido, se puede usar un compresor independiente. Otra ventaja del arranque por aire es que es relativamente insensible a las vibraciones de temperatura.

##### ARRANQUE ELECTRICO

El arranque eléctrico es el método más comúnmente usado para arrancar un grupo generador. Es compacto, cómodo, económico y confiable. Se recomienda para instalaciones auxiliares de arranque automático y se puede usar a bajas temperaturas si se proveen ayudas de arranque en frío. Un sistema de arranque eléctrico consiste en un motor de arranque, baterías, un alternador para cargarlas, un regulador y un interruptor de arranque (fig. 4.11).

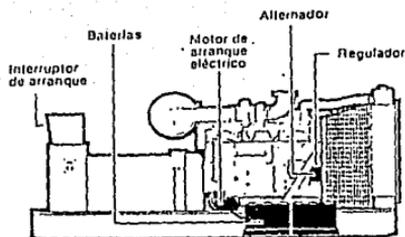


fig. 4.11 Sistema de Arranque Eléctrico

### Baterías

La capacidad de las baterías necesarias depende de la mínima temperatura a la cual se arranca. Antiguamente, las capacidades de las baterías se daban en Amperios-Hora. Ahora se clasifican según la norma SAE J537, según los amperios para arranque en frío. Los amperios de arranque en frío son una forma de medir la capacidad de una batería.

La batería debe ubicarse donde sea fácil revisar el nivel de agua, el estado de carga y su limpieza. Debe estar tan cerca como se pueda del motor de arranque, para reducir la caída de voltaje y mantener lo más corto posible los cables. Las baterías deben mantenerse calientes para asegurar un buen arranque.

### Cargadores de Batería

Hay muchas clases de cargadores de batería. La mayoría de los cargadores caen en dos categorías: lentos y recuperación total. Un cargador lento se usa con un alternador cargador de batería movido por el motor en un sistema generador auxiliar. Mantiene el nivel de carga de la batería como lo dejó el

alternador. No está diseñado para cargar una batería descargada. Un cargador de recuperación total se requiere en un grupo auxiliar cuando éste no cuenta con alternador para cargar la batería. Generalmente, el cargador tiene una alta velocidad (de amperios) para cargar la batería y una baja para mantenerla en óptimas condiciones para el arranque.

El tiempo frío afecta adversamente tanto el arranque del motor como a la batería. A  $-18^{\circ}\text{C}$  una batería completamente cargada solo tiene el 46% de la potencia que tiene a  $27^{\circ}\text{C}$  y se requiere de 2.5 veces más potencia para arrancar el motor. Esto se debe principalmente a que el aceite es más espeso y hay incremento de fricción. De modo que es importante usar aceite de la viscosidad indicada y mantener las baterías completamente cargadas.

#### 4.6 SISTEMA ELECTRICO

El sistema eléctrico del motor (fig. 4.12) consiste de los componentes y de la instalación eléctrica necesaria para hacer girar el motor, abrir la válvula solenoide del combustible y apagar el motor en caso de exceso de velocidad, temperatura excesiva del refrigerante o baja presión de aceite

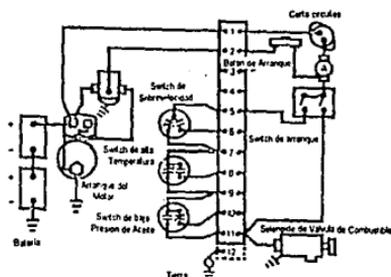


fig. 4.12 Sistema Eléctrico de un Motor

## Sistema de Arranque

El sistema de arranque (fig. 4.13) consiste de dos circuitos: el de alta corriente y el circuito de baja corriente.

El circuito de alta corriente se compone de baterías, motor de arranque, cable y solenoide. El solenoide engrana el piñón del motor de arranque en la corona del motor diesel y hace la conexión entre las baterías y el motor de arranque.

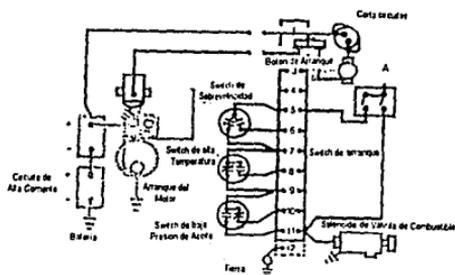


fig. 4.13 Sistema de Arranque

El circuito de baja corriente consiste de baterías, corta circuitos automático, botón de arranque, cables, bobina solenoide y el interruptor magnético auxiliar. El propósito del interruptor magnético auxiliar es energizar el solenoide para que entre en acción el circuito de alta corriente cuando sea necesario. Cuando se presiona el botón de arranque, se completa el circuito. Cuando el motor prende, se suelta el botón y se interrumpe el circuito.

### Circuito de la Válvula Solenoide de Combustible.

Este circuito da el voltaje para accionar la válvula solenoide de combustible, siguiendo el circuito desde las baterías, están el corta circuitos

automático, el amperímetro, el interruptor de arranque que puentea las protecciones del motor, el interruptor de baja presión de aceite, el interruptor de sobrevelocidad, el interruptor de alta temperatura, la válvula solenoide de combustible. Los últimos tres interruptores son interruptores de seguridad, instalados en el circuito para apagar el motor en caso de sobre-velocidad, temperatura alta de agua o presión baja de aceite. Claro que cuando se va a prender el motor, no hay presión de aceite. De manera que hay que anular el interruptor que sobrepasa el de presión de aceite en posición de arranque.

Una vez que prende el motor y empieza a aumentar la presión de aceite, se cerrarán los contactos del interruptor de baja presión y el interruptor de sobrepaso se puede dejar ir a la posición de operación.

El interruptor de presión de aceite del motor, un diafragma sobre el cual obra la presión de aceite y unos contactos. Los contactos se cierran cuando hay presión de aceite suficiente. Si se pierde la presión, se abren los contactos e interrumpen el circuito a la válvula solenoide de combustible.

El interruptor de temperatura de refrigerante del motor consiste de un resorte bi-metálico y unos contactos, metidos en el refrigerante del motor. Si el refrigerante sobrepasa una temperatura preestablecida, normalmente alrededor de 96°C, se abren los contactos y se corta el suministro de combustible. Se pueden agregar unos contactos adicionales que cierran cuando hay temperatura excesiva para accionar una alarma o una luz que avisa la falla.

El interruptor de sobre velocidad es un interruptor sensor de velocidad. Cuando la velocidad del motor pasa de una velocidad preestablecida,

generalmente 2150 r.p.m., se abre los contactos y se apaga el motor, en el cual hay que reponer manualmente el interruptor cuando se dispara antes de poder volver a encender el motor.

#### Terminales del Motor

Otra parte del sistema eléctrico del motor es la regleta de terminales que provee un sitio accesible para interconectar los diversos componentes y para probar los circuitos individuales.

#### 4.7. GOBERNADORES

La potencia y la velocidades de un grupo generador diesel son controladas por la cantidad de combustible que se inyecta en las cámaras de combustión. La cantidad de combustible es regulada por un gobernador que capta la velocidad del motor (o del generador) y realiza los ajustes correspondientes. Las muchas clases de gobernadores caen en tres categorías generales: Mecánicos, eléctricos e hidráulicos.

Los gobernadores mecánicos e hidráulicos generalmente solo captan la velocidad del motor y la posición del acelerador. Los gobernadores eléctricos pueden adaptarse fácilmente para captar la carga del generador así como la velocidad. Primero es necesario entender los términos utilizados para describir el funcionamiento del gobernador.

En la figura 4.14 se ve como se muestra la velocidad de un motor en un gráfico. Va de cero carga a la izquierda a plena carga a la derecha.

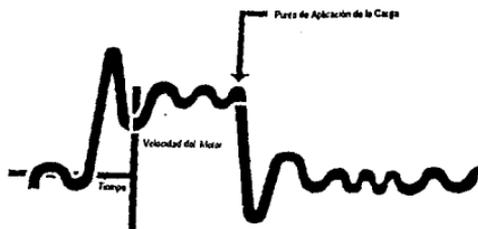


fig. 4.14 Gráfica de la velocidad de un motor

La figura 4.15 muestra la velocidad promedio sin carga y la velocidad promedio a plena carga. Se llama caída de velocidad cuando hay una reducción de velocidad cuando se aplica una carga. La mayoría de los grupos generadores operan con una caída de velocidad o regulación del 3% al 5%.

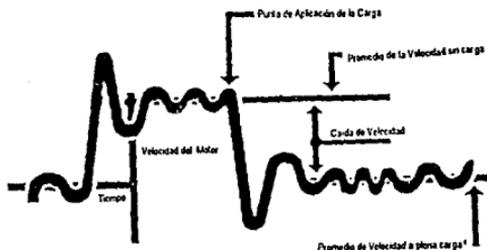


fig. 4.15 Velocidad promedio sin carga y a plena carga

La operación isoncrónica puede definirse como una caída de velocidad igual a cero (fig. 4.16). Se mantiene una velocidad y una frecuencia constante desde cero de carga hasta plena carga, excepto en los cambios de carga cuando se presentarán variaciones transitorias de frecuencia, dependiendo en la magnitud del cambio en la carga. La operación isocrónica normalmente sólo se

requiere en aplicaciones muy precisas que no pueden tolerar una variación de frecuencia entre cero carga y plena carga.

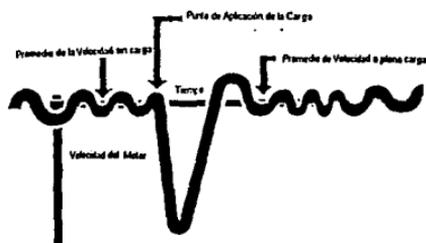


fig. 4.16 Gráfica de la operación isoncrónica

El ancho de banda de estado estacionario (fig. 4.17), es la variación de velocidad bajo condiciones de carga constante "cero carga o plena carga", variaciones debidas a algunas irregularidades en la marcha del motor.

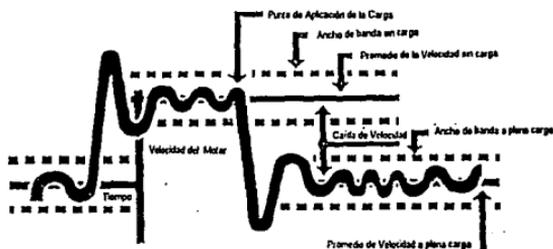


fig. 4.17 Gráfica del ancho de banda de estado estacionario

Transitorio (fig. 4.18) es la caída o aumento momentáneo de la velocidad del motor por debajo o sobre una nueva velocidad para la carga impuesta

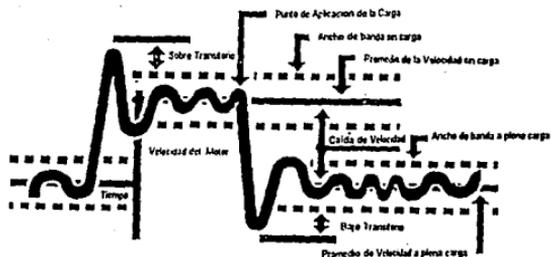


fig. 4.18 Gráfica del Estado Transitorio

Tiempo de recuperación (fig. 4.19) es el tiempo que pasa entre la aplicación de la carga hasta el momento en que la velocidad se mantiene dentro del ancho de banda especificado para estabilidad de estado estacionario.

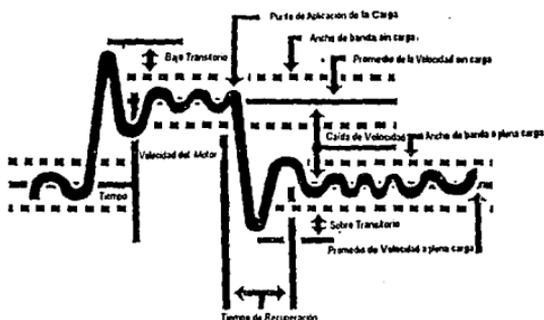


fig. 4.19 Gráfica de Tiempo de Recuperación

### Tipos de Gobernadores

Un gobernador centrífugo mecánico es el de menor costo. Sin embargo, las características de caída de velocidad son demasiado holgadas (10% a 20%) para la mayoría de las aplicaciones de grupos generadores.

Hay dos clases de gobernadores hidráulicos: el Woodward SG con una caída de 3% a 7% y Woodward PSG con 0% a 5% de caída (fig. 4.20).

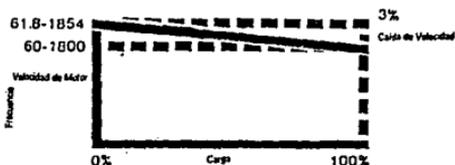


fig. 4.20. Respuesta de Gobernadores

La estabilidad de estado estacionario de estos gobernadores es de  $\pm 0.25\%$ . Se pueden usar en grupos generadores sencillos o en un sistema en paralelo de sincronización manual. No se usan con sistemas de paralelismo automático isoncrónicos. Los gobernadores hidráulicos se montan en el motor y no requieren de una fuente externa de energía. La mayoría de las aplicaciones de grupos generadores tanto auxiliares como principales tendrán una regulación adecuada de frecuencia con este sistema.

Los gobernadores eléctricos usados en la gran mayoría de los grupos generadores tienen la capacidad de operación isoncrónica en aplicaciones de un solo generador o en paralelo, dependiendo de las unidades de control de gobernador usadas. Estos gobernadores usan un sensor magnético montado en la cubierta del volante como señal de velocidad, la batería de 24 voltios como fuente de poder y un control compatible de repartición de carga cuando se necesita una operación isoncrónica en paralelo.

## 4.8 CIMENTACIONES

Las cimentaciones no son exactamente uno de los sistemas del motor, pero se tratan aquí porque pueden afectar la operación del grupo generador.

El cimientio tiene tres funciones. debe sostener el peso del conjunto, mantener la alineación necesaria entre el motor y el generador, así como absorben la vibración ocasionada por el movimiento de las masas rotativas y reciprocas. Hay dos clases básicas de cimentación : Una loza de concreto existente (fig. 4.21.a) y la base construida especialmente para el grupo generador (fig. 4.21.b)

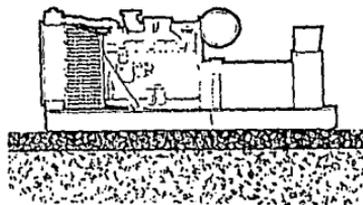


fig. 4.21.a. Loza existente

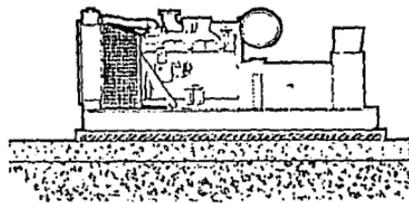


fig. 4.21.b. Base especialmente Diseñada

### Condiciones del suelo

Para diseñar una base, la primera consideración es la capacidad portante del terreno, que puede variar de arcilla blanda a roca dura. El suelo debe poder soportar el peso del grupo generador y de su base. Condiciones anormales de terrenos, tales como arena, rellenos no consolidados, o un nivel freático muy alto pueden afectar adversamente la capacidad del suelo para soportar el peso del grupo generador y su base. Todas estas condiciones se deben analizar antes de diseñar y construir un cimientio.

## Aislamiento de la Vibración y del Ruido

Tanto en un piso como en una base levantada, el ruido y la vibración se pueden controlar mediante alguna clase de fijación que aisle la vibración. Un montaje en resortes de acero (fig. 4.22.a. y 4.22.b.) es el mejor, con una eficiencia del 98% en aislamiento de vibración. Le sigue la fibra de vidrio con 75% a 85% de eficiencia y el caucho con una eficiencia 50% a 80%.

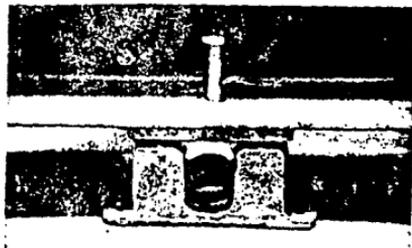
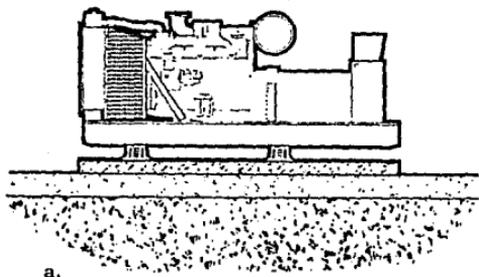


fig. 4.22. Montaje con resortes de acero

Los aisladores de resorte de acero se usan donde la zona circundante tiene muy poca resistencia a la vibración y donde hay gente trabajando en un ambiente silencioso, como en hospitales o edificios de oficina. En zonas sísmicas y en instalaciones móviles tales como vehículos y a bordo de embarcaciones, se requieren aisladores de resorte especiales para evitar que el grupo se salga de sus resortes. En la mayoría de las instalaciones, sin embargo, una ligera vibración no es contraproducente y el grupo se puede anclar directamente al piso de concreto o se puede usar un aislador del tipo almohadilla.

## CAPITULO 5

### SISTEMAS ELECTRICOS

#### 5.1. GENERADORES : CARACTERISTICAS Y RENDIMIENTOS

##### Tamaño de un Generador

El tamaño de un generador se determina por tres cosas:

- 1) La capacidad en KW y/o KVA.
- 2) La velocidad a la cual se mueve el generador.
- 3) El aumento de temperatura de los devanados por los cuales fluye la corriente.

Al pasar la corriente por los devanados, se genera calor, de modo que en el diseño del generador se deben contemplar la ventilación y el aislamiento.

##### Capacidad en KW y en KVA.

Todos los generadores tienen dos capacidades: en KW y en KVA. La capacidad en KVA es la corriente multiplicada por el voltaje. Como esta es la corriente que físicamente llevan los alambres del generador, define el tamaño del generador. La potencia en KW es proporcionada por la capacidad en caballos de fuerza del motor que mueve al generador. Un KW = 0.746 hp. Dicho de otra manera: la potencia de entrada que requiere el generador fija la potencia del motor diesel.

$$\begin{array}{l} \text{Potencia de Entrada al} \\ \text{Generador} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Eficiencia del} \\ \text{Generador} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Capacidad de Entrada} \\ \text{del Grupo Generador} \end{array}$$
  
$$\begin{array}{l} \text{hp} \times 0.746 \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Eficiencia del} \\ \text{Generador} \end{array} = \begin{array}{l} \text{KW del Grupo Generador} \end{array}$$

Los KVA que salen del generador no dependen del generador sino de la carga. Un generador tratará de satisfacer cualquier demanda que se le exija hasta que: a) El motor se frena, b) cae el voltaje y no se recupera más, c)finalmente se queman los devanados del generador.

La capacidad en la placa del generador es una forma precisa de definir el rendimiento nominal de un generador Kohler. Los generadores Kohler se diseñan para cumplir con parámetros de diseño que han sido aprobados por reconocidas normas industriales como NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos, U.S.A) y otras normas internacionales. Por lo que se refiere a México cumple con la NOM (Norma Oficial Mexicana).

La NEMA reconoce cuatro clases básicas de aislamiento. La temperatura de operación de cada clase de aislamiento se basa en características iguales de vida de veinte años. Cuando un generador trabaja por encima de las temperaturas NEMA, hay una regla práctica que dice: Por cada 10° C por encima de la temperatura NEMA especificada, se reduce la vida del aislamiento a la mitad. Así, si un generador se opera a diez grados por encima de la temperatura NEMA, la vida promedio de sus aislantes se reduce a diez años.

En la gran mayoría de los generadores se usa aislamiento clase F. En aplicaciones de servicio primario, el aumento de temperatura es menos de 105° C, sobre la temperatura ambiente de 40° C . A capacidad como fuente auxiliar el aumento de temperatura es menos que 130° C. sobre el ambiente de 40° C.

## GRUPOS GENERADORES KOHLER

La ingeniería de los Grupos Kohler se ha hecho para una instalación más flexible, costos de instalación menores, mantenimiento rápido y económico y para mayor confiabilidad son generadores sin escobillas, hechos con materiales de alta calidad y diseñados para cumplir las más altas normas de rendimiento. Sus características de voltaje y frecuencia son excelentes.

Kohler ofrece grupos generadores en una amplia gama de potencias tanto para uso auxiliar, así como para grupos primarios. Operan a 1800 r.p.m. para aplicaciones de 60 Hz y 1500 r.p.m. para aplicaciones a 50 Hz.

Los generadores Kohler son generadores sincrónicos, de polos salientes, campo rotativo, excitatriz, sin escobillas y con un solo rodamiento. La caja de conexiones es grande y está montada en un extremo del generador y contiene los cables de potencia que vienen del estator, el regulador de voltaje y otros dispositivos de control. Se ha previsto un espacio amplio para las conexiones, montaje de cortacircuitos, sistemas de paralelismo, sistemas elevadores de corriente y otros elementos de control dentro de la caja. La tapa de la caja es de una sola pieza con persianas, lo cual permite su remoción rápida y fácil. El aire entra por las persianas y sale por el extremo del volante. Este flujo reduce la recirculación del aire de ventilación que aumentaría la temperatura del generador y acortaría la vida de los devanados. La construcción pesada de la caja permite colocar sobre de ella accesorios de control.

La excitatriz está montada por fuera del rodamiento del eje del rotor, dentro de la caja de conexiones. Esto significa que el servicio es fácil y rápido sin

desarmar ni el generador ni la caja de conexiones. Como todo el conjunto de diodos rectificadores está montada dentro de la caja de conexiones y fuera de rodamiento y de la estructura del generador sus partes se pueden arreglar rápidamente con herramientas normales. La excitatriz es un rectificador rotativo trifásico de onda completa con seis diodos sellados herméticamente. Estos diodos están protegidos contra altos voltajes transitorios por un supresor de selenium de placas múltiples para asegurar servicio confiable aún con cargas que cambian rápidamente y trabajando en paralelo.

Un robusto ventilador de fundición de aleación de aluminio se ha instalado en un extremo del eje del rotor, junto con un disco propulsor flexible y los herrajes correspondientes. Los deflectores del ventilador están apoyados en ambos lados para evitar las fallas por fatiga prematura que se presentan en deflectores en voladizo, apoyados en un solo lado. El anillo del ventilador también está diseñado para soportar el rotor cuando el generador no está acoplado el motor. Los discos propulsores de acero laminado flexibles se fijan directamente al cigüeñal para que el extremo del generador cercano al motor, sea apoyado por el volante. Esto da el óptimo, la mejor alineación y el tamaño mínimo.

Hay varias ventajas en la construcción unirotor para el rotor. Laminación de un solo componente y cuatro polos que eliminan todos los dispositivos de fijación del rotor al eje, los cuales se pueden aflojar y provocar una falla prematura del rotor o vibraciones excesivas.

Todos los generadores Kohler tienen reguladores de voltaje de estado sólido para máxima confiabilidad y regulación precisa de voltaje. Sus

características incluyen:

- Regulación de voltaje de  $\pm 1\%$
- Banda de estabilidad de estado estacionario a cualquier carga constante de  $\pm 0.25\%$
- Regulación de voltaje normal con compensación de corrientes cruzadas para operación en paralelo de 4%
- La respuesta transitoria incluye funcionamiento inmediato al 100% de la carga en aplicaciones primaria y auxiliar, caída de voltaje menor que 20% con un tiempo de recuperación de menos de 5 segundos.
- Supresión de interferencia electromagnética de radio frecuencias a niveles comercialmente aceptables.
- La protección contra baja frecuencia es ahora también normal para proteger el regulador de voltaje y la excitatriz de sobrecargas cuando el grupo opera por largo período de tiempo a bajas velocidades.
- Protección adicional contra humedad excesiva. Esto incluye diodos herméticamente sellados, un tratamiento aislante epóxico pesado de la placa del circuito impreso y de otros componente claves para operación en condiciones severas, con alta humedad y aire sucio.

## RENDIMIENTO

Un factor de influencia telefónica (TIF) de menos de 50 permite que el generador normal cumpla las especificaciones de las empresas telefónicas. Todos los generales Kohler pueden arrancar motores grandes con una caída mínima de voltaje. Específicamente, al arrancar motores NEMA F a 460 voltios, 60 Hz, 0.5 HP por KW auxiliar se pueden arrancar con una caída máxima de voltaje del 40%. Una distorsión armónica máxima de 0.5% RCMC permite aplicar el

generador a toda carga comercial normal. La regulación de frecuencia o caída de velocidad, de cero de carga a plena carga puede ser de 0%, a 7% dependiendo del gobernador escogido. La estabilidad de estado estacionario de frecuencia a cualquier carga constante es de  $\pm 0.25\%$ .

## 5.2. CORTA-CIRCUITOS

Un cortacircuitos es un dispositivo de protección eléctrica que está diseñado para abrir y cerrar un circuito por medios no automáticos y para abrir automáticamente a cierta sobre-corriente.

La mayoría de los grupos generadores tienen cortacircuitos al aire en caja moldeada y operan con base en el sistema termo-magnético. Estos dañan protección a sistemas de distribución de bajo voltaje contra sobrecargas y/o cortocircuitos.

Las sobrecargas son aumentos excesivos en la corriente. Pueden ser temporales o sostenidos. Durante una sobrecarga temporal, por ejemplo cuando arranca un motor el corta circuitos no debe dispararse. Cuando ocurre una sobrecarga sostenida, se debe disparar el cortocircuito. Un cortocircuito es un aumento instantáneo de la corriente a un valor muy alto. Cuando ocurre un corto, el cortacircuito debe dispararse inmediatamente.

Los cortacircuitos pueden instalarse a la salida del generador para protección contra sobre cargas (fig.5.1). En este caso se llama cortacircuitos de línea o cortacircuitos de línea principal. Tiene la ventaja de poder desconectar el

generador del barraje. Esto es indispensable cuando se conectan generadores en paralelo.

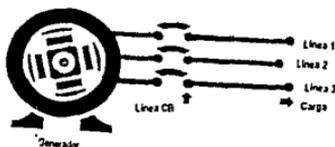


fig. 5.1 Cortacircuitos en un generador

Normalmente, hay un solo cortacircuitos de 3 polos para las tres fases y en caso de una sobre carga o un corto en cualquier fase, se disparan las tres.

La caja moldeada (fig. 5.2) es una cubierta aislada que soporta todos los componentes del cortacircuitos. Cada tipo y tamaño de caja recibe una designación de marco, basada en su máxima capacidad de interrupción de carga.

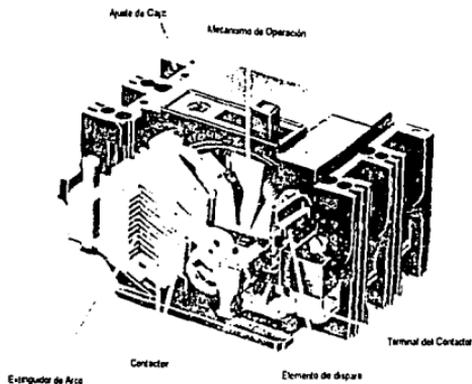


fig. 5.2 Componentes de un Cortacircuitos

El mecanismo de operación (fig. 5.3) da una forma de abrir y cerrar el cortacircuitos, a una velocidad independiente de la rapidez con que se mueve la manija. El corta circuitos está diseñado de manera que al mantener la manija manualmente en posición prendida no evita que se dispare en caso de sobrecarga, esto se denomina "disparo libre".

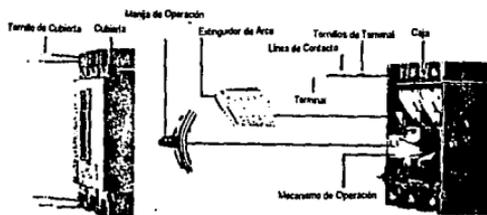


fig. 5.3 Mecanismo de operación de un cortacircuitos

La posición de la manija de operación indica si el cortacircuitos está en posición "encendido", "apagado", o si se ha disparado. La posición superior significa prendido, abajo significa apagado y en el centro es señal de que se ha disparado. Para restablecer el servicio después de que el corta circuitos se ha disparado, la manija debe llevarse a la posición "apagado" y luego ha "encendido".

El objeto del extinguidor de arco es encerrar, dividir y apagar el arco que se crea entre los contactos cada vez que el corta circuitos interrumpe la corriente. Cuando se abren los contactos, el arco creado, induce un campo magnético en las rejillas que a su vez lleva el arco de los contactos a las rejillas. Así, el arco se

divide en varios arcos menores y se extingue rápidamente.

La función del elemento de disparo es accionar el mecanismo de operación en caso de una sobre carga prolongada o corta circuito. Para esto se instala un elemento disparador electromecánico o de estado sólido.

#### CORTACIRCUITOS TERMO-MAGNETICOS

Los cortacircuitos termo-magnéticos usan dos clases de acción para dar protección contra sobre cargas y cortos circuitos. La acción **térmica** se usa para protección contra sobre cargas y la acción **magnéticas** para protección corta corto circuitos. La acción térmica usa una tira bimetalica que consiste en dos metales diferentes que se dilatan y contraen a diferentes velocidades. La fig. 5.4.a muestra la acción térmica cuando no hay sobrecarga. Al pasar una cantidad excesiva de corriente, la tira bimetalica se calienta y se dobla abriendo los contactos fig. 5.4.b. La tira bimetalica demora un tiempo en curvarse, de modo que el cortacircuitos no se dispara con sobrecargas momentaneas. Los elementos térmicos se calibran en fábrica y no pueden ajustarse en el campo.



fig. 5.4. Funcionamiento de un Cortacircuitos Termo-Magnético

La acción magnética (fig. 5.5) dispara el cortacircuitos cuando hay un corto circuito. Esta acción tiene que ser muy rápida para evitar daños al generador o a la carga. La única demora está en el tiempo que tardan los contactos en separarse físicamente y extinguir el arco. La acción toma lugar en 0.016 segundos o menos, que es menos de un ciclo. En la parte delantera del corto circuito hay puntos de ajuste para calibrar la corriente de disparo.



fig. 5.5 Acción Magnética de un Cortacircuitos.

Los accionadores termomagnéticos (fig. 5.6) combinan la acción térmica y la magnética para dar protección contra sobre cargas y cortos circuitos, son lo más aptos para la mayoría de las aplicaciones de uso general porque son sensibles a la temperatura y automáticamente se relacionan con las capacidades seguras de cables y equipos, que pueden variar con la temperatura ambiente. Una sobrecarga de 250% no alcanza a hacer saltar una unidad magnética pero saltará una unidad térmica en aproximadamente 60 segundos. En un corto circuito, la corriente es hasta 4000% la nominal y el magnético disparará el corto circuito en aproximadamente un ciclo.



fig. 5.6 Accionadores Termomagnéticos

Existen también cortacircuitos ajustables por control por estado sólido que reemplazan el sistema termo-magnético con un transformador de corriente, disparado en derivación de transferencia de flujo y un circuito de estado sólido que son parte integral del marco del corta circuito, tiene las mismas dimensiones físicas y es completamente intercambiable con el cortacircuitos convencional que reemplaza. La gran ventaja de este cortacircuito de línea es que da una protección ajustable contra sobre carga. Esto se logra mediante un enchufe que se ajusta entre el 50% y el 100% de la capacidad de corriente continua del dispositivo y es aplicable a voltajes de "Y" alta y de "Y" baja.

Como alternativa al cortacircuito de línea principal de caja moldeada los corta circuitos se pueden instalar en el circuito de exitatriz / regulador. Esta clase de protección se llama corta circuito de campo de la exitatriz. Puede interrumpir el voltaje que se aplica a la exitatriz. Como la exitatriz abastece al campo giratorio del generador, caerá el campo magnético haciendo caer el voltaje de salida del generador como se abre este corta circuitos. Como se ve en el diagrama (fig. 5.7), tres transformadores de corriente captan la corriente en cada fase. El secundario de cada transformador va a un cortacircuitos tripolar que

tiene accionadores especiales sensibles a la corriente para manejar las sobrecargas y corto circuitos.

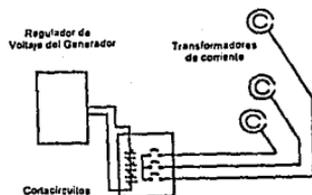


fig. 5.7 Conexión de los cortacircuitos

Normalmente el cortacircuitos de campo está cerrado y el generador produce un voltaje de salida. Durante una sobrecarga marcada (Usualmente del 25%) o un cortacircuito, aumenta la corriente y se dispara el cortacircuitos. El voltaje del generador inmediatamente cae. El cortacircuitos de campo de la excitatriz tiene la ventaja de controlar un menor amperaje y tener un costo menor que un cortacircuitos de línea. Sin embargo, los cortacircuitos de campo de la excitatriz no son adecuados para generadores en paralelo ni para los que tienen un módulo de aumento de corriente opcional, porque no aíslan eléctricamente el generador de la carga.

Para elegir un cortacircuitos de línea principal para una aplicación particular, hay que conocer parámetros como el voltaje, la frecuencia, capacidad de interrupción, capacidad continua de corriente y cualquier condición de trabajo anormal. Estos parámetros los definen el generador y el tipo de carga.

Un cortacircuitos puede tener diversos accesorios. Como por ejemplo un disparador de bajo voltaje (fig. 5.8), es un dispositivo que dispara el cortacircuitos cuando el voltaje cae por debajo de un cierto valor. En la gran mayoría de los grupos generadores, una bobina de retención de 24V. se conecta en serie con la válvula de solenoide de combustible. Al desenergizarse esta válvula hace disparar el corta circuitos de línea. La bobina tiene que estar energizada para permitir el cierre manual del cortacircuitos de línea.

Un cortacircuitos con bobina de retención se necesita en cada grupo generador operando en paralelo por dos razones.

1. Si el motor de un generador se apaga por cualquier razón y su generador sigue conectado eléctricamente al otro generador o generadores, el generador trabajaría como un motor impulsando el motor diesel y no dejándolo parar. Un corta circuitos de línea sin bobina de retención no abriría en este caso. Esto puede averiar los componentes del sistema de combustible.
2. Si cada grupo generador tiene su propio tanque de combustible, y un tanque queda vacío, el grupo correspondiente seguiría movido por su generador y los componentes del sistema de combustible se pueden dañar. En este caso se necesita un relevador de potencia inversa. Este se dispara por flujo inverso de energía, desenergizando la bobina de retención y abriendo el cortacircuito de línea.

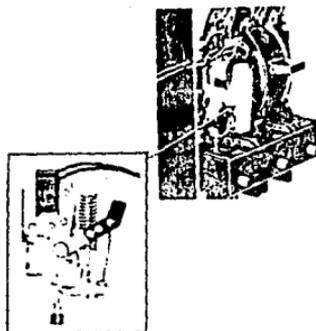


fig. 5.8 Disparador de bajo voltaje

Contactos auxiliares (fig. 5.9) se usan cuando es deseable tener una indicación visual de que el circuito está energizado, por ejemplo en un tablero también se usan con varios grupos generadores en paralelo.

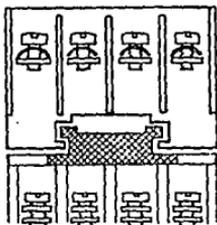


fig. 5.9 Contactos auxiliares

La función de un accionador motorizado (fig. 5.10) es permitir el accionamiento remoto total del cortacircuitos mediante un pulsador o accionador similar. Esta opción se usa cuando se conectan en paralelo dos o mas grupos generadores. Se logra un accionamiento positivo mediante un brazo que agarra la

palanca del cortacircuitos, cuando se acciona el motor desde un lugar remoto, el brazo mueve a la manija a la posición "prendido" o "apagado". En caso de falla eléctrica, es posible el accionamiento manual.

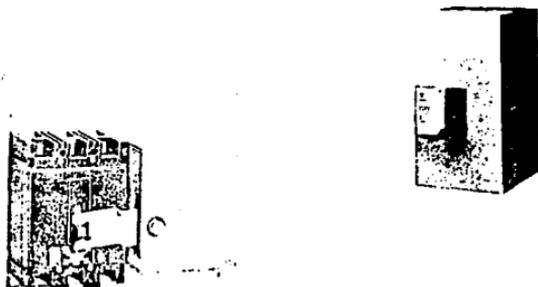


fig. 5.10. Accionador Motorizado

En adición a los sistemas descritos anteriormente, a veces se usan otros cortacircuitos con los grupos generadores. Estos incluyen :

1. Cortacircuitos aire-magnético (de energía almacenada). Se requieren en aplicaciones de alto voltaje.
2. Limitadores de corriente.

En algunas aplicaciones de servicio pesado, críticas, se usan un cortacircuitos con una característica especial llamada "tipo corredizo". Un cortacircuitos con esta característica se puede sacar fácilmente de un tablero energizado para darle mantenimiento.

### 5.3. INTERRUPTORES AUTOMATICOS DE TRANSFERENCIA

Cuando hay una emergencia, tal como una caída de voltaje de la red, el sistema de emergencia debe pasar la energía eléctrica de la fuente normal a la fuente auxiliar. Esto se logra con el interruptor automático de transferencia o interruptor de falla de la red. Una vez que la energía se ha restablecido en forma normal, el interruptor automático debe conectar la carga nuevamente a las líneas eléctricas normales.

En la fig. 5.11 se esquematiza un sistema automático auxiliar de emergencia.

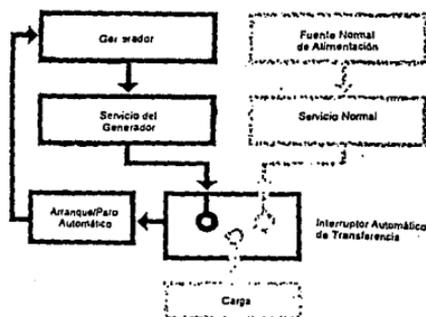


fig. 5.11 Esquematación de un sistema automático

El interruptor automático de transferencia está conectado al sistema de arranque y paro automático. Cuando el voltaje en la red cae por debajo del 70% de su valor normal, el interruptor capta esto y envía una señal al sistema automático de arranque y paro. El sistema de arranque entonces activa el interruptor y lleva el grupo al voltaje y frecuencia especificados. Cuando el

generador alcanza el 90% de voltaje de línea, el interruptor de transferencia conecta el generador a la carga.

El interruptor capta cuando se ha restablecido la energía normal y reconecta la carga, desconectando el grupo generador. También envía una señal al sistema automático de arranque y paro para que apague el motor Diesel y generalmente el interruptor de transferencia tiene un dispositivo temporizador para dejar enfriar al grupo generador después de que la carga haya sido cambiada a la fuente normal de energía.

Los interruptores automáticos de transferencia ó ATS, como también se llaman. Estos caen en dos grandes categorías: Los de **corta circuitos** y los de **contactor**, los nombres mismos indican cuál es la diferencia entre los dos tipos.

El interruptor automático de transferencia de tipo cortacircuito (fig. 5.12), se compone principalmente de tres elementos básicos:

1) Contactos principales; 2) Mecanismo de transferencia; 3) Un circuito de inteligencia.

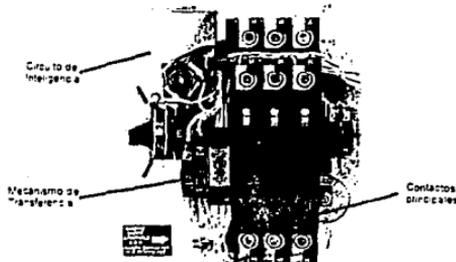


fig. 5.12. Interruptor automático de transferencia tipo cortacircuitos

Los cortacircuitos de contacto principal se usan para conectar y desconectar la carga de las fuentes de energía. Se usan cortacircuitos de caja moldeada para asegurar una operación confiable y segura bajo todas las condiciones. Están especificados para servicio continuo para toda clase de carga, abierta o encerrada. También tienen una alta resistencia dieléctrica, alta capacidad de interrupción y resistencia.

**El mecanismo de transferencia**, transfiere los cortacircuitos de una fuente a la otra. Para lograr esto, se usan cortacircuitos con motor-reductor unidireccional. Los cortacircuitos se montan en una placa de acero. El mecanismo de transferencia da un enclavamiento mecánico positivo que evita que ambos cortacircuitos estén cerrado al tiempo. Está diseñado para dejar los cortacircuitos libres para saltar cuando estén cerrado, permitiendo que se incorpore protección térmica y cortacircuitos, en uno o ambos cortacircuitos si se requiere. El interruptor está diseñado para resistir plena carga, ya sea resistiva o inductiva. La manija de operación manual está "aislado" eléctricamente para seguridad del personal, está enclavada eléctrica y mecánicamente sin posiciones eléctricas "apagado" o "neutro". Una posición "neutral" para mantenimiento de circuitos de carga se puede seleccionar manualmente, pero solo si se retiran el enclavamiento o el enchufe indicador.

**El circuito de inteligencia o de supervisión**, se monta en el tablero inferior y se conecta al tablero de conmutación mediante dos cables que terminan en los enchufes de interconexión del tablero. El circuito de inteligencia constantemente vigila la condición de las fuentes de energía y da la información necesaria para que operen el interruptor y los circuitos anexos. Los interruptores

se conectan en fabrica para un voltaje dado. Todos los interruptores tienen primarios con varias derivaciones que permiten ajustarlos en el campo para voltajes entre 208 y 600 voltios y operación a 50 ó 60 Hz . Dos transformadores bajan el voltaje de línea a 120 V o menos para que el circuito de inteligencia lo capte.

El paquete lógico de estado sólido consiste de una serie de plaquetas de circuito impreso, conectadas al tablero de control. Estas plaquetas se usan para temporizar y supervisar voltajes y frecuencias. Las plaquetas están hechas de manera que es imposible meterlas en la ranura equivocada. Bajo condiciones normales, el cortacircuitos normal, está cerrado y el de emergencia está abierto. Siempre se supervisa la fuente sobre la línea. La energía para el mecanismo de transferencia motorizado se toma del lado hacia el cual se va a transferir la carga. La fuente normal es la fuente preferida y el interruptor siempre la buscará, si está disponible.

Si falla la energía normal, la plaqueta sensora de voltaje da una señal para arrancar el grupo generador. Cuando es suficiente el voltaje del grupo generador y la frecuencia está a 90% del valor requerido, se cierra el relevador de emergencia y se completa el circuito al mecanismo de transferencia. El mecanismo de transferencia abre el cortacircuitos normal y cierra el de emergencia. Al cerrar el cortacircuitos de emergencia, abren los contactos del interruptor limitador de emergencia, parando el motor de transferencia. El motor se frena positivamente con un freno de solenoide. Al regresar la energía normal y alcanzar el voltaje el punto de captación de la plaqueta sensora de voltaje, se cierra el relevador normal iniciando la parada del grupo generador. Los contactos en el relevador completan el circuito al motor de transferencia, el cual cierra el

cortacircuitos normal y abre el de emergencia. Cuando el cortacircuitos normal cierra, unos contactos auxiliares en su interior apagan el motor de transferencia y quedan restablecidas las condiciones normales.

Los ATS de cortacircuitos se selecciona con base en el amperaje de 80 a 3000 Amperios. Se puede obtener como interruptor abierto para montar en tableros y centros de control de motores o en cajas NEMA 1 para montaje interior a prueba de lluvia.

Ademas hay varios equipos opcionales.

**Disparadores termo-magnéticos** que se pueden instalar al lado de emergencia para dar protección sobre corriente y cortacircuitos. En ciertas aplicaciones pueden eliminar la necesidad de usar un cortocircuitos en el generador.

**Demora de normal a emergencia** hace que el paso a emergencia se demore para desatender fallas y fluctuaciones momentáneas en el suministro eléctrico. El tiempo empieza a correr cuando aparece la energía de emergencia.

**Demora en neutro** da una espera en la posición neutral cuando la carga se desconecta de cualquier fuente en la transferencia. Puede usarse con grandes cargas de motores para permitir que el voltaje residual en el motor disminuya a un valor seguro antes de la transferencia.

**Calentador de planta** es un reloj de 168 horas que permite programar la operación de prueba del generador a intervalos preseleccionados. Se puede ajustar a intervalos de 15 minutos desde 0 a 168 horas.

El ATS tipo contactores consiste de tres elementos funcionales básicos: 1) contactos principales especialmente diseñados; 2) mecanismos de transferencia; 3) control lógico.

Los contactos principales especialmente diseñados (fig. 5.13) se usan para conectar y desconectar la carga de las fuentes de energía. Los contactos principales están protegidos contra los arcos por contactos que evitan el saldo de estos y reducen la erosión de tal forma que los contactos principales les sea permitido conducir corriente continuamente a niveles más altos.

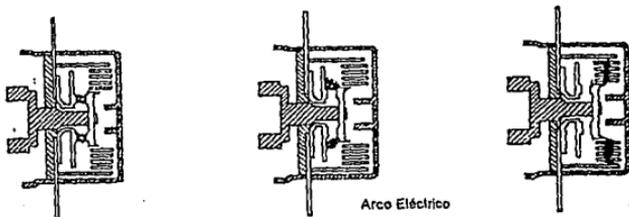
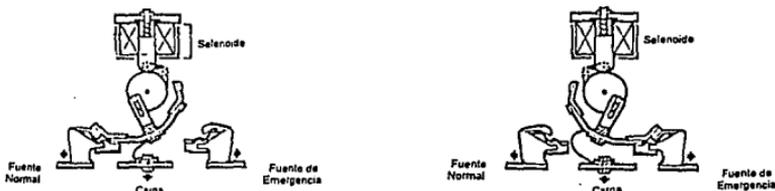


fig. 5.13. Contactos Principales

El mecanismo de transferencia es operado eléctricamente por un accionador de solenoide sencillo energizado momentáneamente por la fuente a la cual se transferirá la carga. El interruptor esta enclavado mecánicamente para asegurar solo una de dos posiciones normal o emergencia.

El control lógico constantemente vigila la condición de las fuentes de energía, da las señales necesarias para el interruptor y operación de circuitos relacionados. El tablero es una unidad de control combinada electromagnética y de estado sólido que incluye muchos accesorios como equipo de norma para cumplir con las diferentes normas. La posición normal del interruptor se muestra en la fig. 5.14.a. Si falla la energía normal, el voltaje de la unidad lógica se aplica al solenoide que tira el núcleo hacia arriba. Al moverse el núcleo tira la pesa giratoria en sentido contrario a las agujas del reloj, lo cual hace abrir los contactos principales de la fuente normal a la posición de emergencia.

Cuando el interruptor está en posición de emergencia (fig. 5.14.b) ocurre la acción opuesta.



a.

b.

fig. 5.14. Mecanismo de Transferencia

Otras características del ATS de contactor incluye:

- Modulo sensor de estado solido que detecta la falla de energía o la condición de baja tensión. Al valor ajustado previamente, entre 75% a 98% del voltaje normal de línea, se activa el temporizador antes de activar el arranque del motor.

- Contacto de arranque del motor que se cierra la fallar la fuente normal de energía para dar arranque al motor, se puede ajustar la demora en arranque del motor de 0 a 6 segundos.
- Módulo o módulos <sup>de estado sólido</sup> sensores de estado sólido que captan que la fuente de energía de emergencia ha alcanzado los niveles deseados de voltaje y de frecuencia antes de transferir la carga a la fuente de emergencia.
- Demora de emergencia a normal ajustable entre 0 y 30 minutos.
- Demora ajustable para enfriamiento del motor ajustable de 0 a 5 minutos.
- Un grupo de contactos auxiliares un par normalmente abierto y otro par normalmente cerrados, que operan cuando el interruptor de transferencia pasa la carga a la fuente de emergencia. Pueden usarse para accionar equipos suministrados por el cliente, como ventiladores y equipos de distribución de energía.

#### Aplicación y Selección del ATS

Los interruptores automáticos de transferencia se escogen de la misma forma como se seleccionan los demás componentes en un sistema de distribución eléctrica. Ciertas características tienen que identificarse para ajustar bien el interruptor sistema de acuerdo con el Código Eléctrico Nacional (NEC) y otras normas aplicables. Estas características son:

- Voltaje
- Número de fases
- Número de alambres
- Frecuencia
- Número de polos a interrumpir

- Tipo de carga
- Necesidades de potencia.
- Corriente de falla disponible
- Si el interruptor debe servir para la cometa principal
- Si el interruptor debe incluir protección contra sobre corriente.

#### 5.4 TABLEROS DE CONTROL

Los tableros de control tienen tres funciones principales:

1. Vigilar el funcionamiento del motor diesel y de la salida del generador.
2. Dar señales visibles y acústicas, de posibles fallas en el motor.
3. Automáticamente apagar el motor para prevenir daños al motor o al generador.

La gran mayoría de se presentan en dos clases fundamentales.

Uno que se monta en la caja de conexiones del generador. La otra es el tablero tipo armario. Este se usa normalmente para operaciones automáticas en paralelo donde cada armario corresponde a un grupo generador y todos ellos se instalan uno al lado del otro cerca de los generadores.

Los tableros montados en el generador fig.5.15 esta disponibles para las siguientes aplicaciones:

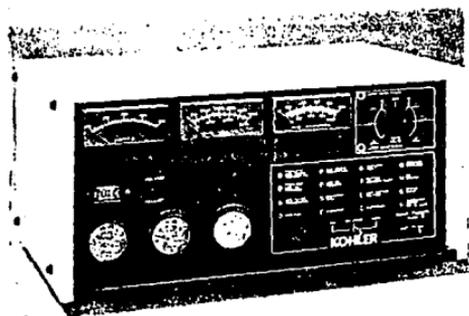


fig. 5.15 Tablero montado en el generador

El tablero trabaja a 50 o 60 Hz, sin modificación y se puede ajustar de alto a bajo voltaje simplemente cambiando de gama en el bloque interno de voltaje. El gabinete cumple las normas NEMA1 para construcción normal de interiores y se monta sobre la caja de conexiones del generador con amortiguación por golpes.

El tablero se compone de dos módulos : el tablero de instrumentos del motor y el tablero de instrumentos del generador.

El tablero de instrumentos del motor contiene los siguientes instrumentos accionados eléctricamente: presión de aceite del motor; temperatura de aceite del motor; temperatura de agua del motor , indicador de carga de la batería y horometro. Estos instrumentos cumplen con las normas SAE y su diseño ha sido sometido a pruebas en diversos ambientes. Tres luces indican la razón para la parada del grupo: sobre velocidad, baja presión de aceite y alta temperatura de agua. Al pie del tablero están los controles para prender el motor manualmente.

El tablero de control del generador contiene los instrumentos que indican

los valores de la corriente, el voltaje y la frecuencia que se genera para abastecer las necesidades de la carga. Todos los instrumentos cumplen con las normas ANSI . Tienen doble escala para dar lecturas en alto y bajo voltaje. Operan a 50 o 60 Hz, y tiene una precisión de  $\pm 2\%$  de escala completa.

Además cuenta con un selector de fases para el amperímetro y el voltímetro para leer el voltaje entre líneas y el amperaje de cada fase. Hay luces indicadoras (LED) que muestran la escala correcta de los instrumentos.

Tablero tipo Armario.

Estos tipos de tableros se usan en aplicaciones donde se utilizan más instrumentos y aparatos de los que caben en el tablero montado en el generador y se desea una instalación remota. Los tableros de armario se pueden obtener para las siguientes aplicaciones:

- Unidad sencilla, con arranque manual o automático.
- Sistemas en paralelo manuales, semiautomáticos y automáticos.

Para aplicaciones de arranque y operación en paralelo automáticas (fig. 5.16) se requieren unos accesorios adicionales. Algunos de los más comunes son:

- Sistema automático de arranque/paro con indicadores de paro.
- Tres sistemas de paralelismo:
  - Manual
  - Semiautomático
  - Automático
- Vatímetro

- Horómetro
- Barrajes de conexión
- Circuitos para soltar cargas
- Relevador de potencia inversa
- Cargador de baterías y alarma
- Contactos auxiliares y luces indicadoras

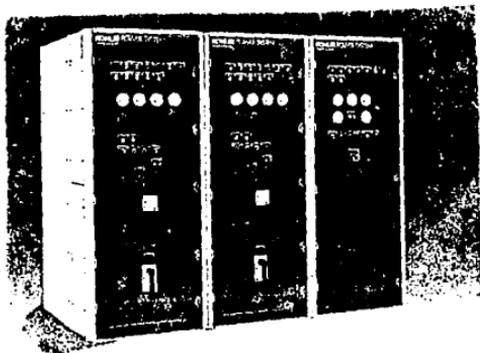


fig. 5.16 Tablero tipo armario

## 5.5 OPERACION EN PARALELO

Poner en paralelo es la conexión de dos o más generadores que alimentan una carga eléctrica común. La energía se alimenta a un barraje común a través de cortacircuitos de línea (fig. 5.17). La operación en paralelo se considera satisfactoriamente cuando los generadores entregan potencia y corriente en proporción aproximada a sus capacidades.

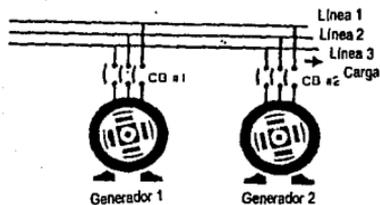


fig. 5.17 Conexión de generadores en paralelo

Generalmente, los generadores se conectan en paralelo para mayor economía, confiabilidad y menor tiempo fuera de servicio (fig. 5.18). En algunas aplicaciones puede ser más económico instalar dos o mas grupos pequeños que uno solo de mayor capacidad. Esto puede dar flexibilidad y economía al operar solamente las unidades necesarias para satisfacer la demanda real.

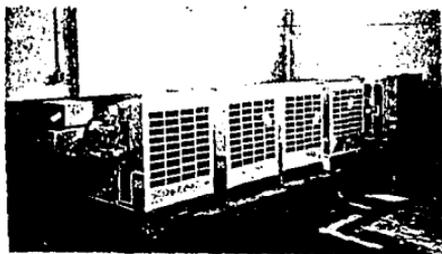


fig. 5.18 Generadores trabajando en paralelo

Los grupos generadores no necesarios se pueden apagar para darles servicio o mantenimiento sin afectar todo el sistema. En algunas aplicaciones puede ser necesario conectar dos o más grupos generadores en paralelo para entregar la potencia necesaria.

### Requisitos para la Operación en Paralelo

Los principales requisitos para operación satisfactoria de generadores de CA en paralelo son:

1. La rotación de fases debe ser igual.
2. El voltaje y la regulación de voltaje deben ser iguales.
3. La frecuencia y la regulación de frecuencia deben ser iguales

Al poner un generador en paralelo con un barraje, la salida del generador que entra debe estar en sincronismo y en fase con el barraje (fig. 5.19)

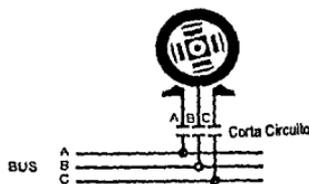


fig. 5.19 Generador en sincronismo

Una forma económica de saber si el generador que entra está en sincronismo y en fase con el barraje es por medio de luces de sincronización sobre los contactos de los cortacircuitos. Cuando el generador está en fase con el barraje, las luces se apagan porque no hay voltaje sobre ellas. (fig. 5.20.a)

Cuando el generador está defasado respecto al barraje, habrá una diferencia de voltaje y las lámparas se prenden cuando el generador no está sincronizado con el barraje ambas luces se apagarán y se prenderán simultáneamente.(fig. 5.20.b)

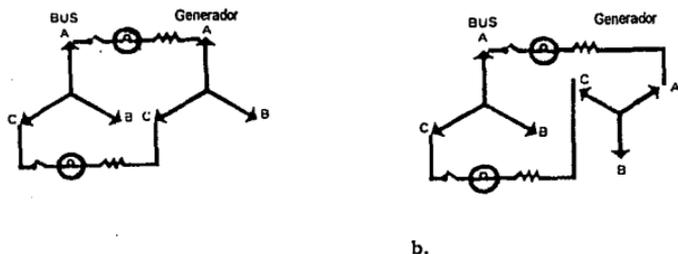


fig. 5.20. Señalización para saber si se encuentra en sincronización el generador

Si la rotación de fases generador que entra no es igual al barraje, las luces no se apagarán al tiempo.

El sincronoscopio es otro aparato que indica cuándo el generador que entra, va demasiado rápido o despacio. También indica cuando los generadores están en fase.

Hay dos métodos básicos de dividir cargas entre dos grupos generadores.

1. Con gobernadores de caída de velocidad, se pueden mantener operaciones satisfactorias con una caída de velocidad del 3%.
2. Con gobernadores sensores de carga eléctrica, que generalmente para operación en paralelo se ajustan con cero caída de velocidad, o como también se llama: operación isoncrónica.

Los generadores en paralelo deben trabajar a la misma frecuencia. Para 60 Hz, pueden trabajar en paralelo generadores de 1200, 1800, 3600 r.p.m., y para 50 Hz pueden hacerlo generalmente de 1000, 1500 y 3000 r.p.m.

## Cuatro Sistemas de Paralelismo

Hay cuatro tipos de sistemas diferentes para poner en paralelo generadores: Manual, Semiautomático, Automático de emergencia y Automático isoncrónico. Cada generador requiere un módulo de paralelismo y un transformador compensador de corriente cruzado.

### Paralelismo Manual

El paralelismo manual es el sistema de costo inicial más bajo para poner a trabajar dos o más generadores juntos, pero se requiere un operario capacitado para operar el sistema. El sistema manual se usa normalmente con luces de sincronización, cortacircuitos manuales y gobernadores de caída de velocidad para dividir las cargas. Como se necesita un operario para sincronizar y cerrar los cortacircuitos en el momento correcto, este sistema no es apto para aplicaciones de emergencia con arranque automático.

Los gobernadores de caída de velocidad son los que generalmente se usan en aplicaciones manuales, lo cual significa que la velocidad o frecuencia disminuye con la carga adicional. Una vez conectados en paralelo los generadores y motores operarán exactamente a la misma frecuencia o velocidad.

Al aplicarse la carga, la velocidad variará según la curva del gobernador haciendo que cada gobernador o grupo asuma una parte proporcional de la carga eléctrica.

### Paralelismo Semiautomático.

El sistema de paralelismo semiautomático se usa primordialmente para operación supervisada no automática de dos o mas grupos generadores. Se requiere poca habilidad del operario y generalmente se usan gobernadores de caída de velocidad de bajo costo.

En un sistema semiautomático son dos o mas grupos generadores, cada motor se arranca manualmente, se lleva a velocidad de operación y se cierra manualmente el cortacircuitos. El sistema automáticamente sincroniza los generadores y los coloca en fase. Durante la revisión inicial se igualan frecuencias y secuencia de fases.

Al poner en marcha cada motor, cuando se va a colocar un nuevo generador al barraje, hay una interrupción de voltaje y potencia hasta que se cierra el cortacircuitos del grupo que acaba de arrancar. En algunos casos esta interrupción es inaceptable. Cuando un grupo sale de servicio, no hay interrupción de voltaje ni de potencia.

### Paralelismo Automático de Emergencia

El paralelismo automático permite que se establezca el servicio eléctrico de emergencia, con dos o mas grupos en paralelo, en diez segundos. El sistema se recomienda para grupos generadores en paralelo en aplicaciones como hospitales o centros de salud donde se necesita un arranque sencillo, rápido y automático (fig. 5.21)



fig. 5.21 Hospital

El sistema de paralelismo automático de emergencia es esencialmente lo mismo que el sistema semiautomático, con algunas adiciones: un control automático de arranque, cortacircuitos operados eléctricamente, un control de paralelismo automático, un interruptor especial de velocidad y una señal de soltar carga. Un sistema de costo mínimo usa gobernadores de tipo caída de velocidad.

Sin embargo, con estos gobernadores, si se apaga una unidad mientras las demás siguen trabajando, habrá una pérdida de voltaje de 3 a 5 segundos en el barraje cuando la unidad apagada se reincorpora al servicio. En algunas aplicaciones esta pérdida momentánea de voltaje es inaceptable. Para eliminar esta pérdida de voltaje, se usan gobernadores eléctricos isócronos sensibles a la carga y relevadores de sincronismo. Cuando se usan estos accesorios, un motor apagado se puede re-arrancar manualmente y colocarse en paralelo sobre el barraje sin interrupción del servicio eléctrico.

#### Paralelismo Automático Isócrono Convencional.

A veces se usan sistemas de paralelismo automáticos isócronos en aplicaciones de energía auxiliares, pero generalmente son utilizados para

sistemas de energía primaria. Comúnmente se necesitan en aplicaciones primaria que trabajen 24 horas al día, como en hoteles, donde la carga eléctrica varía y la operación normal obliga que grupos adicionales arranquen, sincronicen y se apaguen. La ventaja de este sistema es que se pueden incorporar grupos al barraje y sacarlos automáticamente a medida que varía la demanda eléctrica. La desventaja del sistema es que es mas costoso que los otros y se requiere de más de 10 segundos para arrancar motores y ponen en paralelo los grupos.

Para estos sistemas se necesitan gobernadores isóntricos sensibles a la carga eléctrica. También es necesario un sintonizador que ajuste la frecuencia del gobernador que entra y que pueda ajustar su voltaje al del barraje.

Brevemente, estos son cuatro sistemas básicos para sincronizar y operar dos o mas grupos generadores de CA en paralelo. A estos sistemas se pueden añadir una gran variedad de accesorios para dar características especiales para aplicaciones específicas.

#### Accesorios.

Un **Kilo-Vatimetro**, llamado comúnmente vatimetro (fig. 5.22), mide la potencia que produce un generador y se recomienda uno para cada grupo que trabaje en paralelo. Estos vatímetros tienen varias ventajas. Hacen más fácil balancear o igualar cargas durante la instalación inicial y durante las operaciones futuras de mantenimiento.



fig. 5.22 Kilo-Vatímetro

**Un relevador de potencia inversa**, es un accesorio muy usado que capta la dirección del flujo de energía, si es desde o hacia el generador, si la energía fluye en sentido contrario, haciendo que el generador mueva el motor, el relevador detectará la condición y hará abrir el cortacircuitos del generador.

**Circuitos lógico para "soltar carga"** se pueden instalar en el tablero para apagar cargas de baja prioridad. Cuando dos o mas grupos generadores trabajan en paralelo, frecuentemente es necesario abastecer un circuito de alta prioridad, aunque un grupo se apaguen.

Soltar cargas es un sistema usado en hospitales donde dos o mas generadores se ponen en paralelo como fuente auxiliar de electricidad. El circuito de salvamento de vidas tiene la más alta prioridad seguido por el circuito critico. La carga de equipo normalmente se sueltan si uno o mas generadores no operan.

**Relevadores de supervisión de sincronismo** que se usan en conjunto con los cortacircuitos operados eléctricamente para evitar su cierre, si el generador que entra no está en sincronismo con el barraje. La salida de cada cortacircuito de los generadores se conecta frecuentemente a tres barras de cobre o aluminio que se denomina barraje. A menudo se proveen también barras para

neutro y para tierra. El uso de estos barrajes, especialmente en instalaciones mayores de puntos fáciles y positivos para conectar las cargas.

Un **sincronizador** es un dispositivo que ajusta la velocidad o la frecuencia del generador que entra a la frecuencia del barraje. Generalmente se usan en sistemas de paralelismo automático convencionales con gobernadores isóntricos sensibles a carga eléctrica.

## CAPITULO 6

### ANÁLISIS DE CARGAS Y SELECCION DE GRUPOS GENERADORES

#### 6.1. ANÁLISIS DE CARGAS, TAMAÑO Y SELECCION DEL GENERADOR

##### Análisis de Cargas

El análisis de cargas es un factor básico en la selección del grupo generador para una carga dada. La carga del generador, claro está, es cualquier dispositivo que requiere voltaje y corriente para operar. Algunas cargas son motores eléctricos, luces y computadoras. Si bien el análisis de cargas es un elemento primordial en la selección de un generador para cierta carga, también hay que tener **conocimientos del rendimiento y características del generador.**

Cuando se aplica una carga a un generador, el voltaje cae por debajo de su valor nominal. El regulador de voltaje capta esta caída y lleva el voltaje de salida a su valor original de nuevo aumentando el voltaje de la excitatriz. La caída inicial depende de las características del generador y no puede ser controlada por el regulador y la excitatriz porque el regulador y la excitatriz demoran un cierto tiempo en responder. La velocidad con que el regulador capta el bajo voltaje y la velocidad de respuesta dependen del regulador, la excitatriz y el generador.

La velocidad a la cual el regulador lleva el voltaje de nuevo a su valor original depende de:

- 1. La cantidad de corriente que está entregando el generador.**
- 2. El voltaje disponible que puede producir el sistema de excitación.**

La cantidad de corriente que se consume depende del tamaño de la carga. Las cargas pequeñas toman poca corriente; las cargas grandes toman cantidades relativamente grandes de corriente. Cuando se conecta una carga pequeña a un generador, se requiere un pequeño aumento en el voltaje y en la corriente de excitatriz para llevar la salida del generador a su temperatura original. Las cargas grandes requieren aumentos mayores en la corriente y voltaje de excitación.

Con cargas grandes es importante que el regulador pueda suministrar grandes cantidades de corriente a la excitatriz para que la salida del generador vuelva a subir rápidamente a su valor original. Los generadores KOHLER están diseñados para arrancar cargas más pesadas de lo normal sin sufrir caídas de tensión mayores de las normalmente aceptadas.

## 6.2 CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA

Las características de la carga se definen por las dos clases básicas de carga que se pueden conectar a un generador.

Estas son motores de CA y cargas diferentes a motores de CA. Las cargas diferentes a motores de CA incluyen: cargas de calefacción e iluminación, computadoras, cargas de SCR y cargas especiales.

Cada tipo de carga tiene ciertos efectos en la operación del generador. Hay que considerar estos efectos al escoger un generador. (fig. 6.1)

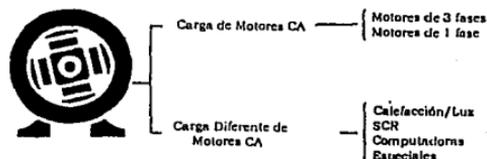


fig. 6.1 Tipos de Cargas

#### CARGAS DE MOTORES DE CA

Los motores de CA pueden ser monofásicos o trifásicos. Los motores trifásicos generalmente son de más de un caballo de fuerza y los motores monofásicos generalmente son de menos de un caballo de fuerza. Los motores afectan más el generador en el momento en que arrancan. Los motores se pueden arrancar con o sin carga. En ambos casos, el rotor está estacionario inicialmente, de manera que la caída de voltaje que se ocasiona es la misma. La duración de caída será mayor al arrancar un motor con carga.

La caída de voltaje ocurre porque los motores generalmente necesitan de 4 a 7 veces su corriente nominal al arrancar. Cuando acelera el motor, sus campos magnéticos interactúan entre sí creando una mayor oposición a la corriente del generador. Las pequeñas caídas de voltaje pueden ser toleradas por

el motor y los circuitos anexos. **La caída máxima aceptable generalmente es del 35%.** Sin embargo, muchos ingenieros constructores especifican caídas máximas entre el 15% al 25%. Si la caída de voltaje es mayor de 35%, la bobina del arrancador del motor tal vez no tenga la fuerza necesaria para mantener, el contacto cerrando y el motor "saltará" de la línea.

Los contactores son relevadores grandes o interruptores electromecánicos que se usan para aplicar potencias a motores y otros elementos conectados al generador.

Las caídas de voltaje se pueden reducir de la siguiente manera:

1. Sobre-dimensionando el generador.
2. Usando arranques a voltajes reducidos.
3. Usando un módulo de aumento de corriente.

Cuando la caída de voltaje es mayor del 35% y tiene que reducirse, es una ayuda sobredimensionar el generador.

Si la caída de voltaje es debida al arranque en motores grandes, esta se puede disminuir usando un arrancador de voltaje reducido.

El módulo de aumento de corriente es más efectivo cuando la caída de voltaje es entre el 30% y 40%. El modulo da mayores cantidades de corriente a la excitatriz que el sistema normal de excitación y acorta el tiempo de recuperación.

## Motores Trifásicos

En los Estados Unidos, la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA) ha establecido normas que cumplen todos los principales fabricantes del motor. NEMA hace la distinción entre motores usando letras de diseño letras de código, que se hallan en la placa del motor.

**Las letras de diseño** indican el par de arranque del motor y tienen poca influencia sobre los KVA o la corriente con el rotor frenado. Las letras más comunes de diseño son B, C y D. No deben confundirse con las letras de código.

**Las letras de código** indican la gama de KVA de rotor frenado por caballo de fuerza y son la referencia más importante al relacionar grupos generadores a cargas de motores. Las letras más comunes son F, G y H. La mayoría de los motores tienen clasificación F, lo cual quiere decir que para arrancar el motor se necesitan 5.3 KVA/hp, en promedio. Los KVA/hp se pueden usar para conocer la corriente de arranque de un motor.

Código F - 5.0 a 5.6 KVA/hp (mas de 25 hp)

Código G - 5.6 a 6.3 KVA/hp (10 a 25 hp)

Código H - 6.3 a 7.0 KVA/hp ( 5 a 10 hp)

## Factor de Potencia

Al arrancar un motor, el factor de potencia es bastante bajo y luego se recupera a un valor más alto (aproximadamente 0.9) cuando está en operación. El factor de potencia al arrancar puede ser de 0.3 a 0.5.

Esto es importante porque 5.3 KVA por caballo de fuerza a un factor de potencia de 0.4 equivale a 2.5 veces los kilovatios nominales de operación del

motor. El motor diesel tratará de suministrar estos kilovatios, de manera que vale la pena verificar si el motor del generador tiene la potencia para arrancar un motor eléctrico grande, particularmente cuando el generador tiene una carga inicial.

Cuando al generador se le exige seis o siete veces la corriente normal de un motor durante el arranque, el motor diesel tiene que suministrar más o menos dos veces la potencia normalmente consumida por el motor. Esto puede ser algo menor si el factor de potencia del motor se baja en el arranque. Si se desconoce el factor de potencia, se puede suponer que es de 0.4 en el arranque.

#### Arranque a Voltaje Reducido.

Al arrancar motores grandes se crearán grandes caídas de voltaje. La caída de voltaje se puede reducir por medio de varios sistemas de arranque a voltaje reducido. Los arrancadores de voltaje reducido esencialmente reducen el voltaje aplicado al motor para evitar el consumo de gran cantidad de KVA. Sin embargo, al usar arrancadores a voltaje reducido, se disminuyen el par de arranque del motor. La aplicación del motor definirá si se puede usar un sistema de arranque de voltaje reducido.

Algunos métodos comunes de arranque a voltaje reducido son:

- 1. Auto transformador**
- 2. Reactancia**
- 3. Resistencia**
- 4. Estrella-Delta**
- 5. Devanado partido**

Un **Auto transformador** es un transformador con varias salidas, que aplica un porcentaje del voltaje de líneas a un motor.

Porcentajes típicos son 50%, 65% y 80%. La corriente consumida por el motor se reducirá proporcionalmente. La salida del 50% reducirá el voltaje de línea y la corriente a la mitad. Los KVA y el par del motor será solo 0.25 de los KVA y el par de arranque nominales. Para compensar por los KVA que necesita el transformador los KVA del motor se multiplican por 0.3 para el terminal del 50%. El arranque con auto transformador produce el máximo par por KVA de entrada y se usa donde el arranque es frecuente o la aceleración es demorada.

**El arranque por reactancia** reduce el voltaje del motor intercalando un reactor entre el motor y las líneas eléctricas.

Un reactor es una bobina de alambre que presenta una impedancia a la corriente alterna. La impedancia (o resistencia) se coloca en serie con el motor como medio de reducción de voltaje en sus terminales, disminuyendo así la entrada de corriente. El consumo total de corriente del motor baja en proporción directa a la reducción del voltaje. Sin embargo, el voltaje aplicado al circuito en serie del reactor y motor permanece en el 100%, por lo tanto, los KVA de entrada también bajarán en proporción directa en la reducción del voltaje en las terminales del motor.

En el **arranque por resistencia** se coloca un resistor entre el motor y la línea.

La resistencia se saca del circuito poco a poco o de una sola vez. La

corriente de arranque se reduce en la misma proporción que el voltaje de arranque. El arranque por resistor es apto para aplicaciones tales como bandas, transportadoras o máquinas, herramientas delicadas donde se requiere una reducción moderada de par motor junto con una reducción moderada en la corriente de línea.

Para el arranque **Estrella-Delta**, se requiere un motor especial de 6 a 12 terminales, en el cual se puede cambiar la configuración de los devanados.

El motor se arranca en estrella o en Y, se lleva a su velocidad nominal y se pasa a conexión delta para operación normal. El arranque Estrella-Delta equivale a arrancar un motor en el terminal del 57% de un auto transformador. Da solo el 33% del par motor nominal en el arranque. El arranque Estrella-Delta se usa cuando el par de arranque es bajo, y la corriente tomada de las líneas debe ser mínima. Una aplicación típica es un compresor centrífugo en el cual la compresión se retrasa hasta acompletar la conexión del motor al voltaje de línea.

Un **arrancador de devanado partido** es un arrancador automático para motores de jaula de ardilla que tiene dos devanados en el estator. Al arrancar, se usa un solo devanado y el otro se energiza cuando el motor casi ha alcanzado su velocidad de operación. Este devanado arranca el motor con la corriente reducida a un 70% de la corriente inicial normal y con un par de menos del 50% del par de arranque nominal. El arranque de devanado partido es el sistema de arranque de voltaje reducido más económico porque no utiliza métodos externos de disminución como resistores o transformadores. Este método es ideal para cargas bajas de arranque, como ventiladores sopladores y bombas centrífugas.

Una ventaja del arranque con voltaje reducido cualquiera que sea, es que el regulador de voltaje puede hacer su trabajo en dos etapas. Antes de que el arrancador llegue a la posición de marcha, aplicando pleno voltaje al motor, el regulador habrá re-establecido el nivel de voltaje normal de modo que habrá dos pequeños descensos de voltaje en vez de uno grande.

En algunos casos no es factible usar sistemas de arranque de voltaje reducido. Por ejemplo, una banda transportadora completamente cargada requiere más del 100% del par motor nominal para arrancar. Un arrancador de voltaje reducido puede no producir el par necesario para el arranque para tales aplicaciones.

#### **Motores Sincrónicos.**

Un motor sincrónico es una clase especial de motor trifásico cuyo factor de potencia se puede controlar y a cuyo rotor se aplica un voltaje de excitación de CC. Un motor sincrónico se arranca como un motor de inducción, se acerca a su velocidad nominal, donde se aplica la corriente continua de excitación al rotor y éste se sincroniza con el campo magnético giratorio. La velocidad del campo magnético giratorio depende de la frecuencia aplicada y del número de polos. La corriente de arranque es aproximadamente 6 veces la corriente consumida a plena carga. El factor de potencia se controla variando el voltaje de CC de excitación. Los motores sincrónicos se mantienen en línea aun sin carga. Esto mantiene alto el factor de potencia y mejora la operación total del sistema.

### Motores de inducción monofásico.

Los motores monofásicos tienen potencias nominales menores que un caballo de fuerza se conectan de cualquier línea y neutro o entre líneas y líneas y no tienen una carga en el arranque significativa. Para escoger el generador solo debe tenerse en cuenta su carga combinada de operación o el arranque simultáneo de una gran cantidad de ellos.

### CARGAS DIFERENTES A MOTORES CA

Las cargas diferentes a motores de CA son cargas de iluminación y calefacción, cargas de SCR (rectificadores controlados de silicón) y computadoras.

Las cargas de iluminación y calefacción generalmente son monofásicas y es necesaria si están conectadas entre fases o entre fase neutro. Si se quiere hacer un análisis completo, se debe establecer, que fase suministra la potencia a estas cargas. Otras cargas, tales como hornos de inducción y algunos equipos de soldadura pueden ser inductivas, lo cual baja el factor de potencia. Si se calcula el factor de potencia será menor que 0.8 se necesitará un generador especial con mayor capacidad de KVA.

Otras cargas diferentes a los motores CA son las cargas SCR, son cargas en las cuales la potencia pasa por un rectificador controlado de silicón para suministrar voltaje variable de CC a una carga. Las cargas de SCR grandes pueden afectar adversamente al generador. Cuando un SCR se "dispara" crea armónicos que pueden hacer recalentar el generador. Si los devanados se

calientan demasiados pueden producir daños permanentes en el generador. Las cargas de SCR se pueden hallar donde motores de CC accionan equipos tales como malacates o grúas o aún grandes cargadores de baterías. También se usan con algunos sistemas de suministro de potencia ininterrumpida. Una aplicación típica es el caso de una plataforma de perforación submarina donde la potencia de CA del generador se rectifica con SCR's y todos los equipos de perforación se operan con motores de CC. La CA se usa también para iluminación, servicios en los alojamientos, etc.

Como las cargas de SCR aumentan el calentamiento del generador se recomienda sobredimensionar el generador según los siguientes criterios:

- Si la carga SCR es menos del 30% de la carga total del sistema, especifique un generador primario o auxiliar que sea adecuado para la demanda del sistema.
- Si la carga SCR está entre 30% y 60% de la carga total del sistema, especifique el siguiente tamaño del generador en capacidad.
- Si la carga SCR es mayor del 60% de la carga total del sistema, especifique un generador que tenga dos capacidades nominales por encima de él.

Otra carga diferente a motores son las computadoras que forman potencia directamente del generador. Las computadoras se usan más y más en toda clase de negocios y son muy sensibles a variaciones de voltaje o frecuencia. No resisten ni el apagón mas breve. Un sistema de potencia ininterrumpida, o sistemas sin interrupción es una manera de asegurar un suministro continuo y preciso de energía a un computador mientras entra en operación el generador. Un sistema de potencia ininterrumpida típica consiste de una fuente de CC (rectificada), un cargador de baterías, un banco de baterías y un inversor, que

convierten la CC en CA. (fig. 6.2)

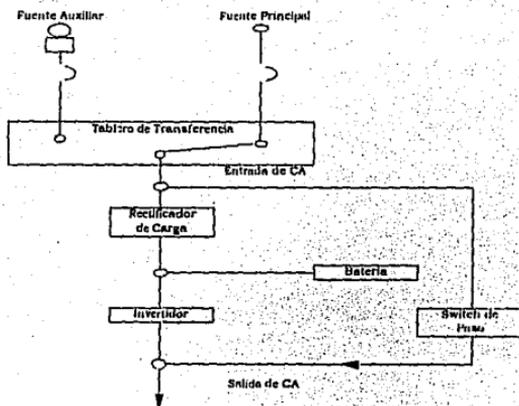


fig. 6.2 Diagrama con rectificador de carga e inversor

En operación normal, la red de CA suministrará energía a la fuente de poder del cargador, que convierte la CA en CC y alimenta las baterías y el inversor, el cual convierte la CC en CA para alimentar las diferentes cargas. Cuando falla la fuente primaria de energía, la batería alimenta el inversor por un tiempo establecido, generalmente de 15 a 30 minutos. Este es tiempo suficiente para poner en marcha un generador auxiliar.

El grupo generador debe escogerse cuidadosamente para que tenga capacidad suficiente cuando se usa con un sistema de potencia ininterrumpido. Como estos sistemas varían en sus capacidad de sobrecarga y eficiencia. Como las cargas de computadoras se consideran análogas a las cargas de SCR's, la capacidad de los generadores debe calcularse como se explicó anteriormente. Si el computador es menos del 30% de la carga del sistema como el generador

principal o auxiliar debe tener una capacidad adecuada para el sistema. Si el computador es hasta el 60% de la carga total, especifique un generador de un tamaño mayor. Y si el computador constituye más del 60% de la carga total, especifique un generador de **dos** tamaños mayores que el normalmente necesario para la carga.

Claro que en algunos casos, es difícil conocer todas las cargas que se pueden aplicar a un generador, de modo que se deben recomendar dejar por los menos un 10% de la capacidad disponible para aplicaciones futuras. En caso de duda, siempre es deseable ir al siguiente generador de mayor capacidad.

#### CARGAS ESPECIALES

En ocasiones es necesario que el grupo generador suministre energía a cargas especiales. Un ejemplo puede ser un soldador de puntos donde se presentan periódicamente una gran carga de muy corta duración (menos de un segundo) y se permite una caída de voltaje del 10% menos. Las cargas monofásicas también merecen especial evaluación. Si constituyen más del 15% de la carga conectada al generador, puede ser necesario usar un generador de mayor capacidad ya que solo del 50% al 67% de los KW trifásicos están disponibles cuando se trabajan en una sola fase.

Otro caso de caso especial es la carga **regenerativa**, que se encuentra en equipos de construcción como grúas o palas. La acción de los malacates puede re-alimentar energía al generador y afectar la velocidad del motor. La energía regenerativa se produce cuando un motor trabaja como generador y transmite potencia a las líneas eléctricas. Esto puede suceder cuando el motor es

accionado mecánicamente por la carga. Las instalaciones más comunes donde esta condición puede ocurrir son grúas, palas y puentes elevadizos.

Cualquier tipo de motor puede regenerar potencia. Sin embargo, en muchos casos, un sistema matriz SCR tendrá circuitos especiales que utilizan esta potencia regenerativa. En estos casos se usa como freno dinámico. En cualquier caso, no se debe sobrepasar la capacidad de absorción de potencia regenerativa del motor, ya que el motor puede desbocarse. En la hoja de datos de los motores se da un valor máximo. Cuando se pasa de este valor de potencia regenerativa, generalmente se maneja adicionando cargas en las líneas durante el freno o en el descenso de las cargas mecánicas.

#### SISTEMAS MOTRICES DE FRECUENCIA VARIABLE

Un sistema motriz de frecuencia variable es un dispositivo que permite controlar la velocidad de un motor de inducción de CA variando la frecuencia de voltaje aplicado. Esto se logra usando SCR's y rectificadores que se conectan y controlan para operar como un inverso de salida variable. Aunque no todos los sistemas motrices de frecuencia variable imponen la misma cantidad de distorsión en el generador, conviene usar las mismas reglas para calcular la sobre capacidad del generador que con los sistemas SCR o de potencia ininterrumpida. Para todas las aplicaciones especiales, se recomienda reunir toda la información necesaria sobre cargas, consumo de corrientes y tiempos para luego consultar a los ingenieros de aplicaciones de la fábrica para verificar las capacidades de los motores y de los generadores.

### 6.3 FACTORES DE ANALISIS DE CARGA

El análisis de carga es un paso esencial en la selección del generador correcto para una aplicación particular. Para ello hay que responder a las siguientes preguntas.

1. ¿ El generador será una fuente de energía primaria o auxiliar ?
2. ¿Cuál es la elevación y la temperatura ambiente del sitio ?
3. ¿Cuánta es la carga conectada y cuál es el tipo de carga ?
4. ¿Cuál es la máxima caída admisible de voltaje ?
5. ¿Cuál es el crecimiento futuro ?

En el caso de **aplicaciones de energía primaria**, se debe preparar una lista de todas las cargas posibles y cada carga se debe analizar en cuanto a sus condiciones de estado estacionario y transitorias, que pueden presentarse al arrancar motores. En el caso de **generadores auxiliares** hay que definir que cargas críticas hay que alimentar. Las cargas no esenciales deben desconectarse del barraje de energía auxiliar con solo las cargas críticas en un barraje separado, solo estas recibirán energía al fallar el suministro de la compañía de energía y arrancar el generador auxiliar. Las cargas que son sensibles a caídas de voltaje pueden conectarse a un generador diferente. O en algunos casos, pueden enclavarse eléctricamente para que los equipos críticos no puedan operar mientras arranca los equipos que ocasionan la caída de voltaje, o para que los equipos que provocan la caída de voltaje no puedan arrancar mientras los equipos críticos funcionan.

La elevación y la temperatura del sitio deben considerarse por su posible efecto sobre el motor y el generador, tanto el motor y el generador deben ser

disminuido en su capacidad nominal cuando la elevación y la temperatura exceden ciertos niveles de diseño.

Para el análisis de cargas es básico evaluar la carga total conectada y el tipo de carga. Esto implica la elaboración de una lista de todas las cargas, motores y no-motores que el generador tiene que alimentar. Se debe evaluar la máxima caída admisible de voltaje, para que los aparatos como los contactores de arranque de motores no se desenergicen al arrancar motores grandes.

Cuando el voltaje cae por debajo de cierto nivel, generalmente 65%, la bobina del contactor no tendrá fuerza suficiente para mantenerlo cerrado y el motor saldrá de las líneas en unos pocos ciclos. Por esta razón es importante que la caída de voltaje de arranque no pase de ciertos valores. Una caída del 35% es el límite práctico.

Otro factor importante es el método de arranque de los motores, si un motor se arranca a través de la línea con pleno voltaje o mediante algún sistema de voltaje reducido. la secuencia de arranque también afecta la caída de voltaje. Una buena regla es que los motores grandes deben arrancarse primero.

También hay que considerar el número de motores u otros aparatos trabajando al mismo tiempo. Algunos motores grandes tal vez no se arranquen si hay otras cargas conectadas al generador. Por ejemplo, los motores de aire acondicionado no se usarán mientras trabaja la calefacción.

Las cargas monofásicas deben considerarse en la fase o fases correctas, ya que la capacidad del generador se basa en la fase que soporta las cargas

mayores. Esta información se puede obtener en los diagramas de alambrado. El voltaje de una carga monofásica indica si la carga se conecta entre una fase y neutro o entre dos fases. Por ejemplo, en un sistema de 120/208 Voltios, las cargas que operan a 208 Voltios se conectan entre dos fases y las cargas de 120 voltios se conectan entre una fase y neutro.

#### 6.4 PROCEDIMIENTO PARA SELECCIONAR UN GRUPO GENERADOR

La selección de un grupo generador correcto para un trabajo exige la evaluación de la carga constante máxima en KW que el generador tiene que alimentar y la máxima caída admisible de voltaje.

El primer paso para el análisis de cargas es hacer una lista de todas las cargas. Se anotan separadamente los motores y las cargas diferentes a motores. La información se obtiene de los planos eléctricos o de una lista que da el cliente o su electricista.

### EJEMPLO 1.

La compañía Agregados MOR necesita un grupo generador para alimentar varios equipos eléctricos. Su equipo requiere voltaje trifásico a 120/208 volts, y a una frecuencia de 60 Hz. Hay que seleccionar un grupo generador que suministre energía adecuada y continua al siguiente equipo:

Cantidad.	HP	Fases y RPM	Clase	Fase
1	125	3/1800 (Trituradora)	Motor	3
2	40	3/1800 (Transportador)	Motor	3
1	30	3/3600 (Bomba)	Motor	3
2	5	3/1200 (Ventilador)	Motor	3
5	1/4	1 (Herr. manual )	Motor	1(A-B)
2	1/3	1 (Taladro de columna )	Motor	1(B-C)
4	3/4	1 (Maq. Herramienta )	Motor	1(A-C)

12 Kw en luces incandescentes igualmente repartidas entre fases y neutro.

El orden de arranque de los motores trifásicos es :

1. 125 hp.
2. 30 hp.
3. 40 hp.
4. 40 hp.
5. 2 de 5 hp.

Todos los motores arrancan a través de la línea con pleno voltaje. La caída máxima de voltaje no puede ser mayor del 30%.

Se vacian los datos en la tabla No.1 y 1a.

TABLA 1

Motores										
Notas			1	1	1,2	1	1,3	1,4	5	
Par.	Descripción	Cant.	hp	Volts	fases	RPM	Tipo	Código	Método Arranque	Observaciones
1	Trituradora	1	125	208	3	1800	1	F	A	Arranca primero
2	Transportador	2	40	208	3	1800	1	F	A	
3	Bomba	1	30	208	3	3600	1	F	A	Arranca segundo
4	Ventilador	2	5	208	3	1200	1	F	A	
5	Herr. Manual	5	1/4	208	1 A-B	1800	5	-	A	
6	Taladro de Colum	2	1/3	208	1 B-C	1800	5	-	A	
7	Maq. herramienta	4	3/4	208	1 A-C	1800	5	-	A	

TABLA 1a

Cargas Diferentes a Motores					
Notas			2	6	7
Par.	Descripción	Volts	fases	kw	FP
8	Luces	120	1 A-N	4	1
9	Luces	120	1 B-N	4	1
10	Luces	120	1 C-N	4	1

Notas:

- Dé datos de placa del motor
- Si es monofásico, establecer de cuál fase o fases son utilizadas del diagrama de alambreado.
- Tipos de motor: 1. Jaula de ardilla, 2. Rotor devanado, 3. Sincrónico, 4. Fase partida, 5. Arranque por condensador, 6. Inducción por repulsión.
- Dé los datos de la placa del motor o catálogo del motor (Formulario 3)
- Usar símbolos de Tabla 1.
- Calcule los voltios, amperios y factor de potencia  
 Monofásico : Volts X Amperes X FP  
 Trifásico : 1.73 X Volts X Amperes X FP
- Ver Formulario 6.

TABLA 2.

Línea a Línea											
Notas											
Par.	Cant.	hp	KW	FP	KVA	KW. Totales			KVA Totales		
						A	B	C	A	B	C
5	5	1/4	0.4	-	0.6	2.0	2.0		3.0	3.0	
6	2	1/3	0.5	-	0.7		1.0	1.0		1.4	1.4
7	4	3/4	0.95	-	1.25	3.8		3.8	5.0		5.0
<b>TOTAL</b>						5.8	3.0	4.8	8.0	4.4	6.4
+ 2						2.9	1.5	2.4	4.0	2.2	3.2

Línea a Neutro											
Notas											
Par.	Cant.	hp	KW	FP	KVA	KW.			KVA		
						A	B	C	A	B	C
8	1	-	4	1	4	4.0			4.0		
9	1	-	4	1	4		4.0			4.0	
10	1	-	4	1	4			4.0			4.0
<b>TOTAL</b>						4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0

Resumen							
		KW.			KVA		
Línea*	Descripción	A	B	C	A	B	C
1	Línea a Línea	2.9	1.5	2.4	4.0	2.2	3.2
2	Línea a Neutro	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
3	Tot. Monofásico	6.9	5.5	6.4	8.0	6.2	7.2
4	Equiv. Trifásico	20.7			24.0		

Notas:

- Para motores utilice Tablas 4 y 5  
o  $KW = hp \times 0.746 / \text{Eficiencia}$   
Para cargas diferentes a motores:  
 $KW = \text{Volts} \times \text{Amperes} \times FP$
- Para no motores utilizar Formulario 6  
Para motores no es necesario
- Para motores utilice Formularios 5 y 6  
Para cargas diferentes de motores  
 $KVA = \text{Volts} \times \text{Amperios} \text{ ó } KVA = KW/FP$

Línea\*

- Ultima línea de la Tabla Línea a Línea
- Ultima línea de la Tabla Línea a Neutro
- Suma de la Línea 1 más Línea 2
- Multiplique Línea 3 por un factor de 3  
Utilice solamente la fase mayor.  
Los valores de KVA de arranque de motores monofásicos pueden despreciarse, ya que ellos son pequeños comparados con las capacidades de generador. En el caso de motores diseñados y M por encima de 1 hp consultar Formulario 7.

Tabla 3.

CARGAS TRIFASICAS												
NOTAS:		1	2	3	4	5	6	7	7	8	8	9
Cant.	hp	KW	FP	KVA	SKVA	Metodos Arranque	SKVA Equival.	KW Total	KVA Total	KW Máximo	KVA Máximo	SKVA Máximo
1	125	106	-	117	696	A	696	106	117	106	117	696
1	30	25.2	-	28	166	A	166	25.2	28	25.2	28	
2	40	35.2	-	39	220	A	220	70.4	78	70.4	78	
2	5	4.5	-	5.8	34	A	34	9	11.6	9	11.6	
Total										210.6	234.6	696

Notas:

- Dé Formulario 2 ó  $KW = (\text{Volts} \times \text{Amp} \times 1.73 \times FP) / 1000$
- Omita para motores. Otros dé Formulario 6.
- Dé Formulario 2 ó  $KVA = (\text{Volts} \times \text{Amp} \times 1.73) / 1000 = KW / FP$
- Dé Formulario 2 o Formulario 3.
- Símbolos dé Formulario 1
- SKVA multiplicado por el factor de formulario 1.
- Suma de los KW y KVA de cada motor.
- KW y KVA totales que deben ser suministrados al mismo tiempo.
- Liste los SKVA totales de aquellos motores que tienen que ser arrancados al mismo tiempo, o el motor con el mayor SKVA, el que sea más alto.

**TABLA 4.**

<b>RESUMEN FINAL Y RECOMENDACIONES</b>					
<b>NOTAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>DE:</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>KW</b>	<b>KVA</b>	<b>SKVA</b>	
	<b>DE CARGA</b>	<b>MAXIMO</b>	<b>MAXIMO</b>	<b>MAXIMO</b>	<b>FP</b>
<b>TABLA 2.</b>	1 Fase	20.70	24.00		
<b>TABLA 3.</b>	3 Fases	210.60	234.60	696.00	
<b>SUB-TOTAL</b>		231.30	258.60	696.00	0.90
<b>RESERVA</b>		18.70			
<b>TOTAL</b>		250.00			

**Notas:**

1. De los resúmenes.
  2. Datos finales listados en Tablas 2 y 3
  3. Datos finales listados en Tablas 2 y 3
  4. El valor más alto de SKVA de la tabla 3.
  5.  $FP = KW \text{ Máximo} / KVA \text{ Máximo}$ 
    - Cuando el FP = 80% o mayor utilizar KW Máximos para seleccionar la capacidad nominal del generador standard.
    - Cuando el FP es menor que 80%, utilice KVA Máximos para seleccionar la capacidad nominal del generador standard
- Los generadores standard tienen un factor de potencia nominal del 80%

Aparentemente un generador de 250 KW, podría ser satisfactorio para mantener en funcionamiento todo el equipo, pero al arrancar el motor de la trituradora de 125 hp; produciría una caída de voltaje mayor del 30% permisible, por lo cual tendríamos que tomar el tamaño mayor de generador para eliminar esta caída de voltaje, para saber el tipo de generador a utilizar se necesita saber la potencia necesaria para el arranque del motor de 125 hp, con la siguiente formula:

$$SKW = SKVA \times SFP$$

Donde:

SKW = KW de arranque.

SKVA = KVA de arranque (de tabla 4).

SFP = FP para el motor durante el arranque.

SFP : Si no se encuentra especificado el factor de potencia a tomar será de un .5 (50%) retrasado, el cual se tomara para todos los calculos.

Por lo tanto :

$$SKW = 696 \times .5$$

$$\underline{SKW = 348}$$

El generador adecuado para la empresa AGREGADOS MOR será uno de 350 KW.

Por medio de un programa para el calculo de tamaños de generadores (QZISE)\* se toma el mismo ejemplo dando como resultado lo siguiente:

1. Cuadro de datos del modelo
2. Analisis de cargas

El cual coinciden con el generador seleccionado anteriormente

---

\* QZISE : Programa realizado por KOHLER CO. para el calculo de tamaños de generadores

09/22/94

KOHLER GENERATORS

Page: 1

ACREGADOS MOR  
Data for model - 350ROZD

09/22/94 09:57:14

GENERATOR DATA

```
*****
Kohler genset model ..... 350ROZD   Liquid cooled
Alternator model ..... 4M4019
Voltage and phase selected ..... 120/208 volts, 3 phase 60 hz
Fuel selected ..... Diesel
Altitude (meters) ..... 2240
Temperature (C) ..... 29
Generator's KW Standby rating ..... 350.0
Generator's derated running KW's ..... 328.8
Percent of available KW's used ..... 69 %
Generator's KVA rating..... 437.5
Maximum starting KVA at 30% voltage dip ..... 835.7
Generator's power factor ..... 0.8
*****
```

This generator meets the minimum requirements for a 30% voltage dip  
When loads are started as specified by the loads report.  
Largest actual voltage dip is 23.8 %

Kohler Company offers the full line of generator sets and accessories  
as well as other equipment which may be required for this application  
SUCH AS:

- Automatic Transfer Switches
- Bypass Isolation Switches
- Synchronizing Switchgear
- Weather Proof Housings

If you have any questions regarding this application call your local  
distributor or the Kohler Company Generator Division, Applications  
Engineering Department, at 414-565-3381.

09/22/94

## K O H L E R G E N E R A T O R S

PAGE: 2

AGREGADOS MOR  
DATA FOR MODEL - 350H0ZU

09/22/94 09:57:14

## LOADS REPORT

	QTY	RUN KW	RUN KVA	RUN PF	START KW	START KVA	DESCRIPTION
STEP - 1							
Loaded 125.00 hp code F motor							
1	106.00	132.50	0.80	192.12	662.50	TRITURADORA MOT. 125 H	
STEP TOTAL -	106.00	132.50	0.80	192.12	662.50	24 % V. DIP	
STEP - 2							
Loaded 30.00 hp code F motor							
1	25.50	31.88	0.80	66.77	159.00	BOMBA MOT. 30 HP	
STEP TOTAL -	25.50	31.88	0.80	172.77	282.95	10 % V. DIP	
STEP - 3							
Loaded 40.00 hp code F motor							
1	35.20	44.00	0.80	84.79	212.00	TRANSPORTADOR MOT. 4	
STEP TOTAL -	35.20	44.00	0.80	216.29	364.40	13 % V. DIP	
STEP - 4							
Loaded 40.00 hp code F motor							
1	35.20	44.00	0.80	84.79	212.00	TRANSPORTADOR MOT. 4	
STEP TOTAL -	35.20	44.00	0.80	251.49	406.81	15 % V. DIP	
STEP - 5							
Loaded 5.00 hp code H motor							
2	9.20	11.50	0.80	39.89	67.00	VENTILADORES 2 MOT. 5	
STEP TOTAL -	9.20	11.50	0.80	241.79	317.50	11 % V. DIP	
STEP - 6							
Loaded 0.25 hp code H motor							
5	1.25	1.56	0.80	8.68	13.25	HERRAM. MANUALES	
STEP TOTAL -	1.25	1.56	0.80	219.78	277.17	10 % V. DIP	
STEP - 7							
Loaded 0.33 hp code H motor							
2	0.66	0.83	0.80	4.58	7.00	TALADRO DE COLUMNA MO	
STEP TOTAL -	0.66	0.83	0.80	216.93	272.62	10 % V. DIP	
STEP - 8							
Loaded 0.75 hp code H motor							
2	1.50	1.88	0.80	10.42	15.90	MAQ. HERRAM. 4 MOT 3/	
STEP TOTAL -	1.50	1.88	0.80	223.43	282.16	10 % V. DIP	
STEP - 9							
Miscellaneous Load							
1	12.00	12.00	1.00	12.00	12.00	LUCES INCANDESCENTES	
STEP TOTAL -	12.00	12.00	1.00	226.51	278.16	10 % V. DIP	
TOTALS	226.51	280.14	0.81				

## Procedimiento de Selección Alterno.

Hay un método simplificado para seleccionar un generador cuando casi toda (90%) la carga está representada en motores trifásicos o cargas balanceadas.

Los pasos a seguir para este método son los siguientes:

1. Se pone el orden de arranque de los motores
2. Se calcula los KW de arranque del 1er. motor, y se vacía en el primer cuadro.
3. Se calcula los KW de operación del 1er. motor, y se vacía en el primer cuadro de la segunda columna.
4. Se calcula los KW de arranque del 2do. motor, y se vacía en el segundo cuadro de la segunda columna.
5. Se suma la segunda columna con los valores de KW de operación del 1er. motor y los KW de arranque del 2do. motor.
6. Se repiten los pasos para los demás motores teniendo en cuenta que los KW de arranque solo serán para el motor el cual vaya a entrar, y los demás que ya estén funcionando serán los KW de operación.
7. La cantidad mayor que se encuentre en la suma de las columnas serán los KW necesarios para la elección del mismo.

**Nota:** Para los KW tanto de arranque como de operación se usarán las siguientes fórmulas:

$$\text{KW arranque} = \text{Hp} \times \text{L.C} \times 0.5 \times (\%V/100)^2$$

$$\text{KW operación} = \text{Hp} \times 0.746 \times \eta_G$$

Donde:

L.C. = Letra código del motor.

%V = % de voltaje de arranque del motor

$\eta_G$  = Eficiencia del generador (90 %) generalmente

## EJEMPLO 2.

La Cia. EMSA MAQUINARIA Y EQUIPO requiere un generador para operar el siguiente equipo:

1. Bomba	30 hp
2. Bomba de sísterna 1	5 hp
3. Bomba de sísterna 2	5 hp
4. Alumbrado	18.1 Kw
5. Tablero H	12.58 Kw
6. Tablero I	12.41 Kw
7. Contador 3 F	15.00 Kw
8. Tablero B	7.48 Kw
9. Sistema de Enfriamiento	10 Hp
10. Sistema de Enfriamiento	10 Hp
11. Bomba de vacío	10 Hp
12. Bomba de vacío	10 Hp
13. Bomba envío de leche	3 Hp
14. Compresor	3 Hp
15. Bomba presurizadora	3 Hp
16. Agitador del tanque	1 Hp
17. Agitador tanque de reserva	1 Hp
18. Bomba carga pipas	3 Hp

Siguiendo los pasos antes mencionados obtiene la tabla 5.

TABLA No. 5

BOMRA	84.00	20.14	20.14	20.14	20.14	20.14	20.14	20.14	20.14	20.14	20.14	20.14	20.14	20.14	20.14	20.14	20.14	20.14	20.14
BOM SIS 1		17.75	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36
BOM SIS 2			17.75	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36
ALUMBRADO				18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10
TABL. H					12.58	12.58	12.58	12.58	12.58	12.58	12.58	12.58	12.58	12.58	12.58	12.58	12.58	12.58	12.58
TABL. I						12.41	12.41	12.41	12.41	12.41	12.41	12.41	12.41	12.41	12.41	12.41	12.41	12.41	12.41
CON. 3F							15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
TABL. B								7.48	7.48	7.48	7.48	7.48	7.48	7.48	7.48	7.48	7.48	7.48	7.48
SIS ENFR									31.50	6.71	6.71	6.71	6.71	6.71	6.71	6.71	6.71	6.71	6.71
SIS ENFR										31.50	6.71	6.71	6.71	6.71	6.71	6.71	6.71	6.71	6.71
BOM. VAC.												31.50	6.71	6.71	6.71	6.71	6.71	6.71	6.71
BOM. VAC.													31.50	6.71	6.71	6.71	6.71	6.71	6.71
BOM. E/LECH														12.00	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
COMPRESOR															12.00	2.01	2.01	2.01	2.01
BOM. PRESU.																12.00	2.01	2.01	2.01
AGIT D/TAN																	5.00	0.67	0.67
AGIT TAN/RES																		5.00	0.67
BOM. C/PIPAS																			12.00
TOTAL KW.	84.00	37.89	41.25	44.96	57.54	69.95	84.95	92.43	123.93	130.64	137.35	144.07	131.28	133.30	135.31	130.32	131.00	138.67	128.68

144.07

Segun nos muestra la tabla No. 5 se puede apreciar que el valor más alto de los KW que son 144.07 KW por lo que una máquina de 150 KW nos sirve para satisfacer las necesidades de la compañía.

**FORMULARIO 1:  
METODO DE ARRANQUE DE MOTORES**

Metodo de Arranque		KVA de Arranque %	Por Motor Arranque %
A. A través de la línea		100	100
B. Auto-Transformador	Terminal de 50%	30	25
	Terminal de 65%	46	42
	Terminal de 80%	68	64
C. Reactor o Resistencia	Terminal de 80%	80	64
D. Estrella-Delta		33	33
E. Devanado Partido		65	50

**FORMULARIO 2:  
MOTORES TRIFASICOS TÍPICOS**  
Características

\* Diseño B.C.D.

hp	rpm	KW en Operación	KVA en Operación	KVA de Arranque	hp	rpm	KW en Operación	KVA en Operación	KVA de Arranque
1	3600	1.05	1.30	13	40	3600	33.30	37.00	221
	1800	1.06	1.40	12		1800	35.20	39.00	220
	1200	1.02	1.50	12		1200	34.50	39.20	220
2	3600	1.90	2.20	19	50	900	34.60	41.30	216
	1800	1.90	2.30	13		3600	43.50	48.00	276
	1200	2.00	2.70	18		1800	43.50	48.00	275
3	3600	2.90	3.20	25	60	1200	43.20	48.00	274
	1800	2.80	3.40	24		900	42.00	49.50	272
	1200	2.80	3.70	24		3600	49.50	55.00	336
5	3600	4.60	5.20	35	75	1800	51.50	57.00	331
	1800	4.60	5.40	34		1200	51.10	58.00	330
	1200	4.50	5.80	34		900	51.30	61.20	328
7 1/2	3600	4.50	6.30	33	100	3600	64.00	71.00	419
	1800	6.70	7.50	48		1800	63.00	70.00	416
	1200	6.90	7.90	46		1200	63.00	71.50	417
10	3600	6.80	9.30	44	125	900	66.00	77.00	414
	1800	8.80	9.80	62		3600	85.00	94.00	552
	1200	8.80	10.10	60		1800	84.00	93.00	556
15	3600	8.70	10.50	58	150	1200	84.50	96.00	555
	1800	9.40	12.30	56		900	86.00	99.00	552
	1200	13.20	14.70	88		3600	108.00	119.00	698
20	3600	13.00	14.70	84	200	1800	106.00	117.00	696
	1800	13.00	15.20	82		1200	109.00	123.00	695
	1200	12.90	15.20	82		900	113.00	127.00	690
25	3600	13.70	17.40	81	250	3600	127.00	139.00	836
	1800	16.70	18.60	112		1800	125.00	136.00	830
	1200	17.20	19.40	112		1200	131.00	149.00	828
30	3600	17.40	20.30	112	300	900	136.00	153.00	820
	1800	17.40	21.60	110		3600	167.00	183.00	1110
	1200	20.50	22.80	139		1800	164.00	180.00	1105
40	3600	21.60	24.30	138	400	1200	168.00	195.00	1100
	1800	22.00	25.50	138		900	178.00	201.00	1060
	1200	22.00	26.20	136		3600	204.00	224.00	1380
50	3600	25.50	28.60	165	500	1800	200.00	220.00	1370
	1800	25.00	28.60	165		1200	205.00	232.00	1360
	1200	25.00	31.10	161		900	213.00	239.00	1345

\* Los motores de diseño A pueden tener valores de KVA de arranque hasta un 50% mas alto. Muchos motores de 3600 rpm, son de diseño A.

FALLA DE ORIGEN

**Formulario 3 : Normas NEMA para KVA de Arranque/hp para Motores Trifásicos**

Código	KVA de Arr/hp	Se usa principalmente en
A	0.00 - 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	15 hp y mayores
G	5.60 - 6.30	10 hp
H	6.30 - 7.10	7.5 y 5 h.p.
J	7.10 - 8.00	3 h.p.
K	8.00 - 9.00	2 y 1½ h.p.
L	9.00 - 10.0	1 h.p.
M	10.0 - 11.2	Menor de 1 h.p.
N	11.2 - 12.5	
P	12.5 - 14.0	
R	14.0 - 16.0	
S	16.0 - 18.0	
T	18.0 - 20.0	
U	20.0 - 22.4	
V	22.4 y mayores	

Nota: Si se desconoce el KVA de arranque, use el valor mayor.

**Formulario 4: Características de Motores Monofásicos Típicos (excepto motores de repulsión-inducción).**

hp	KW	Fase KVA Partida	KVA de Arranque por Capacitor operación por Inducción.
1/6	.30	.45 3.70	2.50 - 3.00
1/4	.40	.60 5.00	3.40 - 4.00
1/3	.50	.70 6.00	4.00 - 4.70
1/2	.65	.90 7.60	5.20 - 6.00
3/4	.95	1.25 -	7.20 - 8.30
1	1.40	1.60 -	9.20 - 10.50

**Formulario 5: Motores Monofásicos de Repulsión.**

hp	KW	KVA	KVA Arran.
1/2	0.53	0.75	3.00
3/4	0.80	1.10	4.30
1	1.00	1.40	5.50
1 ½	1.50	2.00	7.80
2	1.95	2.60	10.00
3	2.70	3.60	13.50
5	4.40	5.80	22.00
7 ½	6.10	7.90	29.00
10	8.00	10.30	37.00

Cuando no se conocen la letra del diseño se usarán los Formularios 4 y 5

**Formulario 6: Factores de Potencia de Algunas Cargas Comunes**

Tipo de Carga	FP
Luces Incandescentes	1.00
Elementos calefactores, hornos	1.00
Controles	0.80 - 0.90
Luces fluorescentes	0.95
Hornos de Inducción	0.60 - 0.70
Hornos eléctricos de arco	0.80 - 0.90
Equipo de soldadura (de transformador)	0.60
Equipo de soldadura (de motor de CA de generador CC)	0.80 - 0.90
Transformadores	0.80 - 0.90

**FORMULAS ÚTILES**

**Corrientes Trifásicas**

$KW = (hp \times 0.746) / \text{Eficiencia}$

$KVA = (hp \times 0.746) / (\text{Eficiencia} \times FP)$

Corriente en Amp  $I = (KVA \times 1000) / (V \times 1.73)$

Corriente con rotor frenado  
 $Iac = (KVA \text{ de Arranque} \times 1000) / (V \times 1.73)$

KVA de arranque si se desconoce el código  
 $SKVA = (6 \times \{nominal\} \times V \times 1.73) / 1000$

**Corriente Monofásica**

$KW = (V \times I \times FP) / 1000$

$FP = KW / KVA$

$KVA = (V \times I) / 1000$

$KW \text{ motor monofásico} = (hp \times 0.746) / \text{eficiencia}$

$KVA \text{ motor monofásico} = (hp \times 0.746) / (\text{eficiencia} \times FP)$

## CONCLUSIONES

Como se ha podido apreciar en los capítulos anteriormente mostrados, la generación, aplicación y usos de la energía eléctrica es de una gran necesidad para el hombre tanto para la industria, el comercio, los servicios públicos y hasta en los lugares más remotos es necesaria la electricidad, ya que se utiliza tanto en fábricas, centros comerciales, hospitales, hoteles, construcción de carreteras, minas, etc..

Para la generación de energía eléctrica es necesario transformar los diferentes tipos de energía (mecánica, solar, nuclear, química, térmica, eólica, etc.) a eléctrica pero en algunos casos es difícil transformarla.

Un grupo Electrógeno ( Electro Generación ), como su nombre lo dice genera energía eléctrica transformando la energía mecánica que es producida por un motor el cual esta acoplado a un generador y este a su vez produce energía eléctrica, este grupo puede funcionar con Diesel, Gas o Gasolina. Los grupos electrógenos pueden ser utilizados tanto para uso en emergencia o de uso continuo.

El debido funcionamiento y el éxito en la utilización de un grupo electrógeno depende principalmente de la instalación inicial. Si se hace la instalación debidamente, el grupo puede proporcionar años de servicio seguro. Si no se hace como es debido, puede ocasionar continuos problemas.

Se requiere una amplia circulación de aire limpio y fresco para sostener la combustión y disipar el calor. Aproximadamente el 70% del poder calorífico del combustible consumido por un motor es rechazado hacia el agente refrigerante y expulsado al exterior. Si hay que situar un grupo electrógeno en un edificio o recinto, hay que cerciorarse de que haya aberturas adecuadas para la entrada y salida del aire. Si el tiro inducido por el ventilador de refrigeración del grupo electrógeno no es suficiente para impedir temperaturas excesivas, habrá que usar otros medios, tales como canalizaciones y/o ventiladores, para aportar una circulación de aire adecuada.

Si bien es importante aportar la debida cantidad de aire limpio a los cilindros, es igualmente importante que sean descargados los gases de la combustión. Si permanece estos gases en los cilindros, al ciclo siguiente no puede quemarse por completo el combustible. Se produce esta condición cuando hay una contrapresión excesiva, que es causada por cualquiera o una combinación de las condiciones siguientes:

1. Tubo de escape de diámetro demasiado pequeño.
2. Tubo de escape demasiado largo.
3. Número excesivo de codos de radio muy pequeño en el sistema del escape.
4. Silenciador inadecuado.
5. Obstrucción en el sistema de escape.

Para asegurar el más pleno uso de la corriente generada por los grupos electrógenos es necesario que los cables de instalación sean del calibre adecuado y se instalen debidamente. Antes de instalar el grupo, debe hacerse todo lo necesario para la instalación del interruptor de transferencia, el tubo conduit y las demás conexiones eléctricas que se necesiten para la debida aplicación del grupo. Todos los cables que entren al grupo electrógeno deben de ser flexibles para reducir la transmisión de vibraciones por la instalación eléctrica.

Ya que todo esta debidamente instalado el grupo electrógeno esta listo para empezar a funcionar y brindarnos la Energía Eléctrica.

- **ON-SITE POWER GENERATION**  
Gordon S. Johnson.  
Editorial: EGSA.
- **PLANTAS ELECTRICAS**  
Luca Marin, Carlos  
Editorial: Representaciones y Servicios de Ing., S.A. México
- **POWER STATION ENGINEERING AND ECONOMY**  
Skvotzki, Bernhardt G.  
Editorial: Mc. Graw Hill.  
Second Edition.
- **POWER SYSTEM OPERATION**  
Miller, Robert Herschel.  
Editorial: Mc. Graw Hill.  
Second Edition.
- **CENTRALES ELECTRICAS.**  
Santo Potess, E.  
Editorial: Gustavo Gili, S.A.  
Barcelona
- **POWER PLANT SITING.**  
Winter, John V./ David A. Conner  
Editorial: Van Nostrand Reinhold Company.
- **CENTRALES ELECTRICAS**  
Morse, Frederik Tracy  
Editorial: CECSA.  
3ra. Edición.
- **ANALISIS DE SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA**  
Stevenson, William D.  
Editorial: Mc. Graw Hill.  
2da. Edición.
- **CONVERTIDORES ELECTROMECHANICOS DE ENERGIA.**  
Herranz Acero Guillermo  
Editorial: Marcombo, S.A.  
Barcelona