

DISEÑO DEL PANEL DE CONTROL Y DISTRIBUCION

PARA EL

LABORATORIO DE MAQUINARIA

DEL

DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD

TESIS DE GRADO

JUAN MIGUEL PERELLI VERA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

DICIEMBRE 1973

GBR

DISEÑO DEL PANEL DE CONTROL Y DISTRIBUCION PARA EL LABORATORIO

DE MAQUINARIA DEL DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD

TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO EN ELECTRICIDAD
DE
JUAN MIGUEL PERELLI VERA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

GUAYAQUIL, DICIEMBRE 1973

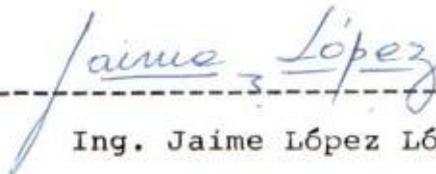
DISEÑO DEL PANEL DE CONTROL Y DISTRIBUCION PARA EL LABORATORIO
DE MAQUINARIA DEL DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD

AUTOR



Juan Miguel Perelli Vera

DIRECTOR DE TESIS



Ing. Jaime López López

INDICE

	Pág.
INTRODUCCION	1
NOMENCLATURA Y SIMBOLOGIA	4
CAPITULO 1 : PARTES QUE FORMAN EL PANEL	11
1.1 Acometida y distribución	
1.2 Sistema de control para corriente alterna	
1.3 Sistema de control para corriente continua	
1.4 Unidad de corriente continua	
1.5 Banco de carga	
CAPITULO 2 : DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL PANEL	106
2.1 Diagrama de distribución	
2.2 Diagrama de control, sincronización de generadores sincrónicos y dinamos	
2.3 Diagrama de la ubicación física de los instrumentos	
2.4 Esquemático de la estructura metálica	
CAPITULO 3 : LISTADO DE MATERIALES Y COSTOS	108
CONCLUSIONES	116
BIBLIOGRAFIA	121

INTRODUCCION

La energía eléctrica ocupa un lugar preponderante en la ciencia y en el uso doméstico de nuestros tiempos, que podríamos decir que no hay un sitio donde no tenga que ver la energía eléctrica, de aquí que sus centros de producción y distribución tengan vital importancia para con nuestro diario vivir, si realizáramos una analogía diríamos que constituyen el corazón y las arterias de un cuerpo humano.

Pues así en este trabajo, tratamos de una sección de un sistema eléctrico, el cual es el PANEL DE DISTRIBUCION Y CONTROL para el Laboratorio de Maquinaria Eléctrica de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

La necesidad de un panel de distribución es un hecho elocuente donde se necesita más de un circuito individual, debiendo cada uno de estos circuitos estar convenientemente protegidos.

La idea de construir un panel en nuestro medio nació de las consideraciones económicas y de poder dotarlo de lo que nuestras necesidades requieren realmente.

El sistema tiene que alimentar a los bancos de prueba que constituyen el Laboratorio que en principio está constituido por seis bancos para mesas generalizadas, seis bancos para transformadores, un banco para trabajo tipo industrial, dos fuentes de poder de corriente directa y un sistema de acoplamiento en paralelo de dos generadores.

La protección depende de las características peculiares que posean las cargas a distribuirse, en el presente trabajo sólo se utilizará dos tipos de protección en los sistemas de alimentación. Una, protección de sobrecargas que pudieren ocurrir en el momento de operación, dos protección para corto circuitos.

Estas dos formas de protección se realizan a base de disyuntores, siendo el diseño de tener centros de alimentación de cargas individuales protegidos y éstos a su vez respaldados por un disyuntor principal, el tipo de protección que se utilizará es del tipo selectivo, de aquí el por qué se utilizarán dos disyuntores, y éstos tendrán características diferentes; para protección individual se usarán los termos magnéticos y para protección de respaldo los de potencia de baja tensión, este último tipo a más de que nos permite coordinar el sistema, nos ofrece la facilidad de regulación en un margen de 80 a 160% del rango nominal de operación, lo cual nos permite tener un margen de ampliación en momentos de necesidad, y como nuestro país tendrá un crecimiento sorprendente a corto plazo en desarrollo tecnológico, es posible que se queden cortos los cálculos de estadística realizados y se necesite un aumento de capacidad, por este motivo trataremos de tomar la menor graduación de regulación.

La mesa industrial, tendrá dos circuitos de tensión ajustable entre 0-240 v. a. c. con la finalidad de realizar determinadas pruebas a los motores industriales, y para diferentes secciones en la parte de control industrial que contará la mesa.

La sección de control, es la sincronización de dos generadores universales de 5 Kw. cada uno, éstos como su nombre lo indica pueden operar como generadores sincrónicos o dinamos, su sincronización podrá ser hecha manual o semiautomática.

En el panel existirán dos fuentes de poder de tensión continua de 10 Kw. cada una; una de tensión variable entre 0-125 v. d.c. y otra a tensión fija de 125 v. d.c. que nos suministrará la energía necesaria para mover los motores primarios de dos generadores, para energizar los relés de control, para utilización general, y como emergencia en caso de algún desperfecto en las redes generalizadas.

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGIA

Tensión entre fases	V.
Tensión entre fase y neutro	Vn.
Intensidad de línea	I
Intensidad nominal	In
Intensidad promedio del disyuntor	Ib
Intensidad del rotor bloqueado	Irb
Intensidad promedio del instantáneo del disyuntor.	Iip
Intensidad calculada para el disyuntor	Ic. b.
Intensidad de cortocircuito	Icc.
Capacidad de interrupción	C.I.
Disyuntor	C.B.
Velocidad de las máquinas en R.P.M.	N.
Frecuencia del sistema	F.
Potencia	P.
Factor en potencia	$\cos\phi$ ó F.P.
Tipo de disyuntor	T.B.
Transformador de corriente	T.C.
Corriente continua	d.c. ó c.c.
Corriente alterna	C.A.
Amperios	amp.- A.
Voltios	v.
Kilovatios	Kw.
Revoluciones por minuto	R.P.M.

Resistencia	R.
Potencia reactiva	Pc.
Micro foradios	u.f.
Voltamperios reactivos	VAR.
Kilovoltanperis	KVA.
Kilovoltios	K.V.
Ciclos por segundo	C/Sg.- c.p.s.

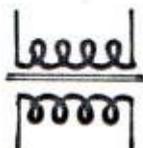
En lo referente a la simbología e identificación de circuitos, se utilizará las normas norteamericanas, de acuerdo a ésto tenemos los siguientes símbolos e identificaciones.



General; contactor-motor-generador



Motor sincrónico



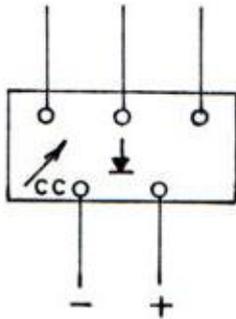
Transformador



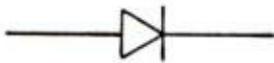
Instrumentos: amperímetros (A);
voltímetros (V); vatímetros (W);
sincronoscopio (Sy); Frecuencímetro (F); Conmutador (CM); Factor de Potencia ($\cos \phi$).



Luces de Indicación



Fuente de poder, alimentación trifásica, tensión rectificadada variable.



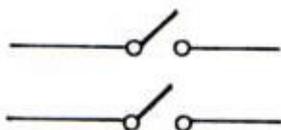
Rectificador (Diodo)



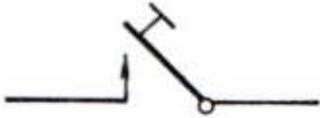
Conexión a tierra



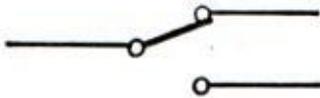
Termostato (OL)



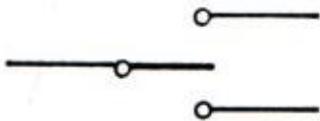
Interruptor; abierto-cerrado (Sw)



Llave de control (Ky)



Interruptor de transferencia
2 posiciones (Sw).



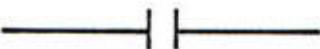
Interruptores de tres posiciones
(Sw).



Contactos de botoneras; abiertos
(P.B.O.)



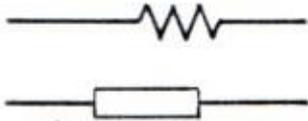
Contactos de botoneras cerradas
(P.B.C.)



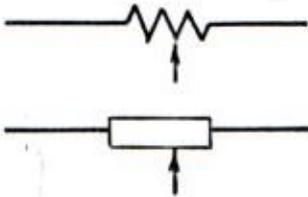
Contactos de relé o contactores
abiertos



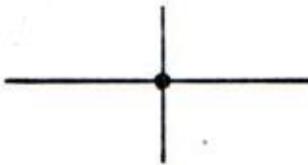
Contactos de relé o contactores
cerrados



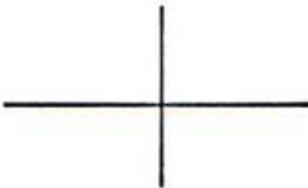
Resistencia constante



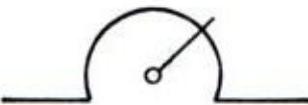
Resistencia variable



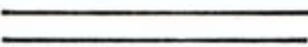
Empalme o unión de circuitos



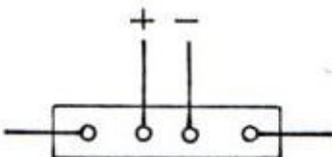
Cruce de circuitos



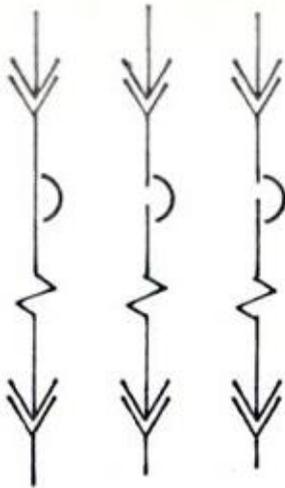
Reostato



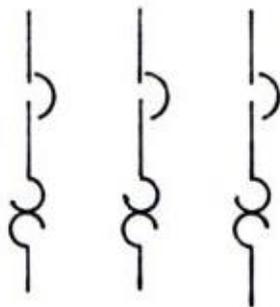
Conductores



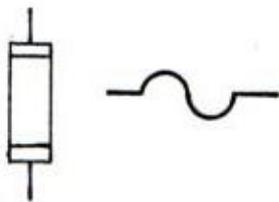
Shunt para medición indirecta (I)
d.c.



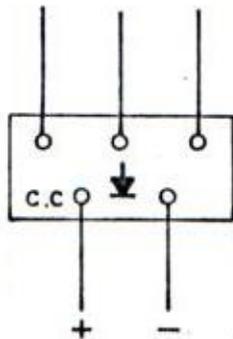
Disyuntor magnético Trifásico. (C.B.)
Operado en aire. (Low Voltage Power
Circuit Breakers).



Disyuntores termo magnético, trifási-
cos. (C.B.) (Molded Case Circuit Breag
kers).



Fusibles (Fu).



Fuente de poder alimentación trifási-
ca, tensión rectificada constante.



Transformador de corriente T.C. ó

Transformador de potencial T. P.

IDENTIFICACION DE CIRCUITOS

$L_1 - L_2 - L_3$	Líneas de alimentación
$H_1 - H_2 - H_3$	Identificación en los transformadores de lado de alta tensión
$X_1 - X_2 - X_3$	Identificación en los transformadores de lado de baja tensión
$T_1 - T_2 - T_3$	Salida del estator de los alternadores
$S_1 - S_2 - S_3$	Campo en serie
$F_1 - F_2$	Campo en paralelo
$L_1 - L_2$	Líneas
$R_1 - R_2$	Resistencia de campo en paralelo

Esta lista no contiene toda la nomenclatura utilizada en los sistemas eléctricos; se encuentran solo los símbolos utilizados para la descripción de los diagramas e igualmente con el sistema de identificación.

CAPITULO I

PARTES QUE CONFORMAN EL PANEL

- 1.1 Acometida y Distribución
Aspectos que se consideran en el cálculo:
- 1.1.1 Carga que soportará el sistema, sus características y su forma de distribución.
- 1.1.2 Cálculo de la corriente de cortocircuito en las barras de distribución.
- 1.1.3 Capacidad de interrupción de los disyuntores
- 1.1.4 Protección de los sistemas y su coordinación
- 1.1.5 Instrumentos de medida
- 1.1.1 Carga que soportará el sistema, sus características y su forma de distribución.

10. Seis mesas para máquinas generalizadas, que se componen de motores de C.A. y C.C.

Característica de los motores de inducción trifásico:

V = 220 v.

I = 7,87 amp.

P = 2 Kw.

N = 3.600 R.P.M.

F = 60 c.p.s.

Característica de los dinamómetros (motores de C.C. conexión Shunt).

$$V = 110 \text{ v.}$$

$$I = 27,2 \text{ amp.}$$

$$P = 3 \text{ Kw.}$$

$$N = 2.400 - 3.600 \text{ R.P.M.}$$

La potencia de cada mesa es de 3 Kw. como máximo y es el caso en que opera el motor de corriente continua.

La potencia total de operación de las mesas es de:

$$6 \text{ mesas} \times 3 \text{ Kw./mesa} = 18 \text{ Kw.}$$

La alimentación del sistema será trifásico (3 ϕ) a tensión constante de 220 v., 60 c.p.s.

2o. Seis mesas de transformadores.

Cada mesa se compone de 3 transformadores monofásicos de 1 KVA cada uno.

Características de los transformadores monofásicos

Lado de Alta tensión.

$$V = 220 \text{ v.}$$

$$I = 4,55 \text{ amp.}$$

$$P = 1 \text{ KVA}$$

Para el cálculo de Kw. tomaremos $\text{Cos}\phi = 1$ o sea con carga resistiva.

De aquí consideramos, la potencia total de cada mesa es de 3 Kw.

La potencia total de las mesas es:

$$6 \text{ mesas} \times 3 \text{ Kw/mesa} = 18 \text{ Kw.}$$

La alimentación del sistema será trifásico (3ϕ) a tensión constante de 220 v., 60 c.p.s.

3o. Una mesa de motores tipo industrial contendrá:

- a) Un motor de inducción trifásico jaula de ardilla
- b) Un motor de inducción trifásico rotor devanado
- c) Una alimentación de servicio extra trifásico

Característica de los motores de inducción para el caso a o b

$$V = 220 \text{ v.}$$

$$I = 16,4 \text{ amp.}$$

$$P = 5 \text{ Kw.}$$

$$N = 1.200 \text{ R.P.M.}$$

$$\text{Cos}\phi = 0,8$$

$$F = 60 \text{ c.p.s.}$$

Código de rotor bloqueado-B-

Las características bajo las cuales se construyen los motores en los Estados Unidos de Norteamérica, están regidos por las normas NEMA (National Electrical Manufacturers Association), las mismas que están codificadas alfabéticamente.

Definimos corriente de rotor bloqueado (1).- Corriente de rotor bloqueado es la que se origina al frenar un motor por completo, teniendo en sus bornes aplicada la tensión nominal.

Las normas NEMA nos identifica por medio del código de rotor bloqueado la corriente que tendría determinado motor en el caso de bloquearlo completamente, este valor viene expresado en KVA/HP.

Por la infinidad de trabajos que existen en los que se aplica la fuerza motriz eléctrica, necesitamos una variedad de motores con diferentes características, en lo relacionado a su torque de arranque, de aquí la necesidad de poderlos identificar fácilmente por medio de este código.

Se ha seleccionado para este trabajo el tipo de motor identificado en el código por la letra B por ser el tipo generalizado de motores, es decir no tiene características especiales.

A continuación una tabla del código de rotor bloqueado completa.

TABLA N° 1 - CODIGO DE ROTOR BLOQUEADO

CODIGO	KVA/HP	CODIGO	KVA/HP
A	0-3,15	K	8,0-9,0
B	3,15-3,55	L	9,0-10,0
C	3,55-4,0	M	10,0-11,2
D	4,0-4,5	N	11,2-12,5
E	4,5-5	P	12,5-14,0
F	5,6-6,3	R	14,0-16,0
G	5,6-6,3	S	16,0-18,0
H	6,3-7,1	T	18,0-20,0
J	7,1-8,0	U	26,0-22,4
		V	22,4

Características de la Alimentación de Servicio Extra.

Esto es una sección para realizar trabajos y pruebas de carácter general.

$$V = 220 \text{ v.}$$

$$P = 5 \text{ Kw.}$$

$$F = 60 \text{ C/Sg.}$$

$$\text{Cos}\phi = 0,85$$

Resumiendo la capacidad de la mesa.

Un motor trifásico jaula de ardilla	5 Kw.
Un motor trifásico de rotor devanado	5 Kw.
Alimentación trifásico de servicio extra	<u>5 Kw.</u>
Potencia total	15 Kw.

La alimentación del sistema será trifásico (3 ϕ) a tensión constante de 220 v., 60 c.p.s.

4o. Dos generadores operando en paralelo:

Los motores primarios que moverán los generadores serán de c.c. conexión Shunt de las siguientes características:

$$V = 125 \text{ v.}$$

$$I = 40 \text{ amp.}$$

$$P = 5 \text{ Kw.}$$

Potencia total de la mesa 10 Kw.

La alimentación del sistema será trifásico (3 ϕ) a tensión constante de 220 v., 60 c.p.s.

5o. Fuente de Reserva.

Se tomará una fuente de c.c. a tensión variable con una potencia de 10 Kw.

Su objeto es el tener para el caso de daño alguna de las máquinas generalizadas, en su sistema de rectificación y también para los sistemas de rectificación de alimentación a los motores que mueven a los generadores considerados en el punto 4to. etc.

La alimentación de la fuente será trifásica (3 ϕ) a tensión constante de 220 v., 60 c.p.s.

Resumiendo en un cuadro las necesidades de alimentación y requerimientos de potencia:

SISTEMAS	NIVELES DE TENSION	UNIDADES CONSIDERADAS.-	POTENCIA INDIVIDUAL EN Kw.	POTENCIA TOTAL EN Kw.
Mesas generalizadas	220 A.C.	6	3	18
Mesas de transformadores	220 A.C.	6	3	18
Mesa Industrial	220 A.C.	1	15	15
Generadores	220 A.C.	1	10	10
Reserva	220 A.C.	1	10	10
				<hr/> 71 Kw.

Por lo tanto, la capacidad instalada que se dispondrá en el panel es de 71 Kw.

DISEÑO DEL TABLERO DE DISTRIBUCION

En la identificación de los circuitos del sistema se usará notación numérica; la forma general de distribución está representada en el diagrama unifilar de la Fig. N° 1.

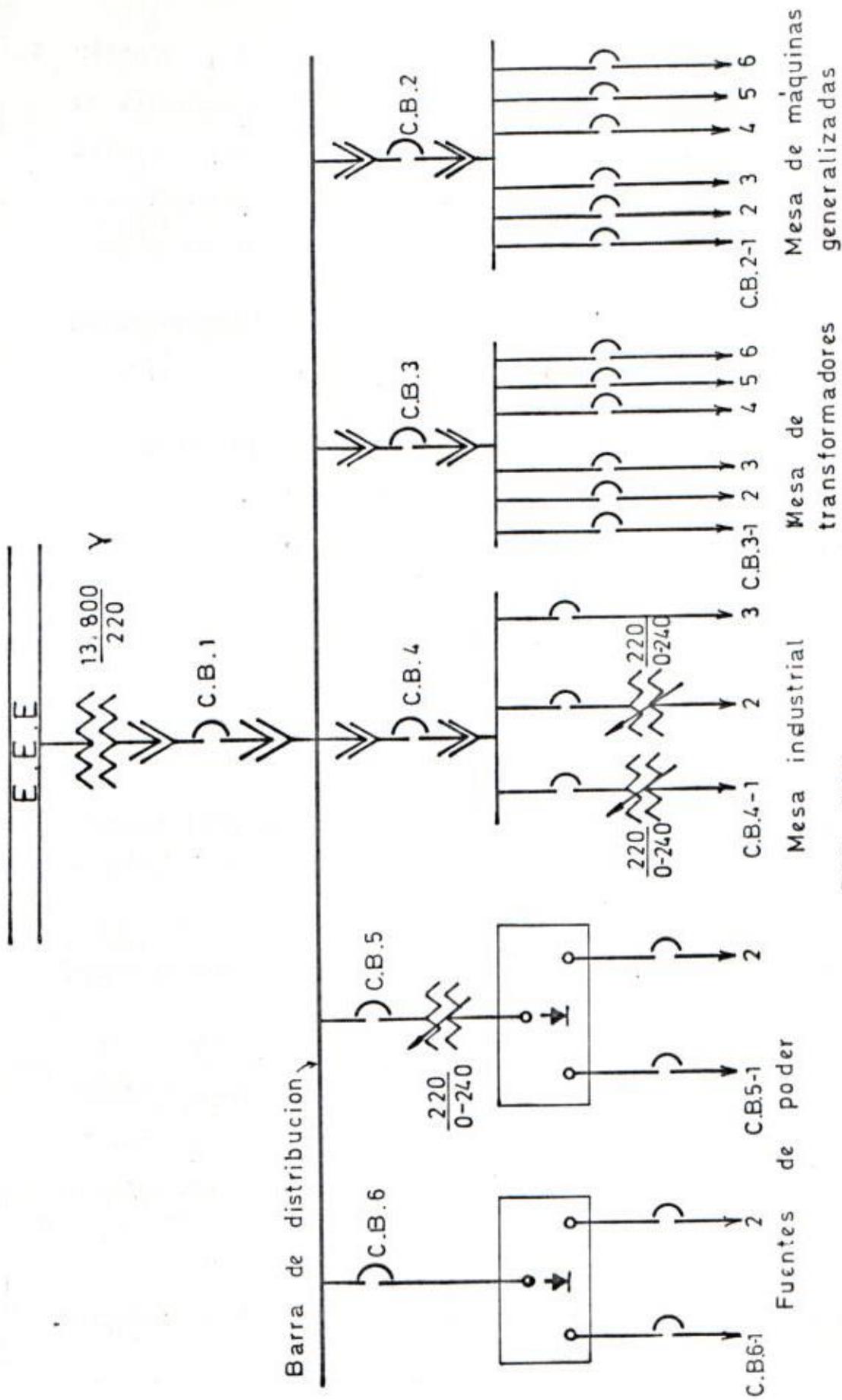


FIG N° 1

1.1.2 Cálculo de la corriente de cortocircuito en las barras de distribución.

Datos necesarios:

Capacidad de cortocircuito de la Empresa Eléctrica del Ecuador en la subestación de alimentación.

Características del banco de transformadores de alimentación.

La Empresa Eléctrica del Ecuador nos entrega energía por medio de la subestación de Boyacá la misma que tiene una capacidad de cortocircuito de las siguientes características (Datos proporcionados por la Empresa Eléctrica del Ecuador).

$$V = 13.8000 \text{ v.}$$

$$I_{cc} = 3.500 \text{ amp.}$$

Características del banco de transformadores de alimentación.

Capacidad del banco de transformadores

Potencia del panel = 71 Kw.

Consideremos que la carga aplicada en el peor de los casos un $\text{Cos}\phi = 0,8$

La capacidad de los transformadores tiene que ser expresada en KVA.

$$\text{KVA} = \frac{71}{0,8} = 87,5$$

Capacidad total del banco de transformadores 87,5 KVA

Como la alimentación tiene que ser trifásica, nuestro banco se compondría o de un transformador trifásico o de

tres transformadores monofásicos de 29,2 KVA C/uno.

Para este cálculo se utilizará transformadores monofásicos por considerar que una falla en un transformador todavía tendríamos energía, conectando los dos transformadores restantes en delta (Δ) abierto, otro punto a favor, es la mejor capacidad para soportar el desbalance del sistema.

Capacidad del transformador Monofásico.- Se tomará 50 KVA basándonos en que no solamente se alimentará desde este banco al panel sino a otras secciones de la Facultad, de esta manera el banco de transformadores aumenta su capacidad en un 41,6%.

Características de los transformadores monofásicos: (2)

$$E = 15 \text{ Kv.}$$

$$P = 50 \text{ KVA}$$

$$\%Z = 2,5$$

Capacidad del banco trifásico = 150 KVA

Capacidad de cortocircuito en las barras del banco de transformadores.

$$V = 13.800 \text{ v.}$$

$$I_{cc} = 3.500 \text{ amp.}$$

Capacidad cortocircuito = 83.559 KVA.

Representación esquemática del sistema Fig. N° 2. Con los datos obtenidos se puede calcular la máxima intensidad de falla que pudiere existir en el circuito y ésta sería originada por una falla trifásica simétrica

en las barras del panel.

La expresión matemática para calcular esta corriente de falla es:

$$I_{f_1} = \frac{E_{a'}}{Z_1} \quad (3)$$

I_{f_1} la definimos como intensidad de cortocircuito

$E_{a'}$ = Es la tensión entre la fase y el neutro

Z_1 = Es la impedancia hasta el punto de la falla.

Nuestro circuito puede ser expresado de la siguiente manera. Fig. N° 3

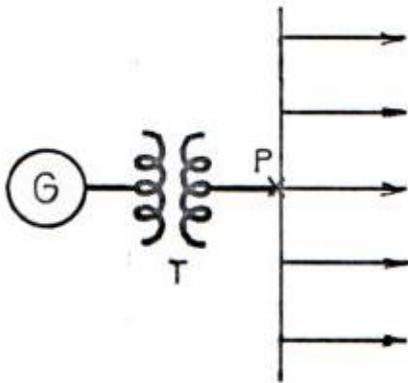


Fig. N° 2

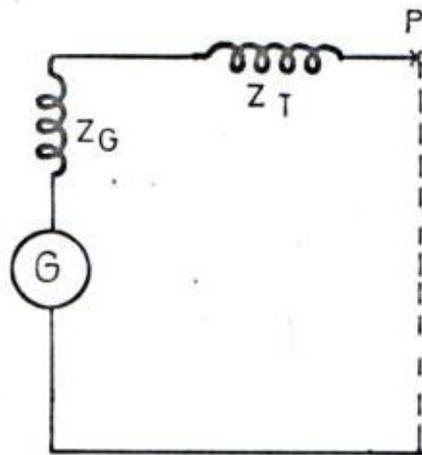


Fig. N° 3

G = se lo define como el generador equivalente para el caso de falla de acuerdo a los datos proporcionados por la E.E.E.

T = es el banco de transformadores

P = es el punto donde se origina la falla

Z_G = impedancia del generador equivalente

Z_T = impedancia del banco de transformadores

$$Z_1 = (Z_G + Z_T)$$

No se considera la impedancia de los cables de alimentación por ser su trayecto demasiado pequeño, en cuyo caso su impedancia es despreciable.

Cálculo de la impedancia del generador equivalente (Z_G)

$$Z_G = \frac{V/\sqrt{3}}{I_{cc}}$$

$$Z_G = \frac{13.800/\sqrt{3}}{3.500} = 2,28 \text{ ohms.}$$

$$Z_G = 2,28 \text{ ohms.}$$

Cálculo de la impedancia del banco de transformadores (Z_T)

$$Z_T = \frac{(KV)^2 \cdot 1.000}{KVA} \left(\frac{Z\%}{100} \right)$$

$$Z_T = \frac{(15)^2 \cdot 1.000}{150} \left(\frac{2.5}{100} \right)$$

$$Z_T = 37,5 \text{ ohms.}$$

Impedancia hasta el punto de falla (P)

$$Z_1 = Z_G + Z_T$$

$$Z_1 = 2,28 + 37,5 = 39,78 \text{ ohms.}$$

Cálculo de la intensidad de cortocircuito I_{f_1}

$$I_{f_1} = \frac{V/\sqrt{3}}{Z_1} \qquad I_{f_1} = \frac{13.800/\sqrt{3}}{39,78} = 201,25 \text{ amp.}$$

$$V = 13.800 \text{ v.}$$

$$Z_1 = 39,78 \text{ ohms.}$$

$$I_{f_1} = 201,25 \text{ amp.}$$

Esta intensidad es calculada en alta tensión, como nuestro interés es conocer la intensidad en el lado de baja procedemos a determinarla aplicando la relación de transformación; ($I_1 = aI_2$) de donde:

$$a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

La expresión matemática para determinar la intensidad en baja tensión es:

$$I_{f_1} = a I_{f_2}$$

$$I_{f_1} = 201,25 \text{ amp.}$$

$$a = \frac{13.800}{220}$$

$$I_{f_2} = \frac{13.800}{220} \times 201,25 = 12.600 \text{ amp.}$$

$$I_{f_2} = 12.600 \text{ amp.}$$

Capacidad de cortocircuito = 4.800 KVA

La intensidad de cortocircuito en las barras del sistema en caso de originarse es 12.600 amperios, con este valor establecido podemos seleccionar la capacidad de interrupción de los disyuntores que se usan en el presente trabajo.

1.1.3 Capacidad de interrupción de los disyuntores.-

Establecida la intensidad de cortocircuito en las barras del sistema hay que seleccionar un tipo de disyuntor en que su capacidad de interrupción sea mayor que la intensidad de falla, tanto para evitar deterioros prematuros, como un aumento en la capacidad de cortocircuito de la E.E.E. y dejar los equipos en potencial peligro de destrucción en caso de originarse una falla.

Las capacidades de interrupción de los disyuntores están estandarizadas, su escala varía en un amplio rango y así tenemos valores de: 5 - 10 - 15 - 20 - 25 - 45 - 65 - 100 y 120 mil amperios asimétricos.

Para el circuito en estudio se tomará el tipo de disyuntores que se encuentre en el rango de los 20.000 amperios asimétricos de capacidad de interrupción.

1.1.4 Protección de los sistemas y su coordinación.-

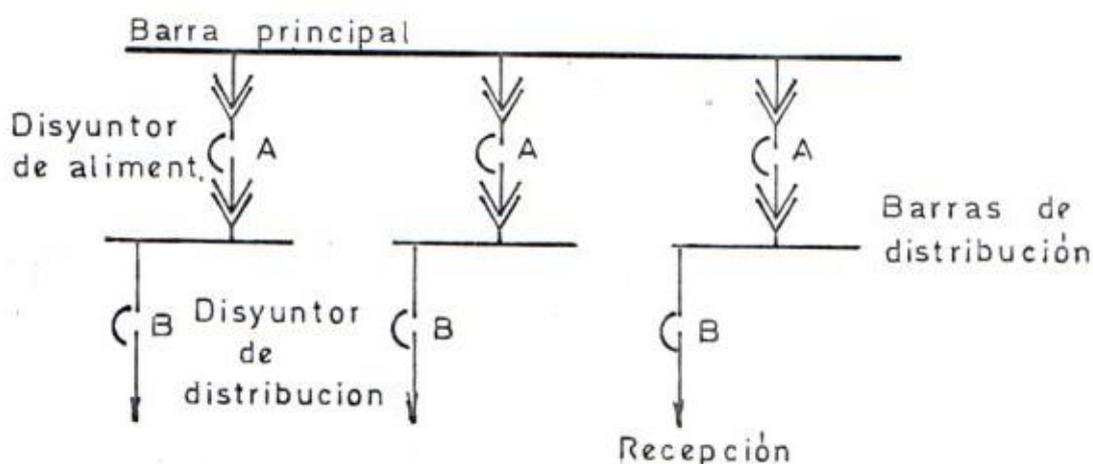
El sistema estará protegido a base de disyuntores y se los coordinará selectivamente.

Coordinación Selectiva.- (4) Refiriéndonos a la Fig. 4 el disyuntor A que es el principal (Respaldo) y los disyuntores de distribución B deben tener promedios de capacidad de interrupción por lo menos igual a la máxima corriente de cortocircuito posible.

El disyuntor A tiene que ser coordinado con los disyuntores de distribución B de tal forma que al originarse una falla en el sistema de recepción se dispare el disyuntor B y no el A, de esta forma queda aislada la falla del sistema sin causar inconvenientes en los otros circuitos.

El disyuntor principal A sólo debe dispararse para el caso de ocurrir una falla en las barras de los disyuntores de distribución.

El retardo del tiempo de operación entre A y B se lo determina en función de las curvas de disparo de cada disyuntor, dadas por el fabricante y se los coordina con la corriente de cortocircuito de tal forma que el tiempo de operación entre B y A tiene que ser mínimo un ciclo de diferencia (0,01667 Sg.) este tiempo se lo determina graficamente en las curvas de disparo.



En los sistemas individuales de alimentación a las mesas se utilizará Molded Case Circuit Breakers (Disyuntores Termo Magnéticos).

Forma de operación (5).- De los disyuntores termo magnéticos
Definición de N.E.M.A.:

Es un mecanismo para cerrar e interrumpir circuitos entre contactos separables, bajo condiciones normales y anormales.

Componentes básicos y sus funciones:

Elementos de Disparo, Mecanismo de Operación y Extinguidor de Arco.

Elementos de Disparo.- La función del Elemento de Disparo es hacer funcionar el mecanismo de operación en caso de una prolongada sobrecarga o intensidades de cortocircuito. Para esto se dispone del elemento Termo Magnético.

Acción de Disparo Térmico.- El efecto se lo alcanza con el uso de un bimental calentado por sobre intensidad (sobrecarga) de manera directa o indirecta.

Con una sobrecarga ligera pero continua el bimental se deflexiona lentamente hasta causar la operación de los elementos de disparo.

Cosa igual ocurre con una sobre intensidad fuerte en este caso la deflexión es mucho más rápida y con ello el disparo también.

Acción de Disparo Magnético.- Este efecto se lo alcanza usando un electromagneto en serie con la intensidad de carga. Esto provee un disparo instantáneo cuando la intensidad alcanza valores predeterminados. En base a esto los Molded Case Circuit

Breakers existen en dos tipos:

- a) Termo Magnéticos
- b) Magnéticos Solamente

Mecanismo de Operacion.- Su función es proveer un medio de abrir o cerrar los contactos del disyuntor. Los mecanismos son diseñados para que los contactos no se los pueda mantener cerrados en condiciones anormales del circuito.

Cuando el disyuntor se dispara toma una tercera posición que es la intermedia entre cerrado (ON) y abierto (OFF) con lo cual nos indica que existe una condición anormal en el sistema que alimenta.

Extinguidores de Arco.- Su función es confinar, dividir y extinguir el arco tendido entre los contactos al abrirse el disyuntor, consiste en parrillas de acero especial completamente aislado el uno del otro y soportado por un aislamiento recubridor.

El arco de esta forma se divide en una serie de pequeños arcos y el calor generado es rapidamente disipado a través del metal.

Estas dos condiciones resultan en un rápido movimiento de iones del arco el cual crece y con ello crece el dieléctrico entre los contactos resultando con esto en una rápida extinción del arco.

Selección de los Disyuntores de Distribución y respaldo de las diferentes mesas de trabajo.-

Para seleccionar un disyuntor debemos contar con los siguientes datos:

Tensión de línea

Frecuencia del sistema

Intensidad nominal

Capacidad de interrupción de la corriente de cortocircuito: dato obtenido de I_{cc} .

Otras características: Para el caso de proteger motores, intensidad de rotor bloqueado.

Condiciones no usuales: Excesivo calor, vibraciones, alturas extremas 1.000 metros en adelante, etc.

Intensidad de rotor bloqueado.- En el punto (3) (pág. 4) fue determinado que se utilizara el código B y para los cálculos se utilizará el valor 3,54 KVA/HP, como se explica anteriormente este valor depende de las características que proporcione el fabricante por este motivo encuadra el motor en el código B, se selecciona el valor de 3,54 KVA/HP que es el más alto en el rango de variación.

La expresión matemática para el cálculo de la intensidad de rotor bloqueado es:

$$I_{rb} = \frac{HP \times KVA/HP}{\sqrt{3} \text{ v.}} \cdot 1.000$$

Cálculo de los Disyuntores de Distribución para las Mesas Generalizadas.-

Diagrama Unifilar del Sistema C.B.2 Fig. No. 5: Mesas para máquinas generalizadas, Nivel de Tensión 220 v.

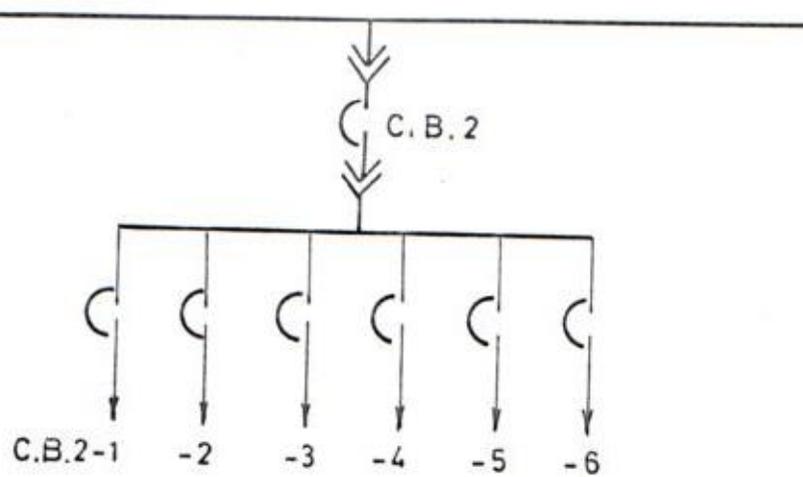


Fig. No. 5

Disyuntores de alimentación.-

C.B. 2.1 - 2.2 - 2.3 - 2.4 - 2.5 - 2.6

Datos:

$$V = 220 \text{ v.}$$

$$P = 3 \text{ Kw.}$$

$$I_n = 10,8 \text{ amp.}$$

$$\text{Cos}\phi = 0,8$$

$$F = 60 \text{ c.p.s.}$$

El Código Eléctrico Nacional Norteamericano "N.E.C." (Artículo 430-22) requiere que el promedio mínimo del disyuntor sea por lo menos 115% de la intensidad nominal.

$$I_{cb} = 10,8 \times 1,15 = 12,40 \text{ amp.}$$

$$I_{cb} = 12,40 \text{ amp.}$$

El rango más cercano en este tipo de disyuntor es de 15 amp. por lo tanto el rango promedio del disyuntor será:

$$I_b = 15 \text{ amp.}$$

Característica de disparo instantáneo.

Esta característica es realmente para cuando se produce una falla de cortocircuito: tripolar, bipolar, unipolar, etc.

Este tipo de disyuntores tienen un instantáneo en una magnitud de 12 veces el valor de la intensidad nominal del mismo.

$$I_{pi} = 12 \times 15 = 180 \text{ amp.}$$

$$I_{pi} = 180 \text{ apm.}$$

Datos del disyuntor:

$$I_n = 10,8 \text{ amp.}$$

$$I_b = 15 \text{ amp.}$$

$$I_{pi} = 180 \text{ amp.}$$

$$C.i. = 18.000 \text{ amp. simétricos a } 240 \text{ v.A.c.}$$

$$T.B. = FA \text{ (Westinghouse)}$$

Cálculo del Disyuntor de Respaldo - C. B. 2.

Este disyuntor sirve de respaldo a los de distribución, tanto en la zona térmica como en la instantánea (Magnética).

No se usará "Molded Case Circuit Breakers" para disyuntores de respaldo porque como se explica en la sección 1.1.4 , tiene que existir una coordinación selectiva y los disyuntores termo magnéticos tienen practicamente el mismo tiempo de operación para las corrientes de cortocircuito en las barras, de aquí la necesidad de utilizar otro tipo de disyuntor.

Se utilizará los Disyuntores de Potencia de Bajo Voltaje (Low Voltage Power Circuit Breakers) (6) construido por ITE.

Identificación del disyuntor:

Serie K - 225

Tipo OD-4

Características generales de este tipo de disyuntor.

El tipo OD-4.- Tiene la característica de poseer selectividad para las intensidades de sobre carga e igualmente se puede seleccionar el rango de operación de las intensidades de falla.

Posee tres distintas regulaciones:

1o. Banda de retardo prolongado (Long time Delay Band).

Esta banda de retardo es la zona de operación para protección del circuito en caso de ocurrir intensidades de sobrecarga (Se puede considerar como la zona térmica de los disyuntores termo magnéticos), la característica de operación se la puede interpretar por medio de la curva que nos proporciona el fabricante, y está presentada en la Fig. No. 6.

Esta banda se la puede calibrar de acuerdo al siguiente rango: 80, 100, 120, 140, 160% de su valor nominal; se puede observar la amplia gama de operación que se consigue en esta banda.

2o. Banda de retardo corto (Short time Delay Band)

Esta banda de retardo es la zona de operación para intensidades de fallas, como línea a tierra o cortocircuitos o cualquier intensidad que sobrepase al máximo valor de la banda de retardo de tiempo largo.

La característica de operación para esta zona nos la

proporciona el fabricante.

Esta banda puede ser calibrada para operar en el siguiente rango de su valor nominal: 500, 750, 1.000%.

30. Bandas de retardo (Time Delay Band)

Estas bandas nos identifican las curvas en la que está operando el disyuntor; existen tres curvas distintas que son: Máxima, Intermedia y Mínima, sobre cualquiera de estas tres curvas se aplican las características anteriores, esta característica nos facilita la coordinación selectiva, a más de las dos otras características anteriores.

Capacidad del Disyuntor de Respaldo C. B. 2.

El N.E.C. (Artículo 430-64) nos indica que su valor es la suma de las intensidades nominales, más; la más alta carga del sistema.

$$I_{cb} = 6 \times 10,8 + 10,8 = 75,6 \text{ amp.}$$

$$I_{cb} = 75,6 \text{ amp.}$$

El rango más cercano en su valor nominal del disyuntor es 90 amp.; para que opere en la banda de retardo prolongando al 100%.

Disyuntor seleccionado 90 amp.

Banda de retardo prolongado 100%

Banda de retardo corto 500%

Bandas de retardo-mínima

Características del disyuntor seleccionado:

Fig. No. 6

Disyuntor de Respaldo - C.B.2

$I_b = 90 \text{ amps.} - 100\%$
 $I_{pi} = 450 \text{ amps} - 500\%$

Banda de retardo -
Mínima.

Tipo - OD-4- K225
(ITE)

Disyuntores de Dis-
tribución CB2-1-2-3-
4-5-6

$I_b = 15 \text{ amp.}$

$I_{pi} = 180 \text{ amp.}$

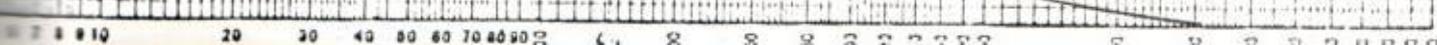
Tipo-FA- (Westinghou-
se).

Mínimo tiempo
de
interrupción

Máximo tiempo
de
interrupción

CB2-1

CB-2



$I_{cb} = 75,6 \text{ apm.}$

$I_b = 90 \text{ amp.}$

Tipo = OD - 4

Serie = K-225

Banda de retardo prolongado 100% 90 amp.

Banda de retardo corto 500% 540 amp.

Banda de retardo-mínima

C.I. = 25.000 amp. Simétricos

Faltaba indicar que este tipo de disyuntor su capacidad de interrupción es 25.000 amp. Simétricos, lo cual es una ventaja ya que es un tanto mayor que el seleccionado para los disyuntores termo magnéticos.

Este tipo será utilizado como respaldo en los demás sistemas.

La Fig. No. 6 indica graficamente las relaciones entre los disyuntores de distribución y respaldo, determinándose graficamente el tiempo de coordinación.

Cálculo de los Disyuntores de Distribución para las Mesas de Transformadores. Sistema C.B. 3 Nivel de Tensión 220 v. Fig. 7

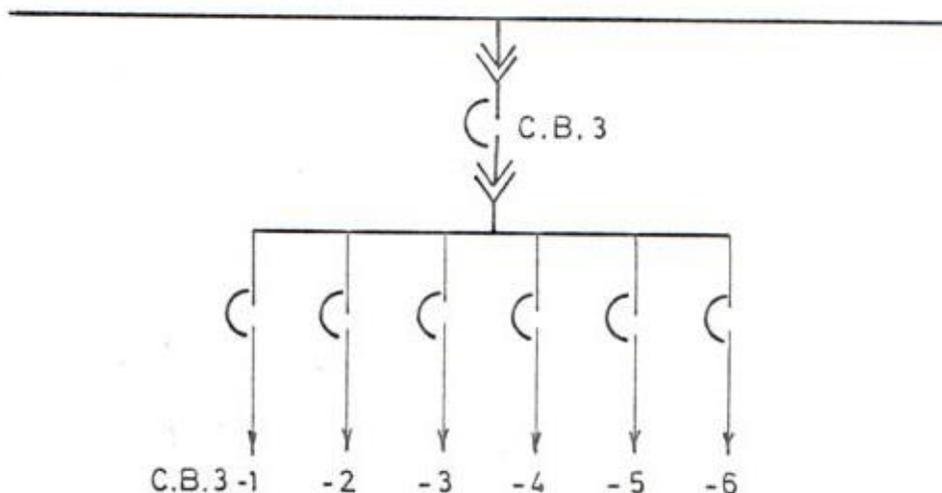


Fig. No. 7

Disyuntores de Distribución:

C.B. 3 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6

Datos:

$$V = 220 \text{ v.}$$

$$P = 3 \text{ KVA}$$

$$I_n = 7,87 \text{ amp.}$$

$$I_{cb} = 7,87 \times 1,15 = 9,05 \text{ amp.}$$

El disyuntor seleccionado en el rango más cercano es de 15 amp.

$$I_b = 15 \text{ amp.}$$

Disparo instantáneo

$$I_{pi} = 12 \times 15 = 180 \text{ amp.}$$

Características del disyuntor seleccionado.

$$I_n = 7,87 \text{ amp.}$$

$$I_b = 15 \text{ amp.}$$

$$I_{pi} = 180 \text{ amp.}$$

$$T.B. = F.A. (\text{Weatinghouse})$$

$$C.I. = 18.000 \text{ amp. Sy } 240 \text{ v.}$$

Cálculo del disyuntor de respaldo C.B. 3

$$I_{cb} = 6 \times 7,87 + 7,87 = 55,09 \text{ amp.}$$

$$I_{cb} = 55,09 \text{ amp.}$$

El rango más cercano en su valor nominal del disyuntor es 70 amp.

Disyuntor seleccionado 70 amp.

Características del disyuntor seleccionado

$$I_{cb} = 55,09 \text{ amp.}$$

$$I_b = 70 \text{ amp.}$$

Fig. No. 8

Disyuntor de Respaldo - C.B.3

$I_b = 70 \text{ amp.} - 80\%$

$I_{pi} = 350 \text{ amp.} - 500\%$

Banda de retardo -
Mínima.

Tipo - OD-4 - K225
(ITE)

Disyuntores de Dis-
tribución CB3 -1-2-
3-4-5-6.

$I_b = 15 \text{ amp.}$

$I_{pi} = 180 \text{ amp.}$

Tipo FA (Westinghou-
se).

Mínimo tiempo
de
interrupción

Máximo tiempo
de
interrupción

CB3-1

CB3

Tiempo en Sg.

8 812 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

Tipo = OD - 4

Serie = K - 225

Banda de retardo prolongado 80% 56 amp.

Banda de retardo corto 500% 350 amp.

Bandas de retardo-Mínima

C. I. = 25.000 amp. simétricos

La Fig. No. 8 indica graficamente las relaciones entre los disyuntores de alimentación y respaldo, determinándose graficamente el tiempo de coordinación.

Cálculo de los disyuntores de Distribución para la Mesa Industrial. Sistemas C.B.4 Nivel de Tensión 220 v. Fig. No.9

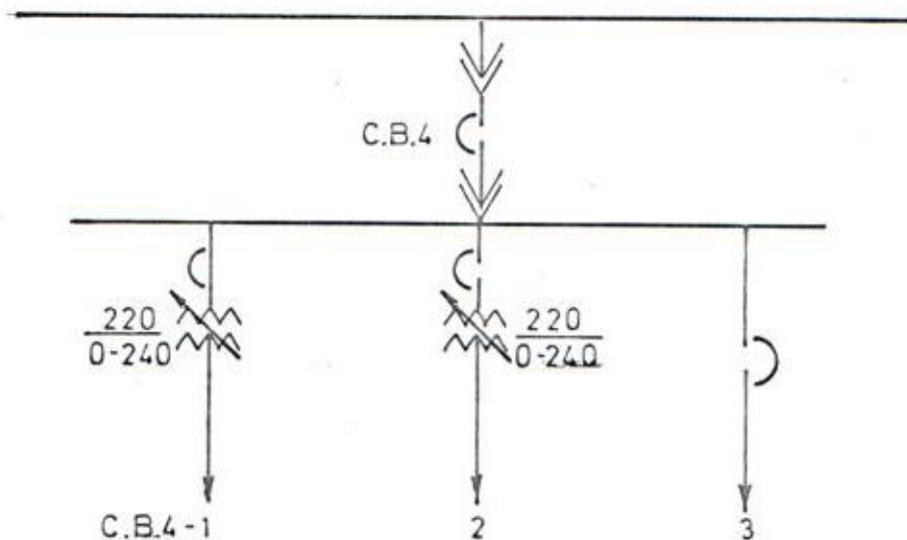


Fig. No. 9

Disyuntores de Distribución:

C. B. 4 - 1-2-3

Datos:

V = 220 v.

P = 5 Kw.

In = 20,3 amp. (7)

Cosφ = 0,8

N = 1.200 R.P.M.

F = 60 C/Sg.

Sistema 3φ

Código de rotor bloqueado B = 3,54 KVA/HP

Cálculo de la intensidad de rotor bloqueado

$$I_{rb} = \frac{H.P. \times KVA/HP}{\sqrt{3} \times V} \cdot 1000$$

$$P = 5 \text{ kw.} = 7,5 \text{ HP}$$

$$I_{rb} = \frac{7,5 \times 3,54 \times 1.000}{\sqrt{3} \times 220} \text{ amp.}$$

$$I_{rb} = 69,5 \text{ amp.}$$

$$I_{cb} = 20,3 \times 1,15 = 23,35 \text{ amp.}$$

El rango más cercano a su valor nominal del disyuntor es 25 amp.

Disyuntor seleccionado $I_b = 25 \text{ amp.}$

Característica de disparo instantáneo

$$I_{pi} = 25 \times 12 = 300 \text{ amp.}$$

$$I_{pi} = 300 \text{ amp.}$$

Características del disyuntor:

$$I_n = 20,3 \text{ amp.}$$

$$I_b = 25 \text{ amp.}$$

$$I_{rb} = 69,5 \text{ amp.}$$

$$I_{pi} = 300 \text{ amp.}$$

$$T.B. = F. A. \text{ (Westinghouse)}$$

$$C.I. = 18.000 \text{ amp. simétricos a 240 v.}$$

Cálculo del disyuntor de respaldo C.B.4

$$I_{cb} = 81,2$$

$$I_b = 90$$

tipo = OD - 4

Serie = K - 225

Banda de retardo prolongado 100% 90 amp.

Banda de retardo corto 750% 675 amp.

Bandas de retardo-Mínima

C. I. = 25.000 amp. Simétricos

La Fig. No. 10 nos indicará graficamente las relaciones entre los disyuntores de alimentación y respaldo, determinándose graficamente el tiempo de coordinación.

Características de los autotransformadores continuos (VARIAC) de alimentación para los sistemas C.B.4-1-2 y C.B.5 Fig. No.1

Se toma como referencia los fabricados por "General Radio" catálogo del año 1.973. Representante en Guayaquil "SUMITEC"

Capacidad - 15 KVA

Tensión de alimentación - 220 v., trifásicos (3Ø)

Tensión regulable de 0- a 240 v. trifásicos (3Ø)

Intensidad nominal I_n = 30 amp.

Intensidad máxima $-I_{max}$ = 36 amp.

Temperatura de diseño - 50°C.

Frecuencia - 50 a 60 c.p.s.

Sobrecargas permisibles:

1	Minuto	300%
15	"	150%
30	"	133%
60	"	120%

Fig. No. 10

Disyuntor de Respaldo - C.B. 4

$I_b = 90 \text{ amp.} - 100\%$
 $I_{pi} = 67,5 \text{ amp.} - 75\%$
Banda de retardo -
Mínima.
Tipo -OD-4 - K225
(ITE).

Disyuntores de Distribución CB4 -1-2-3

$I_b = 25 \text{ amp.}$
 $I_{pi} = 300 \text{ amp.}$
Tipo - FA (Westinghouse).

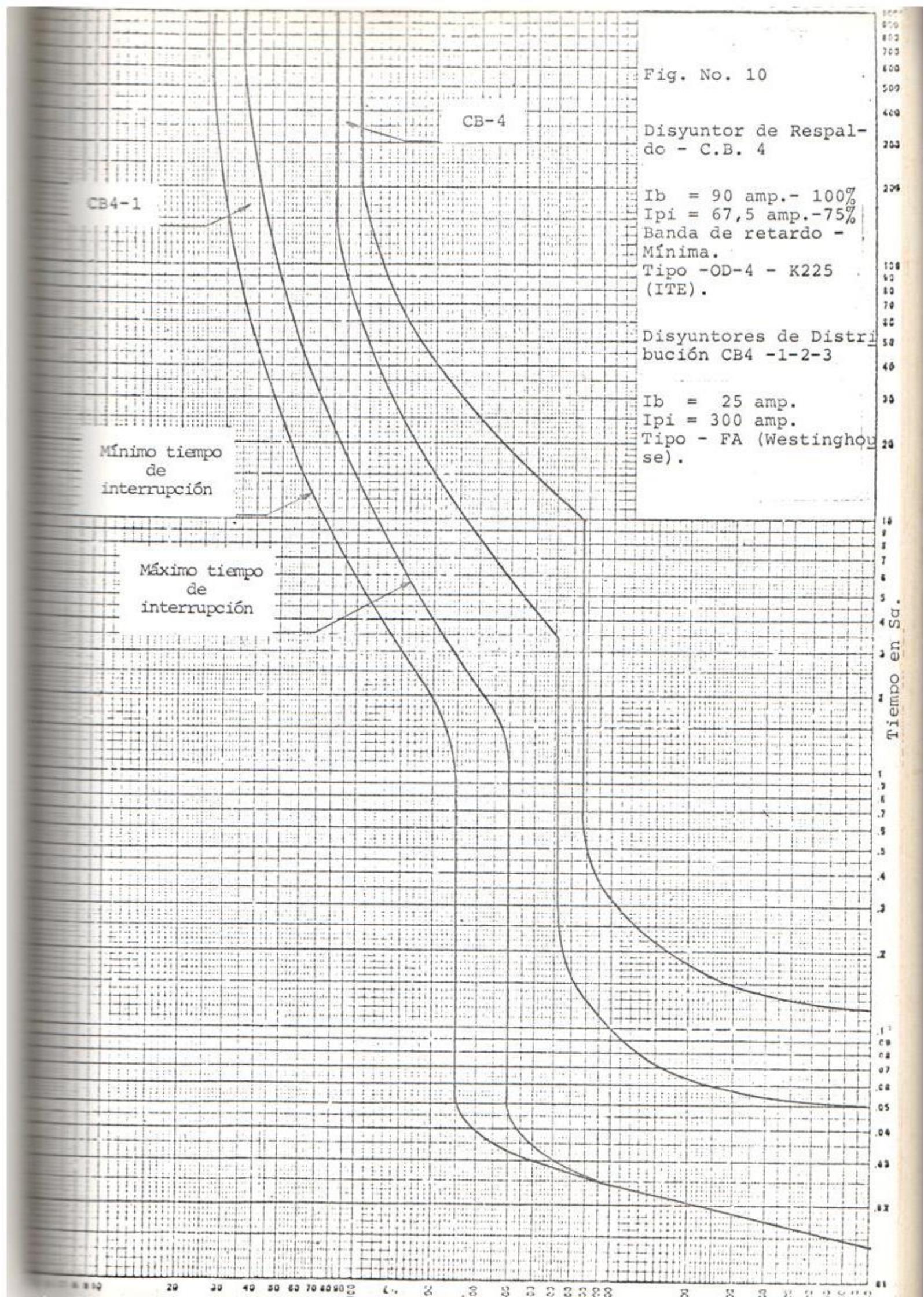
CB4-1

CB-4

Mínimo tiempo de interrupción

Máximo tiempo de interrupción

Tiempo en Sd.



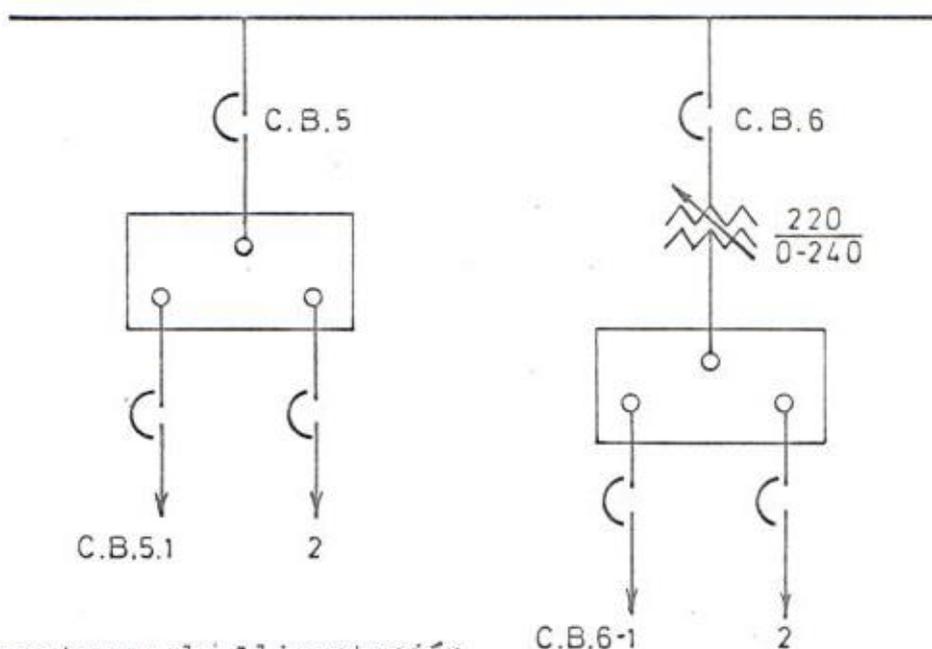
Tipo - W30G3 abierto conexión, estrella (Y)

Dimensiones 12 1/2" x 13 3/4" x 20 7/8"

Peso 93 libras

Costo de Catálogo \$ 334,50 Dólares

Cálculo de los Disyuntores de Distribución y Protección de las Fuentes de Tensión continua. Sistema C.B.5 - C.B.6



Disyuntores de Alimentación

C.B.5 - 1-2

C.B.6 -1-2

Estos disyuntores alimentan motores de corriente continua conexión shunt.

Datos:

V = 125 v.

I = 40 amp.

P = 5 Kw.

Para motores de corriente continua el rango del disyuntor se lo toma igual que para los motores de inducción.

$$I_{cb} = 40 \times 1,15 = 46 \text{ amp.}$$

$$I_{cb} = 46 \text{ amp.}$$

Disyuntor seleccionado

$$I_b = 45 \text{ amp.}$$

Características de disparo instantáneo

$$I_{pi} = 45 \times 12 = 540 \text{ amp.}$$

$$I_{pi} = 540 \text{ amp.}$$

Características del disyuntor

$$I_n = 40 \text{ amp.}$$

$$I_b = 45 \text{ amp.}$$

$$I_{pi} = 540 \text{ amp.}$$

$$T.B. = F. A. 2 \text{ polos (Westinghouse)}$$

$$C.I. = 10.000 \text{ amp. a } 250 \text{ v. d.c.}$$

Cálculo de los disyuntores C.B.5 - C.B.6

Datos:

$$V = 220 \text{ v.}$$

$$I_n = 27,6 \text{ amp.}$$

$$P = 10 \text{ Kw.}$$

$$\cos\phi = 0,95$$

$$F = 60 \text{ C/Sg.}$$

Sistema - 3 ϕ

$$I_{cb} = 27,6 \times 1,15 = 31,74 \text{ amp.}$$

$$I_{cb} = 31,74 \text{ amp.}$$

Disyuntor seleccionado

$$I_b = 35 \text{ amp.}$$

Características del disyuntor

$$I_n = 27,6 \text{ amp.}$$

$$I_b = 35 \text{ amp.}$$

$$T_B = \text{F.A. (Westinghouse)}$$

$$C.I. = 18.000 \text{ amp. Simétricos a 240 v.a.c.}$$

Para este circuito C.B.5 y C.B.6 utilizamos como disyuntores de respaldo los termo magnéticos, porque tenemos una gran impedancia de por medio cual es la de la fuente de poder de corriente continua en caso de sucitarse un cortocircuito en cualquiera de los disyuntores de distribución la intensidad de falla será mucho menor que la calculada para el caso anterior, no calculamos esta intensidad de falla por desconocer la impedancia de la Fuente de Poder de c.c.

Cálculo del Disyuntor Principal C.B.1

Este disyuntor esta determinado para que sea también selectivo con relación a los disyuntores de respaldo.

Determinar la capacidad de interrupción del disyuntor. -

Se considera un factor de servicio del 86% , debido a que no se toma en cuenta la operación de la fuente de reserva.

La intensidad nominal de carga se considera en 234 amp.

Si aplicamos el factor de servicio la intensidad de operación es:

$$I_{cb} = 234 \times 0,86 = 201,64 \text{ amp.}$$

Se elige un disyuntor de 225 amp. para tener en cuenta una posible capacidad de ampliación y además porque el costo de todos los de su serie es igual.

Disyuntor seleccionado 225 amp.

Característica del disyuntor

Banda de retardo prolongado; distintos valores obtenibles.

Calibración mínima	80%	180 amp.
Calibración	100%	225 amp.
Calibración	120%	270 amp.
Calibración máxima	160%	360 amp.

Como se puede observar se está en capacidad de aumentar la carga en un 35% sobre la carga nomina del circuito.

Banda de retardo corto

Calibración mínima	500%	1.125 amp.
Calibración intermedia	750%	1.637 amp.
Calibración máxima	1.000%	2.250 amp.

Resumen de las características del disyuntor:

Icb = 201,64 amp.

Ib = 225 amp.

Banda de retardo prolongado 100% 225 amp.

Banda de retardo corto 750% 1.637 amp.

Bandas de retardo-Máxima

Tipo - OD - 4

Serie k-225

C.I. = 25.000 amp. simétricos

La Fig. No. 11 nos expresa graficamente la relación que existe entre el disyuntor principal y C.B.2 - C.B.3 - C.B.4 - C.B.5 y C.B.6.

Características generales de los disyuntores termo magnéticos utilizados en los sistemas de distribución.

Fabricante - Westinghouse

Identificación A.B. De-ion circuit Breakers

Tipo F.A.

Promedio de interrupción basados en las pruebas de Laboratorio.

240 v.a.c.	20.000	amps.	asimétricos; 18.000 simétricos
480 v.a.c.	15.000	amps.	asimétricos; 14.000 simétricos
600 v.a.c.	14.000	amps.	asimétricos; 14.000 simétricos
250 v.d.c	10.000	amp.	

El caldeo del elemento bimetalico; se lo hace directamente hasta los 40 amps. y de 50 amps. en adelante es indirecto.

El elemento de disparo magnético es calibrado para operar instantáneamente entre 9 y 14 veces el valor promedio de la zona térmica.

Estos elementos mencionados no son ni ajustables ni intercambiables.

Rango de las capacidades del disyuntor termo magnético dado en amp.

15 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 50 - 70 - 90 - 100 - amp. U/L.

Fig. No. 11

CB-1

Disyuntor Principal
C.B.1

$I_b = 225 \text{ amp.} - 100\%$
 $I_{pi} = 1.637 \text{ amp.} - 750\%$
Banda de retardo -
Máxima.
Tipo -OD-4 K225
(ITE).

Disyuntores de Respal
do.
CB-2 - CB-3 - CB-4

Tiempo de Coordina
ción 0,13 Sg.

CB-2

CB-3

CB-4

Tiempo en Sg.

20 30 40 50 60 70 80 90 100 150 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

1.1.5 Instrumentos de Medición e Indicadores.-

Esta sección comprende la selección e identificación de instrumentos de medida e indicadores de señal que se utilizarán en el sistema de acometida y distribución.

Acometida: Fig. No. 29

- a) Un Voltímetro para c.a.
- b) Un conmutador de voltímetro de seis posiciones
- c) Tres emperímetros con Transformadores de corriente.
- d) Tres luces piloto para c.a.

Característica de los instrumentos:

Para determinar la escala requerida en el instrumento se tomará el 80% de su valor nominal (8)

Se utilizará como referencia los fabricados por la empresa Westinghouse de la serie denominada "Custom Styled Panel Instruments".

(1)	Voltímetro	
	Rango de Operación	220 v.
	Escala requerida	220/0,8 - 275 v.
	Escala elegida	0-300 v.
	Tipo	Rectificador bobina móvil
	Frecuencia	60 C/Sg.
	% Error	2%
	Identificación	GC - 372
	Estilo	No. 644B295A21

Dimensiones 4 1/2" x 4 1/2"
Peso 256 gramos

- (1) Conmutador para voltímetro de seis posiciones, lecturas entre fases, fases y neutro.

Identificación 505A705G01
Tipo de manubrio P
Contactos Mantenedos

- (3) Amperímetros con transformadores de corriente

Rango de operación 234 amp.
Escala requerida 234/0.8 - 292,5 amp.
Escala elegida 300 amp.
Tipo rectificador bobina móvil
% Error 2%
Frecuencia 60 C/Sg.
Identificación G C - 372
Estilo 644B639A18
Dimensiones 4 1/2" x 4 1/2"
Peso 256 gramos

Debemos aclarar que la escala elegida para lectura directa es de 0-300 amps.; pero la intensidad real de operación del amperímetro es de 0-5 amps. obtenidos a través del transformador de corriente.

- (3) Transformadores de corriente:

Relación de transformación: 300:5 amp.

- (3) Luces piloto

Tensión de operación	120 v.
Frecuencia	60 C/Sg.
Potencia	5 vatios
Color	verde
Tipo	Incandescente
Identificación	OTFE3
Distribución	
Mesa Industrial	

(2) Voltímetros para c.a.

Rango de operación	240 v.
Escala requerida	$240/0,8 = 300$ v.
Escala elegida	0-300 v.
Frecuencia	60 C/Sg.
Tipo	Rectificador bobina móvil
% Error	2%
Identificación	GC-372
Estilo	No. 644B295A21
Dimensiones	4 1/2" x 4 1/2"
Peso	256 gramos

(2) Conmutador para voltímetro de 6 posiciones, lecturas entre fases y fase a neutro.

Identificación	505A705G01
Tipo de manubrio	P.
Contactos	Mantenidos

1.3 Sistema de control para corriente alterna.

Sincronización de dos generadores sincrónicos, trifásicos de características iguales Fig. No. 35

Puntos a seguir:

- 1.3.1 Características principales de los generadores sincrónicos.
- 1.3.2 Protección y puesta en línea de un generador sincrónico.
- 1.3.3 Condiciones necesarias para sincronizar dos generadores sincrónicos.
- 1.3.4 Sincronización manual.
- 1.3.5 Sincronización semi automática.
- 1.3.6 Equipo de medición y sincronización para los generadores sincrónicos.
- 1.3.1 Características principales de los generadores sincrónicos.

Tensión entre fases	220 v.
Tensión entre fase y neutro	127 v.
Intensidad nominal	16,4 amp.
Potencia	5 Kw.
Frecuencia	60 c.p.s.
Cos ϕ	0,8

Sistema de generación Trifásico - 3 ϕ

Tipo de conexión Estrella "Y"

En este punto no se menciona las características de la excitación, ya que en los actuales momentos existen varios tipos como son:

Excitación dinámica incorporada o separada o excitación estática. Las características propias de cada uno de estos tipos de excitación los proporcionan los fabricantes.

1.3.2 Protección y puesta en línea de un generador sincrónico.

La protección de los alternadores lo deciden, su capacidad de generación principalmente y la naturaleza de su trabajo.

En el presente trabajo el equipo de generación será protegido contra las siguientes condiciones anormales de funcionamiento:

- 1o. Protección para sobre intensidades "Sobrecargas"
 - 2o. Protección para intensidades de falla "Cortocircuito".
 - 3o. Protección para potencia inversa.
- 1o. Protección para sobre intensidades "Sobrecargas".

Fig. No. 12

Tratándose de un alternador de Laboratorio, no se pueden dar rangos muy amplios, para mantener sobrecargas prolongadas.

Dada su pequeña capacidad, se utilizarán elementos bimetálicos para su protección, los mismos que estarán incorporados en un bloque individual con su respectivo bloque auxiliar, normalmente cerrado, en caso de existir una sobrecarga en cualquiera de las líneas este contacto se abre y con él, el contactor principal desconectando el generador sincrónico.

Los elementos de protección y control serán tomados como referencia los construídos por la Westinghouse.

Características principales del bimetal:

Intensidad nominal del alternador, $I_n = 16,4$ amp.

Rango de operación del bimetálico - 12-18 amp.

Tipo A A.

Catálogo No. FT13P - 18B.

Este dispositivo está constituido por tres elementos de caldeo directo de disparo rápido para montaje en panel y compensado para temperatura ambiental.

- 2o. Protección para intensidades de falla "Corto Circuitos" Fig. No. 12

La protección para este tipo de falla será un disyuntor instantáneo tipo magnético.

En este momento no se puede calcular la corriente de falla ni determinar la capacidad máxima de interrupción del disyuntor por no poseer datos del alternador.

Los disyuntores tipo FA - 150 son de tipo solamente magnéticos.

Estas unidades tienen un campo de operación bastante amplio ya que poseen graduación para distintas corrientes de falla; además su ajuste está diseñado para seguir una escala lineal.

Para protección del alternador:

Intensidad nominal $I_n = 16,4$ amp.

$I_b = 16,4 \times 1,5 = 24,6$ amp.

El disyuntor tendrá una capacidad de 25 amp. nominales

El disyuntor seleccionado puede ser graduado para una corriente de falla que fluctúa entre 190 amp. a 66 amp.;

lo cual permite una limitación de las intensidades de cortocircuito (I_{cc}) hasta 11,6 veces en su rango superior y de 4 veces en su rango inferior del valor de la intensidad nominal del generador sincrónico.

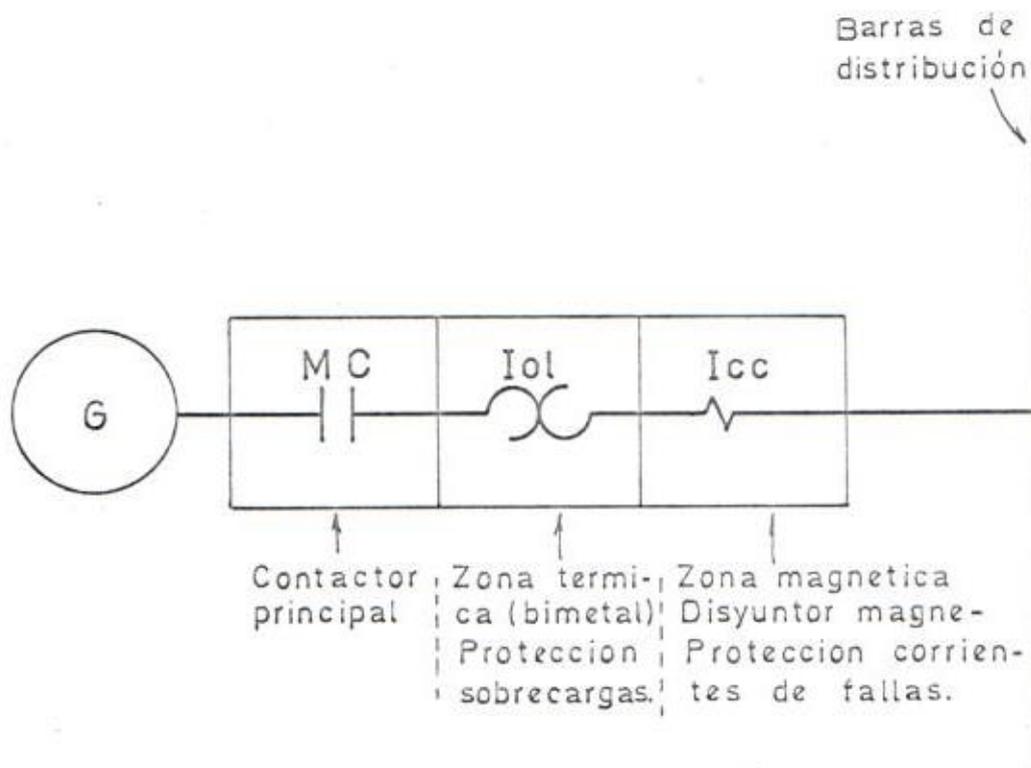


Fig. No. 12

Resumen de las características generales del disyuntor magnético.

$I_b = 25$ amp.

$I_{pi} = 190$ a 66 amp.

Tipo = FA - 150

C.I. = 18.000 amp. simétricos a 240 v.

Características del contactor principal Fig. No. 12.

Capacidad máxima 7 1/2 HP nominales

Capacidad de operación durante 8 horas continuas-30 amp.

Tiempo promedio de operación basado en 60 c.p.s. a tensión nominal es de: 1 a 1 1/2 Cilos.

Voltamperios de la bobina - 160 V.A.

Tensión de Operación de la bobina - 120 v. a 60 c.p.s.

Identificación:

Trifásico (3 polos)

Tipo - A201 abierto

Catálogo K1CA

Tamaño 1

40. Protección para potencia inversa.- Esto es para proteger antes que el alternador mismo al motor que lo impulsa, contra una posible motorización del alternador.

Este tipo de protección se lo realiza por medio de un relé de inducción, el mismo que detecta el sentido de la corriente, en caso de falla en la generación y que se produjera el flujo inverso de la corriente este relé lo detecta y opera su relé auxiliar, el mismo que esta interconectado con el contactor principal, para así abrir el sistema protegido, en este caso alternador.

Características principales del relé.

En la marca Westinghouse tenemos el tipo C.R.N-1 (9)
(10)

El tipo de relé CRN-1 se lo puede obtener para 120 v. ó 208 v. de tensión nominal. Diagrama del relé Fig. No. 34

El relé esta compuesto basicamente de 3 secciones: unidad de tiempo (CU), unidad direccional (D) y circuito de disparo.

Unidad de Tiempo (CU).- La unidad de tiempo puede operar tanto a 120 v. como a 208 v. y 60 c.p.s. El mínimo valor permisible de operación es el 54% de su valor nominal de tensión, cuyas características de operación están mostradas en la Fig. No. 13 para varios voltajes y diferentes posiciones del dial.

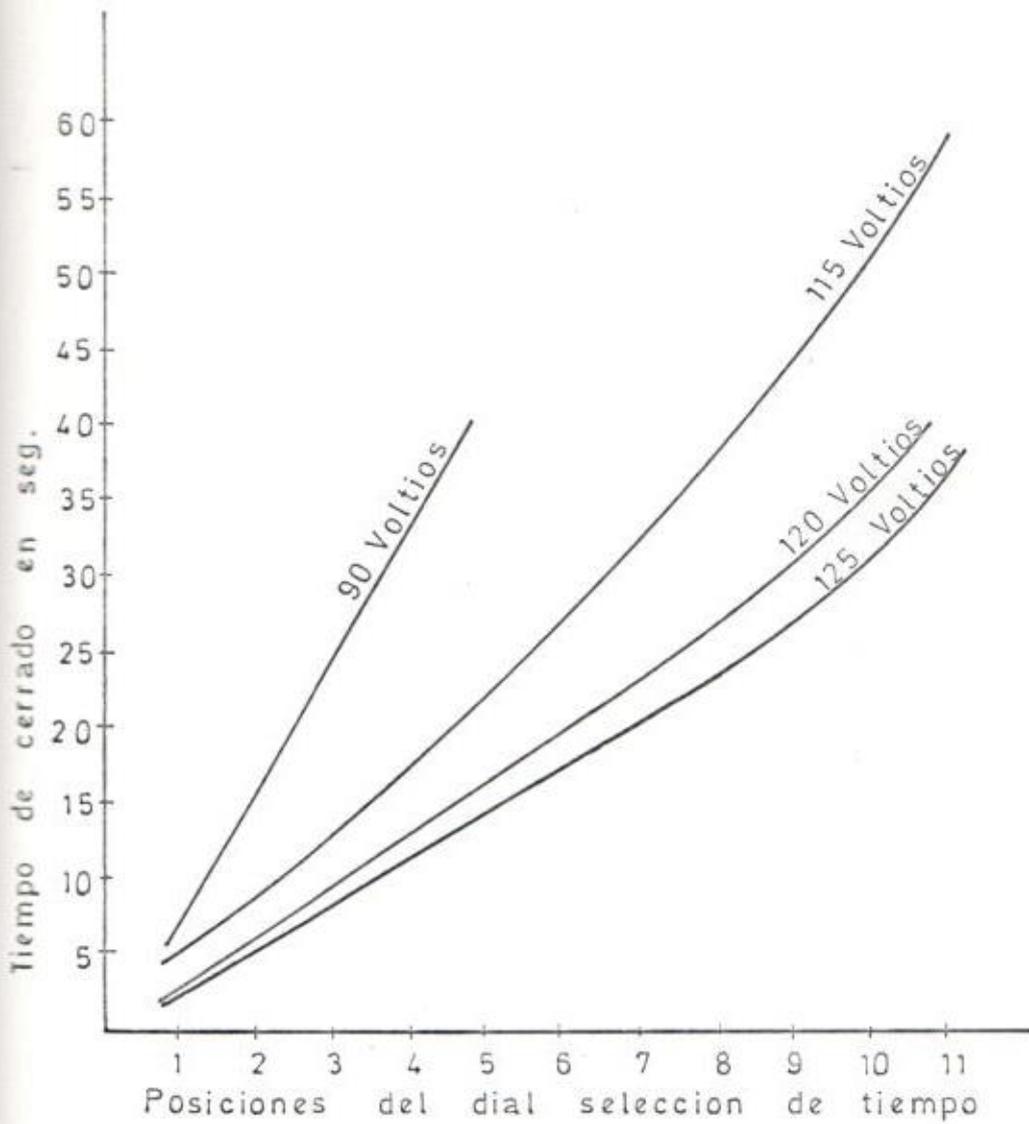
Unidad Direccional (D).- La unidad direccional tiene su máximo torque cuando la corriente adelanta al voltaje 30° . La unidad debe ser conectada usando la conexión de 30° .

Cuando se usa esta conexión el máximo torque del relé ocurre a un factor de potencia de 100%. El valor pico de corriente a máximo ángulo de torque y a tensión nominal es de 0,02 amp.

Unidad de Disparo.- Los contactos principales tienen una capacidad de 30 amp. a 250 v. D.C. de conducción sin peligro, esta corriente es lo suficientemente grande como para disparar el circuito de un disyuntor.

4o. Puesta en línea de un generador sincrónico.-

La operación de poner en línea un generador sincrónico



CARACTERISTICAS DE OPERACION
DEL RELE CRN-1
FIG N° 13

es muy simple. Basicamente se tiene que llevar el motor primario a su velocidad de régimen, en estas condiciones el alternador genera una tensión, cuya frecuencia es de 60 c.p.s. y regulando su excitación obtendremos la tensión nominal de 220 v. entre fases. En estas condiciones se opera el pulsador que acciona el contactor principal (Fig. No. 36), energizando de esta manera las barras del sistema; es conveniente que cuando se realiza esta operación no estén conectados los elementos que van a servir de carga para evitar deterioros por los transientes violentos que se originen. Es recomendable adicionar carga al generador sincrónico paulatinamente para evitar daños prematuros.

1.3.3 Condiciones necesarias para sincronizar dos generadores sincrónicos.-

- 1o. Igualdad de tensión con respecto al sistema a sincronizar.
- 2o. Igualdad de frecuencias con respecto al sistema a sincronizar.
- 3o. Igualdad en la secuencia de fases con respecto al sistema a sincronizar.

Igualdad de tensión.- Esta condición es obtenida por variación del campo del alternador una vez alcanzada la velocidad de régimen.

La magnitud es determinada por medio de un voltímetro.

Igualdad de frecuencia.- Esta condición es obtenida

regulando la velocidad del motor primario. Su magnitud es determinada por medio de un frecuencímetro.

Igualda de secuencia.- Esta condición la determinamos por medio de lámparas incandescentes, existen tres formas posibles para ello.

- 1o. Lámparas apagadas
- 2o. Lámparas encendidas
- 3o. Lámparas rotativas (2 encendidas y una apagada)

Para mejor explicación representaremos esquemáticamente las formas en que se conectarán las lámparas Fig. 14

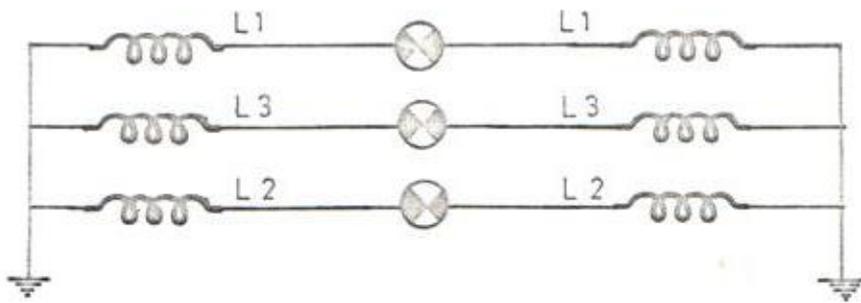
Sincronización Manual.-

La sincronización manual la realizaremos por medio de un contactor electromagnético operando un pulsador una vez cumplidas las condiciones de rigor.

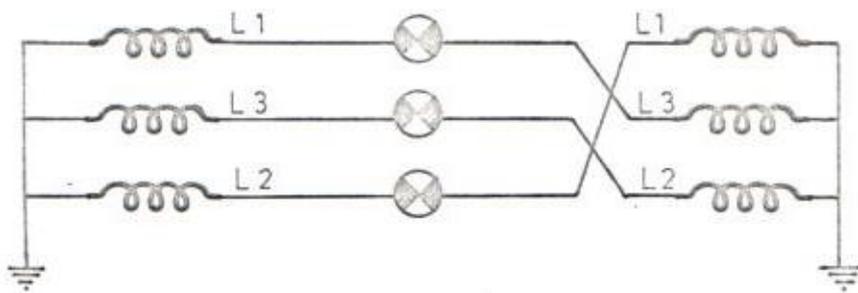
La secuencia a seguir en la sincronización puesta en línea y toma de carga es la siguiente:

- a) El alternador tiene que ser llevado a su velocidad nominal "o de sincronismo" y la tensión entre fases tiene que ser igual en magnitud a la tensión del sistema, el cual es determinado en las barras del mismo por medio de un voltímetro.
- b) Verificar la secuencia de fases del alternador con respecto al sistema. Esto se lo realiza por medio del verificador de fases (Fasímetro) o por medio de las luces de sincronización.

Lámparas apagadas



Lámparas encendidas



Lámparas rotativas

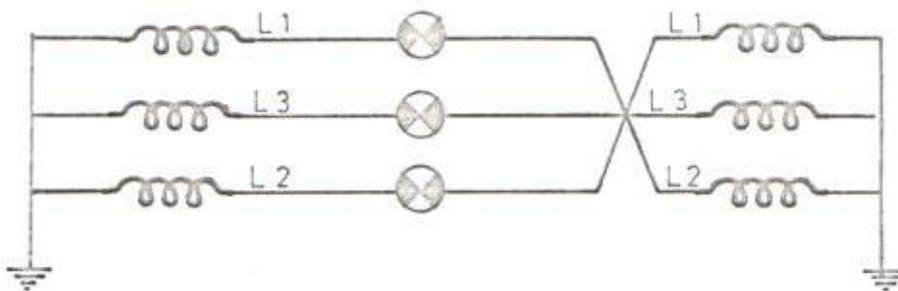


FIG. N° 14

- c) La frecuencia del alternador con relación al sistema tiene que ser igual y ésto se lo detecta por medio de un sincronoscopio o por medio de las lámparas de sincronización; su valor es determinado por medio de un frecuencímetro.
- d) Se opera el contactor al instante en que las lámparas de sincronización nos indican que los voltajes están a igual frecuencia son exactos y opuestos.
- e) El alternador está en paralelo pero sin carga, para tomar carga es necesario aumentar la velocidad del motor primario lentamente hasta que tome la carga deseada.
- f) El alternador está en paralelo y con carga, es el momento de ajustar el factor de potencia por medio del reostato de campo del generador.

1.3.5 Sincronización Semi Automática.-

Se la realiza por medio de un relé de inducción y en este caso se utilizará un relé sensor de sincronismo tipo CVE-1 de la Westinghouse.

Este relé sirve para verificar las condiciones de sincronismo existente entre dos sistemas distintos, el relé cierra sus contactos cuando éstos están dentro de los límites de sincronización.

El relé CVE-1 puede realizar las siguientes operaciones: Fig. No. 15

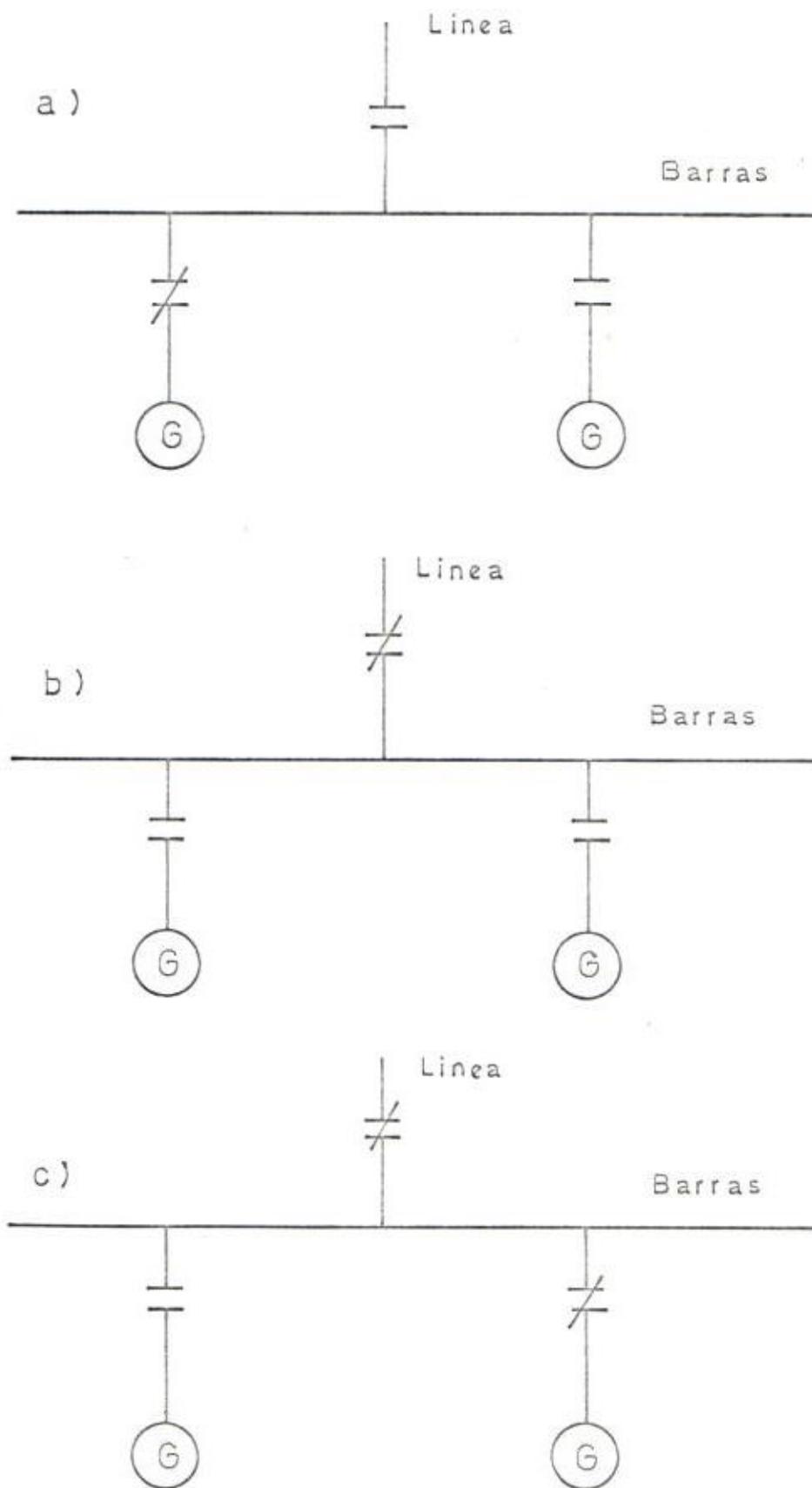


FIG. N° 15

- a) Cierra el disyuntor cuando la barra está energizada y la línea está desenergizada.
- b) Cierra el disyuntor cuando la línea está energizada y la barra desenergizada.
- c) Cierra el disyuntor cuando las barras y las líneas están energizadas y cumplen con las condiciones de sincronización: sus tensiones iguales, frecuencias iguales e igualdad de fases.

La operación para la sincronización semiautomática es semejante a la operación manual, es necesario realizar los mismos pasos hasta que se alcancen las condiciones de sincronización que en este caso lo detecta el relé y opera automáticamente.

En realidad esta operación no se la puede realizar completamente automática por cuanto se necesitaría una automatización de todos los sistemas de regulación y medida de los grupos, además necesitaríamos de un relé de sincronización.

1.3.6 Equipo para medición y sincronización de los alternadores (10) (11)

Es una necesidad poder determinar con facilidad las características con que operan los alternadores y para conseguirlo se necesita el siguiente equipo de medición:

Voltímetros

Amperímetros

Vatímetros

Frecuencímetros

Medidores de factores de potencia

Sincronoscopio

Luces pilotos

Características y rango de los instrumentos de medición.

Se utilizará para el efecto las características de los instrumentos fabricados por la Westinghouse de la serie denominada "20/20 Custom Styled Panel Instruments" (10). Se ha seleccionado esta serie por ser elementos que están encuadrados en un porcentaje de error del 2% y sus dimensiones son las más indicadas 4 1/2" x 4 1/2" para el caso que nos ocupa.

Las cantidades de elementos que se indican será sólo para un equipo.

(1) Voltímetro

Rango de Operación	220 voltios
Escala requerida	220/0,8-275 voltios
Escala elegida	0-300 voltios
Tipo	Rectificador bobina móvil
Frecuencia	60 C/Sg.
% Error	2%
Identificación	GC - 372
Estilo	No. 644B295A21
Dimensión	4 1/2" x 4 1/2"
Peso	256 gramos

(3) Amperímetros con transformadores de corriente:

Rango de Operación	16,4 amp.
Escala requerida	16,4/0,8 - 20,5
Escala elegida	20 amp.
% Error	2%
Tipo	Rectificador bobina móvil
Identificación	GA - 372
Estilo	644B639410
Dimensiones	4 1/2" x 4 1/2"
Peso	256 gramos

(3) Transformadores de corriente; relación de transformación
20:5

(1) Vatímetros trifásico

La lectura de la potencia real se la hará indirectamente utilizando un traductor de vatios de tipo VP2 - 840

Rango de Operación	5 Kw.
Escala requerida	5/0,8 = 6,25 Kw.
Escala elegida	0-10 Kw.
Error	2%
Identificación	G x - 372
Estilo	7148458A
Dimensiones	4 1/2" x 4 1/2"
Peso	256 gramos

Factor de Potencia.- Trifásico

Su lectura se la hará indirectamente utilizando un traductor del ángulo de fase tipo VF2 - 841

Escala	(-0,5) -0- (+0,5) inductivo; unidad; capacitivo
Identificación	G c 372
Estilo	691B643A13
Dimensiones	4 1/2" x 4 1/2"
Peso	9 onz - 256 gr.

Frecuencímetros.-

La medición de la frecuencia se la hará indirectamente a través de un traductor de frecuencia tipo VC - 841

Rango de Operación	60 H _z
Escala	50 - 70 H _z
Identificación	G x 372
Estilo	617B899A12
Dimensión	4 1/2" x 4 1/2"
Peso	9 onzas - 256 gr.

Luces de Sincronización.-

Tensión máxima	240 v. - 250 v.
Frecuencia	60 C/Sg.
Potencia	5 vatios
Tipo	Incandescente
Color	Blanco
Identificación	OTFG1

Sincronoscopio.-

Tensión de Operación	120 v.
Frecuencia	60 C/Sg.
Escala	Rápido - Lento

% Error	1%
Identificación	K1 - 241
Estilo	186A235A01
Dimensiones	4 1/2" x 4 1/2"

Luces Piloto de Unidad en Línea.-

Tensión de operación	120 v.
Frecuencia	60 C/Sg.
Potencia	4 vatios
Tipo	Incandescente
Color	Verde
Identificación	OTFF - 3

Contactador auxiliar para luces piloto Fig. No. 39

Tensión de mando	120 v.
Frecuencia	60 C/Sg.
Tipo	BF
Capacidad de los contactos	10 amp.
No. de contactos abiertos	cuatro (4)
Identificación	BF - 40 F
Dimensiones	3 1/8" x 13 1/32" x 3 7/32"

Selectores de control para instrumentos Fig. No. 39; Fig. No. 40

Conmutador de voltímetro	
6 posiciones; lecturas entre fases y fases a neutro	
Identificación	505A705G01
Tipo de manubrio	P
Contactos	Mantenidos

Conmutador para sincronoscopio.-

Identificación	505A757G01
Tipo de manubrio	R.
Contactos	Mantenidos

Especificaciones técnicas de los traductores utilizados en el presente trabajo (12).

Traductor de Vatios VP2 - 840

Alimentación nominal - 5 amp. 120 v. 60 C/Sg. modelo operable a 50 C/Sg. aproximadamente 5% de error adicional a escala completa o en bajo factor de potencia en operación continua.

Salida 50 m.v. (1.m.a.) ajustable aproximadamente un 10%

Resistencia de carga 50 Ohm \pm 3%

Linealidad \pm 1%

Pérdidas por elementos

Circuito de corriente 2 v.a. a 0,2 factor de potencia

Circuito de potencial 1 v.a. a factor de potencia, unidad.

Respuesta de tiempo - Salida completa 0,05 Sg.

Influencia de la frecuencia \pm 0,5% máximo entre 54 y 66 C/Sg.

Influencia del factor de potencia. \pm 1% máximo para cambios de 1 a \pm 0,5

Prueba del dieléctrico a 1.500 v.-r.m.s.

Sobrecargas Permisibles

Circuito de corriente - continuo - 200%

5 Sg. 500%

1 Sg. 1.000%

Traductor de frecuencia	VC2 - 841
Alimentación nominal	120 v.
Rango de operación	50 - 70 C/Sg.
Salida	(-300) -0- (+700) u. amp.
Resistencia de carga	92 Ohm \pm 10%
Máxima resistencia	200 Ohm
Obtenible por ajuste	
Linealidad	\pm 2%
Exactitud	\pm 2%
Pérdidas	4 v.a.
Prueba del dieléctrico	1.500 v. r.m.s.

Sobretensión Permisible - continuo 120%- 5 Sg. 200%

Traductor de Factor de Potencia	VF2 - 841
Tipo	3 ϕ - 120 v.
Factor de Potencia	(-0,5) - 1- (+ 0,5)
Angulo de fase	(-60°) -0°- (+ 60°)
Salida	(-0,5) ma -0- (+ 0,5) ma.
Frecuencia	(60 C/Sg.)
Resistencia de carga	110 ohm
Linealidad	\pm 1% con respecto al ángulo de fase
Exactitud	\pm 2%
Pérdidas	
Circuito de potencial	1 v.a.
Circuito de corriente a 5 amp.	- 1,8 v.a.
Tiempo de respuesta	0,1 Sg.
Prueba del dieléctrico a 1.500 v.	r.m.s.

Traductor de Frecuencia.- VC2 - 841

Sus principios de operación es convertir la frecuencia de la tensión alterna de entrada, en un voltaje de salida de corriente continua el cual es directamente proporcional a la frecuencia de entrada.

Para la medición de la salida se puede utilizar un convencional milivoltímetro de corriente continua.

En este tipo de elemento su voltaje de salida es directamente proporcional a la frecuencia de entrada, el cual no es afectado por otras variables dentro de los límites de las especificaciones.

Características:

- Completamente estático
- No tiene elementos térmicos
- Respuesta virtualmente instantáneo
- Mantenimiento ninguno

Descripción:

La salida es el punto de balance (normalmente punto medio del rango de la frecuencia) es una onda a.c. del doble de la frecuencia de entrada. Las salidas sobre o debajo del punto de balance dan un resultante en un promedio d.c. con un rizado a.c.

Normalmente son calibrados para una salida de (0,3) - 0 - (-0,3) voltios por ciclos de desviación desde el punto de balance en el rango de los 60 C/Sg. y de (+ 0,045-) -0- (-0,045) voltios por ciclos de desviación en el rango de los 400 C/Sg.

El traductor VC2 - 841 consiste de 2 circuitos en serie sintonizados para ser resonantes a determinadas frecuencias, los mismos que alimentan a una fuente rectificadora de onda completa.

El circuito resonante puede ser calibrado por medio de un reactor ajustable.

Un regulador de tensión es incluido en el circuito de entrada manteniendo constante la salida sin tomar en cuenta las fluctuaciones del voltaje de entrada en el rango operacional del traductor.

Especificaciones:

Tensión de alimentación	120 v. ó 240 v.
Frecuencia de régimen	60 C/Sg. 45 a 70 C/Sg. (rango)
Salida de d.c.	0,3 v/Ciclo
Rango de temperatura	0 a 45°C.
Aislamiento	2.600 v.
Peso	12 Lbs.

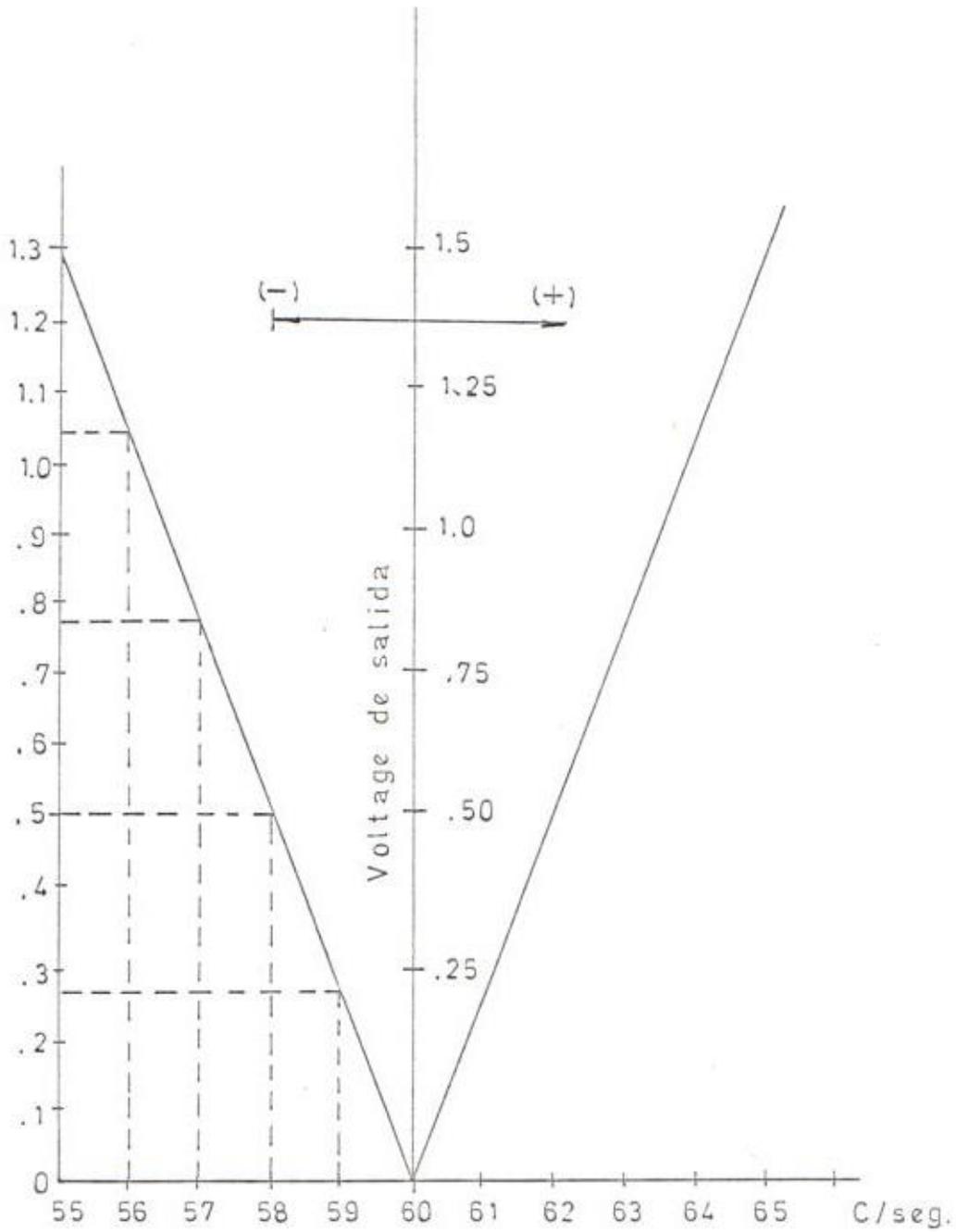
Ventajas del Traductor de Frecuencia.-

Fue diseñado para permitir la medición de la frecuencia con un elemento convencional: galvanómetro de imán permanente y bobina móvil.

Tiene una escala de distribución muy cercana a la lineal Fig.16

Principios de Operación.-

Depende de dos circuitos sintonizados en serie para diferentes frecuencias. En la Fig. No. 17 estos circuitos son representados por L_1 , C_1 y L_2 , C_2 .



LINEALIDAD DE LA SALIDA CON EL CAMBIO DE FRECUENCIA
FIG Nº 16

Un circuito esta sintonizado sobre o bajo la frecuencia nominal (Punto de balance). Para nuestro caso la frecuencia nominal es 60 C/Sg.

Como podemos determinar cada circuito resonante tiene su impedancia; siendo su impedancia en el punto de balance igual para los 2 circuitos.

Los cuatro rectificadores son conectados para proveer un potencial d.c. a través de su salida X_1X_2 el cual es dependiente solamente de la frecuencia de entrada al traductor. Un diodo Zener en el circuito de entrada provee una regulación de voltaje para un $\pm 15\%$ de la variación del voltaje de entrada.

Salida del Traductor.-

Punto del Balance.

Como explicamos anteriormente un circuito resonante está sintonizado sobre y otro bajo la frecuencia nominal.

Consecuentemente el voltaje de salida d.c. del traductor es cero (0) cuando los circuitos resonantes tienen igual intensidad.

Esto se llama el punto de balance y del (0) está muy cerca de la frecuencia nominal.

La polaridad de la tensión d.c. de salida depende de cual es la frecuencia de entrada, si está, sobre o bajo el punto de balance.

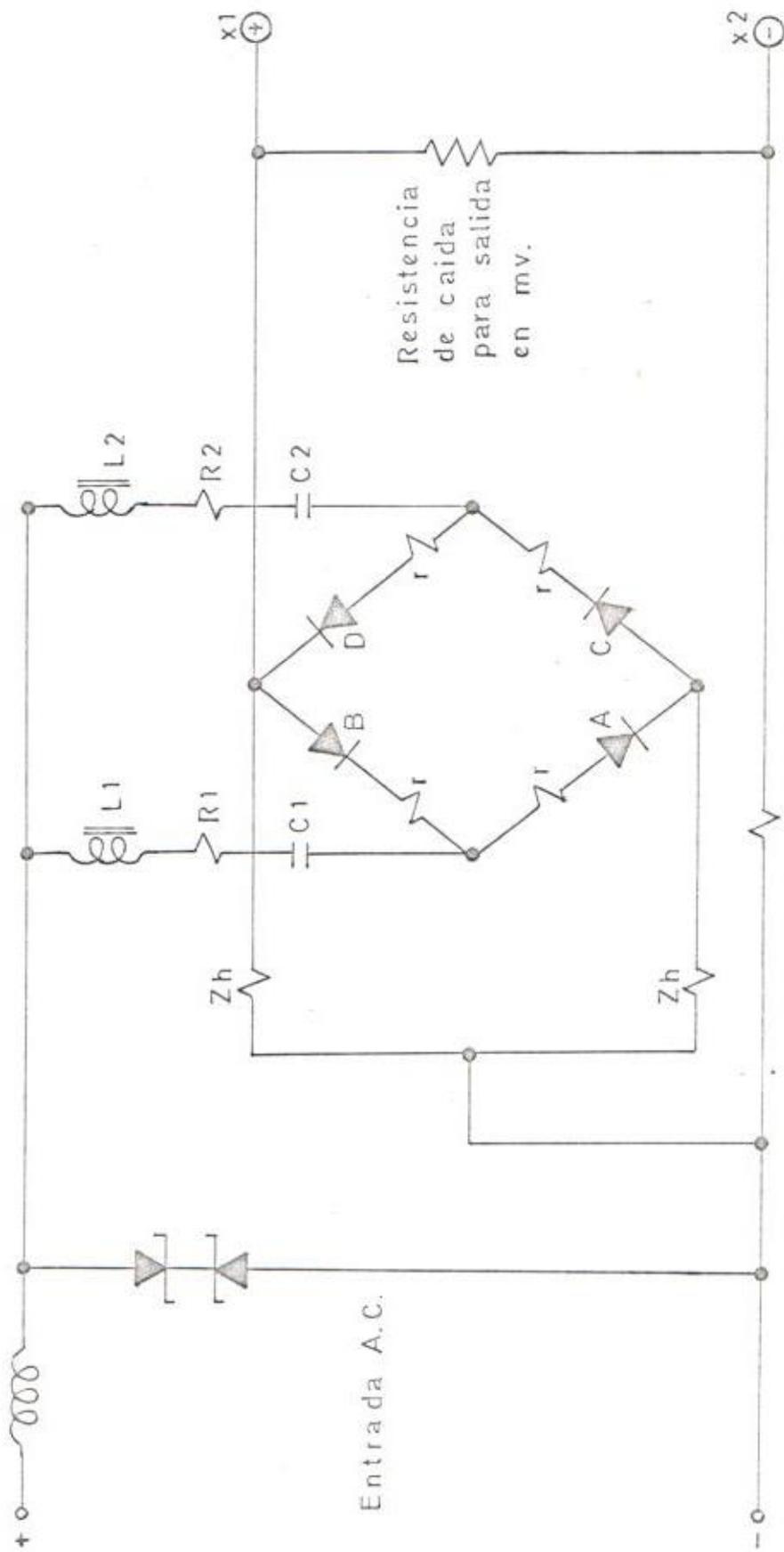


DIAGRAMA INTERNO DEL TRANSDUCTOR VC-841
FIG N° 17

Traductor del Factor de Potencia.- VF2 - 841

Principio de Operación.

El traductor de factor de potencia VF2 - 841, produce una salida de corriente continua, que es proporcional al ángulo de fase entre la corriente y la tensión, en un sistema balanceado de potencia.

El traductor se basa en el principio de que su salida es proporcional al tiempo; y este tiempo está determinado por el instante en que, pasa el voltaje a través de cero, y el instante en que la corriente pasa a través de cero, este principio se lo conoce como "Zero Crossing".

Como está expresado en el primer párrafo, la salida es proporcional al ángulo de fase entre la corriente y la tensión, y si tomamos el coseno a este ángulo tenemos determinado el factor de potencia.

El factor de potencia se lo puede determinar monofásicamente o trifásicamente.

En la medición trifásica se involucra tres tensiones, tres corrientes en los cuales siempre hay variaciones en la magnitud; en el ángulo de fase, en la forma de la onda, el sistema no está balanceado. En estas condiciones las mediciones no son completamente exactas pero sí muy aproximadas.

En el caso del presente traductor, la medición es hecha usando la corriente de una fase y la tensión a través de dos fases. La medición es exacta sólo para condiciones perfectamente balanceadas y una onda de seno perfecta.

Descripción:

La Fig. No. 21 nos mostrará el diagrama interno del traductor. Las tensiones nominales son aplicadas en los terminales 5 y 7. La resistencia R_1 limita el voltaje de entrada, el mismo que es bajado por el transformador T_1 .

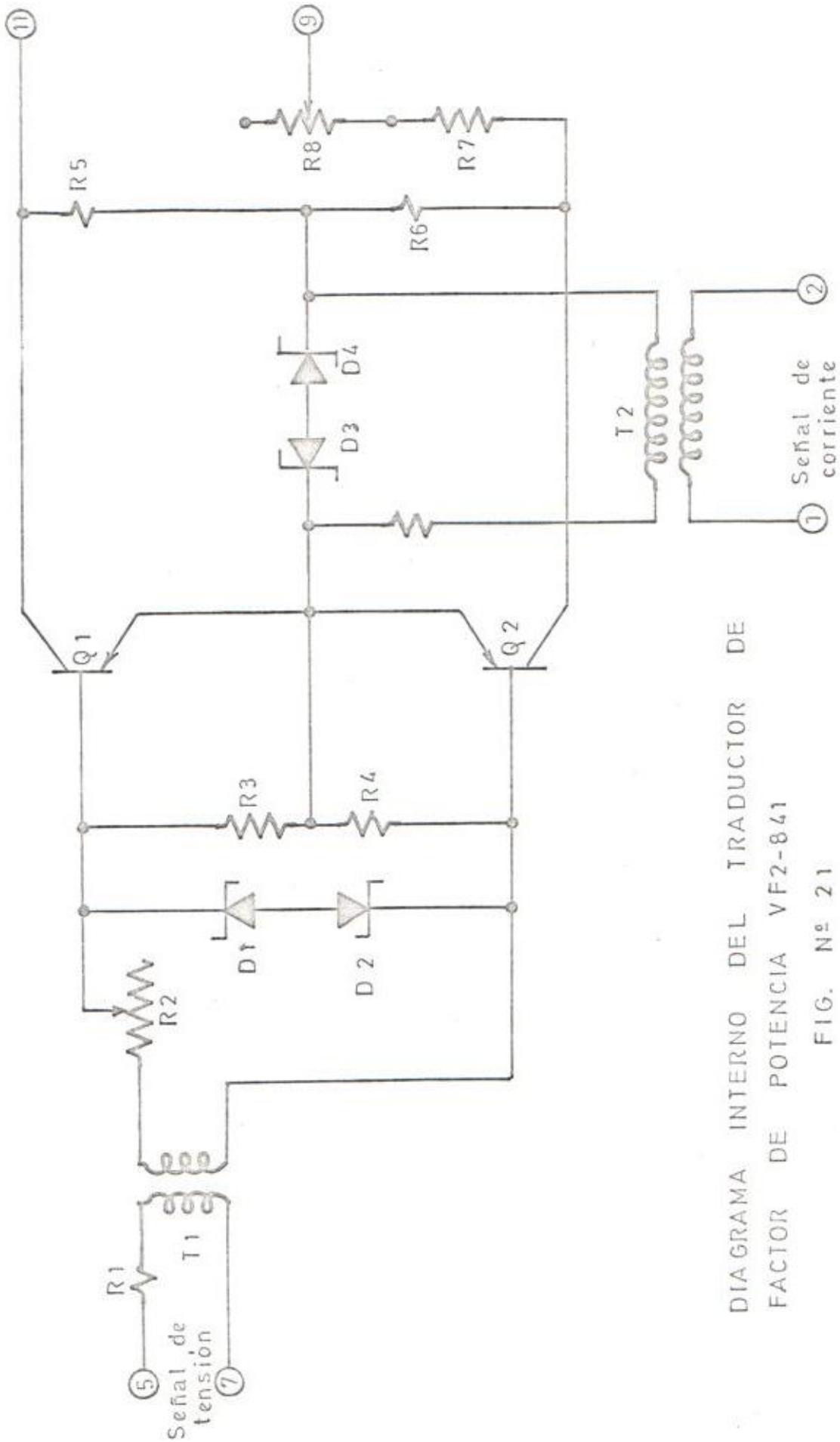
La resistencia R_2 limita la corriente de salida del transformador T_1 . Los diodos Zener D_1 y D_2 cortan la tensión del secundario del transformador T_2 produciendo una onda cercana a la cuadrada, Fig. No. 22 con una tensión de amplitud constante en este punto esta tensión sirve para activar los transistores Q_1 , Q_2 .

Una corriente de 2 a 5 amp. es aplicada a los terminales 1 y 2 del transformador T_2 . La tensión del secundario de este transformador es disparado por los diodos Zener $D_3 - D_4$, cambiando las resistencias Q_1 y Q_2 , los mismos que son operados solamente como interruptores.

El voltaje y la corriente aplicada al traductor están desplazados 90° externamente en el sistema 3ϕ por fases cruzadas y en sistemas monofásicos por un interno "Phase Shifter network".

Para un factor de potencia unitario la salida de corriente continua es de cero, de donde los voltajes en R_5 y R_6 son iguales y opuestos. No hay señal de salida cuando el circuito de entrada de corriente está abierto.

La señal de salida del traductor para factor de potencia capacitivo "adelantado" es positivo para los valores comprendidos entre la unidad y cero. Consecuentemente la salida negativa



DIA GRAMA INTERNO DEL TRADUCTOR DE FACTOR DE POTENCIA VF2-841

FIG. Nº 21

será para un factor de potencia inductivo entre la unidad y cero.

Instrumento de Lectura.-

Cualquier miliamperímetro con su cero en el centro del instrumento y una resistencia de terminales menor de 100 ohmios nos sirve para determinar el ángulo de fase, es una costumbre que la escala del instrumento esté graficada con el valor de coseno del ángulo de fase para poder leer directamente el valor del factor de potencia.

Los traductores standard están diseñados para una salida de $\pm 0,5$ m.a. para $(-0,5) - (1) - (+ 0,5)$.

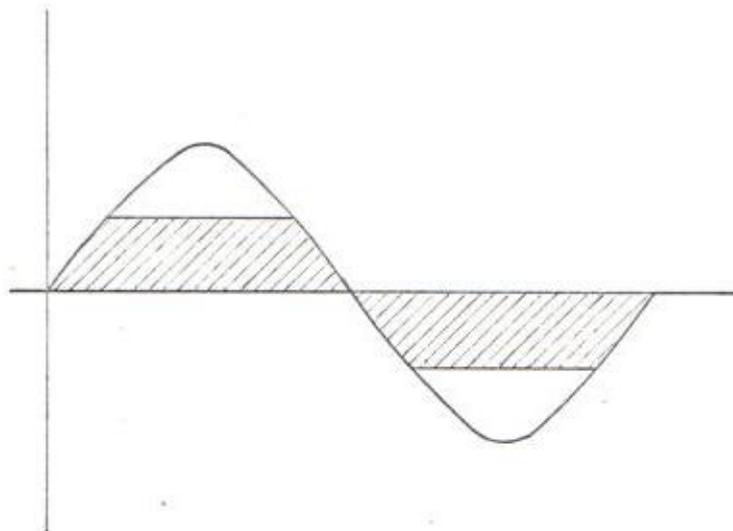


Fig. No. 22

Traductor de Vatios VP2 - 840.-

Principio de Operación.

a) La potencia de un circuito de corriente alterna es:

$$P = E.I. \cos\phi \text{ (vatios)}$$

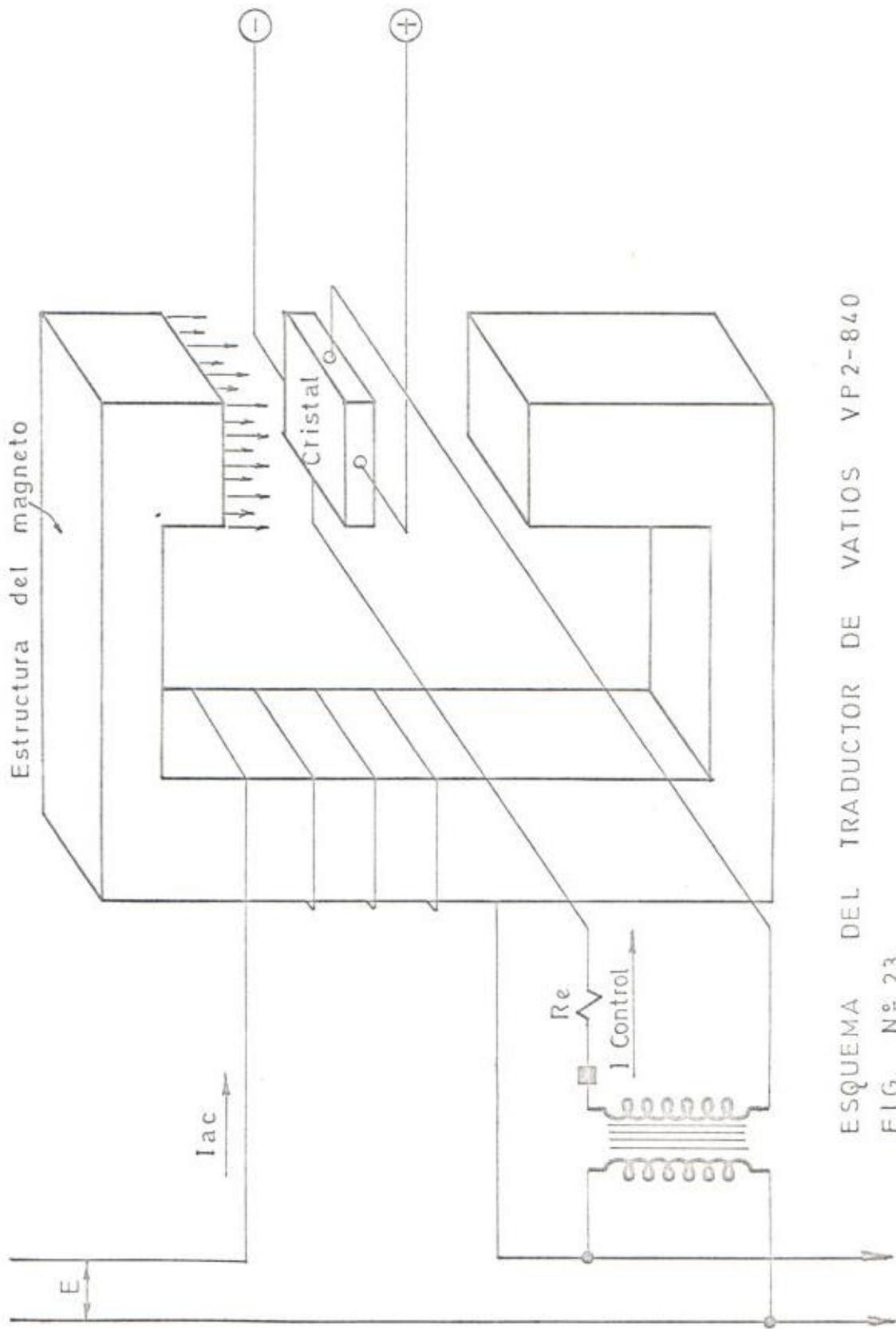
La medición indirecta de esta potencia se la realiza por medio del efecto Hall.

- b) El efecto Hall es producido por un cristal que tiene la propiedad que cuando conduce corriente (intensidad de control) y está colocado en un campo magnético ortogonal se produce una diferencia de potencial en sus lados opuestos. La diferencia de potencial es proporcional al producto; de la intensidad de control, a la fuerza del campo magnético, y al coseno del ángulo existente entre la intensidad de control y la intensidad que produce el campo magnético. De aquí que este elemento se pueda llamar un medidor de vatios.

El cristal está colocado en una estructura magnética tal que una intensidad a.c. genere el campo magnético y una tensión a.c. produzca la intensidad de control y de esta manera obtenemos la diferencia de potencial de salida que es directamente proporcional a la potencia de entrada.

En la Fig. No. 23 la intensidad de carga I_{ac} produce el campo magnético y la tensión E nos produce a través de la resistencia R la intensidad de control.

- c) La salida del generador Hall consiste en una tensión proporcional de corriente continua a la verdadera potencia (W) más una tensión a.c. de doble frecuencia proporcional a los voltios amperios del circuito. El instrumento usado para la medición con el VP2-840 es normalmente galvanómetro de imán permanente con bobina móvil, el cual no



ESQUEMA DEL TRADUCTOR DE VATIOS VP2-840

FIG. N° 23

responde a la componente a.c.; cuando el traductor es usado con instrumentos que responden a la componente de doble frecuencia, debe ser filtrada.

TIPO POLIFASICO: Tres bobinas de corriente y dos de potencial. Los dos elementos Hall cada uno tiene dos bobinas de corriente (Fig. No. 24).

Este traductor teóricamente es exacto con tensiones balanceadas.

Los errores introducidos en desbalances de un 15% se traducen en un error del orden de 0,002 de la lectura, lo cual es despreciable en tipos de mediciones comerciales.

Característica de trabajo:

Tensión de entrada.

Son diseñados para una tensión nominal de 120 v.

Pueden ser operados continuamente a 150% del promedio de tensión nominal o tan bajo como cero si la corriente es decrecida proporcionalmente.

Si uno quisiera mantener el promedio voltios-amperios de entrada a una tensión reducida el electromagneto en el mecanismo Hall se saturaría. Esta saturación llega a ser apreciable a un promedio de 125%.

La Fig. No. 25 muestra el efecto de la desviación debida a una pequeña tensión de entrada y una cantidad constante en voltios amperios.

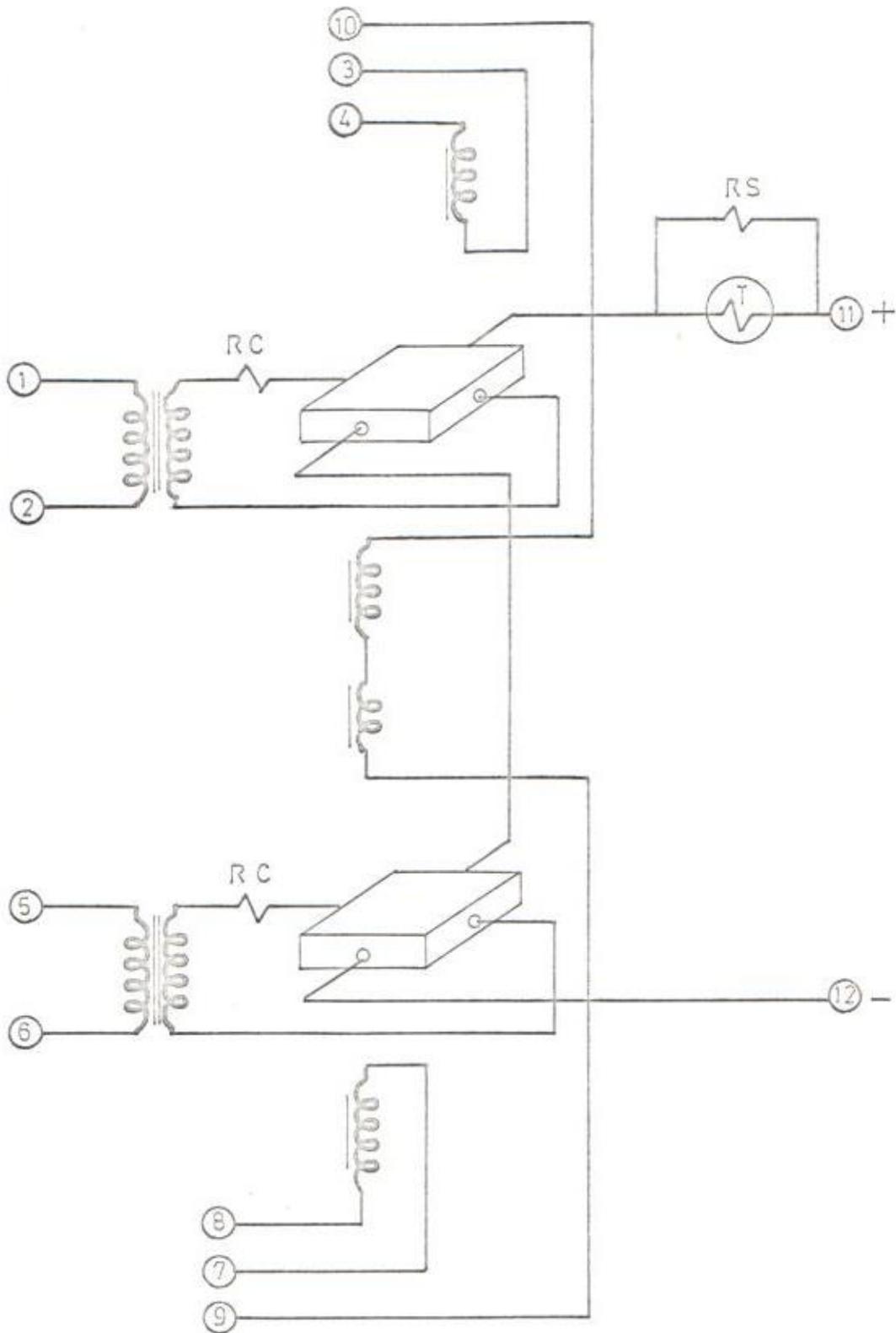
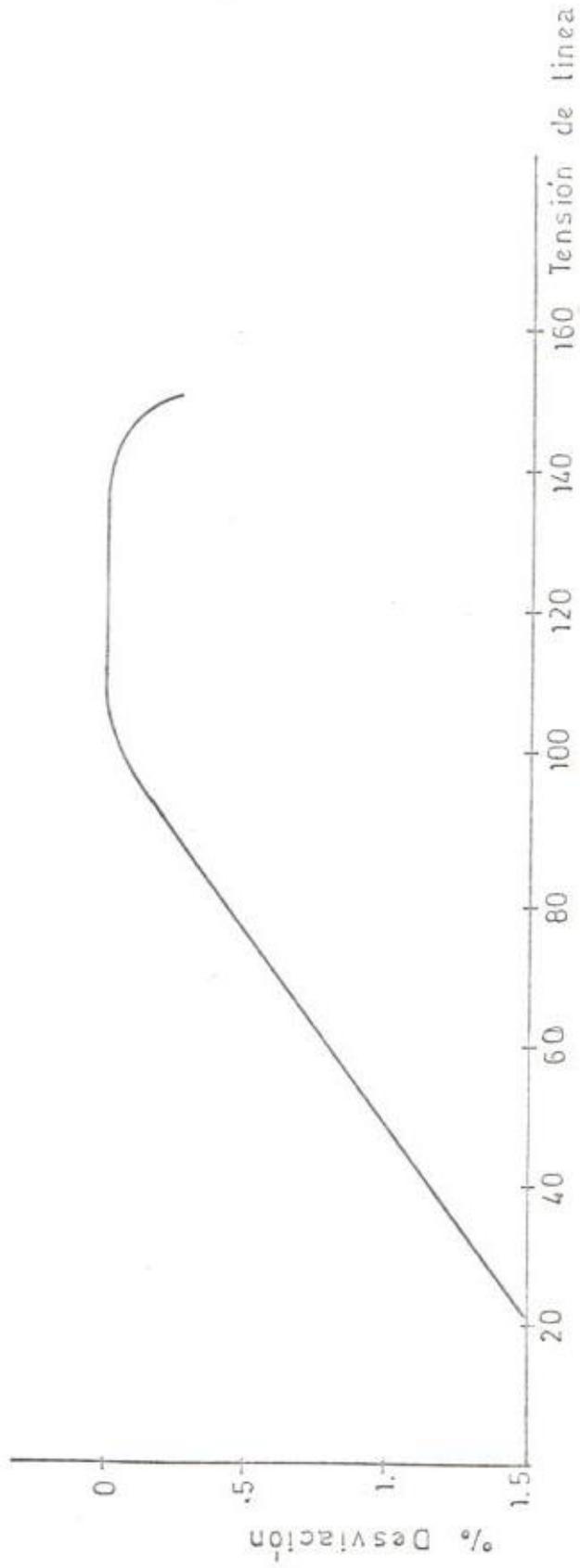


DIAGRAMA INTERNO DE UN TRADUCTOR DE VATIOS PARA SISTEMA TRIFASICO. VP 2-840

FIG. N° 24



CURVA DE OPERACION PARA MAGNITUD CONSTANTE DE
VOLTIOS -- AMPERIOS

FIG Nº 25

Corriente de entrada.-

Son promediados a 5 amp. nominales.

Puede ser ajustado para una salida completa de 4 a 6,25 amp.

Los electromagnetos son construídos para resistir corrientes del orden de 0,5 a 10 amp.

Teóricamente las bobinas de corriente pueden resistir intensidades del orden de 200% continuamente, de 500% - 5 Seg.

Instrumento de Lectura.-

Los instrumentos deben ser del tipo milivoltímetros promediados para 50 mv. y teniendo una resistencia de terminales de 50 ohmios.

También pueden ser conectados instrumentos analógicos directamente a la salida de los terminales para lectura directa de vatios.

1.4. Sistema de Control para Corriente Continua.-

Sincronización de dos generadores para corriente continua de características iguales.

Características principales de los generadores de corriente continua.

Tensión de generación	125 v.
Intensidad Nominal	40 amps.
Potencia	5 Kw.

Protección de los Generadores.-

La protección de los generadores es básicamente:

Sobrecargas

Cortocircuitos

Para la protección se utilizará los disyuntores termomagnéticos los mismos que tienen integrado los sistemas, correspondiendo la zona térmica para sobrecargas y la zona magnética para cortocircuitos.

Como en el caso de los motores de corriente continua, la selección del valor del disyuntor tiene que ser lo más cercano del valor nominal de la corriente del generador.

Características del Disyuntor:

$$I_{cb} = 40 \times 1,15 = 46 \text{ amp.}$$

$$I_{pi} = 45 \times 12 = 54 \text{ amp.}$$

$$I_n = 40 \text{ amp.}$$

$$I_b = 45 \text{ amp.}$$

$$I_{pi} = 540 \text{ amp.}$$

$$TB = FA$$

$$CI = 10.000 \text{ amp.} - 240 \text{ v.} - \text{d.c.}$$

Condiciones necesarias para sincronizar dos generadores de corriente continua.

- 1o. La tensión del generador tiene que ser igual a la tensión del sistema.
- 2o. La polaridad del generador a sincronizar tiene que ser igual a la del sistema.

Igualdad de Tensión.-

Una vez alcanzada la velocidad de régimen, se regula la tensión a través del reostato de campo hasta obtener la igualdad con el sistema, esta magnitud se la determina por medio de un voltímetro.

Igualdad de Polaridad.-

La determinamos utilizando un voltímetro, la desviación de la aguja hacia la izquierda o hacia la derecha nos indica la polaridad del sistema.

Puesta en Paralelo Manual.-

Para poner en paralelo y operar generadores compuestos serie-paralelo, necesitamos mantener sus voltajes a través de los campos en serie iguales, y esta condición la conseguimos conectando el ecualizador, que no es otra cosa que la unión de los campos en serie a través de un conductor de muy baja resistencia.

Una vez conseguida la igualdad de tensiones y verificada la polaridad, ponemos en línea al generador disparando el contactor por medio de su pulsador.

El generador está en línea y procedemos a darle carga; esta operación consiste en debilitar el campo del generador que tiene la carga, de esta manera el generador que entra en línea empieza a tomar carga, esta operación continúa hasta dejar la carga deseada para cada generador.

Equipo de medición para cada generador.-

Por medio de los instrumentos se determinará las características de operación de cada generador.

Instrumentos necesarios: un voltímetro, un amperímetro y un amperímetro para la carga total del sistema.

Característica y rango de los instrumentos de medición

Voltímetro

Rango de operación	125 v. de c.d.
Escala requerida	125/0,8 - 156 v.
Escala elegida	0-200 v. de c.d.
% Error	2%
Tipo	GX 372
Identificación	606B607A23

Amperímetros de generadores

Rango de Operación	40 amp. d.c.
Escala requerida	40/0,8 - 50 amp.
Escala elegida	0-75 amp.
% Error	2%
Identificación	606B11A14
Shunt	50 milivoltios
Tipo	GX 372

Amperímetro principal

Rango de operación	80 amp. d.c.
Escala requerida	80/0,8 - 100 amp.
Escala elegida	0 - 100 amp.
% Error	2%

Tipo	GX 372
Identificación	606B611A15
Shunt	50 milivoltios

En este tipo de instrumento no se tiene la escala de 0-50 amps. la que sigue es de 0-75 amps.

1.5 Unidad de corriente continua.-

Las unidades de corriente continua originalmente se componían de: dos fuentes, cada una de 5 Kw. tensión variable, utilizadas para suministrar energía a los motores primarios de los generadores.

Una fuente de 6 Kw. tensión constante, utilizada como reserva para casos de ocurrir algún daño en las mesas generalizadas.

Para la selección de estas unidades pesa la condición económica.

Suministros Técnicos Ltda. (SUMITEC) nos suministra las fuentes de tensión variable de la marca HAMPDEN a las siguientes cotizaciones:

Fuente de poder regulable 0-125 v. de 5 Kw. \$ 2.500

Fuente de poder regulable 0-125 v. de 10 Kw. \$ 3.600

Estos precios son F.O.B. Esto significa embarcados en el puerto de origen y corre por cuenta del comprador los demás gastos.

Estas fuentes de poder tienen las siguientes características de operación:

Tensión de alimentación	220 v. - 3ϕ a.c.
Tensión rectificada	0-125 v. d.c.
% de rizado	1%
Regulación	\pm 1/2 voltios de 15 a 90 voltios y \pm 1 voltio de 90 a 125 voltios con cambios de carga desde 0 a plena carga.

Esta unidad no regula bajo los 15 voltios.

Por razones económicas se ha decidido que las unidades de alimentación estén compuestas por dos fuentes, cada una de 10 Kw, a tensión constante

De esta manera tenemos suficiente capacidad de operación y reserva; para control de velocidad de los motores se usará reostatos.

Consideraciones de carga en amperios

Motores primarios de los generadores	80 amps.
Motores de mesas generalizadas	<u>44 amps.</u>
	124 amps.

Carga total 124 amps.

Capacidad de las dos fuentes 160 amps.

Con esto tenemos suficiente capacidad instalada en fuentes de poder de corriente continua.

Consideraciones de costo para las fuentes de tensión constante. Las construídas por Westinghouse precios F.O.B.

Kw.	Costos en \$ c/u.	Cantidad	Costo parcial	Costo total
5	978,00	2	1.956,00	
7,5	1.130,00	1	1.130,00	3.086,00
10	1.277,00	2	2.554,00	2.554,00

Como se puede notar tenemos diferencia a favor tanto económicamente como energéticamente.

Características principales de las fuentes de poder, tensión rectificadora constante fabricadas por la Westinghouse (11) (Silicon D.C. Power Supplies).

Tensión de alimentación $v = 220 v.$ 3 ϕ - 60 C/Sg.

Tensión rectificadora $v = 125 v.$

$I = 80$ amps.

Eficiencia a plena carga 95 a 96%

Factor de potencia a plena carga 95%

Rizado sin carga 4,5%

Capacidad de operación continua en un ambiente de 40°C. 100%

Capacidad de sobrecarga en un minuto 150%

Capacidad de sobrecarga en 10 segundos 200%

Componente de la fuente de poder:

- 1 Puente trifásico de diodos de silicio de onda completa con radiador de calor.
- 1 Transformador de aislamiento
- 1 Protección de sobrevoltaje
- 1 Juego de fusibles limitadores de corrientes colocados después del secundario del transformador de aislamiento para protección de cortocircuitos.

Diagrama esquemático de la fuente . Fig. No. 26

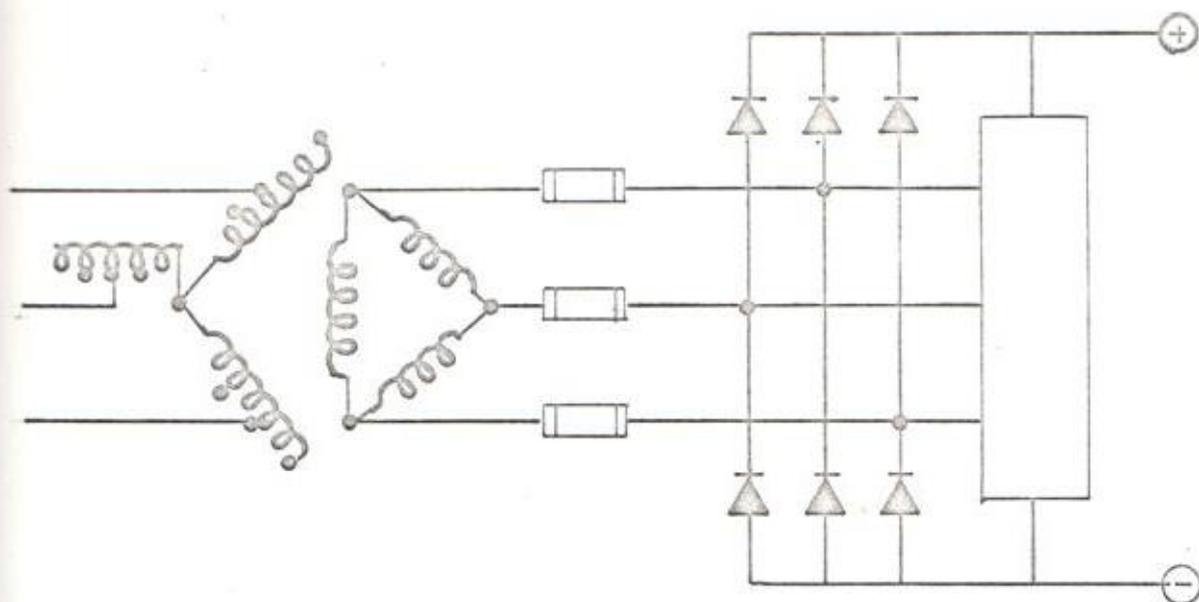


Fig. No. 26

1.6 Banco de Cargas.-

El Banco de Cargas se compondrá de los tres elementos básicos que intervienen en los sistemas eléctricos que son:

Resistencias, Capacitancias e Inductancias, siendo sus características de tal manera que pueda el estudiante hacer las conexiones que desee con los respectivos elementos. Cada unidad de carga será individual, con esto se consigue realizar los distintos juegos de conexiones.

Las cargas para cada generador serán:

Cargas resistivas	5 Kilovatios
Cargas capacitivas	5 Kilovoltios-amperios reactivos.
Cargas inductivas	5 Kilovoltios-amperios reactivos.

Las cargas resistivas operan de dos maneras características:

- a) Conectando las cargas en estrella (Y)
- b) Conectando las cargas en delta (Δ)

a) Conectando las cargas en estrella.-

La consideración que hacemos en este punto es que las resistencias tendrán en sus terminales una tensión de $V/\sqrt{3}$ que en nuestro sistema será $220/\sqrt{3} = 127$ v. a partir de este dato tomaremos la potencia de cada resistencia lo que equivale a considerar las cargas monofásicamente para el análisis.

La decisión de tomar 5 Kw. de carga puramente resistiva, es con el objeto de poder cargar cada generador a su capacidad máxima con un factor de potencia igual a uno.

Tomaremos la potencia monofásica.- Cada fase debe tomar una carga aproximada de 1.667 vatios.

Características de la carga:

Tensión entre fase y neutro		127 v.
Intensidad nominal	=	13,1 amps.
P	=	1.667 vatios
R	=	9,7 ohmios

Como se deduce 9,70 ohmios son necesarios para disipar 1.667 vatios en forma de calor.

Para facilidad en el manejo de los circuitos tomaremos resistencias de 50, 100 y 200 ohmios que conectadas en paralelo alcanzaremos aproximadamente el valor de 9,7 ohmios que nos proporciona la potencia requerida.

CUADRO DE POTENCIAS DE LAS RESISTENCIAS

Cant.	Ohmios	Tensión	Intensidad	Vatios c/u.	V.Total
1	200	127	0,635	80	80
2	100	127	1,27	162	324
4	50	127	2,54	322	<u>1.228</u>
					1.692 v.

Conectadas en paralelo tenemos:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{200} + \frac{2}{100} + \frac{4}{50} : R_T = 9,53 \text{ ohmios}$$

No es exactamente 9,7 ohmios por cuanto nos excedemos en el vatiage total, por el tipo de resistencias pero esto no significa ningún inconveniente.

Tenemos calculada las resistencias para una sola fase, como la carga es trifásica las cantidades obtenidas las multiplicamos por 3.

Por lo tanto serán:

- 3 Resistencias de 200 ohmios
- 6 Resistencias de 100 "
- 12 Resistencias de 50 "

Diagrama de conexiones, trifásicas estrella (Y) 220 v.- 60 c.p.s.

Fig. No. 27

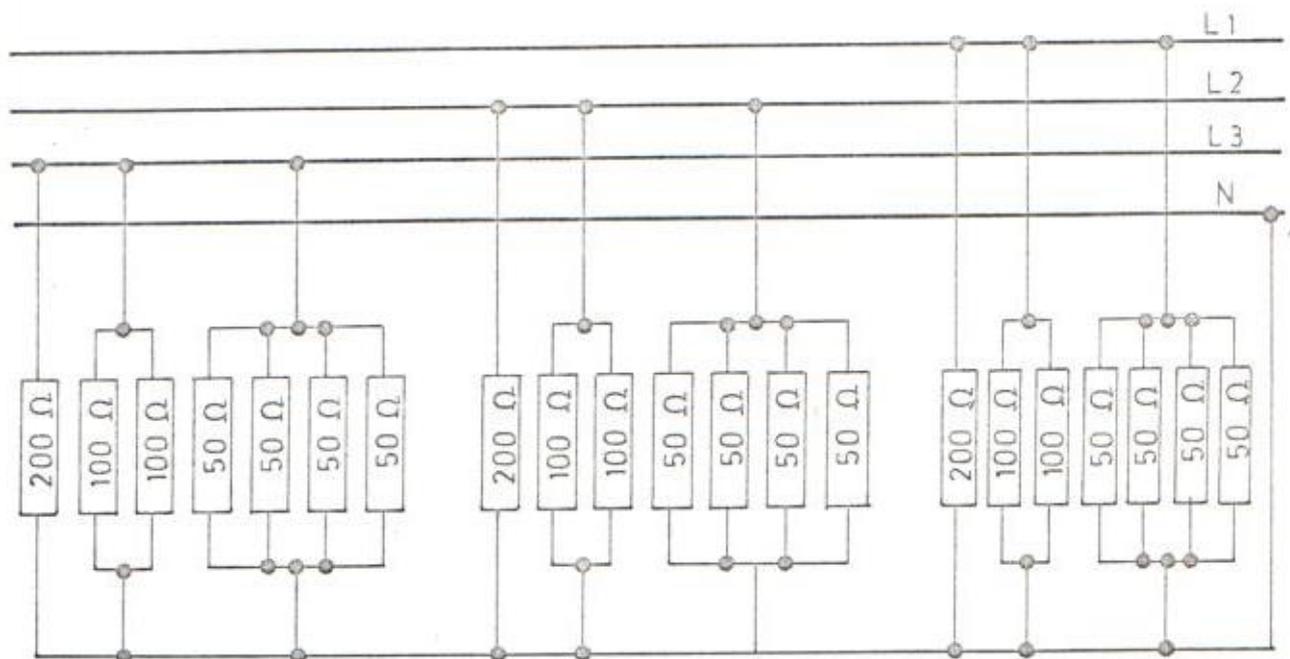


Fig. No. 27

Cargas conectadas trifásicamente en (Delta).-

Logicamente la potencia consumida por cada resistencia variará, ya que la tensión aplicada en sus bornes será de 220 v. y para las mismas resistencias anteriores las potencias serán distintas.

CUADRO DE POTENCIAS

Cant.	Ohmios	Tensión	Intensidad	Vatios c/u.	V.Total
1	200	220	1,1	242	242
2	100	220	2,2	484	968
4	50	220	4,4	968	<u>3.872</u>
					5.082 vatios

Se observa que en esta forma de conexión sólo basta una parte de la carga total para satisfacer la potencia requerida, se deberá tener cuidado al realizar las conexiones para no exce-

derse en las cargas.

Diagrama de conexiones trifásicas en delta (Δ) 220 v. - 60 c.p.s.

Fig. No. 28

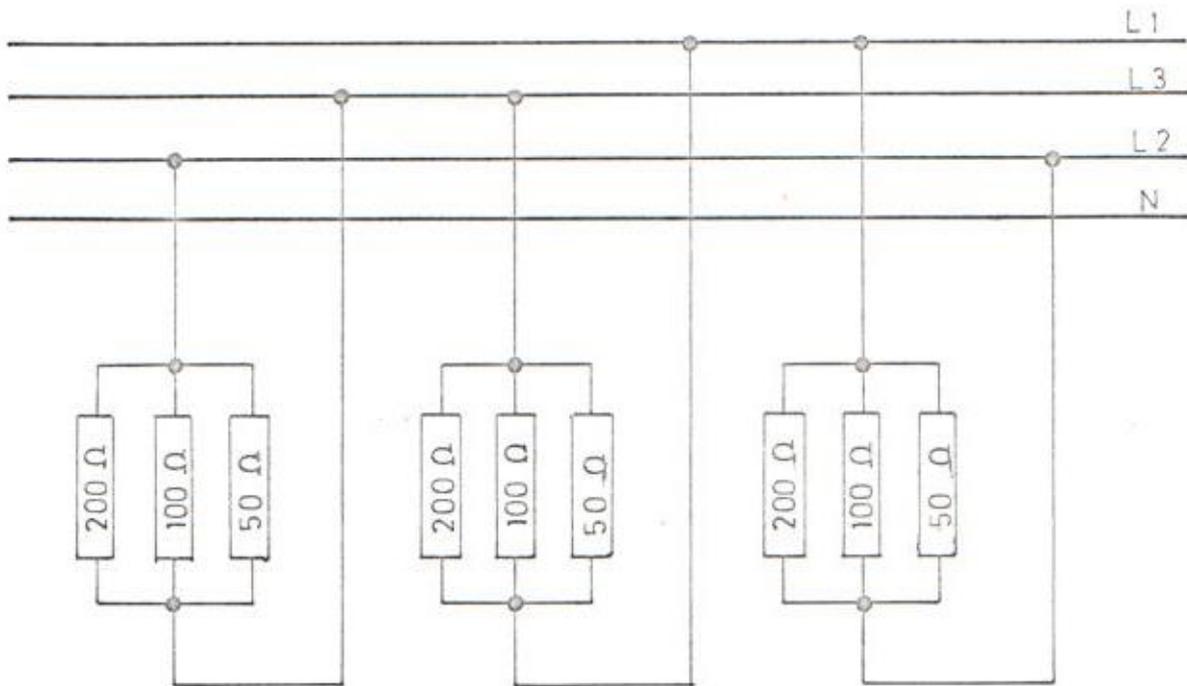


Fig. No. 28

La cantidad total de resistencias para formar la carga resistiva de los dos alternadores es:

6	Resistencias	de	200	ohmios
12	Resistencias	de	100	ohmios
<u>24</u>	Resistencias	de	50	ohmios
42				

Total de unidades 42

Características y tipos de las resistencias:

Como referencia se toman las fabricadas por Westinghouse tipo W

(alambre devanado). (11).

El tipo de resistencias "W" son para uso industrial y se las puede utilizar tanto en a.c. como en d.c.

Sus elementos son devanados sobre un tubo de acero convenientemente aislado con asbesto y luego son bañados con una pasta de silicato que es tratado con temperatura alcanzando gran dureza. Con este tipo de construcción se alcanza confiabilidad y son altamente resistentes a la corrosión.

Están promediadas para soportar temperaturas de incremento de 375°C. sobre una temperatura ambiente de 40°C.

Características de operación:

Aisladas para 600 v. R.M.S.

Disipación de calor por unidad; 900 vatios para las siguientes resistencias:

50 ohmios	4,2 amps.
100 ohmios	3 amps.
200 ohmios	2,1 amps.

Longitud standard 20"

Identificación de Catálogo

50 ohmios	R20SW50D0
100 ohmios	R20SW100D
200 ohmios	R20SW200D

La estructura metálica en que se montarán las resistencias tienen las siguientes identificaciones: son necesarias dos

unidades.

- (1) No. de Catálogo R20FV4H8
- (1) No. de Catálogo R20FC2H6

Cargas Capacitivas.-

Al igual que las cargas resistivas tienen dos formas características de conectarse:

- a) Conectando las cargas en estrella (Y)
 - b) Conectando las cargas en delta (Δ)
- a) Conectando las cargas en estrella (Y).-

Realizamos las mismas consideraciones de la carga resistiva, así tenemos:

Característica de la carga

Tensión entre fase y neutro	127 v.
Intensidad nominal	13,1 amp.
Potencia reactiva	1.667 VAR
Frecuencia	60 C/Sg.

Capacidad de carga (C). en u.f.

$$C = \frac{I}{\omega V}$$

$$\omega = 2 \pi f = 377 \text{ radianes eléctricos /Sg.}$$

$$V = 127 \text{ v.}$$

$$C = \frac{13,1}{377 \times 127} = 273 \text{ u.f.}$$

Capacidad de carga monofásica es: 273 u.f.

Esta carga la dividiremos de la siguiente manera:

3 unidades de 10 u.f.	30 u.f.
3 unidades de 20 u.f.	60 u.f.
3 unidades de 30 u.f.	90 u.f.
3 unidades de 40 u.f.	<u>120 u.f.</u>
	300 u.f.

Con el valor obtenido de 300 u.f., es una cantidad mayor que la necesaria que es sólo de 273 u.f., en realidad la cantidad de 273 u.f. sería imposible de obtenerlo con capacitores de valores fijos sólo sería posible con capacitores variables - pero este tipo no se lo considera en el presente trabajo.

Las cantidades seleccionadas nos prestan facilidades para las combinaciones que se deseen hacer en los trabajos de pruebas.

Estas cantidades calculadas son las necesarias para cargar una fase; como el sistema es trifásico necesitamos el triple de esta cantidad.

Diagrama de conexiones trifásicas estrella (Y) 220 v.-60 c.p.s.

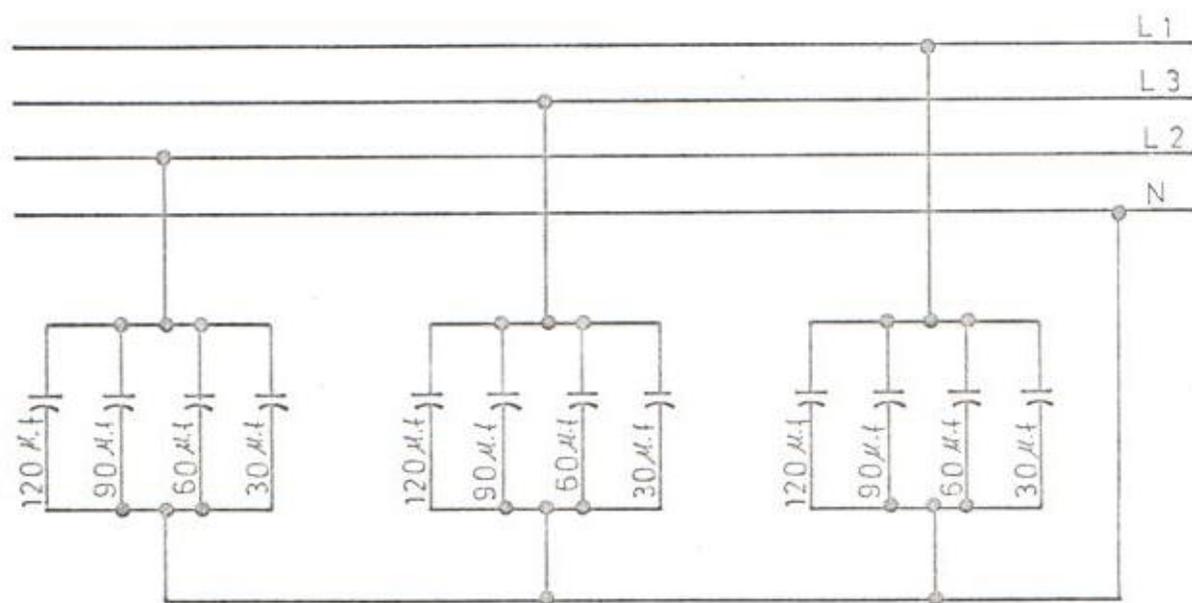


Fig. No. 29

b) Cargas conectadas en delta (Δ)

Seguimos el razonamiento aplicado en las cargas resistivas, así tenemos:

Característica de la carga:

Tensión entre fases 220 v.

Intensidad en la delta $13,1/\sqrt{3}$

$$C = \frac{1}{V\omega}$$

$$I = 13,1/\sqrt{3}$$

$$V = 220 \text{ v.}$$

$$\omega = 377 \text{ radianes eléctricos /Sg.}$$

$$C = \frac{13,1/\sqrt{3}}{220 \times 377} = 91,5 \times 10^{-6} \text{ u.f.}$$

Capacidad de carga 91,5 u.f.

Como se deduce tenemos carga suficiente con la calculada para la conexión en Y (Estrella). Para este tipo de conexión se tendrá cuidado al aplicar la carga ya que se puede sobrepasar la carga estipulada.

Diagrama de conexiones trifásicas delta (Δ) 220 v.-60 c.p.s.

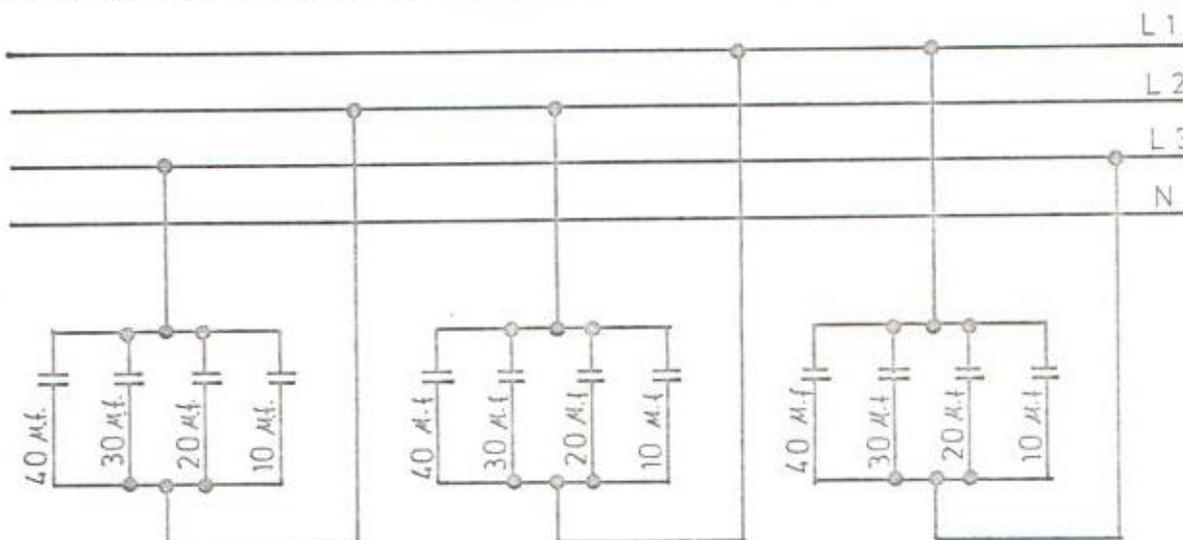


Fig. No. 30

Cantidad total necesaria de capacitores para los dos alternadores.

18 unidades de 10 u.f.

18 unidades de 20 u.f.

18 unidades de 30 u.f.

18 unidades de 40 u.f.

Características de los capacitores.

El valor pico de la tensión que debe soportar el capacitor se lo determina a partir del valor eficaz de la tensión aplicada a sus bornes.

$$E = 220 \text{ v. valor eficaz promedio}$$

Lo que en realidad se necesita es el valor máximo de la onda senoidal. (Em.)

$$E_m = \sqrt{2} \cdot E$$

$$E_m = \sqrt{2} \cdot 220 = 380 \text{ v.}$$

Valor pico mínimo que debe soportar el capacitor es 380 v.

Los condensadores deben cumplir las siguientes condiciones:

Tensión nominal 380 voltios

Capacidades 10, 20, 30, 40 u.f.

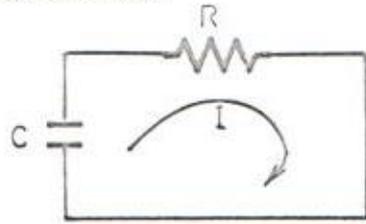
En el mercado de nuestra ciudad tenemos los capacitores de distintas capacidades y son promediados para 600 voltios.

Cálculo de la resistencia de descarga del condensador (13).

Cada capacitor debe tener una resistencia en paralelo con el fin de descargarlo en el caso de que hubiere quedado cargado al finalizar un experimento; esto es con el fin de realizar

los experimentos con el capacitor sin carga.

Circuito representativo:



$$T = 0 \text{ Sg.}$$

$$V = 380 \text{ v.}$$

$$R = ?$$

$$i = ?$$

Para este circuito tenemos la siguiente ecuación diferencial

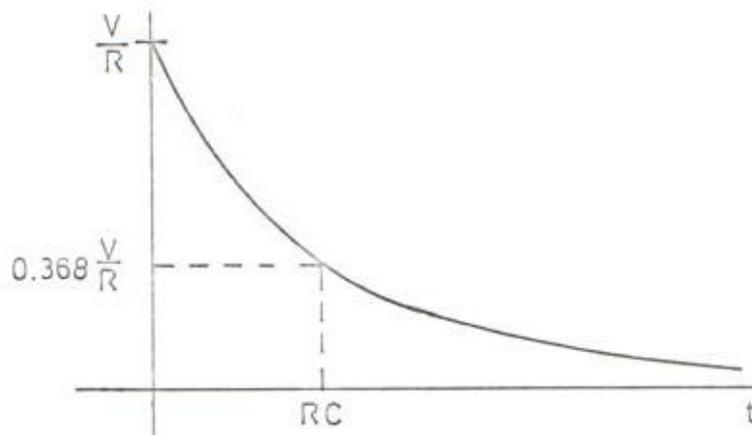
$$R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{c} = 0$$

Resolviendo la ecuación:

$$q = K e^{-t/RC}$$

Como nuestro interés es calcular el valor de la resistencia R, para dicho fin partimos de la constante de tiempo (t/RC).

Analizando la respuesta transiente de un circuito RC tenemos la curva, corriente versus tiempo.



Se puede determinar que para el tiempo $t=0$ Sg. su valor es $\frac{V}{R}$ y cuando hacemos $RC = t$, que es nuestra constante de tiempo, el valor determinado de la expresión matemática es $0,368 \frac{V}{R} = \left(\frac{V}{R} e^{-1}\right)$ lo cual significa que la corriente $\frac{V}{R}$ se ha reducido en un 36,8% de su valor inicial y el condensador permanece aún cargado con 63,2% de su valor final de estado estable.

En la expresión $RC = t$ tenemos dos incógnitas (t) y (R) a (t) se puede dar el valor que nos interese que debe ser lo suficientemente corto para una descarga rápida del condensador, una vez seleccionado el valor de (t) podemos calcular (R).

$$t = 0,1 \text{ Sg.}$$

$$c = 10 \text{ u.f.}$$

$$R = \frac{t}{c}$$

$$R = \frac{10^{-1}}{10 \cdot 10^{-6}} = 10^4 \text{ ohmios}$$

Con este valor de 10^4 ohmios y en un tiempo de 0,1 Sg. se disipa el 36,8% de la energía almacenada en el capacitor, y rápidamente alcanzará el valor del estado estable.

Cálculo de i para su máximo valor y esto ocurre para $t = 0$ Sg.

Tenemos la expresión de q ($q = Ke^{-t/RC}$) y sabemos que $i = \frac{dq}{dt}$

Por lo tanto a partir de esta ecuación determinamos i a $t=0$

Cálculo de la constante K para $t = 0$ Sg.

$$q = Ke^{-t/RC}$$

$$t = 0$$

$$R = 10^4 \text{ ohmios}$$

$$C = 10^{-5} \text{ faradios}$$

$$\frac{q}{C} = V = 380 \text{ voltios}$$

$$V = \frac{K}{C} e^{-t/RC}$$

$$K = VC/e^{-t/RC}$$

$$K = 380 \times 10^{-5} / e^{-\frac{0}{10^4 \times 10^{-5}}}$$

$$K = 380 \times 10^{-5}$$

$$K = 38 \times 10^{-4}$$

Calculando i para $t=0$

$$\frac{dq}{dt} = i = K \frac{(-1)}{RC} e^{-t/RC}$$

$$i = K (-1/RC) e^{-t/RC}$$

expresión con la que se calculará el valor de (i) para (t=0).

Datos:

$$K = 38 \cdot 10^{-4}$$

$$C = 10^{-5} \text{ faradios}$$

$$R = 10^4 \text{ ohmios}$$

$$T = 0 \text{ Sg.}$$

$$i = 38 \cdot 10^{-4} (1/10^4 \times 10^{-5}) e^{-\frac{0}{10^4 \times 10^{-5}}}$$

$$i = 0,038 \text{ amps.}$$

Potencia que se disipe en calor para t=0

$$P = i^2 R$$

$$T = 0$$

$$P = (0,038)^2 (10^4) \text{ vatios}$$

$$P = 14,44 \text{ vatios}$$

Características de las resistencias de descarga de los condensadores:

$$R = 10.000 \text{ ohmios}$$

$$P = 14,44 - 16 \text{ vatios}$$

$$V = 380 - 400 \text{ voltios}$$

$$I = 0,038 - 0,04 \text{ amps.}$$

Como tenemos cuatro capacitores distintos y la resistencia de descarga es la misma el tiempo de descarga variará.

Salida de tiempo para diferentes capacidades.

$$10 \text{ u.f.} \quad 10.000 \text{ ohmios} \quad 0,1 \text{ Sg.}$$

$$20 \text{ u.f.} \quad 10.000 \text{ ohmios} \quad 0,2 \text{ Sg.}$$

$$30 \text{ u.f.} \quad 10.000 \text{ ohmios} \quad 0,3 \text{ Sg.}$$

$$40 \text{ u.f.} \quad 10.000 \text{ ohmios} \quad 0,4 \text{ Sg.}$$

En el mercado de nuestra ciudad existen resistencias de este tipo.

Cargas Inductivas.-

Al igual que las cargas anteriores tienen dos formas características de conectarse.

- a) Conectando las cargas en estrella (Y)

- b) Conectando las cargas en delta (Δ)
- a) Conectando las cargas en estrella (Y).- Realizando las mismas consideraciones anteriores, tenemos:

Característica de la carga

Tensión entre fase y neutro	127 v.
Intensidad nominal	13,1 amp.
Potencia reactiva	1.667 VAR
Frecuencia	60 C/Sg.

Inductancias de la carga (L) en henrios

$$L = \frac{V}{I} \text{ henrios}$$

$$\omega = 2\pi f = 377 \text{ radianes eléctricos/Sg.}$$

$$V = 127 \text{ v.}$$

$$I = 13,1 \text{ amp.}$$

$$L = \frac{127}{377 \times 13,1} = 0,03$$

$$L = 0,03 \text{ henrios}$$

Calculemos la inductancia necesaria para que circule el 20% de la intensidad de línea.

$$L = \frac{127}{377 \times 13,1 \times 0,2} = 0,129 - 0,13 \text{ henrios}$$

Se toma el 20% de la intensidad de línea por considerar que para este valor se tiene una intensidad bastante pequeña que significa la quinta parte de un valor nominal, si se quisiera calcular la inductancia "L" para un valor de cero "0" corriente, como se puede observar en la fórmula arriba desarrollada su valor sería de infinito (∞) lo cual es practica-

mente imposible de obtener.

Se observa que una variación de 0,03 a 0,2 henrios sería suficiente para obtener las variaciones deseadas en conexiones en (Y) estrella por fase. Fig. 31

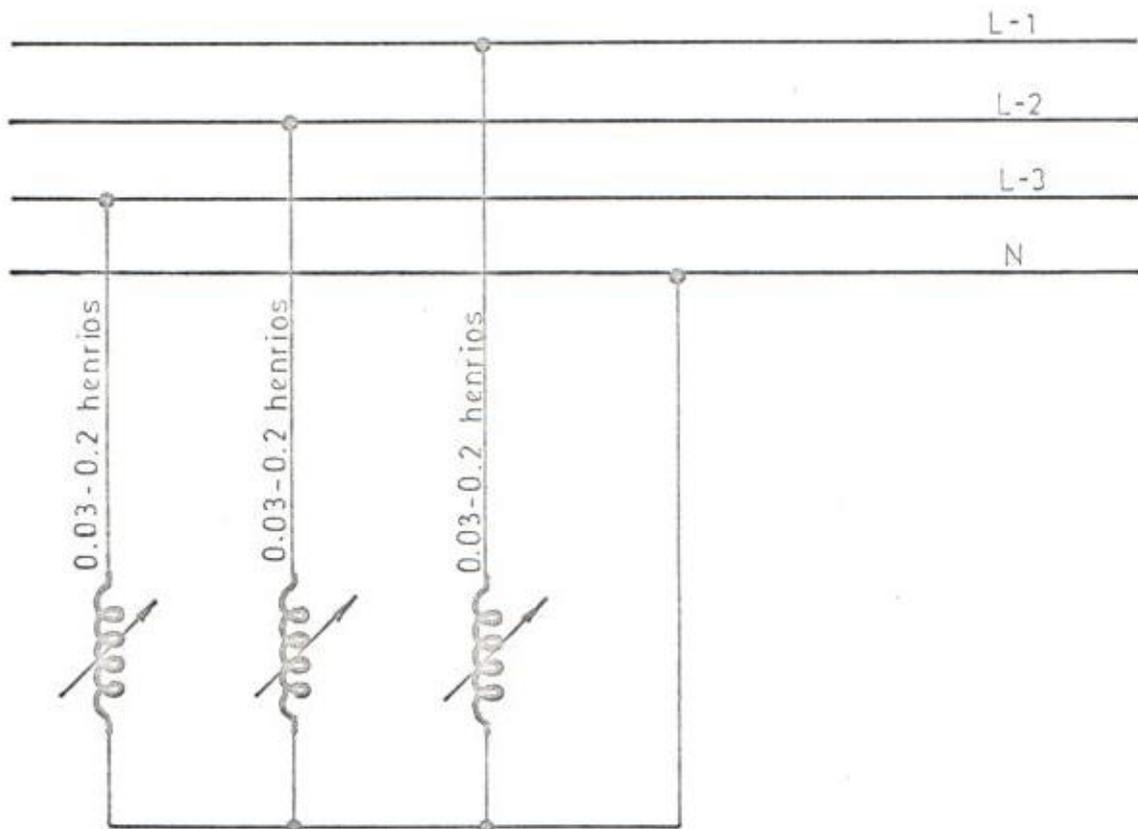


Fig. No. 31

Carga conectada en delta Δ .- Seguimos los razonamientos anteriores.

Característica de la carga.

Tensión entre fases: 220 v.

Intensidad en la delta 13,1/ $\sqrt{3}$

$$L = \frac{220}{13,1/\sqrt{3} \times 377} = 0,0774 - 0,08 \text{ henrios}$$

L = 0.08 henrios

Si consideramos que circule sólo un 20% de la intensidad.

$$L = \frac{220}{13,1/\sqrt{3} \times 377 \times 0.2} = 0,387 - 0,4 \text{ henrios}$$

Por lo tanto las inductancias variables monofásicas deben tener un rango comprendido en un mínimo de 0,03 henrios a un máximo de 0,4 henrios, con estas gamas se pueden cumplir todas las necesidades.

Las inductancias variables son de difícil adquisición en el mercado industrial normalmente son elementos de Laboratorio. Hampden Engineering Corporation, representados en Guayaquil por Suministros Técnicos Ltda.. Esta casa comercial está dedicada a fabricar equipo de laboratorios, paneles, etc., pudiéndonos suministrar una inductancia de las características mencionadas en los párrafos anteriores.

Identificación del banco de carga inductivo de Hampden.

HMIL - 35

Tensión de trabajo - 220 v. Ac. - 60 c.p.s.

Capacidad 5 KVA

Tipo de conexión Delta

Control variable 0 - máximo

CAPITULO 2

DIAGRAMAS DE CONEXIONES DEL PANEL

2.1. DIAGRAMAS DE DISTRIBUCION

Los diagramas de distribución utilizados son trifilares; a continuación los diagramas que forman el sistema.

- Fig. No. 32 Diagrama de distribución general.
- Fig. No. 33 Diagrama de conexiones de los instrumentos de medida, en la alimentación.
- Fig. No. 34 Diagrama de distribución del sistema C.B.2; (mesas generalizadas).
- Fig. No. 35 Diagrama de distribución del sistema C.B.3; (mesas de transformadores).
- Fig. No. 36 Diagrama de distribución del sistema C.B.4; (mesa de servicio industrial).
- Fig. No. 37 Diagrama de distribución del sistema C.B.5; (fuentes de poder).

2.2. DIAGRAMAS DE CONTROL, SINCRONIZACION DE GENERADORES SINCRONICOS Y DINAMOS.-

Estos diagramas contienen; primero el circuito general; segundo el circuito de control.

- Fig. No. 38 Diagrama individual de conexión de los instrumentos.
- Fig. No. 39 Diagrama de conexiones de los alternadores para operación en paralelo.
- Fig. No. 40 Diagrama de control de los alternadores para operación en paralelo.
- Fig. No. 41 Diagrama de conexiones de los dínamos para operación en paralelo.
- Fig. No. 42 Diagrama de conexiones para control de los dínamos.

2.3. DIAGRAMA DE LA UBICACION FISICA DE LOS INSTRUMENTOS.

En este Diagrama se podrá observar como deben ir colocados los instrumentos en el panel.

- Fig. No. 43 Diagrama de la ubicación física de los instrumentos.

2.4. ESQUEMATICO DE LA ESTRUCTURA METALICA.

Este Diagrama sirve para el constructor del panel que podrá observar la distribución interna del mismo.

- Fig. No. 44 Esquemático de la estructura metálica.

CAPITULO 3

LISTADO DE MATERIALES Y COSTOS

En este capítulo consta todo el material eléctrico que ya fue descrito, seleccionado e identificado de acuerdo a catálogos.

De la sección misceláneas no existe descripción anterior por ser éste un material complementario que no necesita explicaciones para su interpretación.

El material será dividido de acuerdo a la función que desempeñan, y los precios que se mencionan son exclusivamente de catálogo, para considerar un precio total será necesario tomar en cuenta las comisiones, los costos de transporte, etc. hasta el lugar de destino.

- a) Disyuntores
- b) Equipo de medición
- c) Equipo de control
- d) Bancos de Carga y Fuentes de Poder
- e) Misceláneos
- f) Estructura Metálica

a) Disyuntores

Cant.	Rango	Fabricante	Tipo	Costo c/u.	Costo total
12	15 amp.	W	FA	\$ 86	1.032
6	25 amp.	W	FA	86	516
2	35 amp.	W	FA	86	172

Cant.	Rango	Fabricante	Tipo	Costo c/u.\$	Costo total
6	45 amp.	W	FA 2 polos	86	516
1	70 amp.	ITE	OD-4 K225	720	720
2	90 amp.	ITE	OD-4 K225	720	1.440
1	225 amp.	ITE	OD-4 K225	720	<u>720</u>
					5.116,00

Costo total de los Disyuntores \$ 5.116,00 dólares

b) Equipo de medición tomado como referencia los construídos por Westinghouse.-

Cant.	Instrumento	Escala	Tipo	Identif.	Cost.c/u.	Cost.T
6	Voltímetros	0-300 v.a.c.	GC372	644B295A21	\$ 30,25	181,5
4	Voltímetros	0-200 D.C.	GX372	606B607A23	23,75	95,0
3	Amperímetros	0-300amp. a.c.	GA372	644B639A18	21,75	65,2
9	Amperímetros	0-30 amp.a.c.	GAX372	644B639A11	21,75	195,7
3	Amperímetros	0-100amp.D.C.	GX372	606B611A15	23,00	69,0
2	Amperímetros	0-75 amp.D.C.	GX372	606B611A14	23,00	46,0
3	Frecuencímetros con traductor VF2-841	50-70	GX372	617899A12	165,00	495,0
3	Factor de poten- cia con traduc- tor VC2-841	50-100-50%	GX372	691B643A13	165,50	496,5
3	Vatímetro	0-10 Kw. con	GX372	7148458A	208,75	626,2
1	Sincronoscopio	rápido-lento	K1-241	186A2355A01	311,00	<u>311,0</u>
						2.554,2

Costo total de los instrumentos de medida \$ 2.554,25

c) Equipo de control tomados como referencia los construídos por Westinghouse.-

Cant.	Identificación	Cost. c/u.\$	Cost.T.T.
3	Relés de 4 polos tipo BF40F	16,00	48,00
3	Contactores tipo A201 K1CA (bobina 120 c.A.C.)	34,00	102,00
5	Relés de 6 polos tipo BF24F	18,00	90,00
6	Reles de 6 polos tipo BFD24F (tensión de bobina 120 v. D.C.)	23,00	138,00
3	Bloques trifásicos de térmicos tipo FT13P-18B	28,00	84,00
5	Pulsadores color verde contactos abiertos tipo OT2C2B	4,50	22,50
5	Pulsadores color rojo contactos cerrados tipo OT2D2D	7,50	37,50
2	Pulsadores color amarillo contactos cerrados tipo OT1D4A	9,00	18,00
2	Contactores de 2 polos para D.C. 2NO-MD220-493A.564G04 (tensión de la bobina 125 v.D.C.)	105,00	210,00
7	Conmutadores para voltímetros tipo 505A705G01	52,00	364,00
7	Llaves de control contacto abierto tipo OT2FE8B	10,50	73,50
14	Luces piloto color verde 120 v. tipo OTFE3	9,00	126,00
9	Luces de sincronización color blanco 240 v. tipo OTEG1	9,00	81,00
2	Relés tipo CVE-1 (Potencia inversa) tipo 290B03A09	375,00	750,00
2	Relés tipo CVE-1 (Verificador de sincronismo) tipo 292B35A29	384,00	768,00
3	Transformadores de corriente 300/5 amp.	17,25	51,75
9	Transformadores de corriente 30/5 amp.	28,35	255,15
5	Shunt de 50 mv. (milivoltios)	11,70	<u>58,50</u>
			\$ 3.277,75

Costo total del equipo de Control \$ 3.277,75

d) Bancos de Carga y Fuentes de Poder

Cant.	Descripción	Cost.c/u.	Cost.T.T.
2	Fuentes de Poder Westinghouse de 10 Kw. c/u. tensión de alimentación 3Ø-220 v. 60 c.p.s. tensión rectificada 125 v.	\$ 1.277,00	2.554,00
3	Autotransformadores continuos trifásicos (VARIAC) de la General Radio Catálogo 1973 tipo W30G3. Tensión de alimentación regulable 0-240 v. capacidad 15 KVA.	334,50	1.003,50
24	Resistencias Westinghouse - 50 ohmios R20SW50DO	22,40	537,60
12	Resistencias Westinghouse - 100 ohmios A20SW100DO	22,40	268,80
6	Resistencias Westinghouse - 200 ohmios R20SW200DO	22,40	134,40
1	Estructura metálica para montaje de las resistencias tipo R20FV4H8 Westinghouse	86,60	86,60
1	Estructura metálica para montaje de las resistencias tipo R20FVH6	30,60	30,60
2	Unidades de inductancias variable de 5 KVA Hampden tipo HMIL - 35	1.228,00	2.456,00
Los elementos que a continuación se describen se los puede obtener en el mercado de nuestra ciudad.-			
18	Capacitores de 10 u.f. nivel de tensión 600 v.	3,00	54,00
18	Capacitores de 20 u.f. nivel de tensión 600 v.	4,50	81,00
18	Capacitores de 30 u.f. nivel de tensión 600 v.	6,00	108,00
18	Capacitores de 40 u.f. nivel de tensión 600 v.	7,00	126,00
72	Resistencias de 10.000 ohmios - 16 vatios 380 voltios	2,00	144,00
1	Estructura metálica para el montaje de los capacitores	50,00	<u>50,00</u>
			\$ 7.634,50

Costo total del equipo para fuentes de poder y bancos de carga \$ 7.634,50

e) Misceláneas

Los materiales que a continuación se describen pueden ser obtenidos en su totalidad en nuestra ciudad.

Cant.	Descripción	Cost.c/u.	Cost.T.
500	Polos de regletas nivel de aislamiento 300 v. 10 amp.	\$ 0,32	160,00
15 mts.	Barras de 1/4" x 1 1/2" cobre No. 110 (Anaconda) capacidad 560 amp. 30°C de incremento.	3,00	45,00
30 mts.	Barras de 1/8" x 1 1/2" cobre No. 110 (Anaconda) capacidad 385 amp. 30°C de incremento.	0,56	16,80
12	Aisladores para barras de 560 amp. de 1/4" x 1 1/2"	3,00	36,00
25	Aisladores para barras de 385 amp. de 1/8" x 1 1/2"	1,20	30,00
300 mts.	Alambre Tw. No. 10	9,00 (c/100 mts.)	27,00
200 mts.	Alambre Tw. No. 12	5,00 (c/100 mts.)	10,00
1.000 mts.	Alambre Tw. No. 14	3,00 (c/100 mts.)	30,00
500	Receptáculos de bananas (Binding Post) Fabricadas por Allied Electronics Corps. Tipo 260 catálogo No. 730 Año 1973 Capacidad nominal de corriente 30 amp.	0,36	180,00
500	Bananas (Banana Plug) Fabricadas por Allied Electronic Corp. Modelo 1325 Catálogo No. 730 Año 1973, capacidad nominal de corriente 15 amp.	0,35	175,00

Código de colores:

Stock	No.	Color
885	0301	Negro
885	0302	Rojo

	Stock	No.	Color		
	885	0303	Naranja		
	885	0304	Amarillo		
	885	0305	Verde		
	885	0306	Azul		
	885	0307	Blanca		
200	Interruptores de 2 vías nivel de aislamiento 300 v. capacidad nominal 30 amp.			1,00	200,00
6	Interruptores de 3 vías nivel de aislamiento 300 v. capacidad nominal 5 amp.			0,60	<u>3,60</u>
					913,40

Costo total \$ 913,40

f) Estructura Metálica

La estructura metálica del panel cotizada por Electro Metálica de acuerdo al esquemático de la Fig. No. 40 construido con planchas de hierro de 1/16" y estructura angular, pintado con base anticorrosivo y el acabado amartillado es de 45.000,00 Sucres.

Por la montada del instrumental en el panel, transportación al sitio de ubicación y colocada del mismo, cotiza la suma de S/. 25.000,00 (Sucres).

Transformando estos valores en dólares, tomando como tipo de cambio 25,00 sucres son \$ 2.600,00 dólares.

Adjunto cotización de Electro Metálica.

Costo total del panel:

Como ya lo exponemos en párrafos anteriores todos los costos considerados son de catálogo, existe la posibilidad como está expresado en los catálogos, que los precios pueden ser cambiados sin previo aviso. Para conocer el costo verdadero es necesario realizar la transacción comercial, pero se puede estimar un costo aproximado, teniendo en cuenta la siguiente - consideración.

Los precios de catálogo, son los precios, en el lugar de origen del producto, para el presente estudio se tiene que considerar los precios puestos en la Aduana de Guayaquil, considerando que los mismos gozan de liberación de derechos, es decir, no están sometidos a las imposiciones arancelarias, el porcentaje de incremento en el costo total es aproximadamente de 30%.

Normalmente los fabricantes tienen un porcentaje de descuento del 30% al 40% de sus precios de catálogos, siendo así es posible considerar que el precio de catálogo será el precio real de nuestras mercaderías puestas en Guayaquil. Es aconsejable que todos los pedidos que se realicen se los haga directamente a las casas matrices.

Resumen de Costos

a)	Disyuntores	5.116,00
b)	Equipo de Medición	2.554,25
c)	Equipo de Control	3.277,75
d)	Bancos de Carga y Fuentes de Poder	7.634,50
e)	Misceláneas	913,40

f)	Estructura Metálica	<u>2.600,00</u>
		22.095,90
	Consideremos un imprevisto del 5%	<u>1.104,80</u>
		23.070,70

Costo aproximado del panel en dólares es de

\$ 23.200,70

C O N C L U S I O N E S

Al finalizar el presente trabajo que tiene por objeto el diseño del panel de distribución y control para el Laboratorio de Maquinaria Eléctrica, al mismo que se le aplicó el criterio de poderlo construir por secciones y dejando un --márgen para ampliaciones futuras.

El panel está constituido por once módulos como se puede observar en la Fig. No. 43 que en conjunto forman un todo, pero éstos pueden ser construidos individualmente con el fin de poderlos adicionar de acuerdo a las necesidades.

Así los primero cuatro módulos están constituidos por la sección acometida y distribución. La acometida necesita disponer de un sólo módulo en el que se ubicará el disyuntor principal con sus respectivos instrumentos de medición y señal.

En los tres módulos siguientes se dispondrán los disyuntores termo-magnéticos de alimentación y los disyuntores de potencia de bajo voltaje para respaldo. Los disyuntores de alimentación corresponden a los circuitos que forman los bancos de prueba como son: máquinas generalizadas, mesas de transformadores, mesa industrial y las fuentes de corriente continua. Cada uno de estos circuitos mencionados tienen su alimentación individual a través de los disyuntores termo magnéticos. Los disyuntores de respaldo nos dan mayor confiabilidad al sistema, impidiendo que cualquier falla en los disyun

tores de alimentación se trasmite hasta el disyuntor principal. De esta forma se consigue disminuir las posibilidades de falla general a un mínimo.

En la alimentación de la mesa tipo industrial se tienen dos autotransformadores continuos de 15 KVA cada uno, son una necesidad para este tipo de banco, ya que es aquí donde se simularan los circuitos de control automático tipo industrial, y estos sistemas operan con distintas tensiones, además se pueden realizar pruebas prácticas con motores industriales, ya no tipo laboratorio. Esta es una sección importante porque es aquí donde el estudiante tendrá la oportunidad de familiarizarse con los elementos de la industria.

En los módulos quinto y sexto se encuentran los elementos que sirven para el control y medición de los dos generadores sincrónicos de 5 Kw. cada uno que operan en paralelo. Los mismos que se dotaron de todos los equipos de medición de cualquier gran central con el objeto de poder determinar con facilidad las reacciones de los generadores de las distintas pruebas a que se los someta. En la medición de potencia, frecuencia y factor de potencia se utilizan traductores, que son elementos de actualidad y tienen la ventaja de ser completamente estáticos y por lo tanto requieren de un mantenimiento casi nulo.

En lo referente a la protección se utiliza los requerimientos básicos como son: cortocircuitos, sobrecargas y potencia inversa, no es necesario otro tipo de protección ya que los generadores son de muy baja capacidad y no justifica otra inversión mayor. Se tiene en cuenta que el disyuntor principal tiene una capacidad de interrupción de 20.000 amperios asimétricos

esto es motivado por los generadores sincrónicos operarán en paralelo con el sistema de la Empresa Eléctrica del Ecuador y debe estar el sistema protegido para el caso de ocurrir un corto circuito.

Para el sistema de la Empresa Eléctrica del Ecuador, está destinado el módulo número siete. La potencia con la cual podrá contribuir la Empresa Eléctrica del Ecuador es de 5 Kw. No se ha hecho un estudio aparte por ser una repetición del proceso de la sección 1.3

En el módulo octavo se encuentran los bancos de carga compuestos por resistencias, capacitancias e inductancias.

Las resistencias y las capacitancias están formadas por elementos de distintas capacidades y la inductancia es de carácter variable continuo. Con cargas de esta naturaleza se pueden realizar en los generadores diferentes pruebas de carga y variar su factor de potencia a completa voluntad, ya sea inductivo como capacitivo.

El módulo número noveno están los equipos de medición y control de dos generadores de corriente continua de 5 Kw. cada uno para operación en paralelo. Con estos dos generadores se pueden realizar diferentes pruebas utilizando los bancos de carga del módulo octavo.

Los módulos diez y once están destinados para las fuentes de poder de corriente continua constituidas por dos fuentes de 10 Kw. cada una; una a tensión fija de 120 v. d.c. y otra a tensión variable de 0 a 120 v. d.c.. La fuente de tensión

constante sirve para alimentar a los motores primarios de los generadores y la fuente de tensión variable nos queda como emergente, para caso de daños en las mesas generalizadas para alimentar los circuitos de los relés auxiliares y para cualquier otra aplicación que se desee.

La literatura necesaria para la obtención de datos técnicos y de costos actualizados es bastante reducida en lo que a productos norteamericanos se refieren.

En nuestra ciudad existen tres representantes de las casas comerciales más garantizadas de los Estados Unidos de Norte América, como son: General Electric, Westinghouse, I.T.E., estas casas construyen toda clase de equipos eléctricos, no así por ejemplo Allen Bradley, que en encuestas realizadas en Estados Unidos de Norte América es la número uno en la construcción de equipo de control industrial, pero no construyen instrumentos de medición.

En el presente trabajo se utilizaron las marcas, Westinghouse e ITE, por ser las que más facilidades dieron al acceso de datos técnicos y costos de actualidad.

En lo referente a costos entre las casas comerciales norteamericanas de igual prestigio, son practicamente iguales, para elementos de características iguales y construídas bajo las mismas normas de NEMA.

La construcción del panel se la puede dividir en tres etapas:

Primera etapa: la construcción de la estructura metálica, trabajo que puede ser realizado por cualquiera de las Compañías

existentes en la ciudad dedicadas a la construcción de este tipo de obras. El valor aproximado de esta estructura representa en el costo total de la obra 7%. Recomendaría realizar la construcción del panel, en el taller de la Facultad de Ingeniería Mecánica, que está en capacidad de hacerlo.

La Segunda etapa: consiste en la montada del instrumental y ubicación del panel, este punto puede correr por cuenta de el constructor o el beneficiario, esta segunda etapa representa el 4% del costo total. Recomendaría que el trabajo de esta segunda etapa lo realizara el constructor del panel, ya que este es un trabajo mecánico.

La Tercera etapa de la construcción consiste en la conexión del instrumental del panel, este trabajo tiene que ser hecho por los estudiantes de años superiores, a la vez que sirve como práctica, la Facultad se ahorra de invertir en este rubro.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Motor Standars "NEMA" 1.969 edition.
- 2.- Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia
"William D. Stevenson" Segunda edición
- 3.- Electrical Transmission and Distribution Reference
Book by "Central Station Engineers of the Westinghouse
Electric Corporation" fourth edition.
- 4.- The selection and Aplication of Air Circuit Breakers
"Publicación de General Electric".
- 5.- ABDe-ion Circuit breakers "Application data 29-160
Publicación Westinghouse".
- 6.- Low Voltaje Power Switchgear Instructions IB-5624
"Publicación de ITE".
- 7.- Control of Electric Motors be "Paisley B. Harwood".
- 8.- Panel Motors HBK-8071 (Publicación de la General Electric).
- 9.- Applied Protervative Relaying - ANew "Silent Sentinels"
Publication Westinghouse Electric Corporation Relay -
Instrument División.
- 10.- Instrumentos de Panel Volumen III de Westinghouse
- 11.- Westinghouse Catalog 25.000
- 12.- Volumen IV de Westinghouse
- 13.- Transient Anaysis in Electrical Engineering by "Sylvan
Fich".
- 14.- Electric Machinery and Control by "IRVING L. KOSOW".