

2 Gen. 4



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería

DISEÑO ELECTRICO DE UNA FABRICA DE PAPEL A PARTIR DEL BAGAZO DE CAÑA.

T E S I S

Que para obtener el título de:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P r e s e n t a n :

Armando de Alba Alcántara

Raúl Eduardo Prado López

José Alberto Valdés Cerecedo





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

CAPITULO I

GENERALIDADES

Página

1.1	Introducción	1
1.2	Descripción del proceso	3
1.2.1	Conversión de la suspensión de fibras en hojas	6
1.3	Alcance	10

CAPITULO II

PLANEACION

2.1	Generalidades	11
2.2	Normas y reglamentos	13
2.3	Planteamiento del sistema	14
2.3.1	Necesidades eléctricas	14

CAPITULO III

SISTEMAS DE DISTRIBUCION Y SELECCION DE EQUIPO

3.1	Selección del voltaje de dis- tribución	20
-----	--	----

	Página	
3.2	Selección del sistema de distribución	21
3.3	Selección de los turbogeneradores	24
3.3.1	Turbinas	25
3.3.2	Generadores	26
3.3.2.1	Equipos auxiliares de los generadores	28
3.3.2.2	Resistencia para conexión a tierra de los generadores	29
3.4	Cálculo de los transformadores de la subestación principal	30
3.4.1	Características específicas de los transformadores principales	72

CAPITULO IV

CALCULO DE ALIMENTADORES Y CORTO CIRCUITO

4.1	Cálculo de alimentadores	34
4.2	Ejemplo	41

	Página	
4.3	Cálculo de corto circuito	44
4.3.1	Método por unidad	45
4.3.2	Datos para el cálculo	51
4.4	Descripción del método de cálculo de corto circuito	56

CAPITULO V

SISTEMAS DE PROTECCION

5.1	Protección de generadores	72
5.2	Protección de transformadores	78
5.3	Protección del circuito secundario de alimentación	83
5.4	Protección de líneas y cables	85
5.5	Protección de motores	87

CONCLUSIONES 92

APENDICE "A" (designación ANSI de relevadores) 95

CAPITULO I

GENERALIDADES.

1.1. INTRODUCCION

La función del papel en la vida cotidiana, ha sido, desde la época de las antiguas culturas China y Egipcia de vital importancia. En él, se ha podido registrar la historia, las artes y un sinnúmero de avances científicos y culturales, que hacen de nuestra era, la más evolucionada de todos los tiempos en todos los campos del saber.

Para darnos cuenta de la importancia del papel en la vida moderna, bastará enterarse de que en materia de libros, se editan cerca de mil -- nuevos títulos diarios tan solo en Europa, en los -- Estados Unidos, el gobierno produce 100 mil informes anuales y 450 mil artículos, libros y documentos. En el campo mundial, la literatura científica y técnica, aumenta con 60 millones de páginas al -- año, amén de todas las revistas, folletines y periódicos que se editan en todo el mundo.

En nuestro país, al igual que en todos los países del mundo, el papel tiene gran importancia, ya sea en las escuelas, centros culturales, -- centros de investigación, empresas, en el hogar y -- en muchos otros que podrían mencionarse.

México, país productor de azúcar, tiene la opción de usar el bagazo de caña (una vez que de ésta se ha extraído el azúcar) como un componente - de bajo costo, que anteriormente era desecho, principalmente para la producción de papel periódico, - siendo esto además un incentivo para la agricultura.

1.2. DESCRIPCION DEL PROCESO

Los desperdicios o bagazo de caña de azúcar, así como todas las materias residuales que contienen celulosa, pueden usarse actualmente en la fabricación de papel o cartón. Básicamente, y de acuerdo al diagrama de bloques simplificado de la figura 1.1, el proceso es el siguiente:

Antes de convertirse en papel, el bagazo de caña tiene que cortarse en pequeños trozos para después pasar a la trituradora, donde la mayor parte de los jugos propios de la caña que hayan quedado, son extraídos de tal modo que pueda ser así almacenada para su uso posterior.

A continuación pasa al llamado autoclave de lavado donde el bagazo se disgrega en agua, para formar una papilla de fibras separadas; ésta operación se realiza de modo que las fibras apenas sufran alteración, es decir, que sencillamente son dispersadas en el agua.

Para que la pulpa esté lista para su transformación en papel, se requiere de ciertos tratamientos que le proporcionan algunas propiedades físicas al producto final. Estos tratamientos son:

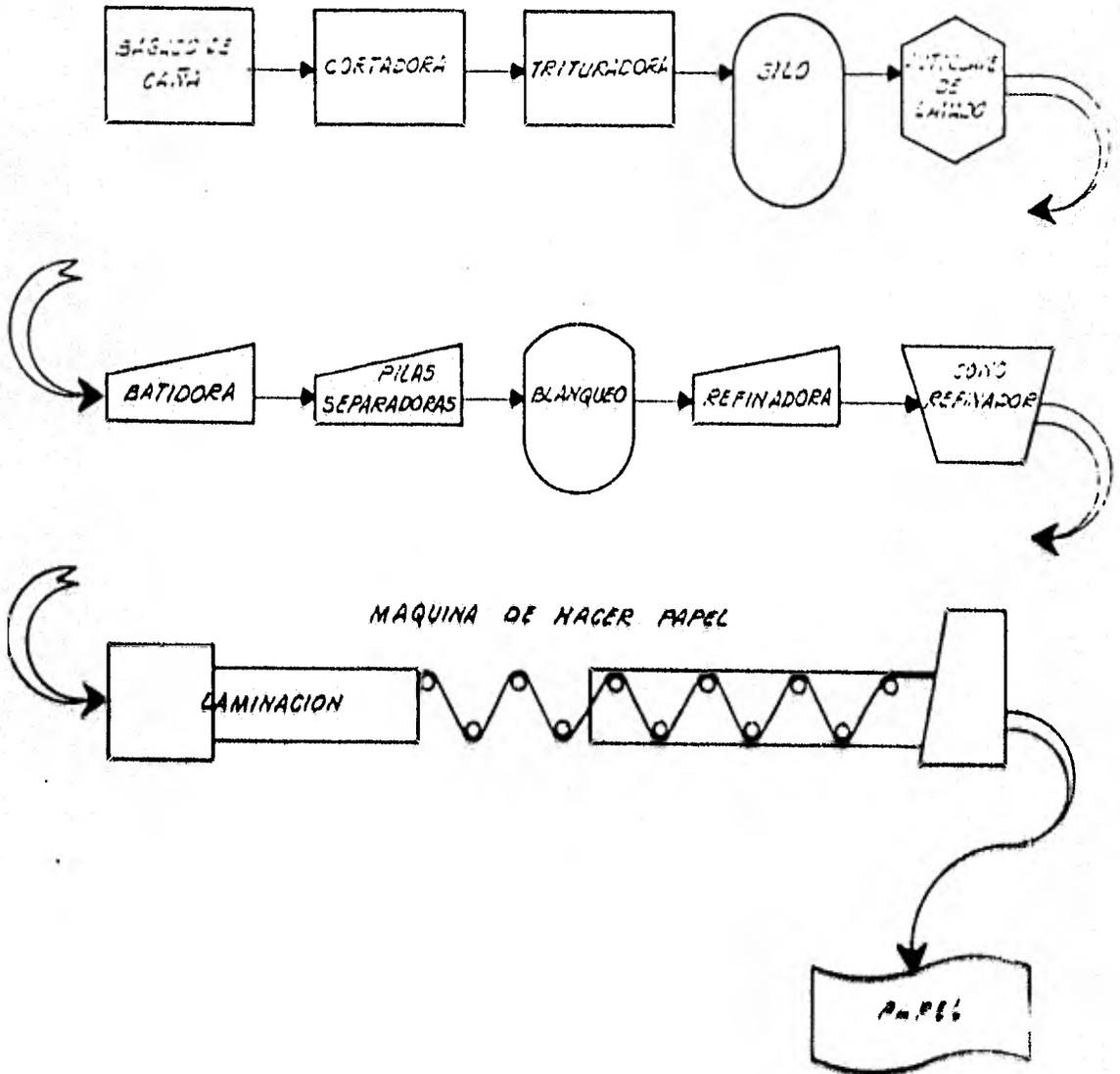


FIGURA 1.1

DIAGRAMA SIMPLIFICADO DEL PROCESO

a).- Batido

El batido acrecenta la superficie y la flexibilidad de las fibras y disminuye su longitud. Los componentes de éstas, se esponjan y gelatinizan con lo que aumenta la cantidad de agua ligada a las fibras. Con el batido aumentan: la densidad de la hoja y la resistencia a la tracción, al estallido y al doblado; y disminuye: la brillantez, la extensibilidad y la resistencia al desgarre.

b).- Rellenos

El papel periódico, como otros muchos tipos de papel contienen relleno o "carga", como arcilla, creta y otras sustancias que se agregan como papilla durante la preparación de la pasta, y sirven para mejorar o crear propiedades específicas en las hojas, tales como: acrecentar su opacidad, brillantez, volumen, flexibilidad y peso, pero lo más importante en el caso del papel periódico, es que mejoran las cualidades impresoras de las hojas al aumentar su lisura, uniformidad de superficie y receptividad para la tinta.

c).- Apresto

El aprestado, consiste básicamente en la difusión o precipitación sobre las fibras de pa

ticulas muy pequeñas, que limitan el paso de los líquidos. El papel sin apresto, es muy absorbente el papel secante y el papel facial por ejemplo, son papeles sin apresto, de donde se deduce que el papel periódico es un papel aprestado.

d).- Coloración

El color de la mayor parte de los papeles y cartones, se obtienen por la adición de colorantes. La coloración de las hojas blancas, suele proceder del empleo de pulpas blancas (blanqueadas) pero aún las hojas de ese color, suelen teñirse frecuentemente con adición de azul, para mejorar su aspecto.

1.2.1. CONVERSION DE LA SUSPENSION DE FIBRAS EN HOJAS

La conversión de la suspensión de fibras en hojas de papel, implica tres fases:

- a).- Sedimentación de las fibras en forma de una lámina húmeda
- b).- Eliminación de una parte del agua de la lámina de fibras, mediante presión; con lo cual se aprietan las fibras y adquieren compacidad de lámina.

c).- Eliminación progresiva del agua -
sobrante por medio de calor.

a).- Formación de la lámina de fibras húmedas.

El principio aplicado para la formación de la lámina se concibe fácilmente, el equipo y la técnica, son maravillas de pericia y complejidad mecánica; en principio, se forma la lámina vaciando uniformemente la suspensión de fibras sobre una tela metálica sin fin en movimiento, a través de la cual escurre el agua por gravedad, otra parte es extraída por succión y otra porción es eliminada por presión. El espesor de la hoja se regula por la velocidad de la tela metálica, por la consistencia de la suspensión (relación de la fibra al agua), así como por la cantidad de pasta que fluye hacia la máquina. La banda sacude la pulpa para que las fibras se entrelacen firmemente, produciendo el necesario afieltramiento de las fibras; entonces, la hoja húmeda pasa por los rodillos registradores y sobre el rodillo de succión, que entrega la hoja de papel a la sección de prensas.

b).- Sección de Prensas.

La sección de prensas, consta de 2 a 3 juegos de rodillos compresores, cada uno con su propio sistema de fieltros. Es importante =

que la primera prensa no ejerza tanta presión - que aplaste la hoja. En la máquina cilíndrica - hay una serie de pequeños rodillos compresores - que aumentan gradualmente la presión antes de -- que la hoja llegue al rodillo principal.

La función primordial de la sección de prensas es reducir el contenido de agua de 78-82% a 60-70%. Las prensas exprimen el agua que los fieltros recogen y eliminan. En igualdad de condiciones, la cantidad de agua extraída, depende de la velocidad de la máquina.

c).- Sección de secado.

La hoja que sale de la sección de prensas, es suficientemente fuerte para soportar su propio peso. En la sección de secado, la hoja - húmeda pasa por un par de rodillos alisadores, - en los que la desigualdad de la superficie desaparece por la presión. De los cilindros alisadores, las hojas pasan a los deseCADORES, los -- cuales constan de una serie de rodillos metálicos calentados por vapor y movidos por engranajes. La eliminación de agua se hace con arreglo a un plan; Al principio, la temperatura de los rodillos secadores no debe exceder de 82°C, para evitar el endurecimiento de la superficie de la hoja y otros defectos que resultan de un secado demasiado rápido.

La temperatura de la hoja varía; es alta estando en contacto con los cilindros, y baja al enfriarse entre ellos. La velocidad de la sección debe aumentarse gradualmente para compensar la creciente longitud de la hoja.

1.3 ALCANCE

El funcionamiento de una fábrica de papel como ésta, requiere de gran cantidad de maquinaria, personal y servicios, todos ellos comprendidos en los diferentes sistemas que componen una planta industrial. Dentro de estos sistemas, es de vital importancia el sistema eléctrico, el cual requiere de gran cantidad de cálculos y horas hombre para abarcar el diseño en su totalidad, por lo que el enfoque de este trabajo se concentrará únicamente en el sistema de distribución de energía eléctrica en alta tensión; dejando fuera en lo posible, otros subsistemas.

CAPITULO II

PLANEACION

2.1 GENERALIDADES

En el sistema de distribución de energía eléctrica de toda planta industrial, existen factores fundamentales de diseño, los cuales deben considerarse para tener una óptima funcionalidad y calidad en el servicio, los principales son:

a).- SEGURIDAD

La seguridad del personal y la preservación de los equipos y edificios, son los factores más importantes en el diseño, debiendo prevalecer sobre todos los demás el primero de ellos.

b).- CONTINUIDAD

La continuidad en la producción es tan segura como lo sea su sistema de distribución de energía eléctrica. El grado de continuidad, debe estar de acuerdo con la importancia del proceso de que se trate. En una fábrica de papel la continuidad en el servicio es primordial, debido a que una falla de energía, ocasionará grandes pérdidas de material y retrasos en la producción; por lo tanto, es necesario que el sistema de distribución se diseñe para obtener un alto grado de continuidad.

c).- MANTENIMIENTO

Disposición y arreglos de equipo adecuados, son necesarios para un mantenimiento preventivo y correctivo, que afecte en lo mínimo la operación de la planta.

d).- FLEXIBILIDAD

El sistema se diseñará para tener adaptabilidad a expansiones, y posibles cambios futuros, - además de los cambios debidos a eventualidades en la operación.

e).- COSTO INICIAL

Este factor, es importante por sí solo, - por lo que deberá hacerse un balance económico, sin deterioro de los incisos anteriores.

2.2 NORMAS Y REGLAMENTOS

En general, todo diseño eléctrico se apegará a las siguientes normas y reglamentos:

SEPAFIN	Normas técnicas para Instalaciones eléctricas.
N E C	National Electric Code
I E E E	Institute of Electrical and Electronics-Engineers
N E M A	National Electrical Manufacturers Association
N F P A	National Fire Protection Association
A N S I	American National Standard Institute

2.3 PLANTEAMIENTO DEL SISTEMA

Una consideración preliminar que afecta fundamentalmente el procedimiento de diseño, comprende las características de alimentación de energía para el sistema eléctrico, que en nuestro caso son:

Voltaje de alimentación C.F.E.....	115 KV
Nº. fases/hilos.....	3Ø/3H
Frecuencia.....	60 HZ
MVAcc.....	632

Generalmente, la compra de energía representa una economía sobre el costo de generación privada dentro de una planta. En las fábricas de papel, se necesitan grandes cantidades de vapor para el proceso, que facilita su uso para la generación económica de energía, aunado a esto, la necesidad de un alto grado de continuidad en el suministro de energía, nos obliga a contar con un equipo de generación propio, que garantice la continuidad del servicio cuando menos para las cargas críticas del proceso.

2.3.1 NECESIDADES ELECTRICAS.

El Departamento de proceso, deberá determinar la capacidad de los equipos, de acuerdo a las necesidades del proceso específico de cada etapa, además de determinar si se requiere equipo duplica-

do, así como la forma de operar (normal o reserva) también las ampliaciones futuras que se prevean y la capacidad aproximada. Con las capacidades determinamos el voltaje de operación de cada equipo según el siguiente criterio:

Cargas mayores de 200 HP.....	4.16 KV
Cargas mayores de 1 HP a 200 HP- inclusive.....	0.48 KV
Cargas fraccionarias, alumbrado- y misceláneas.....	220/127 V
Cargas de emergencia y control..	125 VCD

Con las necesidades del proceso, más las cargas de alumbrado, control, instrumentación y áreas administrativas, etc. determinamos el número de centros de carga que tendremos dentro de la planta, y sus niveles de voltaje, de acuerdo a la distribución del equipo (arreglo de equipo) sus funciones específicas y su capacidad,

Las cargas principales son:

CCM'S en 480 Volts.	Carga.
CCM A	442 KVA
CCM AL	1289 KVA
CCM B	722 KVA
CCM BL	725 KVA

CCM C	.....	756 KVA
CCM CL	.....	850 KVA
CCM D	.....	1322 KVA
CCM DL	.....	492 KVA
CCM E	.....	10 KVA
CCM EL	.....	626 KVA
CCM F	.....	561 KVA
CCM G	.....	667 KVA
CCM H	.....	840 KVA
CCM I	.....	920 KVA
CCM J	.....	913 KVA
CCM K	.....	708 KVA
CCM L	.....	1242 KVA
CCM M	.....	992 KVA
CCM N	.....	1235 KVA
CCM O	.....	1510 KVA
CCM P	.....	457 KVA
CCM Q	.....	1115 KVA
CCM R	.....	1560 KVA
CCM S	.....	627 KVA
CCM T	.....	1200 KVA
CCM U	.....	1019 KVA
CCM V	.....	642 KVA
CCM X	.....	1037 KVA
CCM Y	.....	1022 KVA
CCM Z	.....	1222 KVA

T O T A L 26723 KVA

Motores en 4.16 KV			Potencia
2	de	2250 HP c/u	4500 HP
2	de	800 HP c/u	1600 HP
2	de	600 HP c/u	1200 HP
3	de	400 HP c/u	1200 HP
2	de	350 HP c/u	700 HP
10	de	300 HP c/u	3000 HP
T O T A L			12200 HP

<u>Tableros arriba de 500 KVA</u>		Carga
2	Tab. de cd de 3000 KVA c/u ...	6000 KVA
1	Tab. de cd de 750 KVA ...	750 KVA
T O T A L		6750 KVA

Debido a que las cargas están expresadas en diferentes unidades, es necesario transformarlas a un mismo sistema de unidades:

Considerando que 1 HP=0.746 KW, un factor de potencia promedio de 0.85 y una eficiencia promedio de 80 %, la carga de motores es:

$$\begin{aligned} \text{KVA motores} &= \frac{12200 \times 0.746}{0.80 \times 0.85} \\ &= 13,384.12 \end{aligned}$$

Sumando todas las cargas:

$$\begin{aligned} \text{CARGA TOTAL} &= 26,723 + 13,384.12 + 6,750 \\ &= 46,857.12 \text{ KVA} \end{aligned}$$

La cual se encuentra repartida en 22 - subestaciones unitarias, con las siguientes características:

SUBESTACION	CAPACIDAD* KVA	RELACION* KV	CARGA KVA	LOCALIZACION
No. 1	2000/2300	13.8-4.16	1974.71	pulpa
No. 2	2500/3125	13.8-4.16	2634.16	pulpa
No. 3	2000/2300	4.16-0.48	INCLUIDA EN SUB'2	
No. 4	2500/3125	13.8-0.48	2677.00	pulpa
No. 5	2500/3125	13.8-0.48	2579.00	"
No. 6	2500/3125	13.8-0.48	2259.00	"
No. 7	2500/3125	13.8-0.48	2311.00	"
No. 8	5000/6250	13.8-4.16	4223.68	máquina
No. 9	5000/6250	13.8-4.16	4552.80	máquina
No. 10	1500/1725	13.8-0.48	1760.00	máquina
No. 11	1500/1725	13.8-0.48	1621.00	máquina
No. 12	2000/2300	13.8-0.48	1967.00	máquina

No. 13	2000/2300	13.8-0.48	2227.00	máquina
No. 14	1500/1725	13.8-0.48	1242.00	máquina
No. 16	500/ 575	13.8-0.48	502.00	servicios
No. 17	2000/2300	13.8-4.16	1755.30	servicios
No. 18	2500/3125	13.8-0.48	2645.00	servicios
No. 19	2000/2300	13.8-0.48	1948.00	servicios
No. 20	2000/2300	13.8-0.48	1948.00	servicios
No. 21	3000/3450	13.8-0.48	3000	máquina (cd)
No. 22	3000/3450	13.8-0.48	3000.00	máquina (cd)
No. 23	750/ 862	13.8-0.48	750.00	pulpa

T O T A L 46857.14

* Se refieren al transformador de potencia de cada subestación,

CAPITULO III

SISTEMA DE DISTRIBUCION Y SELECCION DE EQUIPO

3.1 SELECCION DEL VOLTAJE DE DISTRIBU CION.

Tomando en cuenta las prácticas industriales y las recomendaciones del STANDAR 141 del IEEE (libro rojo), encontramos que para la carga - conectada: 46,857.14 KVA, el voltaje de distribu- ción que resulta más económico y adecuado es de - 13,800 volts como sistema primario, y para alimen- tación a motores arriba de 200 HP y subestaciones unitarias, de 4,160 volts.

3.2 SELECCION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION

Debido al alto grado de continuidad - que se requiere en el suministro de energía, se pensó en un sistema de distribución primario del tipo DOBLE BUS, que permite mayor flexibilidad en operación y mantenimiento, además de separar el sistema de generación propio y el de C.F.E., reduciendo la capacidad de CC.

El juego de barras No. 1 estará alimentado por la compañía suministradora, por medio de dos transformadores, y el juego de barras N^o 2 por dos turbogeneradores. Además para evitar la interrupción de energía por falla en cualquiera de los suministros, se interconectarán los dos buses mediante un interruptor de enlace.

Del sistema primario de distribución, se derivan las subestaciones unitarias de 13.8-4.16 KV y 13.8-0.48 KV, en un arreglo de primario selectivo, que nos proporciona cierta protección contra fallas en el suministro primario.

El resto del sistema será del tipo radial simple. El sistema de distribución lo mostramos en forma simplificada en la fig. 3.1

El juego de barras N^o 1, opera independientemente del juego de barras N^o 2, es decir el interruptor de enlace opera normalmente abierto,

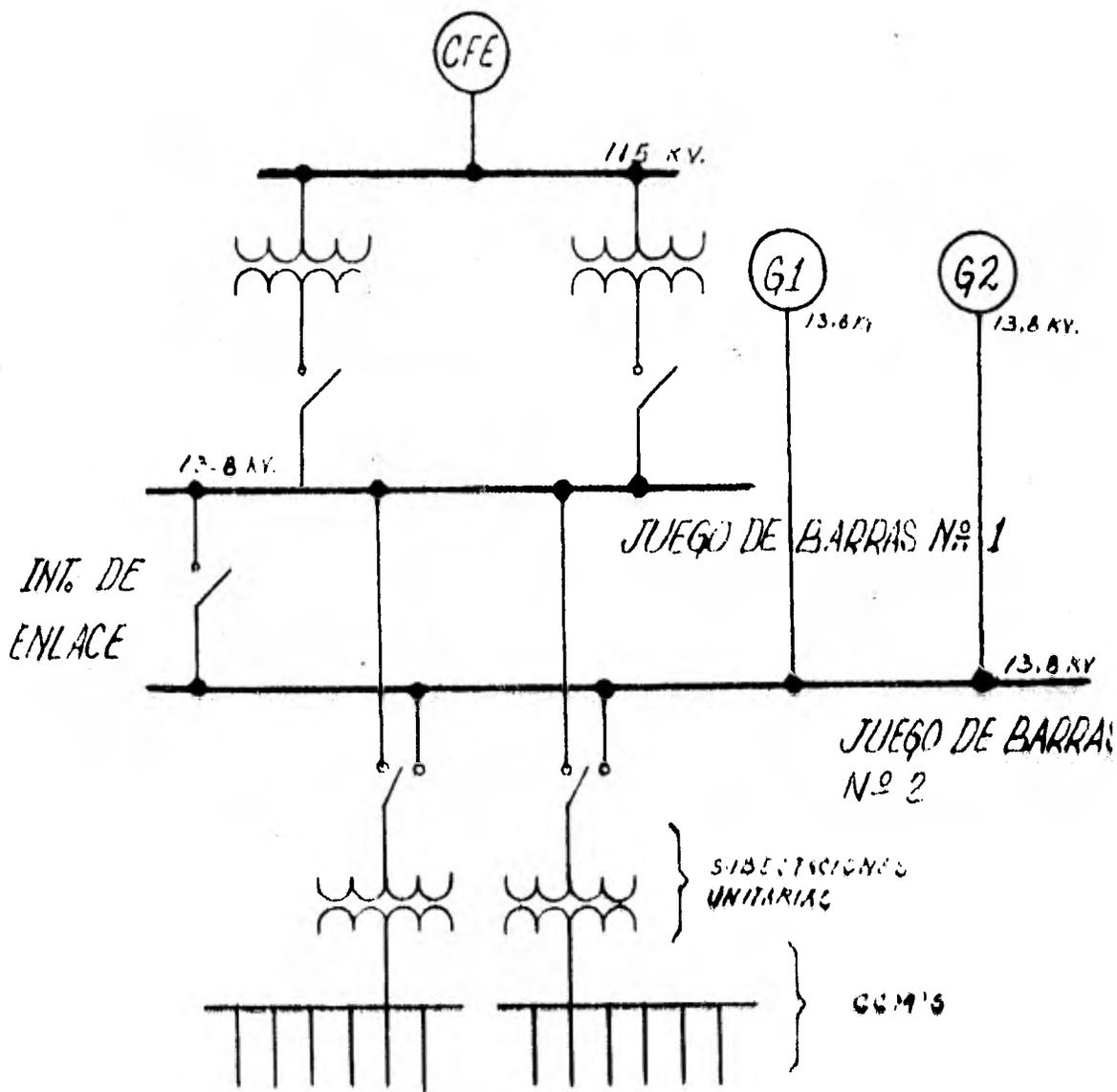


FIGURA 3.1

DIAGRAMA UNIFILAR SIMPLIFICADO

Los dos turbogeneradores, alimentan - la carga crítica del sistema, y los dos transformadores al resto de la carga. En caso de falla - de alguna de las cuatro fuentes, se repartirá la carga por medio del sistema selectivo de las subestaciones derivadas.

En caso de falla de los dos turbogeneradores o de los dos transformadores, se cerrará el interruptor de enlace quedando un juego de barras común alimentando la carga. Nunca podrán operar más de dos fuentes en paralelo, con objeto de no elevar el corto circuito.

3.3 SELECCION DE LOS TURBOGENERADORES

La unidades turbogeneradoras cubrirán las necesidades de alimentación de la planta, - en particular de aquellas cargas eléctricas, que - debido a condiciones del proceso, requieren de - alimentación continua. Para el arranque de las - unidades turbogeneradoras, así como para la ali- - mentación a las cargas no críticas, se contará - con una subestación receptora, formada por dos -- transformadores de relación 110-13.8 KV, 3 ϕ , 60 HZ, cuya capacidad se determinará posteriormente.

Los diferentes departamentos que in- - tervienen en el diseño, han determinado las siguien- - tes cargas:

carga crítica del proceso	12875 KVA
carga mínima de alumbrado	
control, etc.....	<u>5566 KVA</u>
TOTAL CARGA CRITICA DE OPERACION	18441 KVA
CARGA NORMAL DE OPERACION	24875 KVA

Debido a que los turbogeneradores ali- - mentarán la carga crítica, el factor de demanda - que tendrán será unitario, por lo que la capaci- - dad que tendrán que suministrar será cuando menos de 18,441 KVA.

De acuerdo a lo anterior, las caracte- - rísticas de los turbogeneradores solicitados serán

capacidad nominal	10	MVA
voltaje	13.8	KV
frecuencia	60	HZ
fases	3	
voltaje de excitación.....	125	V c. d.
conexión	Estrella, con - neutro aterriza do a través de resistencia.	

En base a la tabla comparativa de equipos, que presentaron los diferentes proveedores, los turbo-
generadores seleccionados tienen las siguientes -
características:

3.3.1 TURBINAS

UNIDAD N^o 1

Capacidad máxima (a máx. condensación)	9,500	KW
Capacidad normal de operación (a mínima condensación)	6,200	KW
Velocidad	3,600	RPM
Presión vapor de admisión	43.3	Kg/cm ²
Temperatura del mismo	399	°C
Presión vapor de extracción.....	6.3	Kg/cm ² abs
Temperatura del mismo	216	°C
Presión vapor de condensación.....	0.1	kg/cm ² abs
Temperatura del mismo	46	°C
Velocidad de disparo	3,960	RPM

UNIDAD N^o 2

Capacidad máxima (a máx. condensación)	8,800 KW
Capacidad normal de operación (a mínima condensación)	4,100 KW
Velocidad	3,600 RMP
Presión vapor de admisión	43.3 Kg/cm ² abs
Temperatura del mismo	399 °C
Presión vapor de extracción	11.6 Kg/cm ² abs
Temperatura del mismo	263 °C
Presión vapor de condensación ...	0.1 Kg/cm ² abs
Temperatura del mismo	46 °C
Velocidad de disparo	3,960 RPM

3.3.2 GENERADORES

Los generadores de las dos unidades son síncronos, de polos no salientes, enfriados por aire, tipo de excitación estática, conexión en estrella con el neutro conectado a tierra a través de una resistencia de 20.24 ohms, 400 A, 8000 Volts, 10 Seg., aislamiento del rotor clase F, aislamiento del estator clase B, detectores de temperatura por resistencia (RTD) en los devanados y en el sistema de enfriamiento, marca General Electric, construidas con las siguientes características:

UNIDAD N^o 1

Capacidad nominal	12,500 KVA
Capacidad máxima de operación*....	11,875 KVA
Capacidad normal de operación*....	7,750 KVA
Fases/Frecuencia	3/60 Hz
Velocidad	3,600 RPM
Voltaje	13,800 V.
Factor de potencia	0.8 Atras
No. de polos	2
Voltaje de excitación (campo)	125 V.C.D.
Corriente de excitación a plena - carga	252 Amp .

UNIDAD N^o 2

Capacidad nominal	11,000 KVA
Capacidad máxima de operación	11,000 KVA
Capacidad normal de operación* ...	5,125 KVA
Fases/Frecuencia	3/60 Hz
Voltaje	13,800 V.
Factor de potencia	0.8 Atras
No. de polos	2
Voltaje de excitación (campo)	125 V.C.D.
Corriente de excitación a plena - carga	231 Amp.

* Debido a limitaciones por las condiciones --
del vapor en la turbina.

3.3.2.1 EQUIPOS AUXILIARES DE LOS GENERADORES.

SISTEMA DE EXCITACION

El sistema de excitación estática tiene como función principal, proporcionar la excitación al campo del generador. Además regula el voltaje del generador en forma automática. El sistema de excitación consta de: Tres transformadores de corriente saturables (SCT'S), con relación 800:5 Amp. (localizados en la caja de terminales de cada generador). Un transformador trifásico de potencia (PPT'S) de 60 KVA, 13,800-120 Volts (localizado en el gabinete del equipo contra sobretensiones repentinas).

Cada generador cuenta con un tablero de excitación, conteniendo cada uno lo siguiente:

Un puente rectificador para el campo del generador.

Un regulador de voltaje automático, tipo SCR (Rectificador de Silicio Controlado).

Un compensador de corriente reactiva (RCC).

Un interruptor de campo del generador.

Un relevador de sobreexcitación.

Un relevador de fallas a tierra del campo - ANSI N^o 64 F.

Un potenciómetro para regulación manual del voltaje.

3.3.2.2 RESISTENCIA PARA CONEXION A TIE-- RRA DEL GENERADOR

El neutro de cada uno de los generadores, se conectará a tierra a través de -- una resistencia con un valor de 20.24 ohms, 400 amperes, 8000 volts, 10 segundos, las -- cuales se encontrarán en un gabinete para -- uso interior. Además de contar con dos -- transformadores de corriente (300/5 amp.) -- para protección en el neutro, localizados -- en la caja de terminales de cada generador.

3.4 CALCULO DE LOS TRANSFORMADORES DE LA SUBESTACION PRINCIPAL

La selección correcta de la capacidad de los transformadores de potencia, es de gran importancia, ya que de esto dependerá que soporten la carga demandada, sin sufrir acortamiento en la vida normal debido a sobrecalentamiento en los aislamientos. Cuando se trata de servicios nuevos, se considera la carga conectada, a la cual se le aplica el factor de demanda, pudiéndose determinar este factor, de tablas o servicios similares usando la siguiente expresión:

$$\text{FACTOR DE DEMANDA} = \frac{\text{DEMANDA MAXIMA}}{\text{CARGA CONECTADA}}$$

Se dará especial atención a las cargas mayores conectadas al sistema, tratándolas individualmente. Los grupos de pequeños motores se tratarán como una sola carga, calculando la carga combinada del grupo, que será: la suma de las demandas de todas las cargas, dividida por el factor de diversidad del grupo; el cual se define como:

$$\text{FACTOR DE DIVERSIDAD: } \frac{\text{DEMANDAS MAX. INDIV.}}{\text{DEMANDA MAX. DEL SIT.}} \leq 1$$

A la corriente de arranque de los motres mayores conectados al sistema, se le debe dar también un trato especial, ya que ésta puede ocacionar una caída de tensión que afecte el funciona -- miento del sistema.

Para el cálculo de los transformadores de la subestación principal, consideraremos un factor de demanda de 0.6, obtenido de la tabla 17.5 - del Industrial Power System Handbook, Beeman, y -- considerando que en el peor de los casos las demandas máximas individuales coinciden en el tiempo, - es decir: un factor de diversidad igual a 1, tene-- mos:

CARGA TOTAL: 46,857.14 KVA

CARGA CONECTADA POR FACTOR DE DEMANDA =

$46,857.15 \times 0.6 = 28,114.28$ KVA

Dada la importancia del proceso que se lleva a cabo, se requiere que el suministro de energía eléctrica sea lo más continuo posible, por lo tanto se elegirán dos unidades de por lo menos -- 14 057.14 KVA c/u, los cuales se conectarán en pa-- ralelo, para así soportar el total de la carga, -- condición que se dá cuando los turbogeneradores no están trabajando

Los valores estandar de cada uno de ==
Los transformadores serán:

TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Voltaje 110-13.8 KV

Capacidad 12/16 MVA

Enfriamiento OA/FA

Fases 3

Frecuencia 60 Hz.

3.4.1 CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DE LOS TRANSFORMADORES PRINCIPALES :

TIPO	Intemperie sumergido en aceite
FRECUENCIA	60 Hz.
Nº DE FASES	3
Nº DE DEVANADOS	2
TIPO DE ENFRIAMIENTO.	OA/FA
CAPACIDAD	12/16 MVA
RELACION DE TRANSFORMACION	110-13.8 KV
DERIVACIONES	4 en alta tensión, de 2.5 % cada una, 2 arriba y 2 abajo de la tensión nominal.
IMPEDANCIA	7.5 %
CONEXION	Delta-Estrella con neutro aterrizado a través de resistencia.
AISLAMIENTO	55 µC.
CLASE DE AISLAMIENTO EN PRIMARIO	115 KV

CLASE DE AISLAMIENTO
SECUNDARIO 15 KV
CLASE DE AISLAMIENTO
EN NEUTRO 15 KV

Características de la resistencia de
conexión a tierra del neutro:

TIPO Intemperie de ace-
ro inoxidable
OHMS 10
CAPACIDAD DE CORRIEN
TE 800 Amperes
TIEMPO MAXIMO 10 Segundos

Con la información obtenida hasta es
te punto, podemos trazar el diagrama unifilar -
del sistema, mismo que nos servirá de guía para
continuar con el diseño. El diagrama se muestra
en el plano 01, y como podrá observarse, este in
cluye: medición, protección y características de
equipos auxiliares, los cuales se tratarán en -
etapas posteriores, pero que son mostrados aquí,
con el objeto de poder hacer referencia a este -
diagrama unifilar en los capítulos siguientes,

CAPITULO IV

CALCULO DE ALIMENTADORES Y CORTO CIRCUITO

4.1 CALCULO DE ALIMENTADORES

La función de los cables alimentadores es llevar la energía desde la fuente, hasta el equipo donde va a ser usada. Durante éste transporte de energía, se producen pérdidas en forma de energía calorífica, las cuales deben disiparse. La habilidad para disipar estas pérdidas, depende de la forma en que vayan a instalarse los cables, debido a que el método de instalación afecta a la transmisión de calor.

En la selección del material de aislamiento, hay que tomar en consideración las diferentes cualidades eléctricas y mecánicas que cada uno de ellos ofrece. En este caso, se seleccionó un aislamiento XLP (polietileno vulcanizado de cadena cruzada), debido a que presenta excelentes propiedades mecánicas y eléctricas, tales como: gran resistencia al medio ambiente (resistencia al ozono) y baja susceptibilidad al efecto corona, el conductor es de cobre con pantalla semiconductor extruida sobre el conductor, aislamiento de polietileno-vulcanizado de cadena cruzada, pantalla electrostática de cobre y cubierta exterior de PVC.

El medio de canalización que emplearemos, puede ser: ducto subterráneo, conduit, y charola para un mismo circuito, por lo que se -- considerará el que afecte en mayor proporción, -- las propiedades del conductor para el cálculo -- del mismo.

Los criterios de selección para los conductores fueron los siguientes:

- a.- Selección por capacidad de con-- ducción de corriente.
- b.- Selección por caída de tensión.
- c.- Selección por capacidad de corto circuito.

a.- Selección por capacidad de conducción de corriente.

La capacidad de conducción de corriente nominal de un cable, se vé afectada por algunos factores, de acuerdo con la temperatura ambiente, medio y forma de canalización, así como de la proximidad con otros conductores.

Los factores considerados fueron los siguientes:

Factor de corrección por temperatura - ft*

Para charolas:

ft = 0,89 con temperatura ambiente de 50°C.

Para ductos subterráneos:

$ft = 0.97$ con temperatura del terreno de $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ máximo.

Factor de corrección por agrupamiento - fa^*

Para charolas:

$fa = 0.89$ considerando 6 circuitos por charola y 3 niveles por charolas máximo.

Finalmente, el dimensionamiento de los conductores por capacidad de conducción de corriente, se selecciona de acuerdo a la fórmula:

$$I = \frac{I_n}{ft \times fa} \quad (4.1)$$

Donde:

I = Corriente considerada para el dimensionamiento de los cables.

I_n = Corriente nominal del circuito.

fa = Factor de corrección por agrupamiento.

ft = Factor de corrección por temperatura

* Ver tablas anexas al final del Capítulo

b.- Selección por caída de voltaje

El conductor seleccionado por capacidad de conducción de corriente, puede causar una excesiva caída de tensión si no es del tamaño adecuado. La caída de voltaje está en proporción di-

recta con la longitud del conductor, y debe tomarse en cuenta la caída de voltaje durante el arranque de motores y puesta en marcha del equipo, el cual puede tener corrientes transitorias, superiores a la nominal lo que ocasiona mayor caída. El NEC, recomienda una caída no mayor del 3% en circuitos de potencia, no más del 5% incluyendo alimentadores principales y circuitos derivados, para corrientes en estado estable; y no más del 30% para arranque de motores.

La fórmula utilizada para calcular la caída de voltaje en estado estable, es:

$$\% V = \frac{KVA (R \cos \theta + X \text{ SEN } \theta)}{10 \text{ KV}^2} \quad (4.2)$$

Donde:

%V = Caída de voltaje expresada en porcentaje.

KVA = Potencia trifásica de la carga expresada en KVA

R = Resistencia ohmica del conductor a todo lo largo del circuito.

X = Reactancia del conductor a todo la largo del circuito.

θ = Angulo entre la corriente y el voltaje

KV = Voltaje de línea a línea expresado en KV.

Cuando utilizamos ésta fórmula, se produce un error en el resultado, mismo que se muestra en la Fig. 4.1; donde puede observarse que es despreciable.

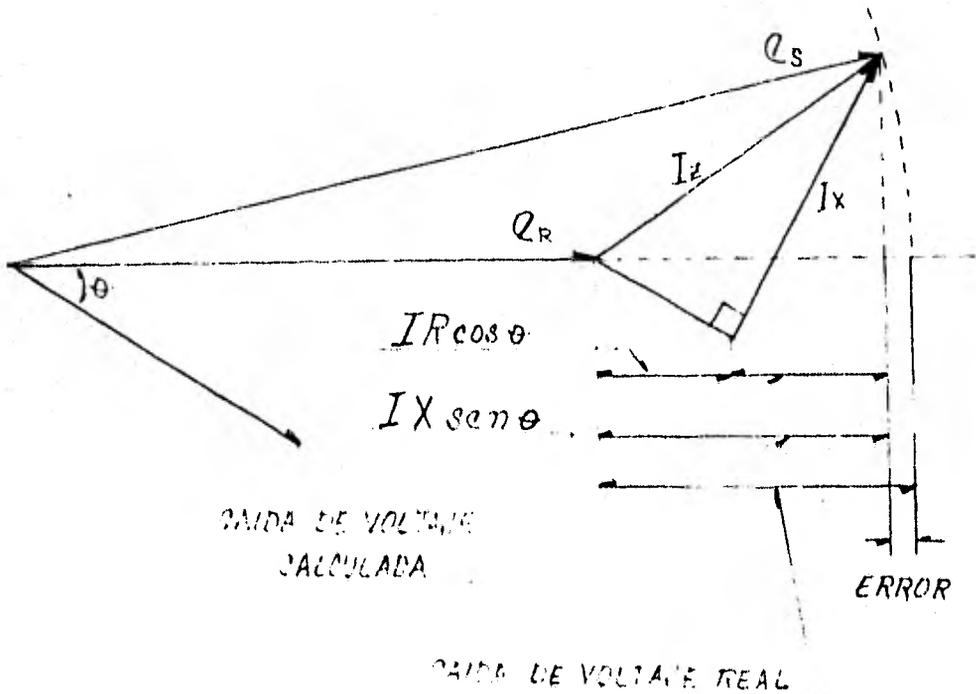


FIG. 4.1

Para calcular la caída de tensión, en el arranque de un motor, es necesario conocer las impedancias durante el arranque, entre el punto de alimentación y el motor,

Para el cálculo, la impedancia del motor es:

$$Z_{ms} = \frac{V_n^2 \times 10^3}{KVA \times N^{\#} I_n} (\cos\theta + j \text{SEN}\theta) \dots (4.3)$$

Donde:

Z_{ms} = Impedancia del motor durante el arranque.

V_n = Voltaje línea a línea del motor durante el arranque.

KVA = Potencia trifásica del motor en KVA.

$N^{\#} I_n$ = Número de veces la corriente nominal que toma el motor en el arranque.

$\cos\theta$ = Factor de potencia al arranque.

$\text{SEN}\theta$ = Complemento del factor de potencia.

La fórmula final para encontrar el voltaje en las terminales del motor es:

$$V_m = \frac{Z_m VI}{\sqrt{(R_m + R_s)^2 + (X_m + X_s)^2}}$$

$$V_m = \frac{Z_m}{Z_t} \times VI \dots (4.4)$$

Donde:

VI = Voltaje inicial

V_m = Voltaje línea a línea en las terminales del motor durante el arranque.

Z_m = Impedancia del motor al arranque.

R_m = Resistencia equivalente del motor.

R_s = Resistencia equivalente del circuito.

X_s = Reactancia equivalente del circuito.

$$\text{Finalmente } \%V = \frac{V_m}{V_I} \times 100 \quad (4.5)$$

C.- Selección por corto circuito.

Bajo condiciones de corto circuito, - la temperatura del conductor no deberá exceder de ciertos límites, antes de que las protecciones - del circuito aislen la falla. Una mala selección del cable para estas condiciones, podría resultar en daños permanentes al aislamiento, o en la generación de vapores inflamables debido a la desintegración del material, que si se calienta lo suficiente, puede provocar un incendio

La determinación del calibre del conductor, está basada en una fórmula que relaciona la corriente y el área del conductor contra temperatura y tiempo:

$$\left[\frac{I}{A} \right]^2 t = 0.297 \log \frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \quad (4.6)$$

Donde:

I = Corriente de corto circuito en amperes

A = Area del conductor en circular mils.

t = Tiempo de duración de la falla en segundos

T₁ = Temperatura máxima de operación del conduc=
tor en °C.

T₂ = Temperatura máxima permisible de corto circuito =
°C.

4.2 EJEMPLO

El siguiente ejemplo, es típico de la aplicación de los criterios anteriores para la selección de alimentadores. La selección del resto de los alimentadores se hizo en forma análoga.

Alimentador de tablero de 13.8 KV a transformador de subestación N° 4 (2500/3125 KVA OA/FA).

CARACTERISTICAS:

CanalizaciónCharola
Longitud920 metros
Corriente nominal /FA..131 amperes

a).- Por capacidad de conducción de corriente

Empleando la fórmula 4.1, y considerando:

$$f_a = 0.89 \quad \text{y} \quad f_t = 0.89$$

$$I = \frac{131}{0.89 \times 0.89} = 165.38 \text{ amperes}$$

De acuerdo con la gráfica 26 de Condu^umex, el calibre a seleccionar es 1/0 AWG, con capacidad hasta 210 amperes.

b).- Por caída de tensión.

Características dadas por el fabricante para conductor de calibre 1/0:

$$R = 0.419 \text{ OHMS/KM}$$

$$X = 0.140 \text{ OHMS/KM}$$

Los datos del circuito son:

$$L = 920 \text{ Mts.}$$

$$\text{KVA} = 3125 \text{ (FA)}$$

$$\text{KV} = 13.8$$

$$\text{COS}\theta = 0.85 \qquad \text{SEN}\theta = 0.52$$

$$R = 0.3854 \text{ OHMS} \qquad X = 0.1288 \text{ OHMS}$$

De la fórmula 4.2

$$\% V = \frac{3125 (0.3854 \times 0.85 + 0.128 \times 0.52)}{10 (13.8)^2}$$

$$\% V = 0.64$$

Por lo que hasta este punto es aceptable el calibre de 1/0 AWG.

c).- Por corto circuito

De acuerdo al cálculo de corto circuito, la corriente de falla será de 15367.5 amperes máximo, y de acuerdo a la fórmula 4.6 graficada en la tabla 35 de condumex y considerando un tiempo

po de interrupción de 0.5 segundos máximo, el calibre mínimo admisible es de 3/0 AWG.

Por lo tanto, el conductor seleccionado inicialmente se corrige a 3/0 AWG.

4.3 CALCULO DE CORTO-CIRCUITO

Para iniciar el estudio del corto-circuito, es necesario primero la preparación del --diagrama unifilar de la instalación, que muestre la conexión de todas las fuentes que contribuyen al corto-circuito, como son: generadores, motores conexiones de la red pública, y todos los elementos que puedan incluir, tales como transformado--res, cables, etc.

En segundo lugar, preparar el diagrama de impedancias o reactancias, aceptando gene--ralmente que la resistencia es despreciable en --relación con las reactancias, debido a que la re--sistencia en alta tensión no tiene gran influen--cia sobre la magnitud total de las corrientes de--corto circuito.

Los sistemas eléctricos de generación y transformación, están contruidos generalmente por fuentes de energía, líneas de distribución y transmisión, que se encuentran acopladas por medio de transformadores, y por tanto, operan a diferentes voltajes nominales. Con el fin de facilitar--los cálculos de corto-circuito en tales sistemas, se hace necesario transformar el sistema original a otro equivalente, en el cual las impedancias de todas las máquinas y líneas, queden expresadas en OHMS, referidas a una base común de voltaje o bien

en porcentaje o unidad referidas a una base común en KVA.

4.3.1 METODO POR UNIDAD

El método por unidad que es el que empleamos para el cálculo del corto-circuito de la planta, constituye un medio de expresar los números en tal forma que se facilite su comparación.- Un valor por unidad está dado por la relación.

$$\text{Por unidad} = \frac{\text{un número}}{\text{un número base}}$$

Al número base se la denomina también-valor unitario, ya que en el sistema por unidad - equivale precisamente a la unidad. En este sistema podemos seleccionar arbitrariamente los números de base en: amperes, volts, volts-amperes, y ohms de los cuales sólo deben seleccionarse dos - obteniéndose los restantes mediante la ley de ohm

Si se emplean los valores de base elegidos, podemos expresar todas las partes de un circuito o sistema eléctrico, en cifras por unidad; utilizando las relaciones que siguen:

$$\text{Volt pu} = \frac{\text{Volt}}{\text{Volt base}} \quad (4.7)$$

$$\text{Amp. pu} = \frac{\text{Ampere}}{\text{Ampere base}} \quad (4.8)$$

$$\text{Ohm pu} = \frac{\text{Ohm}}{\text{Ohm base}} \quad (4.9)$$

En la práctica resulta más conveniente elegir volts de base y KVA de base; entonces quedan fijos automáticamente los valores de base de los parámetros restantes. Para un sistema trifásico:

$$\text{Ampere base} = \frac{\text{KVA base} \times 1000}{\sqrt{3} \text{ volts base}} \quad (4.10)$$

$$\text{Ampere base} = \frac{\text{KVA base}}{\sqrt{3} \text{ KV base}} \quad (4.11)$$

$$\text{Ohms base} = \frac{\text{Volts base}}{\sqrt{3} \text{ Amperes base}} \quad (4.12)$$

En las que KVA base son los KVA trifásicos, y los volts base son los volts entre líneas.

Prácticamente interesa transformar el valor dado en ohms, a ohms por unidad directamente; sin determinar previamente los ohms base.

De acuerdo con la ley de ohm se puede escribir la fórmula 4.12 como sigue :

$$\text{OHMS Base} = \frac{\sqrt{3} (\text{volts base})^2}{\sqrt{3} \text{ KVA base} \times 1000} \quad (4.13)$$

De donde:

$$\text{OHMS Base} = \frac{\text{KV}^2 \text{ base}}{\text{MVA base}} \quad (4.14)$$

Atendiendo a la definición de valor por unidad, tenemos:

$$\text{OHMS pu} = \frac{\text{OHMS} \times \text{MVA base}}{\text{KV}^2 \text{ base}} \quad (4.15)$$

Tomando como base de potencia 1MVA, y como base de voltaje los KV del punto donde se esté trabajando, tendremos las siguientes relaciones:

De la fórmula 4.14

$$Z_b = \text{KV}_b^2 \quad (4.16);$$

Donde b significa base.

Ahora para cambiar de una base b_1 a otra b_2 :

$$Z_{pu2} = \frac{\text{MVA}_{b2}}{\text{MVA}_{b1}} \left[\frac{\text{KV}_{b1}}{\text{KV}_{b2}} \right]^2 \quad (4.17)$$

Pero como los voltajes de base b_1 y b_2 son los mismos, debido a que se esta trabajando en el mismo punto de voltaje:

$$Z_{pu2} = Z_{pu1} \frac{MVAb2}{MVAb1} \quad (4.18)$$

si $MVAb2 = 1$

$$Z_{pu2} = \frac{Z_{pu1}}{MVAb1} \quad (4.19)$$

La fórmula 4.19 nos sirve para determinar los ohms pu directamente, sin necesidad de calcular los ohms base, cuando se tiene Z en por Unidad, en función del propio elemento.

Debido a que los elementos del sistema, se dan en diferentes unidades (MVA, OHMS, %, Z_{pu} , etc.), es necesario encontrar las fórmulas adecuadas, que nos permitan calcular la Z_{pu} en base a 1 MVA, directamente del valor conocido.

1.- Teniendo como dato la impedancia en Ohms (cables, reactores, resistencias, etc), sustituyendo la fórmula 4.16 en la 4.9 se obtiene que:

$$Z_{pu} = \frac{Z_{ohms}}{KVb^2} \quad (4.20)$$

2.- Teniendo como dato la potencia - del equipo en MVA (cargas, CCM's, motores, -- etc.), podemos emplear la ley de ohm, obteniendo que:

$$Z_{ohms} = \frac{KV^2}{MVA} \quad (4.21)$$

Sustituyendo en 4.20:

$$Z_{pu} = \frac{KV^2}{MVA \quad KVb^2}$$

Como se está trabajando en el mismo-punto de voltaje: $KVb = KV$

Por lo tanto :

$$Z_{pu} = \frac{1}{MVA} \quad (4.22)$$

Donde los MVA son:

a) Motores,- En este caso los MVA son los MVA de arranque del motor, tomándose como promedio:-

MVA arranque = 6 MVA nominales (4.23).

b) Tableros y CCM'S,- En este caso, los MVA son los equivalentes a los MVA de arranque de un motor - con potencia nominal del 60% de la carga total del tablero o CCM.

3.- Teniendo como dato la impedancia de un -
equipo en por ciento o por unidad en su propia base, po-
demos emplear la fórmula 4.19, la cual se repite para ma
yor claridad.

$$Z_{pu} = \frac{Z_{pu} \text{ equipo}}{MVA \text{ equipo}}$$

4.3.2 DATOS PARA EL CALCULO

Las reactancias de los equipos giratorios, serán calculadas de acuerdo a la norma ANSI-C37.010, según la siguiente tabla:

EQUIPO	R E A C T A N C I A	
	CAPACIDAD INTERRUPTIVA.	CAPACIDAD MOMENTANEA.
Generador	1.0X"d	1.0X"d
Motor de Inducción 1000 HP.	1.5X"d	1.0X"d
Motor de Inducción 50 HP.	3.0X"d	1.2X"d

Las reactancias que utilizamos en este cálculo, son para la capacidad momentánea de corto circuito, debido a que esta capacidad es la empleada para el ajuste de los relevadores instantáneos. Para el ajuste de los relevadores de tiempo, se multiplicará la capacidad momentánea por un factor que no considere la carga de motores de inducción.

Las tablas siguientes, se elaboraron en base a las fórmulas:(4.17), (4.20), (4.21) y (4.22).

TABLA "A"

ELEMENTO	CAPACIDAD MVA	X PROPIA (PU)	X BASE MVA (PU)
Dato C.F.E.	632	0.00158	0.00158
Transformador	12	0.06937	0.00578
Generador	12.5	0.107	0.00856
Generador	11	0.107	0.00972
Transformador	5	0.5318	0.01063
Transformador	3	0.0925	0.03083
Transformador	2.5	0.05318	0.02127
Transformador	2	0.05318	0.02659
Transformador	1.5	0.05555	0.0370
Transformador	0.75	0.05310	0.07091
Transformador	0,50	0.05313	0.1063
CCM A ₁	0.442		0.6284
CCM A	1,289		0.2154
CCM B ₁	0,722		0.3847
CCM B	0,725		0.3831
CCM C ₁	0,756		0.3674
CCM C	0,850		0.3268
CCM D ₁	1,322		0.2101
CCM D	0,492		0.5645
CCM E ₁	0,010		No contribuye
CCM E	0,626		0,4437
CCM F	0,561		0,4951
CCM G	0,667		0,4164

TABLA "A" (cont.)

ELEMENTO	CAPACIDAD MVA	X PROPIA (PU)	X BASE 1 MVA (PU)
CCM H	0.840		0.3306
CCM I	0.920		0.3019
CCM J	0.913		0.3042
CCM K	0.708		0.3923
CCM L	1.242		0.2236
CCM M	0.992		0.2800
CCM N	1.235		0.2249
CCM O	1.510		0.1839
CCM P	0.457		0.6078
CCM Q	1.115		0.2491
CCM R	1.560		0.1780
CCM S	0.627		0.4430
CCM T	1.200		0.2314
CCM U	1.019		0.2726
CCM V	0.642		0.4326
CCM X	1.037		0.2678
CCM Y	1.022		0.2718
CCM Z	1.222		0.2273

TABLA "B"

ELEMENTO	CAPACIDAD MVA	X MINIMA PROPIA	X (PU) 1 MVA BASE
Reactor		0.01	0.0434
Reactor		0.007	0.03038
Reactor		0.005	0.02170

MOTORES TABLA "C"

CAPACIDAD	Nº DE VECES CORRIEN TE DE ARRANQUE	MVA DE X (PU) BASE ARRAN- 1 MVA QUE.
2250	7	17.278 0.05787
800	6	5.265 0.1899
600	6	3.95 0.253
400	6	2.633 0.3797
350	6	2.303 0.4342
300	6	1.974 0.5065

CABLES

TABLA "D"

VOLTAJE KV	CALIBRE	X / KM	X (PU) /KM 1 MVA BASE
13.8	636 MCM	0.4477	0.00235
13.8	400 MCM	0.129	0.000677
13.8	250 MCM	0.137	0.000719
13.8	3/0 AWG	0.147	0.000772
4.16	600 MCM	0.111	0.006414
4.16	400 MCM	0.117	0.000676
4.16	1/0 AWG	0.140	0.008090
0.48	750 MCM	0.14370	0.6237
0.48	500 MCM	0.14763	0.64075

4.4 DESCRIPCION DEL METODO DE CALCULO DE CORTO CIRCUITO

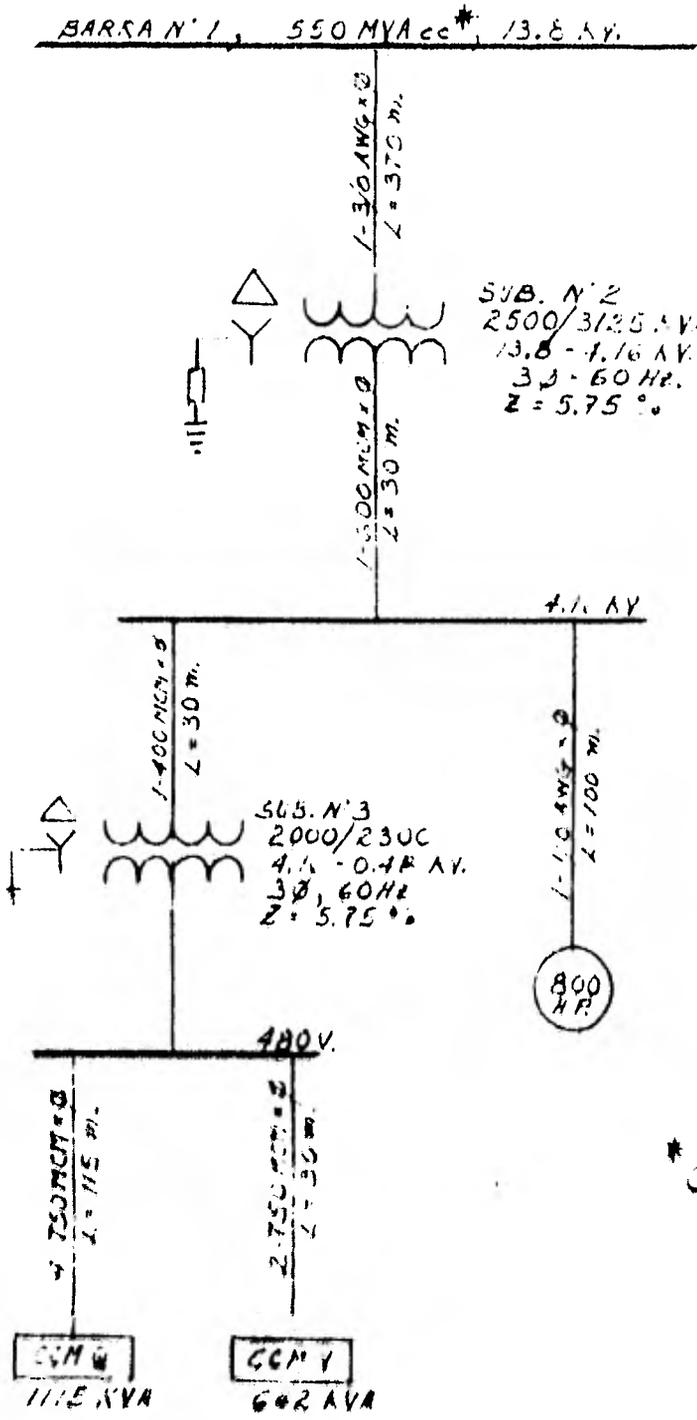
Los valores de reactancia calculados en las tablas A,B,C, y D anteriores, se anotan junto al elemento correspondiente en el diagrama unifilar de impedancias (ver Plano N^o 02).- Así mismo, se anotan los inversos de estos valores que representan de acuerdo a la fórmula (4.22) los MVA'S - de corto-circuito con los que contribuye cada elemento del sistema.

Sumando las reactancias que se tengan en serie en un ramal del circuito, tendremos la reactancia equivalente del mismo, cuyo inverso representará la contribución al corto circuito - del Ramal.

Por otro lado, para los elementos o ramales en paralelo se suman los MVA'S de cada uno dando como resultado la contribución en el nodo común.

Para la mayor comprensión, ilustramos lo anterior con un ejemplo del cálculo de c.c de una parte de la planta:

Ejemplo: Diagrama unifilar de la parte correspondiente a la subestación N° 2 y N° 3.



* CAPACIDAD SUPUESTA (CORTO CIRCUITO EN LA BARRA N° 1)

Fig. 1.2

De acuerdo a las tablas A,B,C, y D sustituidos en el diagrama de impedancias los valores de reactancia en pu:

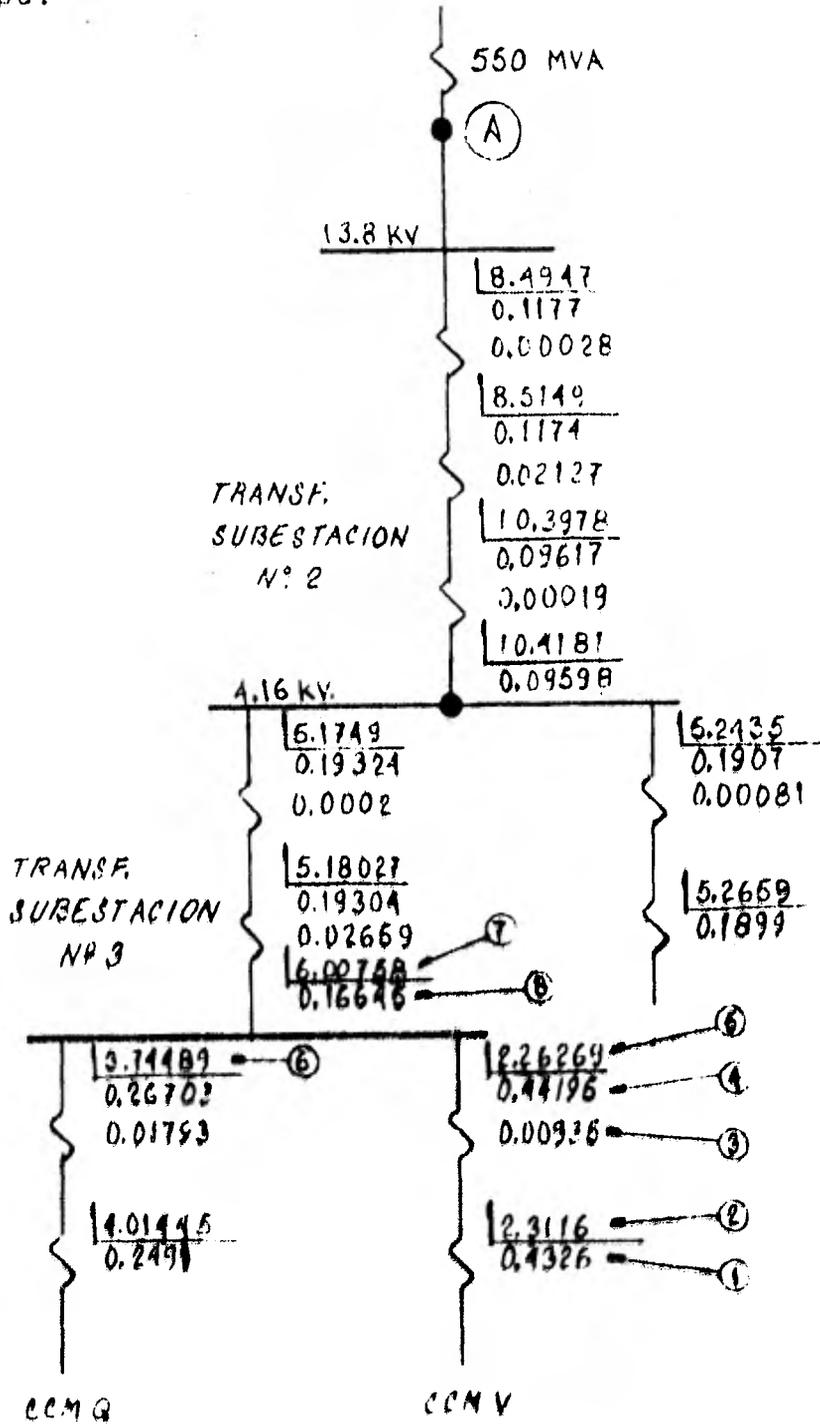


FIG. 4.3

Donde:

① = Xpu del elemento.

② = MVA contribución al cc del elemento =

$$\frac{1}{\text{①}} = \frac{1}{X_{pu}}$$

③ = Xpu del elemento.

④ = Reactancia equivalente "hacia abajo" = ① + ③

⑤ = MVA de cc equivalente "hacia arriba" = $\frac{1}{\text{④}}$

⑥ = MVA de cc equivalente "hacia arriba"

⑦ = MVA de cc equivalente "hacia arriba" = ⑤ + ⑥

⑧ = Xpu equivalente "hacia abajo" = $\frac{1}{\text{⑦}}$

Los valores restantes "hacia arriba" se calcularon siguiendo la misma metodología hasta el punto A -- del diagrama de impedancias. (ver Fig. 4.3)

Una vez completas las contribuciones hacia arriba, es necesario hacerlo hacia abajo, siguiendo la misma metodología, teniendo en cuenta, que cuando el sistema se ramifica, la contribución en MVA de alguno de los ramales será: la suma de las contribuciones en MVA que entren al nodo, excepto la del ramal en cuestión,

El total de las contribuciones "hacia arriba y hacia abajo" se muestran en la Fig. 4.4.

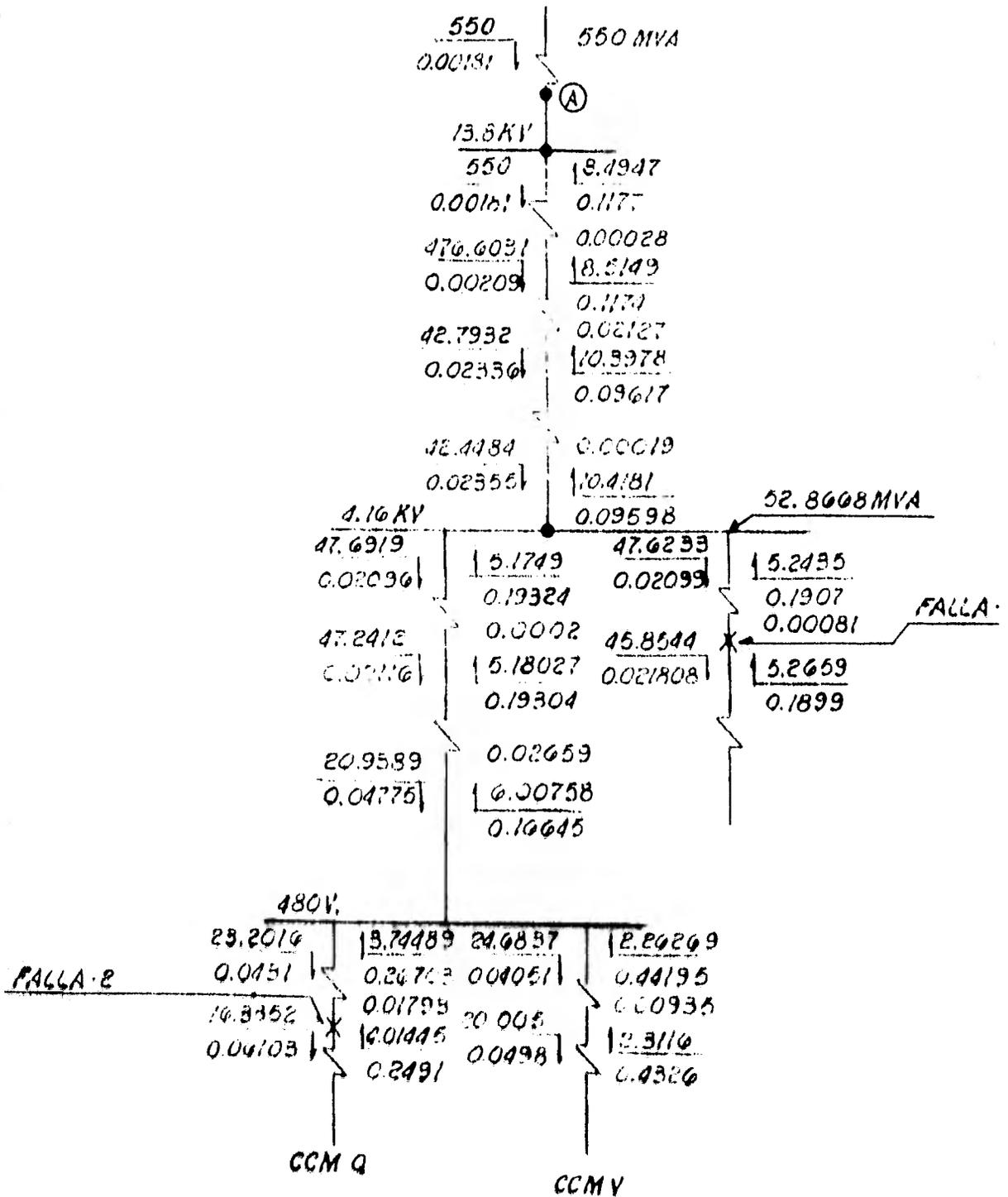


FIG. 4.4.

De la figura 4.4 podemos obtener lo siguiente:

- 1.- Valores de corto circuito simétrico en cualquier punto.
- 2.- Valores de corto circuito asimétrico, si se multiplican por el factor de asimetría correspondiente.
- 3.- Capacidad de corto circuito de las barras de los tableros.
- 4.- Capacidad interruptiva de los interruptores y fusibles.

Por ejemplo:

Supongamos la falla 1 mostrada en la figura 4.4 de los valores obtenidos:

El corto circuito simétrico en ese punto será la suma de las contribuciones; $45,8544 + 5,2659 = 51,12$ MVA, que traducido a corriente en amperes será de:

$$\frac{51,12}{\sqrt{3}(4,16)} \times 1000 = 7,094.9 \text{ Amperes}$$

Por el fusible alimentador del ramal donde se localiza dicha falla, pasarán 47,6233 MVA por lo que deberán seleccionarse fusibles de una capacidad interruptiva estandar de cuando menos la inmediata superior a dicho valor.

La barras del tablero alimentador de estos fusibles, deberán soportar un corto circuito igual a la suma de las contribuciones que entran a las barras que será de :

$$42.4484 + 5.1749 + 5.2435 = 52.8668 \text{ MVA.}$$

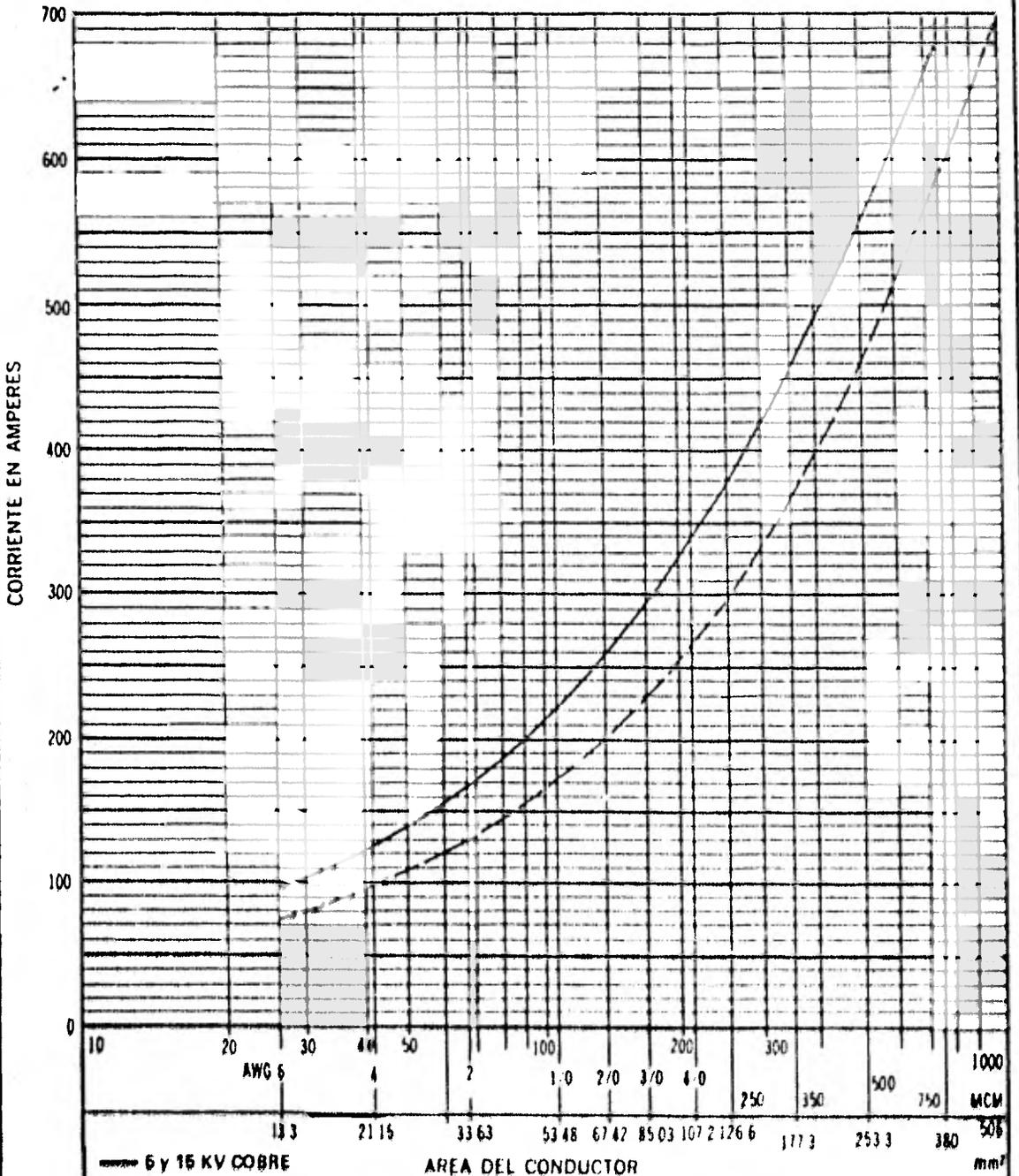
Igualmente para la falla 2 el corto circuito será de 20.3996 MVA igual a 24,537.68 amperes en ese punto; los interruptores de 480 serán de cuando menos 23.2 MVA y las barras del tablero de 480 deberán soportar un cc de 26.94 MVA.

Tomando en consideración lo expuesto en el punto 3.2 sobre la operación del sistema, observamos que la mayor contribución al corto circuito es cuando el interruptor de enlace esta cerrado y tenemos como única fuente a C.F.E. debido a la mayor contribución con respecto de los generadores.

Por este motivo el cálculo del cc del sistema se efectuó bajo estas condiciones, y en la misma forma que el ejemplo, Los resultados se muestran en el plano N^o 02.

GRAFICA 22

CORRIENTES EN CABLES DE ENERGIA UNIPOLARES. CON AISLAMIENTO EXTRUIDO (EPR-XLP) INSTALADO EN AIRE (CHAROLAS)



Condiciones Supuestas: $T_c = 90^\circ C$ $T_a = 40^\circ C$



GRAFICA 35

CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO PERMISIBLES PARA CABLES AISLADOS CON CONDUCTOR DE COBRE

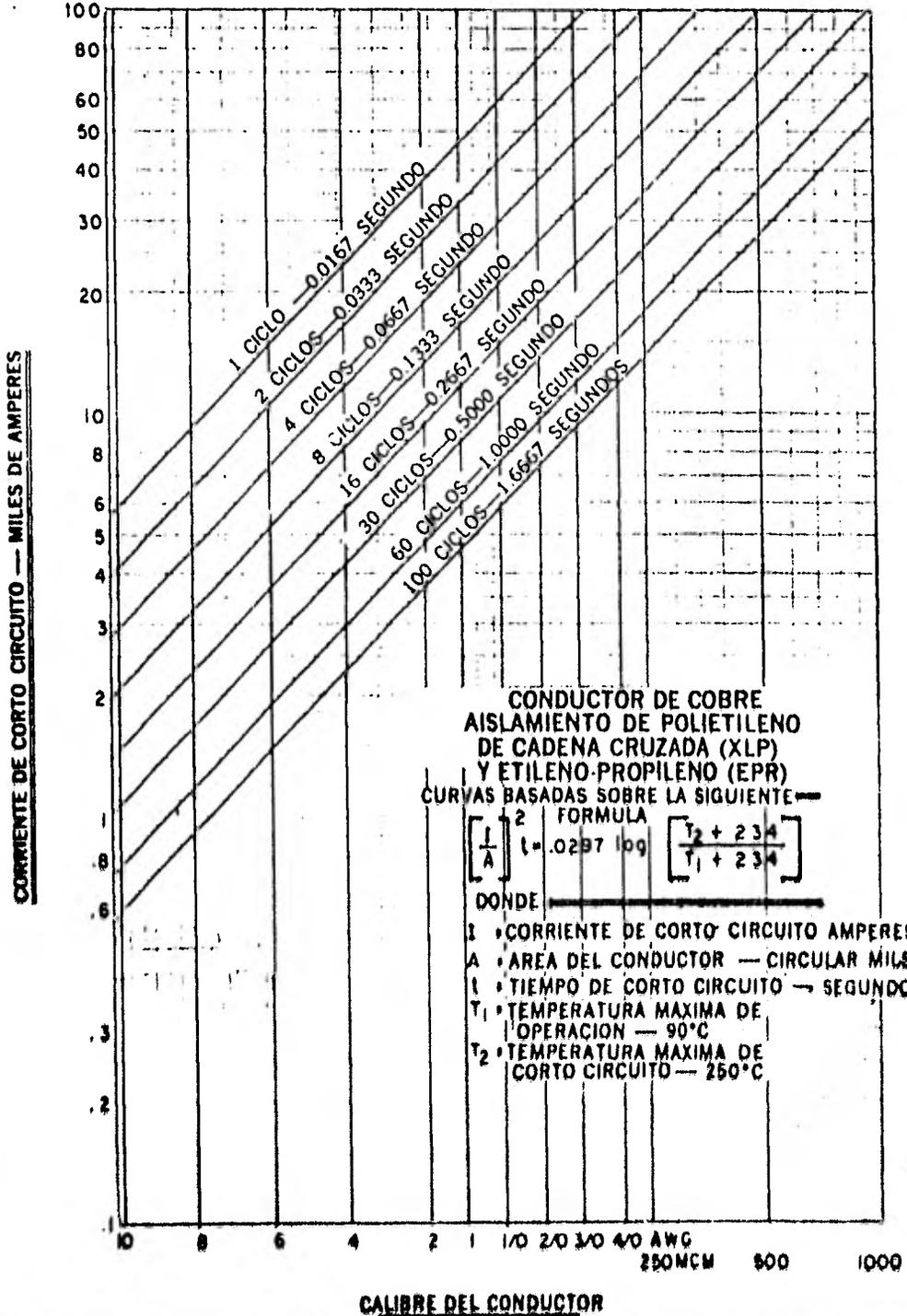


TABLA I

FACTORES DE CORRECCION POR VARIACION EN LA TEMPERATURA AMBIENTE

Máxima temperatura del conductor °C	Cables directamente enterrados o en ductos subterráneos					Cables instalados al aire					
	Temperatura del terreno (°C)					Temperatura del ambiente (°C)					
	15	20	25	30	35	25	30	35	40	45	50
60	1.13	1.07	1.00	.93	.85	1.41	1.28	1.15	1.00	.80	.71
75	1.10	1.05	1.00	.95	.88	1.22	1.15	1.08	1.00	.91	.82
80	1.09	1.04	1.00	.96	.90	1.17	1.12	1.06	1.00	.94	.87
90	1.07	1.03	1.00	.97	.92	1.14	1.10	1.05	1.00	.95	.89

TABLA II

CABLES EXPUESTOS AL SOL

Quando un cable está expuesto al sol, la temperatura de su superficie exterior aumenta con respecto a la del aire ambiente a la sombra. Aunque la situación no es tan desfavorable cuando hay viento, conviene considerar las condiciones más críticas para efectos de cálculo. La siguiente tabla proporciona datos empíricos sobre los incrementos que se deben dar a la temperatura ambiente a la sombra (tomada generalmente como 40°C) para calcular la corriente de los cables usando los factores de corrección de la Tabla I.

Diámetro cable (mm.):	20	30	40	50	60	70	80
Cable con plomo ext.: °C	12	15	17	18	20	21	22
Cable con cubierta opaca (yute, PVC, etc.): °C	14	17	19	21	24	26	28

TABLA III

FACTORES DE CORRECCION POR INCREMENTO EN LA PROFUNDIDAD DE INSTALACION

Profundidad de instalación en metros	Cables directamente enterrados		Cables en ductos subterráneos	
	5 KV a 23 KV	35 KV	5 KV a 23 KV	35 KV
0.9	1.00		1.00	
1.00	0.99		0.99	
1.20	0.98	1.00	0.98	1.00
1.50	0.97	0.99	0.97	0.99
1.80	0.96	0.98	0.96	0.97
2.50	0.95	0.96	0.91	0.92

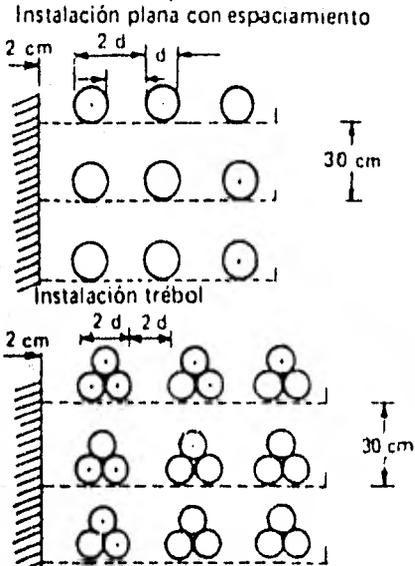
T A B L A I V
FACTORES DE CORRECCION POR VARIACION DE LA
RESISTIVIDAD TERMICA DEL TERRENO. RHO EN $\frac{^{\circ}C-cm}{W}$

CONSTRUCCION DEL CABLE	AREA DEL CONDUCTOR		CABLES ENTERRADOS DIRECTAMENTE						CABLES EN DUCTOS					
	mm ²	AWG MCM	RESISTIVIDAD TERMICA DEL TERRENO											
			60	90	120	150	180	240	60	90	120	150	180	240
UNIPOLARES	16	6	1.27	1.11	1.00	0.91	0.85	0.75	1.14	1.06	1.00	0.96	0.80	0.83
	70	2/0	1.31	1.13	1.00	0.91	0.84	0.74	1.17	1.07	1.00	0.94	0.89	0.81
	160	300	1.32	1.13	1.00	0.91	0.84	0.74	1.19	1.08	1.00	0.94	0.88	0.80
	240	500	1.33	1.13	1.00	0.91	0.84	0.73	1.20	1.08	1.00	0.93	0.88	0.79
	300	600	1.34	1.14	1.00	0.91	0.83	0.73	1.21	1.09	1.00	0.93	0.87	0.78
	500	1000	1.35	1.14	1.00	0.90	0.83	0.72	1.23	1.10	1.00	0.92	0.86	0.77
TRIPOLARES	16	6	1.17	1.07	1.00	0.94	0.88	0.80	1.08	1.04	1.00	0.97	0.93	0.88
	70	2/0	1.22	1.09	1.00	0.93	0.87	0.78	1.11	1.05	1.00	0.96	0.92	0.86
	160	300	1.24	1.10	1.00	0.92	0.87	0.77	1.12	1.05	1.00	0.95	0.91	0.84
	240	500	1.26	1.11	1.00	0.92	0.86	0.76	1.13	1.06	1.00	0.95	0.91	0.83
	300	600	1.27	1.11	1.00	0.92	0.85	0.76	1.15	1.07	1.00	0.95	0.90	0.83
	500	1000	1.20	1.12	1.00	0.91	0.85	0.75	1.16	1.07	1.00	0.94	0.89	0.81

TABLA VII

FACTORES DE AGRUPACION PARA CABLES EN CHAROLAS (*)

CABLES MONOFASICOS

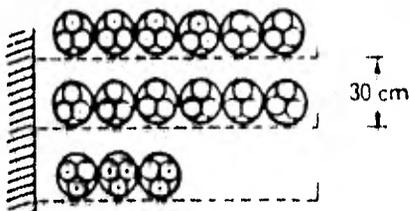


No. de charolas	No. de circuitos		
	1	2	3
	Factor de agrupamiento		
1	1.0	0.97	0.96
2	0.97	0.94	0.93
3	0.96	0.93	0.92
6	0.94	0.91	0.90

No. de charolas	No. de circuitos		
	1	2	3
	Factor de agrupamiento		
1	1.00	0.98	0.96
2	1.00	0.95	0.93
3	1.00	0.94	0.92
6	1.00	0.93	0.90

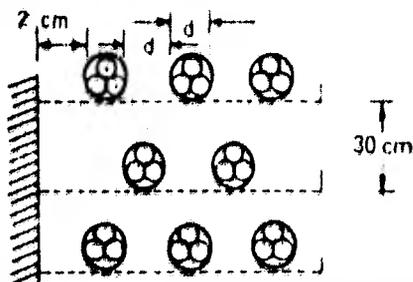
CABLES TRIFASICOS

Sin espaciamento



No. de charolas	No. de circuitos				
	1	2	3	6	9
	Factor de agrupamiento				
1	0.95	0.84	0.80	0.75	0.73
2	0.95	0.80	0.76	0.71	0.69
3	0.95	0.78	0.74	0.70	0.68
6	0.95	0.76	0.72	0.68	0.66

Con espaciamento



No. de charolas	No. de circuitos				
	1	2	3	6	9
	Factor de agrupamiento				
1	1.00	0.98	0.96	0.93	0.92
2	1.00	0.95	0.93	0.90	0.89
3	1.00	0.94	0.92	0.89	0.88
6	1.00	0.93	0.90	0.87	0.86

(*) Considerando que la charola es del tipo escalera.

CAPITULO V

SISTEMAS DE PROTECCION.

El grado de protección que se aplica a una planta industrial, se basa principalmente en el costo relativo del equipo y su importancia dentro de la planta. Se puede obtener tanta protección como se desee, dependiendo de la operación del sistema.

Prácticamente no hay sistemas a prueba de fallas, por lo tanto, hay que tomar en cuenta algunos factores en la protección, como son:

ECONOMIA,	Costo inicial de operación de Mantenimiento, etc.
PRACTICAS DE OPERACION,	Conforme a los estándares existentes y prácticas recomendables.
EXPERIENCIAS PREVIAS	Según los resultados que se observen en plantas similares ya instaladas.
MAGNITUDES DE FALLA Y EQUIPO,	Obtener las Magnitudes de las fallas y su localización, así como de

los equipos a proteger:-
Transformadores, Generadores, Instrumentos, etc

La filosofía general de la aplicación de relevadores, es dividir el sistema de potencia en zonas de protección, que deben ser adecuadamente protegidas, con la desconexión de la mínima parte del sistema, en la medida como esto sea posible.

Esta filosofía de aplicación, divide al sistema en las siguientes zonas de protección

- 1.- Generadores o Grupo de Generador-Transformador.
- 2.- Transformadores.
- 3.- Buses.
- 4.- Líneas o Cables.
- 5.- Motores.

En cada zona de protección existen traslapes con otra, con el fin de evitar que quede alguna zona sin protección, siendo el objetivo principal, tener la línea de protección primaria de acuerdo a la filosofía ya expuesta, ver figura 5.1 Reconociendo que la línea primaria de protección puede fallar, el respaldo lo proporcionan las protecciones de los interruptores de

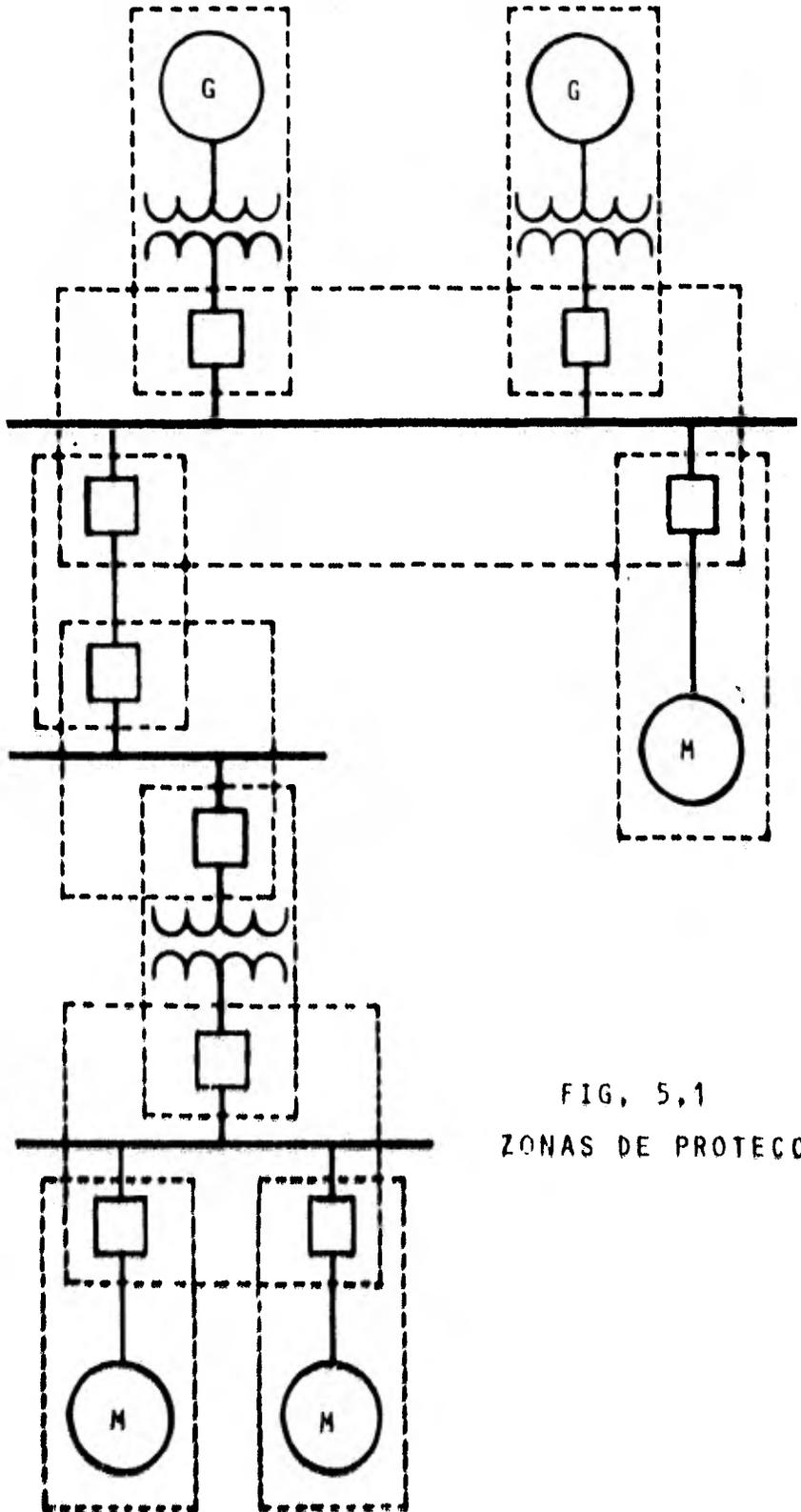


FIG. 5,1
ZONAS DE PROTECCION

las zonas adyacentes a la falla inicial, tratando de dejar fuera la menor parte posible del sistema

La base para la selección de los esquemas de protección a emplear en cada zona, está tomada de las recomendaciones mínimas que se dan en las diferentes publicaciones que existen sobre el tema (ver Bibliografía).

Al final de esta tesis, se incluye un apéndice sobre la designación ANSI de relevadores

5.1 PROTECCION DE GENERADORES.

La protección del conjunto Turbina-Generador, está dada por el fabricante del equipo, y básicamente se divide en dos tipos: Protección contra fallas propias o internas del generador.

Las principales protecciones de los generadores se muestran en el diagrama unifilar-general (Plano 01), y se describen a continuación:

RELEVADOR
51V

El relevador de sobrecorriente controlado por voltaje, ANSI-51V, básicamente provee protección de respaldo para detectar fallas en el sistema de distribución y disparar el interruptor del Generador, en el caso de que el interruptor del alimentador con la falla no la elimine.

RELEVADOR
51N

La protección de respaldo contra fallas externas a tierra, es proporcionada por el relevador ANSI 51N, que es un relevador de sobre corriente de tiempo inverso.

RELEVADOR
32

La protección contra motorización del generador, está dada por el relevador ANSI-32, que es del tipo direccional de potencia el cual debe operar para el flujo de potencia hacia el generador, e incluye un retardo de tiempo para prevenir disparos durante la sincronización de la máquina al sistema, al producirse oscilaciones en el flujo de potencia del sistema al generador y viceversa. En este caso se siguió la práctica normal de que el relevador dispare el interruptor principal a no más del 3% del flujo inverso de potencia nominal.

RELEVADOR
40

El relevador ANSI-40, detecta pérdida de excitación, es del tipo direccional de impedancia

y esta diseñado para detectar - cambios en la impedancia del estator del generador, que ocurre por pérdida de la excitación. - El relevador manda disparo al - interruptor de campo y al prin- cipal.

RELEVADOR

46

Para prevenir sobrecalentamien- tos debido a excesivas corrien- tes desbalanceadas, se ha dis- puesto de un relevador ANSI-46- de sobrecorriente de secuencia negativa, el cual dispara el in- terruptor de la máquina cuando- la corriente de secuencia nega- tiva, sobrepasa la característi- ca de $I_2^2 t$ del generador (valor $I_2^2 t = 30, 12$ en P.U.).

RELEVADOR

64F

El circuito del campo del gene- rador, opera sin conexión a tie- rra, por lo que una falla de un polo a tierra no afectará al - circuito, sin embargo con los - dos polos a tierra, puede dañar- se. Para esta aplicación se dis- pone de un relevador ANSI-64F, - de tal modo que una falla a tie- rra de cualquier polo operará - el relevador, mismo que mandará

accionar una alarma.

En caso de falla de los dos polos a tierra, deberá operar el interruptor del campo.

RELEVADOR

60

La operación correcta del regulador automático de voltaje y de algunos relevadores como el 51V, el 32, el 40, etc., requieren de una referencia apropiada de potencial.

Una falla en los Transformadores de potencial o la operación de los fusibles de protección de los mismos, puede causar una elevación del voltaje de excitación del generador hasta su valor máximo, ya que se perdería la señal de referencia del voltaje de generación al regulador automático de voltaje, o causar disparos innecesarios en los relevadores al perder estos la restricción de voltaje.

Un relevador de balance de voltaje, dispositivo ANSI-60, provee protección contra esta eventualidad.

El diagrama unifilar general muestra un juego de TP'S que polarizan a los relevadores, y otro

juego de TP'S que alimentan al regulador de voltaje, entre es tos dos potenciales esta colo- cado el relevador 60 de balan- ce de voltaje.

En caso de que el voltaje de - restricción de los relevadores sea menor que el de referencia para el relevador automático - de voltaje, el relevador 60 - bloquea el disparo de los rele- vadores 32, 40, 46 y 51V y - manda señal de alarma.

Por otro lado, si el voltaje - referencia para el RAV, es me- nor que el de restricción del relevador, el relevador 60 cie rra un juego de contactos que- hacen funcionar una alarma y - pone el regulador de excita - ción en mando manual.

RELEVADOR

87

La protección de los generador- res para fallas internas entre fases, se obtiene por medio de relevadores diferenciales de - alta velocidad ANSI 87.

Debido a que la corriente de - falla a tierra esta limitada -

por una resistencia, es necesario añadir un relevador diferencial para fallas a tierra de -- los devandos de la máquina (ANSI 87 G).

5.2 PROTECCION DE TRANSFORMADORES

Las fallas en los transformadores puede agruparse básicamente en :

- 1.- Sobrecargas.
- 2.- Cortos-circuitos.
- 3.- Sobre-voltajes.

Las cuales pueden originarse por causas externas o propias del transformador - por el medio ambiente o deficiencias de los materiales.

Las sobrecargas causan una sobreelevación de temperatura en los diferente componentes del transformador, si ésta temperatura es excesiva, el aislamiento se deteriora, causando reducción en la vida útil del transformador. Por otro lado los sobrevoltajes pueden perforar el aislamiento de los devanados, antes de la terminación de la vida esperada del transformador.

Las principales protecciones de los transformadores se muestran en el diagrama unifilar general (plano N^o 01), y se describen a continuación:

- RELEVADOR
50/51
- La protección contra sobrecargas y corto circuito entre fases, se proporciona por medio de un relevador de sobrecorriente de tiempo inverso ANSI-51, con unidad instantánea ANSI-50, en el mismo relevador que mandan el disparo del interruptor; permitiendo la corriente de magnetización y protegiendo contra corrientes mayores a la máxima permitida para el transformador (Punto ANSI).
- RELEVADOR
50/51N
- La protección contra sobrecargas y corto circuito a tierra, se ha proporcionado por un relevador ANSI-50/51N, que opera en forma similar al anterior.
- RELEVADOR
51G
- Este relevador suministra protección contra fallas a tierra en el secundario del transformador, así como protección de res

paldo para otros relevadores - 51N en el sistema, y respaldo para el relevador diferencial del transformador.

RELEVADOR

49

Este relevador es del tipo de indicador de temperatura del líquido aislante y consta de dos contactos ajustables a un valor predeterminado de temperatura: el primer contacto -- ajustado a 60°C pondrá en funcionamiento los ventiladores de aire forzado, incrementando la capacidad del transformador. El segundo contacto ajustado a 90°C , manda señal de alarma localizada en el tablero, dando oportunidad al operador de liberar carga si es necesario.

RELEVADOR

63

Este relevador es del tipo Buchholz y consta de dos elementos uno de los cuales detecta la presencia de gases o vapores originados por la desintegración o descomposición lenta del aceite, en presencia de un arco eléctrico accionan-

do una alarma. El otro elemento contiene una válvula que -- funciona al paso del aceite a través de la tubería cuando -- ocurre una falla severa y que -- cierra los contactos que dispa -- ran los interruptores del trans -- formador.

RELEVADOR

87

Este relevador es del tipo diferencial de corriente con -- restricción de armónicas, y -- opera para desbalance de co --- rriente entre los devanados -- primario y secundario del trans -- formador, mandando disparo de -- los interruptores. El objeto -- de la restricción de armónicas es el evitar disparos durante -- la energización del transforma -- dor, debido a que la corriente de magnetización tiene gran -- contenido de armónicas.

APARTARRA- YOS

Los sobrevoltajes causados por descargas atmosféricas u opera -- ciones de cierre y apertura de interruptores, son absorbidos -- por los apartarrayos colocados

en el primario y secundario del transformador, los cuales limitan el valor de sobrevoltaje -- por debajo del nivel básico de aislamiento de las boquillas y de los devanados.

5.3 PROTECCION DEL CIRCUITO SECUNDARIO DE ALIMENTACION.

El propósito del esquema propuesto, básicamente se divide en dos tipos: Protección contra fallas externas al sistema propio de la planta (en C.F.E.), y contra fallas dentro de este.

Las protecciones que comprende se muestran en el diagrama unifilar general (plano 01) y se describen a continuación:

- | | |
|---------------------|--|
| RELEVADOR
51 | Este relevador nos proporciona protección contra fallas entre fases, y es del tipo de sobrecorriente de tiempo inverso. |
| RELEVADOR
51/51N | Su aplicación y características son similares a las ya descritas anteriormente para este relevador. |
| RELEVADOR
67/67N | Estos relevadores son del tipo direccional de sobrecorriente y son necesarios debido al arreglo de doble alimentador que tenemos, ya que se pueden presentar fallas hacia la acomode |

tida, alimentada por la línea -
paralela o los generadores.

RELEVADOR
32

Este relevador protege contra -
flujos de potencia inversa, per-
mitiendolos durante un cierto -
tiempo, mientras están presen--
tes los transitorios de sincro-
nización y mandando disparo de
los interruptores si este tiem-
po se excede.

5.4 PROTECCION DE LINEAS Y CABLES.

a) PROTECCION DE LINEAS

C.F.E. se encargo de la protecci3n de su l3nea, adem3s de que se est3 respaldando con las protecciones descritas en el p3rrafo 5.3.

b) PROTECCION DE CABLES.

Las altas temperaturas, son probablemente la causa m3s frecuente de fallas en -- los cables y del decremento en su vida 3til.

Los cables de potencia al calentarse -- excesivamente pueden degradar su nivel de -- aislamiento, por lo que la selecci3n de los -- cables debe hacerse de acuerdo a la corriente calculada, incluyendo los factores decrementales, y un nivel de voltaje adecuado.

Otras causas de da3os en los cables -- pueden deberse al medio ambiente, al manejo -- inadecuado por parte del personal, animales, hongos o insectos.

La protecci3n considerada para los -- alimentadores es contra sobrecorriente y con

tra cortocircuito, por medio de relevadores -
50/51 y 50/51N de operación similar a los des
critos anteriormente.

5.5 PROTECCION DE MOTORES.

Debe darse mayor atención a la protección de los motores grandes, puesto que presentan mayor inversión. Por lo tanto se seleccionaron dos esquemas de protección:

Uno para motores menores de 1,500 H.P. y otro para mayores o igual a 1,500 H.P.

Las fallas consideradas para la protección de motores fueron las siguientes:

- 1.- Fallas en los devanados.
- 2.- Sobrecargas excesivas.
- 3.- Reducción o pérdida del voltaje de alimentación.
- 4.- Inversión o desbalance de fases.

La figura 5,2 muestra las protecciones para motores menores de 1,500 H.P. ;

RELEVADOR

49

El relevador proporciona protección contra sobrecargas y es del tipo de imagen térmica, cuya curva sigue más fielmente la curva de calentamiento del motor, que la curva de un relevador de sobrecorriente.

RELEVADOR
50 GS

Es del tipo de sobrecorriente-instantáneo y proporciona protección rápida contra fallas a tierra, especialmente en las de gran magnitud, las cuales el relevador 49 probablemente no detectaría.

RELEVADOR
47/27

Este relevador proporciona protección contra secuencia inversa y bajo voltaje, que puede ocurrir entre la fuente y el tablero.

La protección contra fallas de corto circuito esta provista mediante los fusibles.

La figura 5.3 muestra la protección para motores mayores o iguales a 1,500 H.P. y se enlistan a continuación:

RELEVADOR
46

Es del tipo de desbalance de fases, y proporciona protección contra operación monofásica cuando abre uno de los fusibles del arrancador.

RELEVADOR
49
(RTD)

Es un relevador térmico, que protege contra sobrecargas a través de un detector de tempe

ratura por resistencia embebido en los devanados del estator. Este tipo de relevador es preferible al utilizado en los motores de menos de 1,500 H.P. ya que sigue la curva real de temperatura del motor.

RELEVADOR

49 S

Debido a que el detector de temperatura por resistencia del -- dispositivo 49, no responderá -- inmediatamente a los cambios -- bruscos de temperatura de los -- conductores del estator, mismos que se producen en condiciones de rotor bloqueado, es necesario incluir este relevador en el esquema de protección.

RELEVADOR

87

Este relevador proporciona protección rápida contra fallas entre fases o de fase a tierra en el circuito del motor,

RELEVADORES
50,50GS, 47/
27

Su operación ya fué descrita anteriormente, así como la de los fusibles alimentadores.

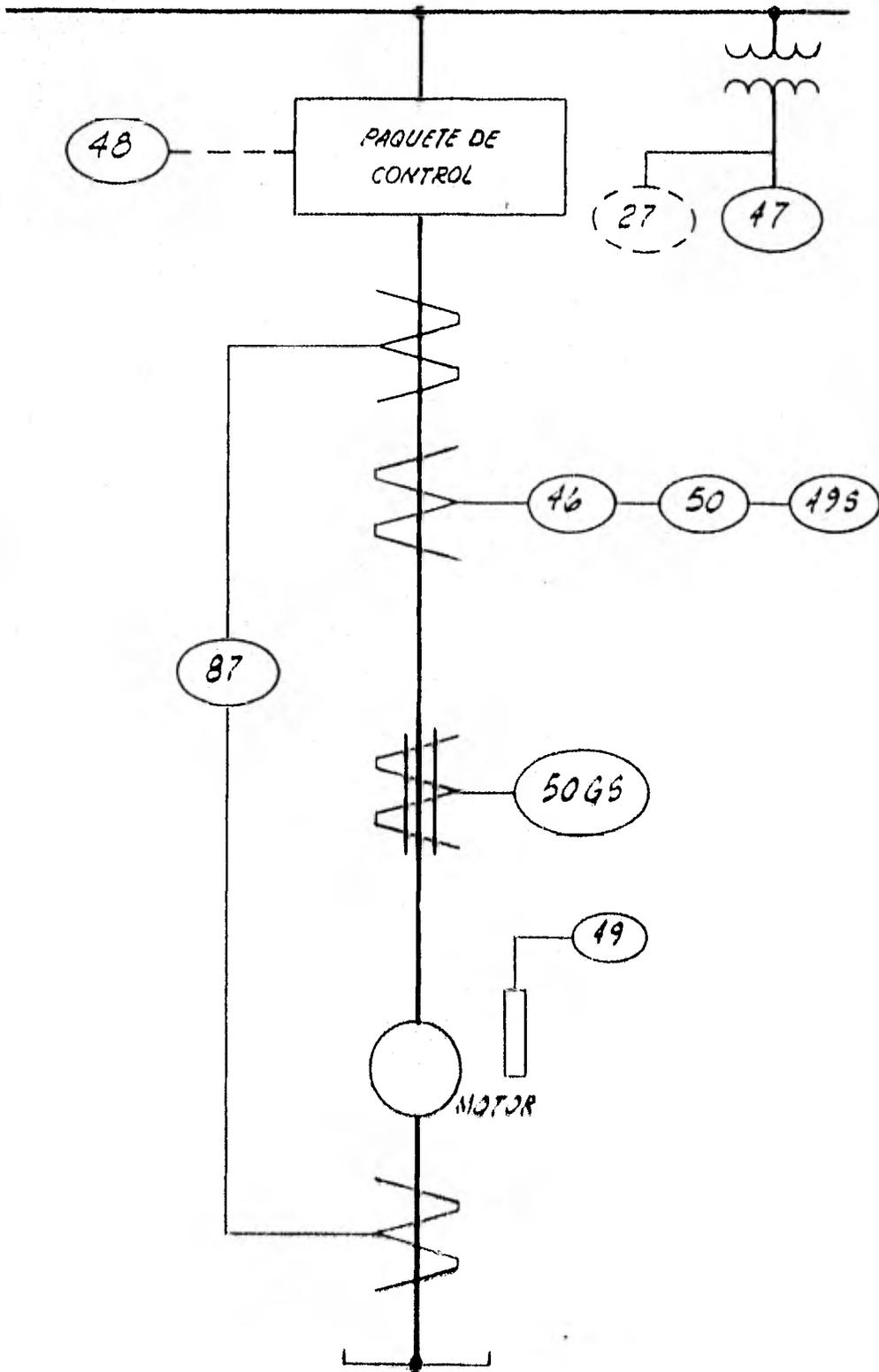


FIGURA 5.3

PROTECCION DE MOTORES MAYORES
O IGUALES A 1500 H.P.

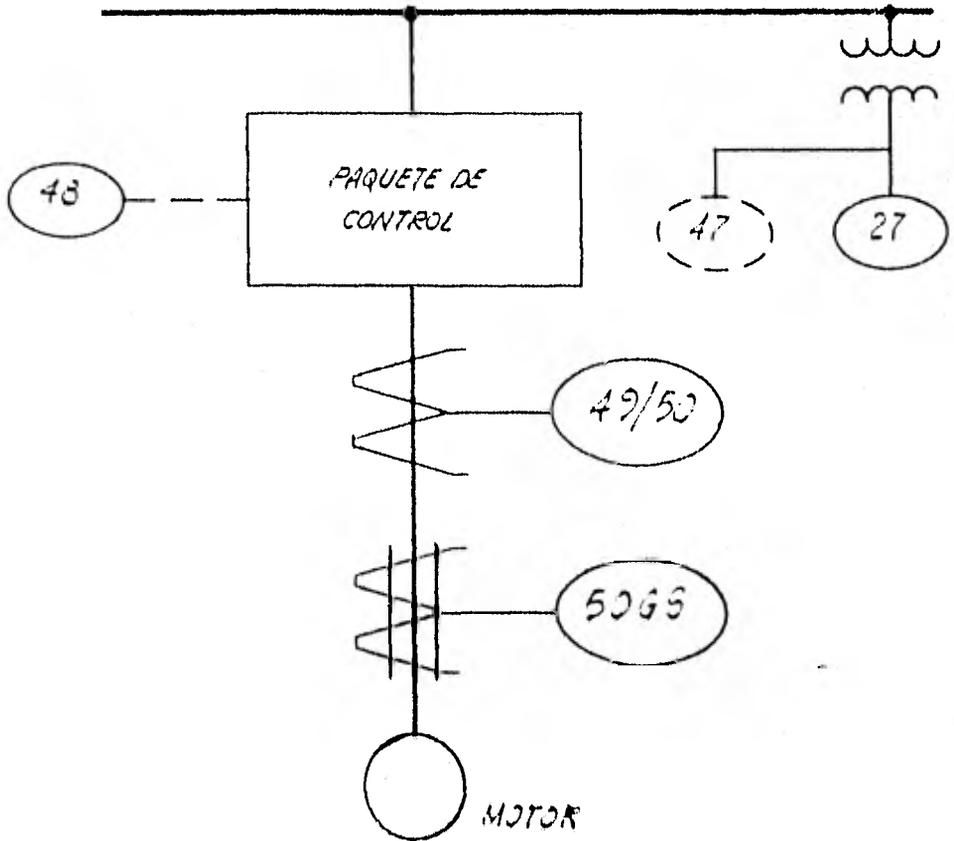


FIGURA 5.2
PROTECCION DE MOTORES
MENORES DE 1500 H.P.

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

La fabricación de papel a partir del bagazo de caña, se consideró como un tema de gran interés, principalmente en el aspecto económico, debido a que anteriormente del bagazo de caña no se obtenía ningún beneficio. Actualmente, México produce papel periódico de este desperdicio, creando nuevas fuentes de trabajo y reduciendo la tala inmoderada de los bosques. Como consecuencia, podría pensarse en obtener paper de otros desperdicios similares, tales como: la caña del maíz, la espiga de trigo, el arroz, etc. A este respecto se han efectuado investigaciones con la caña del maíz, las cuales no han fructificado, aparentemente por razones económicas, debido a su bajo contenido de celulosa, con respecto al bagazo de caña.

La descripción del proceso se hizo de manera muy generalizada, a causa de la restricción de información por parte del fabricante ya que son procesos patentados; por otro lado el enfoque del trabajo está dirigido hacia el aspecto eléctrico, por lo cual no se vio afectado el desarrollo del mismo.

Como en todo trabajo de tipo técnico se tuvieron presentes los factores fundamentales de diseño, para obtener una óptima funcionalidad y calidad en el servicio, sin embargo la limitación que enmarcan cada uno de estos factores dependerá de las necesidades particulares de diseño, sacrificandose en este caso el costo de mantenimiento y el costo inicial, a favor de una mayor continuidad en el servicio, sin menospreciar la seguridad del personal.

El arreglo de doble bus y selectivo-primario fué elegido proque proporciona la flexibilidad que garantiza la continuidad en el servicio; con la ventaja de que uno de los buses está alimentado por medio de generación propia, aprovechando la disponibilidad de vapor en la planta lo cual disminuye los costos de operación, con respecto de una planta sin generación de vapor - en su proceso,

La selección de los transformadores principales y generadores, se hizo en base a la carga conectada aplicándole un factor de diversidad. Aunque siempre es conveniente tener la gráfica de la demanda (carga-tiempo) para una selección más adecuada; sin embargo, cuando se carece de estos datos, se recurre a un análisis comparativo de carga de una planta de características - similares,

El método de cálculo de corto circuito utilizado, a pesar de que sólo es aplicable para fallas trifásicas, tiene grandes ventajas sobre otros métodos, dada su rapidez y sencillez en la interpretación de los resultados, ya que permite obtener la falla en cualquier punto del sistema con un sólo cálculo en el mismo diagrama

Debe notarse que la protección utilizada para los equipos, proporciona la seguridad adecuada para la aplicación particular de cada uno de ellos, en otros diseños será necesario hacer el análisis específico para la aplicación y grado de protección que se requiera.

Finalmente queremos aclarar, que no debe perderse de vista la importancia que tienen los demás componentes del sistema eléctrico como son: Tierras, Alumbrado, Control, la sección de baja tensión, etc., los cuales no fueron tratados en este trabajo, por el gran interés que representó para nosotros la sección de alta tensión, además de que involucrar todas las partes del sistema daría como resultado un trabajo demasiado extenso.

A P E N D I C E " A "

DESIGNACION ANSI DE RELEVADORES

Nº DE DISPOSITIVO - FUNCION - DESCRIPCION

- | | |
|--|---|
| 1 ELEMENTO MAESTRO | Es un dispositivo de iniciación tal como un Switch de control, relevador de voltaje, flotador, etc., que sirve directamente, o a través de él mismo para poner un equipo dentro o fuera de operación. |
| 2 RELEVADOR DE CIERRE O RETARDADOR DE ARRANQUE | Es un dispositivo que funciona dando un retardo de tiempo antes o después de cualquier punto de operación de una secuencia de switcheo o sistema de protección de relevadores, excepto cuando es específicamente suministrada por las funciones de los dispositivos 48, 62, 79. |
| 3 RELEVADOR DE CHEQUEO O INTERLUCK | Es un relevador que opera en respuesta a la posición de otros dispositivos (o al número de condiciones determinadas) para permitir una secuencia de operación, o suministrar un chequeo de la posición de estos dispositivos o de estas condiciones para cualquier propósito. |
| 4 CONTACTOR MAESTRO | Aparato generalmente controlado por el dispositivo Nº 1 ó su equivalente y de los dispositivos necesarios permisivos y de protección, cuya función es poner un equipo en funcionamiento bajo las condiciones deseadas, y retirarlo de funcionamiento cuando se encuentre bajo condiciones diferentes o anormales. |
| 5 DISPOSITIVO DE PARADA | Dispositivo cuya función primordial es retirar de funcionamiento un equipo y mantenerlo fuera de operación. |
| 6 INTERRUPTOR DE ARRANQUE | Dispositivo cuya función primordial es la de conectar una máquina a su fuente de tensión para el arranque. |

Nº DE DISPOSITIVO - FUNCION - DESCRIPCION

- | | |
|--|---|
| 7 INTERRUPTOR DE ANODO | Interruptor que se usa en el circuito del ánodo de un rectificador con el fin de interrumpir el circuito del rectificador si se produce un arco inverso. |
| 8 DISPOSITIVO DE DESCONEXION DEL CIRCUITO DE CONTROL | Dispositivo de desconexión tal como un desconectador de navajas, un interruptor automático o de fusibles desmontables en grupo; utilizado para desconectar el circuito de control de los aparatos o de las barras colectoras del equipo de control.
NOTA: El circuito de control puede incluir aparatos auxiliares como pequeños motores y calentadores. |
| 9 DISPOSITIVO DE INVERSION | Dispositivo usado con el fin de invertir el campo de una máquina o para efectuar cualquier otra función de inversión. |
| 10 SELECTOR DE SECUENCIA DE UNIDADES | Conmutador utilizado para variar el orden en que pueden ser puestas o retiradas de servicio las diferentes unidades de un equipo de unidades múltiples. |
| 11 RESERVADO PARA USO FUTURO | |
| 12 DISPOSITIVO DE SOBREVELOCIDAD | Es un aparato de conexión y desconexión colocado directamente a una máquina que actúa cuando la velocidad de ésta excede de la normal. |
| 13 DISPOSITIVO DE VELOCIDAD SINCRONA | Cualquier dispositivo que funcione aproximadamente a la velocidad sincrónica de una máquina, por ejemplo: un interruptor centrífugo de velocidad, un relevador de frecuencia de deslizamiento, un relevador de tensión o un relevador de baja corriente. |

Nº DE DISPOSITIVO - FUNCION - DESCRIPCION

- | | |
|--|---|
| 14 DISPOSITIVO DE BAJA VELOCIDAD | Dispositivo que funciona cuando la velocidad de la máquina es menor de un valor determinado. |
| 15 DISPOSITIVO IGUALADOR DE FRECUENCIA O VELOCIDAD | Es un dispositivo que funciona para mantener igual o aproximadamente igual la frecuencia o la velocidad de una máquina o sistema, respecto a la de otra máquina o sistema. |
| 16 RESERVADO PARA USO FUTURO | |
| 17 DISPOSITIVO DERIVADOR O DE CARGA | Interruptor o desconectador que tiene por función abrir o cerrar un circuito de derivación en cualquier sección de un aparato (excepto una resistencia), tal como un capacitor, un reactor, el campo o el inducido de una máquina.
NOTA: Están excluidos aquellos dispositivos que realizan las operaciones de derivación necesarias durante el arranque de máquinas, función realizada por los dispositivos 6 ó 42 ó sus equivalentes, y también excluye la función del dispositivo 73 que sirve para la conmutación de resistencias. |
| 18 DISPOSITIVO DE ACELERACION O DESACELERACION | Dispositivo para cerrar o dar lugar al cierre de los circuitos utilizados para aumentar o reducir la velocidad de una máquina. |
| 19 CONTACTOR DE TRANSICION DE ARRANQUE A MARCHA NORMAL | Dispositivo que funciona para iniciar o dar lugar al cambio automatico de la conexión de arranque a la conexión de marcha normal de una máquina. |

Nº DE DISPOSITIVO - FUNCION - DESCRIPCION

- 20 VALVULA DE OPERACION ELECTRICA Válvula accionada por solenoide o por motor, utilizada en tubería de vacío, aire, gas, petróleo, agua, etc.
NOTA: La función de la válvula puede ser indicada por la inserción de palabras descriptivas en el nombre, tales como: "de freno" o "reductora de presión", por ejemplo: Válvula de freno de operación eléctrica.
- 21 RELEVADOR DE DISTANCIA Relevador que funciona cuando la admitancia, impedancia o reactancia de un circuito aumenta o disminuye más allá de determinados límites.
- 22 INTERRUPTOR IGUALADOR Interruptor que sirve para abrir y cerrar el circuito igualador o de equilibrio de corriente del campo de una máquina, o del equipo de regulación de una instalación de varias unidades.
- 23 DISPOSITIVO DE CONTROL DE TEMPERATURA Dispositivo que actúa para subir o bajar la temperatura de una máquina o un aparato, o de cualquier medio cuando la temperatura baja o sube de un valor determinado.
NOTA: Un ejemplo es un termostato que opera un calentador dentro de un tablero cuando la temperatura desciende de un valor determinado. Queda excluido el dispositivo utilizado para proporcionar regulación automática de temperatura que se designa como 90T.
- 24 RESERVADO PARA USO FUTURO

Nº DE DISPOSITIVO - FUNCION - DESCRIPCION

- 25 DISPOSITIVO SIN--
CRONIZADOR O VERI--
FICADOR DE SINCRÓ--
NISMO Dispositivo que funciona cuando dos cir-
cuitos de CA están dentro de los límites
deseados de frecuencia, ángulo de fase y
tensión, para permitir o dar lugar a la
conexión en paralelo de los circuitos.
- 26 DISPOSITIVO TER--
MICO DE APARATOS Dispositivo que funciona cuando la tempe-
ratura del campo en derivación o del de-
vanado amortiguador de una máquina, de
una resistencia limitadora o desviador
de corriente o la de un líquido u otro
medio excede de un valor determinado o
si la temperatura del aparato protegido,
tal como un rectificador, o la de cual-
quier otro medio desciende de un valor
determinado.
- 27 RELEVADOR DE BAJA
TENSION Relevador que funciona cuando la tensión
desciende de un valor determinado.
- 28 DETECTOR DE FLAMA Dispositivo que monitorea la presencia
del piloto o flama en aparatos tales co-
mo turbinas de gas o calderas.
- 29 RELEVADOR ANUNCIA
DOR Dispositivo de reposición no automática
que da una o más indicaciones visuales
independientes al funcionar los disposi-
tivos de protección, y que puede ajustar-
se también para una función de bloqueo.
- 30 CONTACTOR SEPARA-
DOR Contactor utilizado expresamente para
desconectar un circuito de otro, para
funcionamiento de emergencia, manteni-
to, o ensayos.
- 31 DISPOSITIVO PARA
EXCITACION INDE--
PENDIENTE Dispositivo que conecta un circuito tal
como el campo en derivación de un conver-
tidor sincrónico, a una fuente de excita-
ción independiente, durante la secuencia
de arranque, o que alimenta los circui-
tos de excitación de ignición de un rec-
tificador.

Nº DE DISPOSITIVO - FUNCION - DESCRIPCION

- 32 RELEVADOR DIRECCIONAL DE POTENCIA
Relevador que funciona con un valor determinado de flujo de energía en una dirección dada, o al producirse una inversión en la dirección del flujo, debido a un arco inverso en el circuito anódico o catódico de un rectificador.
- 33 INTERRUPTOR DE POSICIÓN
Interruptor que cierra o abre un contacto cuando el dispositivo principal o en un elemento de un aparato cualquiera no enumerado en la presente lista, llega a una posición dada.
- 34 INTERRUPTOR DE SECUENCIA MAESTRA
Interruptor de contactos múltiples que determina el orden de sucesión de las operaciones de los dispositivos principales durante el arranque, paro u otras operaciones de maniobra en que el funcionamiento debe seguir un orden determinado.
- 35 DISPOSITIVO PARA ACCIONAMIENTO DE LAS ESCOBILLAS O PARA PONER EN CIRCUITO CORTO LOS ANILLOS COLECTORES
Dispositivo para subir, bajar o desplazar las escobillas de una máquina o para poner en circuito corto los anillos colectores, o para establecer continuidad o discontinuidad a través de los contactos de un rectificador mecánico.
- 36 DISPOSITIVO DE POLARIDAD
Dispositivo que hace funcionar o permite el funcionamiento de otro dispositivo solamente cuando existe una polaridad determinada.
- 37 RELEVADOR DE BAJA CORRIENTE O BAJA POTENCIA
Relevador que funciona cuando la corriente o la potencia desciende de un valor determinado.

Nº DE DISPOSITIVO - FUNCION - DESCRIPCION

- | | |
|---|--|
| 38 DISPOSITIVO PRO--
TECTOR DE CHUMACE--
RAS | Es aquel que funciona al subir excesiva-
mente la temperatura de las chumaceras o
si aparecen otras condiciones mecánicas
anormales, tal como desgaste indebido
que puede ocasionar un aumento excesivo
de la temperatura de las chumaceras. |
| 39 MONITOR DE CONDI--
CION MECANICA | Dispositivo que funciona al ocurrir una
falla mecánica (excepto las cubiertas
por el dispositivo 38), como son vibra--
ción excesiva, excentricidad, etc. |
| 40 RELEVADOR DE
CAMPO | Relevador que funciona a un valor dado
de la corriente del campo de una máquina
o si dicha corriente se interrumpe o al-
canza un valor anormalmente bajo, o si
el valor de la componente reactiva de la
corriente en el inducido de una máquina
de corriente alterna es excesivo, lo que
indica que la excitación del campo es
anormalmente baja. |
| 41 INTERRUPTOR | Dispositivo que funciona para conectar o
desconectar la excitación del campo de
una máquina. |
| 42 INTERRUPTOR DE
MARCHA NORMAL | Dispositivo cuya función principal es co-
nectar una máquina a su fuente de alimen-
tación normal, después de haber alcanza-
do la velocidad deseada con la conexión
de arranque. |
| 43 DISPOSITIVO MA---
MANUAL DE TRANSFE-
RENCIA O SELECTOR | Dispositivo accionado a mano, que permi-
te la transferencia de un circuito de
control a otro, con el objeto de modifi-
car el plan de operación del equipo de
maniobras o de algunos de sus dispositi-
vos, |

Nº DE DISPOSITIVO - FUNCION - DESCRIPCION

- 44 RELEVADOR DE ARRANQUE DE LA UNIDAD DE SECUENCIA
Relevador que funciona para arrancar la siguiente unidad disponible en un equipo de unidades múltiples, ante la falla o la indisponibilidad de la que normalmente le precede.
- 45 MONITOR DE CONDICION ATMOSFERICA
Dispositivo que opera al ocurrir una condición atmosférica anormal, tal como vapores dañinos, mezclas explosivas, humos o fuego.
- 46 RELEVADOR DE CORRIENTE PARA SECUENCIA INVERSA O EQUILIBRIO DE FASES
Relevador que funciona cuando la corriente de un sistema polifásico tiene una secuencia inversa, o cuando las corrientes están desequilibradas o contienen de secuencia de fase negativa, cuya magnitud excede de un valor determinado.
- 47 RELEVADOR DE TENSION DE SECUENCIA DE FASE
Relevador que funciona a un valor determinado de la tensión de un sistema polifásico con una secuencia de fases deseada.
- 48 RELEVADOR DE SECUENCIA INCOMPLETA
Relevador que vuelve el equipo a la posición normal, o lo desconecta y lo fija en dicha posición, si la secuencia de arranque de funcionamiento o de parada no se completa en la forma establecida dentro de un periodo de tiempo determinado.
- 49 RELEVADOR TERMICO DE MAQUINA O TRANSFORMADOR
Relevador que funciona cuando la temperatura del inducido de una máquina de corriente alterna o el inducido u otro devanado o elemento de carga de una máquina de corriente continua, o convertidor, rectificador transformador (incluyendo un transformador para rectificador) excede de un valor determinado.

Nº DE DISPOSITIVO - FUNCION - DESCRIPCION

- 50 RELEVADOR INSTANTANEO DE SOBRECORRIENTE
Relevador que funciona instantáneamente al alcanzar la corriente un valor excesivo, o si aumenta con demasiada rapidez, lo cual es señal de que ha habido una falla en el aparato o en el circuito protegido.
- 51 RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE DE TIEMPO PARA C.A.
Relevador de acción retardada que funciona cuando la corriente alterna de un circuito excede de un valor determinado. El retraso puede variar en función inversa a la intensidad de la corriente, o puede ser en función de tiempo definido.
- 52 INTERRUPTOR DE POTENCIA PARA C.A.
Dispositivo utilizado para cerrar o abrir un circuito de corriente alterna bajo condiciones normales, o para abrir bajo condiciones de emergencia o de falla.
- 53 RELEVADOR DE EXCITATRIZ O DE GENERADOR PARA C.D.
Relevador que hace que suba la excitación del campo de una máquina de corriente directa durante el arranque, o que funciona cuando la tensión de la máquina ha subido a un valor determinado.
- 54 INTERRUPTOR DE C.D. DE ALTA VELOCIDAD
Interruptor que inicia la reducción de la corriente del circuito principal en 0.01 segundos o menos, después de producirse una sobrecorriente, o de que la corriente empieza a aumentar rápidamente.
- 55 RELEVADOR DE FACTOR DE POTENCIA
Relevador que funciona cuando el factor de potencia de un circuito de corriente alterna llega a ser mayor o menor que un valor determinado.
- 56 RELEVADOR DE APLICACION DE CAMPO
Relevador que controla automáticamente la aplicación del campo de excitación a un motor de corriente alterna, en un punto determinado del ciclo de deslizamiento.

Nº DE DISPOSITIVO - FUNCION - DESCRIPCION

- 57 DISPOSITIVO PARA CONECTAR EN CIRCUITO CORTO O A TIERRA Dispositivo accionado electricamente o por energía mecánica almacenada, que en respuesta a la acción de dispositivos automáticos o de accionamiento manual, funciona para poner en circuito corto o conectar a tierra un circuito.
- 58 RELEVADOR DE FALLA DE ENCENDIDO DE UN RECTIFICADOR Relevador que funciona si se produce una falla en el encendido de uno o más de los ánodos de un equipo rectificador.
- 59 RELEVADOR DE SOBRETENSION Relevador que funciona cuando el valor de la tensión excede de un valor determinado.
- 60 RELEVADOR DE EQUILIBRIO DE TENSIONES Relevador que funciona al existir una diferencia dada entre la tensión de dos circuitos.
- 61 RELEVADOR DE EQUILIBRIO DE CORRIENTES Relevador que funciona al producirse una diferencia dada entre las intensidades de corriente de entrada o salida.
- 62 RELEVADOR DE RETARDO DE PARADA O APERTURA Relevador de acción retardada que actúa en combinación con el dispositivo que inicia la operación de interrupción, parada o apertura en una secuencia automática.
- 63 RELEVADOR DE FLUJO NIVEL O PRESION DE GASES O LIQUIDOS Relevador que funciona a valores dados de la presión, flujo o nivel de un líquido o gas, o a un régimen de variación de terminado de dichas magnitudes.
- 64 RELEVADOR PROTECTOR DE FALLA A TIERRA Relevador que funciona si falla el aislamiento a tierra de una máquina, transformador u otro aparato, o si se produce un arco a tierra de una máquina de C.D.
NOTA: Esta función se asigna solamente a los relevadores que detectan corriente a tierra a través de la carcasa, cubierta o armazón de una máquina o aparato.

Nº DE DISPOSITIVO - FUNCION - DESCRIPCION

0 detectan una fuga a tierra en un devanado o circuito neutro normalmente aislado. Esta clasificación no se aplica a los dispositivos conectados al circuito secundario o al neutro del secundario de uno o más transformadores de corriente conectados en el circuito principal de un sistema con neutro conectado a tierra.

- 65 GOBERNADOR Equipo que regula la apertura de las compuertas o las válvulas de las máquinas motrices.
- 66 DISPOSITIVO DE ES
CALONAMIENTO O DE
AVANCE PAULATINO Dispositivo que funciona para permitir sólo un número determinado de operaciones de un equipo o un número dado de operaciones sucesivas a intervalos fijos. También puede ser un dispositivo que funciona para energizar periódicamente un circuito, o que se usa para permitir una aceleración intermitente o avances cortos y lentos de una máquina para fijar o ajustar su posición.
- 67 RELEVADOR DIRECCIONAL DE SOBRECORRIENTE PARA C.A. Relevador que funciona a un valor determinado de sobrecorriente en una dirección determinada.
- 68 RELEVADOR DE BLOQUEO Relevador que inicia una señal piloto para producir una acción de bloqueo de disparo, al producirse fallas externas en una línea de transmisión o en otros aparatos bajo condiciones predeterminadas, o que con otros dispositivos contribuye a bloquear la acción de disparo o de recierre bajo condiciones de falta de sincronismo o de oscilaciones de energía.

Nº DE DISPOSITIVO - FUNCION - DESCRIPCION

- | | |
|--|--|
| 69 DISPOSITIVO DE CONTROL PERMISIVO | Generalmente es un interruptor de dos posiciones de accionamiento manual que en una de sus posiciones permite el cierre de un interruptor automático, o la puesta en marcha de un equipo, y en la otra impide el funcionamiento del interruptor o del equipo. |
| 70 REOSTATO ACCIONADO ELECTRICAMENTE | Reóstato utilizado para variar la resistencia de un circuito, de acuerdo a la señal recibida de un dispositivo eléctrico de control. |
| 71 RELEVADOR DE NIVEL DE LIQUIDO O GAS | Relevador que opera al cambio de un valor predeterminado de nivel. |
| 72 INTERRUPTOR DE C.D. | Interruptor utilizado para cerrar y abrir un circuito de corriente directa bajo condiciones normales o para interrumpir dicho circuito en casos de emergencia o de falla. |
| 73 CONTACTOR PARA RESISTENCIA DE CARGA | Contactor utilizado para conectar en derivación, o introducir en un circuito un paso de resistencia limitadora, desviadora o indicadora de carga, o para conectar o desconectar un calentador o un dispositivo luminoso a una resistencia de carga regenerativa de un rectificador u otra máquina. |
| 74 RELEVADOR DE ALARMA | Cualquier relevador de alarma que no sea del tipo de anunciador descrito bajo el número 30, utilizado para hacer funcionar una alarma visible o audible, o que funciona en combinación con dicha alarma |

Nº DE DISPOSITIVO - FUNCION - DESCRIPCION

- 75 MECANISMO DE CAMBIO DE POSICION Mecanismo utilizado para desplazar un interruptor enchufable de una posición a otra, es decir de la posición de conectar a la de prueba o a la de desconectado y viceversa.
- 76 RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE DIRECTA Relevador que funciona cuando la corriente de un circuito de corriente directa excede de un valor determinado.
- 77 TRANSMISOR DE PULSACIONES Dispositivo utilizado para generar pulsaciones, y transmitir las por un circuito de telemedición o de hilo piloto al dispositivo receptor o instrumento indicador instalado a distancia.
- 78 RELEVADOR PROTECTOR CONTRA VARIACIONES DEL ANGULO DE FASE Relevador que funciona cuando el ángulo de fase entre dos tensiones, corrientes, o entre una tensión y una corriente alcanza un valor determinado.
- 79 RELEVADOR DE RECERRE PARA C.A. Relevador que controla automáticamente el cierre y el bloqueo en posición abierta de un interruptor de corriente alterna.
- 80 RELEVADOR DE FLUJO LIQUIDO O GAS Relevador que opera al cambio de un valor predeterminado de flujo.
- 81 RELEVADOR DE FRECUENCIA Relevador que funciona a un valor determinado de frecuencia o relación de frecuencia con respecto a la normal.
- 82 RELEVADOR DE RECERRE PARA C.D. Relevador que controla el cierre o recierre automáticos, o interruptor de un circuito de corriente directa normalmente en respuesta a las condiciones de carga del circuito.

Nº DE DISPOSITIVO - FUNCION - DESCRIPCION

- 83 RELEVADOR AUTOMÁTICO DE CONTROL SELECTIVO O DE TRANSFERENCIA
Relevador que funciona para elegir automáticamente entre ciertas fuentes de energía o condiciones de un equipo, o efectúa automáticamente el cambio de una operación a otra.
- 84 MECANISMO OPERADOR
Mecanismo eléctrico completo o servomecanismo incluyendo el motor de accionamiento, los solenoides, interruptores de posición, etc., que accionan un cambiador de derivaciones, regulador de inducción o cualquier aparato que no tenga número asignado.
- 85 RELEVADOR RECEPTOR DE UN SISTEMA DE ONDAS PORTADORAS O DE HILO PILOTO
Relevador accionado o restringido por una señal del tipo utilizado en sistemas protectores por ondas portadoras, o del tipo protección direccional por hilo piloto de corriente directa.
- 86 RELEVADOR DE BLOQUEO SOSTENIDO
Relevador accionado eléctricamente y de reposición eléctrica o manual, o dispositivo que funciona para desconectar y mantener desconectado un equipo cualquiera después de producirse condiciones anormales.
- 87 RELEVADOR DE PROTECCION DIFERENCIAL
Relevador de protección que funciona bajo una diferencia porcentual, ángulo de fase, o de cualquier otra diferencia cuantitativa de dos corrientes o de otras magnitudes eléctricas.
- 88 MOTOR O GRUPO MOTOR-GENERADOR AUXILIAR
Aquel utilizado para accionar equipos auxiliares, tales como bombas, ventiladores, excitadores, amplificadores magnéticos giratorios, etc.
- 89 CUCHILLA DE LINEA
Desconectador utilizado como seccionador o separador de circuitos de potencia de corriente directa o alterna, siempre que sea accionado eléctricamente o tenga accesorios eléctricos, tales como desconectador auxiliar, bloqueo magnético, etc.

Nº DE DISPOSITIVO - FUNCION - DESCRIPCION

- 90 APARATO REGULADOR Dispositivo que funciona para regular una o varias magnitudes, tales como tensión, corriente, potencia, velocidad, frecuencia, temperatura, o carga y mantenerlas a un valor determinado o entre ciertos límites, sea en máquinas, líneas de enlace u otros aparatos.
- 91 RELEVADOR DIRECCIONAL DE TENSION Relevador que funciona cuando la tensión a través de un interruptor o contactor abierto excede a un valor dado en una dirección determinada.
- 92 RELEVADOR DIRECCIONAL DE POTENCIA Y TENSION Relevador que permite o provoca la conexión de dos circuitos cuando la diferencia de tensión entre ellos excede de un valor dado en una dirección determinada y provoca la desconexión de dichos circuitos cuando la potencia que pasa de uno a otro en la dirección opuesta excede de un valor determinado.
- 93 CONTACTOR CAMBIADOR DE CAMPO Contactor que funciona para aumentar o disminuir en cierto valor fijo la excitación del campo de una máquina.
- 94 RELEVADOR DE DISPARO LIBRE Relevador que funciona para disparar un interruptor, contactor u otro aparato, o para permitir que dichos elementos sean disparados en forma inmediata por otros dispositivos, o para impedir el recierre inmediato del interruptor en el caso de que éste se abra automáticamente no obstante que su circuito de cierre se mantenga en posición de operado.
- 95 Utilizados solo para aplicaciones especiales en instalaciones individuales, si tal aplicación no está cubierta bajo ninguna de las definiciones de dispositivos y funciones a los cuales se les ha asignado un número entre el 1 y el 94.
- 96
- 97
- 98
- 99

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO I :

- Enciclopedia de Tecnología Química, tomo 11, -
edit. UTEHA.
- Enciclopedia Universal Ilustrada, tomo 41, edit.
ESPASA - CALPE S. A.
- Enciclopedia Temática, tomo 7, edit. UTEHA.

CAPITULO II :

- Transmission and Distribution reference book, Wes-
tinghouse electric. Co.
- Recommended practice for electric power distribu-
tion for Industrial Plants. IEEE, std. 141-1976,
- Normas técnicas para instalaciones eléctricas, -
SEPAFIN, dirección general de normas Edic. 1981,
parte 1.
- National Electrical Code. NFPA.

CAPITULO III :

- Transmission and distribution... Westinghouse -
electric Co.

- Recommended practice for Industrial...IEEE, std. 141 - 1976.
- Industrial power systems handbook, Beeman D. L. McGraw Hill.
- Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión, Harper, edit. Limusa.

CAPITULO IV :

- Transmission and distribution... Westinghouse electric Co.
- Industrial power.... Beeman D.L., McGraw Hill.
- Recommended practice for protection ... IEEE, - std. 242, 1975.
- Recommended practice for Industrial....IEEE, - std. 141, 1976.
- Redes Eléctricas, tomos I y II, Viqueira Landa (Representaciones y servicios de Ingeniería).
- Capacidad de conducción de corriente en cables aislados, Condumex Publicación Técnica CX-165.

CAPITULO V:

- Transmition and distribution... Westinghouse -
electric.
- Recomendad practice for industrial... IEEE, -
std. 141, 1976.
- Recomendad practice for protection... IEEE, -
std. 242, 1975.
- El arte y la ciencia de la protecci3n por releg
vadores, Mason C. R., edit. CECSA.

