

Universidad Nacional Autónoma de México
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

PROYECTO DE UNA SUBESTACION DE 115 KV.

T E S I S

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

ERASMO MARCIAL GARCIA FLORES

GUILLERMO HUERTA HUERTA

Director de Tesis: Ing. Antonio Herrera Mejía

CUAUTITLAN IZCALLI, MEX.

1982



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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

PROYECTO DE UNA SUBESTACION DE 115 KV.

I N D I C E

Pág.

Introducción	1
--------------	---

CAPITULO I

Elementos constitutivos de la S. E.	2
Clasificación	2
El transformador	4
Interruptores	6
Cuchillas desconectadoras	7
Apartarrayos	8
Transformadores para medición	9
Relevadores	10

CAPITULO II

Transformadores de potencia	13
Definición	13
Clasificación	13
Selección	14

CAPITULO III

Interruptores de potencia	24
Definición	24
Tipos de interruptores	25
Interruptores en pequeño volumen de aceite	25
Interruptores en gran volumen de aceite	27
Interruptores en gran volumen de aceite con cámara de extinción	28
Interruptores en vacío	31
Interruptores en hexafluoruro de azufre (SF ₆)	32
Selección	32

CAPITULO IV

Transformadores para medición	42
Clasificación	42
Factores que determinan la selección	43
Transformadores de corriente	46

Transformadores de potencial	54
Selección de los TC y TP	56

CAPITULO V

Cuchillas desconectadoras	65
definiciones	65
Clasificación	65
Selección	67

CAPITULO VI

Apartarrayos	69
Definición	69
Clasificación	70
Apartarrayos tipo autovalvular	70
Apartarrayos de resistencia variable	70
Selección del apartarrayos	71

CONCLUSIONES	76
--------------	----

BIBLIOGRAFIA	
--------------	--

INTRODUCCION

Para hacer más económica y eficiente la transmisión y la utilización de la energía eléctrica, es necesario contar con equipo especial para modificar los parámetros de corriente y voltaje que nos proporcionan las plantas generadoras.

El equipo especial generalmente más utilizado es conocido con el nombre de SUBESTACION, cuyos elementos eléctricos que la componen deben ser seleccionados muy rigurosamente.

Cabe mencionar que las tensiones de generación normalizadas son 13.2, 13.8 y 15KV, y la transmisión se efectúa a 69, 85, 115, 230 y 400 KV.

En algunos países emplean tensiones de: 145, 170, 245, 420, 765 y 800KV.

En el presente trabajo de diseño de una Subestación de 115KV, se da un panorama general de cómo se proyectan las subestaciones, y así otorgar las bases necesarias para dar solución a problemas de esta índole, bases que sirvan en la formación profesional de INGENIEROS MECANICOS ELECTRICISTAS.

En éste proyecto se podrán ver los parámetros necesarios para la selección del equipo principal y poder especificar sus características técnicas.

La necesidad de ésta SUBESTACION es porque se tiene que suministrar energía a una planta de bombeo para agua potable, donde se tiene una carga instalada de 17,168.33KVA. Esta planta se encuentra actualmente en proyecto y estará ubicada en la Ciudad de Linares Nuevo León.

C A P I T U L O I

ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA S.E.

Para llevar a cabo un estudio que involucre el diseño de una subestación eléctrica es importante, conocer los elementos constitutivos y la función específica que cada una de ellos desempeña.

Cada uno de los elementos de la subestación eléctrica tienen una función que desempeñar y su importancia es de acuerdo a la ubicación que guardan dentro de la instalación.

CLASIFICACION

Los elementos constitutivos de la subestación se pueden clasificar, en elementos principales y elementos secundarios.

ELEMENTOS PRINCIPALES

Transformadores de potencia.

Interruptores de potencia.

Cuchillas desconectadoras.

Apartarrayos.

Transformadores para medición.
Relevadores.
Cables de guarda.
Barras colectoras, cables, tubos y soleras.
Cadena de aisladores de suspensión.
Aisladores de soporte de barras.
Sistemas de tierras.
Estructura.

ELEMENTOS SECUNDARIOS

Barras colectoras y conexiones
Auxiliares.
Alumbrado.
Herrajes.
Equipo contra incendio.
Cercas.
Torres de montaje y talleres.
Canalizaciones.
Ductos, drenajes.

A continuación se dará una breve descripción de aquellos elementos que por la función que desempeñan resultan ser de mayor importancia.

EL TRANSFORMADOR

El transformador es la parte más importante de la subestación eléctrica ya que tiene la función de transferir la energía eléctrica de un circuito a otro y es por lo general a diferente tensión y sólo están acoplados magnéticamente. Además de que es la parte más costosa de la subestación.

Los transformadores desde el punto de vista del medio refrigerante se dividen en:

1. Transformadores con aislamiento en seco.
2. Transformadores con aislamiento en aceite.

Los transformadores con aislamiento en seco por lo general se construyen para potencias hasta de algunos KVA y con tensiones que no pasan de 15 KV. Es por esto que su empleo se reduce casi a los servicios auxiliares de algunas instalaciones industriales y para uso comercial.

Los transformadores con aislamiento en aceite, no tienen limitaciones ni en la potencia ni en las tensiones ya que podemos encontrar potencias de hasta 400 MVA y con tensiones del orden de 500 KV en las redes eléctricas de Estados Unidos u otros países.

Con respecto al medio de enfriamiento es importante mencionar que existe una clasificación de los transformadores con relación a esto y que están referidas a las recomendaciones de la Comisión Internacional de Electrotécnica como sigue:

Transformadores tipo seco

Con enfriamiento por aire natural.

Con circulación forzada del aire en el exterior por medio de ventiladores.

Con circulación forzada de aire en el núcleo y los devanados.

Transformadores en aceite

Con circulación natural del aceite y del aire.

Con circulación natural del aceite y aire auxiliado por circulación forzada del aire con ventiladores en los tubos radiadores.

Con circulación forzada del aceite y circulación natural del aire.

Con circulación forzada del aceite y circulación forzada del aire.

Con circulación forzada del aceite y circulación forzada del agua por medios externos.

Con circulación forzada del agua.

Con respecto a las principales partes que constituyen un transformador de potencia podemos mencionar que son el núcleo magnético, los devanados, el conmutador o cambiador de derivaciones (en vacío o bajo carga), el tanque, los dispositivos de enfriamiento, las boquillas así como algunos otros accesorios como ruedas de rolar, ganchos de sujeción. etc.

Con relación a los devanados es práctica común que para los de alta tensión se construyan bobinas de tipo discoidal o seccionadas y para el de baja tensión de tipo helicoidal. Por lo general los devanados de mayor tensión se conectan en estrella con el objeto de reducir el aislamiento interno del transformador a la tensión $V/\sqrt{3}$, para el devanado de menor tensión se puede adaptar indistintamente la conexión estrella o delta.

INTERRUPTORES

Un interruptor es un dispositivo cuya función es interrumpir y restablecer la continuidad en un circuito eléctrico.

Si la operación de apertura o cierre se efectúa con carga (corriente nominal) o con corriente de corto circuito (en caso de alguna perturbación), el interruptor recibe el nombre de interruptor de potencia.

Los interruptores de potencia se construyen en dos tipos generales:

1. Interruptores en aceite.
2. Interruptores neumáticos.

Los interruptores en aceite, también se clasifican en tres grupos.

- a) Interruptores en gran volumen de aceite.

- b) Interruptores de gran volumen de aceite con cámara de extinción.
- c) Interruptores de pequeño volumen de aceite.

CUCHILLAS DESCONECTADORAS

Las cuchillas desconectadoras o seccionadoras es otro tipo de interruptores, ya que interrumpen y restablecen la continuidad en un circuito eléctrico. Su operación se efectúa sin carga (corriente), pero con algunos aditamentos se puede operar con carga, hasta ciertos límites.

Por su operación se clasifican en:

- a) Con carga (con tensión nominal)
- b) Sin carga (con tensión nominal)

Por su tipo de accionamiento:

- a) Manual.
- b) Automático.

Por su forma de desconexión:

- a) Con tres aisladores, dos fijos y un giratorio al centro (horizontal) llamado también de doble arco.
- b) Con dos aisladores (accionados con pértiga), operación vertical.
- c) Con dos aisladores, uno fijo y otro giratorio en el plano horizontal.
- d) Pantógrafo o separador de tijera.

- e) Cuchilla tipo "AV".
- f) Cuchilla de tres aisladores, el del centro movable por cremallera.
- g) Cuchilla desconectadora con cuerno de arqueo.
- h) Cuchilla tripolar de doble aislador giratorio.

APARTARRAYOS

El apartarrayos es un dispositivo que nos permite proteger las instalaciones contra sobretensiones de origen atmosférico.

El apartarrayos se encuentra conectado permanentemente en el sistema y opera cuando se presenta una sobretensión de determinada magnitud, descargando la corriente a tierra.

Su principio de operación se basa en la formación de un arco eléctrico entre dos explosores cuya separación está determinada de antemano de acuerdo con la tensión a la que va a operar.

Se fabrican diferentes tipos de apartarrayos, basados en el principio general de operación. Los más empleados son los conocidos como apartarrayos tipo autovalvular y apartarrayos de resistencia variable.

La función del apartarrayos no es eliminar las ondas de sobretensión presentadas durante las descargas atmosféricas,

sino limitar su magnitud a valores que no sean perjudiciales para las máquinas del sistema.

Los apartarrayos protegen también a las instalaciones contra descargas directas, para lo cual tiene un cierto radio de protección. Para dar mayor seguridad a las instalaciones, contra descargas directas se instalan unas varillas conocidas como bayonetas e hilos de guarda semejantes a los que se colocan en las líneas de transmisión.

TRANSFORMADORES PARA MEDICION

Los transformadores para medición son aquellos que se emplean para alimentación de equipos de medición, control o protección. Estos transformadores se dividen en dos clases:

- 1.- Transformadores de corriente.
- 2.- Transformadores de potencial.

Transformadores de corriente

Los transformadores de corriente tienen como función principal cambiar el valor de la corriente de uno más o menos elevado a otro con el cual se pueden alimentar instrumentos de medición, control o protección, como amperímetros, wátmetros, instrumentos registradores, relevadores de sobrecorriente, etc.

Su construcción es igual a la de cualquier tipo de transformador, ya que fundamentalmente consiste de un devanado primario y un devanado secundario. La capacidad de estos

transformadores es muy baja, y se determina sumando las capacidades de los instrumentos que van a alimentar.

Hay transformadores de corriente que operan con corrientes relativamente bajas: estos transformadores pueden construirse sin devanado primario, ya que el primario lo constituye la línea a la que van a conectarse. En este caso a los transformadores se les denomina tipo dona.

Transformadores de potencial

Los transformadores de potencial se construyen con un devanado primario y otro secundario: su capacidad es baja, ya que se determina sumando las capacidades de los instrumentos de medición que van a alimentar.

Los transformadores de instrumentos tienen diferente precisión de acuerdo con el empleo que se les dé.

RELEVADORES

La función principal de los relevadores usados para protección, es determinar lo más pronto posible la existencia de una falla en un sistema, por lo que la mayoría de los relevadores, opera aproximadamente en un ciclo de la frecuencia del sistema (0.017 seg. a 60 Hz) por lo que pueden enviar la señal de disparo a los interruptores correspondientes.

Los relevadores no sólo deben operar en forma rápida, también deben ser precisos en su operación, es decir dentro

de sus diferentes niveles de sofisticación deben estar en posibilidad de distinguir entre un corto circuito y algunas otras anomalías como valor de corrientes momentáneas debidas a arranque de motores, picos de carga o corrientes magnetizantes.

Los relevadores deben ser selectivos en su operación, es decir que solo deben aislar aquellas partes del sistema afectadas por alguna falla, minimizando el número de elementos que se desconectan de la red, estando a veces en posibilidad de indicar la causa de la falla ocurrida.

Clasificación de los relevadores.

Existen diferentes tipos de relevadores usados en la protección de los sistemas de potencia, normalmente accionados por señal eléctrica y eventualmente por algún otro tipo de elemento, como lo son los relevadores accionados por presión o temperatura.

Los relevadores se pueden clasificar de acuerdo a la naturaleza de la magnitud a la cual el relevador responde:

De corriente.

De voltaje.

De reactancia.

De impedancia.

De frecuencia.

De tiempo.

Desde el punto de vista muy general, los relevadores eléctricos se pueden clasificar en dos categorías: Relevadores electromagnéticos y relevadores estáticos.

C A P I T U L O I I

TRANSFORMADORES DE POTENCIA

El transformador acopla inductivamente circuitos distintos permitiendo intercambio de energía a diferentes niveles de voltaje o entre formas distintas de conexión. Dentro de esta función caben numerosas aplicaciones, como la de dar a la tensión de transmisión el valor adecuado definido por la distancia y la potencia.

Los voltajes de generación están entre 480 y 15,000 volts generalmente y son, por lo tanto, pocas las instalaciones que no requieran transformación; casi todo circuito industrial incluye transformadores.

DEFINICION

Un transformador es un dispositivo que transfiere la energía eléctrica de un circuito a otro, conservando la frecuencia constante. Funciona bajo el principio de inducción electromagnética, teniendo sus circuitos eléctricamente aislados.

CLASIFICACION

Designación	KVA	KV
Potencia	≥ 500	≥ 69
Distribución	≤ 500	≤ 69
Utilización	≤ 500	≤ 15

SELECCION

Para seleccionar un transformador es necesario determinar las características siguientes:

- 1.- Capacidad en KVA.
- 2.- Número de fases.
- 3.- Frecuencia.
- 4.- Voltaje y nivel de aislamiento.
- 5.- Elevación de temperatura.
- 6.- Tipo de enfriamiento.
- 7.- Altura de operación.
- 8.- Medio aislante.
- 9.- Características eléctricas.
- 10.- Características mecánicas.

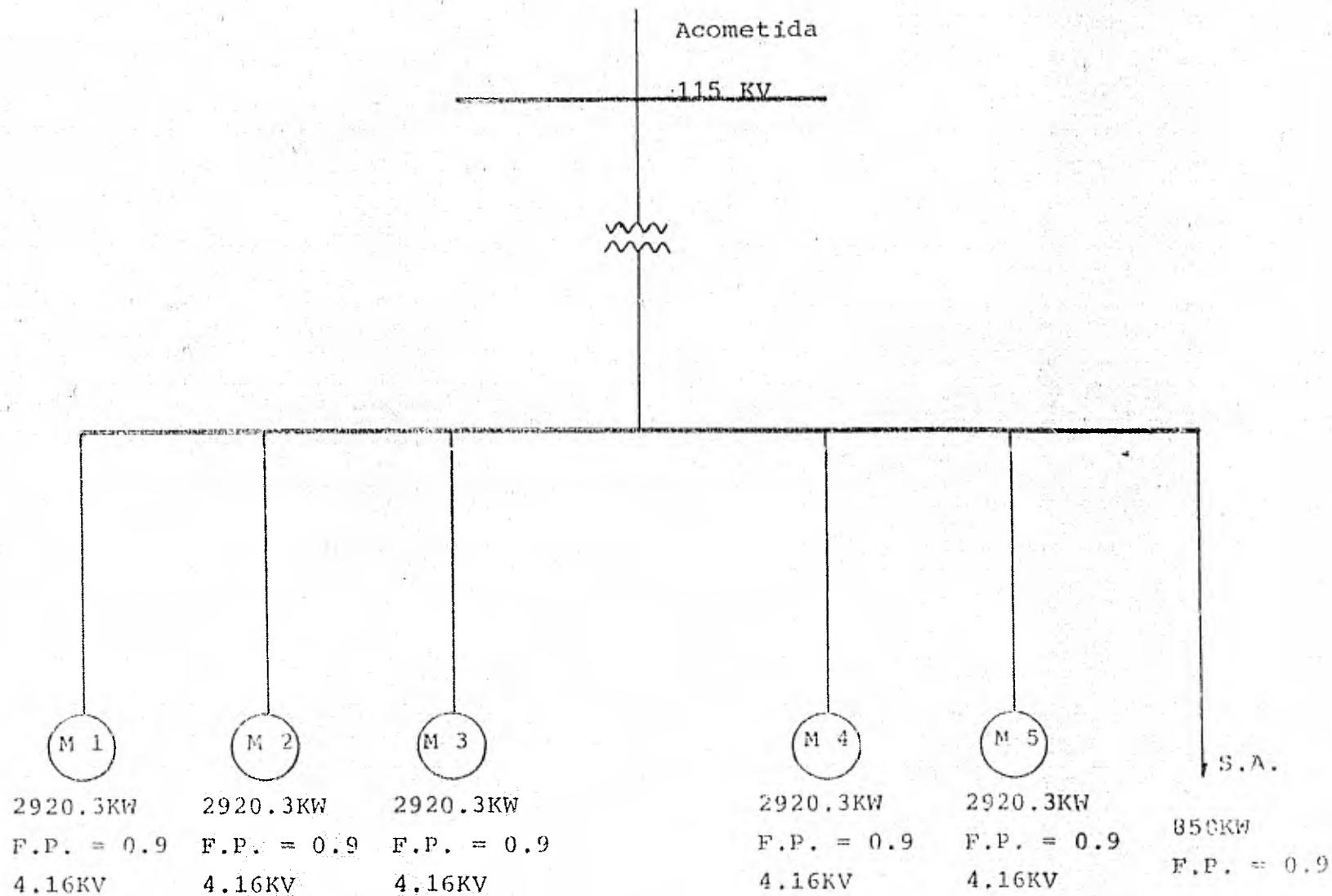
1.- Capacidad en KVA.

Para conocer esta capacidad hay que hacer un estudio de la carga que deberá suministrar el transformador, para nuestro diseño tendremos que suministrar energía a una planta de bombeo de agua potable y que cuenta con el siguiente equipo instalado:

Cinco motores de inducción jaula de ardilla con capacidad de 2920.3 KW cada uno y un transformador de 850 KW para servicios auxiliares, siendo el factor de potencia (F.P.) 0.9

Para nuestro cálculo nos basaremos en la Figura 1.

Figura 1.



La capacidad total de los motores es:

$$2920.3 \text{ KW} \times 5 = 14601.5 \text{ KW}$$

KVA de los motores:

$$\text{KVA} = \frac{\text{KW}}{\text{F.P.}} = \frac{14601.5}{0.9} = 16,223.89 \text{ KVA}$$

KVA del transformador auxiliar:

$$\text{KVA} = \frac{850}{0.9} = 944.44 \text{ KVA}$$

KVA totales:

$$16,223.89 + 944.44 = 17,168.33 \text{ KVA}$$

Entonces,

Seleccionamos un transformador cuya capacidad comercial (basada en normas) sea la más aproximada posible al valor obtenido.

Nuestros transformadores serán de 15/20 MVA

2.- Número de fases.

El banco de 3 unidades monofásicas tiene estas ventajas:

Permite llevar una unidad de refacción con un costo adicional únicamente de 33%.

En ciertos tipos de conexión al fallar una unidad permite operar los dos restantes con una capacidad de 58% de la nominal.

En los transformadores de potencia de más de 5000 KVA, el transporte, manejo e instalación resultan más simples. Un transformador trifásico cuesta el 70% de 3 monofásicos con una unidad de refacción, ocupa el 30% del es-

pacio de éstos y economiza el costo de la conexión externa en alta y baja tensión.

Para nuestro caso seleccionaremos dos trifásicos, uno que operará normalmente y el otro de reserva pero con la misma capacidad, pues, como se dijo anteriormente, se suministrará energía a una planta de bombeo y este tipo de sistema requiere un 100% de continuidad del servicio, además de que sirve para dar mantenimiento al que quede fuera de servicio.

3.- Frecuencia.

La frecuencia del transformador debe ser la de los circuitos a que está conectado, en nuestro país se ha normalizado esta frecuencia a 60 Hz, por esto adoptaremos para nuestros transformadores la de 60 Hz.

4.- Voltaje y nivel de aislamiento.

El nivel de aislamiento agrupa tres valores de tensión (a frecuencia nominal y a impulso), que caracteriza el aislamiento de cada uno de los devanados y sus partes asociadas con respecto a su capacidad para soportar esfuerzos dieléctricos.

- a) Clase de aislamiento (columna 1 de la tabla 2.1.) define la tensión que el equipo puede soportar continuamente sin reducir su vida útil.
- b) Tensión de prueba de aislamiento a frecuencia nominal (columna 2 de la tabla 2.1.) es el valor de la tensión en la prueba de potencial aplicado.

- c) Tensión de la prueba de impulso a onda completa
(columna 3 de la tabla 2.1.)

5.- Elevación de temperatura.

La elevación de temperatura en los devanados, medida por el método de resistencia, es 55°C según normas en vigor del " American National Standards Institute ". Este valor permite utilizar las posibilidades del aislamiento con economía y prudencia. En caso de ambientes cálidos, es menos costoso aumentar la capacidad, que disminuir la elevación de temperatura, porque esto último representa diseño fuera de normas.

6.- Tipo de enfriamiento.

La clasificación de transformadores de potencia conforme al tipo de enfriamiento (sistema de disipación de calor es la siguiente:

Tipo OA

Transformador sumergido en aceite, con enfriamiento propio o natural. Por lo general en transformadores de más de 50 KVA se usan tubos radiadores o tanques corrugados para disminuir las pérdidas; en capacidades mayores de 3 000 KVA se usan radiadores del tipo desmontable. Este tipo de transformador con voltajes de 46 KV o menores puede tener como medio de enfriamiento líquido inerte aislante en vez de aceite

Tipo OA/FA

Transformador autoenfriado y enfriado por aire forzado. Este es básicamente un transformador OA con adición de ve

ladores para aumentar la capacidad de disipación de calor.

Tipo OA/FA/FOA

Transformador autoenfriado y enfriado por aire y aceite forzados. Este transformador es básicamente un OA, con adición de ventiladores y bombas para circulación de aceite.

Tipo FOA

Transformador enfriado por aire y aceite forzado. Este tipo de transformadores se usa únicamente donde se desea que operen al mismo tiempo las bombas de aceite y los ventiladores; tales condiciones absorben cualquier carga pico y a plena capacidad.

Tipo OW

Transformador sumergido en aceite y enfriado por agua. En este tipo de transformadores el agua de enfriamiento es conducida por serpentines, los cuales están en contacto con el aceite aislante del transformador. El aceite circula alrededor de los serpentines por convección natural.

Tipo AA

Transformador tipo seco, con enfriamiento propio, no contiene aceite ni otros líquidos para enfriamiento; son usados en voltajes nominales menores de 15 KV, en pequeñas capacidades.

Tipo AFA

Transformador tipo sec , enfriado por
 todos transformadores tienen una capacidad simp
 circulación de aire forzado por ventiladores

Para los transformadores de nuestra su
 remo el enfriamiento OA/FA.

7.- Altura de operación.

Todas las separaciones aislantes en a
 valo dieléctrico a un 87% para una altura de
 dad de México).

La disipación de calor por convección
 importante e el equipo eléctrico se hace me
 por la reducción de la densidad del aire Por
 equip diseñado para operar al nivel del mai
 ducción de la capacidad con la altura Esta
 pacidad está fijada por las Normas como sigue

Transformadores en aceite	enfriado	
Transformadores en aceite	con aire forz	
Transformadore	en aceite con circulac	
forzado de aceite y aire		
Transformadores secos auto enfriados		0.3%
Transformadore secos con ventilación		0.5%

Los factores anteriores representan
 porcent de capacidad nominal por cada 100 m
 sobre el máximo de 1 000 m que establecen la
 conservar la capacidad.

Para nuestro caso tendremos la subestación a una altura de 460 m.s.n.m, que está dentro del rango de los 1 000 m, por lo cuál nuestra capacidad no se modifica.

8.- Medio aislante.

El aislamiento a tierra en los transformadores depende del medio en que están sumergidos, que puede ser aire a presión atmosférica, un gas (o vapor) a alta presión o un líquido. El medio aislante es también el agente enfriador en cargado de transportar el calor del núcleo y bobina a la zona de disipación final.

Los transformadores en aire se producen en capacidades hasta 3,000 KVA y clase de voltaje hasta 15 KV debido a las limitaciones aislantes y enfriantes del aire atmosférico. El uso de gases o vapores está iniciándose y cubre aplicaciones hasta 69 KV y 10 MVA.

El medio de aislamiento y enfriamiento más usado es un líquido en forma de un hidrocarburo especial, conocido como aceite de transformador. Este aceite debe ser refinado y preparado para uso en transformadores, debe estar libre de humedad, compuestos sulfurosos y álkalis. La aplicación de este líquido cubre todas las capacidades y niveles de voltaje, por esto, nuestros transformadores tendrán este líquido como medio aislante, pues para capacidades muy grandes es lo más recomendable.

9.- Características Eléctricas.

Las principales características eléctricas son:

Pérdidas en vacío

Pérdidas de carga

Pérdidas totales

Impedancia

Eficiencia

Regulación

Generalmente se especifican límites para estas características que el manufacturero mismo sugiere. El porcentaje de impedancia necesita ser fijado cuando la unidad va a operar en paralelo con otras existentes, a fin de asegurar la división correcta de la carga total.

La obtención de un porcentaje de impedancia fijo o de alguna otra característica representa un costo adicional, que puede ser muy apreciable si la característica pedida difiere de la que es normal a un diseño económico. Por esto se evita especificar firmemente los valores mencionados.

10.- Características Mecánicas.

Las condiciones de servicio imponen a los transformadores requisito de resistencia mecánica, no tan fáciles de definir como los eléctricos. Sin embargo, debe reconocerse la existencia de condiciones de operación que afectan mecánicamente al transformador más allá de lo normal.

Las corrientes eléctricas actúan mecánicamente entre sí, produciendo fuerzas sobre los devanados que de no ser resistidas por éstos resultan en daño al aislamiento. La capacidad mecánica normal de los devanados puede medirse según el tiempo que las Normas fijan para resistir un cortocircuito entre sus terminales.

TABLA 2.1.- Clase de aislamiento y valores para pruebas dieléctricas en transformadores sumergidos en aceite.

Clase de aislamiento	Prueba a baja frecuencia	Nivel básico de aislamiento al impulso (NBAI) y onda completa		Onda cortada
		KV	KV cresta	Tiempo mínimo de arqueo en microsegundos
1.2	10	45	54	1.5
2.5	15	60	69	1.5
5.0	19	75	88	1.6
8.7	26	95	110	1.8
15	34	110	130	2.0
18	40	125	145	2.25
25	50	150	175	3.0
34.5	70	200	230	3.0
46	95	250	290	3.0
69	140	350	400	3.0
92	185	450	520	3.0
115	230	550	630	3.0

C A P I T U L O III

INTERRUPTORES DE POTENCIA

La normalidad de un circuito eléctrico exist el aislamient del mismo conserva sus propiedades cas. Si ocurre una disminución apreciable en la re del aislamient en algún punto, se produce ahí un mal por la cuál fluye una corriente limitada únic la impedancia de los aparatos y conductores colo la fuente de energía y el punto del fallo. A esta anormal se denomina " corto circuito ".

Las corrientes de corto circuito producen esf me cánicos y calentamientos anormales que pueden hac el aislamient en otros puntos del circuito. En falla puede producirse un arco que dane el aparat curre o propaga el defecto a circuitos adyacentes

Es necesario interrumpi rápidamente el cir do a esa situación anormal para impedir daños con La interrupción consiste en introducir al circ paración aislant con la rapidez adecuada para fo rretera que resista los voltajes de reignición que restablecer el arco.

DEFINICION

Interruptor es un de paz de establecer conducir e interrumpi corrien diciones normales del circuito, o bajo condici

tales como el corto circuito.

TIPO DE INTERRUPTORES

Interruptores en aceite

Los interruptores en aceite se pueden clasificar en tres grupos:

- a).- Interruptores en pequeño volumen de aceite.
- b).- Interruptores en gran volumen de aceite.
- c).- Interruptores en gran volumen de aceite con cámara de extinción.

Interruptores en pequeño volumen de aceite

Los interruptores de reducido volumen de aceite reciben este nombre debido a que su cantidad de aceite es pequeña en comparación con los de gran volumen. Su contenido de aceite es entre 1.5 y 2.5% del que contienen los de gran volumen.

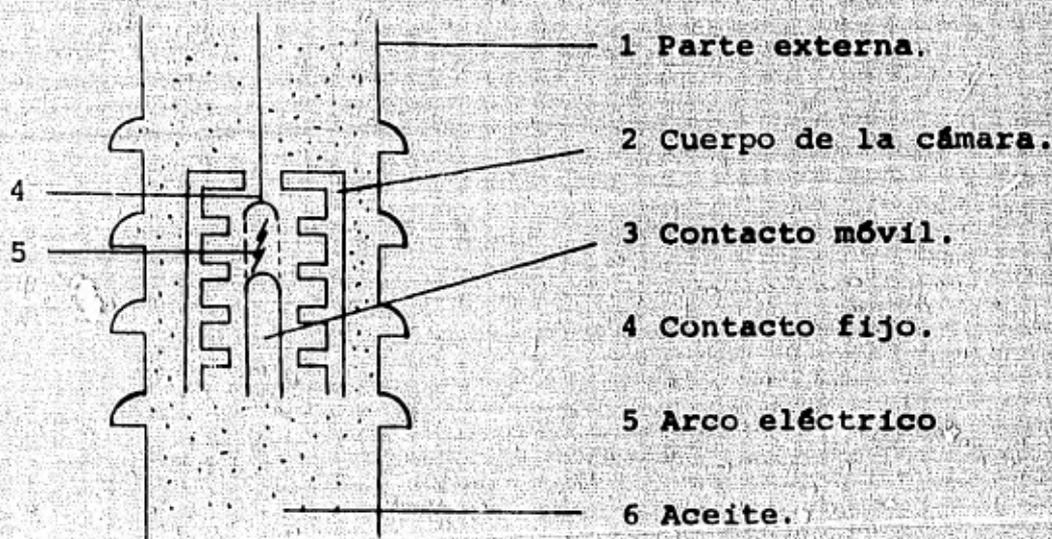
El funcionamiento de este interruptor es el siguiente:

- 1).- Al ocurrir una falla se desconecta el contacto móvil 3 originándose un arco eléctrico.
- 2).- A medida que sale el contacto móvil se va creando una circulación de aceite entre las diferentes cámaras que constituyen el cuerpo.
- 3).- Al alcanzar el contacto móvil su máxima carrera el aceite que circula violentamente

extingue el arco por completo.

- 4).- Los gases que se producen escapan por la parte superior del interruptor.

Estos interruptores se fabrican por lo general tipo columna.



Interruptores en gran volumen de aceite.

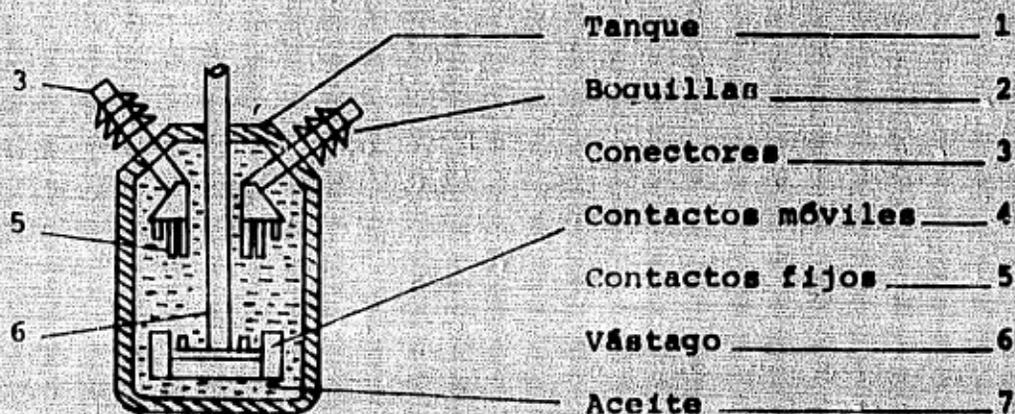
Estos interruptores reciben ese nombre debido a la gran cantidad de aceite que contienen; generalmente se construyen en tanques cilíndricos y pueden ser monofásicos o trifásicos dependiendo de la capacidad y seguridad requerida.

Proceso de interrupción

Cuando opera el interruptor debido a una falla, los contactos móviles se desplazan hacia abajo, separándose de los fijos.

Al alejarse los contactos móviles de los fijos se va creando una cierta distancia entre ellos, y en función de esta distancia está la longitud del arco.

El arco da lugar a la formación de gases, de tal manera que se crea una burbuja de gas alrededor de los contactos que desplaza una determinada cantidad de aceite.





Conforme aumenta la temperatura del aceite, el arco se mueve y la bobina se hace mayor. El desplazamiento de los contactos se ve aumentado por la expansión forzada por el aceite es considerable. En la parte superior del recipiente se instala un tubo de escape.

Interruptores en gran volumen de aceite, para evitar la explosión.

Los interruptores de grandes capacidades con gran volumen de aceite originan fuertes presiones, las cuales en algunas ocasiones pueden provocar explosiones. Para disminuir estos riesgos se idearon dispositivos donde se formaran las burbujas de gas, reduciendo las presiones a un volumen menor. Estos dispositivos reciben el nombre de "cámaras de extinción" y dentro de estas cámaras se extingue el arco. El procedimiento de extinción es el siguiente:

- 1.- Al ocurrir una falla se separan los contactos que se encuentran dentro de la cámara de extinción.
- 2.- Los gases que se producen tienden a escapar, pero como se hallan dentro de la cámara que contiene aceite, originan una

eslabones electroquímicos de aceite que operan en aceite.

1.- Cuando el contacto móvil sale de la cámara de aceite, el contacto se calienta y se oxida, produciendo una gran cantidad de calor.

2.- Este calor se transmite al aceite que se calienta.

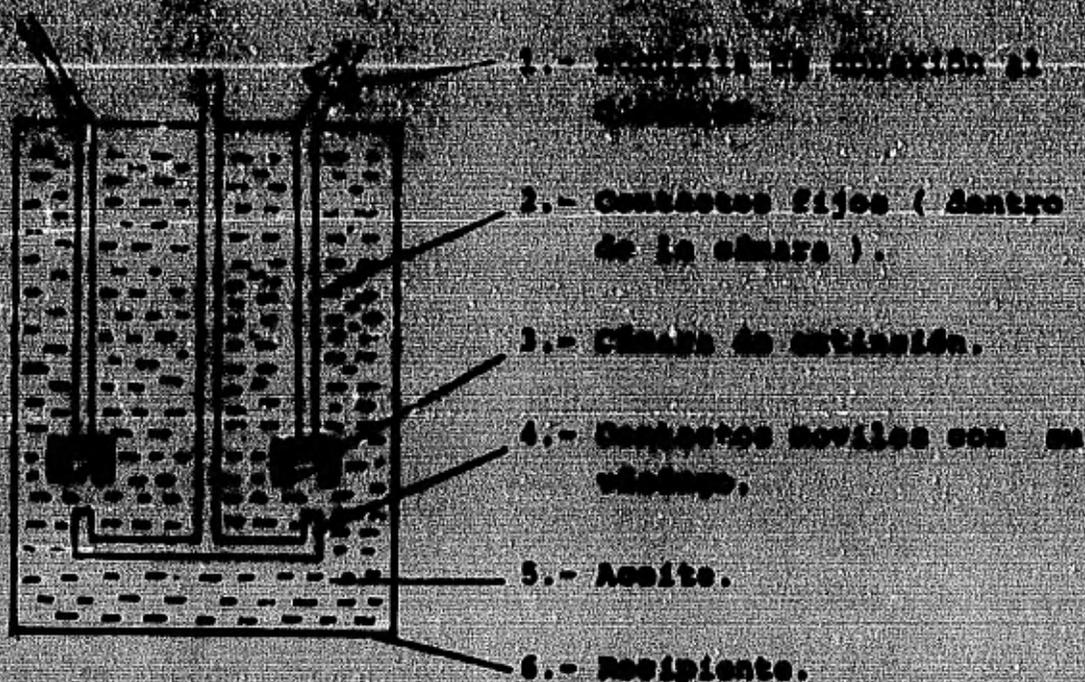
3.- El aceite caliente se expande y se eleva.

4.- La expansión del aceite produce una gran cantidad de vapor.

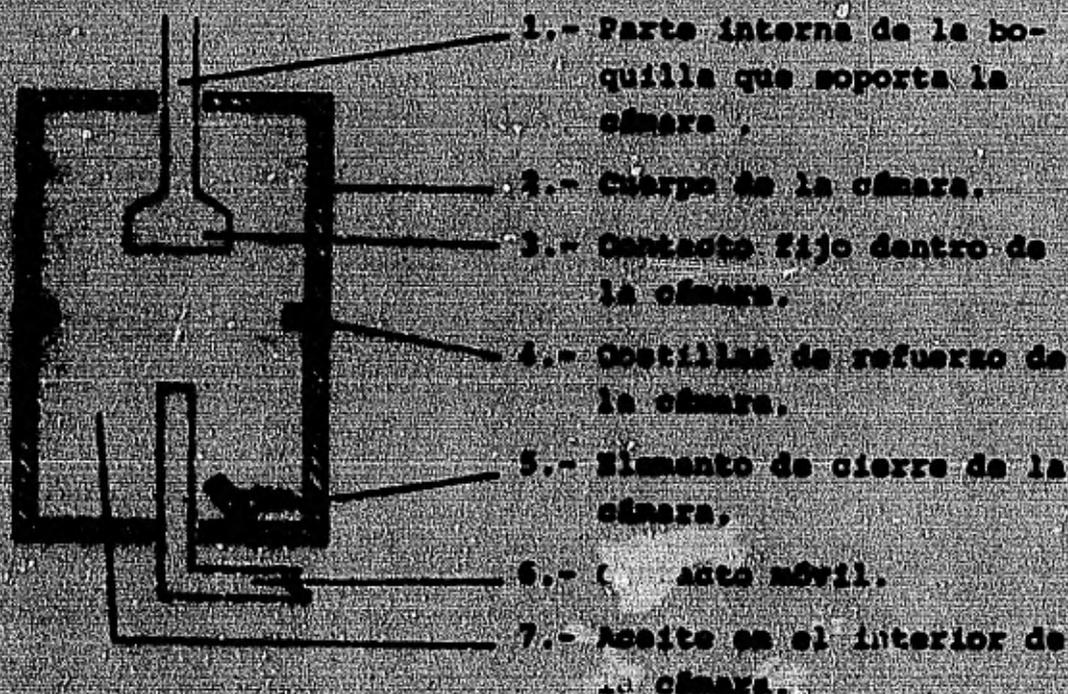
5.- Este vapor se eleva y se condensa en la cámara de aceite.

6.- El vapor de aceite se condensa y se vuelve a convertir en aceite.

7.- Este ciclo se repite continuamente.



Los elementos principales de la cámara de extinción son los siguientes:



El elemento de desconexión en los interruptores de gran volumen de aceite lo constituyen los contactos móviles. Estos contactos se pueden accionar en general de tres maneras distintas:

- 1) Mecánicamente, por medio de sistemas volantebielas o engrane-bielas.
- 2) Magnéticamente, por medio de un electroimán conocido como bobina de disparo, que acciona un trinquete de retención de los contactos móviles al ser energizado; se puede manualmente (por medio de un botón), o automáticamente (por medio de un relevador).

3.- La acción, de conexión o desconexión se puede efectuar substituyendo el volante o los engranes con un motor eléctrico que puede operarse a control remoto.

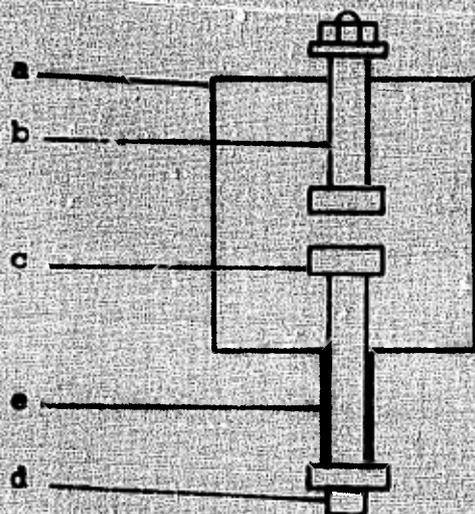
Existen otros tipos de interruptores como lo son:

Interruptores de vacío.

Interruptores en hexafluoruro de azufre (SF₆).

Interruptores de vacío.

Un interruptor que trabaja con éste principio de funcionamiento está constituido por un recipiente de material aislante, como por ejemplo porcelana o vidrio (a), en éste recipiente se encuentran montados los contactos fijo y móvil (c), el contacto móvil es controlado desde el exterior por medio de la varrilla aislante (d), que se apoya en un dispositivo especial (e), que permite el movimiento.



Cámara de un interruptor de vacío.

La interrupción de la corriente se realiza, haciendo un alto grado de vacío y éste fenómeno es diferente a la de interrupción del arco por medio de gases, aceite o aire comprimido, pues simplemente con hacer éste vacío se extingue el arco.

Interruptores en hexafluoruro de azufre (SF_6).

Desde hace algunos años se encuentran en el mercado especialmente para tensiones superiores a 70 KV interruptores en los que el medio de extinción del arco está constituido por SF_6 , éste es un gas que presenta ciertas características particulares para la extinción del arco debido a que reúne dos requisitos fundamentales.

- a) Un elevado valor de rigidez dieléctrica.
- b) Una elevada velocidad de recuperación de la rigidez dieléctrica cuando se pierde durante la interrupción a causa del arco eléctrico.

SELECCION

Para la selección de un interruptor de potencia, se debe determinar las características fundamentales y deben ser igual ó mayor a los valores que presente el circuito:

- 1.- Voltaje nominal y nivel de aislamiento.
- 2.- Corriente nominal.
- 3.- Capacidad interruptiva.

4.- Corriente de corto circuito.

5.- Frecuencia nominal.

1.- Voltaje nominal y nivel de aislamiento.

Los valores de voltaje que manejaremos en el lado de alta y baja tensión de nuestros transformadores son, 115 KV y 4.16 KV, por lo tanto, para los interruptores de la subestación serán de 115 KV y para el lado de baja tensión serán de 4.16 KV. El nivel de aislamiento será el mismo que para el de los transformadores cómo lo marca la tabla 2.1, 550KV para el lado de alta y 75 KV para el lado de baja.

2.- Corriente nominal.

En los interruptores circulará una corriente máxima, cuando el transformador este trabajando a su máxima capacidad, entonces tendremos que:

Alta tensión

$$I_n = \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \text{ KV}} = \frac{20,000 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 115 \text{ KV}} = 100.4\text{A}$$

Baja tensión

$$I_n = \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \text{ KV}} = \frac{20,000 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 4.16 \text{ KV}} = 2,775.72\text{A}$$

Dado que comercialmente sólo existen interruptores de potencia con corrientes nominales de 1, 200, 1,600, 2,000 y 2,500 A, seleccionaremos uno con corriente nominal de 1,200A, que cubre nuestras necesidades ampliamente, hay que hacer notar que únicamente estamos seleccionando el interruptor, para la subestación.

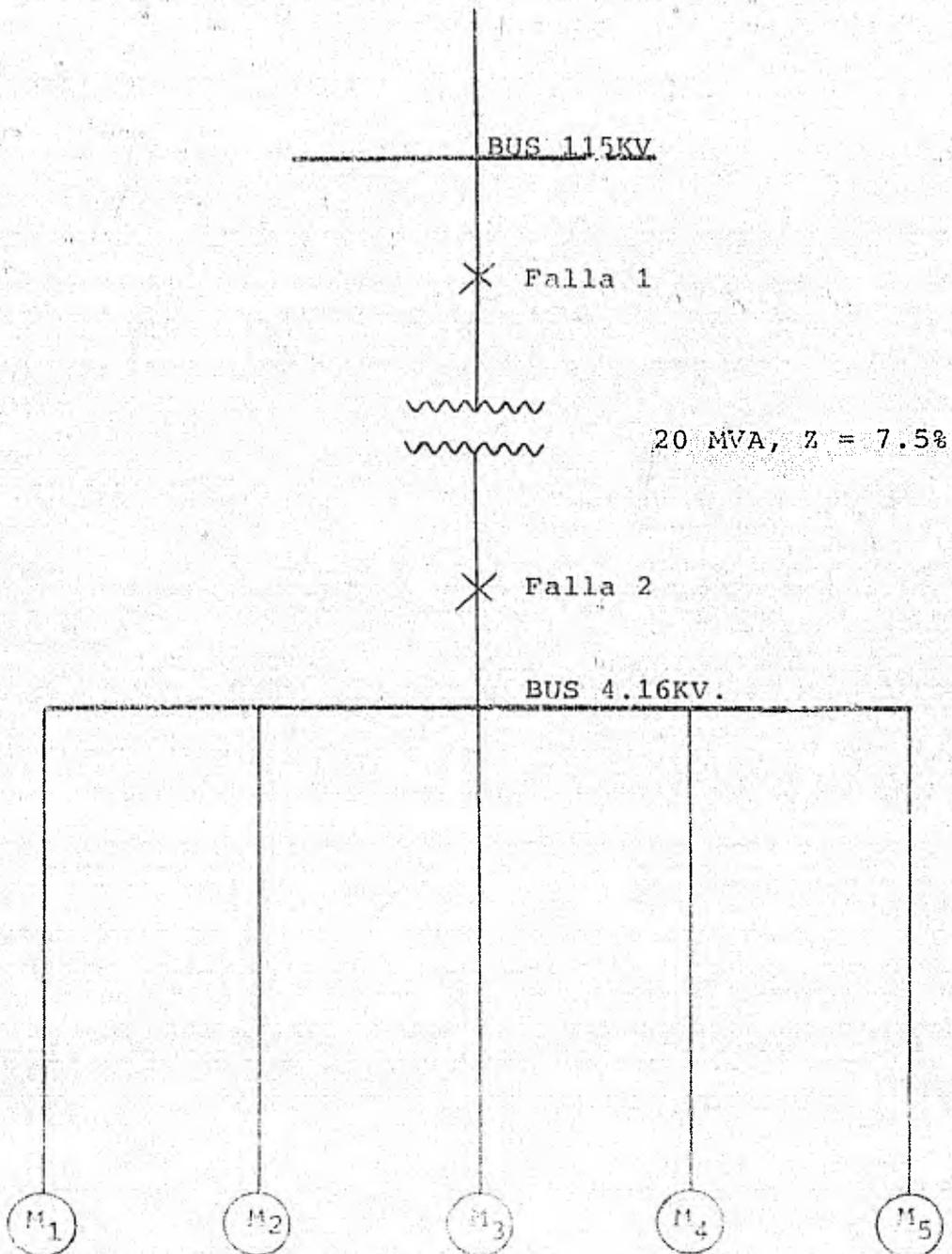
3.- Capacidad interruptiva.

Para determinar la capacidad interruptiva, es necesario hacer un cálculo de corto circuito en el punto donde será instalado el interruptor.

Existen varios métodos para realizar este cálculo, como lo son: el de los MVA, el porcentual, el óhmico y el método por unidad. El que utilizaremos es el método por unidad.

Para comenzar con el cálculo haremos algunas consideraciones de cómo se pretende operar el sistema, la primera es que los transformadores nunca van a trabajar en paralelo, otra es la condición más crítica, cuando tengamos trabajando un sólo transformador y que estén operando todos los motores, en este caso, habrá una potencia de corto circuito mayor, pues la contribución al punto de falla será, de la acometida, más la contribución de las corrientes de todos los motores, que se comportarán como generadores de corriente de corto circuito. Por otro lado el transformador para servicios auxiliares se despreciará la contribución ya que no tendremos máquinas rotatorias de gran capacidad.

Entonces nuestro sistema lo podemos representar de la siguiente forma:



Los motores son de la misma capacidad 2920.3KW,
F.P. = 9 y X = 16%.

Donde la (Pcc) potencia de corto circuito nos la debe proporcionar la Compañía (C.F.E., o C. Luz y Fuerza) que nos proporcione éste dato Pcc = 1640 MVA.

Primero calcularemos la Pcc y luego haremos un diagrama de impedancias que es la potencia del transformador (para facilitar el cálculo).

A continuación se dá la nomenclatura de este capítulo.

Pcc	Potencia de corto circuito.
Pm	Potencia del motor en MVA.
Pt	Potencia del transformador en MVA.
Pb	Potencia base en MVA.
Xm	Reactancia del motor en por ciento.
Xt	Reactancia del transformador en por ciento.
Xeq	Reactancia equivalente.
\bar{X}_m	Reactancia del motor en por unidad.
\bar{X}_r	Reactancia de la red en por unidad.
\bar{X}_t	Reactancia del transformador en por unidad.
Icc	Corriente de corto circuito.

Ahora calcularemos las reactancias con la base de 20 MVA.

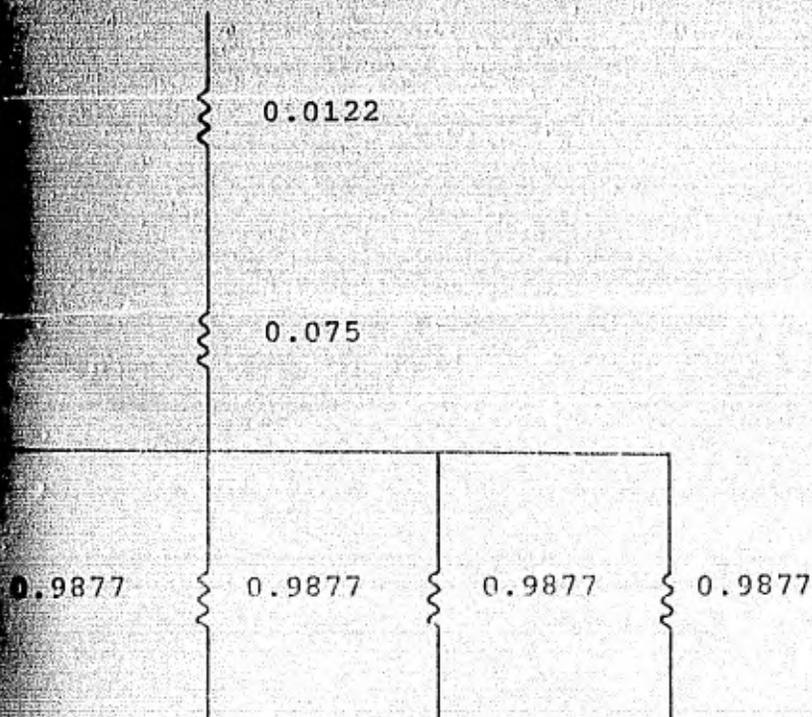
$$\bar{X}_r = \frac{P_b}{P_{cc}} = \frac{20 \text{ MVA}}{1640 \text{ MVA}} = 0.0122 \text{ P.U.}$$

$$\frac{P_b}{P_t} = \frac{7.5}{100} \cdot \frac{20}{20} = 0.075 \text{ P.U.}$$

$$\frac{20.3 \text{ Kw} \times 10^3}{0.9} = 3.24 \text{ MVA}$$

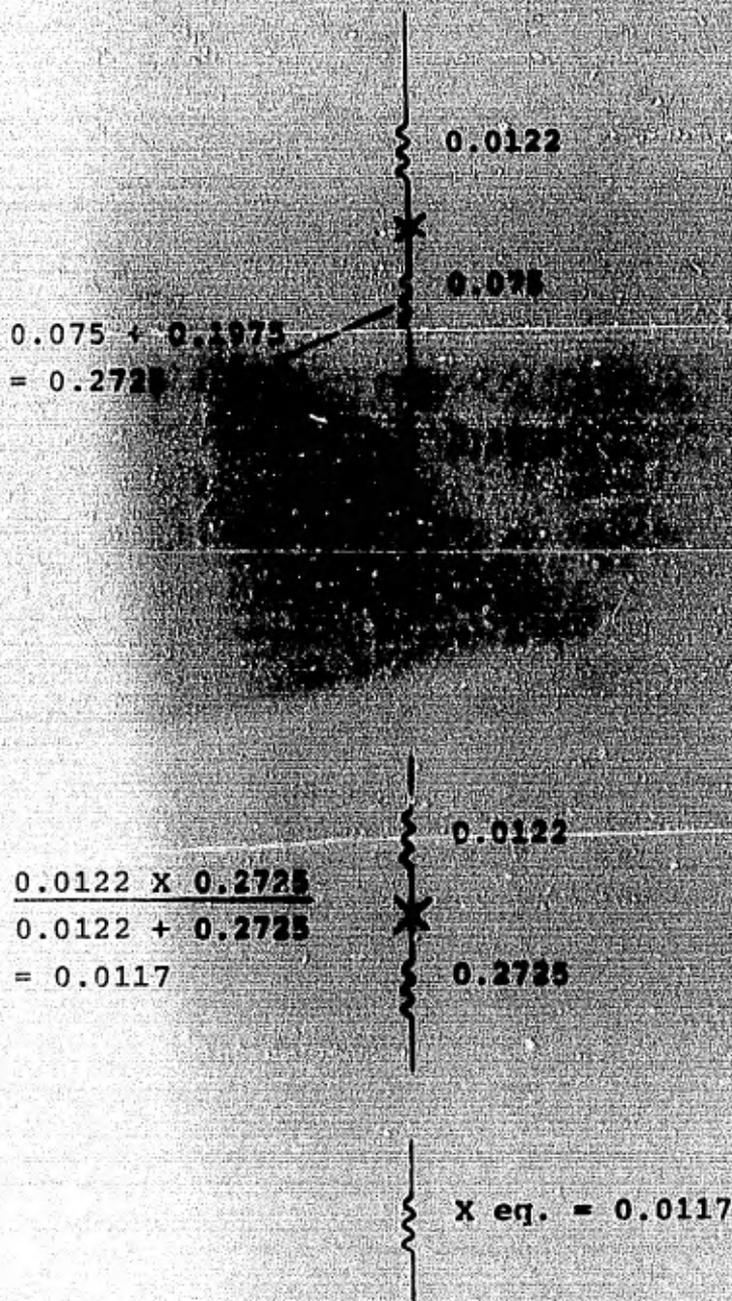
$$\frac{P_b}{P_m} = \frac{16}{100} \cdot \frac{20}{3.24} = 0.9877 \text{ P.U.}$$

Diagrama de impedancias



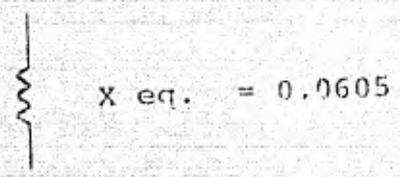
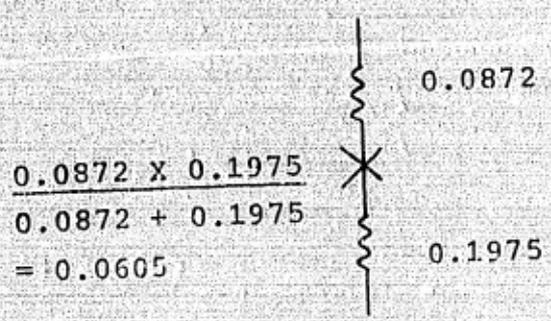
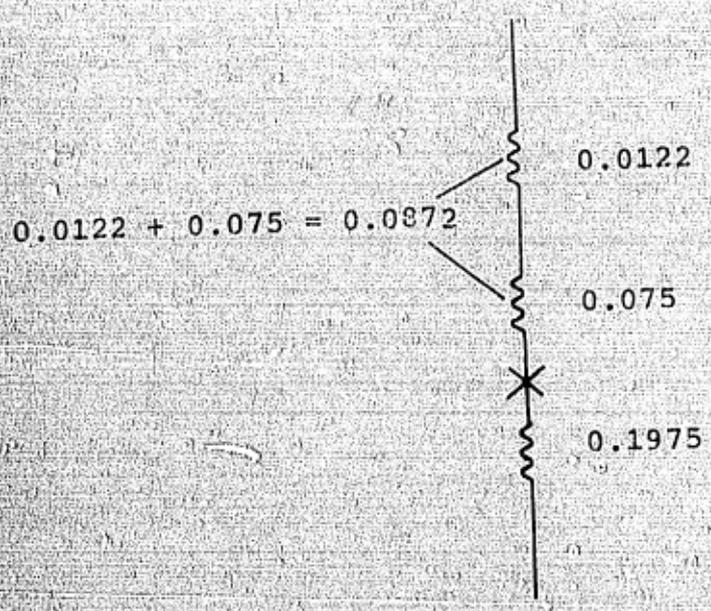
\bar{X} eq. de los motores es :

$$0.9877/5 = 0.1975 \text{ P.U.}$$



$$P_{cc} = \frac{P_b}{\bar{X}_{eq}} = \frac{20 \text{ MVA}}{0.0117} = 1709.40 \text{ MVA}$$

Ahora para la falla 2 tenemos :



$$P_{cc} = \frac{P_b}{X_{eq}} = \frac{20 \text{ MVA}}{0.0605} = 330.62 \text{ MVA}$$

Por requerimiento de C.F.E., los interruptores del lado de 115KV se seleccionarán de 5,000 MVA, pues tienen normalizados los interruptores de potencia a este valor, para la tensión de 115KV. Con este valor cubrimos ampliamente la capacidad interruptiva de nuestro sistema, que es de 1709.40 MVA.

La capacidad interruptiva en el bus de 4.16KV es de 330.62 MVA, pero el valor comercial es de 350 MVA.

4.- Corriente de corto circuito.

En base a la potencia de corto circuito calculada en el punto anterior para las fallas en el bus de 115 y 4.16KV podemos determinar la I_{cc} , corriente de corto circuito.

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \times KV}$$

Alta tensión.

$$I_{cc} = \frac{1,709.40 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 115KV} = 8.58KA$$

Baja tensión

$$I_{cc} = \frac{330.62 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 4.16KV} = 45.89 \text{ KA}$$

5.- Frecuencia.

La frecuencia será la de el sistema que nos suministra
rá la energía y que es de 60 Hz.

C A P I T U L O IV

TRANSFORMADORES PARA MEDICIÓN

Los Transformadores para medición están destinados a alimentar aparatos de medida, relevadores o aparatos análogos.

Tienen como función principal reducir a valores normales y no peligrosos, las características de tensión y de corriente en un sistema eléctrico, con el fin de permitir el empleo de aparatos de medición normalizados, por consiguiente más económicos y que puedan manipularse sin peligro.

Los Transformadores para medición se pueden clasificar en:

- I) Transformadores de Corriente.
- II) Transformadores de Potencial.

El transformador de corriente es un aparato en donde la corriente secundaria es, dentro de las condiciones normales de operación, prácticamente proporcional a la corriente primaria y está defasada en un ángulo cercano a cero, para un sentido apropiado de conexiones.

El primario de este transformador está conectado en serie con el circuito que se desea controlar, en tanto que el secundario está conectado a los circuitos de corriente de uno o varios aparatos de medición, relevadores o aparatos análogos, todos ellos conectados en serie.

Un transformado de corriente puede tener uno o varios devanados secundarios, bobinados sobre uno o varios circuitos magnéticos separados.

Un transformador de Potencial es un transformador para medición, donde la tensión secundaria es, dentro de las condiciones normales de operación, prácticamente proporcional a la tensión primaria, y defasada de ella un ángulo cercano a 90° , para un sentido apropiado de conexiones.

El primario de dicho transformador está conectado a las terminales entre las que se desea medir la tensión, en tanto que el secundario está conectado a circuitos de potencial d uno o varios aparatos de medida, relevadores o aparatos análogos, conectados en paralelo.

FACTORES QUE DETERMINAN LA SELECCION

Los factores que determinan la selección de estos aparatos son:

El tipo de Instalación.

El tipo de Aislamiento.

La Potencia y clase de Precisión.

Instalación

Los aparatos pueden ser construidos para ser usados e instalaciones interiores o exteriores.

Generalmente, por razones de economía, las instalaciones de baja y media tensión, hasta 25 KV, son diseñadas para

servicio interior. Las instalaciones de tipo exterior son de tensiones desde 34,5 a 400 KV, salvo en los casos donde, por condiciones particulares se hacen instalaciones interiores para tensiones hasta 230 KV.

Aislamiento

a) Material para baja tensión.

Generalmente los aparatos son construidos con aislamiento en aire o aislamiento en resina sintética, suponiéndose que lo común son las instalaciones interiores.

b) Material de media tensión.

Los transformadores para instalaciones (tensión de 3 a 25 KV) son construidos ya sea con aislamiento de aceite con envoltura de porcelana (concepción antigua), ya sea con aislamiento en resina sintética (concepción moderna).

Hay que hacer notar que la mayoría de los diseños actuales emplean el material seco, los aparatos con aislamiento en aceite o masa aislante (compound), se utilizan muy poco y sólo para ampliaciones de instalaciones existentes.

Los aparatos para instalaciones exteriores son generalmente construidos con aislamiento porcelana-aceite, aunque la técnica más moderna está realizando ya aislamientos en seco para este tipo de transformadores.

c) Material de alta tensión.

Los transformadores para alta tensión son aislados con papel dieléctrico, impregnados en aceite y colocados dentro

de un envolvente de porcelana.

Potencia

La potencia nominal que se debe seleccionar para los transformadores de medición esta en función de la utilización a que se destina un aparato.

Se examinarán posteriormente las potencias que se deben prever de una forma general, separadamente para los transformadores de corriente y los transformadores de potencial.

Clase de Precisión

La selección de la clase de precisión depende igualmente de la utilización a que se destinen los transformadores. Independientemente a esto, los transformadores y los aparatos que van a ser conectados a ellos, deberán presentar una similitud de exactitud.

Para las mediciones industriales y puramente industriales y puramente inductivas de vóltmetros y ampérmeters, las clases 1, 1.2, 3 y 5 son siempre suficientes.

En algunos casos, la clase 0.5 ó 0.6, es utilizada cuando se trata de instrumentos más precisos.

Para las mediciones de energía, las clases 0.2, 0.3, 0.5 y 0.6, son las más comúnmente utilizadas; se emplea la clase 0.2 y 0.3, en los casos de instalaciones de gran potencia, donde dicha clase se justifica.

Para transformadores de corriente empleados en la alimentación de sistemas de protección, las clases de precisión

5 y 10, son utilizadas con valores definidos de factores de sobrecarga.

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

Los transformadores de corriente tienen por finalidad, llevar la intensidad de corriente que se desea medir a un valor cómodo para manipular y registrar. Conectados en serie con las líneas de alimentación, están sujetos a las mismas sobrecargas que ellas. Estas intensidades, que son provocadas por un circuito, no son solamente función de la potencia tomada por el circuito de alimentación, sino que dependen de la potencia del sistema y de la impedancia de los circuitos afectados.

Hace falta entonces, tener en cuenta la capacidad de corto-circuito del sistema y el lugar en donde se conectará el transformador de corriente.

INSTALACION

Suponiendo que se ha elegido el tipo de instalación (interior o intemperie), conviene examinar todavía que tipo de transformadores de corriente será posible utilizar en la misma. En efecto, la elección de un modulo puede estar influenciada por elementos particulares, como pueden ser: posición, altura, mantenimiento previsto etc.

Tensión Nominal de Aislamiento

La tensión nominal de aislamiento de un transformador de corriente, debe ser cuando menos igual a la tensión más elevada del sistema en que se utilice. La elección de la

tensión nominal de aislamiento depende igualmente de las condiciones especiales de la instalación elegida. En climas salinosos, superiores de 1,000 metros, se deberá prever un nivel de aislamiento superior.

Realización

Los transformadores de corriente pueden estar construidos con uno o varios circuitos magnéticos, según las necesidades particulares de su utilización.

Los transformadores son provistos con un solo circuito magnético, cuando alimentan un solo aparato, teniendo una sola función bien definida, por ejemplo: medición o protección, o cuando las exigencias de la explotación permitan conectar, sobre el mismo circuito magnético, aparatos teniendo funciones diferentes, pero donde las influencias mutuas de ellas no tengan consecuencias, por ejemplo: un ampérmetro indicador y un relevador de sobrecorriente.

Cuando son previstos con núcleos separados, cada circuito magnético alimenta los aparatos que tengan una función definida, por ejemplo: un transformador que tenga tres circuitos magnéticos separados, puede alimentar:

El primero: La medición de precisión (facturación)

El segundo: Una protección diferencial.

El tercero: Mediciones industriales y relevadores de sobre corriente.

Un aparato construido con 2 ó 3 circuitos magnéticos separados, se comporta, teóricamente, como si se tratase de 2 ó 3 aparatos completamente diferentes, ya que solo el hobi

nado primario es común, los circuitos magnéticos y los bobinados secundarios están completamente independientes y separados.

Los transformadores de corriente destinados a ser instalados en subestaciones de alta tensión (intemperie) y subestaciones interiores, con gran capacidad en el sistema de alimentación, son comúnmente construídos con varios núcleos separados.

Corrientes nominales de los bobinados primarios y secundarios de un transformador de corriente, son los valores para los cuales los bobinados están diseñados.

Las diferentes normas (ANSI, VDE, CEB, CEI, etc.), han normalizado los valores de las corrientes primarias y secundarias de los aparatos.

Corriente Nominal Primaria

Se seleccionará generalmente el valor normalizado superior a la corriente nominal de la instalación.

Valores Normalizados

Simple Relación de Transformación

5	150
10	200
15	300
20	400
25	600
30	800

40	1200
50	1500
75	2000
100	3000

Doble Relación de Transformación

2 X 5	2 X 100
2 X 10	2 X 150
2 X 15	2 X 200
2 X 25	2 X 300
2 X 50	2 X 400
2 X 75	2 X 600

En ciertos tipos se realiza una doble o una triple relación primaria ya sea por medio de conexiones serie paralelo del bobinado primario, por medio de tomas en los bobinados secundarios.

Corriente Nominal Secundaria.

El valor normalizado es generalmente de 5 amps, en ciertos casos, cuando puede representar una carga importante, se puede seleccionar el valor de 1 A.

Potencia Nominal

La potencia nominal de los transformadores de corriente, es la potencia aparente secundaria bajo corriente nominal determinada, considerando las prescripciones relativas a los límites de errores. Está indicada, generalmente, en la placa de características y se expresa en voltampers, aunque también puede expresarse en ohms.

Para escoger la potencia nominal de un transformador de corriente, hay necesidad de hacer la suma de las potencias de todos los aparatos que serán conectados en serie con su devanado secundario y tener en cuenta la pérdida por efecto Joule de los cables de alimentación. Será necesario entonces tomar el valor inmediato superior a la cifra obtenida en la tabla 4.1.

TABLA 4.1.
Cargas Normales para transformadores de
Corriente Según Normas ANSI C.57.13

Designación de la carga	Características Resistencia en ohms	Inductancia milihenrys	Z en ohms	VA.	F.P.
BO.1	0.09	0.116	0.1	2.5	0.9
BO.2	0.18	0.232	0.2	5.0	0.9
BO.5	0.45	0.580	0.5	12.5	0.9
B1.0	0.5	2.3	1.0	25	0.5
B2.0	1.0	4.6	2.0	50	0.5
B4.0	2.0	9.2	4.0	100	0.5
B8.0	4.0	18.4	8.0	200	0.5

Clase de Precisión

Las clases de precisión normales son: 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.6, 1.2, 3 y 5, dependiendo de las normas usadas.

Se dan a continuación, las clases de precisión recomendadas, según el uso a que se destine el transformador de corriente.

TABLA 4.3

Clase	Utilización.
0.1	Calibración y medidas de laboratorio.
0.2-0.3	Medidas de laboratorio. Alimentación de wathhorímetros para alimentadores de gran potencia.
0.5-0.6	Alimentación de wathhorímetros para facturación, en circuitos de distribución y wathhorímetros industriales.
1.2	Ampérmetros registradores. Fasómetros indicadores. Wathhorímetros indicadores. Wathhorímetros industriales. Wathhorímetros registradores. Protecciones diferenciales, relevadores de impedancia.
3-5	Protecciones en general (relevadores de sobrecorriente).

Precisión para protección

La norma ANSI hace la siguiente clasificación de la precisión para protección:

a) Clase C.

b) Clase T.

La primera, cubre a todos los transformadores que tienen los devanados uniformemente distribuidos, y por tanto, el flujo de dispersión en el núcleo no tiene ningún efecto apreciable en el error de relación.

La segunda, cubre a todos los transformadores que tienen los devanados no distribuidos de manera uniforme, y por lo tanto, el flujo de dispersión en el núcleo, tiene un efecto apreciable en el error de relación. La relación debe ser determinada por prueba.

Ambas clasificaciones deben ser complementadas por la tensión nominal secundaria que el transformador puede suministrar a una carga normal (B0.1 a B0.8), a 20 veces la corriente nominal secundaria, sin exceder en 10% el error de relación. Este error, además deberá estar limitado a 10% a cualquier corriente entre 1 y 20 veces la corriente nominal secundaria, si su carga no es mayor a (1.0 ohm X 20 veces X 5 A) = 100 volts.

Capacidad de resistencia de los transformadores a los cortos circuitos.

Por el hecho que ellos van conectados en serie con las líneas de alimentación, los transformadores de corriente están sujetos a las mismas sobretensiones y sobre corrientes que las líneas. Estas sobrecorrientes, provocadas generalmente por corto circuitos, no son solamente función de la potencia tomada por el alimentador, sino que dependen de la potencia de la central o del sistema y de la impedancia de los circuitos que se encuentran entre las fuentes de energía y el lugar de la falla.

El incremento considerable de las potencias de las cen-

trales eléctricas, ha dado como resultado efectos de corto circuito de una importancia capital, que es absolutamente indispensable tenerla en cuenta para la selección de los aparatos, con objeto de evitar graves interrupciones y accidentes en caso de falla.

La resistencia de los transformadores de corriente a los corto circuitos, está determinado por las corrientes límites térmica y dinámica, definidas por ANSI, como:

a) La corriente límite térmica es el valor eficaz de la corriente primaria más grande que el transformador de corriente pueda soportar por efecto Joule, durante un segundo, sin sufrir deterioros y teniéndose el circuito secundario en corto circuito. Esta corriente límite térmica se expresa en kiloamperes eficaces, o en N veces la corriente nominal primaria.

b) La corriente límite dinámica es el valor de cresta de la amplitud de corriente que un transformador puede soportar por efectos mecánicos, sin sufrir deterioros teniendo su secundario en corto circuito su amplitud se expresa en kiloamperes.

En la práctica, el cálculo se efectúa siguiendo las dos fórmulas:

$$I_{\text{Term.}} \text{ (KA)} = \frac{\text{Potencia de corto circuito (MVA)}}{\text{Tensión (KV)}\sqrt{3}}$$

$$I_{\text{Din.}} = 2.54 I_{\text{Term.}}$$

TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

Los transformadores de potencial van conectados ya sea entre fases, o bien, entre fase y tierra.

La conexión entre fase y tierra se emplea normalmente con grupos de tres transformadores monofásicos conectados en estrella:

- 1o. Cuando se trata de subestaciones con tensión de 45 KV o superior.
- 2o. Cuando se desea medir la tensión y la potencia de cada una de las fases por separado.
- 3o. Para alimentar algún indicador de tierra.
- 4o. Cuando el número de VA, suministrado por dos transformadores de potencial es insuficiente.

Tensión nominal de servicio.

Se escoge generalmente la tensión nominal de aislamiento en KV superior, y más próxima a la tensión de servicio.

Tensión nominal secundaria.

La tensión nominal secundaria, según ANSI, es de 120 volts para los transformadores de tensión nominal de servicio hasta 25 KV, y de 115 volts con aquéllos de 34.5 KV ó más.

En transformadores conectados entre fases y tierra, es normal también una tensión secundaria de $115/1.73$ volts.

Los transformadores de potencial son construidos, en la generalidad de los casos, con un sólo bobinado secundario en el caso de que se desee alimentar relevadores de tierra.

Potencia nominal.

Para escoger la potencia nominal de un transformador de tensión, se hace generalmente la suma de las potencias nominales de todos los aparatos conectados al secundario. Se tienen en cuenta, por otro lado, las caídas de tensión en las líneas, si las distancias entre los transformadores y los instrumentos de medición, son importantes.

Se escoge la potencia nominal inmediata superior a la suma de las potencias de precisión y sus factores de potencia, según Normas ANSI, están dados en la tabla 4.2 y 4.2a

Clase de precisión

Las clases de precisión normales para los transformadores de potencial son: 0.1, 0.2, 0.5, 0.6, 1.2, 3 y 5, dependiendo de las normas usadas.

Se dan a continuación, las clases de precisión recomendadas, según el uso a que se destine el transformador de potencial.

Clase	Utilización
0.1	Calibración
0.2-0.3	Medición en laboratorios, alimentación de integradores (watt horímetros) para sistemas de gran potencia.
0.5-0.6	Instrumentos de medición e integradores (wathhorímetros).
1.2-3.5	Voltmetro de tableros. Voltmetro registradores. Wattmetros de tableros. Wathhorímetros. Frecuencímetros de tablero. Sincronoscopios. Reguladores de tensión. Relevadores de protección, etc.

Selección de los TC y TP.

Para la selección de los TC y TP, es necesario saber qué dispositivos de medición y protección tendremos en nuestra subestación. Para facilitar esto, haremos un diagrama unifilar indicando las protecciones requeridas por C.F.E. Los aparatos de medición también los indicaremos en este día

grama, para cuantificar la carga de los TP y TC que deben suministrar.

El TP va a alimentar los siguientes instrumentos:

- 1 Factorímetro con 10 VA de consumo.
- 1 Watthorímetro con 15 VA de consumo.
- 1 Vámetro con 10 VA de consumo.
- 1 Voltmetro con 15 VA de consumo.

Los instrumentos se localizarán a 50 m de distancia del TP, la sección del conductor es de 2.5 mm^2 y una resistencia de $3.46 \Omega/\text{km}$.

La potencia total por consumo de los aparatos es 50VA, pero hay que calcular los VA del conductor, para esto necesitamos determinar la corriente que circulará por el conductor, entonces tendremos:

$$I = \frac{P}{V} \quad \text{donde:}$$

P es la potencia en VA de consumo de los aparatos.

I Corriente en amperes.

V Voltaje al que serán alimentados los aparatos (115V para tensiones mayores de 34.5KV).

$$I = \frac{50 \text{ VA}}{115 \text{ V}} = 0.43 \text{ A}$$

Ahora para calcular los VA del conductor utilizaremos la siguiente fórmula:

$$\text{VA} = r \times 2l \times I^2 \text{ donde:}$$

r es la resistencia del conductor en Ω/km .

l es la longitud del conductor.

I es corriente en amperes.

$$\text{VA} = 3.46 \Omega/\text{km} \times 2 \times 0.05 \text{ km} \times 0.43^2$$

$$\text{VA} = 0.064$$

Entonces los VA totales son:

$$\text{VA} = 50\text{VA} + 0.06\text{VA} = 50.064\text{VA}$$

Con este valor podemos determinar que potencia comercial podemos utilizar. En la tabla 4.2 podemos ver, que con una potencia Y obtenemos 75 VA que cubre ampliamente nuestra necesidad.

Ahora, es necesario hacer notar que ésta medición únicamente es de nuestra subestación, pero C.F.E., siempre tiene que hacer su medición, por lo tanto solicita a los consumidores un TP y TC para ellos o en su defecto un devanado únicamente. En nuestro caso sólo proporcionaremos un devanado de los TC y TP.

Datos para especificar el TP.

Tensión primaria	$115/\sqrt{3}$ KV
Tensión secundaria	$0.115-0.115/\sqrt{3}/0.115$ $0.155/\sqrt{3}$ KV.
Potencia	Y
Clase	0.2-0.3

La clase de precisión fué de acuerdo a la tabla 4.3

Selección de los TC.

Los TC tendrán tres devanados secundarios, dos serán para la medición y protección de nuestra subestación, el otro devanado es para C.F.E.

1er. devanado.

Alimentará a los siguientes instrumentos:

1 Frecuencímetro con 0.9 VA de consumo.

1 Watthorímetro con 0.2 VA de consumo.

1 Vármetro con 0.2 VA de consumo.

Los instrumentos estarán localizados a una distancia de 50 m del TC, la sección del conductor será de 2.5 mm^2

De la gráfica 4.4, para consumo de conductores se tiene que el consumo es 8.5 VA.

$$VA_T = (0.9 + 0.2 + 0.2 + 8.5) = 9.8 \text{ VA}$$

La I del primario y secundario son:

$$I_{np} = \frac{P}{115KV\sqrt{3}} = \frac{20,000}{115KV \times \sqrt{3}} = 100.4A.$$

$$I_{ns} = 5 \text{ A.}$$

La I_{ns} es de 5A, pues como se dijo antes, es el valor normalizado para alimentar aparatos de protección y medición.

Potencia, de la tabla 4.1 seleccionamos B 0.5 con 12.5 VA.

2o. Devanado.

Alimentará a los siguientes aparatos:

1 Relevador 50/51 con 10 VA de consumo.

1 Relevador 51N con 10 VA de consumo.

Conductor con 8.5 VA de consumo.

$$VA_T = (10 + 10 + 8.5) = 28.5 \text{ VA}$$

De la tabla 4.1 tenemos con un B2.0, cubierta la potencia de 28.5 VA

Datos para especificar:

$$I_{np} = 100 \text{ A}$$

$$I_{ns} = 5 \text{ A}$$

Clase 0.3 para los dos devanados

Potencia B2.0 para un devanado y B0.5 para el otro.

Ahora para las corrientes térmica y dinámica utilizaremos las fórmulas siguientes:

$$I_{\text{Térmica}} = \frac{\text{Potencia de corto circuito (MVA)}}{\text{Tensión (KV)} \sqrt{3}} = (\text{KA})$$

$$I_{\text{dinámica}} = 2.54 I_{\text{Térmica}}$$

En el capítulo III obtuvimos las potencias de corto circuito, tanto en el bus de 4.16 KV como en el de 115 KV, ésta potencia la utilizaremos para calcular la $I_{\text{Térmica}}$ y $I_{\text{Dinámica}}$, pero como los TC estarán instalados en el lado de alta tensión, tendremos que utilizar la Pcc en el bus de 115 KV que es de 1,709.40 MVA.

$$I_{\text{Térmica}} = \frac{1,709.40}{115\text{KV} \times \sqrt{3}} = 8.58 \text{ KA}$$

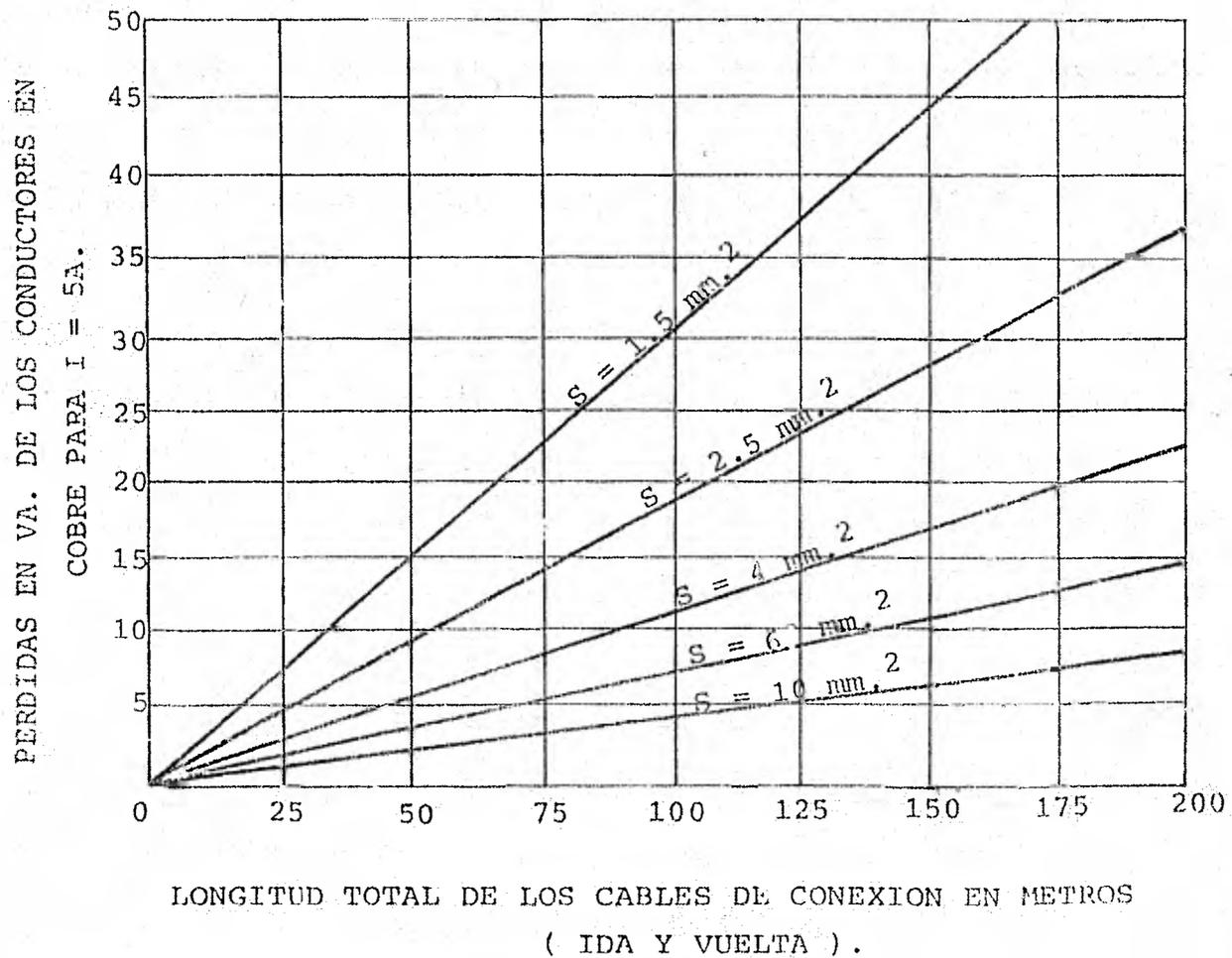
$$I_{\text{dinámica}} = 2.54 \times 8.58 = 21.80 \text{ KA}$$

T A B L A 4.2a

CARGAS NORMALES PARA TRANSFORMADORES DE POTENCIAL
SEGUN NORMAS ANSI C.57.13

CARGAS NORMALES		CARACTERISTICAS EN BASE A 69.3 VOLTS Y 60 HZ			
DESIGNACION	VA	F.P.	RESISTENCIA OHMS	INDUCTANCIA HENRYS	IMPENDANCIA OHMS
W	12.5	0.10	38.4	1.014	384
X	25	0.70	134.4	0.364	192
Y	75	0.85	54.4	0.0894	64
Z	200	0.85	20.4	0.0336	24
ZZ	400	0.85	10.2	0.0168	12

GRAFICA 4.4



C A P I T U L O V

CUCHILLAS DESCONECTADORAS

El empleo de las cuchillas desconectadoras en las subestaciones es necesario, ya que debe existir seguridad en el aislamiento físico de los circuitos antes de realizar cualquier trabajo y para los cuales la presencia de un interruptor no es suficiente para garantizar un aislamiento eléctrico.

Las cuchillas desconectadoras solo pueden ser accionadas para operar bajo tensión, sin carga, con propósitos de transferir o aislar un circuito o sistema. No tienen rango de interrupción y pueden ser operadas una vez que el circuito ha sido abierto por otros medios.

D E F I N I C I O N E S

Cuchilla Desconectadora.

Es un dispositivo que se usa para conectar, desconectar o cambiar las conexiones de un circuito eléctrico.

Cuchilla Desconectadora en Aire.

Es una cuchilla desconectadora cuyos contactos se separan en el aire.

CLASIFICACION

Las cuchillas desconectadoras se pueden clasificar en

los siguientes tipos:

Tipo pértiga
Tipo vertical
Tipo lateral
Tipo giratorio

Los tipos anteriores, pueden presentarse en la siguiente forma:

1.- Por su apertura, pueden ser:

De apertura simple
De apertura doble

2.- Por su operación, pueden ser:

De operación individual
De operación en grupo

3.- Por su servicio, pueden ser:

De servicio interior
De servicio exterior

4.- Por su accionamiento, pueden ser:

Manual
Eléctrico
Neumático

5.- Por su montaje, pueden ser:

Vertical

Horizontal

Invertido

SELECCION

La selección de una cuchilla desconectadora es más sencilla que los equipos descritos en los capítulos anteriores, ya que los parámetros para su selección han sido calculados, tales parámetros son los siguientes:

- 1.- Corriente Nominal
- 2.- Voltaje Nominal
- 3.- Nivel de Aislamiento al Impulso (BIL)
- 4.- Corriente de Cortocircuito

1.- Corriente Nominal

La corriente nominal que debe soportar la cuchilla desconectadora es la misma que soportará el interruptor y el transformador en el lado de alta tensión (ver diagrama unifilar), y la máxima corriente que circulará por ellos es de 100.4 Ampers de acuerdo al cálculo efectuado en el Capítulo III. En base a esta corriente se selecciona de catálogos o de normas correspondientes a cuchillas desconectadoras (la más cercana), en nuestro caso la más cercana es de 600 Ampers.

2.- Voltaje Nominal

El voltaje nominal se selecciona en base al lugar de la instalación, es decir al punto donde quedará instalada la cuchilla desconectadora en nuestro caso estarán instaladas en el lado de alta tensión por lo tanto el voltaje nominal será de 115 KV.

3.- Nivel de Aislamiento al Impulso (BIL)

Al igual que los otros equipos el nivel de aislamiento al impulso se debe especificar, ya que es la capacidad de aislamiento para soportar esfuerzos eléctricos, este nivel de aislamiento se tiene normalizado en base a los voltajes nominales, siendo para nuestro caso 550 KV, (Ver tabla 2.1).

4.- Corriente de Corto circuito

Es necesario especificar la corriente de corto circuito, que circulará en caso de falla en el punto donde se pretende instalar la cuchilla, pues la respuesta de los dispositivos de protección no es instantánea, por lo tanto, en ese tiempo de operación el equipo queda sometido a esfuerzos mecánicos muy grandes que podrían destruir el equipo, esta corriente de corto circuito fué calculada en el Capítulo III, siendo su valor de: 8.58 KA.

C A P I T U L O VI

APARTARRAYOS

APARTARRAYOS.

Los apartarrayos son dispositivos de protección contra efectos transitorios, diseñados para operar repetitivamente y limitar las tensiones transitorias en circuitos de una SUBESTACION, por medio de la descarga del apartarrayos a tierra y posteriormente interrumpiendo en forma automática la corriente remanente.

Definición

El apartarrayos es un dispositivo diseñado para proteger equipo eléctrico contra sobretensiones transitorias elevadas y limitar la duración, frecuentemente la amplitud, de la corriente remanente.

Clasificación

Se fabrican diferentes tipos de apartarrayos, basados en el principio general de operación. Los más empleados son:

1).- Apartarrayos tipo autovalvular.

2).- Apartarrayos de resistencia variable.

1. Apartarrayos tipo autovalvular.

Consiste de varias chapas de explosores conectados en serie por medio de resistencias variables cuya función es dar una operación más sensible y precisa. Se emplea en los sistemas que operan a grandes tensiones, ya que representan una gran seguridad de operación.

2. Apartarrayos de resistencia variable.

Su principio de operación se funda en el principio general, es decir, con dos explosores, y se conecta en serie a una resistencia variable. Se emplea en tensiones medianas.

Características de protección.

Se pueden dividir en dos partes:

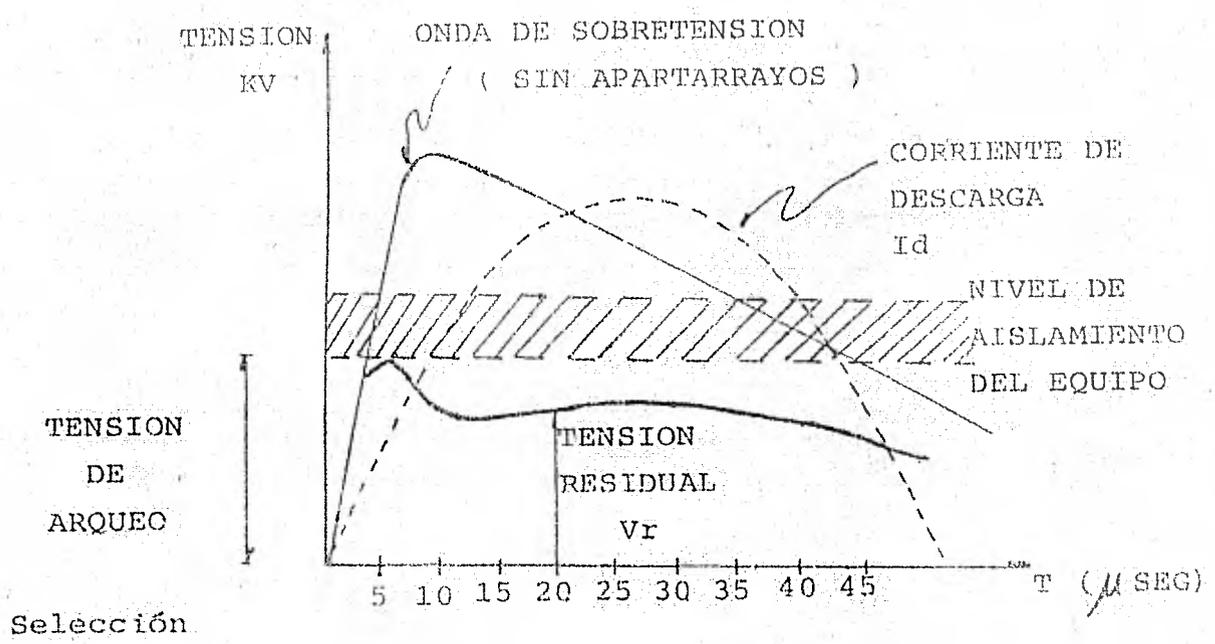
a).- Tensión de arqueo.

b).- Tensión de descarga.

a).- La tensión de arqueo o magnitud de la tensión a la cual se produce el arqueo en el apartarrayos es una función de la forma de onda y la tensión aplicada.

b).- La tensión de descarga o tensión causada por el flujo de corriente a través del apartarrayos (se refiere a la caída de tensión IR en el apartarrayos es una función de la forma de onda y la magnitud de la corriente).

En la siguiente figura se muestran los conceptos relacionados con el apartarrayos:



Para la selección de un apartarrayos es necesario determinar las características siguientes:

- 1).- Tensión nominal.
- 2).- Corriente nominal de descarga.

1. Tensión nominal.

Es el valor efectivo de la tensión alterna de frecuencia fundamental (60 Hz) a la cual se efectúa la prueba de trabajo, y que puede aparecer permanentemente en el apartarrayos sin dañarlo. A esta tensión el apartarrayos extingue la corriente de frecuencia fundamental.

La tensión nominal del apartarrayos se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$V_n = k_e V_{max}$$

Donde:

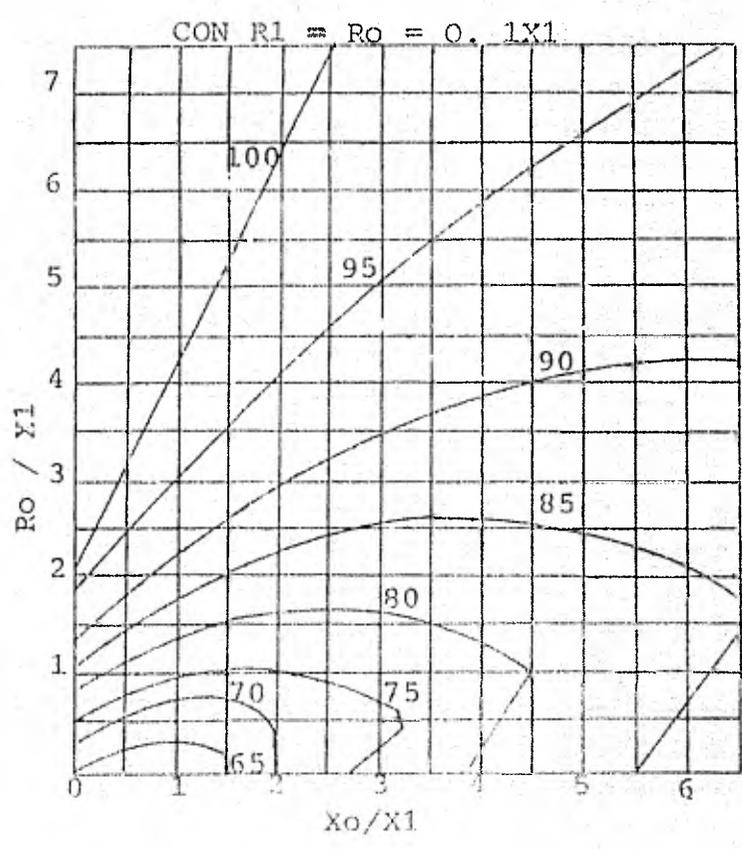
V_{max} = Tensión nominal del sistema entre fases (se refiere al equipo) en KV.

V_n = Tensión nominal del apartarrayos en KV.

K_e = Factor de conexión a tierra.

El factor K_e depende de la forma en como esta conectado el sistema a tierra, considerando la falla de línea a tierra que produce la sobretensión en las fases no falladas.

De acuerdo con esto la relación de reactancias de secuencia cero a secuencia positiva (X_0/X_1 y la relación R_0/X_1).



Se entra a la gráfica con la relación X_0/X_1 para el sistema, así como para el valor R_0/X_1 , el punto de corte cae en alguna curva, en donde el mínimo indicador representa la tensión máxima (en por ciento) que puede aparecer de la línea a tierra en las fases no falladas. Los valores de X_0/X_1 y R_0/X_1 dependen como ya se mencionó antes de la forma en como se encuentran los neutros conectados conectados a tierra, de manera que en la práctica para sistemas con neutro sólidamente conectado a tierra, como lo es nuestro diseño, $X_0/X_1 \cong 3 R_0/X_1 \cong 1$ y estos valores se interceptan en la curva marcada con el 80%, es decir $K_e = 0.80$.

Por lo tanto el V_n para nuestros apartarrayos es como sigue:

$$V_n = 0.80 (121KV)$$

$$V_n = 96.8KV$$

b).- Corriente de descarga

$$I_d = 2 \frac{NBI}{Z_0}$$

NBI = Nivel básico de impulso
(KV)

Z_0 = Impedancia característi
ca de la línea en ohms.

$$I_d = \frac{2 \times 550}{250} = 4.4 \text{ KA}$$

Con estos valores seleccionaremos un apartarrayos comercial que se aproxime lo más posible en catálogos de fabricantes de apartarrayos o en su defecto en las normas en vigor sobre apartarrayos.

Los apartarrayos serán del tipo Autovalvular: Tipo XAF
96 de ASEA.

C O N C L U S I O N

Uno de los aspectos importantes en el proyecto de las SUBESTACIONES ELECTRICAS es que el Ingeniero Mecánico Electricista pueda definir las características principales del equipo constitutivo de la misma, pues es necesario especificar lo que requiere el fabricante para la fabricación de cada equipo y para que el pueda hacer la cotización respectiva al equipo solicitado. Estas especificaciones sirven también para hacer la evaluación técnica-económica más conveniente, ya que en ocasiones el equipo seleccionado no se encuentra en el mercado y hay que adoptar el que se aproxime a las necesidades.

En la realización de esta actividad el Ingeniero Mecánico Electricista dispone de varios elementos de apoyo para una correcta designación. Uno de los elementos lo constituyen las normas nacionales e internacionales que correspondan a cada equipo, pues nos dan idea de las características técnicas que hay que especificar. Otro elemento, que resulta de gran ayuda, son los catálogos de fabricante en donde por lo general describen las principales características y aplicaciones de los equipos.

EQUIPOS Y ELEMENTOS PRINCIPALES POR ESPECIFICAR

Dependiendo de la tensión de operación y de la capacidad de la Subestación Eléctrica pueda variar el número de componentes de la misma así como las cantidades a especificar para cada equipo o aparato.

Entre los principales elementos por especificar mencionaremos los siguientes, así como de sus precios unitarios al mes de julio de 1982.

Transformadores de Potencia, Interruptores de Potencia
Transformadores para medición, Apartarrayos, Cuchillas Desco
nectadoras.

ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA

1.	Capacidad nominal	15/20 MVA.
2.	Voltajes nominales	115/4.16 KV.
3.	Cantidades de fases	3.
4.	Clase de enfriamiento	OA/FA.
5.	Frecuencia	60 Hz.
6.	Impedancia	7.5 %.
7.	Tipo de núcleo	Columnas.
8.	Sobre elevación de temperatura	55°C.
9.	Altura de operación	460 msnm.

DEVANADO DE ALTA TENSION

10.	Capacidad nominal	15/20 MVA.
11.	Voltaje nominal	115 KV.
12.	Clase de aislamiento	115 KV.
13.	Nivel básico de impulso	550 KV.
14.	Conexión	Delta
15.	Neutro	
16.	Derivaciones arriba voltaje nominal	2 de 2.5% c/u.
17.	Derivaciones abajo voltaje nominal	2 de 2.5% c/u.
18.	Transformadores de corriente	

BOQUILLAS ALTA TENSION

19.	Tipo	Condensador
20.	Clase de aislamiento	115 KV.
21.	Nivel básico de impulso	550 KV.
22.	Conectores terminales para recibir	Cable Cu 250 MCM.

DEVANADO BAJA TENSION

23. Capacidad nominal	15/20 MVA.
24. Voltaje nominal	4.16 KV.
25. Clase de aislamiento	5 KV.
26. Nivel básico de impulso	75 KV.
27. Conexión	Estrella.
28. Neutro	Fuera del tanque por boquilla.
29. Derivaciones arriba voltaje nominal	
30. Derivaciones abajo voltaje nominal.	
31. Transformadores de corriente	1 en el neutro relación 600/5 A.

BOQUILLAS BAJA TENSION

32. Tipo	Sólido
33. Clase de aislamiento	5 KV.
34. Nivel básico de impulso	75 KV.
35. Conectores terminales para recibir	Cable Cu 750 MCM.

ACCESORIOS

36. Tipo sistema preservación de aceite	Tanque conservador aislado de la atmósfera.
37. Tipo dispositivo alivio de sobre presión	Mecánico.
38. Control automático de enfriamiento	Sí.
39. Soporte para apartar rayos en el lado	AT.
40. Cubierta del tanque	Plataforma plana.
41. Base de transformador	Ruedas.

ESPECIFICACIONES PARTICULARES INTERRUPTORES DE POTENCIA

CARACTERISTICAS DEL CIRCUITO DE OPERACION

1. Voltaje nominal	115 KV.
2. Frecuencia	60 Hz.
3. Número de polos	3
4. Número de fases	3
5. Conexión a tierra	A través de resistencia.

CARACTERISTICAS NOMINALES

6. Voltaje de diseño	115 KV.
7. Voltaje máximo de diseño	121 KV.
8. Voltaje mínimo de operación	110 KV.
9. Nivel de aislamiento	550 KV.
10. Corriente nominal	1200 A.
11. Corriente momentánea máxima	39000 A.
12. Corriente de 4 segundos	26000 A.
13. Capacidad interruptiva	5000 MVA.
14. Tiempo de cierre	18 Ciclos.
15. Tiempo de interrupción	3 Ciclos
16. Tiempo de recierre automático	20 Ciclos
17. Operaciones cierre-apertura con la energía que pueda almacenar el interruptor	Apertura-cierre-apertura
18. Medio de interrupción del arco	Hexafluoruro de azufre.
19. Tipo de mecanismo de operación	Electroneumático.
20. Voltaje del circuito de control	220 VCA.
21. Voltaje del circuito de alimentación a motores	220 VCA, 3 fases.

ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

1. Tipo	Enbobinado en aceite.
2. Voltaje nominal del circuito	115 KV.
3. Clase de aislamiento	115 KV.
4. Nivel básico de impulso	550 KV.
5. Conexión del primario	Fase a tierra.
6. Relación de transformación	1000/1 y 1000/1
7. Clase y potencia de precisión	0.2Y, 0.3Y.
8. Cantidad de devanados	2
9. Voltajes de los devanados	$115/3 - 0.115 - 0.115/\sqrt{3}$ $- 0.115 - 0.115/\sqrt{3}$
10. Frecuencia de operación	60 Hz.
11. Tipo de instalación	Intemperie.
12. Altura de operación	460 msnm.
13. Sobre elevación de temperatura	55°C.
14. Posición de montaje	Base horizontal.
15. Cantidad de boquillas AT	1
16. Distancia de fuga	3 cm/KV a tierra.
17. Conectores para recibir	cable Cu 300-500 MCM.

ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE CUCHILLAS DESCONECTORAS

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

1. Voltaje nominal	115 KV.
2. Corriente nominal	600 A.
3. Corriente en 4 segundos	25000 A.
4. Nivel básico de impulso	500 KV.
5. Aisladores referencia técnica NEMA	19.

CARACTERISTICAS GENERALES

6. Número de polos	3.
7. Número de tiros	1.
8. Servicio	Intemperie.
9. Montaje	Horizontal.
10. Operación	Vertical.
11. Mecanismo de operación	Motorizado.
12. Altura de operación	460 msnm.
13. Altura de montaje sobre el piso	7 M.
14. Separación entre fases	3.05 M.
15. Número de aisladores por polo	9.

ACCESORIOS

16. Conectores	Bimetálicos para cable; Cu y ACSR 500 MCM.
17. Cuchilla de puesta a tierra	Sí.
18. Cuernos de arqueo	Sí.

ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE APARTARRAYOS

CARACTERISTICAS GENERALES

- | | |
|------------------------|---------------|
| 1. Tipo | Autovalvular. |
| 2. Clase | Intermedia. |
| 3. Instalación | Intemperie. |
| 4. Altura de operación | 460 msnsm. |

TENSIONES

- | | |
|--|---------|
| 5. Tensión nominal de designación | 96 KV. |
| 6. Tensión de prueba del aislamiento a 60 Hz. en seco | 225 KV. |
| 7. Tensión de prueba del aislamiento a 60 Hz. en humedo | 190 KV. |
| 8. Tensión de prueba del aislamiento al impulso con onda completa | 450 KV. |
| 9. Tensión de descarga valor cresta para los siguientes valores de corriente | |
| 5 KA | 296 KV. |
| 10 KA | 328 KV. |
| 20 KA | 372 KV. |
| 10. Tensión de impulso que inicia la descarga | 300 KV. |

CORRIENTE

- | | |
|----------------------------------|---------|
| 11. Corriente máxima de descarga | 100 KA. |
| 12. Corriente con onda cuadrada | 150 KA. |

CONTADOR DE DESCARGA

Sí.

CONECTORES BIMETALICOS PARA

Cu y Al

13. Para tierra.

Cable con diámetro de 10 a 15 mm.

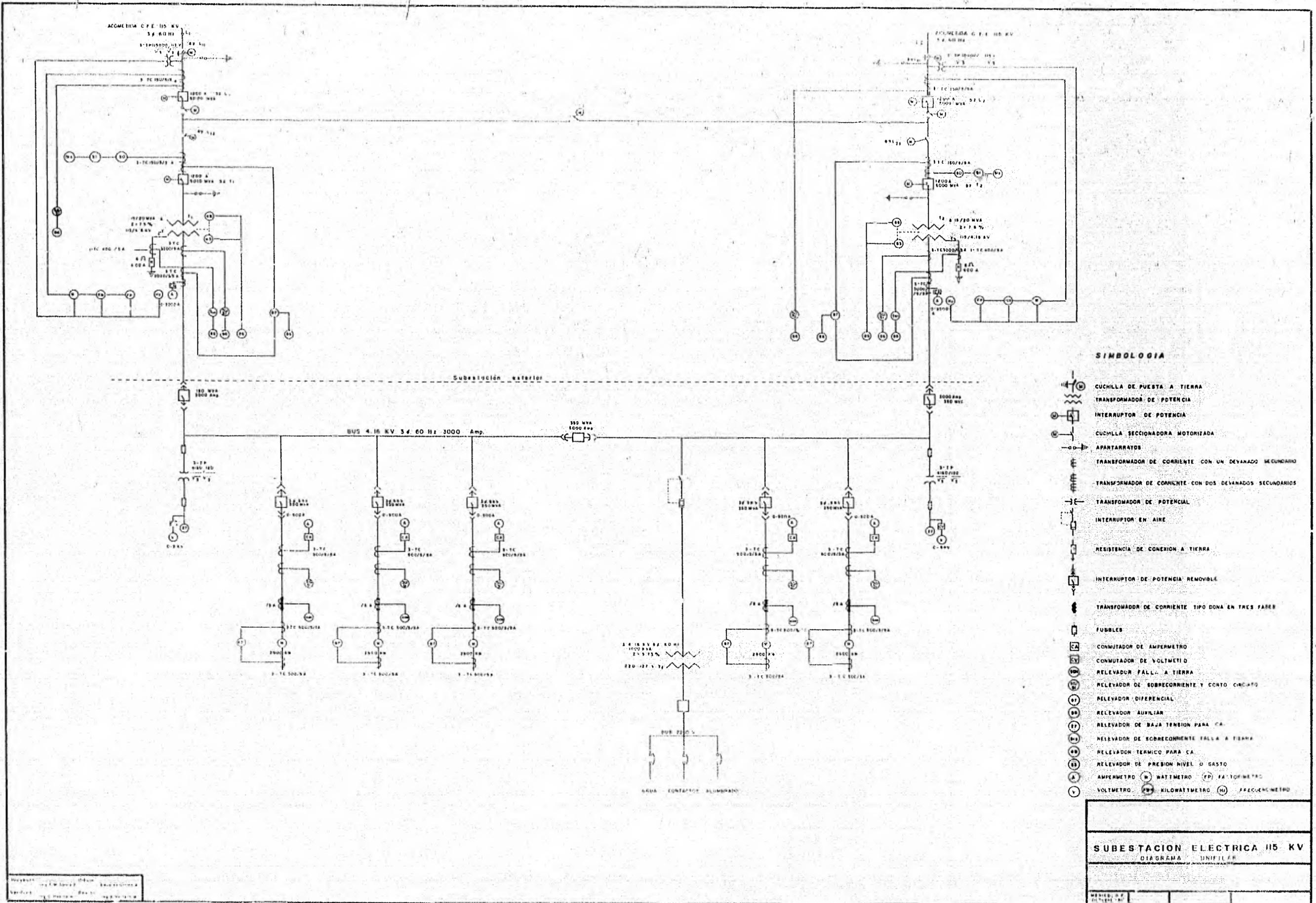
14. Para línea

Cable con diámetro de 20 a 30 mm.

S. A. R. H.
DIR. GRAL. DE CAPTACIONES Y
CONDUCCIONES DE AGUA

SISTEMA REGIONAL ESTABILIZADOR N.º 1
SUMINISTRO E INSTALACION DE SUBESTACION

C O N C E P T O		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (CON LETRA)	PRECIO UNITARIO(\$)	IMPORTE (\$)
NUMERO	DESCRIPCION					
1	Transformador de potencia trifásico 15/20 MVA 115/4.16 KV, 60 Hz, conexión Delta en alta tensión, Estrella en baja con neutro, para conectarse a resistencia, servicio intemperie con preparaciones para el enfriamiento forzado, así como accesorios y demás características mencionadas en las especificaciones.	Pza.	2	(ONCE MILLONES CIEN MIL TRESCIENTOS VEINTINUEVE PESOS 70/100 M.N.)	11'100,329.70	22'200,659.40
2	Interruptor de potencia tripolar 115 KV 1200 A. 5000 MVA, 60 Hz, servicio intemperie en hexafluoruro de azufre (SF6)	Pza.	4	(DOS MILLONES SEISCIENTOS CINCO MIL DOSCIENTOS UN PESOS 55/100 M.N.)	2'605,201.53	10'420,806.10
3	Apartarrayos autoválvulas 96 KV, servicio intemperie	Pza.	12	(NOVENTA Y UN MIL DOSCIENTOS SETENTA PESOS 28/100 M.N.)	91,270.28	1'095,243.40
4	Transformadores de potencial 115 KV, servicio intemperie, con 2 devandos secundarios.	Pza.	6	(CIENTO SETENTA Y OCHO MIL QUINIENTOS NOVENTA Y CINCO PESOS 96/100 M.N.)	178,595.90	1'071,575.80
5	Transformadores de corriente 115 KV servicio intemperie, relación 150/5-5-5 A	Pza.	12	(DOSCIENTOS CUARENTA Y TRES MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y CUATRO PESOS 53/100 M.N.)	243,684.53	2'924,214.40
6	Cuchillas seccionadoras tripolares 115 KV 600 A, servicio intemperie, montaje horizontal - apertura vertical motorizada con cuchilla de puesta a tierra.	Pza.	2	(SEISCIENTOS CUARENTA Y SEIS MIL OCHOCIENTOS NOVENTA Y SEIS PESOS 19/100 M.N.)	646,896.15	1'293,792.37
7	Cuchillas seccionadoras tripolares 115 KV 600 A, servicio intemperie montaje horizontal apertura vertical motorizada	Pza.	5	(QUINIENTOS DIECIOCHO MIL CIENTO CUARENTA Y NUEVE PESOS 51/100 M.N.)	518,149.51	2'590,747.6
8	Resistencia de puesta a tierra para aterrizar neutro de transformador de acero inoxidable, servicio intemperie 4 ohms.			(DOSCIENTOS SEIS MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y CUATRO PESOS 90/100 M.N.)	206,484.90	412,969.80



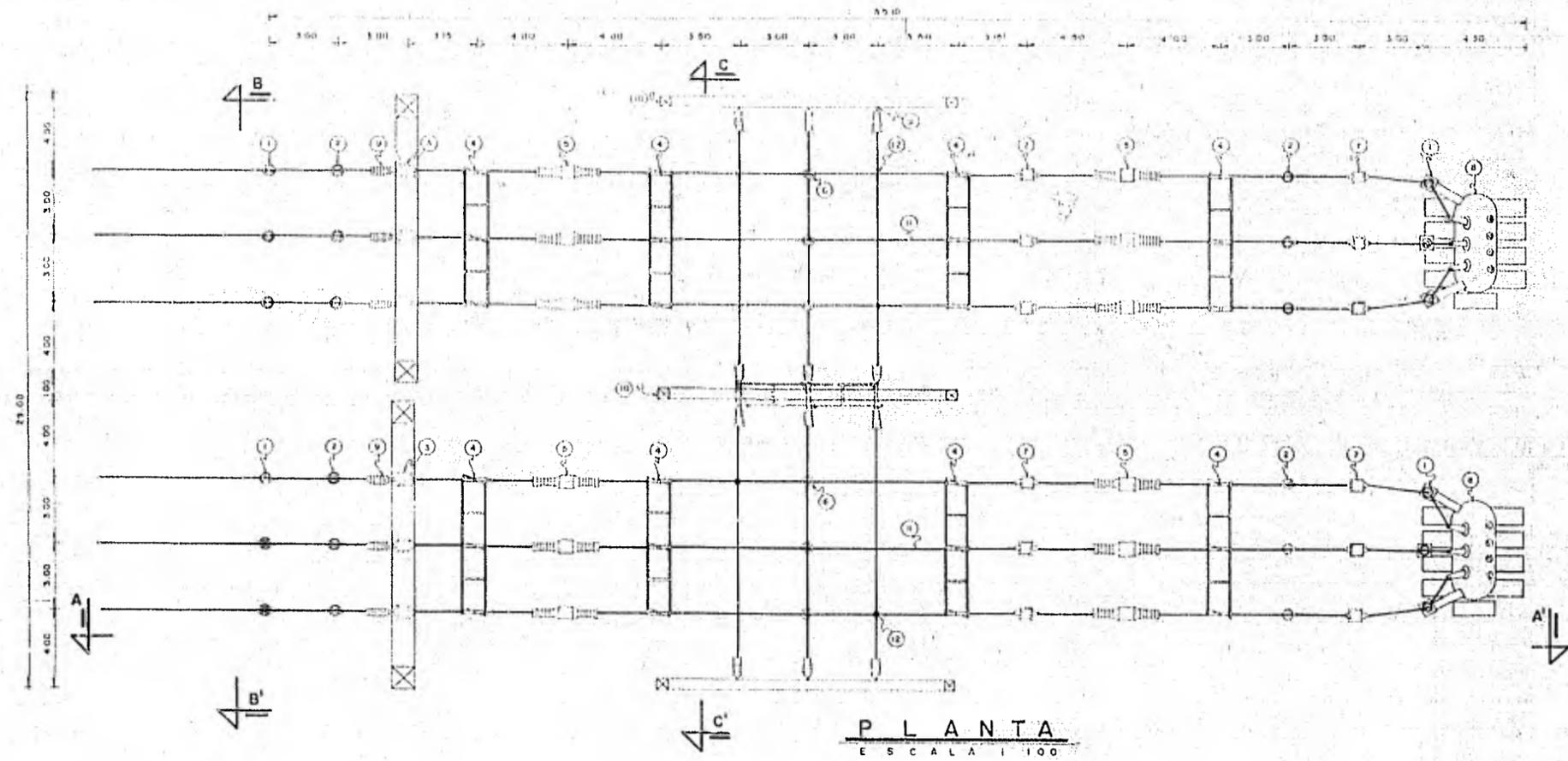
SIMBOLOGIA

-  CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA
-  TRANSFORMADOR DE POTENCIA
-  INTERRUPTOR DE POTENCIA
-  CUCHILLA SECCIONADORA MOTORIZADA
-  APANTARRAYOS
-  TRANSFORMADOR DE CORRIENTE CON UN DEVANADO SECUNDARIO
-  TRANSFORMADOR DE CORRIENTE CON DOS DEVANADOS SECUNDARIOS
-  TRANSFORMADOR DE POTENCIAL
-  INTERRUPTOR EN AIRE
-  RESISTENCIA DE CONEXION A TIERRA
-  INTERRUPTOR DE POTENCIA REMOVIBLE
-  TRANSFORMADOR DE CORRIENTE TIPO DONA EN TRES FASES
-  FUSIBLES
-  CONMUTADOR DE AMPERMETRO
-  CONMUTADOR DE VOLTMETRO
-  RELEVADOR FALLA A TIERRA
-  RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE Y CORTO CIRCUITO
-  RELEVADOR DIFERENCIAL
-  RELEVADOR AUXILIAR
-  RELEVADOR DE BAJA TENSION PARA CA
-  RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE FALLA A TIERRA
-  RELEVADOR TERMICO PARA CA
-  RELEVADOR DE PRESION NIVEL O GASTO
-  AMPERMETRO
-  WATTMETRO
-  FA-TORMETRO
-  VOLTMETRO
-  KILOWATTMETRO
-  FRECUENCIOMETRO

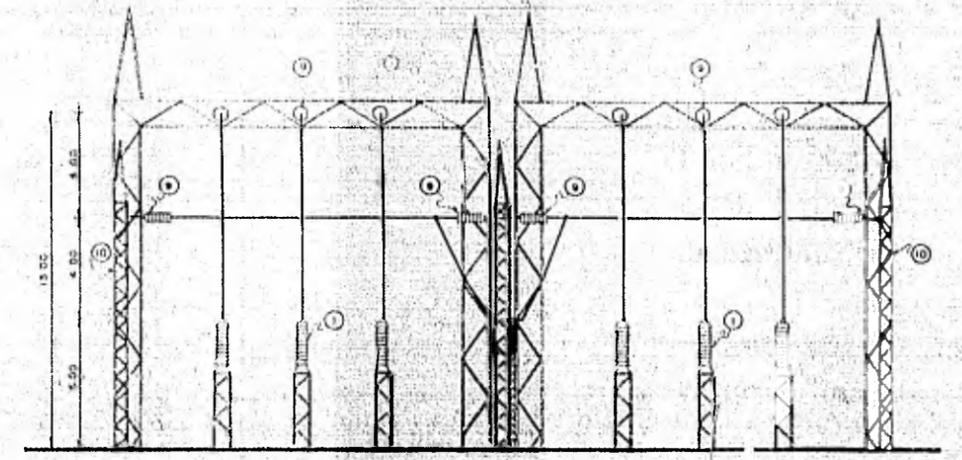
SUBSTACION ELECTRICA 115 KV
 DIAGRAMA UNIFILAR

Escalera: 1:100
 Autores: J. M. Gomez, J. L. Gomez
 Revisado: J. M. Gomez, J. L. Gomez

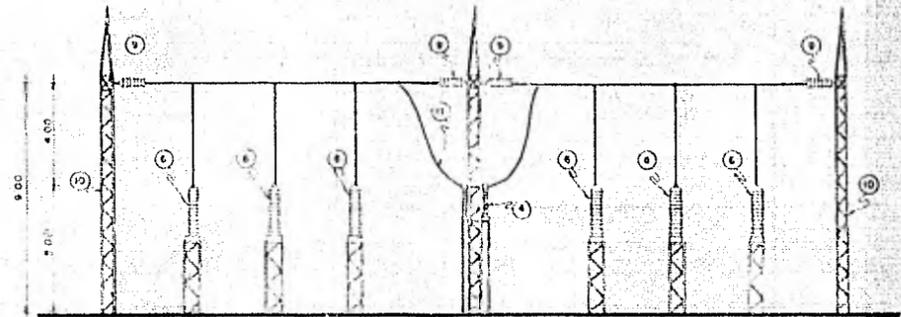
FECHA: 15/05/80
 HOJA: 1 DE 1



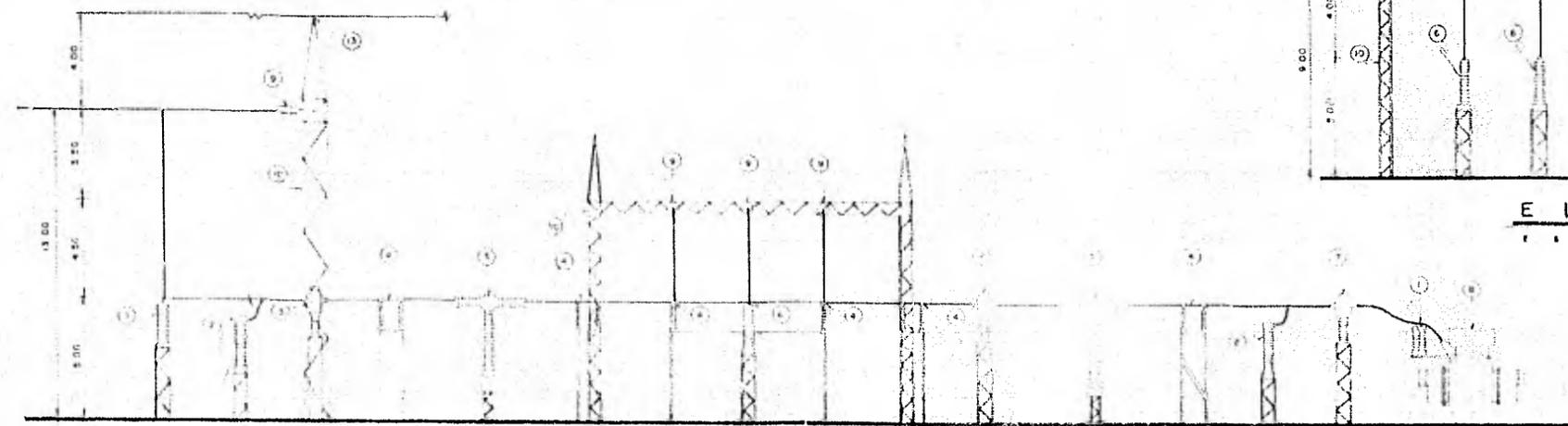
PLANTA
E S C A L A 1 : 1 0 0



ELEVACION B-B'
E S C A L A 1 : 1 0 0



ELEVACION C-C'
E S C A L A 1 : 1 0 0



ELEVACION A-A'
E S C A L A 1 : 1 0 0

N.	DESCRIPCION
1	Aparatos tipo estación
2	Transformador de potencial, tipo bushing
3	Transformador de corriente, tipo bushing
4	Cuchillas desconectadoras trifásicas, apertura vertical
5	Interruptor en 3 F.B., operación con carga
6	Aisladores tipo pedestal
7	Transformador de corriente, tipo bushing
8	Transformador trifásico de potencia, sumergido en aceite
9	Cadena de 7 aisladores de suspensión de vidrio templado
10	Estructura de acero
11	Bus de tubo de cobre
12	Bus de cable de cobre
13	Hilo de guarda

PROYECTO: *[illegible]*
 DISEÑO: *[illegible]*
 VERIFICADO: *[illegible]*

SARH SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA
 DIRECCION GENERAL DE CAPTACIONES Y CONDUCCIONES DE AGUA
 SUBDIRECCION DE PROYECTOS-DEPTO DE I.M.D.

SUBSTACION ELECTRICA 115 KV
ARREOLO

CONFIRMA: *[illegible]* DEL DEPTO. *[illegible]* SUBDIRECCION *[illegible]* SECCION GENERAL *[illegible]*

ENCUENTRO TECNICO: *[illegible]* SUBDIRECCION *[illegible]* APROBADO: *[illegible]* SECRETARIA *[illegible]*

REVISOR: *[illegible]* *[illegible]* *[illegible]*

MINISTERIO 1981

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

Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión./ Gilberto Enríquez Harper./LIMUSA/México 1980/Quinta reimpresión.

Elementos de diseño de subestaciones eléctricas./Gilberto Enríquez Harper./LIMUSA/México 1979/Preedición.

Aplicación del equipo eléctrico./René Fernández Niño./Editado por: Industria Eléctrica de México, S.A./Segunda Edición.

Especificaciones equipo de subestaciones de distribución./ C.F.E. Gerencia General de Operación, Subgerencia de Distribución./ Méx. D.F. 1973.

Manual de Diseño de Subestaciones./ Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A., Gerencia de Planeación e Ingeniería./ Méx. D.F. 1975.

Transformadores de potencia./Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial./Norma Oficial Mexicana, NOM-J-284-1980.

Definición de vocablos técnicos usados en interruptores de potencia./Normas CCONIE/5.6-1 Jul. 1974.

Transformadores de corriente./ Normas CCONIE/Ago.-1973.

Cuchillas desconectadoras en aire de operación sin carga en alta tensión para servicio interior y exterior./Normas CCONIE /5.7-3 Dic.-1978.