

38
2 ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ARAGON”

GENERALIDADES PARA LA CONSERVACION
DE INSTALACIONES ELECTRICAS

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

Presenta:

ADRIAN ERNESTO VENTRE MANJARREZ

Aesor: Ing. Gilberto García Santamaría G.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

San Juan de Aragón, Edo. de Méx Octubre de 1994



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A la Memoria de mis Padres :

Como un testimonio de cariño y eterno agradecimiento por el apoyo económico y moral brindados con infinito amor y confianza que hoy como resultado, por sus esfuerzos y sacrificios representa el término de mi carrera profesional, siendo ésta la herencia más grande en mi vida.

Siempre estarán en mi corazón

A mis Hermanos :

Elsy e Ivette

Alberto, Arturo, Agustín y Armando :

Por ser muy importantes en mi vida, les doy las gracias por su apoyo que siempre me brindaron al estar conmigo en los momentos más difíciles de mi vida, gracias queridos hermanos por su cariño, amistad y confianza. Gracias por la motivación constante para realizarme como profesionista y mejorar como ser humano.

Los quiero y los admiro

Adrian Ernesto Ventre Manjarrez

A nuestros Maestros :

Por el empeño y paciencia con el que afrontaron la difícil tarea de transmitirnos sus conocimientos, por su dedicación y motivación en busca de una completa formación profesional para cada uno de nosotros. Por la meritoria labor de convertirse en el vínculo de nuestros anhelos a nuestra realidad.

Al más grande reconocimiento

A mis Compañeros :

Por formar una amistad que perdurará de la juventud a la madurez, por compartir los buenos y los malos momentos dentro y fuera de la escuela, momentos que permanecerán para siempre en nuestro corazón.

Les deseo lo mejor de lo mejor

A mi Asesor :

Ing. Gilberto García Santamaría G. :

Por su disposición y amabilidad durante el desarrollo de mi tesis, gracias por sus valiosos consejos y su ayuda en mi etapa de estudiante.

Al sincero agradecimiento y admiración

INDICE

JUSTIFICACION

CAPITULO I INTRODUCCION.

<i>Elementos Generales de las Instalaciones Eléctricas</i>	1
<i>Concepto de Instalación Eléctrica</i>	2
<i>Elementos de una Instalación Eléctrica</i>	2
<i>Conductores Eléctricos</i>	3
<i>Agentes Mecánicos</i>	5
<i>Agentes Químicos</i>	7
<i>Agentes Eléctricos</i>	8

CAPITULO II ACOMETIDAS.

<i>Introducción</i>	10
<i>Independencia de las Acometidas</i>	12
<i>Acometida Subterránea</i>	12
<i>Situación de la Caja General de Protección</i>	12
<i>Cajas Generales de Protección para Acometidas Subterráneas</i>	14
<i>Acometida Aérea</i>	16
<i>Acometida Aérea con Entrada Subterránea</i>	16
<i>Acometida Aérea con Entrada Aérea</i>	17
<i>Situación de la Caja General de Protección</i>	18
<i>Cajas Generales de Protección para Acometidas Aéreas</i> ...	20
<i>Línea Repartidora</i>	22

CAPITULO III DISTRIBUCION Y TRANSFORMACION.

<i>Distribución y Transformación</i>	24
<i>Importancia de los Transformadores en la Vida Moderna ..</i>	24
<i>Tipos de Transformadores y Formas de Construcción</i>	26
<i>El Transformador Ideal</i>	28
<i>Teoría de Operación de los Transformadores</i>	31
<i>Circuito Equivalente del Transformador</i>	32
<i>Transformadores Triésicos</i>	35
<i>Conexión de Transformadores</i>	36
<i>Autotransformador</i>	39
<i>Estudio Económico de los Transformadores</i>	42
<i>Elementos Principales y Clasificación de un Transforma - don</i>	44
<i>Mantenimiento Preventivo al Transformador</i>	50

CAPITULO IV SUBESTACIONES ELECTRICAS.

<i>Introducción</i>	53
<i>Definición</i>	53
<i>Clasificación de las Subestaciones Eléctricas</i>	53
<i>Elementos Constitutivos de una Subestación</i>	54
<i>Interruptores Neumáticos</i>	63
<i>Pruebas a Interruptores</i>	64
<i>Especificaciones para Interruptores de Potencia</i>	65
<i>Restauradores</i>	66
<i>Cuchilla Fusible</i>	69
<i>Cuchilla Desconectadora</i>	70
<i>Apantallados</i>	75

CAPITULO V ILUMINACION.

<i>Introducción</i>	78
<i>Lámparas</i>	79
<i>Clases de Fuentes de Luz</i>	79
<i>Lámparas de Mercurio</i>	80
<i>Lámparas de Halógeno Metálico</i>	82
<i>Lámparas de Sodio de Alta Presión</i>	84
<i>Vida de las Lámparas y Mantenimiento del Nivel de Lúmenes</i>	87
<i>Fallas de las Lámparas</i>	88
<i>Luminarias</i>	89
<i>Clasificaciones Generales</i>	90
<i>Control de la Luz</i>	90
<i>Reflexión Especular</i>	90
<i>Reflexión Diseminada</i>	91
<i>Refracción</i>	92
<i>Las Partes de una Luminaria</i>	92
<i>Modificaciones para Ambientes Especiales</i>	94
<i>Ambientes Corrosivos</i>	94
<i>Ambientes Húmedos o Polvosos</i>	94
<i>Luminarias para Trabajo Pesado</i>	95
<i>Lugares Peligrosos</i>	95
<i>Resistencia de los Materiales a la Corrosión</i>	96
<i>Depreciación de las Luminarias por Polvo</i>	97
<i>Diseño de las Luminarias</i>	97
<i>Condiciones de Polvo en el Ambiente</i>	98
<i>Temperatura Ambiente</i>	98
<i>Vibración</i>	99
<i>Selección de las Luminarias</i>	100
<i>Contaminantes del Medio Ambiente</i>	100
<i>Artura de Montaje</i>	100
<i>Dispersión del Rayo de Luz</i>	101

CAPITULO VI ENERGIA.

<i>Introducción</i>	102
<i>Fuentes Naturales y Formas de Energía</i>	103
<i>La Producción de Energía Eléctrica</i>	104
<i>Tipos de Energía y Unidades de Medición</i>	104
<i>Sistemas de Distribución de La Energía</i>	107
<i>Generación y Transporte de la Energía</i>	109
<i>Distribución de Energía Eléctrica</i>	111

CAPITULO VII CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.

<i>Conclusiones y Comentarios</i>	115
<i>Anexo</i>	117
<i>Bibliografía</i>	126

JUSTIFICACION

De acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994 y como una respuesta a éste, la Universidad Nacional Autónoma de México, después de intensas jornadas de trabajo decidió modificar los planes y programas de estudio de algunas carreras, de entre ellas la de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

En el caso de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón se imparte ésta carrera desde su fundación (el 16 de Enero de 1976) y cuyo plan de estudios fué tomado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM el cual estaba vigente desde 1972.

Desde esta fecha y hasta 1992 en la ENEP Aragón éste programa no había sido modificado sustancialmente, por tal motivo y debido a que la Ingeniería avanza cada día más, era necesario hacer ajustes a dichos programas, para así formar profesionistas mejor capacitados que afronten el futuro de nuestro País tanto científica como tecnológicamente.

La formación educativa de nuestra carrera es en gran parte técnica, por lo cual el egresado desconoce otro aspecto ligado al ejercicio de la Profesión como es el mantenimiento.

Bajo esta consideración el egresado tiene un conocimiento parcial de la realidad a la cual se va a enfrentar en el campo profesional, por ello se ha considerado importante complementar conocimientos técnicos que afectan de un modo u otro la función del Ingeniero Electricista.

Este trabajo se propone dar a conocer en sus aspectos generales, la conservación de Instalaciones Eléctricas para una mejor operación de los elementos que la forman.

C A P I T U L O I

I N T R O D U C C I O N

CAPITULO I

INTRODUCCION

ELEMENTOS GENERALES DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS.

El objetivo de una instalación eléctrica es fundamentalmente cumplir con los servicios que fueron requeridos durante la etapa del proyecto, es decir, en esencia proporcionar servicio con el propósito de que la energía eléctrica satisfaga los requerimientos de los distintos elementos receptores que la transformarán según sean las necesidades.

Dentro del concepto genérico de instalación eléctrica se puede catalogar a todo tipo de instalaciones desde la generación hasta la utilización de la energía eléctrica, pasando por las etapas de transformación, transmisión y distribución, siendo así como se clasifican en instalaciones eléctricas de:

- a) Alta tensión (80, 100, 110, 220, 345 KV).*
- b) Extra alta tensión (más de 345 KV).*
- c) Mediana tensión (66, 44, 32 KV).*
- d) Distribución y baja tensión (23, 20, 13.2, 4.16, 0.440, 0.220, 0.127 KV).*

Esta clasificación está de acuerdo a las tensiones empleadas en los sistemas eléctricos, ya que el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas establece otros rangos para un tipo específico de instalación eléctrica.

CONCEPTO DE INSTALACION ELECTRICA.

Para los diferentes propósitos se entenderá como Instalación Eléctrica al conjunto de elementos necesarios para conducir y transformar la energía eléctrica para que sea utilizada en las máquinas y aparatos receptores para su utilización final. Cumpliendo con los siguientes requisitos:

- a) Ser segura contra accidentes e incendios.
- b) Eficiente y económica.
- c) Accesible y fácil para el mantenimiento.
- d) Cumplir con los requisitos técnicos que fija el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas.

ELEMENTOS DE UNA INSTALACION ELECTRICA.

En principio en una instalación eléctrica intervienen como elementos principales para conducir, proteger y controlar la energía eléctrica los siguientes dispositivos receptores:

- a) Conductores Eléctricos.
- b) Canalizaciones Eléctricas.
- c) Conexiones para las Canalizaciones Eléctricas.
- d) Accesorios adicionales.
- e) Dispositivos de Protección.

Considerando que las instalaciones eléctricas pueden ser: visibles, ocultas, parcialmente ocultas y a prueba de explosión según sean las necesidades que se requieran en el servicio que se preste.

CONDUCTORES ELECTRICOS.

En cualquier instalación eléctrica se requiere que los elementos de conducción eléctrica tengan una buena conductividad y cumplan con otros requisitos en cuanto a sus propiedades eléctricas y mecánicas, considerando desde luego el aspecto económico.

Por esta razón la mayor parte de los conductores empleados en instalaciones eléctricas están hechos de cobre (Cu) o de aluminio (Al) que son comercialmente los materiales con mayor conductividad y con un costo lo suficientemente bajo como para que resulten económicos, ya que existen otros materiales de mejor conductividad como por ejemplo, la plata y el platino, pero que tienen un costo elevado que hace antieconómica su utilización en instalaciones eléctricas.

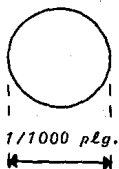
Comparativamente el aluminio es aproximadamente un 16 % menos conductor que el cobre, pero al ser mucho más liviano que éste resulta un poco más económico cuando se hacen estudios comparativos, ya que a igualdad de peso se tiene hasta cuatro veces más conductor que el cobre.

Por lo general los conductores eléctricos se fabrican de sección circular de material sólido o como cables dependiendo la cantidad de corriente en secciones rectangulares para altas corrientes.

Desde el punto de vista de las normas, los conductores se han identificado por un número que corresponden a lo que comúnmente se conoce como el calibre y que normalmente se sigue el sistema americano de designación AWG (American Wire Gauge) siendo el más grueso el número 4/0, siguiendo en orden descendente del área del conductor los números 3/0, 2/0, 1/0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 que es el más delgado usado en instalaciones eléctricas.

Para conductores con una área mayor del designado como 4/0 se hace una designación que está en función de su área en pulgadas, para lo cual se emplea una unidad denominada el Circular Mil siendo así como un conductor de 250 corresponderá a aquél cuya sección sea de 250,000 C.M. y así sucesivamente, entendiéndose como:

Circular Mil .- Es la sección de un círculo que tiene un diámetro de un milésimo de pulgada (0.001 plg).



La relación entre el circular mil y el área en mm^2 para un conductor se obtiene como sigue:

$$1 \text{ plg.} = 25.4 \text{ mm}$$

$$1/1000 \text{ plg.} = 0.0254 \text{ mm}$$

Siendo el circular mil una área:

$$1 \text{ C.M.} = \pi d^2 / 4 = [3.1416 \times (0.0254 \text{ mm})^2] / 4 \\ = 5.064506 \times 10^{-6} \text{ mm}^2$$

de donde:

$$1 \text{ mm}^2 = 10^6 / 5.064506 = 1974 \text{ C.M.}$$

o en forma aproximada:

$$1 \text{ mm}^2 = 2000 \text{ C.M.}$$

En las tablas I.1 y I.2 se indican las dimensiones de los conductores eléctricos desnudos.

Nota: Las tablas se localizan en el Anexo.

A excepción de los conductores eléctricos usados en líneas aéreas y redes de distribución, los conductores empleados en instalaciones eléctricas están aislados, antiguamente los conductores eléctricos se aislaban con hule, conociéndose comercialmente como tipo R, actualmente se fabrican con aislantes de tipo termoplástico con distintas denominaciones comerciales según el fabricante, siendo las más conocidas por ser a prueba de agua entre otras propiedades, también existen los de tipo:

- .) Tipo TW
- .) Vinanel 900
- .) Vinanel Nylon
- .) Vulcanel E.P.
- .) Vulcanel XLP

Cada tipo de conductor tiene propiedades específicas que lo hacen diferente de otros, pero en general en la selección de un conductor deben considerarse los agentes que los afectan durante su operación y que se pueden agrupar como:

- a) Agentes Mecánicos.
- b) Agentes Químicos.
- c) Agentes Eléctricos.

AGENTES MECANICOS.

La mayor parte de los ataques mecánicos que sufre un conductor se deben a agentes externos como son el desempaque, manejo e instalación, que pueden afectar las características del conductor dañado que producen fallas de operación, por lo que es necesario prevenir deterioro por agentes externos usando las técnicas adecuadas de manejo de materiales e inserción de conductores en canalizaciones.

Los agentes que pueden afectar mecánicamente a los conductores se pueden dividir en cuatro clases:

- a) Presión mecánica.
- b) Abrasión.
- c) Elongación.
- d) Doblez a 180°.

Presión mecánica.

La presión mecánica se puede presentar en el manejo de los conductores por el paso o colocación de objetos pesados sobre los conductores, su efecto puede ser una deformación permanente del aislamiento, disminuyendo el espesor del aislamiento y apareciendo fisuras que pueden provocar fallas eléctricas futuras.

Abrasión.

La abrasión es un fenómeno que se presenta normalmente al introducir los conductores a las canalizaciones, cuando estas están mal preparadas y contienen rebabas o rebordes punzo-cortantes, también se puede presentar durante el manejo de los conductores en las obras civiles semiterminadas.

Elongación.

El Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas marca que no deben haber más de dos curvas de 90° en una trayectoria unitaria de tubería, cuando se tiene un número mayor de curvas se puede presentar el fenómeno de elongación o también cuando se trata de introducir más conductores en un tubo conduit de los permitidos por el reglamento (deben ocupar el 40 % de la sección disponible dejando libre la sección restante).

Tratándose de conductores de cobre debe tenerse cuidado que la tensión no exceda a 7 Kg/mm², ya que se corre el riesgo de alargan

el propio metal, creándose un problema de aumento de resistencia eléctrica por disminución en la sección del conductor, por otra parte, la falta de adherencia del aislamiento provocada por el deslizamiento provocando puntos de falla latente.

Doblez a 180°.

Este problema se presenta principalmente por el mal manejo del material, de tal forma que las moléculas del aislamiento que se encuentran en la parte exterior están sometidas a la tensión y a las que se encuentran en la parte interior están sometidas a la compresión, éste fenómeno se conoce como la formación de "cocas" en el argot técnico.

AGENTES QUÍMICOS.

Un conductor se ve sujeto a ataques por agentes químicos que pueden ser diversos y que dependen de los contaminantes que se encuentran en los lugares de la instalación.

Estos agentes químicos contaminantes se pueden identificar en cuatro tipos generales que son:

- .) Agua o Humedad.
- .) Hidrocarburos.
- .) Ácidos.
- .) Alcalis.

Por lo general no es posible eliminar en su totalidad los contaminantes de una instalación eléctrica, lo que hace necesario el uso de conductores eléctricos que resistan los contaminantes en cada instalación eléctrica.

Las fallas por agentes químicos en los conductores se manifiestan como una disminución en el espesor del aislamiento o por oxida-

ción en el aislamiento, caso típico que se manifiesta como un desprendimiento en forma de escamas, también es muy común que se presenten como grietas con trazos de sulfatación en el aislamiento.

En la tabla I.3 se indican algunas propiedades de aislamiento a la acción de los contaminantes más comunes.

TIPO COMERCIAL	ALCALIS	ACIDOS	HUMEDAD	HIDROCARBUROS
TV	Muy buena	Muy buena	Muy buena	buena
VINANEL 900	Muy buena	Muy buena	Muy buena	buena
VINANEL NYLON	Muy buena	Excelente	Excelente	Inerte
VULCANEL EP	Muy buena	Muy buena	Excelente	Regular
VULCANEL XLP	Muy buena	Muy buena	Excelente	Regular

Tabla I.3 Propiedades de aislamiento.

AGENTES ELECTRICOS.

Desde el punto de vista eléctrico, la habilidad de los conductores de baja tensión se mide por la rigidez dieléctrica del aislamiento, que es la que determina las condiciones de operación manteniendo la diferencia de potencial requerida dentro de los límites de seguridad, permite soportar sobre cargas transitorias e impulsos provocados por corto circuito.

Normalmente se expresa la rigidez dieléctrica en KV/mm y dependiendo si en la prueba se emplea elevación rápida de tensión o impulso varía su valor. Por lo general la habilidad eléctrica de los aislamientos para conductores en baja tensión es mucho mayor que la necesaria para trabajar a niveles de tensión del orden de 600 Volts que es la tensión máxima a que están especificados, por esta razón los conductores empleados en instalaciones eléctricas de baja tensión difícilmente fallan por causas meramente eléctricas, en la mayoría de los casos fallan por fenómenos térmicos provocados por sobre cargas sostenidas o deficiencias en los sistemas de protección en caso de corto circuito.

En la tabla I.4 se indican algunas propiedades de los conductores eléctricos comerciales desde el punto de vista de la rigidez dieléctrica de sus aislamientos.

IDENTIFICACION COMERCIAL	KV/mm C.A. ELEVACION RAPIDA	KV/mm C. D. IMPULSO
T.W.	12	40
VINANEL 900.	12	40
VINANEL NYLON.	15	45
VULCANEL EP.	18	54
VULCANEL XLP.	20	60

Tabla I.4 Rigidez dieléctrica de sus aislamientos.

Con los datos sobre las propiedades mecánicas, químicas y eléctricas de los aislamientos para conductores eléctricos, el proyectista ya dispone de la información básica para la selección del tipo de aislamiento de los conductores que se emplearán en una obra de terminada.

Desde luego que no están considerados todos los tipos comerciales, pero un estudio como el anterior se debe hacer basándose en las características que proporcionan en sus catálogos los distintos tipos de fabricantes de conductores eléctricos.

CAPITULO II

ACOMETIDAS

ACOMETIDAS

INTRODUCCION.

Se denomina *instalación de enlace* a la unión de la instalación del consumidor con la red de la empresa suministradora de energía eléctrica. En las figuras II.1 y II.2 se han representado muy esquemáticamente los elementos que constituyen las instalaciones de enlace para un edificio con una planta baja y tres pisos.

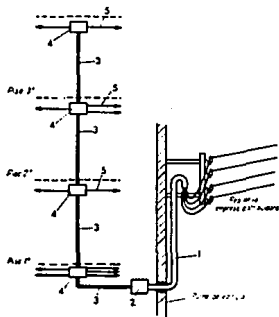


Fig. II.1

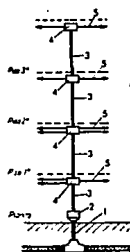


Fig. II.2

A continuación explicaré los puntos que se indican en las figuras anteriores.

El nº 1 es la acometida o parte de la instalación comprendida entre la red de distribución pública y la caja o cajas generales de protección. Se llamará acometida aérea cuando los conductores que proceden de la red de distribución están situados sobre el nivel del suelo como se puede observar en la figura II.1 y llamaremos acometida subterránea en caso contrario como lo muestra la figura II.2

El nº 2 es la caja general de protección, llamada a veces caja de acometida, o sea, la parte de la instalación de enlace cuya misión es conectar, proteger y, si es preciso, separar la parte de la instalación que corresponde a la empresa distribuidora de la que corresponde al usuario; esta caja contiene los dispositivos eléctricos necesarios para cumplir las funciones anteriores, tales como interruptores, contactocircuitos fusibles, etc.

El nº 3 es la línea repartidora y comprende la parte de la instalación que une la caja general de protección, citada en el punto anterior, con las derivaciones individuales de los usuarios.

El nº 4 son las cajas de derivación, que contienen piezas de empalme y derivación para tomar de la línea repartidora las derivaciones individuales correspondientes a los distintos consumidores.

El nº 5 son las derivaciones individuales, es decir, las que corresponden a cada usuario y que terminan en los contadores de energía individuales de cada consumidor.

INDEPENDENCIA DE LAS ACOMETIDAS.

En cada edificio se montará una acometida desde la red de la empresa suministradora. Está prohibido por los reglamentos actuales alimentar un edificio a través del contiguo, atravesando para ello la pared mediadora, interior, etc., aunque ambos edificios pertenezcan a un mismo propietario; esta prohibición se extiende a toda instalación eléctrica, antes o después de las cajas de acometida.

No es recomendable la instalación de más de una acometida general para un mismo edificio, excepto en los casos en que exista un usuario en el edificio que, por sus especiales características de consumo de energía requiera una acometida privada individual.

ACOMETIDA SUBTERRANEA.

Desde la línea más cercana de la empresa suministradora de energía eléctrica, se tenderá una derivación subterránea hasta la caja general de protección situada en el edificio, que en cualquier caso, no debe ser inferior a 6 mm².

El tipo de cable que se debe utilizar será el mismo que el empleado por la empresa suministradora, es decir, cable para instalaciones subterráneas recomendándose que la derivación que constituye la acometida, tenga el mismo número de conductores que la línea general de la que deriva. Normalmente, se utiliza cable de cuatro conductores (tres fases y neutro) para instalaciones de corriente trifásica y cable de tres conductores (dos polos y neutro) para instalaciones de corriente continua.

SITUACION DE LA CAJA GENERAL DE PROTECCION.

En las acometidas subterráneas, la caja general de protección se instalará preferentemente en el interior de los edificios, en lugar exento de humedad y lo más cerca posible de la puerta de entra-

da para permitir libre acceso a los empleados de la compañía, tal como se presenta en la figura II.3

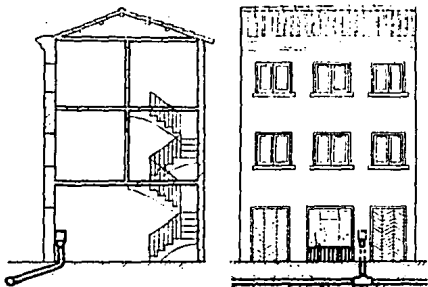


Fig. II.3

Algunas veces se sitúa la caja general de protección en el exterior del edificio, pudiendo instalarla empotrada en el muro, como es el caso de la figura II.4

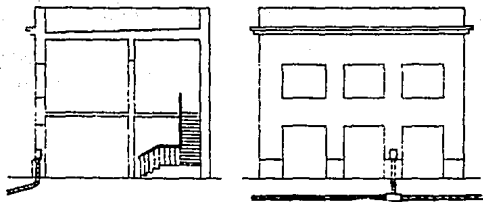


Fig. II.4

En todos los casos se situará la caja general de protección de manera que, cerca de ella, puedan instalarse la caja principal de distribución en la que se centralizará la mayor parte posible de los servicios, y si las hubiera, las derivaciones individuales.

En el interior de los edificios, el cable subterráneo que constituye la acometida general debe protegerse con tubo de fibrocemento o ladrillo, de manera que pueda realizarse con facilidad su sustitución o reparación si tal cosa fuere necesaria.

Finalmente, debemos advertir, que la caja general de protección no debe instalarse en el interior de locales particulares, excepto en el caso de que en el edificio solamente exista un usuario

CAJAS GENERALES DE PROTECCION PARA ACOMETIDAS SUBTERRANEAS.

Ante todo, hemos de advertir, que la caja terminal del cable subterráneo que constituye la acometida general, deberá formar conjunto constructivo con la caja general de protección propiamente dicha la caja general de protección ha de contener un fusible cortocircuito por cada conductor activo y un seccionador para el neutro, si lo hubiese.

Los fusibles pueden ser de los diversos tipos existentes en el mercado (de cartucho, de placa, etc.) y siempre atendiéndose a las normas particulares de las empresas suministradoras. En cuanto al seccionador para el neutro puede consistir sencillamente en una plaquita metálica con dos tornillos de conexión para los cables de entrada y de salida, debe preverse sin embargo, un tercer tornillo en el centro de la plaquita metálica para una derivación del neutro a tierra, si estuviese establecido así por la compañía suministradora en este caso, la derivación a tierra se realiza por medio de un tornillo roscado a la masa de la caja metálica y uniendo ambos tornillos con un hilo conductor.

En todos los casos, las cajas generales de protección deben estar construidas de manera que puedan salir por la parte superior de

la caja, los cables de acometida en uno o varios tubos o bien, poderse acoplar a otras cajas de derivación, de distribución, etc.

Vamos a ver algunos casos como ejemplos. En la figura II.5 esta representada una caja general de protección, formando un conjunto con la caja terminal del cable subterráneo y compuesta por tres fusibles de cartucho y borne para el neutro, tal como se puede observar en la figura II.5

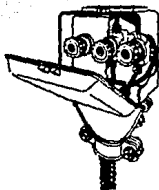


Fig. II.5

En la figura II.6 se observa una caja semejante a la anterior, pero equipada esta vez con tres fusibles de placa y el correspondiente borne para el neutro.

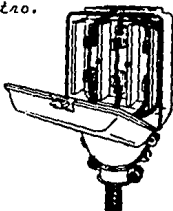


Fig. II.6

Finalmente, en la figura II.7 se ha representado una general de protección provista de fusibles seccionadores de placas; con este dispositivo puede cortarse la corriente si fuere necesario, sin peligro para el instalador y también sin peligro personal, pueden reponerse los fusibles cuando hiciere falta.

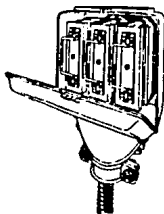


Fig. II.7

ACOMETIDA AEREA.

Desde la línea aérea más cercana de la empresa suministradora, se tenderá una derivación aérea, apoyándose si es preciso en postes hasta la caja general de protección situada en el interior del edificio. Esta derivación se calculará en cualquier caso; la sección de los conductores aéreos no será inferior a 4 mm^2 .

En las acometidas aéreas pueden presentarse dos casos diferentes, que son los siguientes:

- a) Acometida aérea con entrada subterránea en el interior del edificio.
- b) Acometida aérea con entrada aérea en el interior del edificio.

ACOMETIDA AEREA CON ENTRADA SUBTERRANEA.

Este caso está representado en la figura II.8 donde son válidas las normas que se señalan para la instalación de acometidas subterráneas.

Ahora en el poste correspondiente, se realizará el cambio de cable aéreo a cable subterráneo por medio de una caja de empalme apropiada, construida especialmente para servicio a tu intemperie, es decir hermética.

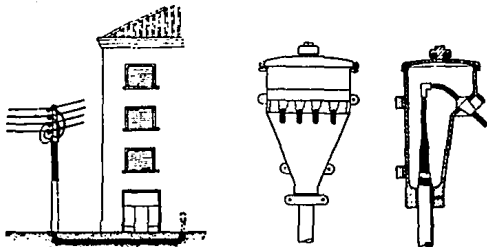


Fig. II.8

ACOMETIDA AEREA CON ENTRADA AEREA.

En este caso puede suceder que la línea de la empresa suministradora se apoye por medio de palomillas en el edificio que se trata de alimentar; en este caso, hablaremos de palomillas de empresa.

La línea de acometida puede realizarse desde la palomilla de empresa protegida por tubo aislante o por cable especial, como se observa en la figura II.9

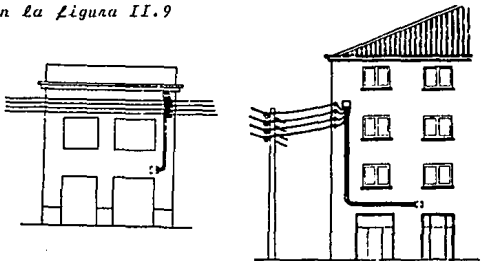


Fig. II.9

Ahora también puede suceder que la línea de la empresa suministradora vaya apoyada sobre postes independientes del edificio que se trata de alimentar o sobre palomillas fijadas a otros edificios.

En este caso como lo muestra la figura II.10 habrá que instalar una palomilla que denominaremos, en lo sucesivo, palomilla de amarrar a cargo del usuario, sobre la fachada del edificio y lo más

próximo al sitio donde se instale la entrada.

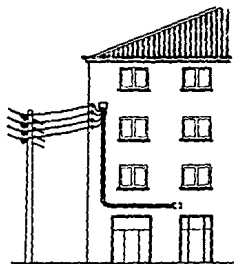


Fig. II.10

SITUACION DE LA CAJA GENERAL DE PROTECCION.

La caja general de protección se instalará preferentemente en el interior de los edificios, en el lugar más cercano a la fachada por la que penetren los conductores procedentes de la red de la compañía suministradora y en sitio adecuado para una fácil revisión de la misma por los empleados de la compañía.

Debe estar alejada, en lo posible de las tuberías de agua y de gas, así como de las líneas de instalación telefónica.

El lugar más apropiado para instalar la caja general de protección es el vestíbulo de entrada; pero cuando no sea posible, puede instalarse en un pasillo o rellano de la escalera. Cuando la escalera esté adosada a la fachada del edificio, se puede efectuar directamente la entrada de acometida aérea situando la caja general de protección en el rellano correspondiente, tal como se puede observar en la figura II.11

En todos los casos la caja general de protección se ha de fijar sobre la pared maestra, nunca sobre tabique. Cuando resulte muy difícil instalar la caja general de protección en el interior del edificio, puede situarse ésta en el exterior, tal como está representada en la figura II.12

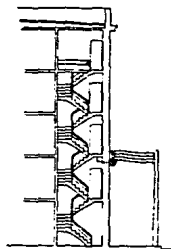


Fig. II.11

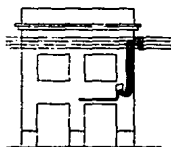


Fig. II.12

En este caso, la caja general de protección acometida debe estar construida para intemperie y debe instalarse a una altura de 3_ a 4 metros sobre el nivel del suelo.

CAJAS GENERALES DE PROTECCION PARA ACOMETIDAS AEREAS.

Constructivamente no difieren de las cajas generales de protección subterráneas, excepto en la entrada de los cables de acometida que esta vez, se realizará por medio de tubo aislante, tubo de acero, etc., y por lo tanto, se han de prever los manguitos terminales correspondientes para que la unión de los tubos con las cajas de acometida sea hermética.

Como ejemplo constructivo de caja general de protección para interior, podemos observar la figura II.13 donde el tipo de esta caja contiene fusibles seccionadores de placa.

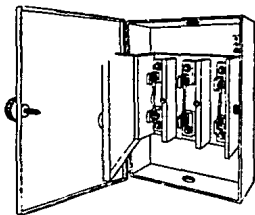


Fig. II.13

Las cajas generales de protección que deben montarse en el exterior del edificio (es decir, en la intemperie), han de reunir condiciones especiales. Han de estar construidas de tal manera que ni el agua ni el polvo pueda penetrar en su interior, y sin embargo lo suficientemente ventiladas para que no pueda haber condensación de agua en sus paredes interiores.

Las entradas de los cables o los tubos aislantes, según los casos, en las cajas generales de protección para intemperie deberán realizarse de forma que sea posible la entrada de agua. Se recomienda hacer estas entradas por la parte inferior de la caja general de protección para intemperie fabricada con material moldeado, como se puede observar en la figura II.14

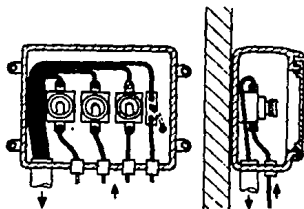


Fig. II.14

Si las entradas de cables han de deslizarse por las paredes laterales, deberán construirse viseras que impidan la entrada del agua.

En la figura II.15 se ha representado otra caja general de protección para intemperie, construida de plancha de hierro y en la figura II.16 el montaje completo de una acometida aérea, utilizando la caja general de protección representada en la figura II.15

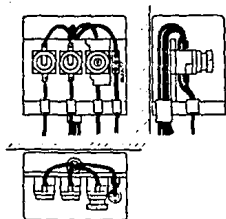


Fig. II.15

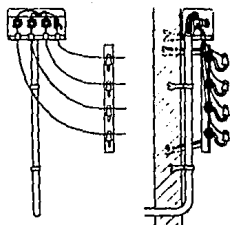


Fig. II.16

Las cajas generales de protección construidas para montaje interior, también pueden instalarse a la intemperie, pero realizando esta instalación de la forma señalada en la figura II.17 o sea empotrada en el muro y protegida de los agentes atmosféricos por medio de una tapa hermética.

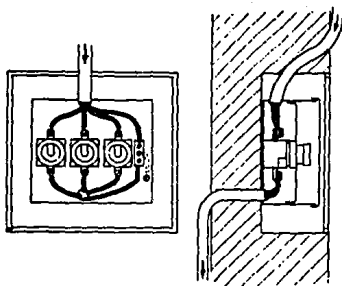


Fig. II.17

LINEA REPARTIDORA.

La línea repartidora enlaza la parte de la instalación eléctrica comprendida entre la caja de acometida general y los contadores de energía eléctrica de los usuarios.

Cuando no existe más que un usuario, la caja general de protección puede servir, a la vez como caja de derivación; tal es el caso como el de la figura II.18 en la que se han representado un conjunto de acometidas, compuesto de una caja terminal para cable subterráneo y una caja general de protección y derivación.

Donde se tiene una derivación con dos derivaciones tripolares, dos grupos tripolares de fusibles de placa para distinta intensidad de corriente y borne para el neutro, tal como se puede observar en la figura II.18

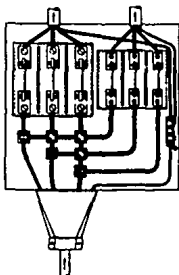


Fig. II.18

Si hay varios usuarios, lo que es el caso más general, se han de montar las correspondientes cajas de derivación de las que derivarán las derivaciones individuales.

Donde en las cajas de derivación se hacen derivaciones correspondientes a cada usuario a partir de la línea de acometida privada según sea el caso. Normalmente el mantenimiento preventivo se hace una vez por año y principalmente se realizan los dos puntos siguientes:

- .) Limpieza general.
- .) Verificación de conexiones.

CAPITULO III

*DISTRIBUCION
y
TRANSFORMACION*

DISTRIBUCION Y TRANSFORMACION

El transformador es un dispositivo que convierte energía eléctrica alterna de un cierto nivel de voltaje, en energía eléctrica alterna de otro nivel de voltaje, por medio de la acción de un campo magnético. Está constituido por dos o más bobinas de alambre, aisladas entre sí eléctricamente por lo general y arrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferromagnético. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo.

Uno de los devanados del transformador se conecta a una fuente de potencia de ca, y el segundo (y a veces tercero) devanado entrega potencia eléctrica a las cargas. Al arrollamiento que se conecta a la fuente suele llamársele devanado primario o devanado de entrada, y al arrollamiento que se conecta a la carga se le designa devanado secundario o devanado de salida. Si llegare a existir un tercer arrollamiento en el transformador, a éste se le denominaría devanado terciario.

IMPORTANCIA DE LOS TRANSFORMADORES EN LA VIDA MODERNA.

El primer sistema de distribución de potencia en los Estados Unidos fué un sistema de cc a 120 V., inventado por Thomas A. Edison para alimentar bombillas incandescentes de alumbrado.

La primera central de Edison entró en operación en la ciudad de Nueva York en Septiembre de 1882. Desafortunadamente, este sistema empleaba voltajes de generación y transmisión tan bajos, que se requerían corrientes muy elevadas para suministrar magnitudes significativas de potencia.

Las altas corrientes causaban fuertes caldas de voltaje y gran

Distribución y Transformación

des pérdidas de potencia en las líneas de transmisión, restringiendo severamente el área servida por cada estación generadora. Para solucionar este problema, en los años de 1880 debían ubicarse centrales generadoras cada pocas manzanas, el hecho de que la potencia no pudiera llevarse lejos con sistemas de potencia de cc de bajo voltaje, significó que las estaciones generadoras debieran ser pequeñas, restringidas y que fueran relativamente ineficientes.

La invención del transformador y por consiguiente el desarrollo de las fuentes de potencia de ca eliminaron para siempre estas restricciones sobre el alcance y la magnitud de potencia de los sistemas eléctricos.

Un transformador concebido idealmente, cambia un nivel de voltaje de ca en otro nivel de voltaje sin alterar la potencia recibida. Si un transformador eleva el voltaje de un circuito, deberá disminuir la corriente para que la potencia que entra al dispositivo se mantenga igual a la que sale de él; por lo mismo, la potencia eléctrica de ca permite que sea generada en una central, que sea elevado luego su nivel de voltaje para la transmisión a largas distancias con pérdidas muy pequeñas, y por último, que se pueda disminuir su voltaje para la utilización final. Como las pérdidas de transmisión en las líneas de un sistema de potencia son proporcionales al cuadrado de la corriente de línea, el incrementar el voltaje de transmisión y reducir la corriente correspondiente en un factor de 10 mediante transformadores, reduce las pérdidas en un factor de 100.

Sin el transformador, simplemente sería imposible utilizar la energía eléctrica en muchas de las formas en que se emplea hoy en día. En un sistema de potencia moderno, la energía eléctrica se genera a voltajes entre 12 KV. Los transformadores elevan el voltaje a niveles entre 110 KV. y casi 1000 KV. para la transmisión a grandes distancias con muy pocas pérdidas; luego, nuevamente los transformadores reducen el voltaje a un rango entre 12 y 34.5 KV. para distribución local, y finalmente permiten que la energía sea empleada confiablemente en hogares, oficinas e industrias a voltajes tan bajos como 120 V.

TIPOS DE TRANSFORMADORES Y FORMAS DE CONSTRUCCION.

El propósito principal de un transformador es convertir energía de ca de un nivel de voltaje en energía de ca de la misma frecuencia pero a otro nivel de voltaje. También se utilizan transformadores para otra variedad de propósitos tales como la toma de muestras de corriente o de voltaje para la medición, y como acoplador de impedancias. Sin embargo, uno de los transformadores más utilizados son los de potencia.

Los transformadores de potencia se fabrican en dos tipos de núcleos, el primero de ellos consiste en una sola pieza rectangular de acero laminado, con los devanados arrollados alrededor de dos lados del rectángulo. Este tipo de estructura es conocida como tipo de núcleo y se muestra en la figura III.1

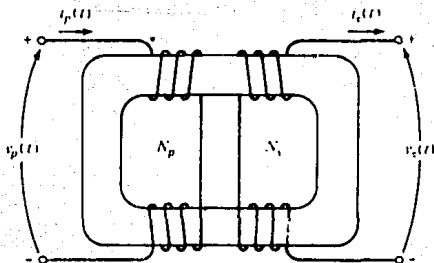


Fig. III.1

El otro tipo consiste en un núcleo de tres columnas, laminado, con los devanados arrollados alrededor de la columna central. A este tipo de estructura se le conoce como tipo acorazado y se muestra en la figura III.2

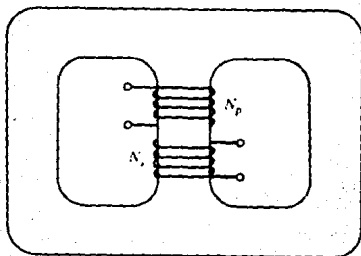


Fig. III.2

En ambos casos el núcleo está construido de láminas delgadas aisladas eléctricamente una de otra para reducir las corrientes parásitas a un mínimo.

Los devanados primario y secundario en un transformador están físicamente enrollados uno encima del otro con el devanado de bajo voltaje en la parte interior. Tal disposición cumple dos propósitos importantes:

- a) Simplifica el problema de aislamiento entre el devanado de alto voltaje y el núcleo.
- b) Da como resultado un flujo de dispersión mucho menor que el que existiría si los devanados se montaran sobre el núcleo distanciados uno del otro.

A los transformadores de potencia suele dárseles una variedad de nombres diferentes, dependiendo de la función que cumplen en el sistema de potencia.

Un transformador conectado a la salida de un generador y destinado a elevar el voltaje hasta niveles de transmisión (superior a 110 KV.), algunas veces se le denomina transformador de unidad. Al

transformador del otro extremo de la línea de transmisión, destinada a rebajar el voltaje de transmisión hasta niveles de distribución (entre 2.3 y 34.5 KV.), se le conoce como transformador de subestación. Finalmente, el transformador que toma el voltaje de distribución y lo reduce hasta los valores reales de utilización (110, 208, 220 V. etc.) es llamado transformador de distribución.

Todos estos dispositivos, son en esencia los mismos; la única diferencia entre ellos es su utilización específica. Además de este tipo de transformadores, en los sistemas de potencia se emplean dos transformadores de propósito especial; el primero de ellos, es un aparato diseñado para tomar una señal de alto voltaje y entregar en el secundario un voltaje directamente proporcional y de baja magnitud, tal dispositivo se conoce como transformador de potencial.

Por otra parte, un transformador de potencia también produce voltaje secundario proporcional a su voltaje primario, la diferencia entre un transformador de potencial y uno de potencia consiste, en que el transformador de potencial se diseña para conducir corrientes muy pequeñas.

El segundo tipo de transformador especial es un aparato diseñado para entregar una corriente mucho más pequeña pero directamente proporcional a la corriente que circula por su primario, a este aparato se le denomina transformador de corriente.

EL TRANSFORMADOR IDEAL.

Un transformador ideal es un dispositivo sin pérdidas con un devanado de entrada y otro de salida; las relaciones entre los voltajes de entrada y de salida y entre las corrientes de entrada y de salida, están dadas por dos ecuaciones sencillas.

La figura III.3 muestra un transformador ideal, y la figura III.4 muestra símbolos esquemáticos de un transformador.

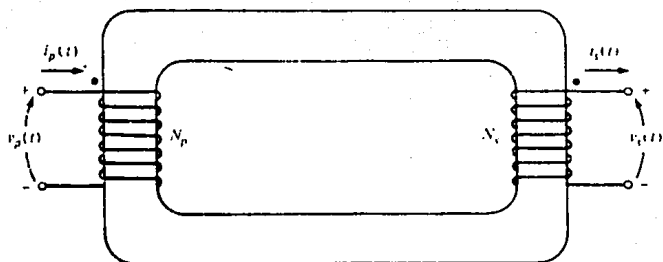


Fig. III.3

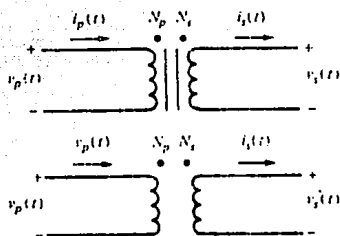


Fig. III.4

Esta clase de transformadores tiene N_p espiras de alambre en su primario y N_s espiras de alambre en su secundario.

La relación entre el voltaje $V_p(t)$ aplicado al primario del transformador y el voltaje $V_s(t)$ inducido en el secundario es:

$$V_p(t)/V_s(t) = N_p / N_s = a$$

donde a se define como relación de espiras del transformador:

$$a = n_p / N_s$$

La relación entre las corrientes $i_p(t)$ del primario e $i_s(t)$ del secundario del transformador es:

$$N_p i_p(t) = N_s i_s(t)$$

ó de la forma siguiente:

$$i_p(t) / i_s(t) = 1 / a$$

En términos de magnitudes fasoriales estas ecuaciones son:

$$V_p / V_s = a$$

y también de la forma:

$$i_p / I_s = 1 / a$$

Debe notarse que el ángulo de fase de V_p es el mismo de V_s y que el ángulo de fase de I_p es el mismo de I_s ; la relación de espiras del transformador ideal afecta las magnitudes de los voltajes y de las corrientes, pero no sus ángulos.

TEORIA DE OPERACION DE LOS TRANSFORMADORES.

El transformador ideal nunca podrá fabricarse; los que se construyen son transformadores reales que constan de dos o más bobinas de alambre enrolladas físicamente alrededor de un núcleo ferromagnético. Las características de un transformador real se aproximan a las del transformador ideal, pero hasta cierto grado.

Para comprender el funcionamiento del transformador real, podemos observar la figura III.5

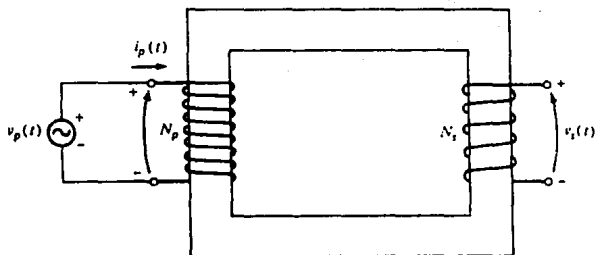


Fig. III.5

Dicha figura muestra un transformador formado por dos bobinas enrolladas sobre el núcleo. El primario del transformador está conectado a una fuente de ca y el devanado secundario permanece abierto.

La curva de histéresis del transformador se muestra en la figura III.6 donde la base del funcionamiento del transformador puede derivarse de la Ley de Faraday:

$$e_{ind} = d\lambda / dt$$

donde λ es el flujo ligado de la bobina donde se induce el voltaje.

El flujo ligado λ es la suma de los flujos que atraviesan todas y cada una de las espiras de la bobina:

$$\lambda = \sum_{i=1}^N \theta_i$$

El flujo total ligado por una bobina no es $N \theta$, en donde N es el número de espiras de la bobina, debido a que el flujo que atraviesa una espira específica es algo diferente del flujo de las espiras restantes, dependiendo de su posición dentro de la bobina.

Sin embargo, es posible definir un flujo promedio por espira en una bobina. Si λ es el flujo total ligado por todas las espiras de la bobina y si N es el número de espiras, entonces el flujo promedio por espira está dado por la expresión:

$$\theta = \lambda / N$$

y la Ley de Faraday puede escribirse como:

$$e_{ind} = N d\theta / dt$$

CIRCUITO EQUIVALENTE DEL TRANSFORMADOR.

Las pérdidas que se presentan en el transformador real deben ser consideradas en cualquier modelo que represente exactamente su comportamiento. Los aspectos más importantes que deben considerarse en la construcción del modelo son:

1.- Pérdidas en el cobre ($I^2 R$). Son pérdidas por calentamiento de tipo resistivo de los arrollamientos primario y secundario del transformador, donde varían proporcionalmente con el cuadrado de la corriente de los devanados.

2.- Pérdidas por corrientes de Foucault. Son pérdidas por calentamiento de tipo resistivo en el núcleo del transformador.

3.- Pérdidas por histéresis. Están asociadas con el reagrupamiento de los dominios magnéticos en el núcleo durante cada semiciclo.

4.- Flujo de dispersión. Los flujos θ_{lp} y θ_{ls} que abandonan el núcleo y ligan sólo a uno de los devanados del transformador son flujos dispersos. Estos originan autoinductancias en los devanados primario y secundario, cuyos efectos deben ser tomados en cuenta.

La corriente de magnetización i_m es proporcional (en la región no saturada) al voltaje aplicado y se atrasa 90° de éste; por lo tanto, puede representarse por una reactancia X_M conectada entre las terminales de la fuente de alimentación. La corriente de pérdidas en el núcleo I_{h+e} es proporcional al voltaje aplicado y está en fase con éste, razón por la cual es posible representarla con una resistencia R_C entre las terminales de la fuente primaria.

La figura III.7 muestra el circuito equivalente resultante.

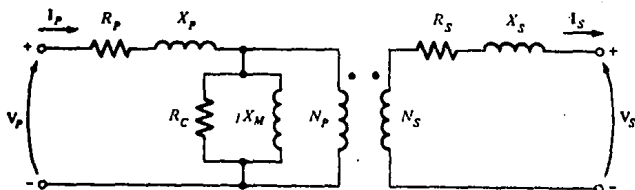


Fig. III.7

Nótese que los elementos que conforman la rama de magnetización aparecen ubicados más internamente que la resistencia R_p y la inductancia L_p del primario. Lo anterior se debe a que el voltaje que realmente se aplica al núcleo es igual al aplicado al primario menos las caídas internas en el mismo arrollamiento.

La figura III.7 representa un modelo preciso del transformador pero no es muy útil. Para analizar circuitos prácticos que contengan transformadores, normalmente es necesario convertir éste modelo en un circuito equivalente a un único nivel de tensión, por lo tanto, en la resolución de problemas es necesario referir el circuito equivalente del transformador referido al primario, tal como se puede observar en la figura III.8a donde presenta el circuito equivalente del transformador referido al primario y la figura III.8b es el mismo circuito referido al secundario.

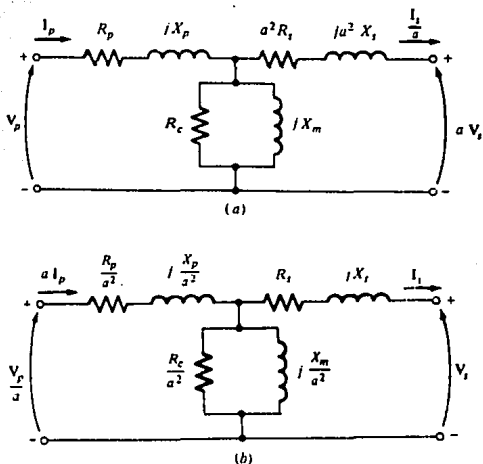


Fig. III.8

TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS.

La gran mayoría de los sistemas de generación y de distribución que existen en el mundo son sistemas trifásicos de ca.

Como dichos sistemas juegan un papel importante en la vida moderna, se hace necesario entender la manera de como se utilizan los transformadores.

Los transformadores para circuitos trifásicos pueden construirse de dos formas, una de ellas consiste en tomar tres unidades monofásicas y conectarlas en bancada trifásica. La otra alternativa es proveer un transformador trifásico constituido por tres juegos de devanados arrollados sobre el núcleo común, estos dos tipos de construcción están mostrados en las figuras III.9 y III.10

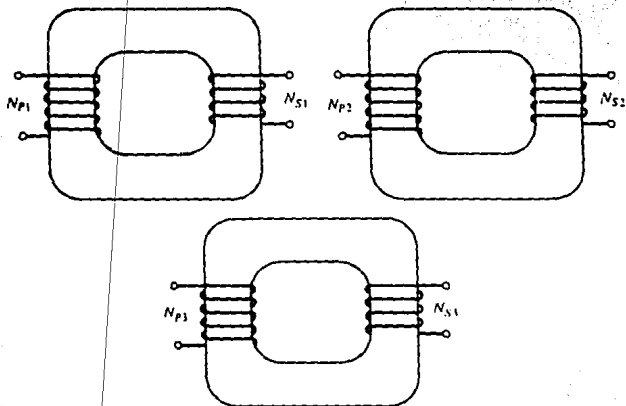


Fig. III.9

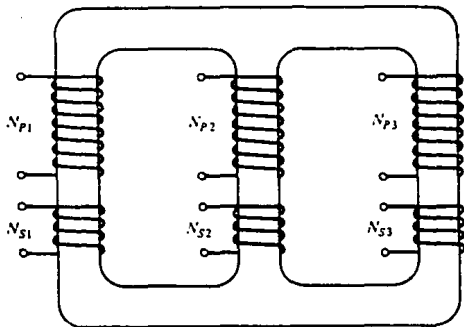


Fig. III.10

La unidad trifásica se prefiere hoy en día, ya que resulta más liviana, más pequeña, más barata y ligeramente más eficiente; en el pasado se utilizó más la configuración de tres transformadores individuales, cuya principal ventaja consiste en la posibilidad de cambiar cualquiera de ellos en caso de avería.

No obstante en la mayoría de las aplicaciones esta ventaja no alcanza equilibrar las bondades de la unidad trifásica. Sin embargo todavía existen en servicio muchas instalaciones que utilizan bancos de transformadores monofásicos.

CONEXION DE TRANSFORMADORES.

Conexión Delta - Delta.

La conexión delta - delta en transformadores trifásicos se emplea normalmente en lugares donde existen tensiones relativamente bajas; en sistemas de distribución se utiliza para cargas trifásicas a 3 hilos.

Conexión Delta - Estrella.

Esta conexión se emplea en aquellos sistemas de transmisión en que es necesario elevar voltajes de generación. En sistemas de distribución es conveniente su uso debido a que pueden tener 2 voltajes diferentes (entre fase y neutro).

Conexión de Transformadores Monofásicos en Bancos Trifásicos.

Los transformadores monofásicos se conectan en bancos trifásicos principalmente en dos tipos de circuitos:

a) En circuitos de muy alto voltaje.

b) En circuitos en que se requiera continuidad en el servicio.

Normalmente se dispone de cuatro transformadores monofásicos, tres en operación y uno de reserva. Las conexiones se hacen en los transformadores monofásicos para formar bancos trifásicos, son en general las mismas que se llevan a cabo en los transformadores trifásicos.

Conexión Estrella - Estrella.

Esta conexión se emplea en tensiones muy elevadas, ya que se disminuye la cantidad de aislamiento. Tiene la desventaja de no presentar oposición a las armónicas impares; en cambio puede conectarse a hilos de retorno.

Conexión Estrella - Delta.

Se utiliza esta conexión en los sistemas de transmisión de las subestaciones receptoras cuya función es reducir voltajes. En sistemas de distribución es poco usual; se emplea en algunas ocasiones para distribución rural a 20 KV.

Conexión Delta Abierta - Delta Abierta.

Esta puede considerarse como una conexión de emergencia en los transformadores trifásicos, ya que si un transformador se quema o sufre una avería cualquiera de sus fases, se puede seguir alimentando carga trifásica operando el transformador a dos fases, sólo que su capacidad disminuye a un 58.8 % aproximadamente.

Los transformadores trifásicos en V - V se emplean en sistemas de baja capacidad y usualmente operan como auto-transformadores.

Operación de Transformadores en Paralelo.

Se entiende que tienen operación aquellos transformadores cuyo devanado primario está conectado a una misma fuente y el secundario a una misma carga.

Razones para la Operación de Transformadores en Paralelo.

1ª.- Se conectan transformadores en paralelo cuando las capacidades de generación son muy elevadas y se requeriría un transformador demasiado grande.

2ª.- Para lograr un incremento en la capacidad de una instalación, frecuentemente se presenta el aumento de carga, por lo que es necesario aumentar esa capacidad. En vez de comprar un transformador más grande, se instala en paralelo con el ya existente, otro de capacidad igual a la nueva demanda; esto resulta económicamente más conveniente.

3ª.- Para dar flexibilidad de operación a un sistema.

Requisitos para la Operación de Transformadores en Paralelo.

1.- Igual relación de transformación, voltajes iguales en el lado primario y lado secundario.

- 2.- Desplazamiento angular igual a cero.
- 3.- Variación de las impedancias con respecto a las capacidades de los transformadores en forma inversa.
- 4.- Las relaciones de resistencias y reactivancias deben ser las mismas o equivalentes.

AUTOTRANSFORMADOR.

Un autotransformador es un dispositivo eléctrico estático que:

- .) Transfiere energía de ciertas características de un circuito a otro con características diferentes, por conducción eléctrica e inducción electromagnética.
- .) Lo hace manteniendo la frecuencia constante.
- .) Tiene un circuito magnético y a diferencia del transformador, sus circuitos eléctricos están unidos entre sí.

En la figura III.11 se observa el circuito equivalente.

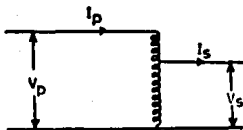


Fig. III.11

Por el número de fases los autotransformadores se fabrican:

.) Monofásicos.

.) Trifásicos.

En la figura III.12 se observa un esquema de un autotransformador monofásico.

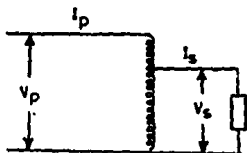


Fig. III.12

Conexiones de Autotransformadores Trifásicos.

a) Conexión Delta.

En la figura III.13 se observa una conexión delta.



Fig. III.13

8.) Conexión Estrella.

En la figura III.14 se observa una conexión estrella.

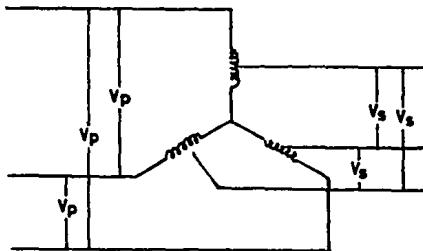


Fig. III.14

Aplicación del Autotransformador.

- .) Arranque de motores de inducción a voltajes reducidos.
- .) Interconexiones de líneas de transmisión con relaciones de voltajes no mayores de 2 a 1.
- .) Como regulador de voltaje limitado.
- .) En bancos de tierra.

ESTUDIO ECONOMICO DE LOS TRANSFORMADORES.

a) Selección económica de la capacidad de un transformador.

- .) Demanda inicial.
- .) Demanda en "n" años.
- .) Precio del transformador de demanda inicial.
- .) Precio del transformador de demanda "n" años.

Soluciones para los puntos anteriores.

1ª.- Instalar un transformador de capacidad A y dejar espacio para instalar otro de capacidad B.

2ª.- Instalar un transformador para capacidades futuras.

b) Selección de ofertas de transformaciones.

- .) Precio inicial.
- .) Pérdidas en Kw (consumo de energía en KWh anualmente).
- .) Costo del KWh en el lugar de instalación.
- .) Período de amortización.

Especificaciones para Transformaciones.

- 1ª.- Objeto.
- 2ª.- Información general.
- 3ª.- Datos para el diseño del transformador:

- .) Número de unidades.
- .) Tipo de transformador.
- .) Clase a que corresponde de acuerdo con las normas.
- .) Frecuencia de operación.
- .) Número de devanados.
- .) Relación de transformación en vacío.

Distribución y Transformación

- .) Derivaciones a plena carga en el lado de alto voltaje.
 - .) Derivaciones a plena carga en el lado de bajo voltaje.
 - .) Conexiones entre fases para alto voltaje y bajo voltaje.
 - .) Capacidad continua con una elevación de temperatura en el cobre de 55 °C medida por aumento de resistencia sobre una temperatura ambiente de 40 °C.
 - .) Sistema de enfriamiento.
 - .) Desplazamiento angular.
 - .) Altura de sitio de instalación.
 - .) Clase de aislamiento en los devanados (generalmente clase A porque es más común).
 - .) Boquillas del lado de alto voltaje, bajo voltaje y neutro.
 - .) Cambiador de derivaciones con carga y sin carga.
 - .) Tipo de control, manual o automático.
 - .) Equipo requerido para el control.
 - .) Accesorios (ganchos de sujeción, termómetro).
 - .) Tipo de base, con riel o para rodar.
 - .) Refacciones.
- 4ª.- Planos e instructivos.
- 5ª.- Eficiencia.
- 6ª.- Pena por eficiencia.
- 7ª.- Tipos de anticipos.
- 8ª.- Lugar y fecha de concurso.
- 9ª.- Inspección y aceptación del equipo usado en la fabricación.
- 10ª.- Garantía de cumplimiento del tiempo de entrega.
- 11ª.- Garantía de calidad.
- 12ª.- Fianzas.

ELEMENTOS PRINCIPALES Y CLASIFICACION DE UN TRANSFORMADOR.

Un transformador es un dispositivo que:

- a) Transfiere energía eléctrica de un circuito a otro conservando la frecuencia constante.
- b) Lo hace bajo el principio de inducción electromagnética.
- c) Tiene circuitos eléctricos que están estabonados magnéticamente y aislados eléctricamente.
- d) Usualmente lo hace con un cambio de voltaje, aunque esto no es necesario.

Elementos que Constituyen un Transformador.

- .) Núcleo de circuito magnético.
- .) Devanados.
- .) Aislamiento.
- .) Aislantes.
- .) Tanque o recipiente.
- .) Boquillas.
- .) Ganchos de sujeción.
- .) Válvula de carga de aceite.
- .) Válvula de drenaje.
- .) Tanque conservador.
- .) Tubos radiadores.
- .) Base para rollos.
- .) Placa de tierra.
- .) Placa de características.
- .) Termómetro.
- .) Manómetro.
- .) Cambiador de derivaciones o taps.

Clasificación de Transformadores.

Los transformadores se pueden clasificar por:

a) La forma de su núcleo.

- .) Tipo columnas.*
- .) Tipo aconazado.*
- .) Tipo envolvente.*
- .) Tipo radial.*

b) Por el número de fases.

- .) Monofásico.*
- .) Trifásico.*

c) Por el número de devanados.

- .) Dos devanados.*
- .) Tres devanados.*

d) Por el medio refrigerante.

- .) Aire.*
- .) Aceite.*
- .) Líquido inerte.*

e) Por el tipo de enfriamiento.

- .) Enfriamiento OA.*
- .) Enfriamiento OW.*
- .) Enfriamiento OW / A.*
- .) Enfriamiento OA / AF.*
- .) Enfriamiento OA / FA / FA.*
- .) Enfriamiento FOA.*

- .) Enfriamiento OA / FA / FOA.
- .) Enfriamiento FOW.
- .) Enfriamiento A / A.
- .) Enfriamiento AA / FA.

f) Por la regulación.

- .) Regulación fija.
- .) Regulación variable con carga.
- .) Regulación variable sin carga.

g) Por la operación.

- .) De potencia.
- .) Distribución.
- .) De instrumento.
- .) De horno eléctrico.
- .) De ferrocarril.

Partes Esenciales del Transformador.

En la figura III.15 se indican las partes principales del transformador.

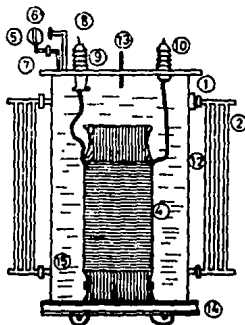


Fig. III.15

- El nº 1. Tanques.
- El nº 2. Tubos radiadores.
- El nº 3. Núcleo (circuito magnético).
- El nº 4. Devanados.
- El nº 5. Tanque conservador.
- El nº 6. Indicador de nivel de aceite.
- El nº 7. Relé de protección.
- El nº 8. Tubo de escape.
- El nº 9 y nº 10. Boquillas o aisladores de porcelana.
- El nº 11. Tornillos opresores.
- El nº 12. Conexión de los tubos radiadores.
- El nº 13. Termómetro.
- El nº 14. Bases de rolar.
- El nº 15. Refrigerante.

Los Tipos de Enfriamiento en Transformadores.

Los tipos de enfriamiento más empleados en transformadores son los siguientes:

Tipo OA.

Sumergido en aceite con enfriamiento propio. Por lo general en transformadores de más de 50 KVA. donde se usan tubos radiadores o tanques corrugados para disminuir las pérdidas; en capacidades mayores de 3000 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.

El transformador OA es el tipo básico y sirve como norma para capacidad y precio de otros.

Tipo OA / FA.

Sumergido en aceite con enfriamiento propio por medio de aire forzado. Este es básicamente un transformador OA con adición de ven

tiladores para aumentar la capacidad de disipación de calor.

Tipo OA / FA / FOA.

Sumergido en aceite con enfriamiento propio a base de aire forzado. Este transformador es básicamente un OA, con adición de ventiladores y bombas para circulación de aceite.

Tipo FOA.

Sumergido en aceite, enfriado con aceite forzado y con enfriamiento de aire forzado. Este tipo de transformadores se usan únicamente donde se desea que operen al mismo tiempo las bombas de aceite y los ventiladores; tales condiciones absorben cualquier carga a pico a plena capacidad.

Tipo OW.

Sumergido en aceite y enfriado con 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.

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.

Tipo seco y enfriado por aire forzado. Estos transformadores tienen una capacidad simple basada en la circulación de aire forzado por ventiladores o sopladores.

En la figura III.16 se observan los tipos de enfriamiento y en la figura III.17 se observan los de tipo seco.

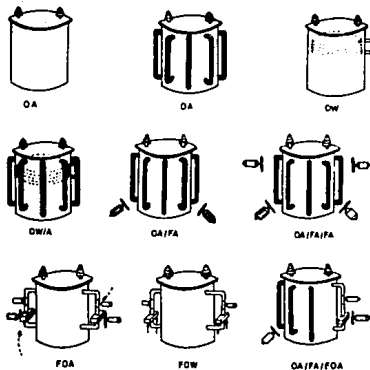


Fig. III.16

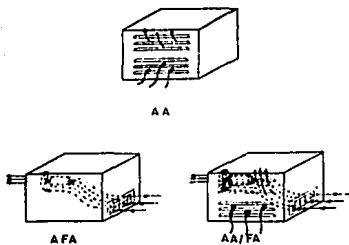


Fig. III.17

PUESTA EN SERVICIO Y MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES.

Antes de poner en operación un transformador dentro de una zona en la subestación eléctrica, conviene efectuar una revisión de lo siguiente:

1º.- Rigidéz dieléctrica del aceite.

Una lectura baja de rigidéz dieléctrica del aceite nos indicará suciedad, humedad en el aceite. Para corregir esto se filtra el aceite las veces que sea necesario hasta obtener un valor correcto.

2º.- Resistencia de aislamiento.

3º.- Secuencia de fases correctas (polaridad).

4º.- Tener cuidado de que las lecturas de parámetros (V, I, W) sean las adecuadas.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO AL TRANSFORMADOR.

Mantenimiento principalmente se entiende por el cuidado que se debe tener en cualquier tipo de máquinas durante su operación, para prolongar su vida y obtener un funcionamiento correcto.

En el caso particular de los transformadores se requiere poco mantenimiento, en virtud de ser máquinas estáticas. Sin embargo, es conveniente que periódicamente se haga una revisión de algunas de sus partes; este período normalmente es cada año y se toma en cuenta el número de operaciones cuando existe cambiador bajo carga.

Mantenimiento.

- .) Inspeccionar de manera ocular su estado externo en general para observar si existen fugas de aceite o deterioros del equipo, etc.
- .) En el núcleo de circuito magnético se hace un chequeo en sus aprietes en samblaje o sujeción.
- .) En los devanados únicamente se hace el chequeo de sus aislamientos y de sus conexiones donde se revisa su relación, la rigidez dieléctrica, el factor de potencia y la humedad residual si es instalación.
- .) En los aislamientos se hace el chequeo de las bobinas o devanados, contra - tanque y contra - núcleo.
- .) En los aislantes normalmente se utiliza aceite PEMEX del nº uno y se verifica la rigidez dieléctrica, la acidéz, verificación de compuestos polares, de corrosión, factor de potencia y se hace una prueba cromatográfica que se refiere a la existencia de gases y peligro de los mismos.
- .) En el tanque o recipiente se hace un chequeo de hermetismo o que esté bien aterrizado.
- .) En las boquillas se revisa el aislamiento y el hermetismo.
- .) En los ganchos de sujeción se revisa su estado, que realmente esté en buenas condiciones y que esté bien sujeto.
- .) En la válvula de carga de aceite se revisa su hermetismo, que se encuentre en buenas condiciones y su correcto funcionamiento.
- .) En la válvula de drenaje se revisa su hermetismo, que se encuentre en buenas condiciones y su correcto funcionamiento.
- .) En el tanque conservador se verifica que esté en buen estado y se revisa su nivel.
- .) En los tubos radiadores se verifica que esté en buen estado y se revisa su hermetismo.
- .) En la base para rolar se verifica que esté en buen estado y sobre todo se revisa si tiene grasa suficiente.
- .) En la placa de tierra se hace una limpieza general y se ve-

rifican sus conexiones.

- .) En el termómetro se verifica su hermetismo en la cardtula, se revisa si está funcionando correctamente su conexión eléctrica y su calibración.
- .) En el manómetro se verifica su hermetismo en la cardtula, se revisa el buen funcionamiento de su conexión eléctrica, se hace una calibración y por último se verifican los rangos de operación de entrada y de salida.
- .) En los cambiadores de derivación o taps se verifican las secciones de contacto, se revisa la presión de contacto, se verifica si está en buen estado y se hace una relación de ecuaciones para asegurarse de su buen funcionamiento.

CAPITULO IV

SUBESTACIONES

ELECTRICAS

CAPITULO IV

SUBESTACIONES ELECTRICAS

INTRODUCCION.

En el empleo de la energía eléctrica ya sea para fines industriales, comerciales o de uso residencial, intervienen una gran cantidad de máquinas y equipo eléctrico. Un conjunto de equipo eléctrico utilizado para un fin determinado se le conoce con el nombre de Subestación Eléctrica.

DEFINICION.

Una Subestación Eléctrica es un conjunto de elementos o dispositivos que nos permiten cambiar las características de energía eléctrica (voltaje, corriente, frecuencia, etc.) tipo ca a cc o conservar dentro de ciertas características. Existe una estrecha relación entre las subestaciones eléctricas, líneas de transmisión y centrales generadoras.

CLASIFICACION DE LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS.

a) Por su operación.

- .) De corriente alterna.*
- .) De corriente continua.*

b) Por su servicio.

- Primarias**
- Elevadoras.
 - Receptoras reductoras.
 - De enlace o de Distribución.
 - De switcheo o de Maniobra.
 - Convertidoras o Rectificadoras.
- Secundarias**
- Receptoras (Reductoras, Elevadoras).
 - Distribuidoras.
 - De enlace.
 - Convertidoras o Rectificadoras.

c) Por su construcción.

- .) Tipo intemperie.
- .) Tipo interior.
- .) Tipo blindado.

ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UNA SUBESTACION.

Los elementos que constituyen una subestación se pueden clasificar en elementos principales y elementos secundarios.

Elementos Principales.

- .) Transformador.
- .) Interruptor de potencia.
- .) Restaurador.
- .) Cuchillas.
- .) Cuchillas desconectoras y cuchillas de prueba.
- .) Apartarrayos.
- .) Tableros Duplex de control.

- .) Condensadores.
- .) Transformadores de instrumento.

Elementos Secundarios.

- .) Cables de potencia.
- .) Cables de control.
- .) Alumbrado.
- .) Estructura.
- .) Herrajes.
- .) Equipo contra incendio.
- .) Equipo de filtrado de aceite.
- .) Sistemas de tierra.
- .) Carrier.
- .) Intercomunicación.
- .) Trincheras, ductos, conducto y drenajes.
- .) Cercas.

Transformador.

Un transformador es un dispositivo que:

- a) Transfiere energía eléctrica de un circuito a otro conservando la frecuencia constante.
- b) Lo hace bajo el principio de inducción electromagnética.
- c) Tiene circuitos eléctricos que están eslabonados magnéticamente y aislados eléctricamente.
- d) Usualmente lo hacen con un cambio de voltaje, aunque no sea necesario.

En la figura IV.1 se representa el diagrama elemental de un transformador.

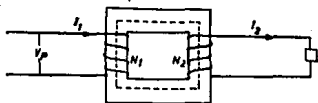


Fig. IV.1

Interruptores.

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

Si la operación se efectúa sin carga (corriente), el interruptor recibe el nombre de desconectador o cuchilla desconectadora. Si en cambio la operación de apertura o cierre la efectúa con carga en caso de alguna corriente nominal, el interruptor recibe el nombre de Disyuntor o Interruptor de Potencia. Los interruptores en caso de apertura deben asegurar el aislamiento eléctrico del circuito.

Interruptor de Potencia.

Los interruptores de potencia como ya se mencionó, interrumpen y restablecen la continuidad de un circuito eléctrico, la interrupción la deben efectuar con carga o corriente de corto circuito.

Se constituyen en dos tipos generalmente:

1º.- Interruptor de aceite.

2º.- Interruptor neumático.

Interruptores de Aceite.

Los interruptores en aceite se pueden clasificar en tres grupos principalmente:

- 1ª.- Interruptores de gran volumen de aceite.
- 2ª.- Interruptores de gran volumen de aceite con cámara de extinción.
- 3ª.- Interruptores de pequeño volumen de aceite.

Interruptor de 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. Los trifásicos son para operar a voltajes relativamente pequeños y sus contactos se encuentran contenidos en un recipiente común separados entre sí por separadores (aislantes).

Por razones de seguridad, en tensiones elevadas se emplean interruptores monofásicos (uno por fase en circuitos trifásicos). Las partes fundamentales en estos interruptores son las siguientes y se representan en la figura IV.2.

- El nº 1 es el tanque o recipientes.
- El nº 2 y nº 5 son las boquillas y contactos fijos.
- El nº 3 son los conectores (elementos de conexión al circuito)
- El nº 4 y nº 6 es el vástago y contactos móviles.
- El nº 7 es el aceite de refrigeración.

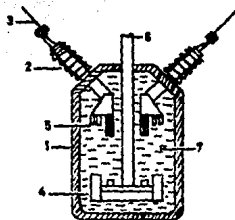


Fig. IV.2

En general el tanque se construye cilíndrico debido a las fuertes presiones internas que se presentan durante la interrupción, el fondo del tanque lleva "costillas" de refuerzo para soportar estas presiones.

Proceso de interrupción.

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

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.

En la figura IV.3 se ilustra el proceso inicial de interrupción.

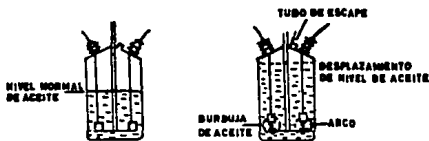


Fig. IV.3

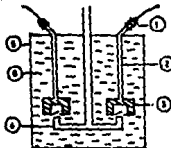
Conforme aumenta la separación de los contactos, el arco crece y la burbuja se hace mayor de tal manera que al quedar los contactos en su separación total la presión ejercida por el aceite es considerable, por lo que en la parte superior del recipiente se instala un tubo de fuga de gases.

Interrupciones en gran volumen de aceite con cámara de extinción.

Los interrupciones de grandes capacidades con gran volumen de aceite originan fuertes presiones internas que algunas ocasiones pueden ocasionar explosiones. Para disminuir estos riesgos se idearon dispositivos donde se forman las burbujas de gas, reduciendo en gran parte las presiones a un volumen menor. Estos dispositivos reciben el nombre de "cámaras de extracción" y dentro de estas cámaras se extingue el arco, el procedimiento de extinción es el que se explica a continuación:

- 1ª.- Al ocurrir una falla se separan los contactos que se encuentran dentro de la cámara de extinción.
- 2ª.- Los gases que se producen tienden a escapar, pero como se hallan dentro de la cámara que contiene aceite, originan una violenta circulación de aceite que extingue el arco.
- 3ª.- Cuando el contacto móvil sale de la cámara, el arco residual se acaba de extinguir, entrando nuevamente aceite frío a la cámara.
- 4ª.- Cuando los arcos se han extinguido se cierran los elementos de admisión de la cámara.

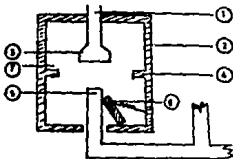
En la figura IV.4 se ilustra el diagrama de un interruptor de gran volumen de aceite con cámara de extinción.



1. Boquillas de conexión al circuito.
2. Contactos fijos (dentro de la cámara).
3. Cámara de extinción.
4. Contactos móviles con su vástago.
5. Recipiente.
6. Aceite.

Fig. IV.4

Los elementos principales de la cámara de extinción se muestran en la figura IV.5



1. Parte interna de la boquilla que soporta la cámara.
2. Cuerpo de la cámara.
3. Contacto fijo dentro de la cámara.
4. Costillas de refuerzo de la cámara.
5. Contacto móvil.
6. Elemento de cierre de la cámara.
7. Aceite en el interior de la cámara.

Fig. IV.5

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:

- 1ª.- Mecánicamente por medio de sistemas volante - bielas o engrane - bielas.
- 2ª.- Magnéticamente por medio de un electroimán conocido como bobina de disparo que acciona el trinquete de retención de los contactos móviles al ser energizado; se puede energizar manualmente (por medio de un botón) o automáticamente (por medio de relevador).
- 3ª.- La acción de conexión o desconexión se puede efectuar cambiando el volante o los engranes con un motor eléctrico que puede operarse a control remoto.

En la figura IV.6 se ilustran de una manera más esquemática las cámaras de extinción, los contactos móviles y el vástago.

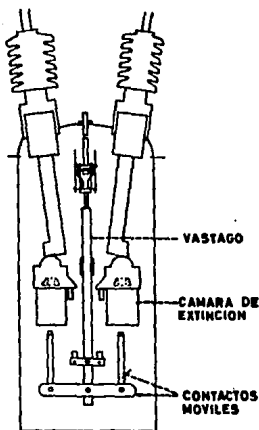


Fig. IV.6

Interruptores de pequeño volumen de aceite.

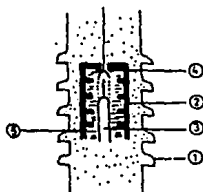
Los interruptores de reducido volumen de aceite reciben este nombre debido a que su cantidad de aceite es pequeña en comparación con los de gran volumen. Su contenido de aceite varía entre 1.5 y 2.5 % del que contienen los de gran volumen.

Se construye para diferentes capacidades y voltajes de operación y su construcción es básicamente una cámara de extinción modificada que permite mayor flexibilidad de operación. Este tipo de interruptores tienen la cámara de extinción con las siguientes partes fundamentales como se pueden observar en la figura IV.7 y el funcionamiento de este interruptor es el siguiente:

- .) Al ocurrir una falla se desconecta el contacto móvil nº 3 originándose un arco eléctrico nº 5.
- .) A medida que sale el contacto móvil se va creando una circun-

lación de aceite entre las diferentes cámaras que constituyen el cuerpo.

- .) Al alcanzar el contacto móvil su máxima carrera al aceite que circula violentamente extingue el arco por completo.
- .) Los gases que se producen escapan por la parte superior del interruptor.



1. Parte externa.
2. Cuerpo de la cámara.
3. Contacto móvil.
4. Contacto fijo.
5. Arco eléctrico.
6. Aceite.

Fig. IV.7

Estos interruptores se fabrican por lo general del tipo columna como se puede observar en las figuras IV.8 y IV.9



Fig. IV.8

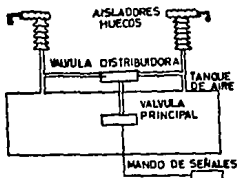


Fig. IV.9

Debido al peligro de explosión e incendio que representan los interruptores en aceite se fabrican los interruptores neumáticos, en los cuales la extinción del arco se efectúa por medio de un chorro de aire a presión.

INTERRUPTORES NEUMATICOS.

El aire a presión se obtiene por un sistema de aire comprimido que incluye una o varias compresoras, un tanque principal, un tanque de reserva y un sistema de distribución en caso de que sean varios interruptores. Se fabrican monofásicos y trifásicos, para uso interior o uso exterior. El proceso general se puede comprender con ayuda de la figura IV.10

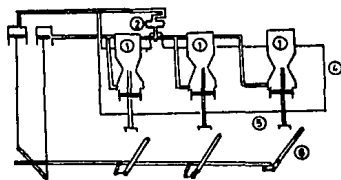


Fig. IV.10

Cuando ocurre una falla la detecta el dispositivo de control de tal manera que una válvula de selenoide acciona a la válvula con el n° 2 que es la principal y sigue una secuencia que puede describirse en general como sigue:

- .) Al ser accionada la válvula principal n° 2 ésta se abre permitiendo el acceso de aire a los aisladores huecos n° 1.
- .) El aire a presión que entra a los aisladores huecos presio-

- na por medio de un émbolo a los contactos nº 5.
- .) Los contactos nº 5 accionan a los contactos nº6 que operan simultáneamente abriendo el circuito.
 - .) Como los aisladores huecos nº1 se encuentran conectados directamente a las cámaras de extinción nº3, al bajar los contactos nº 5 para accionar a los contactos nº6 el aire a presión que se encuentra en los aisladores nº 1 entra violentamente a la cámara de extinción nº 3 extinguiendo el arco.

Ventajas del interruptor neumático sobre los interruptores de aceite.

- .) Ofrece mejores condiciones de seguridad ya que evita explosiones e incendios.
- .) Interrumpe las corrientes de falla en menos ciclos.
- .) Disminuye la posibilidad de reencendidos de arco.
- .) Es más barato.

PRUEBAS A INTERRUPTORES.

Las pruebas que generalmente se efectúan a los interruptores o antes de poner en servicio un sistema son las siguientes:

Prueba de prestación.

Sirve para determinar el valor de la corriente de apertura o de cierre en algunos casos (corriente).

Prueba de sobre - carga.

Sirve para comprobar si el interruptor soporta la corriente de sobrecarga fijada.

Prueba de temperatura.

Sirve para observar el comportamiento del interruptor con temperaturas elevadas o corrientes mayores que la nominal.

Prueba de aislamiento.

Sirve para verificar el comportamiento del interruptor a la tensión nominal y comprobar la calidad de los aislantes empleados.

Prueba mecánica.

Nos permite observar si el interruptor es lo suficientemente fuerte de acuerdo con su capacidad de diseño en MVA.

Prueba de presión.

Nos permite comprobar la resistencia del tanque a las presiones internas originadas en la falla.

Prueba de funcionamiento.

Es la última prueba y nos permite comprobar el funcionamiento correcto de los interruptores de control y mecánico, fundamentalmente la operación simultánea de los polos de desconexión.

ESPECIFICACIONES PARA INTERRUPTORES DE POTENCIA.

Las especificaciones que se deben dar para la compra o fabricación de un interruptor de potencia son en diversos tipos estudiados con variaciones al igual que en los transformadores, donde se debe especificar generalidades, función del interruptor en la subestación, si la subestación es de tipo interior o imtempérie, si es de accionamiento manual o automático.

Entre los datos técnicos que se deben proporcionar se puede mencionar como fundamentales los siguientes:

- .) Tensión normal de operación.
- .) Corriente nominal.
- .) Corriente de ruptura en KA.
- .) Capacidad de ruptura en MVA.

RESTAURADORES.

En los sistemas de distribución además del problema de la protección de los equipos eléctricos, se presenta el de la "continuidad del servicio", es decir, la protección que se planea en las redes de distribución, se hace pensando en los dos factores mencionados. Para satisfacer esta necesidad se ideó un interruptor de operación automática que no necesita accionamiento manual para sus operaciones de cierre o apertura, es decir, construido de tal manera que un disparo o un cierre está calibrado de antemano y opera bajo una secuencia lógica predeterminada y constituye un interruptor de operación automática con características de apertura y cierre regulables de acuerdo con las necesidades de la red de distribución que se va a proteger. Este interruptor recibe por tales condiciones el nombre de restaurador.

Un restaurador no es más que un interruptor de aceite con contactos dentro de un mismo tanque y que opera en capacidades relativamente bajas y tensiones no muy elevadas.

Los restauradores normalmente están contruidos para funcionar con tres operaciones de recierre y cuatro aperturas con un intervalo entre una y otra calibrada de antemano en la última apertura el cierre debe ser manual, y que indica que la falla es permanente.

Operación de un restaurador.

El restaurador opera en forma semejante a un interruptor trifásico

sico ya que sus contactos móviles son accionados por un vástago común, conectado y desconectado en forma simultánea. El proceso de apertura y recierre se puede describir brevemente como sigue:

- .) Cuando ocurre una falla la bobina de disparo se energiza y actúa sobre un trinquete mecánico que hace caer a los contactos móviles.
- .) Los contactos móviles disponen de resortes tensionados de tal forma que la apertura es rápida. Al caer los contactos móviles energizan la bobina de recierre que se encuentra calibrada para operar con un cierto intervalo.
- .) La bobina de recierre acciona un dispositivo mecánico que opera los contactos móviles, conectándose nuevamente con los contactos fijos.
- .) Si la falla es transitoria, el restaurador queda conectado y preparado para otra falla; si la falla es permanente repetirá todo el proceso anterior hasta quedar fuera según sea el número de recierres para el cual se ha calibrado.

La interrupción del arco tiene lugar en una cámara de extinción que contiene a los contactos, tal como se observa en la figura IV.11

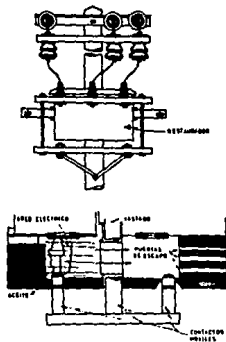


Fig. IV.11

Los restauradores que más se emplean son los tipos R y W.

Restaurador tipo R.

El restaurador tipo R es semejante en su construcción al tipo W pero se emplea para capacidades menores. A continuación se mencionan algunos datos de este tipo de restaurador.

- .) Voltaje nominal 2.4 - 14.4 KV.
- .) Corriente nominal 25 - 400 Amp.
- .) Voltaje de diseño 15.5 KV.

Restaurador tipo W.

Se construye trifásico en forma parecida al tipo R pero es un poco más robusto. A continuación se mencionan algunos datos de este tipo de restaurador.

- .) Voltaje nominal 2.4 - 14.4 KV.
- .) Corriente nominal 100 - 560 Amp.
- .) Voltaje de diseño 15.5 KV.

En la tabla IV.1 se indican los amperes nominales, los amperes mínimos de disparo y la capacidad interruptiva en amperes simétricos de los dos tipos de restauradores.

Nota: La tabla se localiza en el Anexo.

CUCHILLA FUSIBLE.

La cuchilla fusible es un elemento de conexión y desconexión de circuitos eléctricos. Tiene dos funciones: como cuchilla desconnectora para lo cual se conecta y desconecta, la segunda funciona como elemento de protección. Elemento de protección lo constituye el dispositivo fusible que se encuentra dentro del cartucho de protección y desconexión; el dispositivo fusible se selecciona de tal manera con el valor de corriente nominal que va a circular por él, pero los fabricantes tienen el correspondiente valor de corriente de ruptura para cualquier valor de corriente nominal.

Los elementos fusibles se constituyen fundamentalmente de plata (en casos especiales), cobre electrolítico con aleación de plata o cobre aleado con estaño. Existen diferentes tipos de cuchillas fusibles de acuerdo al empleo que se les dé.

Entre los principales tipos y características tenemos los que se muestran en la figura IV.12

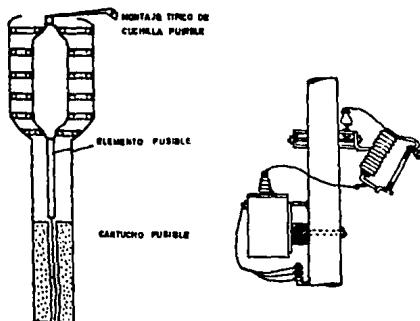


Fig. IV.12

CUCHILLA DESCONECTADORA.

La cuchilla desconectadora es un elemento que sirve para desconectar físicamente un circuito eléctrico. Por lo general se operan sin carga pero con algunos aditamentos, se puede operar con carga hasta ciertos límites.

Clasificación de cuchillas desconectadoras.

Por su operación.

- .) Con carga (con tensión nominal).
- .) Sin carga (con tensión nominal).

Por su tipo de accionamiento.

- .) Manual.
- .) Automático.

Por su forma de desconexión.

- .) Con tres aisladores, dos fijos y un giratorio al centro horizontal llamado también de doble arco, como se puede observar en la figura IV.13



Fig. IV.13

- .) Con dos aisladores (accionador con pértiga), operación vertical, como se observa en la figura IV.14



Fig. IV.14

Por la forma en que se instala la cuchilla recibe el nombre de Vertical LCO y Horizontal estándar.

- .) Con dos aisladores, uno fijo y otro giratorio en el plano horizontal, como se observa en la figura IV.15

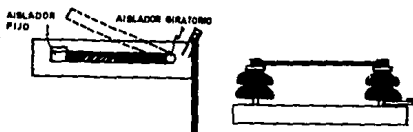


Fig. IV.15

- .) Pantógrafo o separador de tijera, como se observa en la figura IV.16

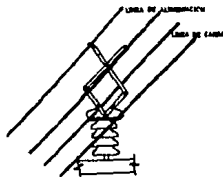


Fig. IV.16

- .) Cuchilla tipo "AV", como se muestra en la figura IV.17

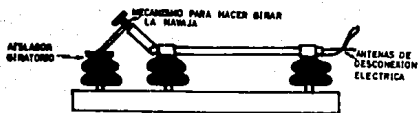


Fig. IV.17

- .) Cuchilla de tres aisladores, el del centro movable por cremallera, como se observó en la figura IV.18



Fig. IV.18

- .) Cuchilla desconectadora con cuerno de arco, como se observa en la figura IV.19

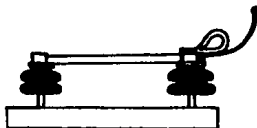


Fig. IV.19

Algunas recomendaciones para el empleo de los diferentes tipos de cuchillas.

- .) Cuchillas con tres aisladores, dos fijos y un giratorio donde de el del centro es el giratorio. Estas cuchillas se utili-zan sobre todo en subestaciones tipo intemperie con corrientes elevadas y tensiones del origen de 34.5 KV. Son generalmente operadas en grupos por mando eléctrico, No representa peligro para el usuario ya que es grande la separación entre polos.
- .) Cuchillas con dos aisladores de operación vertical (normale e invertida. Este tipo de cuchillas es de lo más usual por su operación simple, puede emplearse en instalaciones interiores o a la intemperie; para uso interior se recomienda usarla en tensiones no mayores de 23 KV. para operación con péndigo, el lugar donde se para el operario para efectuar la desconexión debe ser de acuerdo con las normas de seguridad, una madera con capa de hule. Para montaje a la intemperie puede usarse en cualquiera de las tensiones normales de operación, con mando de barra o motor eléctrico.
- .) Cuchilla con dos aisladores de operación horizontal (un aislador fijo). Este tipo de cuchillas es de uso a la intemperie generalmente, presentan muchas ventajas cuando son accionadas neumáticamente, por tal razón es conveniente usarlas cuando se disponga de aire comprimido. Se usan para cualquiera de las tensiones normales de operación, pueden accionarse también por barra o motor eléctrico y tienen el inconveniente de que la hoja de desconexión se desajusta después de varias operaciones.
- .) Cuchillas de tipo Pantógrafo. En la actualidad este tipo de cuchillas no se emplea con frecuencia, la razón es que su mecanismo de operación es complicado y falla en ocasiones. Además su costo es elevado y ocupa mucho espacio lo cual va en contra de la tendencia de reducir el espacio en las ins-

talaciones.

- .) Cuchillas con tres aisladores de doble arco (tipo AV), donde se emplean en instalaciones de corriente elevada y tensión media, se operan generalmente por barra o motor eléctrico, pero también pueden accionarse con aire comprimido. En sistemas de distribución a 33 y 23 KV. se usan para interconexión de líneas.
- .) Cuchillas de tres aisladores con el aislador central desplazable por cremallera. El rango de aplicación de estas cuchillas es semejante al de las cuchillas de operación vertical debido a su tamaño, generalmente son accionadas por motor eléctrico aunque se pueden accionar por barra o aire comprimido.
- .) Cuchillas con cuernos de arqueo que pueden ser de operación vertical u horizontal, se usan por lo general en sistemas de tensión muy elevadas, por ejemplo, 66, 88, 115 KV. etc. Su empleo es indispensable en líneas largas; los cuernos de arqueo sirven para que entre ellos se forme el arco al desconectar las cuchillas y a la conexión a tierra para disipar la energía del arco.
El arco se forma debido a la energía residual que conservan las líneas largas al quedar en vacío después de la apertura del interruptor.

Especificaciones.

Los datos que se deben proporcionar para el pedido de cuchillas desconectoras son básicamente las siguientes:

- .) Tensión nominal de operación.
- .) Corriente nominal.
- .) Corriente de corto circuito simétrica.
- .) Corriente de corto circuito asimétrica.
- .) Tipo de montaje (horizontal o vertical).
- .) Forma de mando.

APARTARRAYOS.

Las sobretensiones que se presentan en las instalaciones de un sistema pueden ser de dos tipos:

- 1º.- Sobretensiones de origen atmosférico.
- 2º.- Sobretensiones por fallas en el sistema.

El apartarrayos es un dispositivo que nos permite proteger las instalaciones contra las sobretensiones de origen atmosférico, las ondas que se presentan durante una descarga atmosférica viajan a la velocidad de la luz y dañan al equipo si no se le tiene protegido correctamente.

Para la protección del mismo se debe tener en cuenta los aspectos siguientes:

- 1º.- Descargas directas sobre la instalación.
- 2º.- Descargas indirectas.

El apartarrayos es un dispositivo que se encuentra conectado permanentemente en un sistema, opera cuando se presenta una sobretensión de determinada magnitud, descargando la corriente a tierra; su principio general de operación se basa en la formación del arco eléctrico entre los explosores cuya separación está determinada de antemano de acuerdo a la tensión a la que va a operar, como se puede observar en la figura IV.20 y IV.21

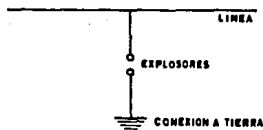


Fig. IV.20

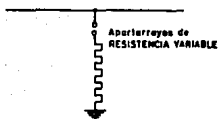


Fig. IV.21

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

La función del apartarrayos no es eliminar las ondas de sobretensión presentadas durante las descargas atmosféricas, sino limitar la longitud a valores que no sean perjudiciales para las máquinas del sistema.

Mantenimiento.

- .) El mantenimiento que se hace en el transformador se menciona en el capítulo III.
- .) En el interruptor de potencia se hace un chequeo de la conexión a tierra, se verifica su estado que está en buenas condiciones, se verifica su control, se revisa su protección, se verifica el estado de contactos fijos y móviles. Por otra parte se hace una verificación de su aislante, se verifica su mecanismo, se verifica sus ajustes y contactos, se revisa el compresor y finalmente se verifican los mandos y sus alarmas.
- .) En el restaurador se hace un chequeo de cierre automático y de su buen funcionamiento.
- .) En las cuchillas se hace una limpieza general, se verifican

sus conexiones, se verifica la presión de contacto y finalmente su buen funcionamiento.

- .) En el apartarrayos se hace una limpieza general y verificación de sus conexiones.
- .) En los condensadores se verifica que estén bien sellados, se verifica su resistencia interna y finalmente se verifica su rigidez eléctrica.

El mantenimiento normalmente se hace cada año.

CAPITULO V

ILUMINACION

ILUMINACION

INTRODUCCION.

Hasta hace algunos años la mayoría de los diseñadores de sistemas de iluminación recomendaban niveles de luminosidad cada vez más altos. Las fuentes de luz no eran tan eficientes como lo son en la actualidad; por lo mismo se requerían niveles mayores de iluminación para que los obreros trabajaran en forma más cómoda y eficiente.

Hoy en día, en cambio se encuentran disponibles fuentes de luz eficientes; además cada vez es más aceptada la necesidad de ahorrar energía. Mucho antes de que se llegara a los niveles actuales del costo tan elevado de electricidad, los diseñadores de sistemas de iluminación ya habían empezado a preguntarse cuánto luz se requería realmente. Lo importante ahora es iluminar adecuadamente un área, no sólo producir cierta cantidad de luz; los expertos en iluminación no consideran sólo el tamaño del área que se va a iluminar, sino también el tipo de actividad que se va a desempeñar allí.

En caso de que se vayan a realizar más de una actividad en el lugar, entonces el espacio tendrá que ser dividido en secciones más pequeñas, lo cual facilitará el diseño del sistema de iluminación.

Por ejemplo, el extremo de una habitación puede utilizarse como bodega mientras que en el otro lado o extremo se almacenará maquinaria de producción; las dos áreas requerirán dos tipos distintos de iluminación, además ningún técnico en diseño puede pasar por alto el costo de la energía eléctrica.

Los gastos de energía de una planta industrial no se circunscriben a la iluminación, por lo general el diseñador debe recomendar el sistema de alumbrado menos costoso, más eficiente y adecuado para el trabajo que allí se va a realizar.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA Iluminación

Los nuevos tipos de lámparas y de luminarias así como los nuevos métodos para calcular las necesidades de iluminación, ayudan al diseñador a elegir los mejores sistemas de alumbrado, esto a su vez contribuye a hacer del lugar un sitio agradable para trabajar, lo cual influye en el ánimo y rendimiento de los usuarios.

LAMPARAS.

Las lámparas de descarga de alta intensidad (DAI) que normalmente se utilizan en la iluminación industrial son las de mercurio, las de halógeno metálico y las de sodio de alta presión.

La Illumination Engineering Society of North America abreviando se (IES) describe estas fuentes de luz (en el *Lighting Handbook*) como dispositivos de descarga, fijos en la pared, cuya envoltura generadora de luz tiene un bulbo que consume más de tres vatios por centímetro cuadrado. Las fuentes de luz de descarga de alta intensidad se caracterizan por tener larga vida y alta eficiencia, son compactas y sumamente adaptables en el diseño de luminarias. Los fabricantes de lámparas de este tipo han publicado información detallada respecto a sus productos.

CLASES DE FUENTES DE LUZ.

Las clases más comunes de fuentes de luz DAI son las de mercurio, las de halógeno metálico y las de sodio de alta presión. Todas tienen un tubo de arco sellado, el cual es como un relámpago encerrado en una botella, aunque en este caso la radiación es sostenida y no se disipa de inmediato.

La electricidad aplicada a los dos extremos del tubo del arco excita un gas "de arranque", que a su vez calienta un compuesto metálico hasta ionizarlo convirtiéndolo en la principal fuente de luz donde cada uno de los tres tipos de fuente contienen un metal o una combinación de metales diferentes dentro del tubo.

La energía radiante que emite cada tipo de lámpara es de una longitud de onda determinada, esto se debe que las lámparas de mercurio, las de hidrógeno metálico y las de sodio aparentemente tienen un color diferente ya que cada una utiliza una clase de metal diferente para establecer el arco. Lo anterior se debe a que cada elemento químico tiene un color espectral característico; si se arroja al fuego un puñado de polvo construido de varias sustancias, se observará lo siguiente: parte de la llama que se produzca será azul mientras que otras partes serán rojas o amarillas, dependiendo del lugar en el que hayan caído los elementos constituyentes.

Todas las fuentes DAL requieren de una balastro que controle la corriente que llega al arco una vez que éste ha sido iniciado, si no se utiliza una balastro, la lámpara se destruirá al poco tiempo. Las características dinámicas de cada tipo de lámparas son ligeramente diferentes, por ello cada una requiere de un tipo específico de balastro excepto en algunos casos especiales.

LAMPARAS DE MERCURIO.

Las lámparas de mercurio fueron las primeras fuentes de luz general de descarga de alta intensidad que utilizaron principalmente, eran apreciadas porque tienen una larga vida y un bajo costo en comparación con los focos incandescentes.

Las lámparas de mercurio se utilizan en los sistemas en donde las fuentes de luz permanecen encendidas durante varias horas y el mantenimiento resulta difícil o costoso. Actualmente se pueden obtener lámparas de mercurio de 40 a 1000 vatios y su forma puede adaptarse a una gran variedad de usos industriales, la figura V.1 muestra una lámpara de mercurio típica, la cual consiste en una bombilla exterior llena de gas inerte (generalmente nitrógeno) que forma un envase protector para el tubo del arco interior, el tubo contiene mercurio puro, como el mercurio no ejerce mucha presión al vaporizarse a la temperatura ambiente, también se agrega gas argón para facilitar el encendido.

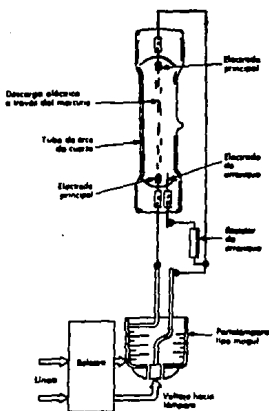


Fig. V.1

Cuando se cierra el circuito de iluminación se aplica el voltaje de arranque al electrodo principal y al arranque, esto inicia el arco de argón, el cual a su vez calienta al mercurio hasta vaporizarlo; las partículas ionizadas de mercurio reducen la resistencia entre los electrodos principales hasta el punto en el que el arco principal ya puede iniciarse.

Cuando todo el mercurio dentro del tubo del arco se ha vaporizado, se dice que la lámpara ya está en condición estable. Como la resistencia del arco principal es mucho más baja que la del circuito de arranque, el arco de arranque cesa; estas lámparas tardan de tres a cinco minutos para alcanzar el 80 % de su luminosidad total, este periodo puede prolongarse más cuando hace mucho frío.

La bombilla exterior de las lámparas de mercurio puede ser de cristal transparente o de fósforo en su interior, los dos tipos son intercambiables siempre y cuando tengan la misma potencia en vatios.

y si se cambian las bombillas exteriores, la distribución fotométrica de la lámpara será diferente; el fósforo convierte la radiación ultravioleta en luz visible (dentro de la sección roja del espectro visible) y proporciona un mejor balance de luz desde el punto de vista del color.

Existe un tipo de lámpara de mercurio conocido como autobalastada; esto significa que, a diferencia de las demás lámparas DALI el circuito de la balastro está contenido dentro de la misma fuente de luz; esta lámpara puede ser útil para reemplazar directamente a las lámparas incandescentes si el portafoco es de porcelana y el cableado es el adecuado; las luminarias que se usen deben estar diseñadas al menos para el voltaje indicado de la lámpara.

La principal ventaja de las lámparas autobalastadas sobre las incandescentes es una duración mayor; las lámparas autobalastadas se utilizan también en los lugares en donde las altas temperaturas podrían dañar las balastros externas o en donde el costo del servicio de reemplazo de las lámparas incandescentes es elevado.

Las lámparas de mercurio autobalastadas pueden ser convencionales o tener integrado un circuito de estado sólido; las lámparas convencionales autobalastadas consumen aproximadamente el 60 % de la corriente en su filamento y el 40 % en el arco; un circuito de estado sólido puede invertir este porcentaje. En contraste, en una lámpara con balastro externa consume 20 % o menos del total de la corriente suministrada.

LAMPARAS DE HALOGENO METALICO.

Las lámparas de halógeno metálico también se conocen con el nombre de lámparas de vapor metálico o de haluro. Se encuentran disponibles en el mercado para capacidades de consumo entre 175 y 1500 vatios.

Las lámparas de halógeno metálico son más eficientes que las de mercurio y además proporcionan mejor color; el diseño de una lámpara de halógeno metálico es similar al de una lámpara de mercurio;

como se puede observar en la figura V.2

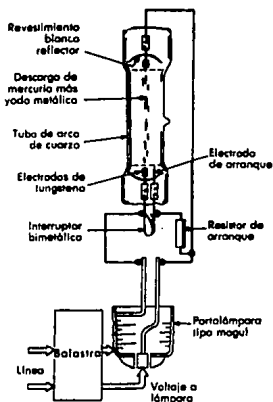


Fig. V.2

La principal diferencia consiste en que al arco de mercurio se le agregan metales para mejorar sus características de color así como la eficiencia, además del mercurio, el tubo del arco contiene otros metales en forma de sales (generalmente yoduros). Esto crea una amalgama con el mercurio; algunas lámparas contienen dos yoduros adicionales e incluso las hay que contienen hasta tres yoduros.

Al igual que en las lámparas de mercurio, las de halógeno metálico se utiliza argón para crear el primer arco y generar el calor inicial. Gradualmente, a medida que se eleva la temperatura del tubo del arco de argón, empieza a activarse el arco principal y los yoduros se vaporizan separándose el yodo de los dos o tres metales adicionales, el calentamiento requiere de 5 a 7 minutos dependiendo del tipo de lámpara y balastro.

El tubo del arco de las lámparas de halógeno metálico contiene yoduros en cantidades superiores a las necesarias para estabilizar el arco, esto da lugar a que siempre quede una reserva de amalgama, la cual pasará al arco cuando éste requiera más, la temperatura de estos materiales de reserva determina la presión interior del tubo del arco, así como la cantidad de aditivo en forma de vapor. Esto a su vez determina las características cromáticas de la lámpara, así como la cantidad de luz o lúmenes que emite; lo anterior significa que las variaciones de wataje debidas a variaciones en el sistema y en la lámpara, así como la posición de encendido pueden originar cambios en el color aparente, por lo tanto, para la misma variación de wataje, las lámparas de halógeno metálico tienen una mayor variación de color que las lámparas de mercurio. En las instalaciones en donde la homogeneidad en el color de las lámparas es muy importante es necesario consultar con el fabricante para saber qué tipo de lámparas se deben utilizar.

Las lámparas de halógeno metálico también se encuentran disponibles con bombillas exteriores revestidas en su interior de fósforo, esto mejora ligeramente su producción de color y reduce la brillantes, lo cual es de particular importancia en las instalaciones interiores cuando se instalan lámparas a baja altura.

LAMPARAS DE SODIO DE ALTA PRESION.

Las fuentes de luz de sodio de alta presión (SAP) son las de mayor eficiencia de entre todas las lámparas DAI, esto es, proporcionan más lúmenes por watio consumido, puesto que las tarifas por concepto de consumo de electricidad se han elevado y también se ha incrementado el uso de esta clase de lámparas.

Las lámparas de sodio de alta presión son 50 % más eficaces que las de halógeno metálico y que las fluorescentes, también son dos veces más eficaces que las de mercurio y seis veces más eficaces que las de filamento incandescente, como se puede observar en la figura V.3

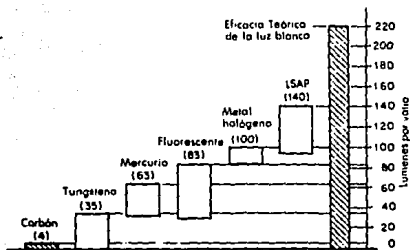


Fig. V.3

Las lámparas de sodio de alta presión son diferentes de las de más fuentes DAI como se puede observar en la figura V.4

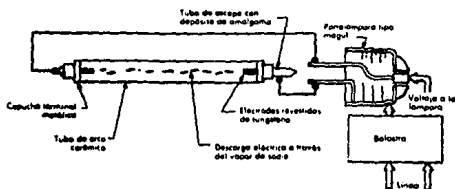


Fig. V.4

En vez de un electrodo de arranque la balastina utiliza un circuito especial para encender la lámpara, el tubo del arco está hecho de alúmina y utiliza xenón como gas de arranque, así como una amalgama de mercurio con sodio para el arco principal.

La balastina contiene un circuito especial de arranque que ioniza al xenón por medio de impulsos de escasa energía y alto voltaje, aproximadamente de 2500 a 3000 voltios. Estos impulsos se superponen al voltaje de 60 ciclos de la línea hasta que el xenón se ioniza lo suficiente para que se establezca el voltaje de circuito abierto (VCA) de la balastina y se mantenga el arco xenón; una vez establecido el arco de xenón casi siempre cesan los impulsos de alto voltaje, después empieza a introducirse al arco el sodio vaporizado, lo cual origina los cambios de color durante el periodo de calentamiento que dura de 3 a 4 minutos. Sin embargo, el color de la lámpara en su condición establecida, no cambia apreciablemente durante su vida útil los únicos cambios de color que tendrán se deberán exclusivamente a los cambios en el voltaje de operación.

La presión del vapor de sodio debe ser de aproximadamente 55 torr si se quiere obtener la eficiencia y el color adecuado, esto es igual a una temperatura de la pared del tubo del arco de 1000 °C y entre el tubo del arco y la bombilla exterior existe un vacío con el fin de conservar el color; la cubierta exterior de la lámpara es de cristal de borosilicato (material resistente al calor) el cual se utiliza comúnmente en la mayoría de la lámpara de descarga de alta intensidad.

Los tubos del arco de las lámparas de sodio de alta presión están hechos a base de alúmina policristalina (APC), la cual es traslúcida y resistente a la corrosión por álcalis, además tiene un punto de fusión más elevado que el cuarzo.

VIDA DE LAS LÁMPARAS Y MANTENIMIENTO DEL NIVEL DE LUMENES.

Todas las lámparas tienen una vida nominal expresada en horas de servicio, en la tabla V.1 se muestra la vida nominal y el rendimiento en lúmenes de las lámparas de mercurio, de halógeno metálico y de vapor de sodio de alta presión.

Nota: La tabla se localiza en el Anexo.

Estos valores cambian con frecuencia a medida que se mejoran las lámparas, por lo tanto, hay que comparar con los datos más actualizados. Las cifras de la vida nominal están basadas en periodos de servicio de 10 horas por arranque, la producción nominal inicial de lúmenes se mide después de que las lámparas han estado encendidas durante 100 horas.

Las lámparas de mercurio tienen una larga vida, más de 24000 horas en la mayoría de los casos, la vida útil de una lámpara es el periodo comprendido desde que se instalan hasta que falla el 50 % de las lámparas. Por lo que le toca a las lámparas de mercurio un 66 % estando en operación después de 24000 horas de servicio, no obstante, como en ese punto su luminosidad es muy baja, se considera que 24000 aproximadamente es la vida útil de estas lámparas. Después de 24000 horas las lámparas de mercurio producen tan pocos lúmenes que su eficacia equivale a la de una lámpara incandescente, esto significa que la vida de la lámpara virtualmente está agotada.

En las fuentes de luz de sodio de alta presión el aumento del voltaje es un factor determinante de la vida útil, a medida que estas lámparas se desgastan, el voltaje aumenta hasta que la balasta ya no puede mantenerlo. Es este el momento cuando termina la vida útil de la lámpara y ésta empieza a apagarse y a encenderse intermitentemente.

Existen pruebas de que las fuentes de sodio de alta presión duran más cuando se operan continuamente, o cuando se mantienen encendidas durante largos periodos, esto se debe a que los electrodos de las lámparas se sobrecargan durante el calentamiento, por lo tanto,

si las lámparas se mantienen encendidas durante periodos largos, se sobrecargan menos, ya que la vida normal de estas lámparas es de 24000 horas; resulta difícil obtener datos de prueba para verificar si existe un incremento real en su vida cuando permanecen encendidas en forma continua.

Este incremento viene acompañado por una mejor conservación de lúmenes, el valor de un sistema de iluminación no depende de la vida de las lámparas, sino del nivel de iluminación que éste produce; si el nivel de iluminación baja significativamente, es necesario limpiar y recolectar los luminarios. Como el nivel de iluminación inicial de un sistema se calcula previniendo una disminución, se justifica la reposición de las lámparas antes de que termine su vida útil, en el caso de las lámparas de mercurio, la reposición generalmente se hace antes de 24000 horas de funcionamiento.

El consumo en valores del sistema dependerá de la cantidad de luminarios que contenga y del consumo de cada una, si se opta por un programa de reposiciones espaciadas, inicialmente el sistema consumirá mucha energía de la que es necesaria. Una mayor conservación o un factor de depreciación menor se logran si se cambian las lámparas antes de su deterioro total. El punto de equilibrio ocurre cuando el ahorro de electricidad y el costo inicial del sistema compensan los costos mayores del programa de reposición de lámparas antes de que estén totalmente agotadas.

FALLAS DE LAS LAMPARAS.

La envoltura exterior de las fuentes de luz DAL está hecha de un cristal sumamente resistente al ataque de la mayoría de los agentes ambientales. Sin embargo, la cuerda del casquillo y el portafocos están más expuestas al daño por estos agentes, por lo que deben protegerse con luminarios específicamente diseñadas para esta situación.

Algunos fabricantes manufacturan luminarios diseñadas para utilizarse en lugares peligrosos, muchos portafocos tienen una depre-

sión en la cuerda que dificulta la colocación de la lámpara, si la lámpara no se asienta de manera adecuada dentro del portalámpara no puede hacer buen contacto; esto podría originar un arco entre la lámpara y el portafoco lo cual estropearía la lámpara.

Los portafocos están hechos de tal manera que sea difícil atornillar la lámpara con el fin de impedir que ésta se afloje por rozamientos o vibraciones. Desafortunadamente esto dificulta el cambio de lámparas con pèrtiga o garrocha, si la pèrtiga no sujeta con suficiente firmeza a la lámpara en el momento del cambio, ésta quedará mal conectada. Para sujetar firmemente una lámpara se requiere una torsión de 35 libras - pulgada. Algunas lámparas DAI pueden estropearse si reciben un fuerte golpe, lo cual es muy difícil que suceda a menos de que estén instaladas sobre una grúa en movimiento.

Si se rompe la bombilla exterior de una lámpara de mercurio ésta no se apagará a menos que el tubo del arco también se agriete o se desprendan los alambres alimentadores. Sin embargo, los bulbos de mercurio desnudos emiten rayos de luz de onda muy corta (rayos ultravioleta) que pueden causar quemaduras en la piel, conjuntivitis y otros padecimientos cutáneos y oculares, por lo tanto, si se rompe la envoltura exterior de una lámpara de este tipo hay que apagarla y esperar a que se enfíe y reemplazarla.

LUMINARIAS.

Las luminarias están diseñadas para desempeñar varias funciones, proporcionan conexión eléctrica a las lámparas, adaptan la lámpara y la balastra al medio ambiente aún cuando éste sea húmedo, corrosivo o peligroso y lo que es más importante, proporcionan una buena apariencia física y un patrón de distribución de la luz adecuado para el uso que se hará de la luminaria, debido a la gran variedad de necesidades que existen en el conjunto de iluminación, existen millares de diferentes luminarias en el mercado.

CLASIFICACIONES GENERALES.

En general las luminarias se pueden dividir en interiores o exteriores; ambos tipos se subdividen a su vez en fijas y en ajustables (dirigible al objetivo). Las luminarias fijas incluyen casi todas las que se utilizan en interiores, así como las de los postes de alumbrado público y las de poste elevado.

Las luminarias para interiores pueden utilizarse en exteriores siempre y cuando sean a prueba de las inclemencias del tiempo, las luminarias para exteriores pueden utilizarse en interiores con previa consulta con el fabricante. Las luminarias para exteriores normalmente están diseñadas para un ambiente con una temperatura máxima de 25 °C (77 °F). Cuando se utilizan luminarias para exteriores e interiores puede ser necesario utilizar una balasta separada para interiores en vez de la balasta integrada, debido a que un incremento en la temperatura de operación de las balastas podría reducir significativamente su vida.

CONTROL DE LA LUZ.

Las luminarias están diseñadas para controlar la distribución de la luz, por lo anterior es conveniente conocer los métodos que utilizan para controlar la luz.

Estos métodos están basados en las leyes de la reflexión y la refracción.

REFLEXION ESPECULAR.

Se aplica la ley de reflexión regular o reflexión especular cuando la luz cae o incide sobre una superficie plana y altamente pulida. Esta ley establece que el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia, como se puede observar en la figura V.5.

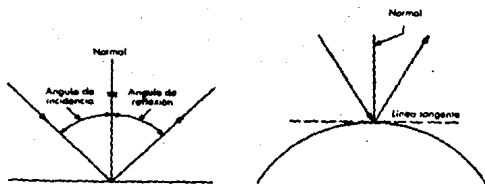


Fig. V.5

El ángulo del rayo incidente y el ángulo del rayo reflejado se miden desde una línea denominada normal, la cual es perpendicular a la superficie reflejante. Cuando la superficie reflejante es curva, el rayo incidente y el rayo reflejado forman ángulos iguales con la normal a la línea tangente trazada a través del punto de incidencia observándose también en la figura V.5.

REFLEXION DISEMINADA.

Si una superficie plana y pulida se hace áspera, rugosa o facetedada, por medio de ácidos o abrasivos, etc. sus características reflejantes se modifican, de esta manera la superficie se convierte en una multitud de superficies especulares minúsculas que reflejan la luz en diferentes direcciones. Esto tiene como resultado la difusión de los rayos de luz reflejados.

La cantidad de difusión depende de los materiales utilizados en contorno de la superficie y el método de acabado. En cualquier caso los rayos tienden a ser reflejados en direcciones cercanas a las líneas en donde ocurrirá la reflexión especular. Las superficies no metálicas constituidas de cristales pequeños de pigmentos de pinturas reflejan la luz de una manera difusa. Los rayos de luz

son reflejados en todas direcciones, independientemente de la dirección de la luz incidente.

REFRACCION.

Los materiales transparentes tienen diferentes densidades ópticas, cuando la luz pasa de una sustancia a otra y esta última es de mayor o menor densidad que la primera, el rayo penetra con diferente ángulo de inflexión u menos que el ángulo de incidencia sea el ángulo normal a la superficie.

El grado de inflexión depende de las densidades relativas de las dos sustancias, la longitud de onda de la luz y el ángulo de incidencia. La luz se quiebra hacia la normal cuando entra a un medio más denso, cuando entra a un medio menos denso se quiebra en sentido opuesto a la normal.

LAS PARTES DE UNA LUMINARIA.

Los reflectores son el medio más comúnmente utilizado para controlar la luz, pueden ser abiertos o estar cubiertos con un cristal transparente, un refractor o un difusor, con los cuales se tapa o se sella la luminaria. Estos también pueden contener celosías y visores, con los que se controla la luz dispensada.

Otras partes de las luminarias son: el portulamparas, la lula y la caja de conexiones, en ocasiones también contienen un control fotoeléctrico y algunos aditamentos para empaque y filtro, los cuales varían de acuerdo con el fabricante. En las figuras V.6 y la V.7 se muestran las partes de un reflector así como las de una luminaria industrial típica. Todas las luminarias tienen dispositivos integrados que permiten montarlas en su orientación normal.

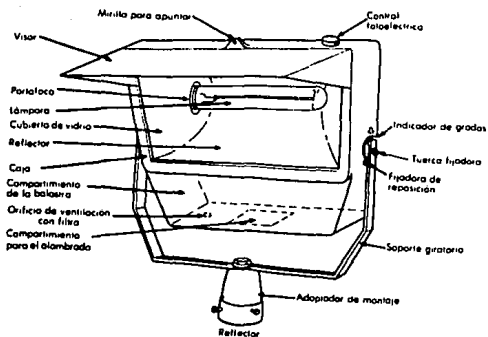


Fig. V.6

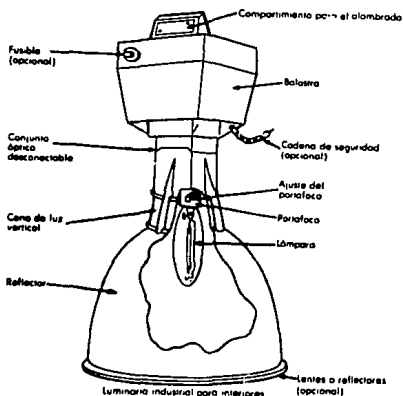


Fig. V.7

Existen numerosos accesorios de montaje que pueden adaptarse a la mayoría de los requerimientos. Las luminarias pueden venir ya alambradas y provistas con un cordón y clavija para facilitar su instalación y mantenimiento. Los reflectores están equipados con miras de apuntamiento y cuadrantes graduados que permiten dirigirlos hacia el lugar deseado.

Cualquier lámpara de descarga de alta intensidad requiere de un tipo especial de balastina. Existen fuentes de luz diseñadas para ser autobalastadas, pero la mayoría de ellas requieren balastras exteriores las cuales pueden instalarse dentro de la luminaria (pero fuera de la lámpara) o a cierta distancia.

MODIFICACIONES PARA AMBIENTES ESPECIALES.

Se pueden hacer pedidos de luminarias con modificaciones de fábrica, estas modificaciones tienen por objeto adaptar las luminarias a ambientes especiales. El diseñador debe tratar de averiguar todo lo que pueda al respecto a las condiciones ambientales que prevalecerán antes de elegir las luminarias.

AMBIENTES CORROSIVOS.

Si se van a utilizar luminarias en ambientes corrosivos, todos los tornillos, rivetes y partes troqueladas que queden expuestos deben ser de materiales resistentes a la corrosión o tienen que estar cubiertos con pinturas especiales, también los reflectores pueden necesitar protección especial.

AMBIENTES HÚMEDOS O POLVOSOS.

Las luminarias que se utilizan en lugares húmedos deben ostentar una etiqueta que certifique que fueron aprobados por los labora-

tonios de la asociación de aseguradoras. Estas luminarias tienen un sistema de empaques especial, este tipo de empaques no permite el paso del polvo ni del aire, así que las luminarias también pueden utilizarse en ambientes polvosos.

LUMINARIAS PARA TRABAJO PESADO.

Las técnicas que se utilizan para acondicionar luminarias para ambientes al mismo tiempo corrosivos, húmedos y polvosos requieren del uso de materiales y acabados resistentes a la corrosión así como de empaques especiales, colocados en todos los puntos en donde existe la probabilidad de que entre agua o polvo.

LUGARES PELIGROSOS.

Los lugares peligrosos son aquellos en los que existe peligro de incendio o explosión debido a la presencia de gases o vapores inflamables, partículas combustibles o fibras de fácil ignición.

La National Fire Protection Association publica el National Electrical Code (Reglamento Nacional de Electricidad) el cual define y clasifica los lugares peligrosos en clases, divisiones y grupos. El mencionado reglamento establece las características que deben tener los equipos que se van a utilizar en lugares peligrosos.

Ninguna parte del equipo que se utilice (luminarias, balastros y otras más) debe alcanzar una temperatura superior al punto de ignición del gas, vapor, polvo o fibra que esté presente, además no debe haber posibilidad de que se generen chispas. En el mismo reglamento se incluye una lista de las temperaturas máximas recomendables para los distintos materiales que se manejan en la industria, estas temperaturas máximas pueden restringir el wataje de las lámparas que se pueden utilizar en un ambiente particular.

RESISTENCIA DE LOS MATERIALES A LA CORROSION.

Los materiales que se utilizan en la iluminación industrial a veces están expuestos a sustancias químicas. Algunos materiales tienen excelente resistencia a algunas sustancias, pero rápidamente son dañadas por otras; los diseñadores deben conocer la naturaleza general de los materiales y su resistencia a las diversas sustancias químicas.

La resistencia que una luminaria tiene a los medios corrosivos depende del grado de concentración de la sustancia corrosiva, la temperatura y la humedad del aire. Otro factor es la frecuencia con la que los materiales son expuestos a estas sustancias y si son limpiados después de cada exposición. El tipo de recubrimiento o acabado que se haya aplicado a los materiales puede determinar su resistencia. En la tabla V.2 y V.3 se muestra el grado de resistencia que algunos materiales tienen a ciertas sustancias químicas.

Nota: Las tablas se localizan en el Anexo.

Esta resistencia a la corrosión está calculada a la temperatura ambiente como sigue: E = excelente, B = buena, M = mediana y D = deficiente. De acuerdo con esta clasificación las sustancias químicas tienen los siguientes efectos sobre los materiales:

E = Básicamente no los afectan.

B = Los afectan ligeramente pero es probable que los materiales durarán tanto como la unidad.

M = Los afectan moderadamente y con el paso del tiempo podrán causar problemas a la unidad.

D = Los dañan mucho lo cual significa que abreviarán significativamente la vida de la unidad.

Los materiales para reflector de la tabla V.2 incluyen aluminio "Alzak" (desarrollado por la Aluminium Company of America) y el cristal es aluminizado. Los datos también son aplicables al alumi-

nio de fundición, en la tabla V.2 y V.3 también se proporciona las propiedades de resistencia a las sustancias químicas de los refractores de cristal, acrílico y policarbonato así como información complementaria para las pinturas acrílicas y apóxicas. Estas pinturas tienen una resistencia a las sustancias químicas que va de buena a excelente, por lo que se suele utilizarlas en luminarias específicamente diseñadas para medios corrosivos.

DEPRECIACION DE LAS LUMINARIAS POR POLVO.

Uno de los factores más importantes que deben tenerse en cuenta durante la elección de luminarias y el diseño de la iluminación es la depreciación de las luminarias por polvo (DLP). Esto es sin embargo, muy difícil de calcular con precisión.

La depreciación de las luminarias por polvo se refiere a la disminución de la luminosidad que una luminaria presenta debido a la contaminación del ambiente en el que se encuentra instalada. Los valores para calcular la disminución en la producción de luz de una luminaria por este concepto los proporcionan los propios fabricantes. No obstante, la mayoría de estos utilizan criterios muy optimistas, parten del supuesto de que existirán programas regulares de mantenimiento, lo cual no siempre ocurre ya que en muchas plantas industriales se presta poca atención a la limpieza de las luminarias.

DISEÑO DE LAS LUMINARIAS.

Las luminarias de descarga de alta intensidad se pueden dividir a cuatro categorías ampliamente utilizadas en la industria. Algunos tipos de diseños son más susceptibles a la depreciación por polvo que otros. Como las luminarias sin tapa inferior no tienen protección contra polvo éste se acumula en el interior, directamente sobre la lámpara y el reflector.

Las luminarias con el fondo y la parte superior abiertos están sujetas a una corriente de aire continua, la cual es producida por el calor generado por la lámpara. El aire al circular arrastra y deposita el polvo sobre la lámpara.

Las luminarias con tapa y empaque están herméticamente selladas, de este modo el aire no puede penetrar al conjunto óptico, en estas luminarias el polvo sólo se acumula en la parte exterior del difusor o del refractor.

Algunos contaminantes pueden introducirse al interior de una luminaria sellada durante el proceso de "respiración" de ésta. En estos casos se recomienda utilizar luminarias con ductos de ventilación provistos de filtros, los cuales impedirán la introducción de partículas y polvo suspendidos en el aire.

CONDICIONES DE POLVO EN EL AMBIENTE.

Antes de asignar un porcentaje de depreciación por polvo, se deben conocer las condiciones de contaminación que prevalecen en el ambiente en el que se van a instalar las luminarias.

En la tabla V.4 se presentan cinco ambientes cuyo nivel de contaminación varía desde muy limpio hasta muy sucio. Esta es la clasificación de la Illuminating Engineering Society of North America con las siglas (IES).

Nota: La tabla se localiza en el Anexo.

TEMPERATURA AMBIENTE.

El equipo de iluminación se debe utilizar en la temperatura ambiente para la que fue diseñado. Si la luminaria se va a instalar en un ambiente excesivamente cálido o frío, se debe tener cuidado de elegir componentes que operen sin problemas en estas condiciones extremas. Los requerimientos de arranque para las fuentes DAI pue -

den ser afectadas por la temperatura, en tales casos se deben utilizar balastras especialmente diseñadas para la temperatura esperada, en condiciones extremas es conveniente la instalación remota de las balastras. Aún si las lámparas llegan a arrancar pueden sufrir daños en algunas de sus partes si están expuestas a temperaturas extremas, en general lo primero que falla es el capacitor porque es el componente más sensible a las variaciones de temperatura.

Algunos componentes plásticos pueden tener temperatura límite, más allá de las cuales se ablandan o se deterioran, se debe consultar a los proveedores antes de la elección definitiva de los materiales.

VIBRACION.

Todas las luminarias están expuestas a vibración, sin embargo, cuando están montadas en grúas, esta vibración se incrementa sustancialmente. Una vibración leve puede no tener efectos adversos sobre la vida de la balastro o la lámpara; no obstante una vibración intensa puede hacer que falle la lámpara, una vibración intensa también puede provocar la fatiga de la balastro y con esto provocarla finalmente que falle.

Si las luminarias se van a montar en lugares en donde estarán expuestas a vibración o golpes se debe utilizar ménsulas especiales ya que estas reducen la tensión en las conexiones, también puede optarse por montar la balastro en un conector flexible. Las ménsulas de montaje para los reflectores estándar están diseñadas para instalarse en lugares fijos, los reflectores pueden fallar si no se fijan adecuadamente. Cuando se vayan a montar reflectores sobre objetos móviles tales como grúas, es conveniente consultar previamente al fabricante para que recomiende las técnicas más adecuadas para el montaje.

Debe tenerse cuidado cuando se elijan postes sobre una base expuesta a vibración (por ejemplo, sobre un puente). En los postes montados en estas condiciones especialmente los de alumbrado público

co cuyos brazos son de 2 metros aproximadamente, el movimiento de la base puede llegar amplificando a las luminarias lo cual hace que falle el mecanismo del soporte.

SELECCION DE LAS LUMINARIAS.

Se debe hacer una selección tentativa de luminarias antes de empezar con los cálculos de la iluminación, la selección de luminarias está basada en varios factores como son: condiciones del medio ambiente, altura de montaje, dispersión del rayo de luz, ángulos de pantalla y la forma del reflector, así como las necesidades de sistemas auxiliares o de urgencia.

CONTAMINANTES DEL MEDIO AMBIENTE.

El medio ambiente en el que se instalarán las luminarias es un factor importante en la selección de éstas, los lugares peligrosos en donde existen vapores potencialmente explosivos o fibras y polvos fácilmente inflamables requieren equipo especial.

Los lugares húmedos o de atmósfera corrosiva también requieren luminarias especiales, la temperatura del ambiente también influye en la elección. Algunas balastras pueden fallar o bien, tienen un rendimiento bajo a temperaturas demasiado altas o demasiado bajas.

Si la luminaria va a estar expuesta a vibraciones o a impactos mecánicos, esto también debe tomarse en consideración, otro factor es el nivel de limpieza o contaminantes del lugar donde se utilizan siempre luminarias selladas y con filtro para disminuir las fallas cuando el ambiente es sucio.

ALTURA DE MONTAJE.

Algunas luminarias están diseñadas para utilizarse a bajas al-

lunas de montaje, esto es a menos de 7.6 metros (25 pies), otras luminarias están diseñadas para utilizarse en alturas superiores a los 7.6 metros. Estas pueden instalarse en las áreas muy altas divididas por secciones, Algunas de las luminarias clasificadas como de elevada altura de montaje se pueden utilizar para alturas más bajas o un poco menores.

DISPERSION DEL RAYO DE LUZ.

El grado de dispersión del haz luminoso varía entre las diferentes luminarias de descarga de alta intensidad (DAI), en la mayoría de los casos cualquier luminaria de una familia tiene las mismas características generales que las demás.

Las variaciones de dispersión del haz luminoso dentro de una misma familia de luminarias puede lograrse mediante cambios en la posición de la lámpara dentro del reflector. Por lo común se requieren dos o más tamaños de reflectores para abarcar todas las variaciones en los niveles de iluminación (bajos, medianos y altos) en las áreas divididas por secciones, generalmente si se coloca la lámpara a una distancia mayor del reflector se produce un haz más grande o más ancho.

CAPITULO VI

ENERGIA

CAPITULO VI

ENERGIA

INTRODUCCION.

La energía tiene un papel muy importante en la evolución de la humanidad. Es más fácil explicar para qué sirve la energía que tratar de definir su esencia, quizás esa sea la causa por la cual la definición más breve y común establezca que la energía es todo aquello capaz de producir o realizar algún trabajo, lo cual en última instancia no es sino la expresión de una relación física.

La evolución de la humanidad ha estado ligada a la utilización de la energía en sus distintas formas, sin lugar a dudas el descubrimiento del fuego, su producción y control marcan el primer acontecimiento importante en la historia de la sociedad; al correr de los siglos cada vez que el hombre ha encontrado alguna nueva fuente de energía o creado un procedimiento distinto para aprovecharla ha encontrado grandes avances. El aprovechamiento de la fuerza de tracción de los animales permitió el desarrollo de la agricultura; fue así como algunos pueblos nómadas se encontraron y establecieron las bases para el surgimiento de las antiguas culturas.

La utilización de la energía del viento mediante la invención de la vela dió un fuerte impulso a la navegación, al comercio y al intercambio de ideas entre los pueblos de la antigüedad; el empleo de la energía cinética de las corrientes de agua gracias a la rueda hidráulica, liberó al hombre de cantidad de tareas que requerían de un gran esfuerzo físico dando lugar a la creación de los primeros talleres y fábricas, remotos antecedentes de las modernas plantas industriales.

La invención de la máquina de vapor propició la transición del trabajo artesanal a la producción masiva, dando origen a una verdadera revolución social y económica a fines del siglo XVIII y princi

pios del siglo XIX. Los enormes avances de nuestra época han sido posible fundamentalmente, debido al uso de la energía eléctrica, al aprovechamiento del petróleo y más recientemente al empleo de la energía nuclear.

FUENTES NATURALES Y FORMAS DE ENERGÍA.

La energía térmica y calorífica desde luego, la fuente más importante de este tipo, es el Sol. Si todos los combustibles disponibles se quemaran para proporcionar a la Tierra el calor que diariamente recibe de este astro, en unos cuantos días se agotarían nuestras reservas. Los hidrocarburos y el carbón que en última instancia son producto de la energía solar, siguen al Sol en orden de importancia como fuentes de energía térmica que liberan al calor.

A pesar de que el carbón fue el primer energético empleado por el hombre, el petróleo y el gas natural se encuentran en vías de desaparecer debido a su explotación exhaustiva. Las reservas detectadas apenas garantizan su disponibilidad hasta los primeros lustros del próximo siglo, de acuerdo con las tareas actuales de incremento en su consumo.

La más moderna fuente de energía térmica es el núcleo del átomo, a principios de este siglo Albert Einstein postuló que todo el Universo es energía; que la energía y la materia son la misma cosa y que entre ambas existe una relación definida que puede expresarse en la fórmula siguiente:

$$E = mc^2$$

Un numeroso y selecto grupo de hombres de ciencia llevó a cabo los experimentos que culminaron con la fisión o ruptura de núcleos de átomo de uranio 235. Lograron que una pequeña parte de la materia se transformara en energía térmica y corroboraron la teoría de Albert Einstein. Gracias a esta propiedad el hombre dispone hoy de una importante de energía que le permite a corto plazo sustituir y

complementar a las otras fuentes.

LA PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA.

Gracias a que la producción de esta forma de energía es relativamente simple, el hombre ha contado con ella desde fines del siglo pasado, en efecto, se puede obtener energía eléctrica con sólo mover una serie de espiras de cobre (bobina) en el seno de un campo eléctrico producido por un imán. En las terminales de la bobina se genera un voltaje; si conectamos un foco a ellas veremos que su filamento se torna incandescente debido al paso de la corriente de los electrones.

Al conjunto que forma el campo magnético y la bobina se denomina "generador" y no es otra cosa que una máquina que transforma la energía mecánica, utilizada para mover la bobina en electricidad.

De acuerdo a lo anterior, para producir energía eléctrica es necesario disponer de un generador y suficiente energía mecánica para moverlo, de donde se desprende que la energía eléctrica no es más que energía mecánica transformada. Basándose en este principio, desde hace tiempo el hombre ha podido obtener gran cantidad de electricidad que requiere empleando agua almacenada en grandes presas para mover ruedas provistas de aspas llamadas turbinas hidroeléctricas, las cuales a su vez dan movimiento a los generadores.

Las centrales de este tipo se conocen como Centrales Hidroeléctricas y en nuestro País suministran aproximadamente el 35 % de la energía eléctrica que se consume.

TIPOS DE ENERGIA Y UNIDADES DE MEDICION.

Energía.

La capacidad para producir un efecto se denomina energía. Los efectos, incluso los pequeños como, un ruido tenue, el movimien

to de una partícula ligera, la producción de una onda, requieren de energía, la energía aparece en diversas formas y puede transformarse una en otra. Las unidades de energía corrientemente utilizadas en ingeniería son kilocaloría internacional y la British thermal unit (Btu). La kilocaloría se define como 1 / 860 del kilovatio-hora internacionales.

Es asimismo 1 / 100 de la cantidad de energía requerida para elevar la temperatura de 1 Kg. de agua desde 0 °C a 100 °C, la Btu se define como 1 / 180 de la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de 1 libra de agua desde 32 °F a 212 °F. Por razones de estandarización se estableció en 1929 por convenio internacional la relación siguiente:

$$1 \text{ (Btu / lb. } ^\circ\text{F)} = 1 \text{ (Kcal. / Kg. } ^\circ\text{C)}$$

Otra unidad de energía es kilográmetro (Kgm). Que es el trabajo efectuado cuando 1 Kgm, actúa a lo largo de una longitud de 1 m. La relación que liga la kilocaloría y el kilográmetro es:

$$1 \text{ kilocaloría} = 427 \text{ Kgm.}$$

Esta constante se denomina equivalente mecánico del calor o la constante de Joule y se designa el símbolo J .

Energía Cinética.

La energía cinética se simboliza (EC) y es la energía poseída por una masa debido a su velocidad. Toda masa en movimiento es capaz de producir un efecto, por consiguiente posee energía.

$$EC = (m V^2 / 2 g_c) \text{ Kgm.}$$

en donde:

$$m = \text{masa (Kg}_m\text{)}$$

V = velocidad (m / seg)

g_c = factor conversión de unidades.

Energía Potencial.

La simbolización de la energía potencial es (EP) y es la energía poseída por una masa cuando se halla sometida a la acción de un campo gravitatorio. Por ejemplo, una masa de 1 Kg. situada a una altura de 100 m. en un campo gravitatorio patrón posee una energía potencial de:

$$1 \text{ Kg}_f \times 100 \text{ m.} = 100 \text{ Kg m.}$$

Como quiera que el campo gravitatorio es el primero que se encuentra al tratar de la energía térmica, es costumbre considerar la energía potencial como el producto de la masa en kilogramos sobre un nivel de referencia.

$$EP = m \times Z \text{ (Kg m)}$$

en donde:

m = masa que origina la fuerza (Kg_f)

Z = altura (m)

Energía Interna.

La simbolización de energía interna es (U) y es la energía poseída por una masa debido a su actividad molecular. La energía se almacena en forma de energía cinética y potencial de las moléculas.

En caso de un gas perfecto la energía interna es únicamente función de la temperatura (Ley de Joule), en los gases reales, líquidos y sólidos la energía interna es proporcional a la temperatura; cuanto más elevada es la temperatura, más grande es la actividad molecular y más grande es a su vez la energía interna. La tempe

natura del cero absoluto se define a veces como aquél estado en el cual la actividad molecular es cero y como consecuencia también la energía interna, la energía interna se expresa en kilocalorías por unidad de masa.

SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE LA ENERGIA.

Actualmente en la mayor parte de las centrales eléctricas se genera la energía en gran escala, produciendo corriente alterna que se transporta con este carácter, incluso cuando se necesita atender a grandes consumos de corriente continua, como ocurre en las industrias de electrolisis, se genera casi siempre corriente alterna que se convierte en continua en el lugar en que se utilizará.

Una de las razones fundamentales que hacen que el suministro de la energía eléctrica se haga en forma de corriente alterna, es que los generadores de corriente alterna pueden construirse con altas velocidades de rotación y potencias nominales incluso de 200000 Kw. que son económicos tanto en su precio de venta por kilovatio, como en su sostenimiento, debido al proceso de conmutación, es en cambio difícil construir generadores de corriente continua de potencias nominales muy superiores a los 5000 Kw. que además, han de funcionar a velocidades reducidas lo que exige máquinas muy grandes y pesadas.

Otra razón de importancia para utilizar corriente alterna es la posibilidad de realizar elevaciones o disminuciones de tensión con alto rendimiento, mediante transformadores, lo que permite obtener las altas tensiones que son necesarias para efectuar de manera económica y eficaz el transporte de la energía y asimismo bajas tensiones del orden de los 2300, 600, 230 y 115 voltios, que se utilizan en los puntos de consumo.

La corriente continua ha de generarse a tensiones relativamente bajas y en dinamos de pequeña potencia, comparativamente y no existen procedimientos que permitan económicamente elevar la tensión para el transporte o reducirla para su utilización. En la ac-

tualidad no existen sistemas industriales en corriente continua de alta tensión. El sistema Thury de corriente continua de alta tensión funcionó en Francia durante algunos años pero fue abandonado en 1937.

Sistema Thury.

Hasta 1937 se utilizó en Europa para el transporte de tensión que llegaba hasta los 50000 voltios, obtenida conectando en serie varios generadores serie y transmitiendo a intensidad constante. La tensión aumenta con la carga y cada generador tiene dos colectores, uno en cada extremo del inducido; el potencial puede elevarse aproximadamente hasta los 5000 voltios por colector, la regulación se obtiene por medio de los inductores, la energía se utilizaba mediante motores serie conectados en serie con la línea en los puntos deseados.

Actualmente sólo se utilizan distribuciones en corriente continua en los barrios de un reducido número de grandes ciudades. Este sistema se emplea principalmente como extensión de redes que no pueden transformarse con facilidad en distribuciones con corriente alterna sin realizar gastos prohibitivos. Sin embargo, en estas mismas ciudades las nuevas extensiones de las redes se hacen ordinariamente con corriente alterna, empleándose generalmente redes de baja tensión.

En las distribuciones no muy actuales de energía eléctrica, la elección de corriente continua para las distribuciones en los lugares comerciales de las ciudades grandes, obedecía fundamentalmente a la importancia básica de garantizar la continuidad del servicio y la corriente continua permite el empleo de baterías de acumuladores de reserva que podían conservarse fácilmente y ponerse inmediatamente en servicio sin interrumpir el suministro.

Las baterías de acumuladores se pueden también utilizar como reguladores de la tensión. Los motores de corriente continua, además se adaptaban admirablemente para el accionamiento de los ascensores y de las máquinas que constituyen una parte importante de los

consumos de fuerza de las poblaciones. Otras ventajas de la corriente continua son la ausencia de efectos de inducción y de capacidad, que se producen con la corriente alterna, así como las pérdidas por corrientes parásitas en las cubiertas de los cables y del efecto Kelvin en los conductores subterráneos, lo que permite emplear conductores macizos de gran sección.

GENERACION Y TRANSPORTE DE LA ENERGÍA.

Casi toda la energía que actualmente se utiliza empleando la corriente continua se obtiene mediante aparatos convertidores a partir de las amplias distribuciones en corriente alterna. En la figura VI.1 se muestra este caso referido a una distribución típica, en la que no se han considerado los detalles como los aparatos de medida, interruptores y conmutadores.

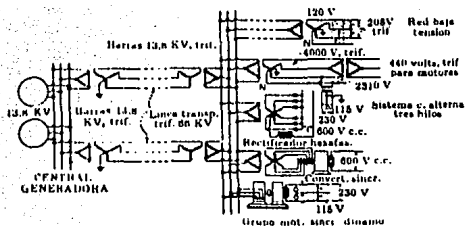


Fig. VI.1

La central generadora como se observa en la figura VI.1 puede ser térmica o hidráulica; dos generadores síncronos trifásicos acoplados en paralelo, suministran la energía a dos barrus a 13.8 KV, es decir (13800 voltios). La tensión se eleva mediante transformadores hasta 66 KV, para el transporte y en la subcentral se rebaja de nuevo a 13.8 KV, para su distribución.

La tensión de 66 KV, utilizada para el transporte, aunque es típica, se indica solamente a título de ejemplo, ya que se emplean normalmente otras como las de 110, 132, 164 y 220 KV, según la distancia a que ha de transportarse la energía, el costo y otros factores. Estos datos de tensiones se refieren a los normalmente utilizados en los Estados Unidos, España y otros más, las tensiones están normalmente especificadas fijándose sus valores aconsejables en los reglamentos correspondientes.

Como predominan actualmente las distribuciones con corriente alterna, se han indicado dos sistemas típicos de la misma a partir de la subcentral; la red de baja tensión en la que la tensión se rebaja desde los 13800 voltios a 208 / 120 voltios en sistemas trifásicos y cerca del centro de gravedad de las cargas, conectándose las lámparas y otros receptores a 120 voltios entre uno de los conductores activos del sistema trifásico y el neutro, para los motores trifásicos están a 208 voltios entre dos de las fases.

El segundo sistema de corriente alterna, la tensión de 13800 voltios se reduce a 4000 voltios y se distribuye en sistema trifásico. La tensión entre un hilo activo y el neutro es de 2310 voltios y los transformadores con relación de 10 u 1, conectados entre una fase y el neutro dan 230 / 115 voltios en un sistema trifásico.

Para el suministro a los motores, los transformadores reductores de tensión, se conectan entre fases a 4000 voltios y dan 230, 440 y 575 voltios en red secundaria trifásica, señalándose en la figura VI.1 el segundo caso. Hay también tres métodos normales para convertir la corriente alterna en continua. Los convertidores de mercurio de 6 ánodos rectifican la corriente alterna dando corriente continua a 600 voltios, después de haber reducido la tensión alterna al valor conveniente en transformadores.

La corriente continua a 600 voltios se utiliza ordinariamente para tranvías eléctricos o para procesos de electrolisis. También se incluye en la figura VI.1 un convertidor síncrono, máquina rotatoria que transforma la corriente alterna, una vez que se ha rebajado su tensión en transformadores hasta el valor conveniente es de cca., en corriente continua.

En la figura VI.1 se indica también que esta última es de 600 voltios, pero los convertidores síncronos se utilizan corrientemente para obtenerla a la tensión de 230 voltios. Finalmente se indica un grupo constituido por un motor síncrono, acoplado a un generador de corriente continua para la conversión de la corriente alterna en continua a 230 voltios. Aunque se emplean normalmente los tres sistemas, es más favorable la utilización del rectificador cuando ha de obtenerse corriente alterna a 600 voltios o más, debido a su mayor rendimiento y menor peso.

DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA.

El objeto de las figuras es ayudar al ingeniero en la interpretación de los sistemas de distribución. La figura VI.2 es una composición típica de un sistema de distribución de energía eléctrica en un edificio comercial o industrial.

Lo mostrado es solamente el conjunto de elementos necesarios para llevar a cabo la aplicación de energía eléctrica en forma segura y eficiente. El observador solamente podrá apreciar el sistema eléctrico y el equipo que lo forma, pues los cables y ductos desaparecen en el equipo y en los muros.

Las cajas metálicas no permiten apreciar los dispositivos eléctricos de su interior, por lo que es necesario el representar en un diagrama unifilar, como se puede observar en la figura VI.3

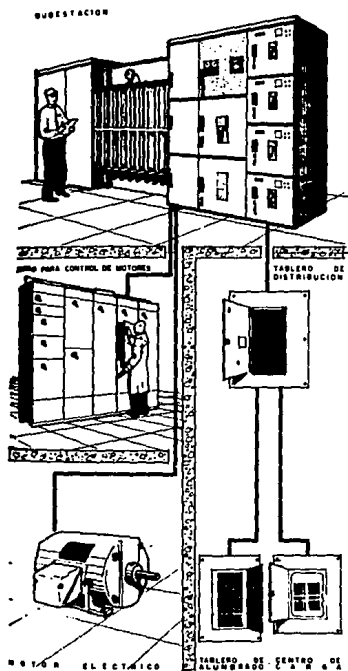


Fig. VI.2

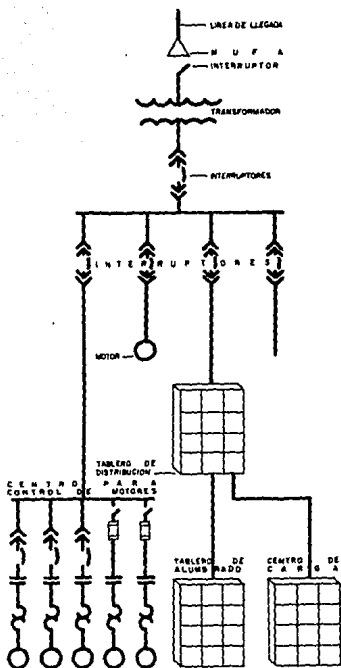


Fig. VI.3

Todos los tipos de alimentadores, número de fuentes de alimentación, tamaños de motores, niveles de voltaje o cualquier otro dato que sea necesario describir en el sistema eléctrico son de gran importancia, porque es evidente que la línea de llegada de la fuente de alimentación, en este caso es la mufa de la Compañía de Luz, que sigue a través de la subestación unitaria, en donde se encuentra un interruptor principal hasta llegar al transformador.

En el secundario del transformador (líneas de baja tensión) existen interruptores, los cuales alimentan a los diferentes equipos entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

De izquierda a derecha la primera alimentación es para un centro para control de motores, en el cual están combinados y agrupados todos los arrancadores para los diferentes motores.

La segunda alimentación es para un motor de gran potencia.

La tercera alimentación es para tableros de alumbrado y distribución, centros de carga, etc.

Todos los cables pasan a través de un ducto que va primero a un interruptor de seguridad cuyo objeto es proteger la línea, no obstante el diagrama define el arreglo de circuitos y el equipo en él empleado, no proporciona ninguna información cuantitativa como niveles de voltaje, tamaño de transformadores, motores o cualquier otra información descriptiva.

CAPITULO VII

*CONCLUSIONES
y
COMENTARIOS*

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

El desarrollo de un tema de tesis siempre presenta los obstáculos de búsqueda, selección y manejo de información.

El trabajo que presento es el resultado de una intensa investigación para la conservación de instalaciones eléctricas. De acuerdo al resultado de las investigaciones bibliográficas y de campo practicadas, se puede concluir que para el correcto diseño, construcción y puesta en servicio de una instalación debe considerarse:

- .) Que las características físicas, químicas y estructurales de una casa habitación, edificio comercial, fábrica, etc. son la base para la selección del equipo y materiales a utilizar en el área de trabajo.*
- .) Para una correcta instalación de los materiales y equipos, es indispensable apegarse a las recomendaciones de seguridad establecidas en el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas.*
- .) La atención de estos factores, permitirá una mayor seguridad y efectividad en las instalaciones, así como prevenir los posibles aumentos en la demanda de energía eléctrica a fin de proporcionar un mejor servicio al usuario.*
- .) Las instalaciones eléctricas deben cumplir con las normas legales señaladas en las leyes y reglamentos correspondientes vigentes en el País.*
- .) La participación de estas consideraciones en la elaboración de los proyectos, facilitará los trámites para la aprobación*

ción del proyecto, construcción y contratación del suministro de energía eléctrica.

- .) En materia académica sería recomendable la participación en la Carrera de Ingeniería, una disciplina que contemple la enseñanza del área de mantenimiento o conservación que afectan el desarrollo de la labor de los egresados, esto les permitirá iniciarse con mayor conocimiento de la realidad a la que se enfrentarán profesionalmente.*
- .) Es necesario que el egresado tenga los conocimientos adecuados para calcular el tiempo y el costo en la elaboración de una instalación eléctrica, esto se lograría enseñándole el aspecto técnico, a distinguir marcas, seleccionar equipos, valorar calidades, realizar cotizaciones, en fin, conocer el mercado de productos eléctricos.*
- .) Del conocimiento de los factores anteriormente citados, el egresado que se inicia profesionalmente sabrá valorar adecuadamente la prestación de sus servicios, por tanto, el nivel profesional de la carrera se elevará haciendo que el País y la Comunidad cuente con mejores ingenieros y hombres a su servicio.*

Espero que el trabajo de tesis que presento cumpla su objetivo entre los estudiantes de ingeniería y sea un útil elemento de trabajo en la difícil tarea de formarse y perfeccionarse como un auténtico profesional de la ingeniería.

A N E X O

ANEXO

El objetivo principal de este anexo es el de presentar algunas tablas de manera resumida como ejemplo, de las que se utilizan como guías de referencia para las instalaciones eléctricas.

La tabla I.1 se refiere a las dimensiones de los conductores eléctricos desnudos. Se establece el calibre, la sección del conductor y el diámetro. Esta primera tabla corresponde a las dimensiones de conductores con calibre de 20 hasta 0000 A. W. G.

La tabla I.2 se refiere a las dimensiones de los conductores eléctricos desnudos. Se establece el calibre, la sección del conductor y el diámetro. Esta segunda tabla corresponde a las dimensiones de conductores con calibre de 250 hasta 2000 A. W. G.

La tabla IV.1 se refiere a los restauradores tipo "R" y tipo "W" donde se indican los amperes nominales, los amperes mínimos de disparo y la capacidad interruptiva en amperes simétricos de los dos tipos de restauradores.

La tabla V.1 se muestra la vida nominal y el rendimiento en lúmenes de las lámparas de mercurio, de halógeno metálico y de vapor de sodio de alta presión. Se establece el tipo de lámpara, consumo (wataje), la vida en horas y los lúmenes iniciales.

La tabla V.2 se refiere a la resistencia a la corrosión de los materiales. Se establece el tipo de material, ácidos, bases, sales, gases húmedos, solventes, aceites y combustibles. Esta primera tabla corresponde al Aluminio, Alzak aluminio y al Cristal ligado a aluminio.

La tabla V.3 se refiere a la resistencia a la corrosión de los materiales. Se establece el tipo de material, ácidos, bases, sales,

gases húmedos, solventes, aceites y combustibles. Esta segunda tabla corresponde al Vidrio, Acrílico, Policarbonato.

La tabla V.4 se presentan cinco ambientes cuyo nivel de contaminación varía desde muy limpio, limpio, medianamente limpios, sucios y muy sucios.

TABLA I.1

Dimensiones de Los Conductores Eléctricos Desnudos.

CALIBRE	SECCION		DIAMETRO	
	A. M. U. M. C. M.	C. M.	M ²	PULG.
20	1022	0.9176	0.03196	0.812
18	1624	0.8232	0.04030	1.024
16	2583	1.3090	0.05062	1.291
14	4107	2.0810	0.06408	1.628
12	6530	3.3090	0.08081	2.053
10	10380	5.2610	0.1019	2.588
8	16910	8.3670	0.1285	3.264
6	26290	13.3030	0.1620	4.119
4	41740	21.1480	0.2043	5.189
3	52630	26.6700	0.2294	5.827
2	66370	33.6320	0.2576	6.543
1	83690	42.4060	0.2893	7.348
0	109900	53.4770	0.3249	8.252
00	133100	67.4190	0.3648	9.266
000	167800	85.0320	0.4096	10.403
0000	211600	107.2290	0.4600	11.684

TABLA I.2

Dimensiones de los Conductores Eléctricos Desnudos.

CALIBRE	SECCION		DIAMETRO	
	A. M. G. M. C. M.	C. M. MM ²	PULGS.	MM
250		126.644	0.575	14.605
300		151.999	0.630	16.002
350		177.354	0.681	17.297
400		202.709	0.728	18.491
500		253.354	0.814	20.675
600		303.999	0.893	22.682
700		354.708	0.964	24.685
800		405.160	1.031	26.187
750		379.837	0.998	25.349
900		455.805	1.093	27.762
1000		506.490	1.152	29.260
1250		633.063	1.289	32.741
1500		759.677	1.412	35.865
1750		886.286	1.526	38.760
2000		1012.901	1.631	41.427

TABLA IV.1

Restaurador Tipo "R" y Tipo "W".

RESTAURADOR TIPO "R"

Amperes nominales	Amperes mínimos de disparo	Capacidad interrupción en amperes simétricas		
		2.0 - 0.8	0.8 - 0.3	0.3 - 10.0 A1'
25	50	1500	1500	1500
35	70	2100	2100	2100
50	100	3000	3000	3000
70	140	4200	4200	4000
100	200	6000	5000	4000
140	280	6000	5000	4000
160	320	6000	5000	4000
185	370	6000	5000	4000
225	450	6000	5000	4000
280	560	6000	5000	4000
400	800	6000	5000	4000

RESTAURADOR TIPO "W"

Amperes nominales	Amperes mínimos de disparo	Capacidad interrupción en amperes simétricas		
		2.0 - 0.8	0.8 - 0.3	0.3 - 10.0 A1'
100	200	6000	6000	6000
140	280	8400	8400	8000
160	320	9600	9600	8000
185	370	11100	10000	8000
225	450	12000	10000	8000
280	560	12000	10000	8000
400	800	12000	10000	8000
560	1120	12000	10000	8000

TABLA V.1

Rendimiento de las Lámparas.

<i>Tipo de lámpara</i>	<i>Consumo (wataje)</i>	<i>Vida en horas*</i>	<i>Lúmenes iniciales</i>
Sodio de alta presión	50	24,000	3,300
	70	24,000	5,800
	100	24,000	9,500
	150	24,000	16,000
	200	24,000	22,000
	250	24,000	27,500
	310	24,000	37,000
	400	24,000	50,000
	1000	24,000	140,000
Mercurio	100	24,000 +	4,200
	175	24,000 +	8,600
	250	24,000 +	12,100
	400	24,000 +	22,500
	1000	24,000 +	63,000
Halógeno metálico	175	7,500	14,000
	250	10,000	20,500
	400	10,000	34,000
	1000	10,000	110,000
	1500	5,000	155,000

Material	Resistencia a					
	Ácidos*	Bases*	Sales*	Gases húmedos†	Solventes	Acritas y combustibles
Aluminio	D: Fórmico Clorhídrico Fluorhídrico Sulfúrico M-E: Todos los demás	B: Hidróxido de amonio D: Hidróxido de potasio o de sodio	D: Cloruro de amonio Sulfato de cobre Cloruro férrico Cloruro de magnesio Cloruro de mercurio Cloruro de níquel Sulfato de níquel Cloruro de potasio Hidróclorito de sodio Fosfato de sodio Cloruro de cinc Cloruro de calcio M-D: Todas las demás	D: Cloro M-E: Todos los demás	B-E	B-E
Altales aluminio	B: Graso D: Crómico Clorhídrico Fluorhídrico Nítrico Fosfórico Sulfúrico M: Todos los demás	M: Hidróxido de amonio D: Hidróxido de potasio o de sodio	M	B: Bióxido de carbono E: Disulfuro de carbono M: Todos los demás	E	E
Cristal ligado a aluminio	D: Fluorhídrico M-B: Crómico B-E: Todos los demás	B: Hidróxido de amonio M: Hidróxido de potasio o de sodio	B: Boro B-E: Algunas sales de sodio E: Todas las demás	E	E	E

Material	Resistencia a					
	Ácidos*	Bases+	Sales*	Gases húmedos	Solventes	Aeros y combustibles
	Materiales para refractor					
Vidrio	M-D: Fluorhídrico E: Todas las demás	M: Hidróxido de sodio o potasio E: Hidróxido de amonio	E	E	E	E
Acrílico	B: Acético Fórmico Clorhídrico Pírico E: Bórico Clórico Graso M: Todos los demás	B	E	M: Cloro B-E: Todos los demás	D-M	D: Fluido hidráulico (Fuert) B: Todos los demás
Policarbonato	B: Acético Fórmico Clorhídrico Pírico E: Bórico Clórico Graso M: Todos los demás	D	M: Algunas sales de sodio E: Todas las demás	D: Amoníaco M: Cloro B-E: Todos los demás	D-M	D: Fluido hidráulico (Fuert) B: Todos los demás

	<i>Muy limpios</i>	<i>Limpios</i>	<i>Mediamente limpios</i>	<i>Sucios</i>	<i>Muy sucios</i>
Polvo que se genera	Ninguna	Muy poca	Observable, pero no abundante	Se acumula rápidamente	Se acumula constantemente
Polvo en el ambiente	Ninguna (o ninguna entra al área)	Alguna (casi no entra nada)	Paste entra al área	Una gran cantidad entra al área	Invade toda el área
Limpieza o filtración del polvo	Excelente	Mejor que el promedio	Menor que el promedio	Sólo utilizando ventiladores o supletes	Ninguna
Adhesión	Ninguna	Ligera	Suficiente para ser visible después de algunos meses	Elevada; probablemente debido a aceites, humedad o electricidad estática	Alta
Ejemplos	Oficinas ejecutivas alejadas de la zona de producción; laboratorios; oficinas limpias	Oficinas en edificios viejos o cerca de las áreas de producción; locales de ensamble ligero; áreas de inspección	Oficinas de talleres; locales de procesamiento de papel; áreas de maquinado ligero	Áreas de tratamiento térmico; áreas de impresión a alta velocidad; procesamiento de caucho	Áreas similares a las sucias, pero las luminarias están expuestas directamente a la contaminación

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- .) *Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta Tensión.*
Gilberto Enriquez Harper
Limusa
- .) *Instalaciones Eléctricas I y II*
J. Ramírez Vázquez
Monografías CEAC de la Construcción
- .) *Máquinas Eléctricas*
Stephen J. Chapman
Mc Graw Hill
- .) *Máquinas Eléctricas*
George J. Thaler
Milton L. Wilcox
Limusa
- .) *Manual de Instalaciones Eléctricas (Residenciales e Industriales)*
Gilberto Enriquez Harper
Limusa
- .) *Sistemas de Iluminación*
Proyectos de Alumbrado
José Ramírez Vázquez
CEAC
- .) *Sistemas de Iluminación Industriales*
John P. Frier
Mary E. Gazley Frier
Limusa

- .) *Electric Energy Systems Theory*
Olle I. Elgend
Mc Graw Hill

- .) *Energía mediante Vapor, Aire o Gas*
W. H. Severns
H. E. Degler
J. C. Miles
Reventé

- .) *Tratado de Electricidad*
Corriente Continua
Chester L. Dawes
Gili