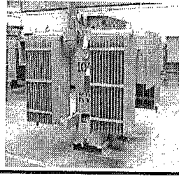
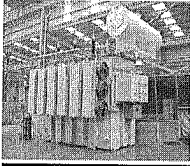


CURSO BASICO DE TRANSFORMADORES



Nombre _____

Índice

Conceptos básicos.

Electricidad y Magnetismo.....	1
¿Qué es la electricidad?.....	1
Campo Magnético.....	2
- Características de un imán.....	3
Energía Eléctrica.....	4
- Corriente eléctrica.....	5
- Corriente alterna y corriente continua.....	5
Generación de la electricidad.....	7
- Centrales hidroeléctricas.....	7
- Central nuclear.....	7
- Generador de vapor.....	8
- Mareomotriz.....	8
Transformadores. Definición de transformador.....	9
Principio de funcionamiento.....	10
Clasificación de los Transformadores.....	12
Partes principales de un Transformador.....	14
- Núcleo.....	14
- Devanados.....	16
- Sistema aislante.....	17
- Tanque.....	19
- Accesorios.....	20
Accesorios con salida SCADA.....	26
Normas y especificaciones para construcción y Pruebas.....	29
Normas oficiales Mexicanas.....	
- Comisión Federal de Electricidad.....	
- Pemex.....	
- Luz y Fuerza.....	
Normas Internacionales ANSI.....	30

ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

¿Qué es la electricidad?

Las primeras observaciones sobre fenómenos eléctricos se realizaron ya en la antigua Grecia, cuando el filósofo Tales de Mileto (640-546 a.C.) comprobó que, al frotar barras de ámbar contra pieles curtidas, se producía en ellas características de atracción que antes no poseían. Es el mismo experimento que ahora se puede hacer frotando una

barra de plástico con un paño; acercándola luego a pequeños pedazos de papel, los atrae hacia sí, como es característico en los cuerpos electrizados.

Sin embargo, fue el filósofo griego Theophrastus (374-287 a.C.) el primero, que en un tratado escrito tres siglos después, estableció que otras sustancias tienen este mismo poder, dejando así constancia del primer estudio científico sobre la electricidad. Comprobando que no todos los materiales pueden adquirir tal propiedad o adquirirla en igual medida. Se atraen, por ejemplo, una barra de vidrio y otra de ebonita. Se repelen, sin embargo, dos barras de vidrio o dos de ebonita.

La experiencia ha demostrado la existencia de dos clases distintas de electricidad: a una se le llama positiva (+) y a la otra negativa (-). En 1733, el francés Francois de Cisternay Du Fay fue el primero en identificar la existencia de dos cargas eléctricas: Positiva y Negativa.

Si antes de empezar las experiencias, se aproximan una barra de ebonita y a otra de vidrio, se comprobará que no existe electrificación ninguna, pues no hay ni atracción ni repulsión. De esta manera, se llega a la conclusión de que la electrización se produce por frotamiento y de que existe algún agente común que no se comporta de igual forma en ambos materiales.

Efectivamente, un tipo de partículas llamadas electrones abandonan en unos casos la barra, por acción del frotamiento, y otras veces abandona el paño para pasar a la barra. El exceso de electrones da lugar a cargas negativas, y su falta a cargas positivas.

Los electrones son idénticos para todas las sustancias (los de cobre son iguales que los del vidrio o la madera), siendo estas, las partículas más importantes de las que se compone la materia, ya que disponen de carga y movilidad para desplazarse por las sustancias. La diferencia entre dos materiales vendrá dada, entre otras cosas, por la cantidad y movilidad de los electrones que la componen.

A título de curiosidad, comentar que la masa de un electrón es de:

0'000000000000000000000000000000009106 Kg.

Los conceptos de carga y movilidad son esenciales en el estudio de la electricidad, ya que, sin ellos, no podría existir la corriente eléctrica.

En 1776 Charles Agustín de Coulomb (1736-1806) inventó la balanza de torsión con la cual, midió con

exactitud la fuerza entre las cargas eléctricas y corroboró que dicha fuerza era proporcional al producto de las cargas individuales e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

Por lo anteriormente expuesto, se puede afirmar que los electrones no se ven, pero podemos notar sus efectos: la electricidad.

De igual manera, podemos afirmar que en cualquier clase de material, se dan efectos eléctricos. Ahora bien, la materia es eléctricamente neutra y, en consecuencia, es necesario aplicar una energía externa que origine el desplazamiento de algunos electrones, dando lugar a fenómenos eléctricos.

Por lo tanto, la electricidad se puede definir como una forma de energía originada por el movimiento ordenado de electrones. Otros tipos de energía son la mecánica, calorífica, solar, etc.

Nociones Fundamentales

La electricidad y el magnetismo son fenómenos que observaban los antiguos griegos. La Electricidad la producían cuando frotaban un pedazo de ámbar el cual se electrificaba, atraía pedazos de paja. También supieron de las fuerzas magnéticas observando que la piedra magnetita (Fe_3O_4) era atraída por el hierro. En electricidad, se usan términos tomados del griego como la palabra eléctrico que proviene de elektron, palabra griega para ámbar. La palabra magnético proviene de Magnesia, nombre de la provincia griega donde por primera vez se encontró la magnetita.

La electricidad es un fenómeno físico originado por cargas eléctricas estáticas o en movimiento y por su interacción. Cuando una carga se encuentra en reposo produce fuerzas sobre otras situadas en su entorno. Si la carga se desplaza produce también fuerzas magnéticas. Hay dos tipos de cargas eléctricas, llamadas positivas y negativas. La electricidad está presente en algunas partículas subatómicas. La partícula fundamental más ligera que lleva carga eléctrica es el electrón, que transporta una unidad de carga. Los átomos en circunstancias normales contienen electrones, y a menudo los que están más alejados del núcleo se desprenden con mucha facilidad.

El fenómeno del magnetismo se conoce desde hace miles de años. Las manifestaciones conocidas más antiguamente son las que corresponden, primero, a los imanes, que se encuentran naturalmente en la forma de algunos depósitos minerales, como la magnetita. Posteriormente, probablemente los chinos, descubrieron el magnetismo terrestre, produciendo como resultado tecnológico la

invención de la brújula, y su posterior aplicación a la navegación marítima.

Nosotros comenzamos nuestro estudio siguiendo no el camino histórico, sino el desarrollo de la teoría en base a los campos magnéticos producidos por corrientes eléctricas, debido a que permite un enfoque unificador de los fenómenos magnéticos bajo un solo modelo teórico

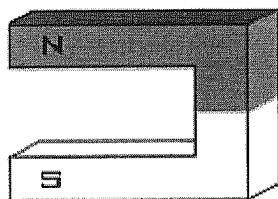
Una Máquina Eléctrica es un artefacto que puede convertir energía eléctrica en energía mecánica (trabajando como motor) o bien energía mecánica en energía eléctrica (trabajando como generador). Este tipo de máquinas puede convertir energía de una forma u otra por la acción de un campo magnético.

Anotaciones:

CAMPO MAGNÉTICO

La corriente eléctrica va siempre acompañada de fenómenos magnéticos. Este efecto de la corriente eléctrica desempeña una función importante en casi todos los

aparatos y máquinas eléctricas. Para una mejor comprensión de lo que es un campo magnético conviene realizar un análisis acerca del comportamiento de los materiales ferromagnéticos.



Algunos de estos materiales tienen características tales, que es posible convertirlos en imanes permanentes.

Características principales del imán:

- Efecto de fuerza (atrae el hierro y lo retiene)
- Efecto de orientación (se sitúan en dirección norte – sur)

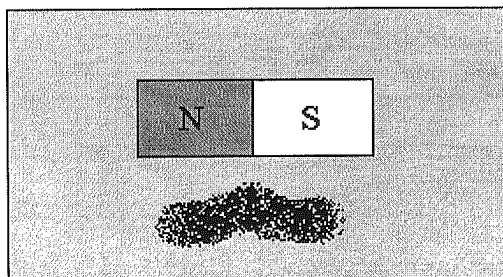
Los extremos del imán se denominan “polos” pues ellos ejercen las mayores fuerzas magnéticas.



Efecto de repulsión y atracción entre dos imanes

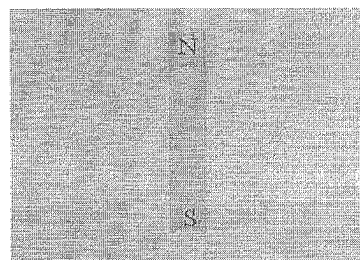
“Los polos iguales se repelen y los polos distintos se atraen”

Si se introduce un imán recto en un montón de limaduras de hierro, éste las atrae por efecto de fuerzas magnéticas, según la siguiente distribución:



Efecto de atracción entre un imán y pequeños trozos de hierro

El espacio en que actúan fuerzas magnéticas se denomina “campo magnético”, el cual está formado por líneas de fuerza. Estas líneas tienen directa incidencia sobre sus propios polos o sobre cualquier elemento ubicado dentro de dicho campo, de la siguiente manera:



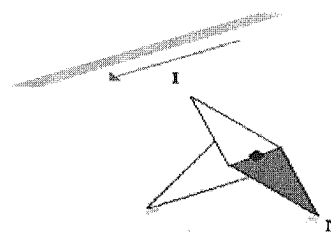
Distribución de campo magnético

Observación:

- Las líneas de fuerza son cerradas y se distribuyen de "norte a sur" por fuera del imán.
- Las líneas de fuerza son cerradas y se distribuyen de "norte a sur" por dentro del imán
- Todas las líneas de fuerza constituyen el flujo magnético.

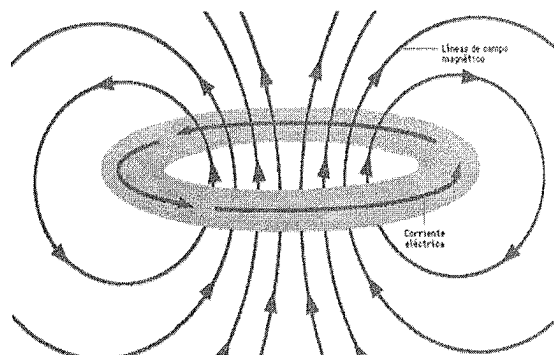
Un campo magnético también puede generarse a partir de la circulación de corriente por un conductor.

Experimento



La aguja de la brújula situada próxima al conductor se desvía producto de la circulación de una corriente.

“Conclusión”: “En las proximidades de un conductor por el que circula una corriente eléctrica se forma un campo magnético”.



Esquema de Líneas de Fuerza y de Campo Magnético

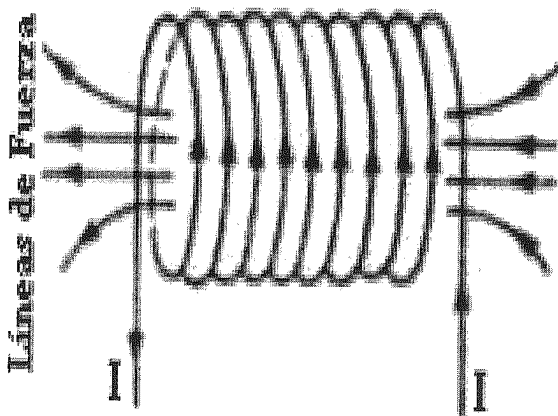
Líneas de fuerza (verde).

El conjunto de líneas de fuerza (verde) forman el campo magnético, que se establece alrededor de un conductor por el que circula una corriente eléctrica.

Características de las líneas de fuerza de un campo magnético:

- Nunca se cortan ni se cruzan.
- Emergen e inciden perpendiculares a su superficie.
- Son cerradas en sí mismas.
- Van de Sur a Norte por el interior del material ferromagnético.
- Van de Norte a Sur por el exterior del material ferromagnético.

Sentido de las líneas de fuerza :



Campo Magnético de una Bobina

La regla de la mano derecha permite comprender de manera simple los principales efectos asociados al campo magnético. El pulgar se coloca en la dirección de la corriente y los dedos restantes indican la dirección de las líneas de fuerza. Esto se puede ver claramente en la figura adjunta en donde a raíz de la circulación de una corriente, las líneas de fuerza toman su consiguiente distribución.

Anotaciones:

ENERGIA ELECTRICA.

Se ha dicho que las cargas eléctricas pueden moverse a través de diferencias de potencial. Naturalmente, deberán de hacerlo por medio de los conductores (excepto en el caso especial de las válvulas de vacío, pero también éstas están terminadas en conductores).

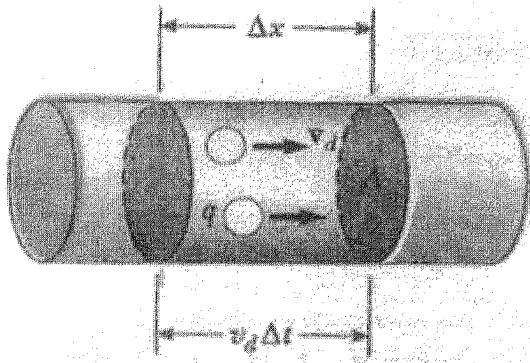
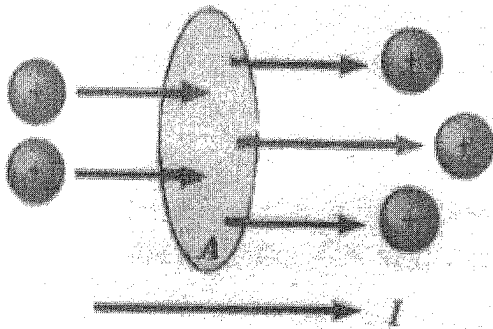
A este movimiento de cargas se le denomina corriente eléctrica. La causa que origina la corriente eléctrica es la diferencia de potencial. Las cargas "caen" del potencial más alto al más bajo. Las únicas partículas que pueden desplazarse a lo largo de los conductores, debido a su pequeño tamaño, son los electrones, que como se sabe, son cargas de signo negativo. Entonces, la corriente eléctrica se mueve desde el potencial negativo, que es la fuente de electrones, hacia el positivo, que atrae las cargas negativas. Esta circulación recibe el nombre de CORRIENTE ELECTRÓNICA, para distinguirla de la CORRIENTE ELÉCTRICA, que fluye al revés, de positivo a negativo. Este último acuerdo fue tomado en los principios de la electricidad, por considerar que las cargas "caen" de un

potencial más alto al más bajo, cuando se creía que eran las cargas positivas las que se desplazaban. En la actualidad, coexisten ambos criterios, uno real y otro ficticio. A la hora de resolver circuitos puede aplicarse uno u otro, ya que, tratándose de convenios, ambos dan el mismo resultado.

CORRIENTE ELECTRICA

Definición de corriente eléctrica

Siempre que se mueven cargas eléctricas de igual signo se establece una corriente eléctrica. Para definir la corriente de manera más precisa, suponga que las cargas se mueven perpendiculares a una superficie de área A , como en la siguiente figura. (Esta sería el área de la sección transversal de un alambre, por ejemplo).



Es evidente que no en cualquier circunstancia, circulará el mismo número de electrones. Este depende de la diferencia de potencial y de la conductividad del medio. Una forma de medir el mayor o menor flujo de cargas es por medio de la INTENSIDAD DE CORRIENTE (o también, simplemente, CORRIENTE), que se define como la cantidad de carga que circula por un conductor en la unidad de tiempo (un segundo). Según esto:

$$I = \frac{Q}{t} \quad \text{o} \quad Q = I \cdot t$$

La intensidad de corriente eléctrica se expresa en AMPERIOS que, por definición, es el número de culombios por segundo.

Los divisores más usuales del amperio son:

El miliamperio (mA) que es la milésima parte del amperio, por lo que: $1 \text{ A.} = 1.000 \text{ mA.}$

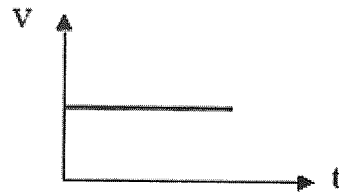
El microamperio (mA) que es la millonésima parte del amperio, por lo que: $1 \text{ A.} = 1.000.000 \text{ mA}$

CORRIENTE ALTERNA Y CORRIENTE CONTINUA

Hasta ahora se ha considerado que la corriente eléctrica se desplaza desde el polo positivo del generador al negativo (la corriente electrónica o real lo hace al revés: los electrones se ven repelidos por el negativo y atraídos por el positivo).

En una gráfica en la que en el eje horizontal se expresa el tiempo y en el vertical la tensión en cada instante, la representación de este tipo de corriente, que llamaremos CORRIENTE CONTINUA, es el de la figura 1, si el valor de la tensión es constante durante todo el tiempo.

Fig.1: Corriente continua



En la de la figura 2 si dicho valor varía a lo largo del tiempo (pero nunca se hace negativa)

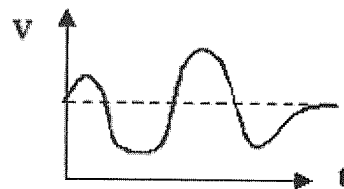
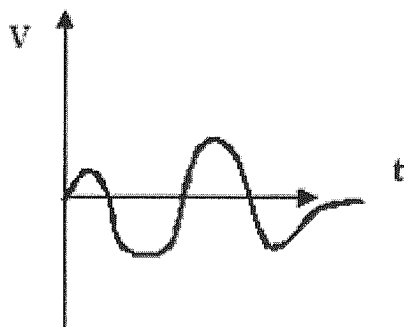


Fig.2: Corriente continua variable

Ahora bien, existen generadores en los que la polaridad está constantemente cambiando de signo, por lo que el

sentido de la corriente es uno durante un intervalo de tiempo, y de sentido contrario en el intervalo siguiente. Obsérvese que siempre existe paso de corriente; lo que varía constantemente es el signo (el sentido) de ésta.

Fig.3 : Corriente alterna



Naturalmente, para cambiar de un sentido a otro, es preciso que pase por cero, por lo que el valor de la tensión no será el mismo en todos los instantes. A este tipo de corriente se le llama **CORRIENTE ALTERNA**, y, por el mismo motivo, se habla de **TENSION ALTERNA**. La figura 3 muestra un ejemplo de corriente alterna.

La corriente continua se abrevia con las letras C.C.(Corriente Continua) o D.C. (Direct Current), y la alterna, por C.A. (Corriente Alterna) o A.C.(Alternated Current)

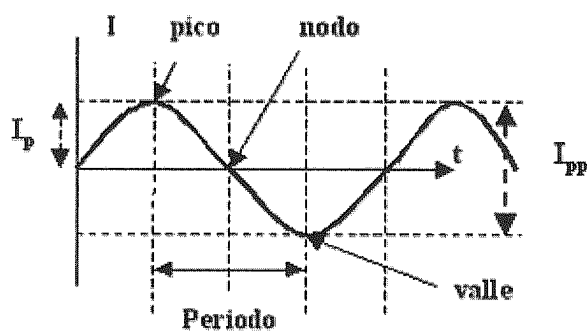


Fig.4: Corriente sinusoidal

El valor de la corriente en cada instante es el **VALOR INSTANTANEO**. el número de alternancias o ciclos que describe la corriente en un segundo se le llama **FRECUENCIA** y se expresa en c/s (ciclos por segundo) o

HERTZIOS (Hz). Los múltiplos más usuales del hertzio son:

KILOHERTZIO (KHz.) = 10^3 Hz. (1.000 Hz)

MEGAHERTZIO (KHz.) = 10^6 Hz. (1.000.000 Hz)

GIGAHERTZIO (KHz.) = 10^9 Hz. (1.000.000.000 Hz)

La frecuencia resulta ser la inversa del período:

$$f = \frac{1}{T} \quad \circ \quad T = \frac{1}{f}$$

Anotaciones:

GENERACION DE LA ELECTRICIDAD

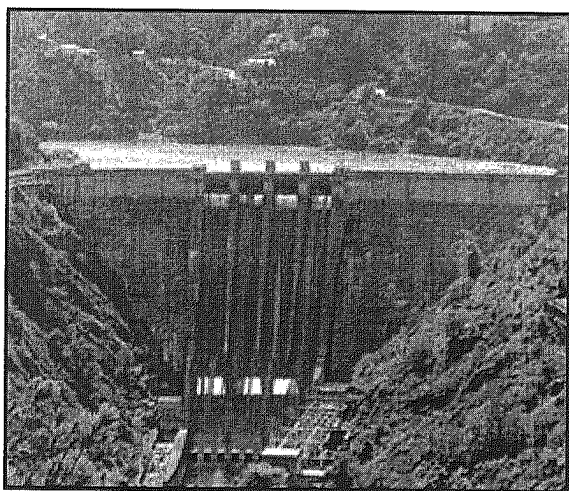
Centrales Hidroeléctricas

Las dos características principales de una central hidroeléctrica, desde el punto de vista de su capacidad de generación de electricidad son:

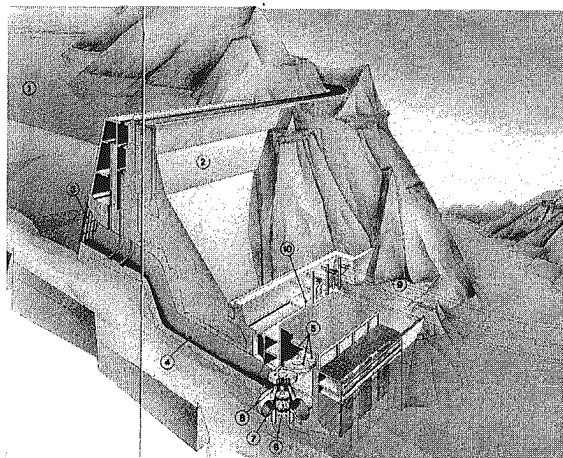
la potencia, que es función del desnivel existente entre el nivel medio del embalse y el nivel medio aguas abajo de la usina, y del caudal máximo turbinable, además de las características de la turbina y del generador

la energía garantizada, en un lapso de tiempo determinado, generalmente un año, que es función del volumen útil del embalse, y de la potencia instalada.

La potencia de una central puede variar desde unos pocos MW (megawatts), hasta 30 MW se consideran minicentrales. La Central hidroeléctrica mayor del mundo, hasta la fecha (2005), tiene una potencia instalada de 14.000 MW, sumando las 20 turbinas.



Planta Hidroeléctrica

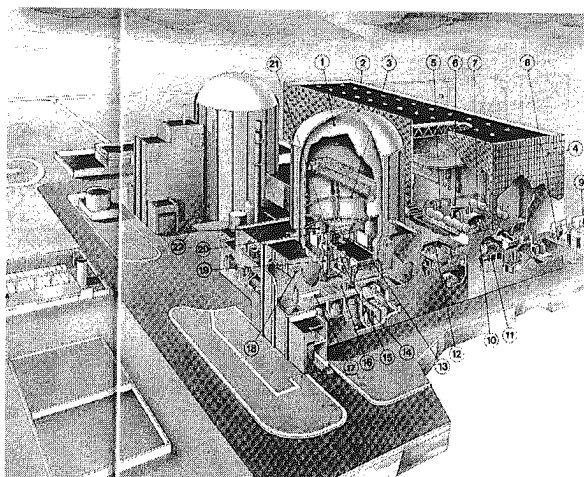


1. Agua embalsada
2. Presa
3. Rejas filtradoras
4. Tubería forzada
5. Conjunto de grupos turbina-alternador
6. Turbina
7. Eje
8. Generador
9. Líneas de transporte de energía eléctrica

Central Nuclear

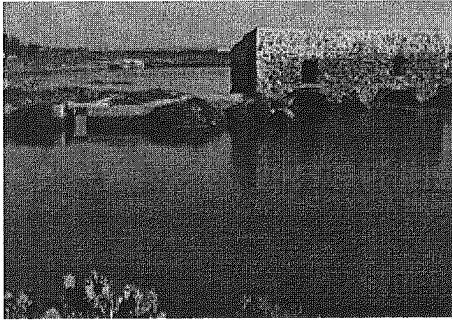
Una central nuclear es una instalación industrial empleada para la generación de energía eléctrica a partir de energía nuclear, que se caracteriza por el empleo de materiales fisionables que mediante reacciones nucleares proporcionan calor. Este calor es empleado por un ciclo termodinámico convencional para mover un alternador y producir energía eléctrica.

Las centrales nucleares constan de uno o varios reactores, que son contenedores (llamados habitualmente vasijas) en cuyo interior se albergan varillas u otras configuraciones geométricas de minerales con algún elemento fisil (es decir, que puede fisionarse) o fértil (que puede convertirse en fisil por reacciones nucleares), usualmente uranio, y en algunos combustibles también plutonio, generado a partir de la activación del uranio. En el proceso de fisión radiactiva, se establece una reacción que es sostenida y moderada mediante el empleo de elementos auxiliares dependientes del tipo de tecnología empleada.



1. Edificio de contención primaria
2. Edificio de contención secundaria
3. Tuberías de agua a presión
4. Edificio de turbinas
5. Turbina de alta presión
6. Turbina de baja presión
7. Generador eléctrico

sobre las masas de agua de los mares. Esta diferencia de alturas puede aprovecharse interponiendo partes móviles al movimiento natural de ascenso o descenso de las aguas, junto con mecanismos de canalización y depósito, para obtener movimiento en un eje. Mediante su acoplamiento a un alternador se puede utilizar el sistema para la generación de electricidad, transformando así la energía mareomotriz en energía eléctrica, una forma energética más útil y aprovechable. Es un tipo de energía renovable limpia.



Antiguo molino de mareas en Isla Cristina (Huelva)

La energía mareomotriz tiene la cualidad de renovable, en tanto que la fuente de energía primaria no se agota por su explotación, y limpia, ya que en la transformación energética no se producen subproductos contaminantes gaseosos, líquidos o sólidos. Sin embargo, la relación entre la cantidad de energía que se puede obtener con los medios actuales y el coste económico y ambiental de instalar los dispositivos para su proceso han evitado una proliferación notable de este tipo de energía.

Anotaciones:

TEORÍA ELEMENTAL

Durante el transporte de la energía eléctrica se originan pérdidas que dependen de su intensidad. Para reducir estas pérdidas se utilizan tensiones elevadas, con las que, para la misma potencia, resultan menores intensidades. Por otra parte es necesario que en el lugar donde se aplica la energía eléctrica, la distribución se efectúe a tensiones más bajas y además se adapten las tensiones de distribución a los diversos casos de aplicación.

La preferencia que tiene la corriente alterna frente a la continua radica en que la corriente alterna se puede transformar con facilidad.

La utilización de corriente continua queda limitada a ciertas aplicaciones, por ejemplo, para la regulación de motores. Sin embargo, la corriente continua adquiere en los últimos tiempos una significación creciente, por ejemplo para el transporte de energía a tensiones extra altas.

Para transportar energía eléctrica de sistemas que trabajan a una tensión dada a sistemas que lo hacen a una tensión deseada se utilizan los transformadores.

A este proceso de cambio de tensión se le "llama transformación".

• TRANSFORMADORES

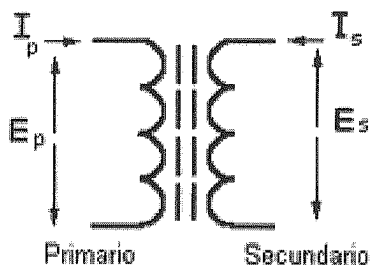
DEFINICION DE UN TRANSFORMADOR

El transformador es un dispositivo que convierte energía eléctrica de un cierto nivel de voltaje, en energía eléctrica de otro nivel de voltaje, por medio de la acción de un campo magnético. Esta constituido por dos o más bobinas de alambre, aisladas entre si eléctricamente por lo general y arrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferromagnético.

El arrollamiento que recibe la energía eléctrica se denomina arrollamiento de entrada, con independencia si se trata del mayor (alta tensión) o menor tensión (baja tensión).

El arrollamiento del que se toma la energía eléctrica a la tensión transformada se denomina arrollamiento de salida. En concordancia con ello, los lados del transformador se denominan lado de entrada y lado de salida.

El arrollamiento de entrada y el de salida envuelven la misma columna del núcleo de hierro. El núcleo se construye de hierro por que tiene una gran permeabilidad, o sea, conduce muy bien el flujo magnético.



Representación esquemática del transformador.

Si se aplica una fuerza electromotriz alterna en el devanado primario, las variaciones de intensidad y sentido de la corriente alterna crearán un campo magnético variable dependiendo de la frecuencia de la corriente. Este campo magnético variable originará, por inducción, la aparición de una fuerza electromotriz en los extremos del devanado secundario.

La relación entre la fuerza electromotriz inductora (E_p), la aplicada al devanado primario y la fuerza electromotriz inducida (E_s), la obtenida en el secundario, es directamente proporcional al número de espiras de los devanados primario (N_p) y secundario (N_s).

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

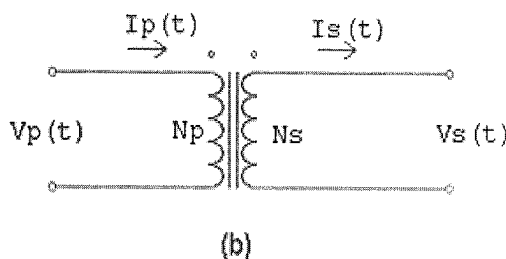
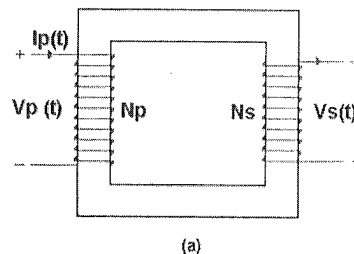
Esta particularidad tiene su utilidad para el transporte de energía eléctrica a larga distancia, al poder efectuarse el transporte a altas tensiones y pequeñas intensidades y por tanto pequeñas pérdidas.

Así, si el número de espiras (vueltas) del secundario es 100 veces mayor que el del primario, si aplicamos una tensión alterna de 230 Voltios en el primario, obtendremos 23000 Voltios en el secundario (una relación 100 veces superior, como lo es la relación de espiras). A la relación entre el número de vueltas o espiras del primario y las del secundario se le llama *relación de vueltas* del transformador o *relación de transformación*.

Ahora bien, como la potencia aplicada en el primario, en caso de un transformador ideal, debe ser igual a la obtenida en el secundario, el producto de la fuerza electromotriz por la intensidad (potencia) debe ser constante, con lo que en el caso del ejemplo, si la intensidad circulante por el primario es de 10 Amperios, la del secundario será de solo 0,1 amperios (una centésima parte).

TRANSFORMADOR IDEAL

Un transformador ideal es un artefacto sin pérdidas, con una bobina de entrada y una bobina de salida. Las relaciones entre los voltajes de entrada y de salida, y entre la corriente de entrada y de salida, se establece mediante dos ecuaciones sencillas. La figura 1 muestra un transformador ideal.



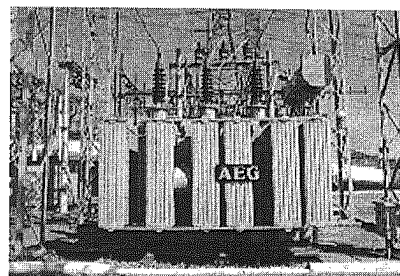
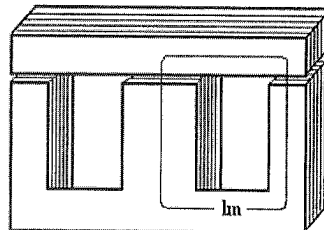
a) Esquema de un transformador ideal. b) Símbolos

Anotaciones:

Anotaciones:

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

Casi todos los sistemas importantes de generación y distribución de potencia del mundo son, hoy en día, sistemas de ca trifásicos. Puesto que los sistemas trifásicos desempeñan un papel tan importante en la vida moderna, es necesario entender la forma como los transformadores se utilizan en ella.



CLASIFICACION DE LOS TRANSFORMADORES

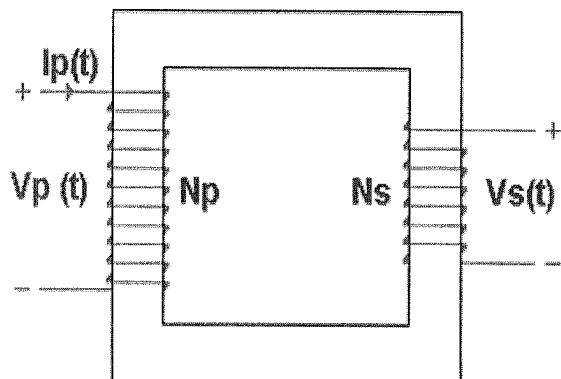
Número de fases. De acuerdo a las características del sistema al que se conectará en:

- Monofásico
- Trifásico.

Los transformadores para circuitos trifásicos pueden construirse de dos maneras. Estas son:

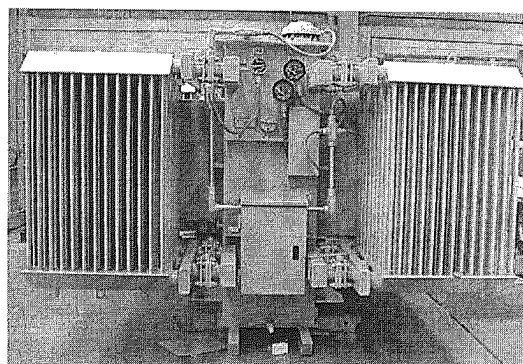
- a. Tomando tres transformadores monofásicos y conectándolos en un grupo trifásico.
- b. Haciendo un transformador trifásico que consiste en tres juegos de devanados enrollados sobre un núcleo común.

TRANSFORMADOR MONOFÁSICO

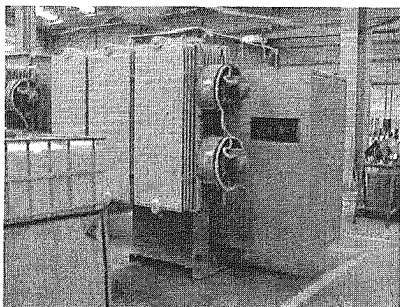


POR EL TIPO DE ENFRIAMIENTO

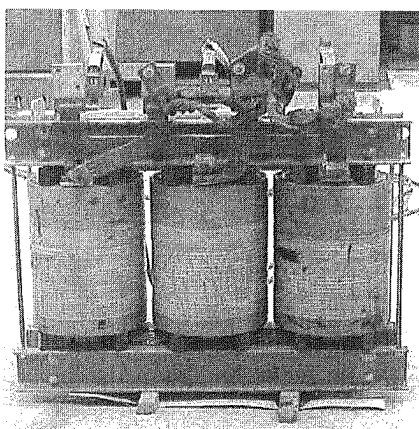
Sumergido en líquido aislante (ONAN)



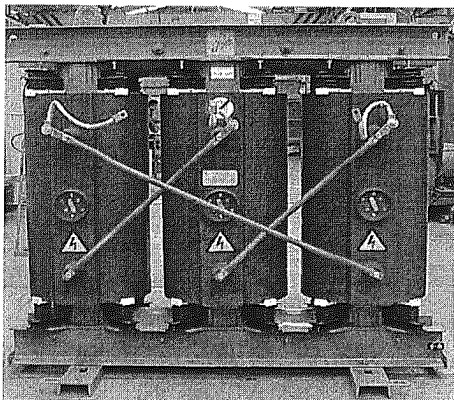
Aire forzado (ONAN/ONAF)



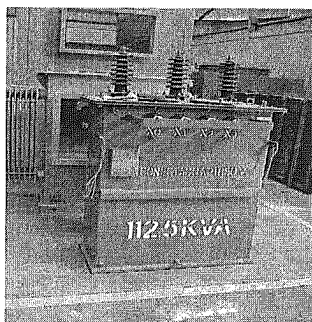
>TIPO SECO (AA)



TIPO ENCAPSULADO



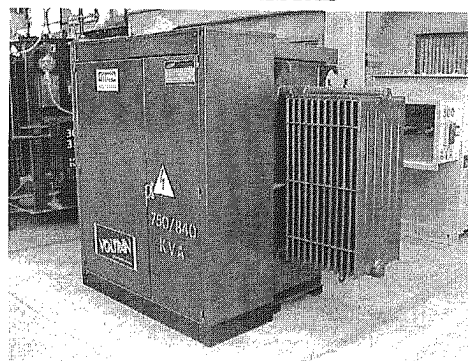
POR EL LUGAR DONDE SE INSTALANTIPO POSTE



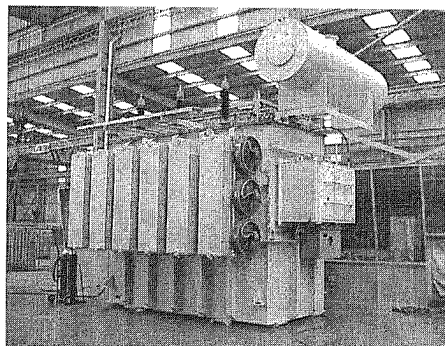
TIPO SUBESTACION



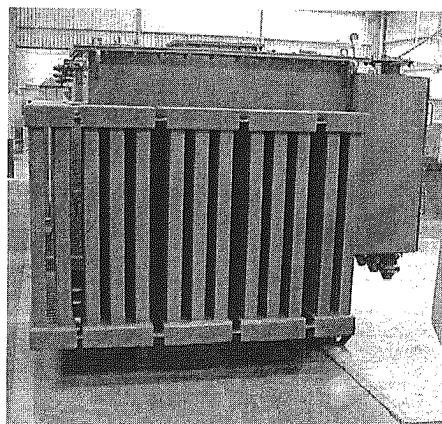
TIPO PEDESTAL



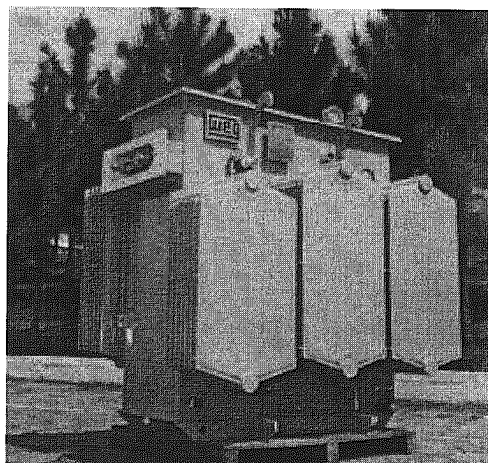
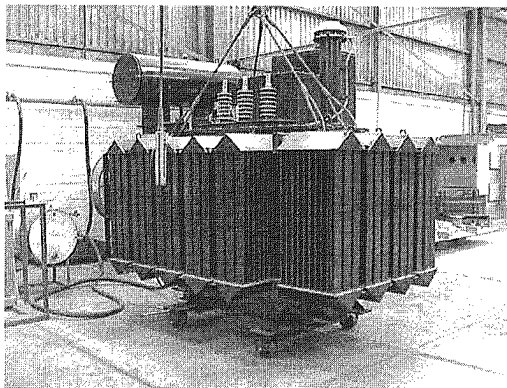
TRANSFORMADOR DE POTENCIA



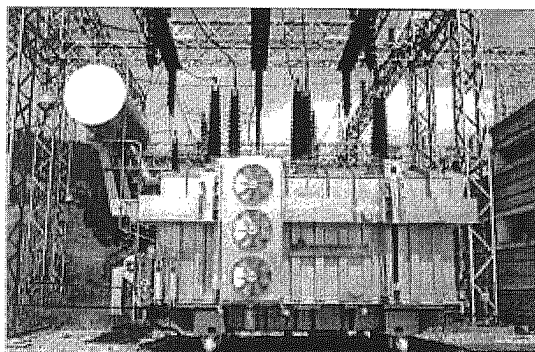
SUMERGIBLE



TIPO ESTACION



TRANSFORMADOR DE POTENCIA



PARTES PRINCIPALES DE UN TRANSFORMADOR

Las partes que componen un transformador son clasificadas en cuatro grandes grupos los cuales comprenden:

1. Circuito magnético (Núcleo).
2. Circuito eléctrico (Devanados).
3. Sistema aislante.
4. Tanque y accesorios

NÚCLEO (Circuito Magnético)

Descripción:

Se utilizan para sub-transmisión y transmisión de energía eléctrica en alta y media tensión. Son de aplicación en subestaciones transformadoras, centrales de generación y en grandes usuarios.

Características Generales:

Se construyen en potencias normalizadas desde 1.25 hasta 20 MVA, en tensiones de 13.2, 33, 66 y 132 kV. y frecuencias de 50 y 60 Hz.

Transformación de Distribución

Se denomina transformadores de distribución, generalmente los transformadores de potencias iguales o inferiores a 500 kVA y de tensiones iguales o inferiores a 67 000 V, tanto monofásicos como trifásicos. Aunque la mayoría de tales unidades están proyectadas para montaje sobre postes, algunos de los tamaños de potencia superiores, por encima de las clases de 18 kV, se construyen para montaje en estaciones o en plataformas. Las aplicaciones típicas son para alimentar a granjas, residencias, edificios o almacenes públicos, talleres y centros comerciales.

El núcleo de los transformadores está compuesto por laminaciones de acero al silicio de grano orientado, laminado en frío, con alta permeabilidad magnética y con recubrimiento aislante superficial para resistir una temperatura de 820°C, compatible con el líquido del transformador.

El tipo de núcleo es enrollado o tipo acorazado de 5 piernas para los transformadores trifásicos. Este tipo de núcleo con entrehierros escalonados, minimiza las pérdidas sin carga. Este tipo de núcleo es tratado térmicamente (en una atmósfera controlada) para revelar los residuos que pueden contaminar y ocasionar que la eficiencia del mismo sea menor.

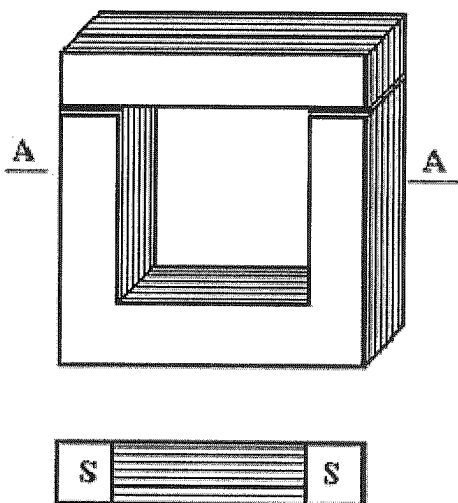
Es la parte componente del transformador que servirá para conducir el flujo magnético.

El circuito magnético se conoce comúnmente como **Núcleo**.

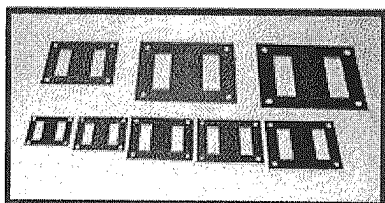
Existen 2 tipos de núcleos fundamentales de estructura del transformador ellos son el tipo núcleo y el tipo acorazado, los cuales se detallan a continuación.

· **Tipo núcleo:** este tipo de núcleo se representa en la fig.1, indicando el corte A-1 la sección transversal que se designa con S (cm²). Este núcleo no es macizo, sino que esta formado por un paquete de chapas superpuestas, y aisladas eléctricamente entre sí. Para colocarlas y poder ubicar el bobinado terminado alrededor del núcleo, se construyen cortadas, colocando alternadamente una sección U con una sección I. La capa siguiente superior cambia la posición I con respecto a la U.

Figura 1. Vista y corte de un núcleo tipo núcleo



Laminas de acero al Silicio



La aislación entre chapas se consigue con barnices especiales, con papel de seda, o simplemente oxidando las chapas con un chorro de vapor.

· **Núcleo tipo acorazado:** este tipo de núcleo es más perfecto, pues se reduce la dispersión, se representa en la fig.2, en vistas. Obsérvese que las líneas de fuerza de la parte central, alrededor de la cual se colocan las bobinas se bifurcan abajo y arriba hacia los 2 costados, de manera que todo el contorno exterior del núcleo puede tener la mitad de la parte central. Esto vale para las 2 ramas laterales como también para las 2 cabezas. Para armar el núcleo acorazado también se lo construye en trozos, unos en

forma de E y otros en forma de I, y se colocan alternados, para evitar que las juntas coincidan.

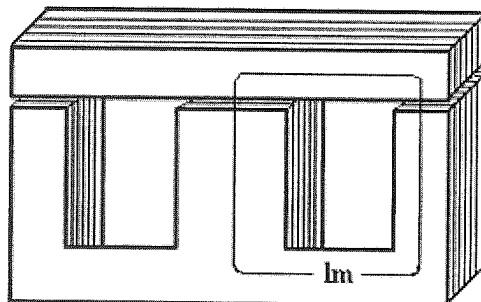
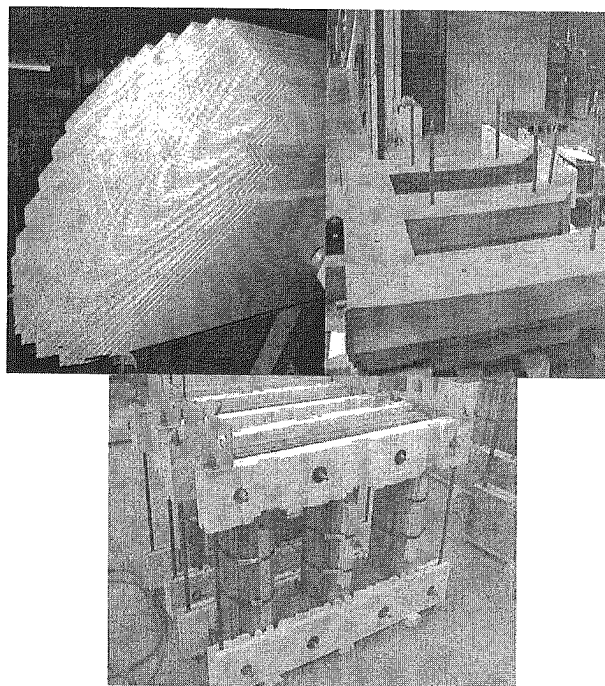


Figura 2. Vista de un núcleo tipo acorazado con indicación de la longitud magnética media.

El hecho que los núcleos sean hechos en dos trozos, hace que aparezcan juntas donde los filos del hierro no coinciden perfectamente, quedando una pequeña luz que llamaremos entrehierro. Obsérvese que en el tipo núcleo hay dos entrehierros en el recorrido de las fuerzas, y que el acorazado también, porque los dos laterales son atravesados por la mitad de líneas cada uno.



Ensamblado de Núcleos

Anotaciones:

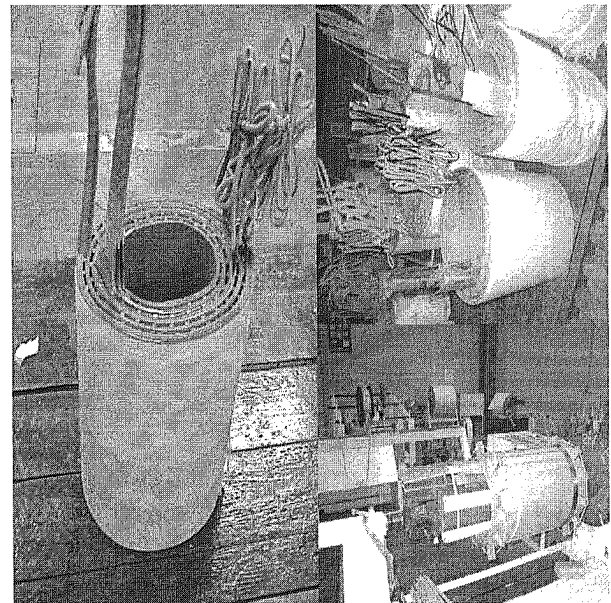
rectangular con un recubrimiento aislante de resinas de Polivinil formal modificado, las cuales les da un elevado punto de ruptura dieléctrica, así como una adecuada resistencia a la exposición del líquido aislante del transformador, tal que no se deterioren sus propiedades o contamine el líquido aislante. Estos conductores son de clase térmica 120°C.

Hay dos formas típicas de bobinados para transformadores los cilíndricos y planos. Los núcleo, con su forma, son los que determinan la elección de uno u otro tipo, salvo que se requieran propiedades especiales, como ser baja capacidad distribuida, para uso en telecomunicaciones u otros.

- a. Bobinado cilíndrico: este tipo se usa cuando el núcleo del transformador es del tipo núcleo.
- b. Bobinado plano: este tipo se usa cuando el núcleo del transformador es del tipo acorazado.

Los dos bobinados primario y secundario, rara vez se apartan en dos simples grupos de espiras, encimándolas; generalmente se apartan en dos partes o más envueltas una encima del otro, con el embobinado de baja tensión en la parte interna. Dicha conformación sirve para los siguientes propósitos.

- a. Simplifica el problema de aislar el embobinado de alto voltaje del núcleo.
- b. Causa mucho menos filtración de flujo, como sería el caso si los 2 embobinados estuvieran separados por alguna distancia del núcleo.
- c. Mejora la refrigeración.



DEVANADOS (Circuito Eléctrico)

El circuito eléctrico (Devanados) Los devanados o bobinados son la parte que compone los circuitos eléctricos.

- ☐ Son fabricados de cobre electrolítico de gran pureza
- ☐ Son aislados con varias capas de papel aislante especial

Las bobinas son fabricadas con lámina de aluminio o cobre en baja tensión y con alambre de sección redonda o

Armado de los Devanados

Anotaciones:

Materiales aislantes

En las bobinas es utilizado el papel tipo kraft de clase térmica 120°C con un recubrimiento de resina termofraguante en forma de rombos por ambos lados que proporciona máxima resistencia mecánica y dieléctrica. En el conjunto núcleo-bobina se utiliza cartón prensado de origen celulósico, que proporciona el aislamiento necesario entre los devanados y el núcleo.

También en utilizado el papel crepé, así como los tubos de crepé para aislar debidamente las puntas de las bobinas que se conectan a las boquillas o al cambiador de derivaciones. Estos aislamientos son compatibles con el líquido aislante del transformador sin que se alteren sus propiedades ni contaminen a éste.

Con el propósito de tener una máxima efectividad de los aislamientos y curar la resina contenida en el papel kraft de las bobinas, los ensambles núcleo-bobina se introducen en hornos modulares que operan con un ciclo de temperatura cuidadosamente controlada, logrando así ofrecer una alta resistencia a los esfuerzos mecánicos producidos por fallas de corto circuito que afecte al transformador.

Los sistemas de aislamiento usados en transformadores de potencia comprenden sistemas líquidos y sistemas gaseosos. En ambos casos se usa también algo de aislamiento sólido. Los sistemas líquidos incluyen aceite, que es el más usado, y askarel, que se usa para evitar la combustibilidad. Los sistemas gaseosos incluyen nitrógeno, aire y gases fluorados (por ejemplo, hexafluoruro de azufre). Los gases fluorados se usan para evitar la combustibilidad y limitar los efectos secundarios de defectos internos.

Líquido aislante

En los transformadores estándares de PROLEC GE es utilizado el aceite no inhibido de la destilación fraccionada del petróleo crudo, específicamente preparado y refinado para el uso en equipo eléctrico con tensiones nominales de hasta 400 KV de acuerdo a lo especificado en la norma NMX-J-123.

A solicitud del cliente, se puede utilizar aceite el tipo inhibido o líquidos aislantes sintéticos como el R-Temp, Envirottemp o el Silicón, utilizados estos últimos, en transformadores cuyo servicio requiere de elevadas temperaturas de inflamación para fines de seguridad de los equipos y las personas.

El aislamiento principal separa el devanado de alta tensión del devanado de baja tensión. Este aislamiento soporta la tensión más elevada y ocupa el espacio más limitado; por esta razón, generalmente funciona con las solicitudes más elevadas. Según la construcción, puede utilizarse el aislamiento de capas o el aislamiento de bobinas entre las distintas secciones de los devanados. El aislamiento de espiras se aplica a cada cable del conductor o a grupos de cables que formen una espira única.

SISTEMA AISLANTE

El sistema aislante. Este sistema aísla los devanados del transformador.

Se clasifica en dos grupos:

- **Sistema aislante líquido.** (aceite mineral, R'Temp, silicona, Beta)

□- **Sistema aislante sólido** (papel kraft, presspahn, papel diamantado, crepe, nomex, mylar, baquelita, cinta de fibra de vidrio, cinta de lino, maderas).

Transformadores con aislamiento de aceite. El bajo costo, la elevada rigidez dieléctrica y la posibilidad de recuperación aun después de estar sometidos a solicitaciones dieléctricas excesivas, hacen del aceite mineral el material aislante más ampliamente usado en transformadores. El aceite se refuerza con aislamientos sólidos de varias maneras. El aislamiento principal, generalmente presenta barreras de aislamiento sólido alternando con espacios con aceite. El esfuerzo sobre el aceite es del 50 al 100% superior que el esfuerzo sobre el aislamiento sólido, debido a la constante dieléctrica relativamente baja del aceite. Por consiguiente, la sollicitación del aceite limita la rigidez de la estructura. Los pequeños conductos de aceite pueden soportar sollicitaciones más altas que los grandes conductos. Así barreras sólidas, convenientemente espaciadas, permiten una mejor utilización del espacio.

El aislamiento entre bobinas adyacentes generalmente es sólido, para proporcionar un soporte mecánico y dar una rigidez dieléctrica relativamente elevada respecto a las tensiones transitorias elevadas de corta duración. El aislamiento sólido a veces se usa entre capas de un devanado o entre devanados.

El aislamiento sólido de gran espesor se usa en los terminales de alta tensión en zonas de concentración de esfuerzos dieléctricos. La constante dieléctrica relativamente elevada del material sólido hace que la sollicitación del sólido sea sólo la mitad o las dos terceras partes de la que habría si el aceite ocupara el mismo espacio.

La mayoría de materiales de aislamiento sólido usados en los transformadores de potencia son porosos, permitiendo eliminar, mediante el vacío, los gases y agua vaporizada, así como conseguir el relleno de todas las cavidades e intersticios con aceite. Cualquier pequeña cantidad de gas dejada inadvertidamente en el campo dieléctrico sufre una elevada sollicitación dieléctrica (dos veces la que tendría el aceite) debido a la baja constante dieléctrica del gas. Como el gas encerrado, además de estar sometido a esfuerzos dieléctricos elevados, tiene una rigidez dieléctrica baja como consecuencia se tiene una pérdida importante de rigidez dieléctrica.

Los materiales sólidos usados frecuentemente, incluyen el papel impregnado con aceite, el papel impregnado con resinas, el cartón prensado, el algodón, la madera tratada con aceite al vacío y los esmaltes.

Los transformadores con aislamiento de askarel tienen construcciones similares a los transformadores con aislamiento de aceite. La constante dieléctrica relativamente elevada del askarel ayuda a transferir los esfuerzos dieléctricos a los elementos sólidos. El askarel

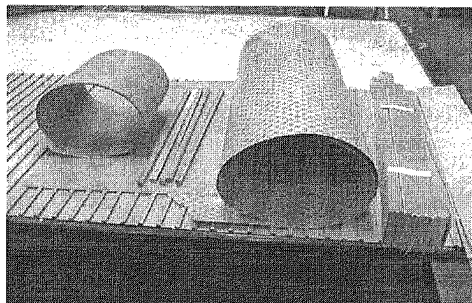
tiene una posibilidad limitada de recuperarse después de haber estado sometido a sollicitaciones dieléctricas excesivas y por ello la rigidez está limitada en campos eléctricos no uniformes. Los askarel se usan raramente por encima de las tensiones de funcionamiento de 34,5 kV. Los askarel son disolventes potentes y el material usado con ellos debe seleccionarse cuidadosamente, para evitar daño al material o contaminación del askarel.

Transformadores aislados mediante gases de flúor. Los gases de flúor tienen mejor rigidez dieléctrica y mayor capacidad de transferencia de calor que el nitrógeno o el aire. Tanto la rigidez dieléctrica como la capacidad de transferencia de calor aumentan con la densidad y los transformadores a base de gas flúor funcionan por encima de la presión atmosférica, en algunos casos hasta una presión calibrada de 3 atmósferas. El aislamiento de gas está reforzado con aislamiento sólido usado en forma de barreras, aislamientos de capa, aislamiento de espira y aislamiento de terminales.

Generalmente resulta económico hacer funcionar los transformadores con aislamiento de gas flúor a temperaturas más elevadas que los transformadores aislados con aceite. Entre los materiales aislantes sólidos adecuados, se incluyen el vidrio, el amianto, la mica, las resinas para temperaturas elevadas, la cerámica, etc.

La sollicitación dieléctrica sobre el gas es varias veces superior a la sollicitación sobre el aislamiento sólido adyacente, en serie, de la estructura dieléctrica. Se necesita un cuidado especial al proyectar para evitar someter el gas a sollicitaciones excesivas. Se ha usado el exafluoruro de azufre en transformadores con potencias nominales de hasta 25000 kVA y hasta 138 kV.

Los transformadores con aislamiento de nitrógeno y de aire están generalmente limitados a tensiones de funcionamiento de 15 kV y menores. Los transformadores con aislamiento de aire en sitios limpios, frecuentemente se ventilan a la atmósfera. En atmósferas contaminadas se necesita una construcción estanca y de ordinario se usa el nitrógeno a una presión aproximadamente igual a la atmosférica y a una temperatura de funcionamiento algo elevada.



Los materiales aislantes para el bobinado, o para colocar entre capas, son: papel barnizado, fibra, micanita, cinta impregnada, algodón impregnado, etc., para transformadores con bobinados al aire, y para los sumergidos en baños de aceite, se utilizan los mismos materiales sin impregnarse; debe evitarse el uso del caucho en los transformadores en baño de aceite, pues este lo ataca, y tiene efectos nocivos también sobre la micanita y aun sobre los barnices.

Las piezas separadoras entre bobinados, secciones, o entre estas y el núcleo pueden ser de madera, previamente cocida en aceite, aunque actualmente se prefieren los materiales duros a base de papel o similares (pentinax, etc.). Si se usa madera, no debe interpretarse como que se dispone de aislación, sino solamente de un separador.

En cuanto a los conductores para hacer bobinas, su tipo depende de la sección, pues hasta 6mm² pueden usarse alambre y más arriba de ese límite se usan cables de muchos hilos, o bien cintas planas, para facilitar el bobinado. La aislación para los conductores pueden ser algodón, que luego se impregnará si no se emplea baño de aceite. Para transformadores de soldadura que trabajan con tensiones muy bajas y corrientes muy fuertes, se suelen colocar las cintas de cobre sin aislación, pues la resistencia de contacto entre ellas es suficiente para evitar drenajes de corriente. Esta situación mejora aún debido a la oxidación superficial del cobre.

• EL TANQUE

Es la parte que contiene el conjunto núcleo bobinas en su interior así como el líquido dieléctrico refrigerante (en este caso aceite). Sirve como disipador del calor (conjunto de radiadores y ventiladores) generado por las pérdidas del transformador cuando este se encuentra en operación.

Como medio para colocar los accesorios que requiere el equipo

Tanque y gabinete

El material utilizado en la fabricación de los tanques y gabinetes es placa de acero estructural código ASTM-A-36 de primera calidad, el cual es preparado en máquina de corte, punzadoras, troqueladoras y dobladoras, los cuales son unidos posteriormente en un proceso de soldadura MIG.

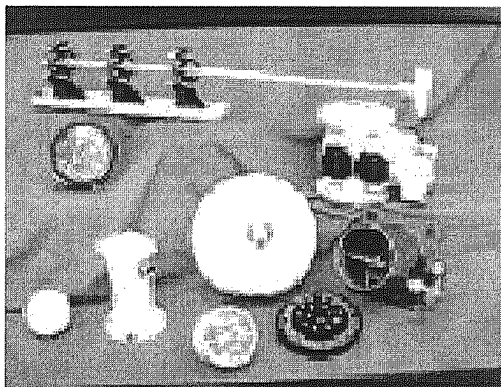
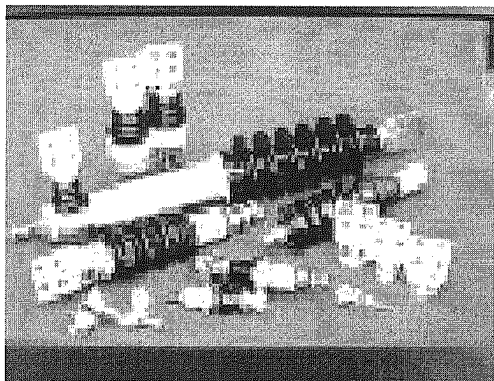
Adicional a lo anterior, generalmente es utilizado en el área de las boquillas de baja tensión, acero inoxidable según código AISI-304, para servir como medio diamagnético al paso de corrientes superiores a los 1000 A. PROLEC GE, cuenta con un sistema mecánico de preparación de superficie, utilizando el proceso de limpieza

por medio de balaceo de granalla angular, con el cual se obtiene el anclaje adecuado para la aplicación de los recubrimientos anticorrosivos y de acabado, los cuales consisten en varias capas aplicadas por aspersión.



Anotaciones:

ACCESORIOS

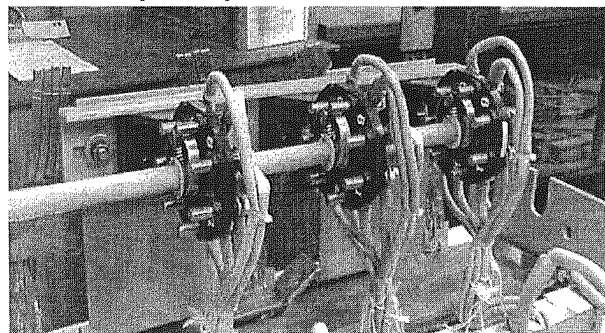


Los accesorios son dispositivos que el transformador necesita para su correcta operación y poder monitorear el comportamiento del mismo.

- Cambiador de derivaciones.
- Boquillas de alta y baja tensión.
- Indicador de temperatura (con o sin contactos de alarma)
- Indicador de nivel (con o sin contactos de alarma).
- Válvula de muestreo
- Válvulas de drene de aceite.
- Placa de datos.
- Radiadores.
- Válvula de sobrepresión.

Cambiador de derivaciones.

En una línea de alimentación, los valores de tensión nunca son constantes. Un cambiador de derivaciones, que aumenta o suprime espiras



(normalmente en el lado de alta tensión) para bajar o subir la tensión de salida del transformador dependiendo de los requerimientos de la carga. Siempre y cuando el cambiador se encuentre dentro del voltaje de alimentación.

Estos pueden ser de dos tipos:

Cambiador de derivaciones sin carga.

Cambiadores de derivaciones con carga

El primero se usa cuando la variación de tensión es poco frecuente y se ajusta únicamente cuando el transformador se encuentra desconectado de la red de alimentación. Este ajuste se lleva a cabo por medio de un dispositivo exterior operado manualmente (volante) o por medio de un dispositivo motorizado.

El segundo tipo de cambiadores se usa cuando la variación de tensión (regulación) debe hacerse sin interrupción del servicio (sin desconectar el equipo de la red de alimentación). Su operación puede ser manual o automática. Su construcción es más robusta y con más posiciones que un cambiador de derivaciones de operación sin carga de la misma clase de aislamiento.

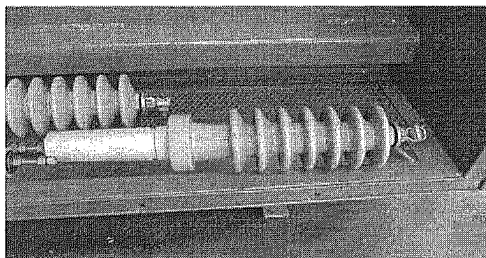
El cambiador de derivaciones bajo carga requiere de accesorios adicionales para su funcionamiento más eficiente y confiables, los cuáles son:

- 1.- Mando o motor
- 2.- Regulador automático de tensión
- 3.- Transformadores de corriente y de potencial
- 4.- Tanque conservador exclusivo para el cambiador
- 5.- Relevador Buchholz para el cambiador
- 6.- Indicador de posiciones remoto

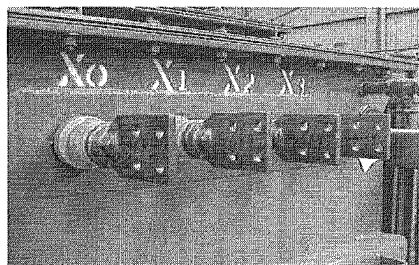
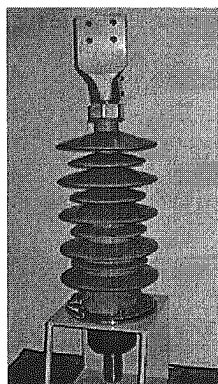
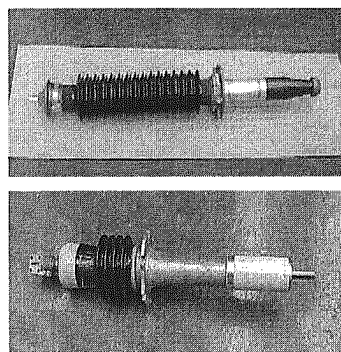
Anotaciones:

Boquillas de alta y baja tensión

Las boquillas o bushings son dispositivos que se utilizan para sacar las terminales del primario y del secundario del interior del transformador hacia el exterior.



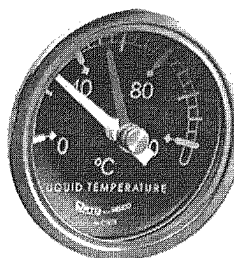
De acuerdo con la clase de aislamiento y potencia del transformador se utilizan boquillas de tipo sólido con o sin condensador (en aceite o resina).



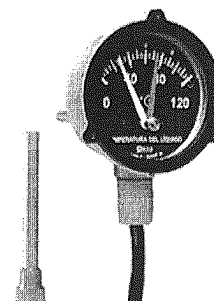
Indicador de temperatura del líquido (con o sin contactos de alarma)

Se utiliza para indicar la temperatura del nivel superior del líquido aislante del transformador. El indicador que tiene contactos de alarmas tiene microswitchs internos que pueden ser utilizados para el control de ventiladores, y/o iniciar o energizar una alarma. El indicador es montado en su bulbo sensor de temperatura en una capucha (termopozo), la cual está en contacto directo con el aceite del transformador y se asegura con una tuerca. La campana o termo-pozo es hermética al líquido, permitiendo de esta manera, retirar el termómetro sin bajar el nivel del líquido o romper el sello del transformador.

La calibración de la carátula está graduada en °C con una aguja blanca o amarilla para indicar la temperatura de líquido y una aguja roja (o de arrastre), para indicar la máxima temperatura que ha sido alcanzada en el líquido desde el último ajuste.



Sin contactos de alarma



Con contactos de alarma

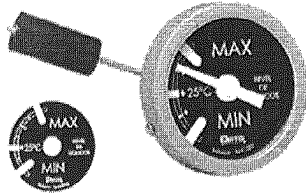
Anotaciones:

Indicador de nivel

Se utiliza para indicar el nivel del líquido dieléctrico, en el tanque principal del transformador y los compartimientos asociados.

Consiste de un brazo flotante y magnético por el lado donde se encuentra el líquido y un segundo magneto en la cara indicadora. La aguja indicadora se moverá cada vez que el líquido este en o abajo del nivel a 25 °C. Posee un microswitch normalmente cerrado y otro normalmente

abierto. Una leva montada en la flecha indicadora que opera los microswitchs cuando la aguja caiga a la marca de LOW en la carátula. Cuando el nivel del líquido aumenta la aguja indica el cambio, pero el microswitch no liberará la operación del micro hasta que el punto haya alcanzado de 5 a 10 grados arriba de la marca LOW.

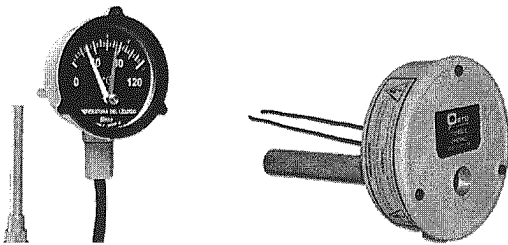


Sin contactos de alarma

Con contactos de alarma

Indicador de temperatura de los devanados

Se utiliza para indicar la temperatura del punto m'as caliente de los devanados.

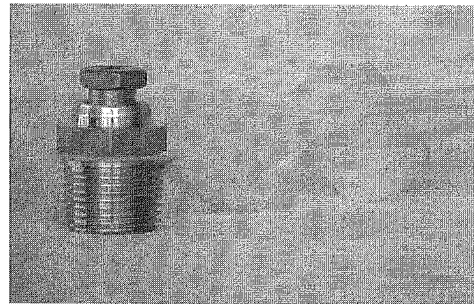


Anotaciones:

Anotaciones:

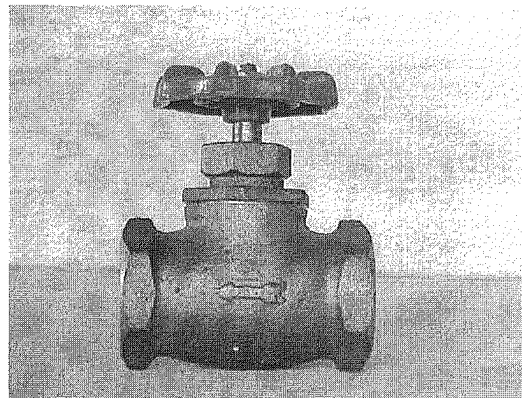
Válvula de muestreo

Se utiliza para sacar muestras de aceite y ser estudiadas para hacer un dictamen del estado del aceite y se coloca en la parte inferior al igual que la válvula de drene.



Válvula de drene de aceite

Esta sirve para efectuar el drenado del aceite del transformador en su parte inferior.

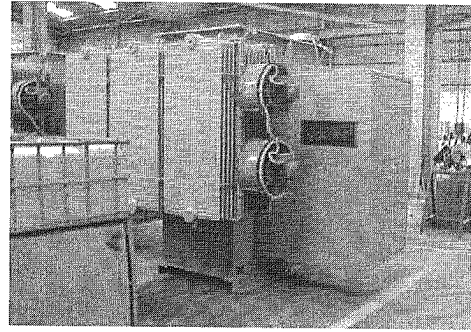
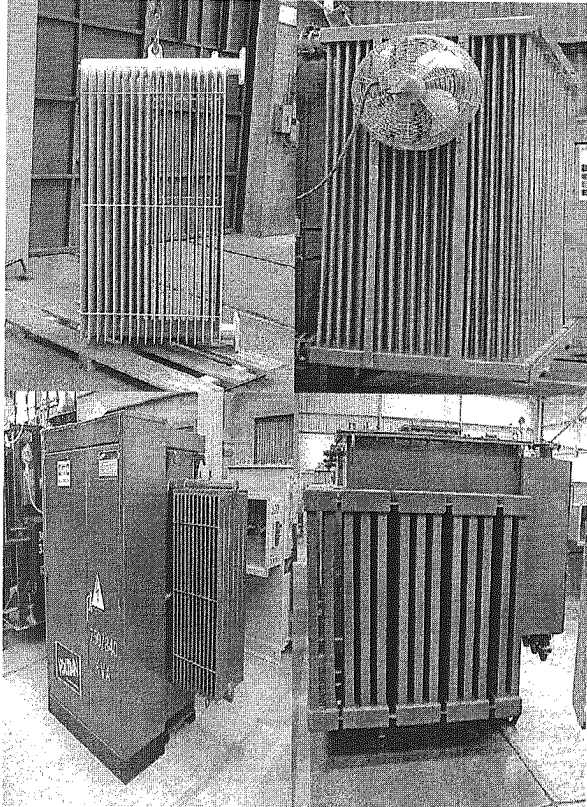


Radiadores

Los radiadores son una parte fundamental del transformador dado que por medio de estos y con ayuda de aceite, se disipa el calor generado por las pérdidas del

transformador. El número y dimensiones de estos se calcula de acuerdo con las pérdidas a disipar.

Los radiadores pueden ser de tipo tubular o de tipo oblea.



Anotaciones:

Ventiladores

Para atender potencias superiores durante horas de carga pico y periodos de emergencia, sin rebasar los límites de elevación de temperatura y en los devanados, el transformador se equipa con ventiladores. Por la acción de flujo de aire forzado, se obtiene una mejoría en el enfriamiento del aceite-aire, lo que permite disipar pérdidas mayores y consecuentemente en regímenes con potencias mayores a la potencia que suministra un transformador con enfriamiento natural. Con los ventiladores actuando sobre los radiadores, son posibles los siguientes métodos de refrigeración.

OA/FA Auto enfriado y enfriado por aire forzado

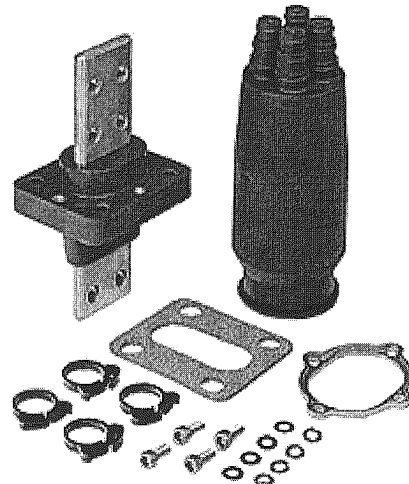
OA/FA/FOA Auto enfriado, enfriado por aire forzado y por aceite forzado

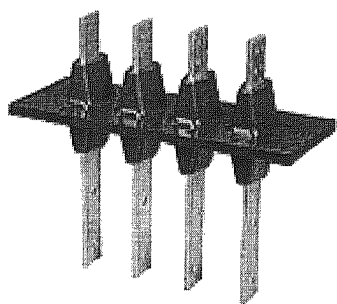
FOA Enfriado con aceite forzado y enfriadores con aire forzado

La operación de los ventiladores puede ser controlada automáticamente, con ayuda de sensores de temperatura con microswitches o en forma manual.

Pasa muros

Los pasa muros son un dispositivo de un material a base de una resina epóxica especial y sirven para pasar las terminales de los secundarios de los transformadores de corriente colocados en el interior del tanque del transformador hacia el exterior del mismo.





Transformadores de corriente

Los transformadores de corriente se utilizan para reducir los valores de corriente de utilización (normalmente) y como dispositivo de aislamiento. Los secundarios de estos dispositivos se conectan a: Amperímetros, relevadores de sobrecorriente, de protección contra fallas a tierra, elementos de corrientes de wattmetros y otros medidores, relevadores adicionales, diferenciales, de distancia y otros aparatos más.

Válvula mecánica

Válvulas de bloqueo para radiadores

Se colocan entre la pared del tanque principal en la parte superior e inferior (normalmente soldadas) y el cabezal superior e inferior del radiador, con la finalidad de que el transformador sin radiadores: Además, cuando se requiera mantenimiento en los radiadores en donde sea necesario retirarlos del tanque principal, sólo se bloquean las válvulas, se retira el aceite del radiador y se separa del tanque principal.

Anotaciones:

Equipo Inert-air

Este dispositivo se utiliza cuando:

Las unidades son embarcadas sin aceite y sirven para presurizar el tanque del transformador a una presión positiva; la cual, con la ayuda de un cilindro de nitrógeno dota al transformador de un sistema automático que evita la entrada de oxígeno, humedad y otros gases que podrían afectarlo. Cuando se usa en la preservación de aceite por el método de la cámara de nitrógeno, que consiste en sustituir el aire por nitrógeno y asegurar que cuando se necesita que haya absorción para prevenir un vacío excesivo, esta sea de nitrógeno. La presión alta expulsa en nitrógeno a través de la válvula reguladora. Además posee una serie de contactos de protección y de alarma.

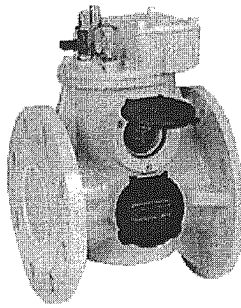
Aparta rayos

Los aparta rayos son dispositivos empleados para la protección de un transformador, conectados en las salidas del secundario o del primario, previniendo al equipo de transitorios originados por descargas atmosféricas (rayos directos o indirectos) o perturbaciones originadas en la red por ondas viajeras que emiten las maniobras de conexión y desconexión de equipos.

Anotaciones:

Relevador Buchholz

La presencia de gas al interno de un transformador aislado en aceite es siempre evidencia de una anomalía en el funcionamiento. El relé Buchholz tiene la función de recoger este gas al interno de la propia cámara y de enviare una señal de alarma y/o desenganche del transformador. El relé Buchholz desengancha el transformador cuando se manifiestan flujos de aceite a elevada velocidad, desde el transformador hacia el conservador.



Tanque conservador

Este accesorio es un depósito de expansión de lámina de acero, normalmente de forma cilíndrica o regular, soportando en la estructura del tanque principal por encima del nivel de la tapa. Este tanque se dimensiona para contener aproximadamente un 10% del volumen total de aceite del transformador, con lo que se hace frente sin problema alguno a la variación del nivel del aceite debido a dilataciones o contracciones, por variaciones de cargas.

Mantener constante el nivel del aceite. En efecto, el aislamiento interno del transformador se establece teniendo en cuenta la presencia del aceite aislante. Por consiguiente, resulta esencial que el tanque principal del transformador esté siempre lleno de aceite, a pesar de la dilatación o contracción del volumen de aceite en función de las variaciones de temperatura; esta dilatación o contracción quedan absorbidas en el depósito conservador, de tal forma que el nivel de aceite en el interior del tanque principal siempre permanezca constante. Mantener en el tanque principal a una presión positiva.

Actualmente se tienen tres modalidades para el tanque conservador.

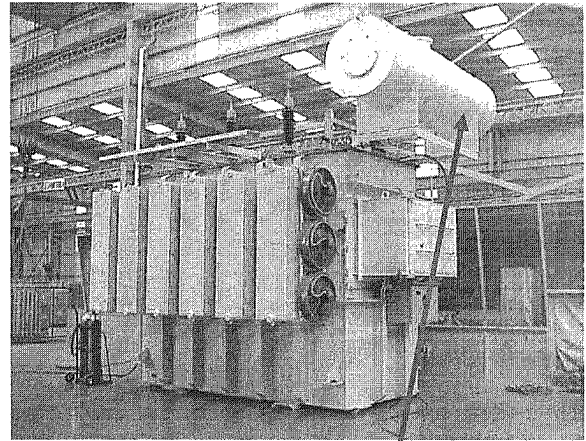
- 1.- Con respiración utilizando un depósito de silica-gel
- 2.- Cámara presurizada con nitrógeno, utilizando un equipo automático de regulación de presión.
- 3.- Con bolsa de neopreno

En el primer sistema, la cámara que queda sin aceite en el tanque conservador está a la presión atmosférica y en contacto con el medio ambiente por medio de un deshidratador de silica-gel que será el conducto regulador de los cambios que ocurran en la cámara del tanque conservador, provocados por los cambios de carga del transformador. Esta regulación se efectúa jalando o expulsando aire a través de deshidratador de silica-gel. De esta manera, la única parte que se encuentra en contacto con la atmósfera es la cámara de dicho tanque y no el aceite del tanque principal.

El segundo sistema, la cámara que queda sin aceite se llena con gas nitrógeno de tal manera que el sistema queda

completamente aislado de la atmósfera. Por lo general se utiliza para regular la presión en la cámara un equipo Inert-air.

El último sistema utiliza una bolsa de hule sintético la cual no se deteriora al contacto con el aceite aislante, se coloca en el interior del tanque conservador sirviendo de barrera entre el aceite de este tanque y la atmósfera.



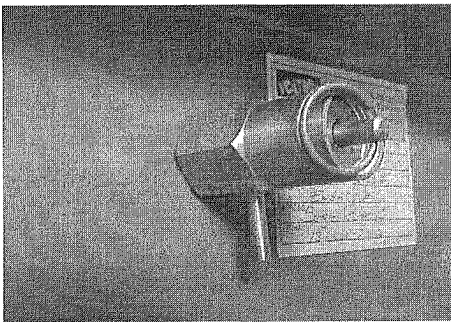
Tanque conservador

Anotaciones:

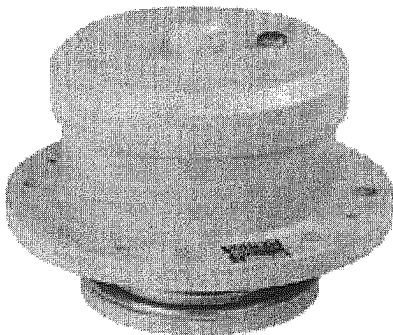
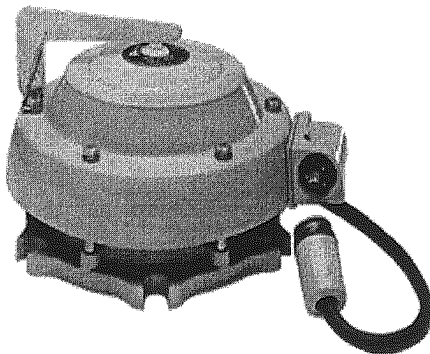
Válvula de alivio de sobrepresión.

Este accesorio se monta en la cubierta del transformador y está diseñado para liberar presiones peligrosas las cuales se pueden generar dentro del tanque del transformador. Cuando una presión determinada es excedida, una reacción de presión levanta el diafragma y desahoga el tanque del transformador.

La presión anormal seguida de un arco, es a menudo suficiente para romper el tanque, si no se instala una válvula de alivio de sobrepresión. Se suministran con contactos y sin contactos para mandar normalmente señales de disparo.



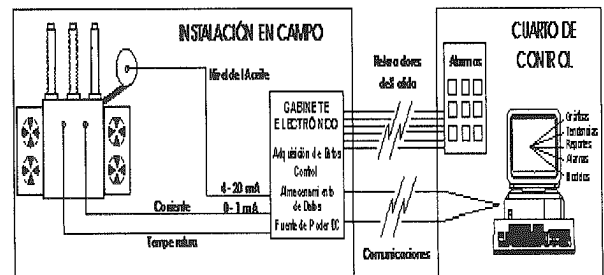
Válvula de alivio (distribución)



Válvula mecánica

Anotaciones:

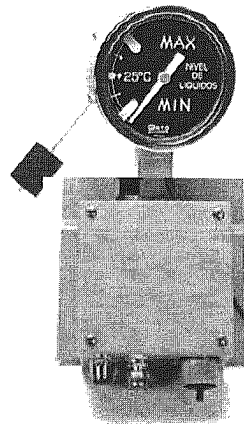
ACCESORIOS CON SALIDA SCADA



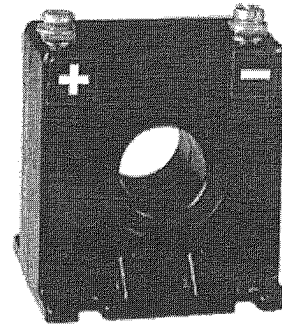
Indicador de nivel

Salida:

0 – 1 mA
4 – 20 mA
0 – 5 V.



4 – 20 mA
0 – 5 V.



RTD (Resistive Temperature Device)

Indicadores de:

Temperatura del líquido.
Temperatura del devanado.
Temperatura ambiente.

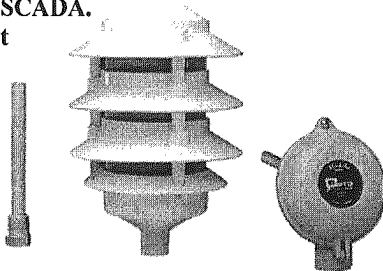
Con salidas SCADA.

100 Ohms Pt

10 ohms Cu

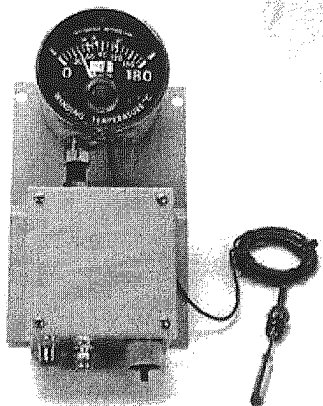
4 – 20 mA

0 – 1 mA



Indicador de temperatura de los devanados. Salida:

0 – 1 mA
4 – 20 mA
0 – 5 V.



Sistema de monitoreo en línea. Las comunicaciones pueden ser:

RS 232 / RS 485

Ethernet

Modem

USB.

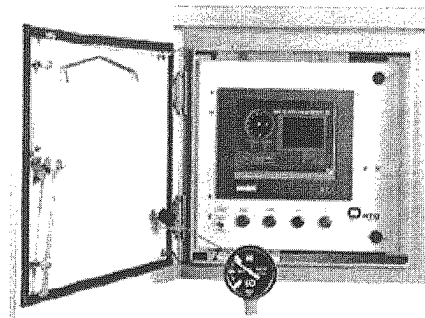
PROTOCOLOS:

DNP

TCP

UDP

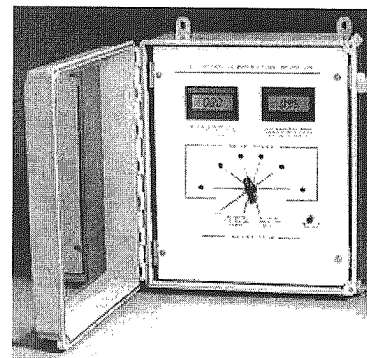
DDE



Monitor electrónico de temperatura

Simultáneamente mide la temperatura del líquido y de los devanados. Salida:

0 – 1 mA
4 – 20 mA



Sensor electrónico de corriente. Medición de:

Corriente de línea.

Corriente de los ventiladores.

Corriente de bombas.

Corrientes del sistema de enf.

Salida:

0 – 1 mA

Monitor electrónico de temperatura

Simultáneamente mide la temperatura del líquido y de los devanados. Salida:

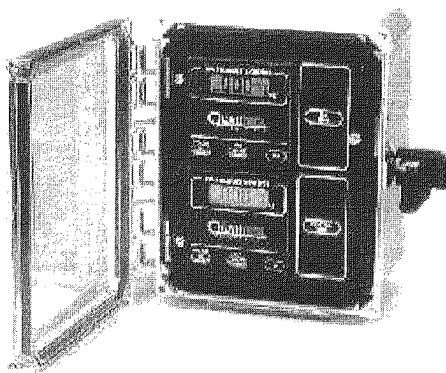
Relevadores

0 – 1 mA

4 – 20 mA

RS 232

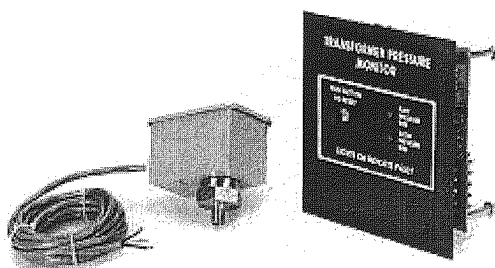
RS 485



Monitor electrónico de presión. Salida:

0 – 1 mA

4 – 20 mA



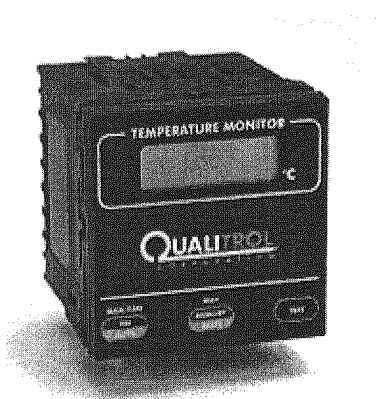
Monitor electrónico de temperatura para transformadores secos. Salida:

Relevadores

0 – 1 mA

4 – 20 mA

Sondas tipo "K".



Monitor electrónico de temperatura para transformadores secos. Salida:

Relevadores

0 – 1 mA

4 – 20 mA

Programación

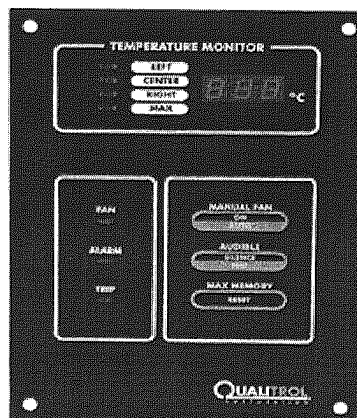
RS 232

Panel frontal.

Sondas tipo "K".

Alimentación universal.

Autodiagnostico.



Pruebas eléctricas de rutina al transformador

- Relación de transformación y polaridad.
- Resistencia óhmica de los devanados.
- Factor de potencia de los devanados.
- Resistencia de aislamiento de los devanados.
- Rigidez dieléctrica del aceite.
- Potencial aplicado.
- Potencial inducido.
- Pérdidas en vacío y corriente de excitación.
- Pérdidas en los devanados e impedancia.
- Operación del interruptor termomagnético (cuando aplica).

Pruebas especiales

- Elevación de temperatura de los devanados.
- Prueba de nivel de ruido.
- Impulso.

**NORMAS Y
ESPECIFICACIONES PARA CONSTRUCCIÓN Y
PRUEBAS**

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDADK-0000-01

**Normas Oficiales Mexicanas
NOM 002 SEDE**

Requisitos de seguridad y eficiencia energética
para transformadores de distribución

NORMAS MEXICANASNMX J-116-1996

Productos eléctricos - Transformadores de
distribución tipo poste y tipo
subestación **NMX J-109-1977** Transformadores de
corriente.
NMX J-123-2001 Aceites minerales aislantes para
transformadores.
NMX J-284-1990 Productos Eléctricos-
Transformadores de Potencia.
NMX J-285-1996 Transformadores de distribución
tipo pedestal
NMX J-169-1987 Productos Eléctricos -
Transformadores y
Autotransformadores de distribución y de
Potencia Métodos de Prueba.
NMX J-287-1998 Transformadores de distribución
tipo sumergibles
NMX J-153-1972 Clasificación de materiales
aislantes
NMX J-271-PARTE1-2000 Técnicas de pruebas de
alta tensión.
NMX J-271-PARTE2-2000 Técnicas de pruebas de
alta tensión.
NMX J-335-1978 Medición de descargas
parciales.
NMX J-409-1982 Guía de carga de
transformadores de Distribución y de
Potencia sumergidos en aceite.
NMX J-351-1979 Transformadores tipo seco de
distribución y potencia
NMX J-410-1982 Guía para instalación y
mantenimiento de
transformadores sumergidos en aceite.**NMX-J-
308-2002** Guía para el manejo, almacenamiento y
tratamiento de
aceites aislantes para
transformadores en servicio.**NMX-J-525-2000**
Transformadores de distribución reparados
(especificaciones y pruebas).
NMX J-526-2000 Transformadores y
autotransformadores de



Transformadores de distribución tipo poste.K-0000-06

Transformadores de potencia de 10 MVAs y
mayores.

K-0000-09 Transformadores de potencia de 10
MVAs y menores.
K-0000-13 Transformadores de potencia para
subestaciones de
distribución.
L-000032 Manuales Técnicos.
MPSEO-19 Recepción, almacenamiento y montaje
de transformadores de
potencia.
D8500-01 Guía para la selección y aplicación de
recubrimientos
Anticorrosivos.
MPSEO-04 Puesta en servicio de transformadores,
autotransformadores y
reactores de potencia.

PETROLEOS MEXICANOSESP. No. 2.251.01

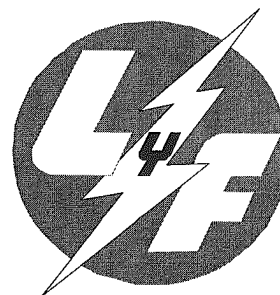


PEMEX

Transformadores de distribución y de
potencia.

ESP. No. 2.227.03 Pruebas de aislamiento en campo de equipo
eléctrico.

LUZ Y FUERZAGDD-173



Transformador trifásico DRS pedestal 23-BT, 75 a 300

GDD-174 Transformadores de distribución tipo poste.

GDD-175 Transformador trifásico DCS pozo 23-BT, 300 y 500

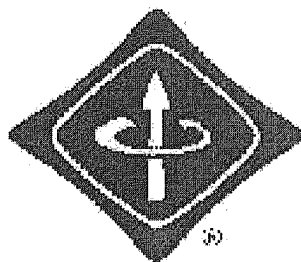
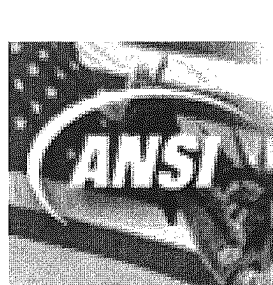
GDD-176 Transformador trifásico DRS pozo 23-BT, 75 a 225

GDD-177 Transformadores trifásicos subestación interior 23-BT-500 y 750

c/desconector.GDD-178 Transformadores trifásicos subestación interior 23-BT-300 a 750

s/desconector.GDD-179 Transformadores trifásicos sumergible 23-BT, 300 a 750 con desconector.

NORMAS INTERNACIONALES ANSI C57.12.00-1993



IEEE

Standard General Requirements for Liquid-Immerse Distribution, Power and

Regulating Transformers. ANSI C57.13-1993 Standard Requirements for

Instrument Transformers.

ANSI C57.19.00-1991 Standard General Requirements and Test Procedure for

Outdoor Power Apparatus Bushings (ANSI).

ANSI C57.92-1981 Guide for Loading Mineral-Oil Immersed Power Transformers

up to and Including 100 MVA with 55°C o 65°C Average Winding Rise

(ANSI) (Reaff 1991).

ANSI C57.98-1986 Guide for Transformer Impulse Test (ANSI) (Reaff1992).

ANSI C57.12.70-1978 Terminal Markings and Conections for

Distribution and Power Transformers (Reaff ANSI C57.12.80-1978 Standard Terminology

for Power and Distribution Transformers (ANSI) (Raff 1992).ANSI

C57.12.90-1993 Standard Test Code for Liquid-Immersed Distribution, Power,

and Regulating Transformers and

Guide for Short-Circuit Testing of Distribution and Power Transformers (ANSI).

IEC 76-1: 1993 Power Transformers-Part 1 : General.

IEC 76-2: 1993 Power Transformers-Part 2: Temperature rise

IEC 76-3: 1980 Power Transformers-Part 3: Insulation Levels and Dielectric

Test.IEC 76-3.1 1987 Power Transformers-Part 3: Insulation Levels and Dielectric

Test. External Clearances in Air.IEC 76-5: 1976 Power Transformers-Part 5: Abiliti to Withstand

Short Circuit.IEC 137: 1985 Insulated Bushings for Alternating

Voltages Above 1000 volts.IEC 354: 1991 Loading Guide for Oil-Immerserd Power

Transformers. IEC 270: 1981 Partial Discharge

Mensurementes.

FABRICACIÓN, PRUEBAS Y ENTREGA

Comentarios y conclusiones del participante:

Elaboró:

Fis. Resendiz Arroyo José Armando