

Fundamentos de electricidad

Energía Eléctrica

Se define a la energía, como la capacidad de la materia para realizar un trabajo determinado, y sus manifestaciones son múltiples. El desplazamiento de los electrones es lo que da origen al fenómeno que llamamos electricidad, y es éste la unidad elemental de la misma. Electrón significa en griego, ámbar. En el siglo VII A.C., el filósofo Tales de Mileto, descubre las propiedades eléctricas del ámbar amarillo cuando éste era frotado.

Conductores y aislantes

Hay sustancias que se caracterizan porque ceden con cierta facilidad los electrones de periferia, que pueden moverse libremente por la estructura de la sustancia. Los electrones se desplazan por la banda de conducción.

Son en general los metales, que a su vez son buenos conductores del calor (cobre, hierro, platino, níquel, etc.). Los metaloides que a su vez son malos conductores del calor, ofrecen considerable dificultad para desprenderse de electrones, por lo que se consideran malos conductores (carbono, azufre, germanio, silicio, etc.). A su vez sustancias malas conductoras son: goma, plástico, tela, mármol, porcelana, esmalte, etc.

Circuito eléctrico

Está conformado por una fuente generadora de energía eléctrica, un elemento receptor o carga, y un tercero que los conecta que es el medio conductor.

A los generadores se los clasifica en tres grupos principales:

- a) Los que transforman trabajo mecánico en energía eléctrica. Son las dínamos y alternadores, impulsados por máquinas a vapor, turbinas o motores de otro tipo, y su principio de funcionamiento está basado en fenómenos electromagnéticos.
- b) Las unidades que aprovechan las reacciones químicas de algunas sustancias para generar electricidad, tales como pilas y acumuladores.
- c) Los sistemas que transforman energía térmica en electricidad, como las cuplas termoeléctricas. Hoy en día están en crecimiento los que transforman energía lumínica o eólica en electricidad.

A los receptores también se los clasifica en tres grupos:

- a) Los que transforman la energía eléctrica en trabajo mecánico: los motores.
- b) Los que transforman la energía eléctrica en térmica: planchas, calentadores, soldadores, etc.
- c) Los que transforman la energía eléctrica en química que aprovechan los fenómenos de electrólisis, como la galvanoplastia, disociación de líquidos en gases, etc.

Entre ambos grupos, es necesario disponer de un medio que los vincule, como son los conductores eléctricos. Estos pueden ser alambres, cables, varillas metálicas, etc.

Todo esto constituye lo que se llama un circuito eléctrico, y que podemos definir como un camino para la corriente eléctrica. El agregado de sistemas de protección como fusibles, interruptores, instrumentos de control, etc. dan como resultado a circuitos más complejos.

Falta decir que los generadores se clasifican en 2 grupos principales por el tipo de corriente que genera: los de corriente continua (C.C), si las cargas se desplazan en un único sentido, y los de corriente alterna (C.A.), si las cargas cambian el sentido alternativamente siguiendo la ley de una curva sinusoidal.

Unidades eléctricas. Múltiplos y submúltiplos.

El electrón es la carga elemental, pero sumamente pequeño para tomarlo como unidad, en la mayoría de las aplicaciones prácticas. Se adopta un múltiplo, que se denomina Coulomb (Q), y que equivale a $6,25 \times 10^{18}$ electrones.

El Amper es la unidad de corriente eléctrica que se desplaza en la unidad de tiempo por un punto cualquiera de un circuito, y equivale a un coulomb por segundo.

$$I = Q / t$$

Es muy común el empleo de los siguientes submúltiplos:

El microamper = 0,000001 amper y se simboliza con μA

El miliamper = 0,001 amper y se simboliza con mA

Todo circuito eléctrico ofrece una mayor o menor oposición al paso de la corriente eléctrica. A fin de adoptar una unidad comparativa, se determinó la resistencia que ofrece una columna de mercurio a cero grado centígrado, de 1mm^2 de sección y 1003mm de longitud, al paso de una corriente eléctrica de 1 amper, y se lo denominó "Ohm", representado el mismo por la letra griega " Ω ".

Un generador debe ser capaz de provocar un estado energético, de manera que cuando se cierra el circuito del que forma parte, su tensión obligará a las cargas eléctricas a que fluyan por los conductores y demás elementos del circuito. Se define como tensión de 1 volt, a la fuerza eléctrica capaz de hacer circular una corriente de 1 amper por un elemento de circuito que ofrezca una resistencia de 1 ohm.

Ley de Ohm

La corriente eléctrica que circula por un circuito es proporcional a la tensión, y está en razón inversa de la resistencia que le ofrece el circuito. Su expresión matemática es la siguiente:

$$I = U / R \quad (\text{Amper} = \text{Volt} / \text{Ohm})$$

También se puede expresar:

$$U = I \cdot R \quad \text{ó} \quad R = U / I$$

Ejemplos: 1) Un artefacto de iluminación tiene una resistencia de 440 ohms y se encuentra conectado a la red eléctrica de 220 volts. Determinar la corriente eléctrica.

$$I = U / R = 220 / 400 = 0,5 \text{ amper}$$

2) ¿Cuál será la tensión de una batería si por un resistor de 500 ohms conectado entre sus bornes, circula una corriente eléctrica de 3 mA?

$$U = I \cdot R = 0,003 \cdot 500 = 1,5 \text{ V}$$

3) ¿Qué resistencia tendrá un calefactor, si al conectarlo a la tensión domiciliaria, circula una corriente de 2 amper?

$$R = U / I = 220 / 2 = 110 \Omega$$

Instrumentos de medición

A fin de poder determinar las características de un circuito o elemento eléctrico, debemos emplear dispositivos que permitan realizar mediciones, y cuyas escalas estén graduadas de acuerdo a las unidades empleadas en el tipo de medición.

Amperímetro: instrumento destinado a medir la corriente eléctrica. Va conectado en serie dentro del circuito, razón por la que se lo construye con una resistencia interna muy baja.

Voltímetro: mide la caída de tensión sobre un elemento determinado o la fuerza electromotriz sobre los bornes de un generador. Va conectado en paralelo. Su resistencia interna es muy elevada.

Potencia, rendimiento y Energía eléctrica

Potencia eléctrica es la capacidad de un artefacto de realizar determinado trabajo eléctrico en la unidad de tiempo. La unidad de potencia es el watt "W". Corresponde al trabajo realizado en un segundo cuando tenemos una diferencia de potencial de un volt entre dos puntos por el que circula una corriente de un amper.

$$P = U \cdot I \quad (W = V \cdot A)$$

Como $U = I \cdot R$, entonces tenemos: $P = I^2 \cdot R$

Por Ley de Ohm, también tenemos: $P = U^2 / R$

Ejemplos:

1) Un artefacto conectado a la red de 220V, por el que circula una corriente de 1,5 amper, tiene una potencia $P = 220V \cdot 1,5 A = 330W$ (esa es la potencia suministrada por la red, lo que no quiere decir que el aparato entregue la misma potencia útil)

2) Un motor conectado a la tensión de la red, consume una potencia de 5 Hp. Determinar la corriente que circula por sus arrollamientos. Sabemos que un Hp o Caballo de fuerza = 750 W,
 $P = 5 \cdot 750 = 3750 \text{ W}$, entonces $I = 3750 / 220 = 17,04 \text{ A}$

3) Un calefactor de 600 W, tiene una resistencia de 80,9 Ω . Determinar la corriente eléctrica que circula por el mismo.

$$P = I^2 \cdot R \Rightarrow I = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

$$I = \sqrt{\frac{600}{80,9}} = 2,72 \text{ ampers}$$

La potencia total en un circuito eléctrico es la suma de las potencias parciales:

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 \dots P_n$$

La *energía eléctrica* que suministran las empresas comerciales para el consumo por parte de los usuarios, es registrada mediante instrumentos conocidos como medidores, y la unidad adoptada es el Watt-hora, o más bien el múltiplo KW-H. Vale decir el consumo de potencia durante una hora

$$\text{Energía} = \text{Potencia} \cdot \text{tiempo (KW. H)}$$

La energía eléctrica es destinada para realizar una serie de trabajos muy distintos, como ser, mover una máquina, desarrollar calor, iluminar, refrigerar, etc. Es decir que hay transformación de la energía.

Ejemplo

Un receptor sometido a una tensión de 220 volts y por el cual circulan 5 ampers durante 2 horas habrá consumido una energía de: $E = P \cdot t$, $E = 220 \cdot 5 \cdot 2 = 2200 \text{ Wh} = 2,2 \text{ KWh}$

El *rendimiento* de un aparato eléctrico es el aprovechamiento de la energía en la forma de trabajo que nos interesa (potencia útil). Este se expresa en porcentaje respecto a la energía suministrada:

$$\text{Rend.} = (\text{Potencia útil} / \text{Potencia suministrada}) \cdot 100$$

Ejemplo: Si el artefacto mencionado anteriormente es un secador de pelo que entrega 200W de potencia útil, su rendimiento es de:

$$\text{Rend.} = (200\text{W} / 330\text{W}) \cdot 100 = 60\%$$

Un ejemplo claro lo tenemos en las lámparas de iluminación incandescentes, en las cuales gran parte de la energía eléctrica se transforma en luz, pero también se genera calor (este último no deseado), con lo cual se ve que la energía útil es menor a la suministrada.

Resistencia

La resistencia de un elemento depende de sus dimensiones, siendo proporcional a la longitud de los conductores empleados, y en razón inversa a la sección de los mismos. Además depende de la resistividad específica propia de cada elemento. Su valor aparece en las tablas de “Coeficiente de Resistividad”. Las mismas fueron confeccionadas de acuerdo a la resistencia que ofrecen conductores de un metro de largo y un milímetro cuadrado de sección, de las sustancias que interesa conocer.

$$R = \frac{\rho \cdot l}{s}$$

R, en ohms

l, longitud de la resistencia o conductor en metros

ρ , coeficiente de resistividad (ρ)

s, sección en mm²

Coeficiente de Resistividad

Metal	Resistividad (ρ)
Plata	0,015
Cobre	0,017
Hierro	0,14
Niquelina	0,44
Nicrome	1,10

Ejemplo:

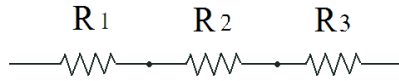
Calcular la resistencia de un alambre de cobre, de 2 mm de diámetro y 100 m de longitud.

$$\text{Sección de alambre} = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot 1 = 3,14 \text{ mm}^2$$

$$R = \rho \cdot l / s = 0,017 \cdot 100 / 3,14 = 0,54 \text{ 6 ohms}$$

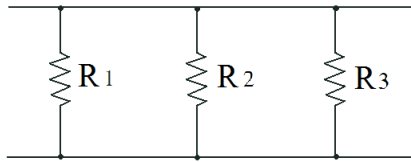
Agrupamiento de resistores. – En la práctica diaria, se presenta la necesidad de agrupar los resistores de distintas maneras, para lograr características especiales en el circuito del que forman parte.

Conexión en serie. – Es cuando los resistores se conectan uno a continuación de otro, y el valor de la resistencia está dado por la suma de las resistencias individuales.



$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 \dots R_n$$

Conexión en paralelo. – Los resistores se acoplan, uniendo todos los extremos por un lado, y los otros extremos por el otro lado. El valor de la resistencia total es igual al inverso de la suma de las inversas de las resistencias parciales.



$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

Ejemplos:

- 1) Determinar la resistencia total de tres resistores en serie, si tienen 3, 7 y 5Ω

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3,$$

$$R_t = 3 + 7 + 5 = 15 \Omega$$

- 2) Calcular el valor del conjunto formado por dos resistores en paralelo de 10 y 15 Ω respectivamente.

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{15}} = 6 \Omega$$

Efectos térmicos de la electricidad

Al circular la corriente eléctrica por cualquier elemento de circuito, encuentra una resistencia, que obliga al consumo o disipación de energía. El trabajo realizado provoca una transformación de energía, de eléctrica en térmica, ya que se traduce en un aumento de temperatura del elemento en cuestión. El aumento de temperatura provoca un aumento en la resistencia del elemento. La nueva resistencia depende de la variación de temperatura y del coeficiente del elemento. Cada elemento tiene su coeficiente de temperatura propio.

$$R_t = R_t \cdot [1 + \alpha \cdot (t_2 - t_1)]$$

R_t ,	resistencia a la temperatura que se desea determinar
R_t ,	resistencia a la temperatura en que se encontraba el elemento
α ,	coeficiente de temperatura
$t_2 - t_1$,	diferencia de temperatura

Coeficiente R - T°

Metal	Coeficiente de Temperatura (α)
Plata	0,0040
Cobre	0,0040
Hierro	0,0045
Niquelina	0,0030
Níquel	0,0030
Carbón	- 0,005

Este aumento de temperatura provocado por la potencia eléctrica suministrada al elemento, consume una cantidad de calor que en muchas ocasiones interesa conocer, como en el caso de los artefactos para calefacción.

La ley de Joule, enuncia que la cantidad de calor desarrollada en un elemento es proporcional a la potencia eléctrica suministrada, al tiempo en segundos, y a un coeficiente numérico (0,00024); su unidad es la caloría cuya definición dice: *caloría es la cantidad de calor suministrada para que una masa de agua de un litro, eleve su temperatura en un grado centígrado.*

$$Q = 0,00024 \cdot W \cdot t = \text{calorías.}$$

Ejemplos:

- a) Una resistencia de cobre tiene 10Ω a 20°C ; ¿A 100°C , qué resistencia tendrá?

$$\text{Dif. De temp.} = 100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 80^\circ\text{C}$$

$$R_t = R_t \cdot [1 + \alpha \cdot (t_2 - t_1)]$$

$$R_t = 10 \cdot [1 + 0,004 \cdot (80)] = 13,2 \Omega$$

- b) Determinar las calorías desarrollada por la resistencia del ejemplo anterior ($R=13,2\Omega$) por la que circulan 10^3 , durante 15 minutos (900 segundos).

$$Q = 0,00024 \cdot W \cdot t$$

$$W = I^2 \cdot R = 10 \cdot 10 \cdot 13,2 = 1320W$$

$$Q = 0,00024 \cdot 1320 \cdot 900 = 285 \text{ calorías}$$

Leyes de Kirchhoff

1° Ley.- En todo nudo o punto de convergencia de conductores, la suma de las corrientes que llegan, es igual a las que parten de él.

$$I = I_1 + I_2 + I_3, \quad \rightarrow \quad I - I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

2° Ley.- En toda malla o circuito cerrado, la suma algebraica de las fuerzas electromotrices, es igual a las caídas de tensión, es decir, al producto de las intensidades por las resistencias.

$$\sum E = \sum I \cdot R$$

Caída de tensión en conductores

Los cables para transportar energía eléctrica también tienen una resistencia y por lo tanto en dichos cables se produce también una caída de tensión. Para la resolución de problemas se considera de 2 a 3% (en 220v) y de 4 a 5% (en 380v). Estos valores corresponden a los máximos admisibles de acuerdo a las normas correspondientes.

Cálculo de secciones de líneas eléctricas

Una línea eléctrica debe dimensionarse para:

- Transportar la potencia requerida con total seguridad.
- Que dicho transporte se efectúe con un mínimo de pérdidas de energía.
- La solución debe tener un coste razonable.

Para lograr estos tres objetivos, la línea se diseña con varias características. La sección del conductor de la línea eléctrica es una de las principales.

Criterios de cálculo

Es recomendable iniciar el diseño con un cálculo por caída de tensión (en adelante, C.D.T.), comprobando seguidamente la intensidad máxima para el conductor seleccionado marcada por los reglamentos aplicables, y los datos del fabricante. Siempre elegiremos el resultado más restrictivo (la sección mayor).

Cálculo por caída de tensión

La caída de tensión (ΔV) se produce como consecuencia de la resistencia de los conductores. Como regla general se permite una C.D.T. máxima de:

3 % en instalaciones de alumbrado, y 5 % en el resto de la instalación.

Líneas de corriente continua

$$S = \frac{2\rho \cdot L \cdot I}{\Delta V} \text{ mm}^2$$

Líneas de corriente alterna monofásica

$$S = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \text{Cos}\varphi}{\Delta V}$$

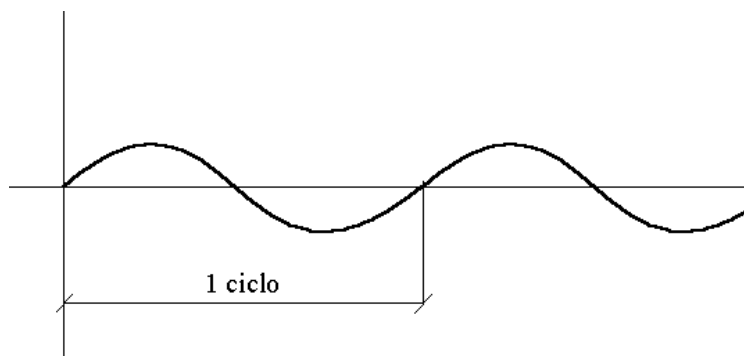
Líneas de corriente alterna trifásica

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \text{Cos}\varphi}{\Delta V}$$

Corriente alterna

La corriente alterna varía en Intensidad y sentido en función del tiempo, es decir alrededor del eje cero de tensión o corriente, mientras que la continua, que si puede variar en amplitud más no en sentido.

La corriente alterna (C.A.) tiene forma senoidal o sinusoidal. Cuando llega al punto de partida se dice que cumple un ciclo.



Origen de corriente alterna

Cuando se hace oscilar un conductor en un campo magnético, el flujo de corriente en el conductor cambia de sentido tantas veces como lo hace el movimiento físico del conductor. Varios sistemas de generación de electricidad se basan en este principio, y producen una forma de corriente oscilante llamada corriente alterna. Esta corriente tiene una serie de características ventajosas en

comparación con la corriente continua, y suele utilizarse como fuente de energía eléctrica tanto en aplicaciones industriales como en el hogar. La característica práctica más importante de la corriente alterna es que su voltaje puede cambiarse mediante un sencillo dispositivo electromagnético denominado transformador. Cuando una corriente alterna pasa por una bobina de alambre, el campo magnético alrededor de la bobina se intensifica, se anula, se vuelve a intensificar con sentido opuesto y se vuelve a anular. Si se sitúa otra bobina en el campo magnético de la primera bobina, sin estar directamente conectada a ella, el movimiento del campo magnético induce una corriente alterna en la segunda bobina. Si esta segunda bobina tiene un número de espiras mayor que la primera, la tensión inducida en ella será mayor que la tensión de la primera, ya que el campo actúa sobre un número mayor de conductores individuales. Al contrario, si el número de espiras de la segunda bobina es menor, la tensión será más baja que la de la primera.

La acción de un transformador hace posible la transmisión rentable de energía eléctrica a lo largo de grandes distancias. Si se quieren suministrar 200.000 vatios de potencia a una línea eléctrica, puede hacerse con un voltaje de 200.000 voltios y una corriente de 1 amperio o con un voltaje de 2.000 voltios y una corriente de 100 amperios, ya que la potencia es igual al producto de tensión y corriente. La potencia perdida en la línea por calentamiento es igual al cuadrado de la intensidad de la corriente multiplicado por la resistencia. Por ejemplo, si la resistencia de la línea es de 10 ohmios, la pérdida de potencia con 200.000 voltios será de 10 vatios, mientras que con 2.000 voltios será de 100.000 vatios, o sea, la mitad de la potencia disponible.

En un circuito de corriente alterna, el campo magnético en torno a una bobina varía constantemente, y la bobina obstaculiza continuamente el flujo de corriente en el circuito debido a la autoinducción. La relación entre el voltaje aplicado a una bobina ideal (es decir, sin resistencia) y la intensidad que fluye por dicha bobina es tal que la intensidad es nula cuando el voltaje es máximo, y es máxima cuando el voltaje es nulo. Además, el campo magnético variable induce una diferencia de potencial en la bobina de igual magnitud y sentido opuesto a la diferencia de potencial aplicada. En la práctica, las bobinas siempre presentan resistencia y capacidad además de autoinducción.

Si en un circuito de corriente alterna se coloca un condensador (también llamado capacitor) la intensidad de corriente es proporcional al tamaño del condensador y a la velocidad de variación del voltaje en el mismo. Por tanto, por un condensador cuya capacidad es de 2 faradios pasará el doble de intensidad que por uno de 1 faradio. En un condensador ideal, el voltaje está totalmente desfasado con la intensidad. Cuando el voltaje es máximo no fluye intensidad, porque la velocidad de cambio de voltaje es nula. La intensidad es máxima cuando el voltaje es nulo, porque en ese punto la velocidad de variación del voltaje es máxima. A través de un condensador circula intensidad — aunque no existe una conexión eléctrica directa entre sus placas — porque el voltaje de una placa induce una carga opuesta en la otra.

De los efectos indicados se deduce que si se aplica un voltaje alterno a una bobina o condensador ideales, no se consume potencia. No obstante, en todos los casos prácticos los circuitos de corriente alterna presentan resistencia además de autoinducción y capacidad, y se consume potencia. Esta potencia consumida depende de la proporción relativa de las tres magnitudes en el circuito.

Período y frecuencia

La *frecuencia* es la cantidad de ciclos que se producen por segundo. Un ciclo por segundo equivale a un Hertz, y se simboliza con Hz. La C.A. que suministran las empresas eléctricas argentinas tiene una frecuencia de 50Hz.

El *período* es la duración de un ciclo, y es la inversa de la frecuencia.

Valor instantáneo, máximo y eficaz

El valor instantáneo es el que tiene la corriente en un determinado momento, si pudiera medirse en forma instantánea. Cuando ese valor se encuentra en la cresta, asume el valor *máximo* o de *cresta*. Sin embargo, el valor que nos interesa es el *eficaz*, que es el usado habitualmente.

El número 220 volts de tensión que nos provee la compañía eléctrica, es un valor eficaz. Este es el 70% del valor de cresta ($V_e = V_c / 1,41$).

Impedancia

La aplicación de la ley de Ohm a los circuitos en los que existe una corriente alterna se complica por el hecho de que siempre estarán presentes la capacitancia y la inductancia. La inductancia hace que el valor máximo de una corriente alterna sea menor que el valor máximo de la tensión; la capacitancia hace que el valor máximo de la tensión sea menor que el valor máximo de la corriente. La capacitancia y la inductancia inhiben el flujo de corriente alterna y deben tomarse en cuenta al calcularlo. La intensidad de corriente en los circuitos de CA puede determinarse gráficamente mediante vectores o con la ecuación algebraica

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}\right)^2}}$$

en la que L es la inductancia, C la capacitancia y f la frecuencia de la corriente. El valor obtenido en el denominador de la fracción se denomina impedancia del circuito y suele representarse por la letra Z . Por consiguiente, la ley de Ohm para los circuitos integrados suele expresarse por la ecuación sencilla $I = U / Z$.

La potencia en corriente alterna

En un circuito con C.A., la potencia calculada en volt-amper es la potencia aparente. Esta tiene dos componentes, una llamada *potencia activa*, activa o real, y que corresponde a la potencia consumida en realizar un trabajo sobre una carga óhmica, y la otra componente, encargada de crear un campo magnético o eléctrico (o ambos), de carácter reactivo. Ésta última se registra con un *watímetro*, y se denomina *potencia reactiva*. Esta última está defasada con respecto a la anterior, y siempre es menor que la misma.

$$P_{ap} = U \cdot I \text{ (volt-amper)}$$

$$P_{act} = U \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ (watt)}$$

La potencia activa o real, coincide con la aparente, únicamente cuando se trata de circuitos resistivos puros, pero se aleja de la misma cuando en el circuito hay inductancias o capacitores.

Este tema es importante porque influye en lo que respecta a la sección de los conductores de los sistemas de distribución. Por ejemplo, si la compañía eléctrica nos suministra una tensión de 220V, destinada a alimentar una planta que cuenta con una gran iluminación de lámparas de filamento, y con equipos soldadores, la intensidad de corriente eléctrica marcada por el amperímetro indica 50 amper. Esta carga es del tipo óhmico, en este caso la potencia aparente y la activa, son coincidentes, ya que el coseno de $\varphi = 1$

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 220 \cdot 50 \cdot 1 = 11000 \text{ W}$$

Si reemplazamos gran parte de los soldadores por motores monofásicos, manteniendo la potencia suministrada y la tensión de 220V, nos encontramos con un circuito que transforma gran parte de la energía suministrada en energía magnética o reactiva, lo que dará lugar a un desfase importante (ej. $\varphi = 0,5$). En este caso, la intensidad de corriente será

$$I = 11000 / 220 \cdot 0,5 = 100 \text{ A}$$

Con lo cual, si bien el consumo energético va a ser el mismo, la intensidad de corriente se duplicó, con lo cual nos obligará a usar conductores de mayor sección, representando una mayor inversión, tanto de la fábrica o taller, como de la compañía eléctrica.

Efectos térmicos de la electricidad en el cuerpo humano

El umbral de percepción a través de la piel, es decir, el valor mínimo que puede apreciarse por los sentidos, es aproximadamente de 1 mA en una CA de 50Hz y 5mA en CC.

El umbral de descontrol muscular es de 15mA en CA., mientras que en CC se pueden tolerar hasta 70mA sin producirse la contracción espasmódica de los músculos.

El umbral de peligro para la vida es de 20 mA en CA y 80 mA en CC. Aunque los riesgos dependen también de otros factores.

Los efectos que puede producir la electricidad sobre el cuerpo humano son principalmente:

1. Asfixia debida a la contracción muscular.
2. Fibrilación Ventricular (fibrilación de los músculos del corazón)
3. Fallo simultaneo del corazón y respiración.
4. Daños en los tejidos por quemaduras.

Estos están directamente vinculados a cuatro factores eléctricos presentes en un circuito.

1. Tensión:

Como se ha visto en cursos anteriores, la tensión es una fuerza. Por eso, en el momento de hacer contacto con un conductor puesto bajo tensión, se producirá una fuerza que contraerá los músculos.

El umbral de sensibilidad del cuerpo humano es de unos 50 V, y a partir de los 110 V es mortal.

2. Intensidad de corriente:

Podemos decir que la corriente y la tensión producen los mismos efectos. Por ley de Ohm sabemos que la tensión es directamente proporcional a la corriente, por lo tanto, si en un circuito aumenta la corriente, la tensión lo hará también provocando la contracción muscular.

3. Frecuencia.

La frecuencia produce un desfasaje en los latidos del corazón. El corazón tiene un ritmo de contracción controlado por unas células especiales.

La electricidad altera ese ritmo, puede provocar un paro cardíaco y por consecuencia la muerte.

Los efectos que produce la frecuencia se pueden percibir a partir de los 50Hz (50 ciclos por segundo).

EFFECTOS PRODUCIDOS POR LOS PARAMETROS ANTERIORES.

Asfixia debida a la contracción muscular.

La asfixia se produce por la contracción de los músculos respiratorios, el corazón continua latiendo por un pequeño lapso de tiempo. Aunque la contracción se produce a nivel muscular, también se produce por una falla en el “centro respiratorio”, la región del cerebro que controla la respiración. Esta parte, al desequilibrarse, provoca un paro respiratorio al no mandar impulsos a los pulmones.

Si toda esta situación persiste se pierde el conocimiento rápidamente por falta de oxígeno.

Fibrilación de los músculos del corazón.

Las intensidades justamente superiores a las que son necesarias para detener la respiración por succión pueden causar la muerte aun cuando su duración sea solo de unos segundos o aun menor; mucha más corta de lo que seria importante bajo el punto de vista de la interrupción de la respiración y desde luego demasiado breve para dar cualquier oportunidad de salvación antes del shock. La muerte en estas condiciones es producida por “fibrilación ventricular”.

Esta situación corresponde a una contracción descoordinada y asincrónica de las fibras musculares del ventrículo, en contraste con su coacción rítmica y coordinada. Se produce más a consecuencia de un estímulo cardíaco anormal, que de una lesión en el corazón. Cuando se produce la fibrilación, el corazón, más que latir parece temblar. Cesa la acción de bomba del corazón y en unos cuantos minutos sobreviene la muerte por asfixia como consecuencia de la falta de circulación.

Se ha comprobado que una vez que ha tenido lugar la fibrilación ventricular en el hombre, es poco probable que cese naturalmente antes de producirse la muerte.

Sin embargo, es imposible distinguir entre la inhibición respiratoria, fibrilación ventricular y el fallo del corazón. Por eso es recomendable siempre la respiración artificial inmediatamente.

Como mencionamos anteriormente, el cerebro maneja los movimientos de respiración y del mismo modo unas células especiales gestionan las contracciones del corazón. La electricidad puede alterar a estas dos funciones alterando el corazón y a los pulmones simultáneamente.

NOCION DEL DAÑO PERSONAL CAUSADO POR DESCARGAS ELÉCTRICAS

La energía eléctrica utilizada racionalmente y de acuerdo con las normas de seguridad no entraña riesgo alguno, pero la confianza no corresponde con las normas tomadas. Cuando esto sucede, el accidente con el fecho fisiológico entra en el terreno de lo probable.

Los efectos fisiológicos del cuerpo humano dependen de los siguientes parámetros:

1. Intensidad de la corriente
2. Tiempo de contacto
3. Tensión
4. Resistencia eléctrica del cuerpo
5. Frecuencia

Estos contactos pueden ser directos o indirectos.

DIRECTOS:

Se produce cuando una persona toca un conductor o un elemento eléctrico bajo tensión.

Como precaución deben tenerse en cuenta las partes conductoras y utilizar disyuntores diferenciales con sensibilidad de 30 mA, siendo estos de gran confiabilidad.

INDIRECTOS: Se produce al tocar partes metálicas conductores o elementos accidentalmente bajo tensión. El elemento de protección para este tipo de accidentes es una bajada de tierra adecuada.

ESQUEMA GENERAL DE INSTALACION ELECTRICA

COLOCACION DE CAÑOS Y CAJAS

CAÑOS: Describiremos a continuación el material que se emplea en las instalaciones en la siguiente tabla:

Desig	Del caño	Exterior mm²	Interior mm²	Peso g/m
R13/10	½ ”	12.5	9.7	400
R16/13	5/8”	15.7	12.5	580
R19/15	3/4”	18.9	15.3	790
R25/21	1”	25.2	21.6	1085
R38/34	1 ½ ”	37.9	33.9	1850

Estos son los caños conocidos como semipesados y son los que deben ser utilizados en las instalaciones embutidas y exteriores.

El caño debe poder ser doblado 6 veces su diámetro sin que se produzcan deformaciones ni rajaduras.

La unión de los caños se realiza mediante cuplas o uniones roscadas para asegurar una buena continuidad. No se permite el uso de soldadores para la unión de los caños.

El interior de los caños es totalmente liso, en los lugares de corte no deben quedar rebarbas ni filos.

CAJAS:

Irán colocadas donde se debe realizar empalmes, derivaciones, colocar artefactos, etc.

La forma de la caja depende del uso que se le quiera dar, es decir que:

Forma cuadrada.....Paso, conexión, derivación.
Octogonal.....Centros de iluminación
Rectangular.....Llaves, tomas

Las cajas rectangulares deben colocarse a una altura de 1.2 m con respecto del suelo terminado y de 0 a 15 cm de los marcos de puertas y ventanas. Los tomas van de 30 a 40cm sobre el nivel del piso.

Las cajas de campanillas a 1.5m de altura; los centros a designar por el instalador.

La colocación de conductores se realiza con cintas pasa cables fabricadas en PVC las cuales se hacen deslizar por el interior de los caños saliendo por el otro extremo deseado y en cuyo extremo se anuda un extremo del conductor; se hace pasar toda la cinta hasta que salga el conductor de la caja o centro unos 15 cm para poder realizar conexiones de llave o empalmes con facilidad.

SECCIONES MÍNIMAS PARA CONDUCTORES:

Líneas Principales 4 mm²
Líneas Seccionales 2.5 mm²
Líneas Circulares..... 1.5 mm²
Derivaciones y Retornos de llaves 1 mm²
Conductor de Protección 2.5 mm²

INSTALACIONES EMBUTIDAS

El sistema más generalizado en las viviendas modernas permite una terminación adecuada de paredes, techo y completamente segura si ha sido efectuada con todas las normas y requisitos que la práctica indica.

Los conductores corren por los caños que se colocan durante la construcción, los cuales deben ser curvados con facilidad.

Las cajas de techo se colocan directamente en el encofrado, unidas en las cañerías.

Una vez terminados los trabajos de sujeción de las cajas se observarán orificios dejados por estas los cuales deberán ser tapados con papel húmedo para que las cajas no se llenen de hormigón.

Deben colocarse ganchos en las cajas para poder colgar los artefactos.

Las cañerías que corren por la loza deben unirse a las bajadas que corren por las canaletas en las paredes. El reglamento indica que no deben existir más de cuatro cañerías entre dos cajas y no distancias mayores a los nueve metros entre caja y caja.

Una precaución que debe tomarse es de no instalar cañerías en forma de U, ya que debido a posibles filtraciones de agua esta no podría escurrirse.

COLUMNAS MONTANTES

En edificios de departamentos destinados a viviendas u oficinas hay generalmente varios propietarios e inquilinos de manera que cada uno tenga su entrada desde la conexión de entrada del medidor, ubicado en el sótano hasta la ubicación de los tableros seccionales en cada departamento.

El diagrama de tablero tiene el aspecto de una ramificación donde el extremo representa la conexión de entrada que llega al tablero general. De aquí parten los ramales que reciben el nombre de columnas montantes.

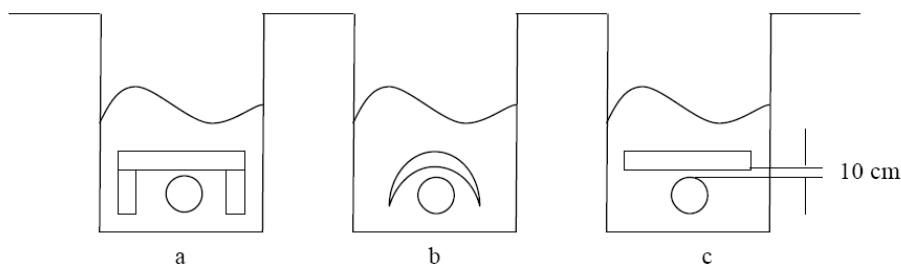
CANALIZACIONES SUBTERRÁNEAS

Los cables para instalaciones subterráneas podrían instalarse directamente enterrados o en conductos (cañerías de PVC, caños de fibrocemento, etc) Las distancias máximas de separación de los cables o conductores con cañerías de otros servicios no deben ser menos a los 0.5 m.

Los empalmes y derivaciones serán realizados en cajas de conexión, estas deberán rellenarse con material higroscópico.

Los tendidos de los cables se realizarán apoyados sobre una capa de arena permitiéndose una muy leve irregularidad, debido a que las presiones ejercidas por la superficie tiendan a dañar el conductor.

Como protección al deterioro mecánico debido a los movimientos del suelo se dispondrá de una cubierta dispuesta de las siguientes maneras:



- Recubrimiento con ladrillo estando el espacio hueco cubierto con arena.
- Recubrimiento con media caña de cemento estando el espacio hueco cubierto con arena.
- Cable con armadura metálica. Arena apisonada con recubrimiento de ladrillos.

Cuando el tendido de conductores se realiza en conductos estos se colocaran en una zanja de una profundidad suficiente que permita un recubrimiento mínimo de 70 cm de tierra. Si no se utilizan conductos metálicos deberá efectuarse una protección contra el deterioro mecánico. Las uniones

entre conductos se harán de modo de asegurar la máxima hermeticidad posible y no deberá alterar su sección transversal interna.

INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

Disposiciones generales:

- a) En todos los casos deberá efectuarse la conexión a tierra de todas las masas de la instalación.
- b) Las masas que son simultáneamente accesibles y pertenecientes a la misma instalación eléctrica estarán unidas al mismo sistema de puesta a tierra.
- c) El sistema de puesta a tierra será eléctricamente continuo y tendrá la capacidad de soportar la corriente de cortocircuito máxima coordinada con las protecciones instaladas en el circuito.
- d) El conductor de protección no será seccionado eléctricamente en punto alguno ni pasará por el interruptor diferencial, en caso de que este dispositivo forme parte de la instalación.

Conductor de protección.

La puesta a tierra de las masas se realizará por medio de un conductor, denominado “conductor de protección” de cobre electrolítico aislado que recorrerá la instalación. En ningún caso la sección del conductor de protección será menor a 2,5 mm²

Este conductor estará conectado directamente a la toma de tierra e ingresará al sistema de cañerías de la instalación por la caja de tablero principal.

LÁMPARAS FLUORESCENTES

El principio de producción de luz en la lámpara fluorescente era conocido por la ciencia muchos años antes que sea aplicado a una fuente práctica de luz, exactamente como el principio de la lámpara incandescente era conocido muchos años antes que Thomas Edison la inventara.

TEORÍA DE OPERACIÓN

La lámpara fluorescente es un aparato de descarga eléctrica que utiliza un arco de vapor de mercurio a baja presión para generar energía ultravioleta. La energía ultravioleta es absorbida por el fósforo impregnado en el interior del tubo y convertida por este en luz visible, la longitud de onda de la luz queda determinada por la composición del fósforo. En adición contiene una atmósfera de un gas inerte, usualmente argón, criptón, neón o una mezcla de dos o más de estos gases.

La presión de los gases contenidos en la lámpara es usualmente desde 2 hasta 3 torr. (La presión de la atmósfera es de 760 torr. o mm de mercurio).

Un filamento de tungsteno (cátodo) revestido con un material emisor de electrones es sellado dentro de cada terminal en la lámpara.

Cuando la lámpara fluorescente es conectada, la tensión de encendido produce una corriente a través de los electrodos y estos liberan electrones.

Estos electrones viajan a altas velocidades de un electrodo a otro, estableciendo una descarga eléctrica o arco a través del vapor de mercurio. La lámpara es rápidamente calentada, incrementando la presión del vapor de mercurio hacia el valor eficaz de trabajo.

La mayor característica es la producción de luz visible y la radiación ultravioleta por la colisión entre los electrones que se mueven rápidamente desde los electrodos y los átomos de mercurio, esto hace que los electrones de los átomos de mercurio salgan de sus órbitas y emitan energía ultravioleta también junto con las ondas antedichas, se emiten ondas de luz negra con longitudes de onda visibles de luz violeta, gris-azulado y amarillo.

Esta energía ultravioleta es convertida en luz visible por el fósforo que tiene la habilidad de absorber la energía ultravioleta y re-radiarla en longitudes de ondas mayores que pueden ser absorbidas como luz visible.

CARACTERISTICAS DE ELECTRODOS

Los electrodos de cada terminal en una lámpara fluorescente están generalmente realizados con doble o triple filamento en tungsteno.

Este filamento está revestido en un material emisor (Bario, estroncio, y óxido de calcio), que desprende electrones cuando se calienta a una temperatura de operación aproximada de 950° Celsius. A esa temperatura los electrones son emitidos libremente con solo una pequeña caída de potencia en cada electrodo.

Este proceso es denominado emisión termoiónica, porque el calor es el principal responsable para la emisión de electrones.

ARRANCADORES

Los arrancadores comúnmente utilizados son del tipo de destellos, estos constan de 2 electrodos, uno de los cuales es una cinta bimetálica, encerrados en un pequeño bulbo de vidrio lleno de gas inerte como Neón o Argón. Cuando se aplica una tensión, la corriente fluye a través del circuito como resultado de una descarga luminiscente entre los dos electrodos del arrancador. El efecto calorífico de la corriente dilata el elemento bimetálico y produce el contacto de los electrodos. El cierre de los electrodos interrumpe la descarga, pero permite el paso de corriente para el calentamiento de los filamentos de la lámpara durante un corto período de tiempo.

El arrancador común consta de los electrodos descriptos y un condensador para suprimir las interferencias de radio, ambos están encerrados en un pequeño recipiente cilíndrico que se inserta en un enchufe de bayoneta de doble espiga. Como arrancador se proyecta para funcionar entre límites de tensión muy pequeños, para cada tipo de lámpara debe usarse el arrancador adecuado.

BALASTO

La limitación de la corriente en la lámpara fluorescente es la principal función del balasto.

Todas las lámparas fluorescentes pueden ser controladas por una inductancia, capacitor o resistencia pero generalmente se utiliza una inductancia, también puede utilizar una conexión en serie de bobina inductiva y capacitor.

Todos los balastos magnéticos producen sonidos propios denominados zumbidos. Este varía desde un valor inaudible hasta un sonido notable. Los fabricantes de estos aparatos generalmente los designan con letras de la A hasta la F.

El designado por las letras A tiene el menor zumbido y es usado en áreas no ruidosas; los designados con la letra F es de mayor zumbido y puede ser usado satisfactoriamente en alumbrados o en áreas industriales ruidosas.

Existe también un tipo de balasto denominado de clase P que tiene incorporado un protector térmico, consiste en un termostato que desconecta al balasto del circuito cuando su carcasa adopta una temperatura que supera la de su normal funcionamiento.

Se encuentran disponibles balastos electrónicos, estos aparatos sustituyen los componentes magnéticos convencionales por un circuito de estado sólido y trabajan con una frecuencia superior a la normal del circuito de alimentación, operar una lámpara fluorescente a una frecuencia muy elevada puede mejorar su rango de eficacia.

LOCALIZACION DE FALLAS

La localización de fallas puede efectuarse con una lámpara de prueba, esta consta de dos lámparas de 220v conectadas en serie para poder medir tensiones en 380v y de dos puntas de prueba con mango aislador para poder trabajar bajo tensión.

FALLAS MÁS COMUNES

1) La búsqueda del corto circuito:

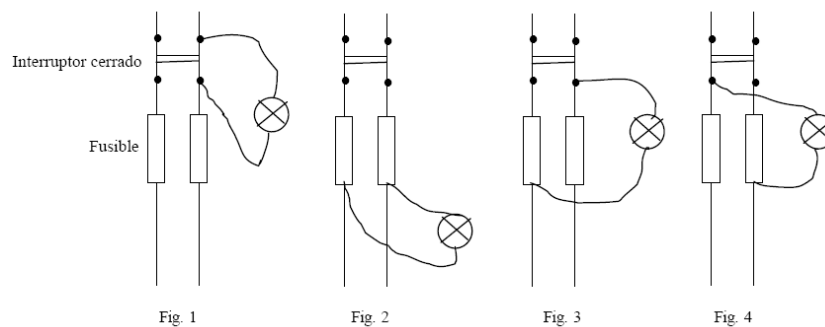
El corto circuito se produce por la conexión directa entre los conductores, ya sean distintas fases, fase y neutro, o fase y tierra.

La búsqueda del corto circuito del corte de energía puede comenzar con el tablero.

Con el interruptor cerrado se verifica colocando la lámpara de prueba si hay tensión en la entrada. De no ser así, la falta de energía corresponde a una falla de la empresa proveedora de energía eléctrica.

Con el interruptor cerrado y colocando la lámpara de prueba en los puntos de la salida de los fusibles (Fig. 2) debe encenderse la lámpara, de no ser así, alguno de esos elementos protectores está defectuoso, para saber cual, se procede a ejecutar de manera explicada (Fig. 3 y 4).

Entrada de alimentación



El encendido de la lámpara indica que el elemento fusible se encuentra en buen estado. Una vez verificado el funcionamiento de los fusibles debe comprobarse el resto del circuito, si no hay

tensión en algún sector, esto se debe a un conductor cortado. La localización de conductores cortados es un trabajo de paciencia porque es necesario hacer desconexiones y proceder por eliminación, lo que en una instalación grande puede demandar demasiado tiempo.

La localización de un cortocircuito se puede realizar de la siguiente manera: se retira el fusible y en su lugar se coloca la lámpara de prueba, si la lámpara enciende estando todos los consumos desconectados es señal de que el corto circuito existe, porque hay retorno de corriente pese a estar el circuito abierto.

Se procede a revisar los ramales y para ello se comienza por desconectar las líneas hasta la primera caja. Si la lámpara enciende, la falla está en este tramo y habrá que cambiar los cables que van desde los fusibles hasta la primer caja. De no ser así, porque la lámpara de prueba no encendió, repetimos la operación con el siguiente tramo hasta encontrar el tramo en donde se produjo la falla. Se puede observar que el procedimiento consiste en una verdadera investigación (procedimiento por eliminación).

2) La búsqueda de la descarga a tierra:

La falla por descarga a tierra aparece cuando se produce una circulación de corriente a tierra. Este tipo de falla se puede verificar de la siguiente manera:

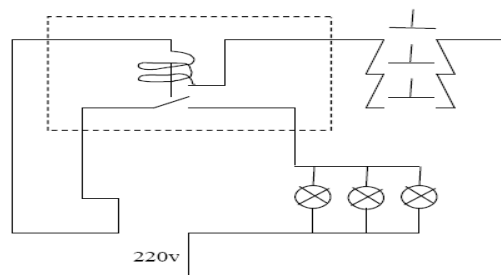
Se desconectan los artefactos de la instalación, se cierra el interruptor principal y se pone bajo tensión a toda la instalación. Se verifica luego del movimiento rotativo del disco medidor de energía eléctrica, al desconectar todos los artefactos no debe haber consumo por lo tanto el disco del medidor no deberá girar. En caso de que si gire, demuestra que en la instalación si existe consumo de energía que debe atribuirse a una pérdida de cables en la instalación.

En caso en que la falla de aislamiento resulte franca, actuarán los fusibles de la instalación por lo que prácticamente se procede a un cortocircuito entre un conductor y el caño metálico de la instalación.

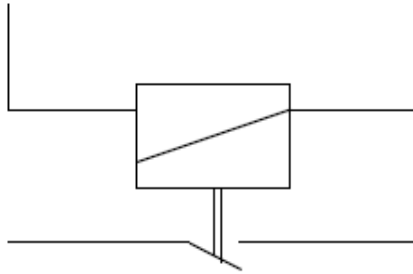
Para su localización deberá seguirse el lineamiento indicado para fallas de cortocircuito.

INTERRUPTOR A DISTANCIA.

El interruptor a distancia reemplaza a la llave de combinación y permite un elevado número de puestos de operación. Se trata de un interruptor que cambia de estado (cerrado – abierto), (abierto – cerrado) al aplicarle tensión a los bornes de la bobina, no es necesario ni conveniente que esta tensión este aplicada en forma permanente ya que un sistema de retención mantiene al interruptor en su posición cerrado o abierto hasta que se le aplica un nuevo pulso de tensión. En las bocas de la instalación donde antes se colocaban llaves de combinación se colocan los pulsadores, pudiéndose colocar tantos como se desee.



Simbología:



PINZA AMPEROMÉTRICA.

Cuando se mide corriente eléctrica utilizando un instrumento común se debe abrir el circuito para conectar en serie el instrumento. Esto puede significar en algunos casos la paralización del funcionamiento de una máquina o tener que dejar sin iluminación un sector de un edificio. Si se utiliza una pinza amperométrica estos inconvenientes desaparecen ya que no es necesario interrumpir el circuito.

El instrumento permite una abertura como si fuera una pinza con la que se envuelve al cable en el momento de la medición, se debe medir un solo conductor de la línea de alimentación ya que si se miden los dos conductores de una línea bipolar el instrumento indicará “0” debido a que se neutralizan los campos producidos por los conductores.

Cómo los instrumentos tienen varios alcances de escalas si no se tiene noción o no se puede calcular el consumo de la instalación se deberá adoptar la escala de mayor alcance.

GENERALIZACIÓN DE LOS APARATOR DE PROTECCIÓN.

Uno de los objetivos primordiales de la tecnología eléctrica es brindar protección al usuario bajando costos y ganando practicidad.

El cortocircuito es una de las fallas más comunes y más importantes que se produce en una instalación eléctrica, así como una de las más peligrosas no solo por su capacidad de destrucción sino también por su elevado riesgo de incendio y/o daño personal.

INTERRUPTORES DIFERENCIALES

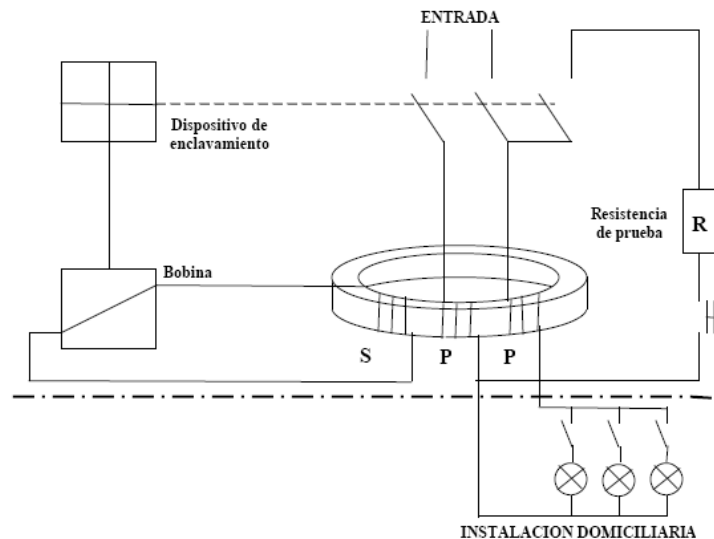
Estos interruptores ofrecen protección eficaz contra corrientes de contacto indirecto o contacto directo con partes conductoras accidentalmente bajo tensión, también contra riesgos de incendio bien sea por resistencias en corrientes a tierra o mal mantenimiento de la red a tierra.

Los interruptores diferenciales de alta sensibilidad, en el orden de los 30 mA garantizan protección no estando conectada la descarga a tierra.

Un interruptor diferencial está formado por las siguientes partes:

- 1- Transformador toroidal.
- 2- Relee electromagnético.
- 3- Mecanismo de desconexión.
- 4- Circuito de prueba (Test).

CIRCUITO Y FUNCIONAMIENTO



El interruptor diferencial está constituido por un transformador toroidal en el cual están arrollados tantos bobinados como conductores activos tenga la instalación a proteger. Estos arrollamientos forman el primario del transformador. El secundario está formado por un solo arrollamiento de alambre. En ausencia de falla y por aplicación de la primera ley de Kirchoff, la suma algebraica de las corrientes que circulan por el primario del transformador es cero, por lo tanto el sistema está equilibrado y no se induce ninguna fuerza electromotriz sobre el secundario del transformador. Por el contrario, con la aparición de una corriente de fuga a tierra esta no vuelve a pasar por los conductores activos. En este momento la suma algebraica ya no será cero, apareciendo la fuerza electromotriz resultante sobre el arrollamiento secundario. Esta actúa sobre unos dispositivos de enclavamiento y provoca la apertura del circuito del interruptor (para que se produzca el disparo, la corriente de fuga debe ser de mayor intensidad que la corriente a la que haya ajustado el interruptor).

Además el interruptor diferencial cuenta con un dispositivo de comprobación; estando el interruptor conectado y mediante el empleo de un pulsador se hace pasar la corriente por una resistencia derivada del circuito principal, este paso de corriente provoca la descompensación en el transformador y con ello la apertura del circuito.

INTERRUPTORES TERMO MÁGNETICOS

Son dispositivos especiales diseñados para la protección de líneas y de toda clase de conductores contra sobrecargas y aparatos que deben ser preservados por sobrecargas eléctricas y cortocircuitos.

Sustituyes a los fusibles con la ventaja de no necesitar reparación.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

La protección contra sobrecarga la proporciona un dispositivo térmico que está formado por una lámina bimetálica que en caso de sobrecarga y debido a la dilatación de uno de sus paneles construido de un material de menos pntes de fusión que el otro, se calienta debido al paso de la corriente y activa el mecanismo que provoca la desconexión del circuito.

La protección contra cortocircuito la proporciona un dispositivo magnético formado por una bobina que en caso de corto crea un campo magnético que actúa sobre el mecanismo que interrumpe el circuito.

INTERRUPTORES COMBINADOS

Este aparato reúne las dos protecciones anteriormente explicadas den un solo artefacto de diminutas dimensiones, la protección diferencial sigue con sensibilidad de 30 mA.

La intervención de cualquiera de las dos protecciones provoca la desconexión del circuito.

EL CONTACTOR

El contactor es un dispositivo electromagnético que ha revolucionado la técnica en lo que a la maniobra de energía eléctrica se refiere; más aun la era de la automatización tuvo su punto de partida con la aparición del contactor.

Su versatilidad operativa con las consecuentes variedades de modelos es una de las características fundamentales que ha convertido al contactor en un elemento clave para un sinnúmero de operaciones que va desde al puesta en marcha de un simple motor, el enclavamiento de varios, el arranque estrella -triángulo, etc.

El comando del contactor puede realizarse de dos maneras diferentes:

- Mando por botonera
- Contactos permanentes.

1) Mando por botonera.

Cuenta con dos o más pulsadores, uno normalmente abierto y otro normalmente cerrado que realizan la puesta en marcha y parada del motor respectivamente. Para este tipo de comando debe utilizarse un contacto auxiliar del contactor al que se lo denomina *retén*; este en algunos casos viene incorporado en su interior y en otros suele ofrecerse aparte.

La función del *retén* es mantener la bobina del contactor bajo tensión luego de presionar el pulsador de marcha, de no hacerlo, al soltar dicho pulsador el circuito volvería a su estado inicial (reposo).

2) Contactos permanentes.

El contacto permanente se puede realizar en forma normal a través de un interruptor tipo palanca o similar o automáticamente mediante elementos tales como finales de carrera, temporizadores o cualquier dispositivo activo o pasivo en forma de *switch*. En este caso no es necesario el retén ya que

no se trata de pulsadores y por lo tanto la bobina del contactor quedará bajo tensión hasta que se cambien el elemento que realice este comando.

Otras de las grandes cualidades del contactor son: la posibilidad de operar a distancia (esto me permite centralizar en un espacio reducido las maniobras de mando y señalización), la otra es manejar en el circuito de comando pequeñas corrientes aunque la máquina que tengamos que operar sea de una potencia elevada.

Partes del contactor

- 1) Contactos principales.
- 2) Contactos auxiliares.
- 3) Circuito electromagnético.
- 4) Soporte o estructura del contactor.

1) Contactos principales.

Pueden ser unipolares, bipolares, etc. fijos o móviles.

Se fabrican con materiales aleados y nunca puros excepto para poca intensidad que son de cobre electrolítico.

Las aleaciones más importantes son: plata – cadmio y plata – níquel; esta última tiene gran resistencia mecánica y al arco voltaico.

Un contacto nunca debe ser degradado por agentes oxidantes, debe resistir a la corrosión.

2) Contactos auxiliares.

Tiene la finalidad del gobierno del contactor y su señalización. Pueden estar abiertos o cerrados estando en reposo el contactor y como suelen dar paso a pequeñas intensidades son de diminuto tamaño.

3) Circuito electromagnético.

Pueden ser de corriente alterna o de continua: los más usados son los de corriente alterna. De acuerdo con las recomendaciones internacionales la tensión de los bornes debe estar comprendida entre 0.85 y 1.10 veces la tensión nominal.

Las tensiones en los bornes en corriente alterna son de: 24, 48, 110, 220, 380 y 440 V para las frecuencias de 50 y 60 Hz.

Consta de las siguientes partes:

- A) Núcleo
- B) Armadura
- C) Bobina

El núcleo es de forma de una E mayúscula , sobre la parte central lleva colocada la bobina generalmente en forma fija.

Cuando la bobina es atravesada por una corriente eléctrica genera un campo electromagnético que convierte al núcleo en un electroimán y este atrae a la armadura (que es la parte móvil) la cual presiona los contactos principales cerrando los auxiliares abiertos y abriendo los cerrados.

Cuando se utiliza con corriente alterna el núcleo se fabrica con acero con chapas aisladas, esto disminuye las pérdidas que se producen en este. Si es en corriente continua el núcleo está formado de hierro porque no existe variación de flujo.

El segundo detalle es la vibración que se encuentra presente en el núcleo y armadura que se suele percibir por un molesto zumbido llegando a veces a la desconexión del aparato.

Esto se debe a que la corriente alterna que alimenta la bobina cae a cero 100 veces por segundos. De este modo la armadura tendera a desprenderse. Para evitar esto en los dos extremos de la E que forma el núcleo se colocan espiras que ubicadas de esta manera son circuladas por corrientes inducidas por el campo electromagnético generado por la bobina y aportan fuerzas magnéticas en los momentos que la corriente alterna suministrada pasa por cero (*espiras de sombra*)

4) Soporte del contactor.

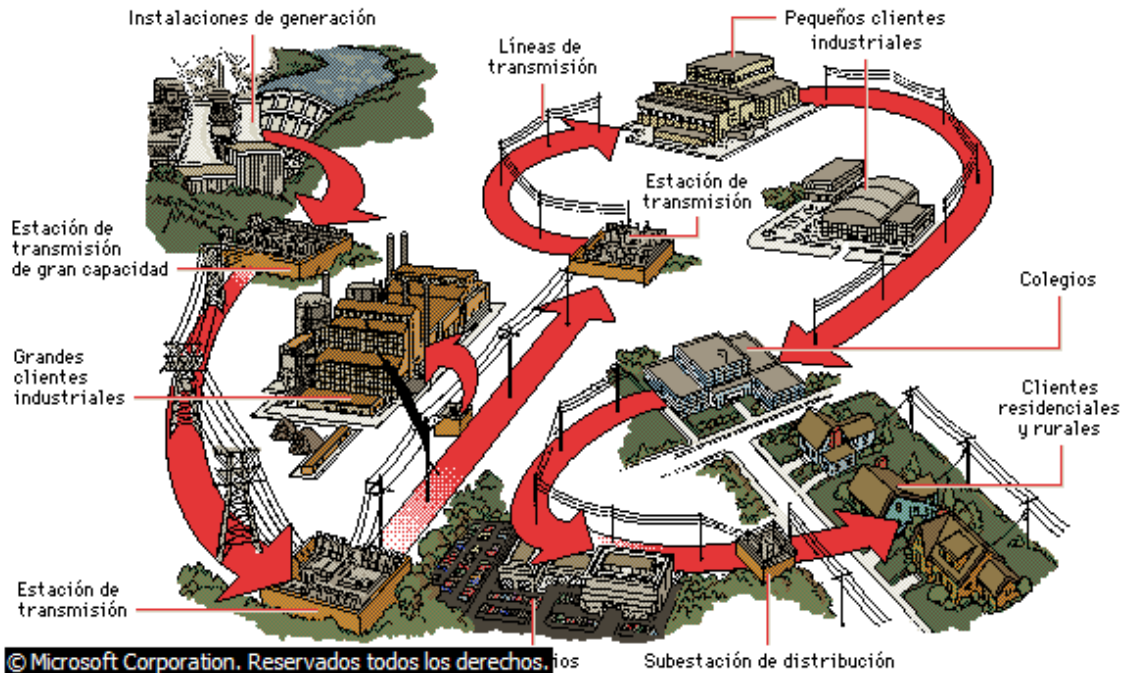
El soporte del contactor debe ser un material aislante, dúctil y por demás tenaz ya que se debe resistir zumbidos que presentan vibraciones y el conectado y desconectado del contactor.

El soporte de la estructura del contactor esta normalizado, su sujeción se realiza con guías DIN la cuales se amuran y el contactor se inserta en las misma, estos tienen ganchos de seguridad.

La línea DIN es una norma que se utiliza en el ámbito internacional, por lo tanto se consigue con gran facilidad (*Deutsche Industrie-Normen*)

GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD

Introducción



Red de energía eléctrica

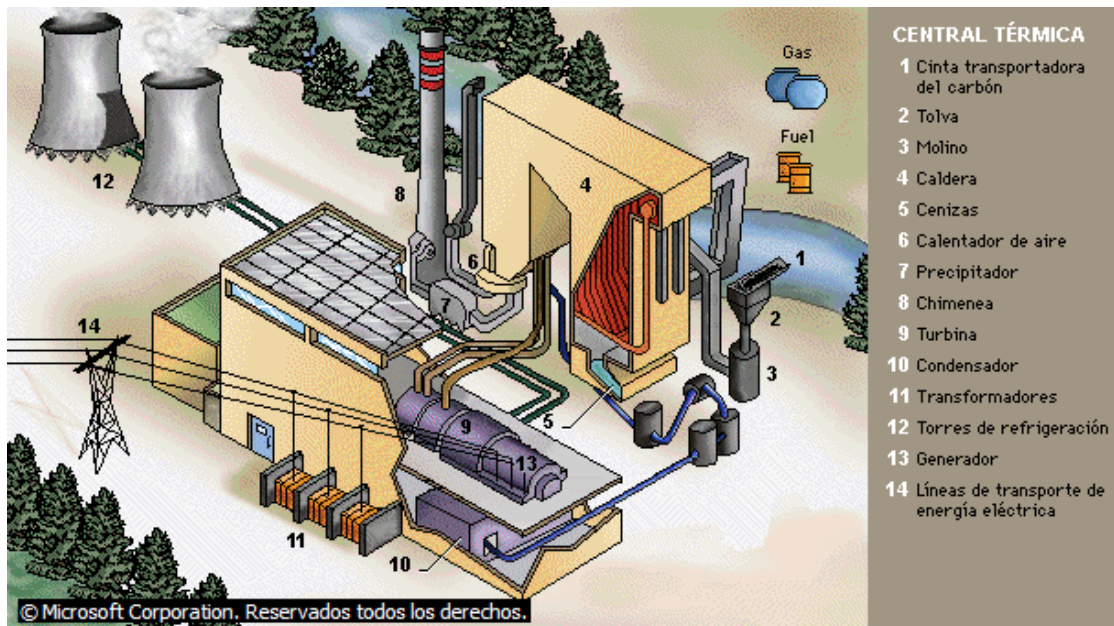
En una central hidroeléctrica, el agua que cae de una presa hace girar turbinas que impulsan generadores eléctricos. La electricidad se transporta a una estación de transmisión, donde un transformador convierte la corriente de baja tensión en una corriente de alta tensión. La electricidad se transporta por cables de alta tensión a las estaciones de distribución, donde se reduce la tensión mediante transformadores hasta niveles adecuados para los usuarios. Las líneas primarias pueden transmitir electricidad con tensiones de hasta 500.000 voltios o más. Las líneas secundarias que van a las viviendas tienen tensiones de 220 o 110 voltios.

Generación y transporte de electricidad, conjunto de instalaciones que se utilizan para transformar otros tipos de energía en electricidad y transportarla hasta los lugares donde se consume. La generación y transporte de energía en forma de electricidad tiene importantes ventajas económicas debido al coste por unidad generada. Las instalaciones eléctricas también permiten utilizar la energía hidroeléctrica a mucha distancia del lugar donde se genera. Estas instalaciones suelen utilizar corriente alterna, ya que es fácil reducir o elevar el voltaje con transformadores. De esta manera, cada parte del sistema puede funcionar con el voltaje apropiado. Las instalaciones eléctricas tienen seis elementos principales: la central eléctrica, los transformadores, que elevan el voltaje de la energía eléctrica generada a las altas tensiones utilizadas en las líneas de transporte, las líneas de transporte, las subestaciones donde la señal baja su voltaje para adecuarse a las líneas de distribución, las líneas de distribución y los transformadores que bajan el voltaje al valor utilizado por los consumidores.

En una instalación normal, los generadores de la central eléctrica suministran voltajes de 26.000 voltios; voltajes superiores no son adecuados por las dificultades que presenta su aislamiento y por el riesgo de cortocircuitos y sus consecuencias. Este voltaje se eleva mediante transformadores a tensiones entre 138.000 y 765.000 voltios para la línea de transporte primaria (cuanto más alta es la tensión en la línea, menor es la corriente y menores son las pérdidas, ya que éstas son proporcionales al cuadrado de la intensidad de corriente). En la subestación, el voltaje se transforma en tensiones entre 69.000 y 138.000 voltios para que sea posible transferir la electricidad al sistema de distribución. La tensión se baja de nuevo con transformadores en cada punto de distribución. La industria pesada suele trabajar a 33.000 voltios (33 kilovoltios), y los trenes eléctricos requieren de 15 a 25 kilovoltios. Para su suministro a los consumidores se baja más la tensión: la industria suele trabajar a tensiones entre 380 y 415 voltios, y las viviendas reciben entre 220 y 240 voltios en algunos países y entre 110 y 125 en otros.

El desarrollo actual de los rectificadores de estado sólido para alta tensión hace posible una conversión económica de alta tensión de corriente alterna a alta tensión de corriente continua para la distribución de electricidad (véase Rectificación). Esto evita las pérdidas inductivas y capacitivas que se producen en la transmisión de corriente alterna (véase más abajo).

La estación central de una instalación eléctrica consta de una máquina motriz, como una turbina de combustión, que mueve un generador eléctrico. La mayor parte de la energía eléctrica del mundo se genera en centrales térmicas alimentadas con carbón, aceite, energía nuclear o gas; una pequeña parte se genera en centrales hidroeléctricas, diesel o provistas de otros sistemas de combustión interna.



Esquema de una central térmica

Esquema de una central térmica clásica. El carbón, el fuel o el gas son los combustibles que alimentan este tipo de centrales eléctricas. La energía eléctrica producida llega a los centros de consumo a través de las líneas de transporte.

Las líneas de conducción se pueden diferenciar según su función secundaria en líneas de transporte (altos voltajes) y líneas de distribución (bajos voltajes). Las primeras se identifican a primera vista por el tamaño de las torres o apoyos, la distancia entre conductores, las largas series de platillos de que constan los aisladores y la existencia de una línea superior de cable más fino que es la línea de tierra. Las líneas de distribución, también denominadas terciarias, son las últimas existentes antes de llegar la electricidad al usuario, y reciben aquella denominación por tratarse de las que distribuyen la electricidad al último eslabón de la cadena.

Las líneas de conducción de alta tensión suelen estar formadas por cables de cobre, aluminio o acero recubierto de aluminio o cobre. Estos cables están suspendidos de postes o pilones, altas torres de acero, mediante una sucesión de aislantes de porcelana. Gracias a la utilización de cables de acero recubierto y altas torres, la distancia entre éstas puede ser mayor, lo que reduce el coste del tendido de las líneas de conducción; las más modernas, con tendido en línea recta, se construyen con menos de cuatro torres por kilómetro. En algunas zonas, las líneas de alta tensión se cuelgan de postes de madera; para las líneas de distribución, a menor tensión, suelen ser postes de madera, más adecuados que las torres de acero. En las ciudades y otras áreas donde los cables aéreos son peligrosos se utilizan cables aislados subterráneos. Algunos cables tienen el centro hueco para que circule aceite a baja presión. El aceite proporciona una protección temporal contra el agua, que podría producir fugas en el cable. Se utilizan con frecuencia tubos rellenos con muchos cables y aceite a alta presión (unas 15 atmósferas) para la transmisión de tensiones de hasta 345 kilovoltios.

Cualquier sistema de distribución de electricidad requiere una serie de equipos suplementarios para proteger los generadores, transformadores y las propias líneas de conducción.

Suelen incluir dispositivos diseñados para regular la tensión que se proporciona a los usuarios y corregir el factor de potencia del sistema (véase más abajo).

Los cortacircuitos se utilizan para proteger todos los elementos de la instalación contra cortocircuitos y sobrecargas y para realizar las operaciones de conmutación ordinarias. Estos cortacircuitos son grandes interruptores que se activan de modo automático cuando ocurre un cortocircuito o cuando una circunstancia anómala produce una subida repentina de la corriente. En el momento en el que este dispositivo interrumpe la corriente se forma un arco eléctrico entre sus terminales. Para evitar este arco, los grandes cortacircuitos, como los utilizados para proteger los generadores y las secciones de las líneas de conducción primarias, están sumergidos en un líquido aislante, por lo general aceite. También se utilizan campos magnéticos para romper el arco. En tiendas, fábricas y viviendas se utilizan pequeños cortacircuitos diferenciales. Los aparatos eléctricos también incorporan unos cortacircuitos llamados fusibles, consistentes en un alambre de una aleación de bajo punto de fusión; el fusible se introduce en el circuito y se funde si la corriente aumenta por encima de un valor predeterminado.

Fallos del sistema

En muchas zonas del mundo las instalaciones locales o nacionales están conectadas formando una red. Esta red de conexiones permite que la electricidad generada en un área se comparta con otras zonas. Cada empresa aumenta su capacidad de reserva y comparte el riesgo de apagones.

Estas redes son enormes y complejos sistemas compuestos y operados por grupos diversos. Representan una ventaja económica pero aumentan el riesgo de un apagón generalizado, ya que si un pequeño cortocircuito se produce en una zona, por sobrecarga en las zonas cercanas se puede transmitir en cadena a todo el país. Muchos hospitales, edificios públicos, centros comerciales y otras instalaciones que dependen de la energía eléctrica tienen sus propios generadores para eliminar el riesgo de apagones.

Regulación del voltaje

Las largas líneas de conducción presentan inductancia, capacitancia y resistencia al paso de la corriente eléctrica. El efecto de la inductancia y de la capacitancia de la línea es la variación de la tensión si varía la corriente, por lo que la tensión suministrada varía con la carga acoplada. Se utilizan muchos tipos de dispositivos para regular esta variación no deseada. La regulación de la tensión se consigue con reguladores de la inducción y motores síncronos de tres fases, también llamados condensadores síncronos. Ambos varían los valores eficaces de la inductancia y la capacitancia en el circuito de transmisión. Ya que la inductancia y la capacitancia tienden a anularse entre sí, cuando la carga del circuito tiene mayor reactancia inductiva que capacitiva (lo que suele ocurrir en las grandes instalaciones) la potencia suministrada para una tensión y corriente determinadas es menor que si las dos son iguales. La relación entre esas dos cantidades de potencia se llama factor de potencia. Como las pérdidas en las líneas de conducción son proporcionales a la intensidad de corriente, se aumenta la capacitancia para que el factor de potencia tenga un valor lo más cercano posible a 1. Por esta razón se suelen instalar grandes condensadores en los sistemas de transmisión de electricidad.

Producción mundial de energía eléctrica

Durante el periodo comprendido entre 1959 y 1990, la producción y consumo anual de electricidad aumentó de poco más de 1 billón de kWh a más de 11,5 billones. También tuvo lugar un cambio en el tipo de generación de energía. En 1950 las dos terceras partes de la energía eléctrica se generaban en centrales térmicas y un tercio en centrales hidroeléctricas. En 1990 las centrales térmicas seguían produciendo alrededor del 60% de la electricidad, pero la producción de las centrales hidroeléctricas descendió hasta poco más del 20% y la energía nuclear generaba el 15% de la producción mundial. Sin embargo, el crecimiento de la energía nuclear descendió en algunos países debido a consideraciones de seguridad. En Estados Unidos las centrales nucleares generaron el 20% de la electricidad en 1990, mientras que en Francia, líder mundial del uso de energía atómica, las centrales nucleares proporcionan el 75% de su producción eléctrica.

Impacto ambiental de las líneas de conducción

Como toda actividad humana, la generación y transporte de energía eléctrica produce una serie de impactos ambientales. Los impactos producidos en el proceso de generación son altamente específicos de la fuente de energía utilizada: hidráulica, nuclear, térmica... Sin embargo, las líneas de transporte producen unos tipos definidos de impacto, con independencia del origen de la energía eléctrica transportada. Así, cabe destacar el impacto producido sobre la fauna, y en concreto las aves, que sufren electrocución al posarse en los apoyos de los postes, especialmente los de distribución, ya que en estos los conductores están más juntos entre sí y respecto de la estructura de apoyo, y las cadenas de aisladores son más cortas, lo que provoca que sea relativamente fácil que un ave posada en el poste toque un conductor y se produzca la electrocución. En el caso de las líneas de transporte, los accidentes por electrocución son raros, afectando sólo a grandes aves que pueden tocar a un tiempo dos conductores o un conductor y el apoyo. La clase de accidente más común en este tipo de líneas es la colisión con los cables, sobre todo con el de tierra, más fina y situada por encima del resto. El mayor riesgo para la vegetación en una línea en servicio es el de incendio por caída de un cable en caso de accidente, como la caída de un rayo. En cualquier caso, las compañías eléctricas son cada vez más sensibles a estos problemas, por lo que están actuando en zonas especialmente afectadas y considerando estos riesgos en líneas de nueva construcción.