



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

TES OEM
TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES
ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO

TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DEL
ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CUADERNILLO DE APUNTES:
ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

ELABORADO POR:
M en C. MAXIMILIANO HERNÁNDEZ RUIZ

LA PAZ, ESTADO DE MÉXICO FEBRERO 2010

ÍNDICE

Introducción.

Unidad 1

Conceptos Generales y Mediciones Eléctricas

1.1 Ley de Ohm Leyes de Kirchhoff .

1.2 Circuitos Serie Circuito Paralelo Circuito Serie Paralelo.

1.3 Medición Voltaje con Voltímetro.

1.4 Medición Corriente con Amperímetro.

1.5 Medición Resistencia con Ohmmetro y Megger.

1.6 Medición Potencia con Watthorimetro.

1.7 Medición Factor Potencia con watthorímetros y varhorímetros.

Unidad 2

Generación y distribución de corriente eléctrica.

2.1 Generadores de Energía Eléctrica.

2.2 El Transformador Eléctrico.

2.2.1 Relación de Transformación Eléctrica.

2.2.2 Tipos Características Transformadores Eléctricos.

2.3 Subestación Eléctrica Partes Principales.

2.3.2 Protecciones Subestación Eléctrica.

Unidad 3

Motores y aplicaciones Industriales.

3.1 Motor de Inducción.

3.2 Motor Corriente Continua.

3.3 Instalación Eléctrica.

3.4 Elementos Eléctricos de Control Industrial Relevadores.

Unidad 4

Electrónica Industrial.

4.1 Elementos Electrónicos básicos de Control Industrial.

4.1.1 Diodo.

4.1.2 Transistor.

4.1.3 Scr y Triac.

4.1.4 Sensores y Transductores.

4.2 Lógica Digital.

4.2.1 Operaciones y Compuertas Lógicas Básicas.

4.2.2 Contadores y Temporizadores.

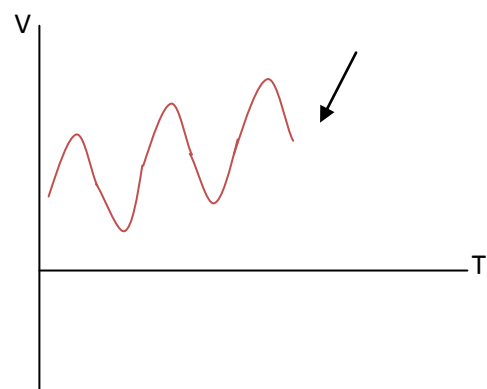
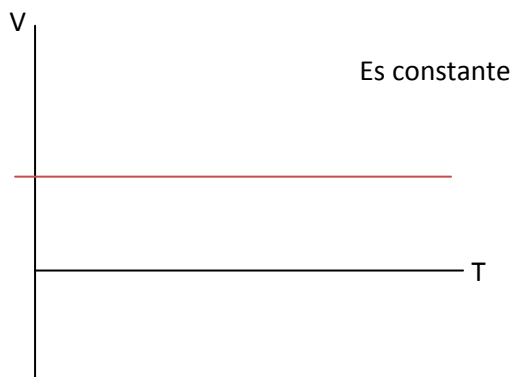
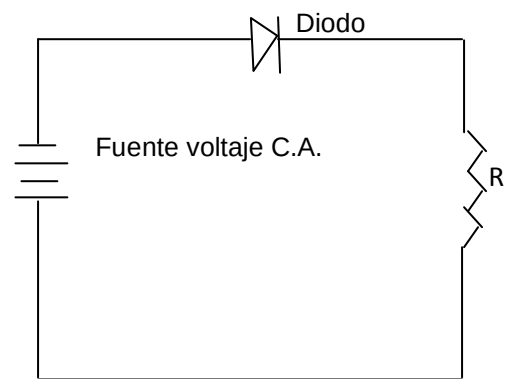
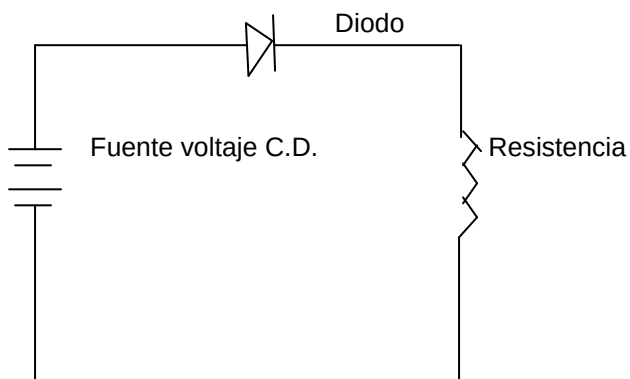
4.2.3 Controladores Lógicos Programables PLC.

El presente documento es una recopilación de las notas y apuntes, con las que el alumno podrá complementar las explicaciones que el profesor imparte durante la exposición del curso de la asignatura Electricidad y Electrónica Industrial, en el tercer semestre de la carrera de Ingeniería Industrial.

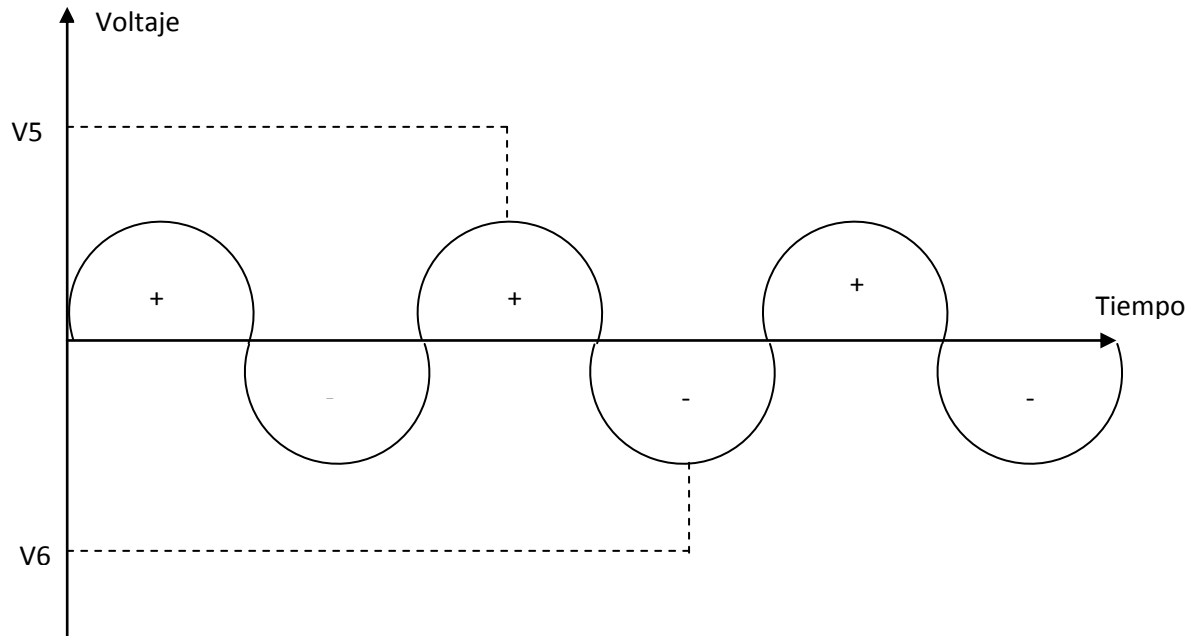
1. Conceptos Generales y Mediciones Eléctricas

1.1. Ley de Ohm – Leyes de Kirchhoff

La fuente recibe el nombre de señal de alimentación esta puede ser de corriente alterna o directa dependiendo del circuito en estudio, los conductores, que físicamente se refiere a cables de cobre, y por último los dispositivos que pueden ser resistencias, capacitores, inductancias, diodos, transistores, etc., las señales que alimentan nuestros circuitos pueden ser de diferentes tipos según se explica en los siguientes diagramas.



Fuentes C.A.



Una señal de C.A. se caracteriza por tener en un instante el signo positivo y al siguiente instante negativo siempre alternándose la polaridad.

El hertz se define como la unidad en que se mide la frecuencia y esto es el evento o fenómeno que ocurre y su duración es un segundo por ejemplo: si un fenómeno tiene una duración de un segundo su frecuencia es de un hertzio.

La duración del evento y la frecuencia se relacionan con la siguiente ecuación:

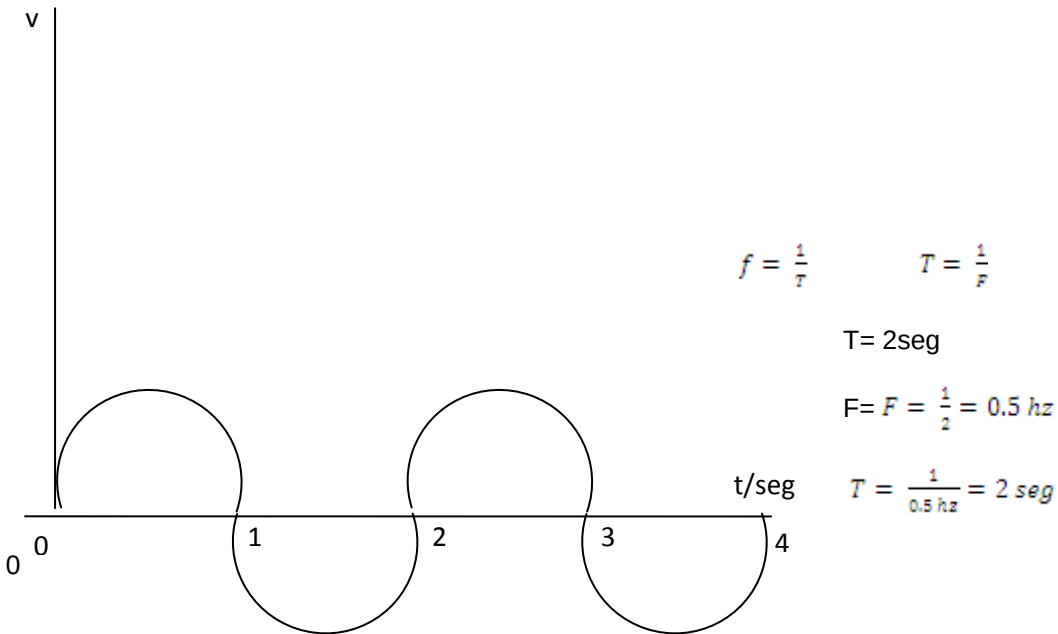
$$F = \frac{1}{T}$$

F= Frecuencia del fenómeno y se expresa en hz o ciclos por segundo.

T= Es la duración del evento y se expresa en segundos.

Se tiene un motor que gira a una velocidad angular de 1680 RPM determine su frecuencia en hz.

$$F = 1680 \text{ rpm} \left| \frac{1 \text{ Min}}{60 \text{ Seg}} \right| = 28 \text{ hz} \text{ ó } 28 \text{ revoluciones por segundo.}$$



El valor pico a pico es igual a dos veces el valor máximo.

$$VPP = 2v_{\text{max}}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$V(t) = v_{\text{max}} \cdot \sin \omega t$$

Omega se define como la velocidad angular de la señal y esta dada en radianes sobre segundo.

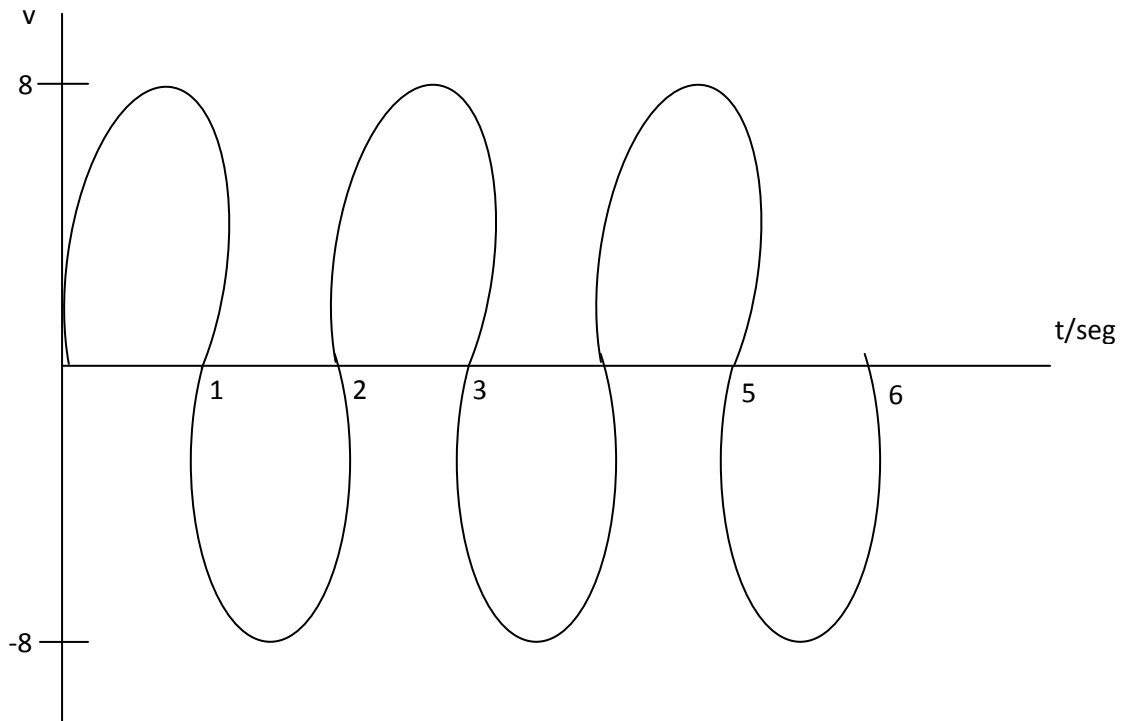
$$v_{\text{max}} = 3 \quad v(t) = 3 \sin \frac{2\pi}{0.5}$$

$$v_{pp} = 6 \quad v(t) = 3 \sin 4\pi t (\text{volts})$$

$$F = 0.5 \text{ hz}$$

Ejemplo: dibujar una señal que satisfaga la siguiente ecuación:

$$v(t) = 8\text{sen } 12\pi t \text{ (volts)}$$



$$\frac{2\pi}{f} = 12\pi \quad v_{pp} = 16\text{volts}$$

$$f = \frac{1}{6}$$

$$T = 6\text{seg}$$

Diferencia entre Radianes, Grados y Gradiente

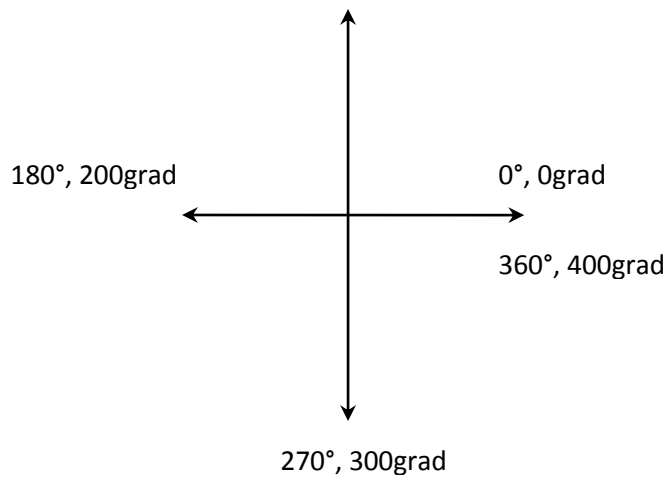
Estas cantidades se refieren a ángulos y sus equivalentes son las siguientes:

$$90^\circ = 100 \text{ gradientes}$$

$$\pi \text{ radianes} = 180^\circ$$

$$1 \text{ radian} = 57.29^\circ$$

90°, 100grad



Convertir las siguientes cantidades según se indica:

- 1) 432 radianes a grados
- 2) 14200 grados a gradientes
- 3) 738 grados a radianes
- 4) 1800 grados a gradientes

1.- $1 \text{ rad} = 57.29^\circ$

$$432 \text{ Rad.} = X \quad 432 \text{ rad} \times 57.29^\circ / 1 \text{ rad} = 24749.28^\circ$$

2.- $90^\circ = 100 \text{ grad}$

$$14200^\circ = X \quad 14200^\circ \times 100 \text{ grad} / 90^\circ = 15777.77 \text{ grad}$$

$$3.- 738^\circ \left(\frac{90^\circ}{100 \text{ grad}} \mid \frac{1 \text{ rad}}{57.29^\circ} \right) = 11.59 \text{ rad}$$

4.- $90^\circ = 100 \text{ grad}$

$$1800^\circ = X \quad 1800^\circ \times 100 \text{ grad} / 90^\circ = 2000 \text{ grad}$$

Ley de Ohm

Establece que la caída de tensión el voltaje o la diferencia de potencial en un sistema equivalente al producto del efecto resistivo del circuito por la intensidad de corriente del mismo.

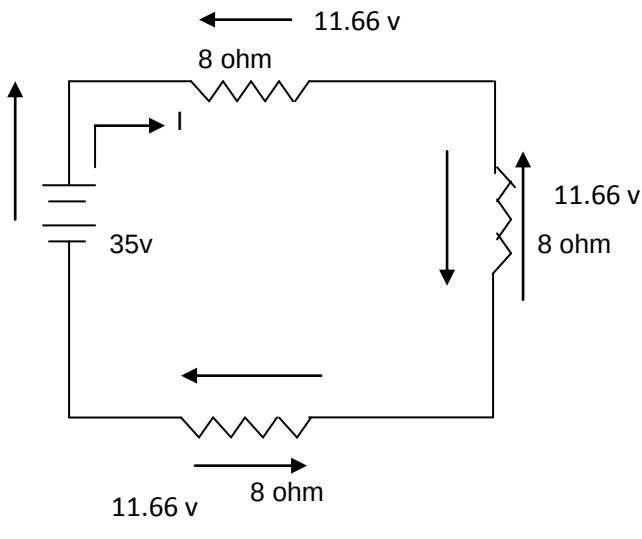
Las unidades son:

Voltaje: volts

Resistencia: ohm

Intensidad de corriente: amperes

Se aplica para un circuito en general o para cada uno de los elementos de un circuito. Como el siguiente ejemplo:



$$I = \frac{V}{R} = \frac{35\text{volts}}{24\Omega} = 1.45 \text{ amp}$$

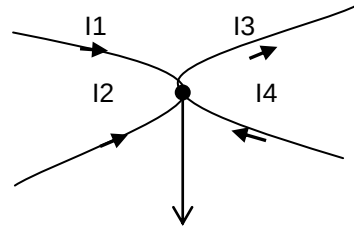
$$VR_{8\Omega} = R_{8\Omega} * I_{8\Omega} \rightarrow V = 8\Omega * 1.45 \text{ amp} = 11.66 \text{ volts.}$$

1.1.2. Leyes de Kirchhoff

Ley de Voltaje de Kirchhoff

L.V.K. establece que la suma de los voltajes en una malla cerrada debe ser cero y se utiliza para resolver circuitos con varias mallas.

L.I.K. Ley de Corrientes de Kirchhoff establece que las sumas de las corrientes que entran a un nudo es igual a cero, por ejemplo:

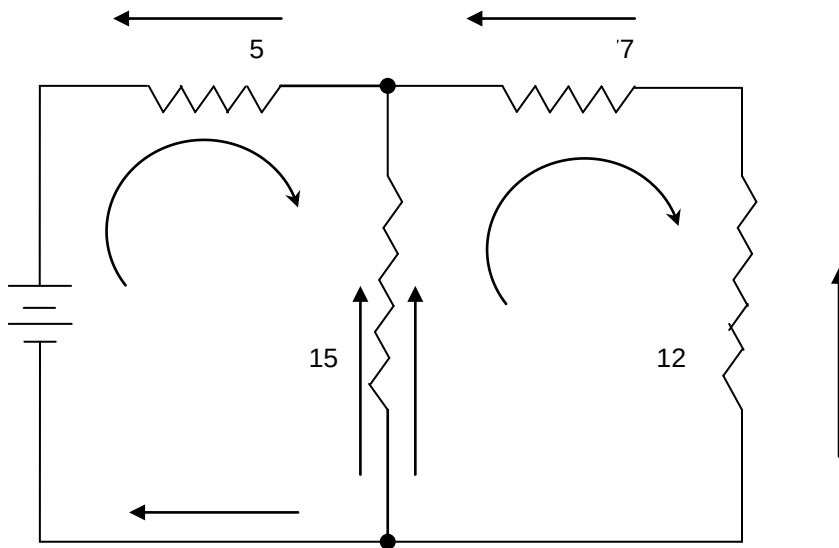


$$I1 + I2 + I4 = I3$$

$$I1 + I2 + I4 - I3 = 0$$

Del circuito que se muestra a continuación determine $I1$ e $I2$ y compruebe la L.V.K. para cada malla.

Para resolver el circuito se establecen las ecuaciones de malla



Malla 1:

$$35v = 5\Omega I1 + 15\Omega I1 - 15\Omega I2$$

$$35v = 20\Omega I1 - 15\Omega I2 \rightarrow \text{ecuacion 1}$$

Malla 2:

$$0v = 7\Omega I2 + 12\Omega I2 + 15\Omega - 15\Omega I1$$

$$0v = -15\Omega I_1 + 34\Omega I_2 \rightarrow \text{ecuacion 2}$$

$$35v = 20\Omega I_1 - 15\Omega I_2$$

$$0v = -15\Omega I_1 + 34\Omega I_2$$

$$(15) \ 20\Omega I_1 - 15\Omega I_2 = 35v$$

$$(20) \ -15\Omega I_1 + 34\Omega I_2 = 0v$$

$$300\Omega I_1 - 225\Omega I_2 = 525v$$

$$-300\Omega I_1 + 680\Omega I_2 = 0$$

$$455\Omega I_2 = 525v$$

$$I_2 = \frac{525v}{455\Omega} = 1.1538 \text{ amp}$$

$$. \ 20\Omega I_1 - 15\Omega(1.1538) = 35v$$

$$. \ 20\Omega I_1 - 17.307 = 35v$$

$$. \ 20\Omega I_1 = 35 + 17.307$$

$$. \ 20\Omega I_1 = 52.307$$

$$. \ I_1 = \frac{52.307}{20} = 2.6153 \text{ amp}$$

Comprobación L.I.V.

$$I_1 = I_2 - I_3$$

$$I_3 = I_1 - I_2$$

$$I_3 = I_1 - I_2 = 1.47 \text{ amp}$$

$$V_{5\Omega} = 5\Omega I_1 = 5\Omega 2.61 \text{ amp} = 13.05 \text{ volts}$$

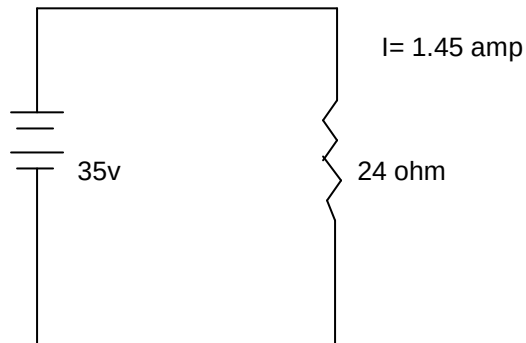
$$V_{15\Omega} = 15\Omega I_3 = 15\Omega 1.47 \text{ amp} = 22.05 \text{ volts}$$

$$V_{7\Omega} = 7\Omega 1.14 \text{ amp} = 7.98 \text{ volts}$$

$$V_{12\Omega} = 12\Omega \cdot 1.14 \text{ amp} = 13.68 \text{ volts}$$

1.2. Circuitos serie – circuito paralelo-circuito serie paralelo

Para simplificar las resistencias que se encuentran en serie simplemente se suman.



$$I = \frac{V}{R} = \frac{35 \text{ volts}}{24\Omega} = 1.45 \text{ amp}$$

$$V_{R8\Omega} = R8\Omega \cdot I8\Omega \rightarrow V = 8\Omega \cdot 1.45 \text{ amp} = 11.66 \text{ volts.}$$

Reducción de resistencias en paralelo.

Se dice que dos resistencias están conectadas en paralelo cuando sus dos extremos coinciden en el mismo punto por ejemplo:

R1



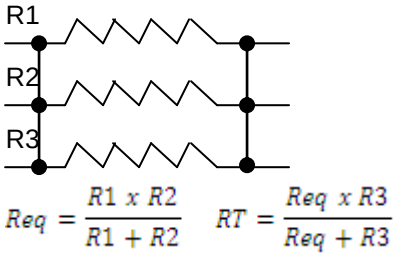
R2

Receta para reducir 2 resistencias en paralelo.

Se aplica la siguiente expresión:

$$R_{eq} = \frac{R1 \times R2}{R1 + R2}$$

Si se tiene n resistencias en paralelo se toman 2 cualesquiera de ellas haciendo la reducción y después tomaríamos el resultado con la resistencia siguiente aplicando de nuevo la ecuación hasta terminar las resistencias.



1.3. Medición de voltaje a través de un voltímetro

La ley de ohm es fundamental para todos los que practicamos la electrónica, por lo mismo trataré de profundizar en el tema y especialmente que los estudiantes sepan de que se trata y para que sirve. No hay progreso efectivo en cualquier campo científico, hasta no establecer métodos de mediciones cuantitativas que se relacionen con el. En nuestros días el campo de la ciencia que trata de las mediciones se llama física y

durante sus primeros días todas las ramas científicas se agruparon como "Filosofía Natural", por lo que algunos de los primeros científicos se llamaron filósofos. Posteriormente varias ramas de la ciencia se complicaron tanto que requirieron títulos que las describieran mejor; el término filosofía natural se dejó de usar toda vez que los científicos fueron capaces de establecer unidades de medición para la corriente eléctrica, voltaje, fuerza, etc., la experimentación eléctrica comenzó a extenderse rápidamente y los métodos de medición se fueron simplificando, con esto la experimentación tuvo un impulso.

Por ejemplo, los primeros experimentadores medían la electricidad con el tacto, tocando los terminales o puntos a probar con los dedos. Cuando la descarga era mayor, mayor valor de electricidad. En ese entonces sólo se tenían 2 medidas o proporciones: mucha o poca electricidad, esto no solo era altamente peligroso, sino inapropiado para mediciones en equipos eléctricos complejos. Cuando se inició la fabricación de los medidores, la ciencia eléctrica tuvo grandes avances, estudiaremos las unidades de medida en electricidad y electrónica, además de los métodos que se utilizan para medir algunas de dichas unidades.

En los terminales de una batería existe la fuerza electromotriz (FEM) cuando no se toma corriente. Esta fuerza electromotriz, es considerada en ocasiones como una presión eléctrica y se debe a un sobrante de electrones en uno de los terminales, y a la falta de electrones en la otra. El sobrante y la falta de electrones, es causado por la acción química de la batería. En tanto por un lado exista exceso y por la otra falta de electrones habrá una atracción entre las cargas.

En el momento oportuno, el exceso de electrones del terminal negativo se precipitará para combinarse con los átomos deficientes de electrones en el terminal positivo y se considera que dichos electrones están bajo presión.

Pregunta: ¿Porqué los electrones no pasan por la batería y se combinan con los iones positivos (átomos deficientes de electrones)? Porque los electrones y los iones se generan bajo presión y no pueden volver a la batería tanto como el agua que no puede retroceder a la bomba para igualar la presión creada por la misma. Así como el agua fluye por tuberías exteriores para neutralizar la presión de la bomba, también los electrones fluyen por los conductores para neutralizar los iones.

Al recorrido que ofrecen los conductores a la corriente de la batería se le llama circuito. Cuando se conectan uno más conductores a la batería, pero sin completar el recorrido para que circulen los electrones, se le llama circuito abierto, por el contrario, si se completa el camino se le llama circuito cerrado, estos términos se aplican a cualquier fuente de fuerza electromotriz.

Cuando se conecta un conductor al terminal negativo de una fuente de fuerza electromotriz, el exceso de electrones se distribuye por sí mismo a lo largo del conductor, y cuando se conecta al terminal positivo, los átomos se ionizan en el conductor, aunque el circuito no se complete (se cierre) los extremos de los conductores tienen exceso o falta de electrones. Si se aplica una fuente de fuerza electromotriz mayor la ionización será más completa.

La relación entre corriente y voltaje es un hecho, imaginemos nuevamente el circuito abierto. Si a una batería le conectamos un voltímetro (en paralelo con los terminales de la batería), un interruptor, un amperímetro (en serie con el circuito) y un resistor, creamos un circuito (abierto). En este caso el voltímetro indicará el voltaje de la batería, aún con el circuito abierto, en cambio el amperímetro indicará cero puesto que no circula corriente por el circuito, en tanto exista una diferencia de cargas en los terminales de la batería, existe un voltaje, esto puede definirse como una diferencia de potencial.

Ahora, cerramos el interruptor, lo cual nos da un circuito cerrado, el voltímetro seguirá indicando el voltaje y el voltaje en el interruptor será "0"; en este caso el amperímetro indicará la corriente que fluye por el circuito, obviamente cuando cerramos el circuito el voltaje tendrá una ligera caída por efecto de la resistencia interna de la batería, en algunos casos esta caída será insignificante.

Cuando los electrones circulan por el resistor tratan de agruparse en el lado por donde entran, esto significa que existen más electrones en el lado del resistor por donde entran, que por el lado donde salen existiendo en el resistor un voltaje. La polaridad del voltaje a través del resistor se contrapone a la polaridad de la batería, dicha de otra manera, el voltaje en el resistor se opone al voltaje de la batería, esto obedece a que el voltaje negativo del resistor trata de rechazar a los electrones de la batería. Dado que el voltaje en el resistor se establece por la circulación de corriente, no es posible para ese voltaje detener la circulación de corriente, si esto fuera posible, el voltaje en el resistor sería "0" y la corriente de la batería no tendría oposición. Si medimos el voltaje del resistor, el voltímetro indicaría exactamente el mismo que en los terminales de la batería.

EL VOLTÍMETRO

El instrumento más utilizado para medir la diferencia de potencial (voltaje) es un galvanómetro que cuenta con una gran resistencia unida en serie a la bobina. Cuando se conecta un medidor de este tipo a una batería o a dos puntos de un circuito eléctrico entre los que existe una diferencia de potencial, circula una cantidad reducida de corriente (limitada por la resistencia en serie) a través del medidor. La corriente es proporcional al voltaje, que se puede medir si el galvanómetro se calibra para ello. Cuando se usa el tipo adecuado de resistencias en serie, un galvanómetro sirve para medir niveles muy distintos de voltajes. El instrumento más preciso para medir una fuerza electromotriz es el potenciómetro, que mide esta magnitud al compararla con una fuerza electromotriz variable y de valor conocido, opuesta a la que se quiere medir.

Para medir voltajes de corriente alterna se utilizan medidores de alterna con alta resistencia interior, o medidores similares con una fuerte resistencia en serie.

Los demás métodos de medición del voltaje utilizan tubos de vacío y circuitos electrónicos y resultan muy útiles para hacer mediciones a altas frecuencias. Un dispositivo de este tipo es el voltímetro de tubo de vacío. En la forma más simple de este tipo de voltímetro se rectifica una corriente alterna en un tubo de diodo y se mide la corriente rectificada con un galvanómetro convencional. Otros voltímetros de este tipo utilizan las características amplificadoras de los tubos de vacío para medir voltajes muy bajos. El osciloscopio de rayos catódicos se emplea también para hacer mediciones de voltaje, ya que la inclinación del haz de electrones es proporcional al voltaje aplicado a las placas o electrodos del tubo.

Este aparato es utilizado para medir, directa o indirectamente, diferencias de potencial eléctrico. Esencialmente, un voltímetro está constituido por un galvanómetro sensible que se conecta en serie con una resistencia adicional de valor elevado. Para que en el proceso de medida no se altere la diferencia de potencial, es conveniente que el aparato consuma la menor cantidad posible de corriente; esto se consigue en el voltímetro electrónico, que consta de un circuito electrónico formado por un adaptador de impedancia.



Un dispositivo que mide diferencias de potencial recibe el nombre de voltímetro. La diferencia de potencial entre dos puntos cualesquiera en el circuito puede medirse uniendo simplemente las terminales del voltímetro entre estos puntos sin romper el circuito, como se muestra en la figura.

La diferencia de potencial en el resistor R2 se mide conectando el voltímetro en paralelo con R2. También en este caso, es necesario observar la polaridad del instrumento. La terminal positiva del voltímetro debe conectarse en el extremo de resistor al potencial más alto, y la terminal negativa al extremo del potencial más bajo del resistor. Un voltímetro ideal tiene resistencia infinita de manera que no circula corriente a través de él. Como se

ve en la figura esta condición requiere que el voltímetro tenga una resistencia que es muy grande en relación con R_2 . En la práctica, si no se cumple esta condición, debe hacerse una corrección respecto de la resistencia conocida del voltímetro.

VOLTÍMETRO DIGITAL_ Descripción

Instrumento digital diseñado para medir y presentar en forma digital una variable tensión de la corriente eléctrica. Es importante tener la tensión adecuada para la cual fueron diseñados los diferentes dispositivos conectados al sistema. Salirse de éste rango de operación puede ser motivo de deterioro de los mismos.



Cuando la tecnología nos permite saber, cual es la tensión, con bastante precisión, no se debe seguir con dispositivos que solo indican que "hay" tensión pero no exactamente cuánta.

Aplicaciones

El voltímetro es tal vez el instrumento que más aplicaciones tiene. Fuera de la función específica de medir un voltaje, existen muchos parámetros que se miden indirectamente con voltímetros por ejemplo:

Presión usando sensores cuya resistencia varía con la presión como es el caso de los indicadores usados por la industria automotriz.

Temperatura, un caso similar al anterior.

Esta aplicación simula un circuito sencillo de una resistencia. Además, hay un voltímetro y un amperímetro conectados en paralelo y en serie, respectivamente, con la resistencia.

Se puede seleccionar los valores máximos de tensión e intensidad tolerados por los medidores mediante las cajas de selección correspondientes. Si aparece el mensaje de advertencia "Máximo excedido!", se debe seleccionar otro rango de medida más adecuado. Se puede cambiar la resistencia (R) y la tensión (U) con los cuatro botones correspondientes. En la parte inferior derecha, aparecen los valores de la tensión (U) y de la intensidad (I).

Tensión e intensidad son directamente proporcionales en un conductor metálico a temperatura constante.

1.4. Medición de corriente a través de un amperímetro

MEDICION DE CORRIENTE A TRAVES DE UN AMPERÍMETRO

Un voltímetro se construye conectando en serie una resistencia R_s óhmica de un valor alto (20 kilo-ohmios) con la resistencia interna R_g de un galvanómetro, como se muestra en la figura 2.

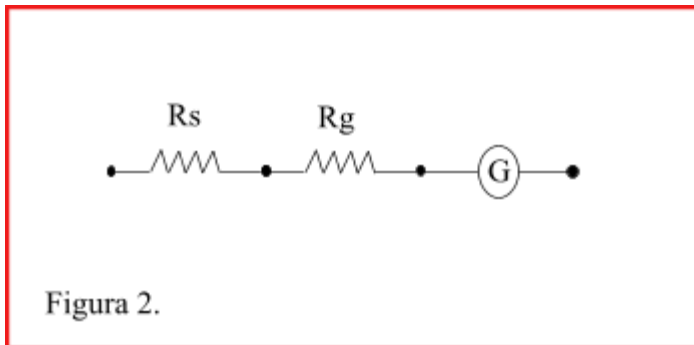


Figura 2. Esquema de las conexiones internas de un voltímetro. R_s es mucho más grande que la resistencia interna R_g del galvanómetro.

Para medir la caída de potencial entre los extremos de una resistencia R , el voltímetro se conecta en paralelo con ella, como se indica en la figura 3. Debido a que la resistencia interna del voltímetro R_s es mucho más grande que R , la corriente circula principalmente por R y por el voltímetro pasa solamente una pequeña fracción.

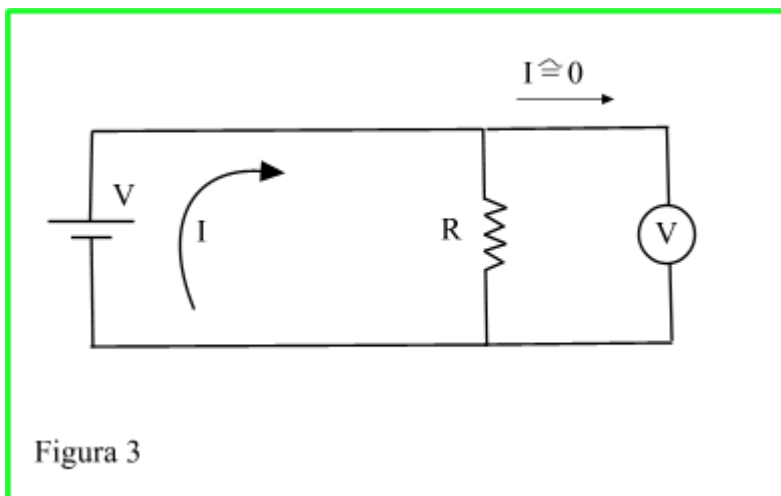


Figura 3. Conexión en paralelo del voltímetro para medir el voltaje en la resistencia R .

El amperímetro está constituido por un galvanómetro de resistencia interna R_g a la cual se le conecta en paralelo una resistencia R_a muy pequeña (R_a es del orden de los miliohmios), como se muestra en la figura 4. Cuando se necesita medir la corriente que pasa por un circuito, el amperímetro se conecta en serie, como se ilustra en la figura 5. Puesto que la resistencia interna R_a del amperímetro es muy pequeña comparada con la resistencia del galvanómetro, la mayor parte de la corriente circula por la resistencia R y por la resistencia R_a , lo cual no altera el valor de la corriente del circuito.

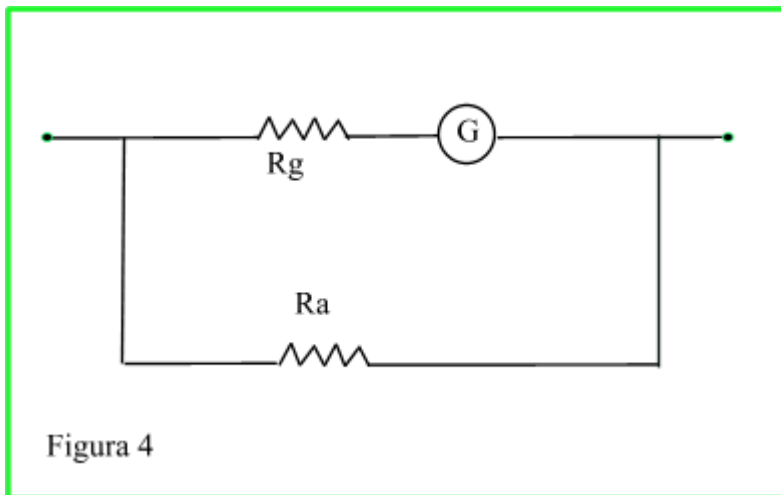


Figura 4. Esquema de las conexiones internas de un amperímetro. R_g es de unos 30 ohmios y R_a tiene aproximadamente 1 miliohmio.

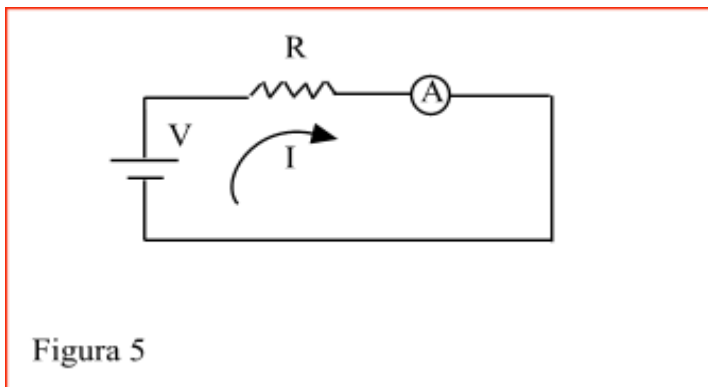


Figura 5. El amperímetro A conectado en serie con la resistencia transporta la misma corriente que circula por R.

Debido a este diseño el amperímetro nunca debe conectarse en paralelo en un circuito.

L

A fuente de voltaje entrega energía (voltaje y, o, corriente) a cualquier dispositivo eléctrico o electrónico: bombilla, estufa, transistor, etc.

La figura 1 muestra una fuente de voltaje que permite variar entre 0 y 30 voltios.

El Amperímetro: Es el instrumento que mide la intensidad de la Corriente Eléctrica. Su unidad de medida es el Amperio y sus Submúltiplos, el miliamperio y el micro-amperio. Los usos dependen del tipo de corriente, ósea, que cuando midamos Corriente Continua, se usara el amperímetro de bobina móvil y cuando usemos Corriente Alterna, usaremos el electromagnético.

El Amperímetro de C.C. puede medir C.A. rectificando previamente la corriente, esta función se puede destacar en un Multímetro. Si hablamos en términos básicos, el Amperímetro es un simple galvanómetro (instrumento para detectar pequeñas cantidades de corriente) con una resistencia paralela llamada Shunt. Los amperímetros

tienen resistencias por debajo de 1 Ohm, debido a que no se disminuya la corriente a medir cuando se conecta a un circuito energizado.

La resistencia Shunt amplía la escala de medición. Esta es conectada en paralelo al amperímetro y ahorra el esfuerzo de tener otros amperímetros de menor rango de medición a los que se van a medir realmente.

Uso del Amperímetro

- ☐ Es necesario conectarlo en serie con el circuito
- ☐ Se debe tener un aproximado de corriente a medir ya que si es mayor de la escala del amperímetro, lo puede dañar. Por lo tanto, la corriente debe ser menor de la escala del amperímetro
- ☐ Cada instrumento tiene marcado la posición en que se debe utilizar: horizontal, vertical o inclinada. Si no se siguen estas reglas, las medidas no serían del todo confiables y se puede dañar el eje que soporta la aguja.
- ☐ Todo instrumento debe ser inicialmente ajustado en cero.
- ☐ Las lecturas tienden a ser más exactas cuando las medidas que se toman están intermedias a la escala del instrumento.
- ☐ Nunca se debe conectar un amperímetro con un circuito que este energizado.

Utilidad del Amperímetro

Su principal, conocer la cantidad de corriente que circula por un conductor en todo momento, y ayuda al buen funcionamiento de los equipos, detectando alzas y bajas repentinas durante el funcionamiento. Además, muchos Laboratorios lo usan al reparar y averiguar subidas de corriente para evitar el malfuncionamiento de un equipo

Se usa además con un Voltímetro para obtener los valores de resistencias aplicando la Ley de Ohm. A esta técnica se le denomina el "Método del Voltímetro - Amperímetro"

El amperímetro desvía la corriente por una bobina a través de una derivación y mide la intensidad de la corriente que fluye por el circuito, al que se conecta en serie.

El amperímetro es una aplicación natural del galvanómetro.

Los amperímetros se dividen por su capacidad de medición en:

Amperímetro (amperes).

Miliamperímetros (milésimas de amperes).

Micro amperímetros (millonésimas de amperes).

Pero aun dentro de cualquiera de estas capacidades tendrán limitaciones debido al método con que se construye. Por lo que es necesario ampliar su rango de operación y respuesta.

Existirá una corriente máxima que podrá circular por él sin destruirse.

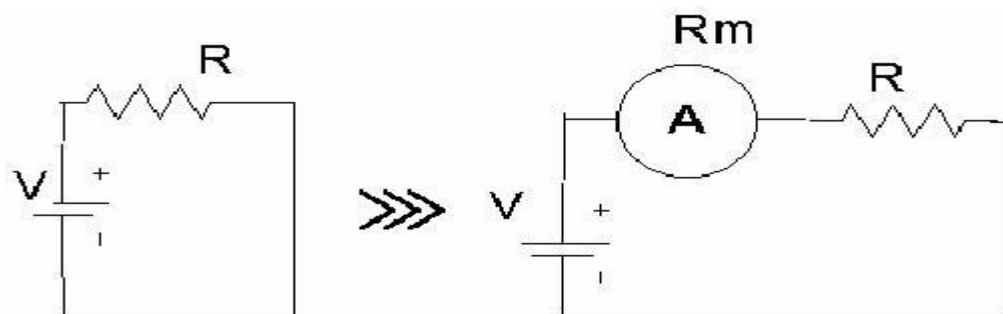
Esta corriente se denomina corriente de fondo de escala, de plena escala o máxima permisible ya que es la que lleva la aguja al extremo de la escala.

La bobina y las terminales de conexión presentan una resistencia eléctrica muy baja (pero no cero).

El error típico es de aproximadamente 1 % del valor a fondo escala.

Colocación en un circuito.

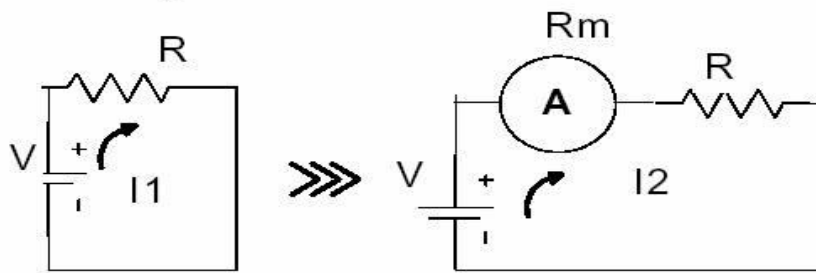
Un amperímetro siempre se coloca en serie en el circuito.



Error de inserción o efecto de carga.

Es una consecuencia de la existencia de una resistencia propia del instrumento distinta de cero. Es un error que se agrega al error propio del instrumento y al de lectura y depende de las condiciones de medición.

Cuantificación del error de inserción



$$I_{real} = \frac{V}{R}$$

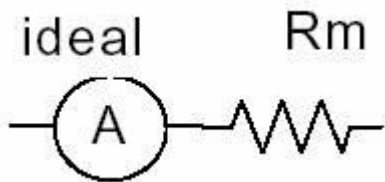
$$I_{medida} = \frac{V}{R + R_m}$$

$$K_A = \frac{I_{medida}}{I_{real}} = \frac{R}{R + R_m} = \frac{R/R}{R/R + R_m/R}$$

$$K_A = \frac{1}{1 + \frac{R_m}{R}}$$

AMPERÍMETRO IDEAL.

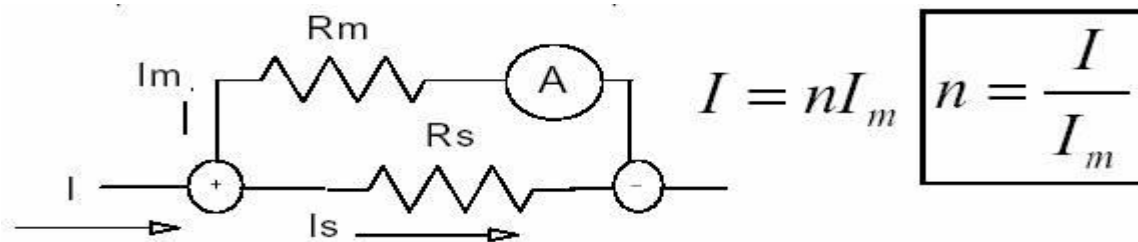
Aquel que posee resistencia interna cero.



Ampliación de la escala de medición.

Una resistencia derivada o "shunt" permite desviar parte de la corriente a medir. El instrumento mide solo una porción de la corriente total, siempre menor a su corriente máxima permisible.

Derivación De Ayrton.



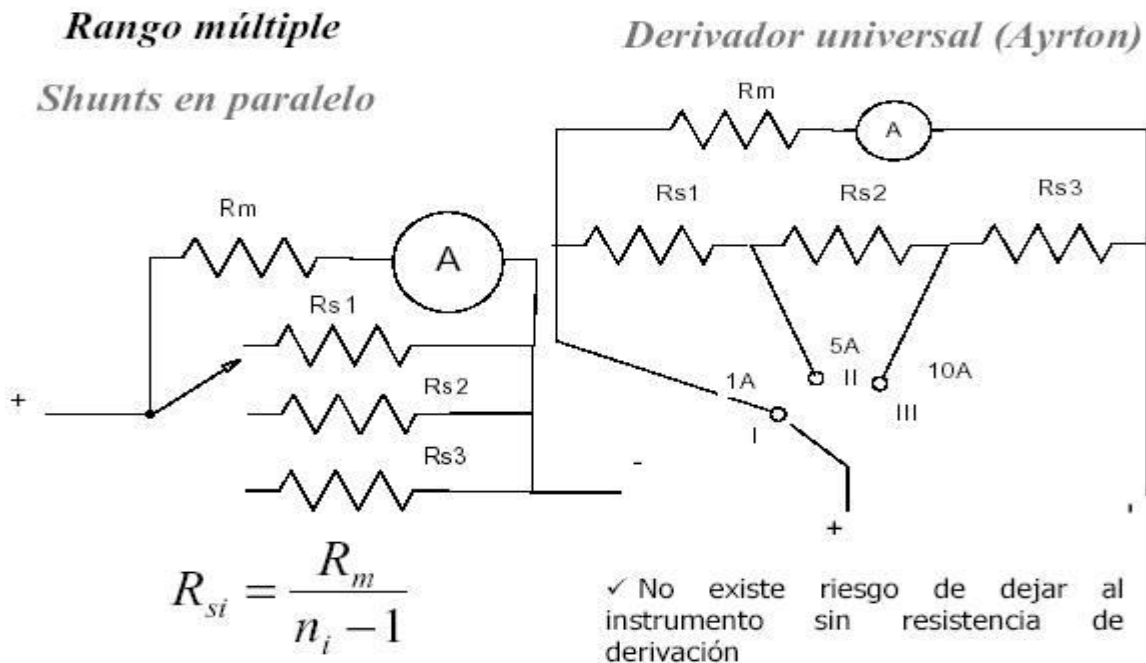
$$n = \frac{I}{I_m}$$

$$V_s = V_m \Rightarrow I_s R_s = I_m R_m \Rightarrow R_s = \frac{I_m R_m}{I_s} = \frac{I_m R_m}{I - I_m}$$

$$R_s = \frac{I_m R_m}{I - I_m} = \frac{I_m R_m}{n I_m - I_m} \Rightarrow R_s = \frac{R_m}{n - 1}$$

La escala de corriente del amperímetro CD se puede extender mediante varias resistencias de derivaciones, seleccionadas por un interruptor de rango. Tal medidor se llama amperímetro multirango. El circuito tiene tres derivaciones, que se pueden colocar en paralelo con el movimiento para dar cuatro escalas de corrientes diferentes. El interruptor S es de multiposición, del tipo que hace conexión antes-de-desconectar, de manera que

el movimiento no se vea afectado cuando el circuito se queda sin protección, sin derivación, al cambio de rango. La derivación universal de Ayrton elimina las posibilidades de tener el medidor sin ninguna derivación en el circuito. Esta ventaja se obtiene a expensas de llegar a tener una resistencia total del medidor ligeramente mayor. La derivación de Ayrton da una excelente oportunidad para aplicar la teoría de los circuitos básicos a circuito práctico.



PRECAUCIONES.

No conectar un amperímetro a través de una fuente de fem. Ya que por su baja resistencia circularía una corriente dañina muy alta que puede destruir el delicado movimiento. Siempre se conecta el amperímetro en serie con una carga capaz de emitir corriente.

Obsérvese la polaridad correcta. La polaridad inversa causa que el medidor se refleje contra el mecanismo de tope y esto pudiera dañar la aguja.

Cuando se utiliza un medidor multirango, primero se usa la escala de corriente más alta; luego se disminuye la escala de corriente hasta obtener la deflexión adecuada. Para incrementar la exactitud de la medición, se emplea una escala que dé una lectura tan cercana a la escala completa tanto como sea posible.

1.5. Medición de resistencia con un óhmetro y megger

Un Ohmetro es un instrumento para la medida de la resistencia eléctrica.

El diseño de un ohmetro se compone de una pequeña batería para aplicar un voltaje a la resistencia bajo medida, para luego mediante un galvanómetro medir la corriente que circula a través de la resistencia.

La escala del galvanómetro está calibrada directamente en ohmios, ya que en aplicación de la ley de Ohm, al ser el voltaje de la batería fijo, la intensidad circulante a través del galvanómetro solo va a depender del valor de la resistencia bajo medida, esto es, a menor resistencia mayor intensidad de corriente y viceversa.

Existen también otros tipos de ohmetros más exactos y sofisticados, en los que la batería ha sido sustituida por

un circuito que genera una corriente de intensidad constante I , la cual se hace circular a través de la resistencia R bajo prueba. Luego, mediante otro circuito se mide el voltaje V en los extremos de la resistencia. De acuerdo con la ley de Ohm el valor de R vendrá dado por:

$$R = \frac{V}{I}$$

Para medidas de alta precisión la disposición indicada anteriormente no es apropiada, por cuanto que la lectura del medidor es la suma de la resistencia de los cables de medida y la de la resistencia bajo prueba.

Para evitar este inconveniente, un ohmetro de precisión tiene cuatro terminales, denominados contactos Kelvín. Dos terminales llevan la corriente constante desde el medidor a la resistencia, mientras que los otros dos permiten la medida del voltaje directamente entre terminales de la misma, con lo que la caída de tensión en los conductores que aplican dicha corriente constante a la resistencia bajo prueba no afecta a la exactitud de la medida.

MEDIDICION DE RESISTENCIA CON UN MEGGER

El megger es un instrumento portable usado para medir resistencia del aislamiento. El megger consiste en un generador mano-conducido de la C.C. y un metro directo del ohmio de la lectura. Un esquema circular simplificado del instrumento se demuestra en el cuadro 17

El elemento móvil del metro del ohmio consiste en dos bobinas, A y B, que se montan rígido a un eje central girado y están libres rotar el excedente una base C-formada (C en el cuadro 17). Estas bobinas están conectadas por medio de los plomos flexibles. El elemento móvil puede señalar en cualquier posición del metro cuando el generador no está en la operación

Pues la corriente proporcionada por el generador mano-conducido atraviesa la bobina B, la bobina tenderá para fijarse perpendicular al campo del imán permanente. Con la prueba los terminales se abren, dando una resistencia infinita, ningunos flujos de la corriente en la bobina A. bobina B gobernarán el movimiento del elemento que rota, haciéndola moverse a la posición a la izquierda del extremo, que está marcada como resistencia infinita

Arrolle A se hiere de una manera para producir un esfuerzo de torsión a la derecha en el elemento móvil. Con los terminales marcados "alineee" y "conecte a tierra" puesto en cortocircuito, dando una resistencia cero, la corriente atraviesan la bobina A es suficiente producir bastante esfuerzo de torsión para superar el esfuerzo de torsión de la bobina B. El indicador entonces se mueve a la posición a la derecha del extremo, que está marcada como resistencia cero. La resistencia (R) protegerá la bobina A contra flujo de la corriente excesiva en esta condición

Cuando una resistencia desconocida está conectada a través de los terminales, de la línea y de la tierra de la prueba, los esfuerzos de torsión de oposición de las bobinas A y B se balancean de modo que el indicador del instrumento venga reclinarse en un cierto punto en la escala. La escala está calibrada tales que el indicador indica directamente el valor de la resistencia que es medida

El diseño de un ohmetro se compone de una pequeña batería para aplicar un voltaje a la resistencia bajo medida, para luego mediante un galvanómetro medir la corriente que circula a través de la resistencia.

La escala del galvanómetro está calibrada directamente en ohmios, ya que en aplicación de la ley de Ohm, al ser el voltaje de la batería fijo, la intensidad circulante a través del galvanómetro solo va a depender del valor de la resistencia bajo medida, esto es, a menor resistencia mayor intensidad de corriente y viceversa.

Existen también otros tipos de ohmetros más exactos y sofisticados, en los que la batería ha sido sustituida por un circuito que genera una corriente de intensidad constante I , la cual se hace circular a través de la resistencia R bajo prueba. Luego, mediante otro circuito se mide el voltaje V en los extremos de la resistencia. De acuerdo con la ley de Ohm el valor de R vendrá dado por:

$$R = \frac{V}{I}$$

Para medidas de alta precisión la disposición indicada anteriormente no es apropiada, por cuanto que la lectura del medidor es la suma de la resistencia de los cables de medida y la de la resistencia bajo prueba.

Para evitar este inconveniente, un ohmetro de precisión tiene cuatro terminales, denominados contactos Kelvín. Dos terminales llevan la corriente constante desde el medidor a la resistencia, mientras que los otros dos permiten la medida del voltaje directamente entre terminales de la misma, con lo que la caída de tensión en los conductores que aplican dicha corriente constante a la resistencia bajo prueba no afecta a la exactitud de la medida.

MEDIDICION DE RESISTENCIA CON UN MEGGER

El megger es un instrumento portable usado para medir resistencia del aislamiento. El megger consiste en un generador mano-conducido de la C.C. y un metro directo del ohmio de la lectura. Un esquema circular simplificado del instrumento se demuestra en el cuadro 17

El elemento móvil del metro del ohmio consiste en dos bobinas, A y B, que se montan rígidamente a un eje central girado y están libres para rotar sobre una base C-formada (C en el cuadro 17). Estas bobinas están conectadas por medio de los plomos flexibles. El elemento móvil puede señalar en cualquier posición del metro cuando el generador no está en la operación

Pues la corriente proporcionada por el generador mano-conducido atraviesa la bobina B, la bobina tenderá a fijarse perpendicular al campo del imán permanente. Con la prueba los terminales se abren, dando una resistencia infinita, ningunos flujos de la corriente en la bobina A. Thereby, bobina B gobernará el movimiento del elemento que rota, haciéndola moverse a la posición a la izquierda del extremo, que está marcada como resistencia infinita

Arrolle A se hiere de una manera para producir un esfuerzo de torsión a la derecha en el elemento móvil. Con los terminales marcados "alineee" y "conecte a tierra" puesto en cortocircuito, dando una resistencia cero, la corriente atraviesa la bobina A es suficiente producir bastante esfuerzo de torsión para superar el esfuerzo de torsión de

la bobina B. El indicador entonces se mueve a la posición a la derecha del extremo, que está marcada como resistencia cero. La resistencia (RI) protegerá la bobina A contra flujo de la corriente excesiva en esta condición

Cuando una resistencia desconocida está conectada a través de los terminales, de la línea y de la tierra de la prueba, los esfuerzos de torsión de oposición de las bobinas A y B se balancean de modo que el indicador del instrumento venga reclinarse en un cierto punto en la escala. La escala está calibrada tales que el indicador indica directamente el valor de la resistencia que es medida

1.6. Medición de potencia con un waththorimetro

Los equipos de medición de energía más usados en México son los waththorímetros de inducción, los cuales ocupan cerca del 99% del total de los medidores y a lo mucho el 1% son de estado sólido.

El principio de funcionamiento de un waththorimetro de inducción se basa en que las formas de onda, tanto del voltaje como de la corriente, son totalmente senoidales. Por considerar un ejemplo la operación de un waththorimetro de inducción se basa en la figura, pero la realidad, como ya se ha visto es muy diferente.

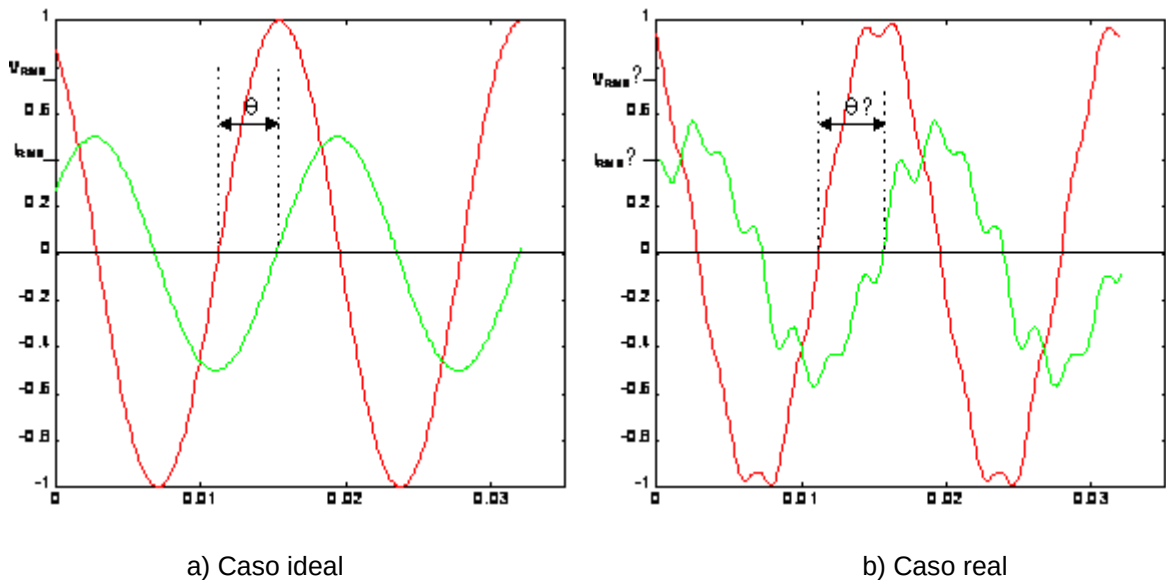
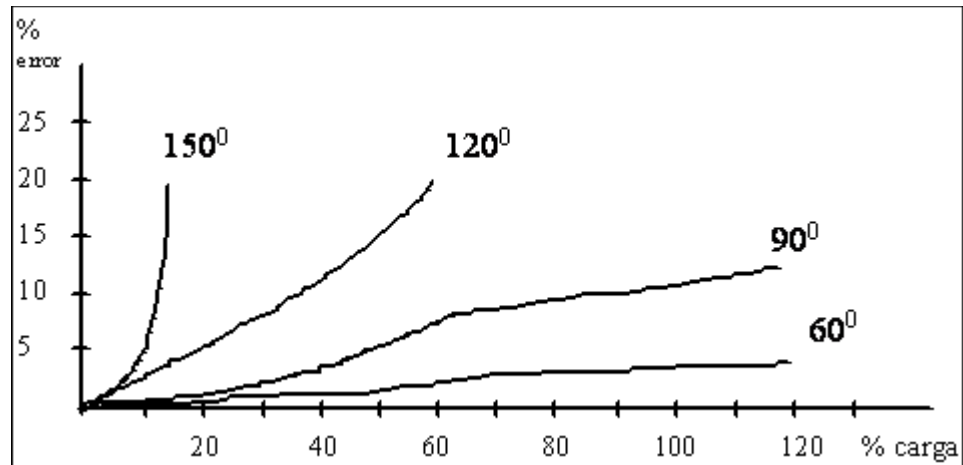


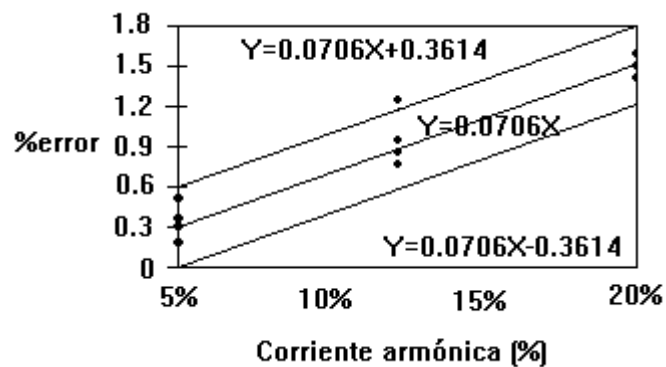
Figura Voltaje y corriente de una carga

La siguiente figura Muestra el error que presenta un waththorimetro de inducción para cuando se tiene una carga resistiva a través de un tiristor el cual interrumpe el paso de la corriente.



Error del wathhorimetro de inducción al medir una carga resistiva switchcada por un tiristor a diferentes ángulos de disparo

La siguiente figura muestra el error del wathhorimetro de inducción ante la presencia de armónicas en la corriente cuando el voltaje esta dentro de los limites de distorsión (<3%).



Error en los wathhorimetro de inducción debido a la distorsión de corriente.

1.7. Medición de factor de potencia con wathhorimetros y varhorimetros

1.7 MEDICIÓN DE FACTOR DE POTENCIA CON WATTHORIMETROS Y VARHORIMEROS

¿Qué es Factor de Potencia?

Denominamos factor de potencia al cociente entre la potencia activa y la potencia aparente, que es coincidente con el coseno del ángulo entre la tensión y la corriente cuando la forma de onda es sinusoidal pura, etc. O sea que el factor de potencia debe tratarse que coincida con el coseno phi pero no es lo mismo.

Es aconsejable que en una instalación eléctrica el factor de potencia sea alto y algunas empresas de servicio electroenergético exigen valores de 0,8 y más. O es simplemente el nombre dado a la relación de la potencia activa usada en un circuito, expresada en vatios o kilovatios (KW), a la potencia aparente que se obtiene de las líneas de alimentación, expresada en voltio-amperios o kilovoltio-amperios (KVA).

Las cargas industriales en su naturaleza eléctrica son de carácter reactivo a causa de la presencia principalmente de equipos de refrigeración, motores, etc. Este carácter reactivo obliga que junto al consumo de potencia activa (KW) se sume el de una potencia llamada reactiva (KVAR), las cuales en su conjunto determinan el comportamiento operacional de dichos equipos y motores. Esta potencia reactiva ha sido tradicionalmente suministrada por las empresas de electricidad, aunque puede ser suministrada por las propias industrias. Al ser suministradas por las empresas de electricidad deberá ser producida y transportada por las redes, ocasionando necesidades de inversión en capacidades mayores de los equipos y redes de transmisión y distribución.

Todas estas cargas industriales necesitan de corrientes reactivas para su operación.

2. ¿Por qué existe un bajo factor de potencia?

La potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos, es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos tales como: motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración y otros similares. Cuando la cantidad de estos equipos es apreciable los requerimientos de potencia reactiva también se hacen significativos, lo cual produce una disminución exagerada del factor de potencia. Un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia principalmente de:

Un gran número de motores.

Presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado.

Una sub-utilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos, por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de la industria.

Un mal estado físico de la red eléctrica y de los equipos de la industria.

Cargas puramente resistivas, tales como alumbrado incandescente, resistencias de calentamiento, etc. no causan este tipo de problema ya que no necesitan de la corriente reactiva.

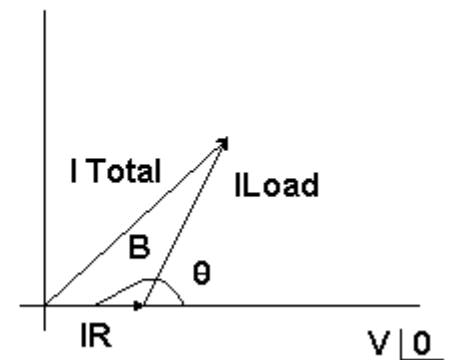
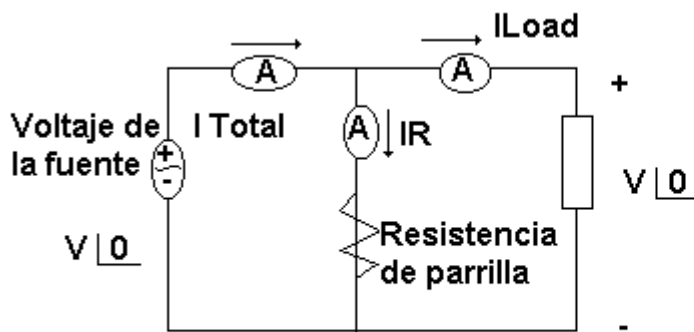
Medición potencia y factor de potencia (f.p) con amperímetro

Este método es muy práctico por que en ocasiones no tenemos un wattmetro a la mano o bien no lo podemos comparar por el costo tan elevado, pues bien aquí tienes un método práctico que solo necesitas una resistencia

(puede ser una como las que usan las parrillas), un amperímetro o un volmetro y aplicar unas formulas matemáticas (ley de los senos y cosenos)

Procedimiento:

- conecta en paralelo la resistencia con la carga que quieres medir el f.p. (puede ser un motor).
- anota los valores RMS de la corriente que entrega la fuente, la corriente que pasa por la resistencia y la corriente que pasa por la carga ¡Listo!
- ahora resuelve tu problema como un análisis vectorial y aplicando las leyes de Kirchoff suponiendo que el ángulo del voltaje es cero y calcula el ángulo ϕ .



Como ya conoces las magnitudes IL, IT, IR

Calcula el ángulo b

$$\cos B = \frac{I_R^2 + I_L^2 - I_T^2}{2I_R I_L}$$

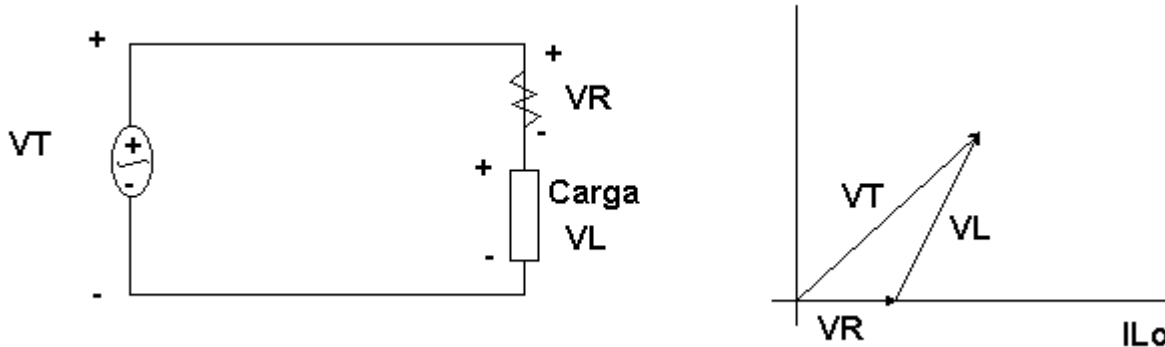
por lo tanto, $\phi = 180 - b$

F.P = COS (180 - b)

Watts = P VI Cos (180 - b)

Mediciones de potencia y f.p con un volmetro

Este método es similar al visto anteriormente pero ahora con un volmetro y un circuito en serie y suponiendo que la corriente tiene un ángulo de cero.



$$\cos \phi = \frac{V_R^2 + V_L^2 - V_T^2}{2V_R V_L}$$

$$f.p = \cos (180 - \phi)$$

$$\text{Watts} = P = VI \cos (180 - \phi)$$

2. Generación y distribución de corriente eléctrica

2.1.1 Tipos y características de generadores

Los generadores son dispositivos que permiten, en las máquinas, la producción de una determinada fuerza o energía. En el caso de un generador eléctrico, lo que éste realiza es una mutación de la energía. Es decir, si se encuentra con energía mecánica – que comprende dos tipos de energía más: la potencial y la cinética, relacionada con el movimiento – el generador eléctrico, como su denominación lo indica, la transforma en energía eléctrica, que siempre se va a suscitar cuando un conductor eléctrico establece una relación entre dos puntos.

Por eso es que los generadores tienen, a su vez, la capacidad de sostener lo que se llama diferencia entre el potencial ¿Qué significa esto? Que un generador establece entre sus polos, es decir, entre sus puntos terminales, una labor de carga de energía positiva que se traslada desde uno de esos puntos hasta el otro. La tarea de los generadores, que es de transformación de la energía, no puede producirse si los conductores eléctricos no reciben el efecto que produce el campo magnético. La diferencia de potencial a la que nos referimos anteriormente solo puede mantenerse constante cuando una fuerza electromotriz surge del movimiento entre ese campo magnético y esos conductores eléctricos. Dentro de la categoría mayor de generador eléctrico, hay una subdivisión de índole primaria y secundaria. El generador primario es el que tiene a su cargo la transformación en energía eléctrica de otra energía, de cualquier índole. La diferencia con el generador secundario, es que el generador primario transforma una energía que o bien tiene desde un comienzo o bien que recibe para su

posterior transformación. El generador secundario, en cambio, lo que hace es entregar la energía eléctrica que recibió anteriormente.

el proceso de generación de energía eléctrica es el de transformación a partir de generadores. Y para que haya una transformación, debe haber una fuente que se tome como base para realizar el cambio. Dicha fuente es toda energía que sea considerada como no eléctrica. En este grupo entran las siguientes energías: térmica, mecánica, luminosa y química, entre otras. Este cambio en la energía se lleva a cabo en inmediaciones apropiadamente denominadas centrales eléctricas, las cuales realizan tan solo los primeros pasos del proceso. Los siguientes se corresponden ya al suministro de la energía que ha sido generada, es decir, todos los pormenores del transporte y la distribución.

En cuanto a esa fuente que se toma para la transformación, se la conoce con el nombre de fuente primaria. La naturaleza de la misma es la que va a condicionar el tipo de central de generadores de energía. Por ejemplo, la central termoeléctrica genera energía eléctrica a partir de energía expulsada en forma de calor por la combustión de gas o petróleo, por mencionar algunos ejemplos. En el caso de la central generadora nuclear, en la misma se ejecuta el proceso de transformación de energía nuclear en energía eléctrica. En las centrales eólicas se utiliza la energía cinética que genera la corriente de aire; en las centrales mareomotrices, la energía que surge de las mareas, etc. Pero a pesar de las diferencias en el rasgo distintivo de la fuente primaria, todas estas centrales que poseen generadores de energía eléctrica tienen en su haber, como dispositivo clave, el elemento generador de energía. El mismo está formado, básicamente, por un alternador. Se trata de una máquina que es la que termina de realizar la transformación de la fuente o energía primaria en energía eléctrica. El proceso que emplea es el de inducción, que produce el voltaje, también llamado fuerza electromotriz.

Lo que se genera a través de la inducción es una corriente eléctrica cuya magnitud y dirección están en permanente variación cíclica. A esta corriente se la conoce con el nombre de corriente alterna. El alternador, entonces, siempre debe contar con un elemento inductor generador del campo magnético y un elemento pasivo, sometido, inducido, que siempre estará atravesado de par en par por las fuerzas emanadas del campo magnético. Cabe mencionar que el alternador no podrá funcionar sin la acción de una máquina de fluido, comúnmente conocida como turbina, que va a fluctuar en sus características según las características de la energía primaria que se va a transformar, de ahí que haya una turbina especial para cada central que posea generadores de energía eléctrica.

2.2. El transformador

Los transformadores.

Los transformadores eléctricos han sido uno de los inventos más relevantes de la tecnología eléctrica. Sin la existencia de los transformadores, sería imposible la distribución de la energía eléctrica tal y como la conocemos hoy en día. La explicación es muy simple, por una cuestión de seguridad no se puede suministrar a nuestros hogares la cantidad de Kw que salen de una central eléctrica, es imprescindible el concurso de unos transformadores para realizar el suministro doméstico.

Sabiendo la importancia del transformador para la vida moderna, pasemos a definir qué es exactamente el transformador.

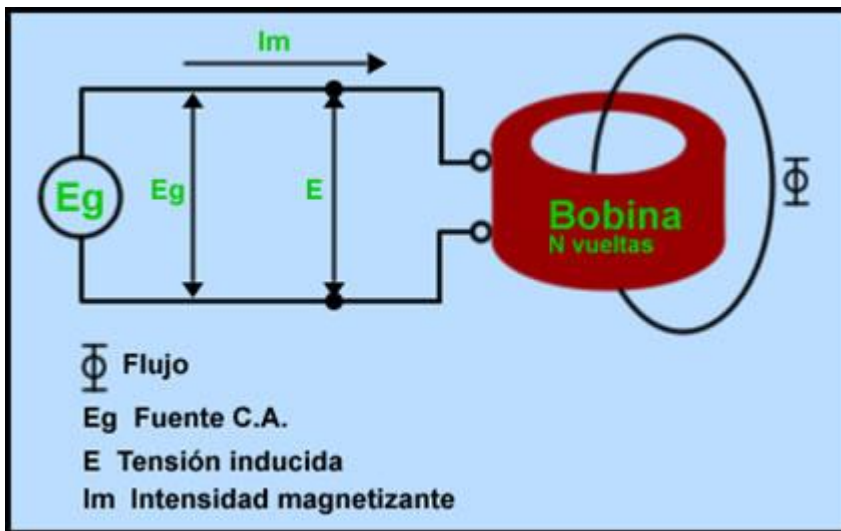
El transformador básico es un dispositivo eléctrico construido con dos bobinas acopladas magnéticamente entre sí, de tal forma que al paso de una corriente eléctrica por la primera bobina (llamada primaria) provoca una inducción magnética que implica necesariamente a la segunda bobina (llamada secundaria) y provocando con este principio físico lo que se viene a llamar una transferencia de potencia.

También se puede definir de la siguiente manera, aunque esta nueva definición hace hincapié en su funcionalidad:

El transformador es un dispositivo eléctrico que utilizando las propiedades físicas de la inducción electromagnética es capaz de elevar y disminuir la tensión eléctrica, transformar la frecuencia (Hz), equilibrar o desequilibrar circuitos eléctricos según la necesidad y el caso específico. Transportar la energía eléctrica desde las centrales generadoras de la electricidad hasta las residencias domésticas, los comercios y las industrias. Dicho dispositivo eléctrico también es capaz de aislar circuitos de corriente alterna de circuitos de corriente continua.

Inducción en una bobina.

Para poder entender como funciona un transformador, un motor eléctrico u otro dispositivo o máquina eléctrica basada en bobinas, se hace necesario explicar como se produce el fenómeno de inducción eléctrica y, sobretodo, comprender como sucede la transferencia de potencia o energía.



En el dibujo podemos observar una bobina de N vueltas con un núcleo de aire, alimentada con una fuente de alimentación E_g de corriente alterna. La bobina tiene una reactancia y, como tal, absorbe una intensidad I_m . Si la resistencia de la bobina es mínima, tenemos que la siguiente ecuación: $I_m = E_g / X_m$, donde X_m representa la reactancia de la bobina.

La intensidad I_m se encuentra desfasada 90° respecto a la tensión E_g , mientras que el flujo Φ , se encuentra en sintonía con la intensidad. Esto es algo que ocurre en todos los circuitos inductivos.

La intensidad I_m al paso por la bobina, crea una fuerza magnetomotriz o líneas de fuerzas electromotrices que, a su vez, generan un flujo Φ . Al ser la alimentación de tensión alterna, se genera flujos de pico, es decir, flujos máximos: Φ_{max} y flujos mínimos Φ_{min} . Pero aquí solamente nos interesan los Φ_{max} .

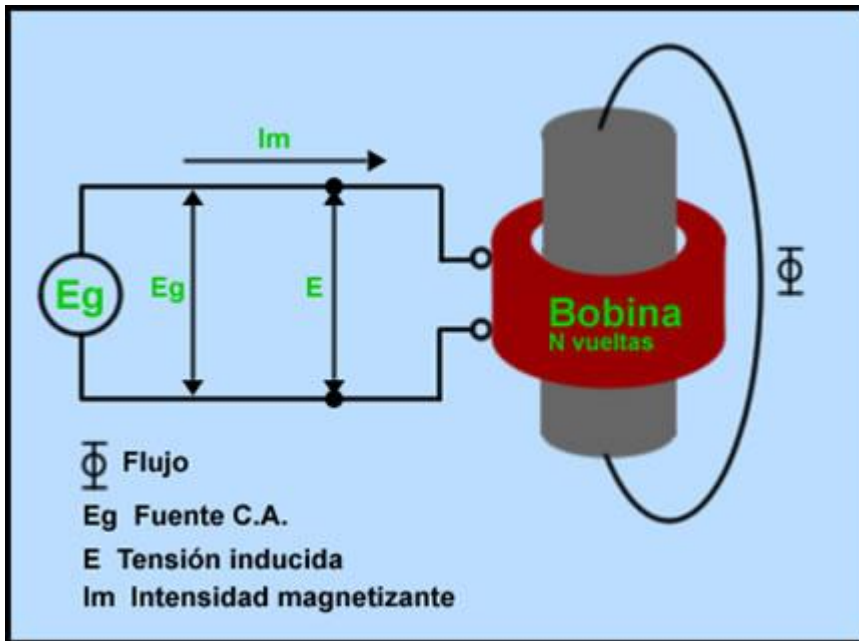
El flujo, a su vez genera una tensión eficaz E . Tanto la tensión eficaz E y la tensión aplicada E_g , tienen que ser iguales, porque como se puede observar en el dibujo, las dos tensiones se encuentran en las mismas líneas de alimentación.

Así tenemos que la ecuación que define las dos tensiones sería:

$$E = E_g = 4,44 \cdot f \cdot N \cdot \Phi_{max}$$

Donde f representa la frecuencia; N el número de vueltas de la bobina; y el 4,44 es una constante cuyo valor exacto (para los siaritas) es $2\pi/\sqrt{2}$.

La ecuación nos explica, que con una tensión E_g constante, el flujo Φ será constante.

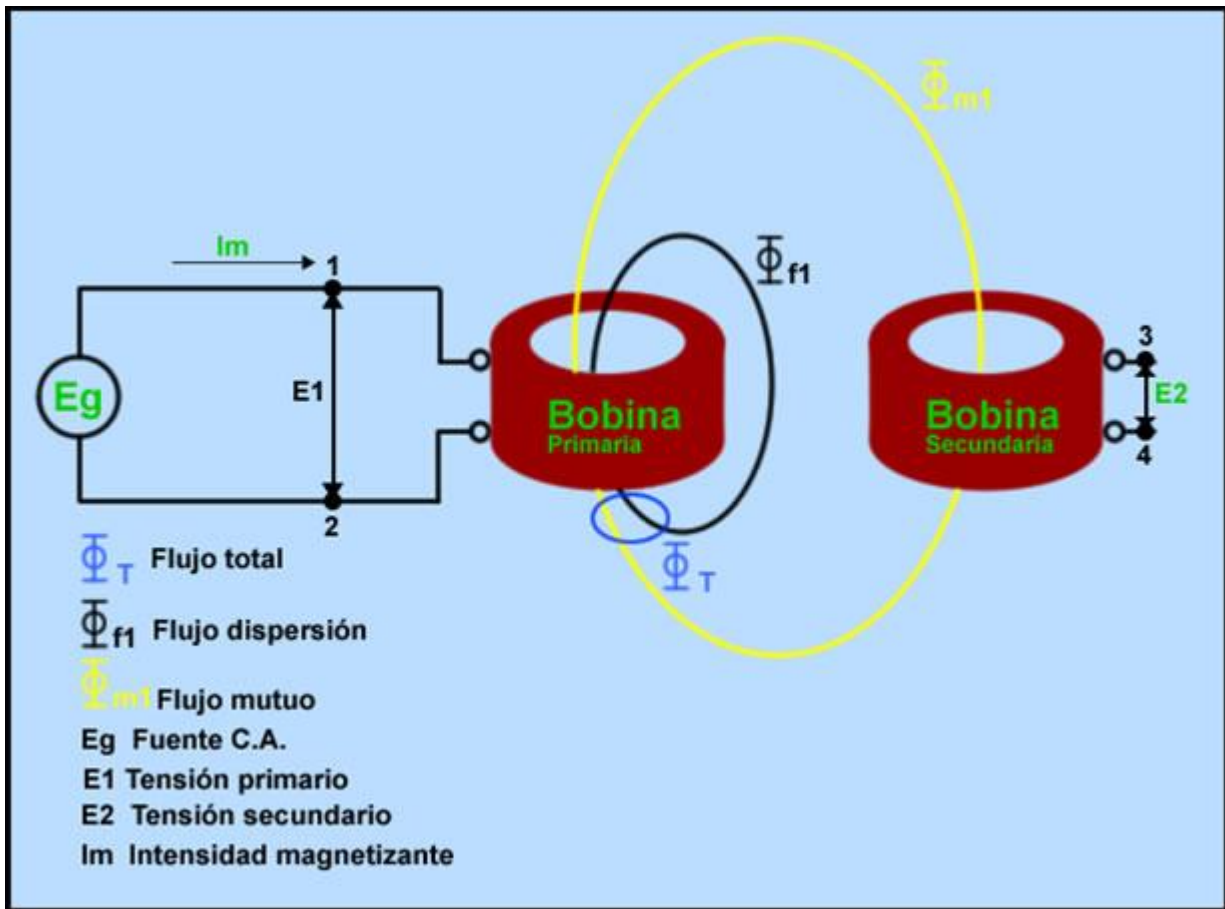


Sin embargo, si introducimos un núcleo de hierro en el interior de la bobina, las condiciones cambian, algo que resulta muy relevante para la funcionalidad de los transformadores y sus diversos tipos.

En esta nueva situación, si la tensión E_g se mantiene constante, el flujo Φ_{max} se mantendrá constante y, por tanto, $E_g = E$. Hasta aquí no hay una diferencia entre núcleo de aire y el núcleo de hierro. Pero lo que sí que cambia, significativamente, es la I_m . Con un núcleo de hierro, la I_m disminuye o es más baja. Y esto sucede, porque se necesita una fuerza magnetomotriz mucho menor para producir el mismo flujo Φ_{max} .

El funcionamiento del transformador básico.

Hasta ahora hemos analizado como se comporta una sola bobina a la que se le induce una corriente eléctrica. Ahora vamos a realizar otro análisis para conocer qué sucede cuando se acoplan dos bobinas magnéticamente, es decir, cómo funciona un transformador.



Como podemos observar en el dibujo, tenemos una fuente de alimentación de tensión o corriente alterna E_g , dos bobinas (una llamada primaria y la otra llamada secundaria, con N vueltas o espiras, una tensión inducida en la bobina secundaria que denominamos E_2 , un flujo total Φ_T que es la suma de dos flujos: el flujo mutuo Φ_{m1} que corresponde al flujo que acopla magnéticamente a las dos bobinas más el flujo Φ_{f1} que incide únicamente en la bobina primaria. La tensión E_1 continua siendo igual a la tensión E_g . Y, también, hemos de indicar que se trata de un transformador en vacío porque no tiene una carga, además de que las dos bobinas están con un núcleo de aire. Es lo que se viene a denominar un transformador básico o elemental.

Las tensiones existentes en el circuito son dos. Entre los puntos 1 y 2 y, entre los puntos 3 y 4. Esto quiere decir, que entre cualquier otra combinación de puntos no existe tensión. Así que podemos decir, que las bobinas se encuentran aisladas en términos eléctricos.

El flujo Φ_{m1} enlaza con su campo magnético las dos bobinas generando de esta forma una tensión E_2 . El flujo Φ_{f1} solamente incide sobre las espiras de la bobina primaria y la podemos denominar como flujo de dispersión. El flujo Φ_T es el flujo total, es decir la suma de los otros dos flujos. En el caso que las bobinas estén muy separadas, el flujo Φ_{m1} es muy reducido y estaremos hablando de un acoplamiento de bobinas débil. Sin embargo, si juntamos las dos bobinas, el flujo Φ_{m1} aumenta respecto al flujo Φ_T y habremos conseguido un acoplamiento entre bobinas óptimo. Esta es la razón, por el cual, en la mayoría de los transformadores industriales se realizan los devanados de las bobinas uno encima del otro, para conseguir mejorar el acoplamiento.

Falta indicar, que con un acoplamiento débil, no solamente disminuye el flujo Φ_{m1} , también se reduce la tensión E_2 . Sin embargo, al acercar las dos bobinas, se aumenta el flujo Φ_{m1} y, por tanto, se aumenta la tensión E_2 . Así, que la relación entre el flujo Φ_{m1} y la tensión E_2 es proporcional.

El coeficiente de acoplamiento. El acoplamiento entre las bobinas primaria y secundaria es una medida física y, por lo tanto, se puede calcular. El cálculo se realiza con la siguiente ecuación:

$K = \Phi_m / \Phi_T$; en donde K es el coeficiente y no tiene unidades.

2.2.3. Conexión de transformadores monofásicos

Conexión transformadores monofásicos

configuración para corriente monofásica

Existen configuraciones diferentes para sistemas monofásicos y trifásicos.

Los transformadores monofásicos son empleados frecuentemente para suministrar energía eléctrica para alumbrado residencial, toma-corrientes, acondicionamiento de aire, y calefacción.

Un transformador con un devanado secundario de 120 volts CA puede asegurar el alumbrado y las tomas. Pero, un transformador con un devanado secundario de 240 volts CA puede manejar todas las necesidades residenciales mencionadas. Un devanado secundario de 240 volts CA puede manejar los requerimientos de energía eléctrica más elevados de 240 volts relacionados con el aire acondicionado y la calefacción. El mismo secundario de 240 volts CA puede manejar las necesidades de 120 volts CA mediante la derivación del devanado secundario en el centro.

Los transformadores monofásicos pueden ser todavía más versátiles si tienen tanto el devanado primario como el devanado secundario fabricados en dos partes iguales. Las dos partes de cualquiera de los devanados pueden entonces ser reconectadas en serie o en paralelo, Configuración en Serie, configuración en Paralelo.

Los transformadores monofásicos tienen habitualmente sus devanados divididos en dos o más secciones. Cuando los dos devanados secundarios están conectados en serie, se agregan sus tensiones. Cuando los devanados secundarios están conectados en paralelo, se agregan sus intensidades.

Por ejemplo:

consideremos que cada devanado secundario está calibrado a 120 volts y 100 amperes. En el caso de una conexión en serie, sería 240 volts a 100 amperes, o 24KVA. Cuando la conexión es en paralelo, sería 120 volts a 200 amperes, o bien 24KVA.

En el caso de conexiones en serie, se debe tomar precauciones para conectar los devanados de tal manera que sus tensiones se agreguen. Si ocurre lo contrario, una corriente de corto circuito fluirá en el devanado secundario, provocando que el devanado primario cause un corto circuito a partir de la fuente. Esto podría dañar el transformador, así como la fuente, y tal vez el conector.

La corriente puede ser suministrada a través de un transformador que contiene un circuito trifásico en donde un grupo de tres transformadores monofásicos se emplea, o bien en donde se emplea un transformador trifásico.

La utilización de tres transformadores monofásicos para lograr este objetivo es laboriosa, pero puede efectuarse. Cuando se emplea de esta forma, La instalación se conoce como una Batería de Transformadores.

Cuando una cantidad considerable de energía está involucrada en la transformación de energía trifásica, es más económico utilizar un transformador trifásico. La colocación única de los devanados y del núcleo ahorra una gran cantidad de hierro, evita pérdidas, ahorra espacio y dinero.

Configuración Delta y Configuración Y

Existen dos configuraciones de conexión para la energía trifásica: Delta e Y (estrella).

Delta e Y son letras griegas que representan la forma como los conductores en los transformadores están configurados. En una conexión delta, los tres conductores están conectados extremo a extremo en un triángulo o en una forma delta. En el caso de una conexión Y, todos los conductores radian desde el centro, lo que significa que están conectados en un punto común.

Tanto el devanado primario como el devanado secundario pueden tener cualquiera de estas configuraciones. Las cuatro configuraciones de conexión posibles son las siguientes:

DEVANADO

PRIMARIO SECUNDARIO

Delta Y

Y Delta

Y Y

Pueden utilizarse con tres transformadores monofásicos o bien con un transformador trifásico. Los transformadores monofásicos en una configuración Y - Y.

Los transformadores trifásicos, en configuración Y - Delta y en configuración Delta - Delta, respectivamente.

Los símbolos delta e Y son frecuentemente utilizados para indicar las conexiones de devanado primario y devanado secundario en un diagrama unificar.

Muchas instalaciones utilizan una batería de transformadores reductores con conexión Y-Y, La versatilidad de la potencia es la clave de su popularidad.

El sistema proporciona una energía trifásica de 208 volts para cargas de motores trifásicos, como por ejemplo un equipo pesado en el departamento de Educación Industrial. Ofrece también energía monofásica de 208 volts para cargas pequeñas de motores monofásicos, por ejemplo equipo de laboratorio de ciencia.

Evidentemente puede producir también una corriente monofásica de 120 volts para cargas de alumbrado, que se emplean en todos el edificio.

2.3. Subestación eléctrica

2.3.1. Partes principales

UBESTACIONES ELECTRICAS (S.E.)

Definición:

Las S.E. son componentes de los S.E.P. en donde se modifican los parámetros de la potencia (V y I), sirven de punto de interconexión para facilitar la transmisión y distribución de la energía eléctrica.

Símbolos convencionales de S.E.

La nomenclatura y simbología de los arreglos unifilares y trifilares de una S.E. están basados en la normas internacionales CEI (Comisión Electrotécnica Internacional), la norma americana ANSI

Y las normas mexicanas CCONNIE (Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica)

La simbología y nomenclatura ayudan a la pronta interpretación de los diagramas eléctricos de las S.E., en los cuales se representa en forma simbólicamente el equipo mayor en un solo hilo (diagrama unifilar) o en tres hilos (diagrama trifilar) que forma parte de la instalación, considerando la secuencia de operación de cada uno de los circuitos

Existen 4 puntos importantes que se deben considerar al diseñar una S.E.

- Las tensiones a las que trabajara la instalación (S.E.)
- Nivel de aislamiento admisible en los aparatos por instalar
- Corriente máxima que se prevé en servicio continuo (máxima potencia en condiciones normales de operación).
- Corriente máxima de falla (corriente de corto circuito)

Puede clasificarse de acuerdo a:

a).- FUNCIÓN QUE DESEMPEÑAN

- S.E. en plantas generadoras
- Receptoras primarias (reductoras)
- Receptoras secundarias

Switcheo (interconexión)

b).- Forma de construcción • Intemperie

- Interior
- » Encapsuladas

Por el arreglo de los buses:

- Barra sencilla
- Barra principal y de transferencia
- Barra en anillo
- Arreglo de interruptor y medio

» Arreglo de doble barra con un interruptor y barra de transferencia.

» Arreglo de doble barra con dos interruptores.

Subestaciones en plantas generadoras o centrales eléctricas S.E. adyacentes a las C.E., modifican los parámetros de la potencia suministrada por los generadores eléctricos para permitir la transmisión de la E.E.

Los voltajes de generación se tienen entre 5 y 25 KV y la transmisión de la E.E. se puede efectuar a 69, 85, 115, 230 o 400 KV (en México).

Subestaciones receptoras primarias

Alimentadas directamente de L.T. reducen la tensión a valores menores para la alimentación de sistemas de subtransmisión o de redes de distribución, dependiendo de la tensión de transmisión pueden tener en el secundario tensiones del orden de 230, 115 o 69 KV y eventualmente de 34.5, 13.2, 6.9 o 4.16 KV.

S.E. RECEPTORAS SECUNDARIAS

S.E. alimentada por las redes de subtransmisión y suministran la E.E. a las redes de distribución a tensiones comprendidas entre 34.5 y 6.9 KV

S.E. tipo intemperie

Son las S.E. diseñadas para operar expuestas a las condiciones atmosféricas (lluvia, nieve, viento, contaminación ambiental, etc.) y ocupan grandes extensiones de terreno.

Estas instalaciones manejan alta tensión y extra alta tensión.

S.E. TIPO INTERIOR

S.E. construida en el interior de edificios, no son aptas para operar bajo condiciones atmosféricas, actualmente son utilizadas por la industria incluyendo la variante de las tipo blindado

SUBESTACIONES BLINDADAS

En estas S.E. el equipo está totalmente protegido del medio ambiente, el espacio que ocupan es muy reducido, por lo general son ocupadas en hospitales, interior de fabricas, auditorios, centros comerciales, lugares densamente poblados, lugares con alto índice de contaminación, en lugares donde no se cuenta con una extensión grande de terreno para poder instalar una de tipo convencional (intemperie).

S.E. Encapsuladas

En estas S.E. el equipo se encuentra totalmente protegido del medio ambiente el espacio que ocupan es la tercera parte de una S.E. convencional, todas las partes vivas y equipos que soportan la tensión están contenidos dentro de envoltentes metálicos que forman módulos fácilmente conectados entre si, estos módulos se encuentran dentro de una atmósfera de gas seco y a presión que en la mayoría de los casos es hexafluoruro de azufre (SF₆) que tiene la característica de reducir las distancias de aislamiento, comparativamente con las del aire.

La tensión de una S.E. se puede fijar en función de:

- a).- Si la S.E. es alimentada en forma radial, la tensión de la S.E. se fija en función de la potencia de la misma.
- b).- Si la alimentación proviene de un anillo, la tensión de la S.E. queda obligada por el anillo.
- c).- Si la alimentación es tomada de una L.T. cercana, la tensión de la S.E. queda obligada por la que maneje la línea de transmisión

Las tensiones normalizadas en México son:

440, 220, y 127 V Baja tensión (B.T.)

400, 230, 85 y 23 KV Alta tensión (A.T.)

Arriba de 400 Extra alta tensión (E.A.T.)

La S.E. como instalación eléctrica debe estar diseñada para soportar el paso de dos corrientes

- a).- CORRIENTE NOMINAL (Máxima) "IN"; Está corriente fija los esfuerzos térmicos que debe soportar la instalación eléctrica en condiciones de operación desfavorables, sirve para determinar la sección de las barras colectoras y las características de conducción de corriente de los interruptores de potencia, cuchillas, T.C.'S, etc...
- b).- CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO (Máxima) "ICC"; Determina los esfuerzos electrodinámicos máximos que pueden soportar las barras colectoras y los tramos de conexión, esta corriente de corto circuito es un parámetro importante en el diseño de la red de tierras de la S.E...

La ICC al circular por los devanados de cualquier transformador produce un incremento brusco de temperatura que degrada los aislamientos y disminuye la vida útil de estos, de tal manera que una sobre tensión posterior aunque sea pequeña puede originar una falla seria en los devanados inclusive su destrucción. Componentes de una S.E.

Los principales componentes de una S.E. son:

Ø Transformadores de potencia

Ø Interruptores de potencia

Ø Cuchillas desconectadoras

Ø Cuchillas de puesta tierra

Ø Apartarrayos

Ø Barras colectoras

Ø Estructuras de soporte

Ø Transformadores para instrumentos (T.C. y T.P.)

Transformadores:

Maquina estática que trabaja en base al principio de inducción electromagnética, aislada eléctricamente y eslabonada magnéticamente.

Constituido por dos devanados el primario y el secundario y en algunos casos por devanado terciario, es el elemento de la S.E. con menor porcentaje de falla comparativamente con las L.T..

Esta constituido por tres partes:

- Parte activa: Esta constituida por:

Núcleo: Constituye el campo magnético fabricado de lamina de acero al silicio con un espeso de 0.28 mm. Puede venir unido a la tapa o a la pared del tanque lo cual produce mayor resistencia durante las maniobras mecánicas de transporte.

bobinas: Forman el circuito eléctrico, son fabricadas con alambre o solera de cobre o de aluminio, forrados de material aislante, que puede tener diferentes características de acuerdo con la tensión de servicio, la Los devanados deben tener conductos de enfriamiento axiales y radiales que permitan fluir el aceite y eliminar el calor generado en su interior, deben tener apoyos y sujeciones suficientes para soportar los esfuerzos mecánicos debido a su propio peso y sobre todo los esfuerzos electromagnéticos que se producen durante los cortos circuitos

- PARTE PASIVA: Tanque donde se encuentra alojada la parte activa, debe reunir características como hermeticidad, soportar el vacío absoluto sin presentar deformaciones, proteger eléctrica y mecánicamente a la parte activa. Ofrecer puntos de apoyo para el transporte y la carga del mismo, soportar enfriadores, bombas de aceite, ventiladores y si se requiere accesorios especiales.

- ACCESORIOS: Conjunto de partes y dispositivos que auxilian la operación y que facilitan las labores de mantenimiento como; tanque conservador, boquillas, tablero de control, válvulas, conectores de tierra, placa de características.

CONEXIONES DEL TRANSFORMADOR

En la selección del transformador se debe tomar en cuenta las ventajas y desventajas de cada una de las conexiones

CONEXIÓN ESTRELLA-ESTRELLA (Y-Y): Los devanados de las 3 fases se conectan a un punto común llamado neutro, el cual es generalmente conectado al sistema de tierra, directamente o bien a través de una resistencia limitadora.

CONEXIÓN DELTA-DELTA ($\Delta - \Delta$); Ambos extremos de los devanados están conectados a la tensión de la línea directamente, lo cual determina en forma precisa la tensión aplicada y desarrollada en los devanados

CONEXIÓN DELTA-ESTRELLA ($\Delta - Y$); en esta conexión del lado de la estrella puede ser de 4 hilos, las tensiones del lado de la delta son 1.743 veces mayor que en la estrella, por tratarse en el primer caso de tensiones entre fases y en el segundo caso de tensiones de fase a neutro.

CONEXIÓN ESTRELLA-DELTA (Y- Δ); Sus características de esta conexión son similares a la conexión delta-estrella solo que la estrella en este caso se encuentra en el lado primario.

La C.F.E. utiliza en subestaciones de transmisión transformadores y autotransformadores trifásicos y monofásicos con tres devanados en conexión estrella-estrella-delta, con la estrellas solidamente conectadas a tierra por lado fuente y lado carga (A.T. y B.T.) y delta en el terciario utilizado para el control de armónicas y también para alimentar transformadores de distribución para los servicios propios de la S.E. y/o reactores que

auxilien en la regulación de tensión

Tanto para los cálculos como para las medidas de voltaje secundario de los transformadores en sus diferentes cargas se utiliza el término regulación; la cual se define como la diferencia de tensión entre el lado de carga del transformador; entre su valor en vacío y plena carga, expresada en por ciento de voltaje de plena carga es:

$V_{\text{vacío}} - V_{\text{plena carga}}$

$\% \text{ regulación} = \frac{\text{V vacío} - \text{V plena carga}}{\text{V plena carga}} \times 100$

$V_{\text{plena carga}}$

La capacidad de sobrecarga de un transformador esta en función su capacidad de dispersión de calor, en cualquier situación de operación se puede sobrecargar un transformador por un cierto período de tiempo.

Es admisible una sobrecarga (sin producir daños al transformador) de un 50% sobre potencia nominal por períodos de una hora por cada 24 hrs., sobre cargas superiores son admisibles por un tiempo menor.

Banco de transformación

Un banco de transformación puede estar formado por cuatro unidades monofásicas, de las cuales 3 están en servicio y una esta en reserva, estos bancos presentan la ventaja de que en caso de fallar un transformador este se saca de servicio y se pone en operación el de reserva, dando con esto mayor confiabilidad a las S.E. que tiene bancos de transformación con unidades monofásicas que los que tienen una unidad trifásica

Transformadores para instrumento

Estos transformadores proporcionan aislamiento a los equipos de protección y medición, alimentándolos con magnitudes proporcionales a aquellas que circulan en el circuito de potencia, pero lo suficientemente reducidas en magnitud para que los equipos de medición y protección sean fabricados pequeños y no costosos.

la aplicación adecuada de los transformadores para instrumentos implican una serie de consideraciones como:

Transformador de Potencial (T.P. Y D.P.)

- Transformador de Potencial

- Es el transformador diseñado para suministrar la tensión adecuada a los instrumentos de medición como los voltímetros, frecuencímetros, wattmetros, wathorímetros, etc., así como a los aparatos de protección como los relevadores; en el cual la tensión secundaria es proporcional a la tensión primaria y defasada respecto a ella un ángulo cercano a cero.

- Las terminales del devanado primario del transformador de potencial se conectan a las dos líneas del sistema donde se necesita medir el alta tensión y los instrumentos de medición se conectan en paralelo a las terminales del secundario Su función es brindar una imagen proporcional en magnitud con el mismo ángulo de tensión existente en el circuito de potencia conectado. Existen 2 tipos uno de tipo inductivo (T.P.) y otro de tipo capacitivo (D.P.)

Transformador de corriente (T.C.)

Transformador de Corriente

Es el transformador diseñado para suministrar la corriente adecuada a los instrumentos de medición como los amperímetros, wattmetros y watthorímetros, así como a los aparatos de protección como los relevadores; en el cual la corriente secundaria es proporcional a la corriente primaria y defasada respecto a ella un ángulo cercano a cero. El devanado primario del transformador de corriente se conecta en serie con el circuito donde circula la corriente que se desea medir, mientras que los aparatos de medición se conectan en serie a su devanado secundario.

Clases de aislamiento

La otra función principal del transformador de medición es proporcionar un aislamiento seguro entre la línea de alta tensión y los instrumentos conectados al secundario y que están al alcance de los técnicos. La clase de aislamiento debe estar en función de la máxima tensión de la línea donde está instalado el transformador; está asociada a un nivel básico de aislamiento al impulso (N.B.A.I. ó B.I.L.) e indica la capacidad del transformador de resistir sobre tensiones de duración muy breve, como las provocadas por descargas atmosféricas o transitorios de conexión. Así mismo se asocia a una prueba de tensión aplicada al primario durante un minuto a 60 hertz.

Son usados para interrumpir el flujo de corriente y desconectar algún elemento del S.E.P., puede interrumpir corrientes de carga normales o debidas a fallas eléctricas.

Las maniobras de mando de los interruptores no se efectúa en el sitio donde se encuentra el interruptor, si no desde la sala de control de la S.E. o bien desde el centro de control del área correspondiente, donde están dispuestos los cuadros de mando y los aparatos de señalización

Cuchilla desconectadora

Dispositivos análogos al interruptor de potencia, con la diferencia que estos dispositivos no deben operar bajo condiciones de carga y en ningún caso responden a condiciones de falla, su función solo es desconectar.

La dimensión y características de las cuchillas depende del circuito y la S.E. donde serán instaladas.

En S.E. modernas su accionamiento se efectúa a distancia a través de motores, las hay también de accionamiento manual en grupo o individual.

Instrumentos de medición y tableros

La medición de la S.E. está compuesta por un conjunto de diferentes instrumentos conectados a los secundarios de los transformadores para instrumento (T.C., T.P. y D.P.) cuya función es medir las magnitudes de los diferentes parámetros eléctricos de la instalación del lado de A.T., así como del lado de B.T...

Los instrumentos de medición se colocan sobre tableros ya sea en forma sobre puesta o embutidos en los tableros.

En S.E. es importante conocer; la corriente, la tensión, frecuencia, F.P., potencia activa y reactiva, energía temperatura, etc.

Los sistemas de medición de una S.E. pueden ser:

- Local
- Remoto o telemedición

- Mixto

Es recomendable definir las zonas de medición dentro de una S.E., las cuales son encaminadas para indicar los parámetros antes mencionados para los siguientes equipos:

- Banco de transformación
 - Líneas y cables
- Barras colectoras
 - Alimentadores de distribución
- » Banco de capacitores
- » Tableros de C.D. y C.A.

TABLEROS

Los tableros en general son de lamina a gris con un espesor de 3 mm., pintada de gris, en esos tableros además de instalar los equipos de medición se instalan conmutadores, por la parte posterior los esquemas de protección, así como el bus mímico.

La altura de los tableros es de 2.28 mts. y los equipos de medición son instalados a una altura de 1.70 mts. para ser leídos sin dificultad.

Área de A.T. (400 KV) por el nivel de tensión los equipos se encuentran muy separados

Área de 400 KV, A.T.

Área de B.T. (115 KV) por el nivel de tensión los equipos se encuentran relativamente cercanos

Área de 115 KV, B.T.

SISTEMA DE TIERRAS

La red de tierras en una S.E. Es una de las principales herramientas para la protección contra sobre tensiones de origen atmosférico o por alguna maniobra, a ella se conectan los neutros de los aparatos, las bayonetas, los hilos de guarda, las estructuras metálicas, los tanques y todas aquellas partes metálicas que deben estar a potencial de tierra.

La red debe cumplir:

v Proporcionar un camino de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes de tierra, ya sean debidas a una falla de aislamiento o a la operación de apartarrayos.

v Evitar que durante la circulación de las corrientes de tierra , puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la S.E., que pueden ser peligrosos para el personal.

v Dar mayor confiabilidad al servicio electrico.

Líneas de transmisión

Tienen como función:

- Transportar la E.E. desde los centros de generación, hasta los centros de consumo.
- Interconexión, con la finalidad de transferir energía entre áreas en condiciones de emergencia o como consecuencia de la diversidad de la demanda entre áreas.

Ocupan un lugar importante en la operación de las redes eléctricas, dado que son el elemento de los S.E.P. encargados de la transportación de la E.E.

Líneas de transmisión

Son el elemento de los S.E.P. con mayor riesgo de falla, tanto por el número que existe, como por la extensión territorial que ocupan.

Los Sistemas de transmisión (L.T) presentan valores característicos desde el punto de vista circuitos eléctricos, determinados por su configuración, por su material y por el tamaño de sus conductores.

MATERIALES MAS COMUNES EL L.T.

En las L.T. se utilizan materiales como cobre duro y aluminio, el aluminio por su conductividad y bajo peso, es empleado en claros (distancias interpostales) muy grandes, en claros pequeños se puede emplear cobre o aluminio, pero por lo general en las L.T. que operan con altas tensiones en donde los claros grandes son muy comunes se emplean conductores de aluminio con "alma" de acero, para dar mayor resistencia mecánica.

MATERIALES MÁS COMUNES EL L.T.

normalmente se emplean conductores formados por varios hilos en forma trenzada, en lugar de conductores sólidos, en el caso de conductores de aluminio y acero (ACSR), el hilo o hilos centrales son de acero y se conocen como el alma del conductor.

Se utilizan conductores trenzados para prevenir problemas de vibración que se tiene con los conductores sólidos y que podrían romper los soportes, además los conductores trenzados son más fáciles de manipular que los sólidos.

MATERIALES MAS COMUNES EL L.T.

Los cables de aluminio con alma de acero no deben de emplearse en zonas de contaminación fuerte o con atmósfera salubre en lugares próximos al mar, ya que los efectos de corrosión electroquímica entre los hilos de acero y de aluminio, los destruye rápidamente.

La intensidad de corrosión se clasifica en:

Fuerte (F)

Media (M)

Ligera (L)

Dependiendo de la zona de corrosión en la siguiente tabla se muestra el tipo de cable que se recomienda:

Líneas de transmisión

Líneas de transmisión

Para la generalidad de los análisis, el principal objetivo es conocer la relación que existe entre los “V” y las “I” en ambos extremos de la línea.

A lo largo de la L.T. existe un cambio continuo tanto en el voltaje como en la corriente, debido a la naturaleza distribuida de sus parámetros

Circuito equivalente de una L.T.

El circuito equivalente de una L.T. se denomina circuito pi (π), el cual esta en función de la impedancia serie y de la admitancia en derivación.

CIRCUITO PI DE UNA L.T. LARGA (+ de 240 KM)

Circuito Equivalente de una L.T. media (menores de 240 Km.)

Circuito Equivalente de una L.T. corta (menores de 80 Km.)

3.	Motores	y	aplicaciones	Industriales
	3.1.	Motor	de	inducción

MOTORES DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA CLASE A

El motor clase A es un motor de jaula de ardilla normal o estándar fabricado para uso a velocidad constante. Tiene grandes áreas de ranuras para una muy buena disipación de calor, y barras con ranuras ondas en el motor. Durante el periodo de arranque, la densidad de corriente es alta cerca de la superficie del rotor; durante el periodo de la marcha, la densidad se distribuye con uniformidad. Esta diferencia origina algo de alta resistencia y baja reactancia de arranque, con lo cuál se tiene un par de arranque entre 1.5 y 1.75 veces el nominal (a plena carga). El par de arranque es relativamente alto y la baja resistencia del rotor producen una aceleración bastante rápida hacia la velocidad nominal. Tiene la mejor regulación de velocidad pero su corriente de arranque varía entre 5 y 7 veces la corriente nominal normal, haciéndolo menos deseable para arranque con línea, en especial en los tamaños grandes de corriente que sean indeseables.

Motores de inducción de jaula de ardilla clase B

A los motores de clase B a veces se les llama motores de propósito general; es muy parecido al de la clase A debido al comportamiento de su deslizamiento-par. Las ranuras de su motor están embebidas algo más profundamente que el los motores de clase A y esta mayor profundidad tiende a aumentar la reactancia de arranque y la marcha del rotor. Este aumento reduce un poco el par y la corriente de arranque.

Las corrientes de arranque varían entre 4 y 5 veces la corriente nominal en los tamaños mayores de 5 HP se sigue usando arranque a voltaje reducido. los motores de clase B se prefieren sobre los de la clase A para tamaños mayores.

Las aplicaciones típicas comprenden las bombas centrífugas de impulsión, las máquinas herramientas y los sopladores.

MOTORES DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA CLASE C

Estos motores tienen un rotor de doble jaula de ardilla, el cual desarrolla un alto par de arranque y una menor corriente de arranque.

Debido a su alto par de arranque, acelera rápidamente, sin embargo cuando se emplea en grandes cargas, se limita la disipación térmica del motor por que la mayor parte de la corriente se concentra en el devanado superior.

En condiciones de arranque frecuente, el rotor tiene tendencia a sobre calentarse se adecua mejor a grandes cargas repentinas pero de tipo de baja inercia.

Las aplicaciones de os motores de clase C se limitan a condiciones en las que es difícil el arranque como en bombas y compresores de pistón

MOTORES DEINDUCCION DE JAULA DE ARDILLA CLASE D

Los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla clase D se conocen también como de alto par y alta resistencia.

Las barras del rotor se fabrican en aleación de alta resistencia y se colocan en ranuras cercanas a la superficie o están embebidas en ranuras de pequeño diámetro. La relación de resistencia a reactancia del rotor de arranque es mayor que en lo motores de las clases anteriores.

El motor está diseñado para servicio pesado de arranque, encuentra su mayor aplicación con cargas como cizallas o troqueles, que necesitan el alto par con aplicación a carga repentina la regulación de velocidad en esta clase de motores es la peor.

MOTORES DE INDUCCIÓN DE JAULA DE ARDILLA DE CLASE F

También conocidos como motores de doble jaula y bajo par. Están diseñados principalmente como motores de baja corriente, porque necesita la menor corriente de arranque de todas las clases. Tiene una alta resistencia del rotor tanto en su devanado de arranque como en el de marcha y tiende a aumentar la impedancia de arranque y de marcha, y a reducir la corriente de marcha y de arranque.

El rotor de clase F se diseño para remplazar al motor de clase B. El motor de clase F produce pares de arranque aproximadamente 1.25 veces el par nominal y bajas corrientes de arranque de 2 a 4 veces la nominal. Los motores de esta clase se fabrican de la capacidad de 25 hp para servicio directo de la línea. Debido a la resistencia del rotor relativamente alta de arranque y de marcha, estos motores tienen menos regulación de voltaje de los de clase B, bajan capacidad de sobrecarga y en general de baja eficiencia de funcionamiento. Sin embargo, cuando se arrancan con grandes cargas, las bajas de corrientes de arranque eliminan la necesidad de equipo para voltaje reducido, aún en los tamaños grandes.

CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES DE INDUCCIÓN DE JAULA DE ARDILLA DE ACUERDO CON EL ENFRIAMIENTO Y EL AMBIENTE DE TRABAJO.

Los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla, y en general todos lo motores eléctricos, se pueden clasificar también de acuerdo con el ambiente en que funcionan, sí también como en los métodos de enfriamiento.

La temperatura ambiente juega un papel importante en la capacidad y selección del tamaño de armazón para una dínamo, parte importante del motivo es que la temperatura ambiente influye en la elevación permisible de temperatura por sobre los 40° C normales. Por ejemplo una dínamo que trabaje a una temperatura ambiente de

75° C empleando aislamiento clase B tiene un aumento permisible de temperatura de tan solo 55° C. Si trabajara a su temperatura ambiente normal de 40 ° C se podría permitir un aumento de temperatura de 90° C, sin dañar su aislamiento.

También se hizo notar que la hermeticidad de la máquina afecta a su capacidad. Una máquina con una armazón totalmente abierta con un ventilador interno en su eje, permite un fácil paso de aire succionado y arrojado. Esta caja origina una temperatura final de trabajo en los devanados, menor en comparación que la de una máquina totalmente cerrada que evita el intercambio de aire con el exterior.

Esto da como resultado que existe una clasificación de los motores por el tipo de carcasa.

TIPOS DE ENVOLVENTES O CARCAZAS.

La NEMA reconoce los siguientes:

1. carcasa a prueba de agua. Envolvente totalmente cerrada para impedir que entre agua aplicada en forma de un chorro o manguera, al recipiente de aceite y con medios de drenar agua al interior. El medio para esto último puede ser una válvula de retención o un agujero machuelado en la parte más inferior del armazón, para conectar un tipo de drenado.
2. carcasa a prueba de ignición de polvos. Envolvente totalmente cerrada diseñada y fabricada para evitar que entren cantidades de polvo que puedan encender o afectar desempeño o capacidad.
3. carcasa a prueba de explosión. Envolvente totalmente cerrada diseñada y construida para resistir una explosión de un determinado gas o vapor que pueda estar dentro de un motor, y también para evitar la ignición de determinado gas o vapor que lo rodee, debido a chispas o llamaradas en su interior.
4. carcasa totalmente cerrada envolvente que evita el intercambio de aire entre el interior y el exterior de ella pero que no es lo suficiente mente cerrada para poderla considerar hermética al aire.
5. carcasa protegida al temporal. Envolvente abierta cuyos conductos de ventilación están diseñados para reducir al mínimo la entrada de lluvia o nieve y partículas suspendidas en el aire, y el acceso de estas en las partes eléctricas.
6. carcasa protegida. Envolvente abierta en la cual todas las aberturas conducen directamente a partes vivas o giratorias, exceptuando los ejes lisos del motor, tienen tamaño limitado mediante el diseño de partes estructurales o parrillas coladeras o metal desplegado etc. Para evitar el contacto accidental con las partes vivas
7. Carcasa a prueba de salpicaduras. Envolvente abierta en la que las aberturas de ventilación están fabricadas de tal modo que si caen partículas de sólidos o gotas de líquidos a cualquier ángulo no mayor de 100° con la vertical no puedan entrar en forma directa o por choque de flujo por una superficie horizontal o inclinada hacia adentro.
8. Carcasa a prueba de goteo envolvente abierta en que las aberturas de ventilación se construye de tal modo que si caen partículas sólidas o gotas de líquido a cualquier ángulo no mayor de 15° con la vertical no pueda entrar ya sea en forma directa o por choque y flujo por una superficie horizontal o inclinada hacia adentro.
9. Carcasa abierta envolvente que tiene agujeros de ventilación que permiten el flujo de aire externo de enfriamiento sobre y alrededor de los devanados de la máquina.

El costo y el tamaño de los motores totalmente cerrados es mayor que el de los motores abiertos, de la misma potencia y ciclo de trabajo y elevación sobre la temperatura ambiente.

SELECCIÓN DE VELOCIDADES NOMINALES DEMOTORES DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA O DE ROTOR DEVANADO.

Dado que el deslizamiento de la mayor parte de los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla, a la

velocidad nominal en general de alrededor de un 5% , no se pueden alcanzar velocidades mayores a 3600 r.p.m. A 60 Hz, las velocidades son muy múltiplos de los inversos del números de polos en el estator: 1800, 1200, 900, 720 r.p.m. Etc. En general, se prefieren los motores de alta velocidad a los de baja velocidad, de la misma potencia y voltaje, debido a que:

- Son de tamaño menor y en consecuencia de menor peso
- Tienen mayor par de arranque
- Tienen mayores eficiencias
- A la carga nominal, tienen mayores factores de potencia
- Son menos costosos.

Por estas razones se suele dotar de cajas de engranes o embrague a los motores de inducción de jaula de ardilla para permitir velocidades de eje de cerca sobre 3600 r.p.m. y por debajo de 200 r.p.m. En muchos usos o aplicaciones comerciales particularmente en capacidades de menor potencia, la caja de engranes o de embrague va incorporada en la caja del motor, formando unidad integral con este.

MOTOR SINCRONO DE INDUCCIÓN

Este motor se creó debido a la demanda de un motor síncrono polifásico con arranque propio en tamaños menores, de menos de 50 HP. Que no necesitarán excitación del campo con CD y que poseen las características de velocidad constante el motor. El rotor consiste de un devanado de jaula de ardilla, embobinado o vaciado, distribuido uniformemente en las ranuras que se muestran en la figura 1.

Cuando una corriente alternopolifásica se aplica a la armadura normal de un estator polifásico, el motor arranca como motor de inducción. Debido al rotor de polo saliente, que se muestra en la figura 2, el motor llega muy fácil a su sincronía y desarrolla con rapidez el par máximo del motor síncrono de la máquina de polos salientes.

Así el motor síncrono de inducción desarrolla el par de reluctancia, proporcional a $\sin 2\theta$ y al cuál se le llama a veces motor polifásico de reluctancia. Pero este es un nombre equivocado porque el motor síncrono de inducción trabaja con las características combinadas de par del motor síncrono y de inducción, como se ve en la figura 2. Cuando está diseñado con devanados de rotor de alta resistencia, se pueden desarrollar pares de arranque bastante altos, hasta del 400 % del par a plena carga. Por otro lado, el empleo de devanados del rotor con alta resistencia ocasiona desplazamiento mayor, menor eficiencia y menor posibilidades entrada en sincronismo con carga mediante el par de reluctancia.

Como motor síncrono, trabaja a velocidad constante hasta un poco más del 200% de la plena carga. Si la carga aplicada es mayor que el 200% del par a plena carga se baja a su característica de inducción, en donde puede seguir trabajando como motor de inducción hasta casi el 700% del par a plena carga.

Debido a que el par crítico del motor síncrono es aproximadamente la tercera parte del correspondiente del de inducción, el armazón del estator de un motor síncrono de inducción es de tamaño tres veces mayor que un motor ordinario de inducción de la misma potencia. Además, puesto que trabaja desde sin carga hasta plena carga como motor síncrono sin excitación un mayor ángulo de par compensa la falta de excitación y el motor toma una alta corriente de retraso a bajo factor de potencia. Esto también ocasiona baja eficiencia y necesita de mayor tamaño de armazón para disipar el calor.

En motores de potencia relativamente baja, como el motor síncrono de inducción, los problemas creados por su mayor tamaño y peso, baja eficiencia y corriente en retraso no tienen importancia en comparación con las ventajas de velocidad constante, robustez, falta de excitación de CD, alto par de arranque , de marcha y de

mantenimiento mínimo que caracterizan a estos motores.

Características de funcionamiento del motor de inducción.

Suponiendo que el motor de inducción comercial de jaula de ardilla se haga arrancar con voltaje nominal en las terminales de línea de su estator (arranque a través de la línea) desarrollará un par de arranque de acuerdo a la ecuación 1 que hará que aumente su velocidad. Al aumentar su velocidad a partir del reposo (100% de deslizamiento), disminuye su deslizamiento y su par disminuye hasta el valor en que se desarrolle el par máximo ($R_r = sX_{lr}$) de acuerdo con la ecuación 2. Esto hace que la velocidad aumente todavía más reduciéndose en forma simultánea el deslizamiento y el par que desarrolle el par de inducción.

Los pares desarrollados al arranque y al valor de deslizamiento que produce el par máximo ambos exceden al par aplicado a la carga. Por lo tanto la velocidad del motor aumentará, hasta que el valor del deslizamiento sea tan pequeño que el par que se desarrolla se reduzca a un valor igual al par aplicado por la carga. Mientras tanto el motor continuará trabajando a esta velocidad y valor de equilibrio del deslizamiento hasta que aumente o disminuya el par aplicado de acuerdo con la ecuación 1.

La siguiente gráfica resume el funcionamiento de un motor polifásico de inducción.

Muestra la relación entre los pares de arranque, máximo y nominal a plena carga que desarrolla un motor de inducción, como función de la velocidad de este y del desplazamiento. Esta figura es representación gráfica de la corriente y el par desarrollados en el rotor del motor como funciones de deslizamiento desde el instante de arranque (punto a) hasta la condición de funcionamiento en estado estable (en general entre marcha en vacío y marcha a plena carga puntos c y d) cuando los pares desarrollados y aplicado son iguales.

Nótese que a desplazamiento cero, el par desarrollado y la corriente del rotor, que se indica como línea de puntos, son ambos cero porque no, se efectúa acción del motor de inducción a la velocidad síncrona. Aún sin carga, es necesario que el motor de inducción tenga un pequeño deslizamiento, que en general es del 1%, para poder desarrollar el pequeño par que necesita para superar las fricciones mecánicas y con el aire, y otras pérdidas internas.

El motor de inducción es de velocidad constante entre el funcionamiento sin carga y a plena carga (puntos d y c en la figura) y tiene una curva característica de velocidad que se asemeja a la del motor derivación.

Los motores asíncronos o de inducción, por ser robustos y baratos, son los más extensamente empleados en la industria. En estos motores el campo gira a velocidad síncrona, como en las máquinas síncronas: $n_s = f / p$.

Teóricamente, para el motor girando en vacío y sin pérdidas, el rotor también tendría la velocidad síncrona. no obstante al ser aplicado un par externo al motor, su rotor disminuirá su velocidad justamente en la proporción necesaria para que la corriente inducida por la diferencia de velocidad entre el campo giratorio (síncrono) y el rotor, pase a producir un par electromagnético igual y opuesto al par aplicado exteriormente. El par electromagnético es proporcional al flujo producido por el campo giratorio y a la corriente y al factor de potencia del rotor.

El par del motor electromagnético puede ser expresado por la relación:

$$C = P_g / \omega_s$$

Donde P_g es la potencia del campo que gira a una velocidad angular síncrona ω_s radianes por segundo. Por otro lado, si P es la potencia mecánica proporcionada a través del eje que gira a una velocidad angular ω radianes por segundo $C = P / \omega$

Por lo tanto:

$$P = P_g * \omega / \omega_s = (1 - s) * P_g$$

O sea la potencia cedida por el eje es igual a la potencia disponible en el entre hierro de la máquina P_a (potencia de campo giratorio), menos la parte correspondiente a las pérdidas en el rotor $s \cdot P_g$.

En la siguiente figura se muestra el diagrama vectorial de los componentes de corrientes del motor asíncrono. Para un núcleo de hierro ideal, con una permeabilidad infinitamente grande y con pérdidas nulas, la corriente absorbida en vacío por el motor sería nula. En otras condiciones, para un motor en carga, los arrollamientos del primario (estator) y secundario (rotor), tendrían exactamente la misma f.m.m., o sea, el motor absorbería de la red una corriente equivalente a su corriente rotórica (determinada por el par solicitado), referida al arrollamiento del estator, I'_2 .

Para el caso de núcleos ferromagnéticos reales, la permeabilidad finita implicará una cierta corriente de magnetización I_m , y las pérdidas en el hierro (transformadas en calor en el proceso) exigirán una componente activa de corriente I_p .

La composición de estas corrientes produce la corriente I_0 que el motor absorbe en vacío.

Ahora para una situación de carga I'_2 , la corriente absorbida de la línea es la suma vectorial. $I_1 = I_2 + I_0$.

Aquí están representadas las f.e.m. E_1 (f.e.m. inducida en el estator) y E'_2 (f.e.m. inducida en el rotor referida al estator). Ellas sirven de referencia para el diagrama de corrientes, una vez que su vector debe estar adelantado 90° eléctricos con relación al vector de la corriente de magnetización.

Alterándose la carga aplicada al motor, la componente de corriente del rotor I'_2 varía, pues es proporcional al par. I_0 permanece constante, pues está vinculada a la magnetización del motor. El lugar geométrico de la punta del vector que representa I_1 , corriente absorbida por el primario, es una circunferencia, tal como se ve en la figura de abajo:

En la medida que el motor es cargado por un par aplicado a su eje, el punto P se mueve sobre la circunferencia. En cada punto el desplazamiento es mayor, aproximadamente al valor $s = 1$, que corresponde a la condición del rotor bloqueado (punto P_b). En este punto la corriente absorbida por el estator es $O'P_b$ y la correspondiente corriente del rotor es $O_p b$. La semirecta $O_p b$ es por regla general, denominada "recta de las potencias". El segmento PG , igual a $I_1 \cos \phi$ es proporcional a la potencia por fase $UI_1 \cos \phi$ absorbida de la línea. El segmento DG , igual a $I_0 \cos \phi$ es proporcional a las pérdidas en vacío del motor. El segmento ED representa las pérdidas de joule; consecuentemente PE , el segmento comprendido entre la circunferencia y la recta de potencias, es proporcional a la potencia transmitida al eje, la potencia mecánica.

El punto P_b , toda potencia absorbida por el motor, con excepción de pérdida en el hierro, esta siendo convertida en calor a través de las pérdidas de joule en los circuitos del estator y del rotor, segmentos $P_b C$. Dividiéndose este segmento en el punto M, de forma que MC es proporcional a las pérdidas de Joule en el estator, mientras que $P_b M$ será proporcional a las pérdidas en el rotor.

Al trazar una recta tangente a la circunferencia, paralela a la recta de las potencias, se determina el segmento JK proporcional a la máxima potencia que el motor puede proporcionar. De manera semejante, el segmento LN representa el máximo par que el eje puede aplicar a la carga. Estos dos máximos ocurren a diferentes velocidades.

La gráfica anterior y la siguiente son una ayuda para la comprensión de cómo varían las características del motor. También se muestra el comportamiento de la corriente del factor de potencia del par y de la potencia excedida al eje en función de la velocidad del motor, deducidas a partir del diagrama del circuito.

Características de funcionamiento normal del motor de inducción en marcha (desde vacío hasta plena carga).

Las características de funcionamiento normal del motor se tiene en la gráfica en los puntos d a c. Enseguida vemos el comportamiento del rotor de un motor de inducción de jaula de ardilla a una velocidad sin carga,

ligeramente menor que la velocidad síncrona cuando se aplica una carga que va en aumento.

Caso sin carga y vacío:

Sin carga, el deslizamiento es muy pequeño y la frecuencia, reactancia del rotor, y la FEM inducida en éste son muy pequeñas. Por lo tanto la corriente en el rotor es muy pequeña y solo la suficiente para producir el par sin carga y por lo tanto la corriente en el estator es la suma fasorial de su corriente de excitación I_e y un componente de carga primario I_o inducido en el rotor por acción del transformador.

La figura 3 muestra la suma fasorial de esas corrientes sin carga, en la que la corriente de excitación en el primario del estator a circuito abierto es I_e , es decir la suma fasorial de un componente I_h de histéresis o de potencia, y un componente I_m , de magnetización necesario para producir el flujo rotatorio en el estator. Los componentes de potencia I_h e I_o están en fase con E_{qp} . El factor de potencia sin cargar se representa mediante $\cos \phi$, el ángulo entre I_{sc} y E_{qp} . Así, $I_{sc} \cos \phi$ es la suma de I_o e I_h , es decir, la pequeña corriente del estator I_o producida por la corriente del rotor y por un componente primario de pérdida de I_h , debido a la histéresis y corrientes parásitas en el hierro del estator y del rotor. Se nota que si ϕ es grande, el factor de potencia es extremadamente pequeña y está en retraso.

Caso de media carga

Al aplicar la carga mecánica al rotor, la velocidad disminuye un poco. La pequeña disminución de velocidad causa un aumento en el deslizamiento y en la frecuencia y reactancia del rotor, y en la FEM inducida en éste.

El aumento en la corriente inducida (secundaria) en el rotor se refleja con un aumento de corriente primaria en el estator, I_{sr} , que aparece en la figura, este componente de la corriente primaria del estator I_{sr} , produce potencia como I_o y está en fase con el voltaje inducido por el primario E_{qp} . La suma fasorial de la corriente sin carga I_{sc} y el componente de carga I_{sr} , produce una corriente I_s en el estator a un ángulo de factor de potencia mejorado $\cos \phi_s$ con ello, la corriente en el estator ha aumentado desde I_{sc} hasta I_s y el ángulo de factor de potencia ha disminuido desde ϕ_{sc} hasta ϕ_s y ambos factores tienden a producir más potencia de las barras de distribución ($E_{qp} I_s \cos \phi_s$).

Condición de plena carga

El motor de inducción de jaula de ardilla girará un valor de deslizamiento que proporciona un equilibrio entre el par desarrollado y el par aplicado. De tal manera, conforme se aplica más carga, el deslizamiento aumenta porque el par aplicado excede al par desarrollado. Cuando se aplica el valor nominal al eje del motor de inducción, el componente de la corriente del estator primario en fase que toma el motor de inducción es grande en comparación con la corriente sin carga casi de cuadratura, como en la gráfica 3 y el ángulo del factor de potencia es bastante pequeño. El factor de potencia a plena carga varía entre 0.8 en motores pequeños (1 HP) y 0.9 o 0.95, en los grandes motores de inducción (150 HP y superiores).

Más allá de plena carga

Si se observa en las gráficas de la figura 3 se supondrá que el factor de potencia se aproxima a la unidad a mayores aumentos en la carga pero esto no es así porque:

Con mayor carga y deslizamiento, la frecuencia del rotor continúa aumentando y el aumento en la reactancia del rotor produce una disminución en el factor de potencia.

Considerando al motor de inducción como si fueran un transformador, se puede decir que el secundario del transformador tiene una carga en retraso, lo cual hace que el factor de potencia del primario se retrase por lo tanto cuando las cargas son mayores que la plena carga, el factor de potencia se aproxima a un máximo, para disminuir después rápidamente.

En la siguiente gráfica se resumen los comportamientos del motor desde sin carga hasta más allá de plena carga.

Se observa que después de la falla o punto crítico (par máximo) la corriente de línea aumenta, pero el par disminuye debido a que la rapidez de disminución del factor de potencia es mayor que la rapidez del aumento de corriente.

A cargas livianas, las pérdidas fijas relativamente grandes en proporción con la salida pequeña, producen una eficiencia baja.

Con cargas grandes, las pérdidas variables relativamente grandes más las pérdidas fijas producen de nuevo baja eficiencia, no obstante la salida es alta. La eficiencia máxima se da en cargas moderadas, en las cuales las pérdidas fijas y variables son iguales y la potencia es aproximadamente igual al valor nominal.

Obsérvese que el par máximo se presenta bastante más allá del doble de la potencia nominal, en donde el deslizamiento crítico o de falla es aquella frecuencia del rotor a la cual la reactancia variable del rotor es igual a la resistencia de este.

Deslizamiento

La pérdida de velocidad angular del motor (necesaria para que sea producido un par electromagnético), expresada por unidad de velocidad síncrona, se llama deslizamiento.

Donde s = deslizamiento (pérdida de velocidad angular del rotor)

n = velocidad del rotor

ω = velocidad angular del rotor.

Medición del deslizamiento de acuerdo con varios métodos.

Al probar los motores de inducción y determinar el deslizamiento a diversas condiciones de carga, es esencial que el valor de deslizamiento que se obtenga sea exacto.

Por ejemplo si la velocidad a plena carga es de 1700 rpm. Si se mide su velocidad del rotor con un tacómetro con error de 2%, la indicación puede ser de 1740 $\pm$ 35 rpm. O sea puede ser tan alta como 1775 rpm o tan baja como 1705 rpm. Un error pequeño de 2% se conservaría en todas las ecuaciones, por este motivo raramente se mide la velocidad del motor y en lugar de ello se trata de medir directamente el deslizamiento, (diferencia entre velocidad síncrona y la del rotor) es compara la velocidad del motor de inducción con la de un pequeño motor síncrono empleando un contador electromecánico. El motor síncrono que se emplee debe tener el mismo número de polos que el motor de inducción.

Arranque del motor de inducción.

En la mayor parte de las zonas si se cuenta con un motor pequeño de inducción de jaula de ardilla de unos cuantos caballos de fuerza se pueden poner en marcha directamente desde la línea con una caída de voltaje que es de poca importancia en la fuente de voltaje, y con un retardo pequeño o sin retardo para acelerarse a su velocidad nominal. Igualmente, los motores grandes de inducción de jaula de ardilla hasta de varios miles de HP, se pueden arrancar conectándolos directamente a la línea sin daños ni cambios indeseados de voltaje, siempre que las tomas de voltaje tengan una capacidad bastante alta.

Aunque hay algunas excepciones entre las diversas clasificaciones de motores comerciales de inducción de jaula de ardilla, que necesitan normalmente seis veces el valor de su corriente nominal para arrancar cuando se aplica el voltaje nominal a su estator. en el instante de arranque la corriente del rotor está determinada por la impedancia de rotor bloqueado $R_r + jX_{lr}$. Así, el voltaje del estator se reduce a la mitad de su valor nominal, la

corriente de arranque se reduciría en esa proporción, es decir a unas tres veces la corriente nominal. Pero la ecuación: $T_s = K_t V_p^2$ indica que si el voltaje de línea en el estator se reduce a la mitad de su valor, el par se reduce a la cuarta parte de su valor original. Por lo tanto se ha alcanzado la reducción deseable en la corriente de línea al motor al costo de una reducción indeseable y a un mayor par de arranque. Si el motor se arranca bajo carga grande, esto tiene cierta importancia y hay la probabilidad de que el motor pueda arrancar con dificultad o no arranque. Por otro lado si el motor se arranca sin carga, la reducción en el par puede no ser importante para algunos casos, y es ventajosa la reducción de la corriente.

Las fluctuaciones frecuentes de voltaje pueden también afectar al equipo electrónico y a la iluminación al grado de que se necesite algún método alternativo para arrancar el motor de inducción, para limitar la corriente de arranque. Si las líneas que alimentan al motor de inducción de jaula de ardilla, tienen impedancias diferentes; los voltajes del estator pueden desbalancearse, desbalanceando severamente las corrientes en las líneas y originando que el equipo de protección deje al descubierto al motor. De hecho un desbalance de 1 o 2 % en los voltajes de la línea del estator pueden originar un desbalance del 20 % en las corrientes de línea, presentando calentamiento localizado del motor y fallas del devanado

Arranque a voltaje reducido con autotransformador

Se pueden poner en marcha los motores trifásicos comerciales de inducción de jaula de ardilla a voltaje reducido empleando un autotransformador trifásico único o compensador, o bien con tres autotransformadores monofásicos, como se muestra en la figura:

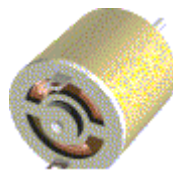
Las salidas del transformador varían del 50 al 80% del voltaje nominal. Si el motor no puede acelerar la carga a voltaje mínimo, se puede probar con salidas de mayor voltaje hasta que se obtenga el par adecuado y deseado de arranque; el interruptor de tres polos doble tiro se lleva a la posición de arranque y se deja ahí hasta que el motor ha acelerado la carga casi hasta la velocidad nominal. A continuación se pasa rápidamente a la posición de marcha, en la cual queda conectado el motor en la línea directamente.

El arrancador compensador solo se utiliza durante el periodo de arranque y su capacidad de corriente se basa en ese trabajo intermitente, y por lo tanto es algo menor que la de un transformador de capacidad equivalente que podría emplearse para suministrar un motor de inducción en forma continua desde una fuente de mayor voltaje.

3.2. Motor de corriente continúa

Motores-CC (Motores de Corriente Continua)

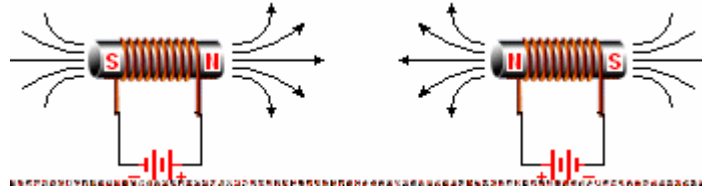
Son de los más comunes y económicos, y puedes encontrarlo en la mayoría de los juguetes a pilas, constituidos, por lo general, por dos imanes permanentes fijados en la carcasa y una serie de bobinados de cobre ubicados en el eje del motor, que habitualmente suelen ser tres.



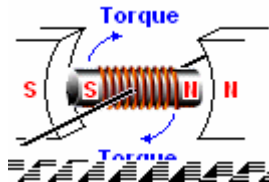
El funcionamiento se basa en la interacción entre el campo magnético del imán permanente y el generado por las bobinas, ya sea una atracción o una repulsión hacen que el eje del motor comience su movimiento, bueno, eso

es a grandes rasgos...

Ahora nos metemos un poco más adentro... Cuando una bobina es recorrida por la corriente eléctrica, esta genera un campo magnético y como es obvio este campo magnético tiene una orientación es decir dos polos un polo NORTE y un polo SUR, la pregunta es, cuál es cuál...?, y la respuesta es muy sencilla, si el núcleo de la bobina es de un material ferromagnético los polos en este material se verían así...



como puedes ver, estos polos pueden ser invertidos fácilmente con sólo cambiar la polaridad de la bobina, por otro lado al núcleo de las bobinas las convierte en un electroimán, ahora bien, si tienes nociones de el efecto producido por la interacción entre cargas, recordarás que cargas opuestas o polos opuestos se atraen y cargas del mismo signo o polos del mismo signo se repelen, esto hace que el eje del motor gire produciendo un determinado torque



Te preguntarás que es el torque...?, pues es simplemente la fuerza de giro, si quieres podríamos llamarle la potencia que este motor tiene, la cual depende de varios factores, como ser; la cantidad de corriente, el espesor del alambre de cobre, la cantidad de vueltas del bobinado, la tensión etc. esto es algo que ya viene determinado por el fabricante, y que nosotros poco podemos hacer, más que jugar con uno que otro parámetro que luego describiré.

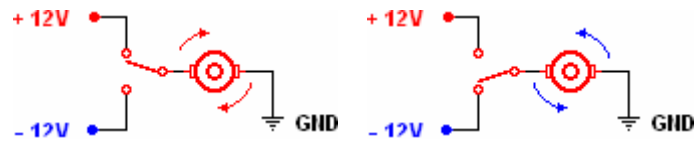
La imagen anterior fue solo a modo descriptivo, ya que por lo general suelen actuar las dos fuerzas, tanto atracción como repulsión, y más si se trata de un motor con bobinas impares.

Estos motores disponen de dos bornes que se conectan a la fuente de alimentación y según la forma de conexión el motor girará en un sentido u otro, veamos eso justamente...

control de Sentido de Giro para Motores-CC

Existen varias formas de lograr que estos motores inviertan su sentido de giro una es utilizando una fuente simétrica o dos fuentes de alimentación con un interruptor simple de dos contactos y otra es utilizar una fuente común con un interruptor doble es decir uno de 4 contactos, en todos los casos es bueno conectar también un capacitor en paralelo entre los bornes del motor, éste para amortiguar la inducción que generan las bobinas internas del motor (aunque no lo representaré para facilitar un poco la comprensión del circuito, está...?), las conexiones serían así...

Con Fuente Simétrica o Doble Fuente



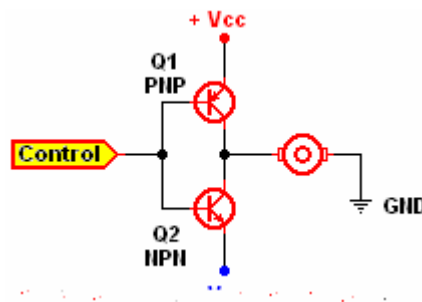
Con una Fuente Simple



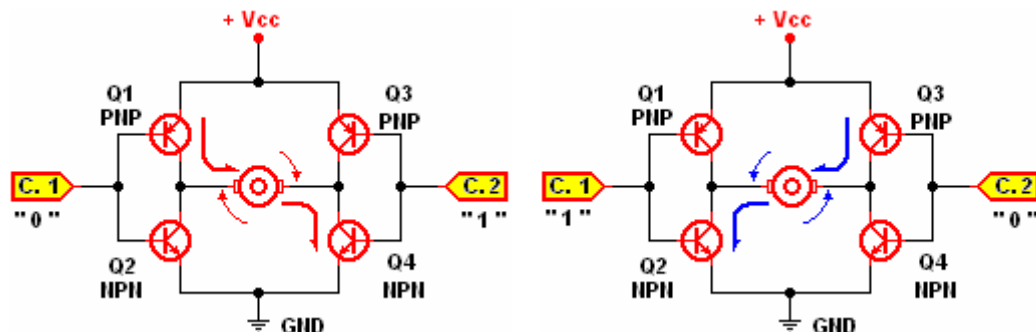
Otra solución cuando intentas que uno de tus modelos realice esta tarea por su propia cuenta, es sustituir los interruptores por los relés correspondientes e idearte un par de circuitos para lograr el mismo efecto...

Aunque esta última opción es una de las más prácticas, tiene sus inconvenientes ya que los relés suelen presentar problemas mecánicos y de desgaste, lo ideal sería disponer de un circuito un poco más sólido, quitando los relés y haciendo uso de transistores, estos últimos conectados en modo corte y saturación, así actúan como interruptores, un análisis más completo de esta forma de conexión la puedes ver en esta sección.

Veamos como hacerlo con una fuente simétrica... En este caso será necesario el uso de dos transistores complementarios es decir uno PNP y otro NPN, de este modo sólo es necesario un terminal de control, el cual puede tomar valores lógicos "0" y "1", el esquema de conexiones es el que sigue...



Cuando intentas utilizar una fuente de alimentación simple la cosa se complica un poco más, pero como todo tiene solución lo puedes implementar del siguiente modo...



Estos circuitos son conocidos como puente en H o H-Bridge, en realidad son más complejos de lo que describí aquí, pero esta es la base del funcionamiento de los Drivers para motores.

Ahora bien, estos Driver's que acabo de mencionar son circuitos integrados que ya traen todo este despirole metido adentro, lo cual facilita el diseño de nuestros circuitos, tales como el UCN5804, el BA6286, el L293B, L297, L298 o también puedes ingeniártelas con el ULN2803 o el ULN2003, estos dos últimos son arrays de transistores, pero apuesto que te las puedes arreglar.

Veamos como trabajar con el integrado L293B...

3.3. Instalación eléctrica

En el presente trabajo se muestra la gran importancia de las instalaciones eléctricas, pues es de gran ayuda en la actualidad conocer como es que se lleva a cabo una instalación y conocer cada uno de sus elementos, como el relevador, elemento sumamente importante el cual cierra o abre independientemente los circuitos y de igual manera el principio de funcionamiento de cada uno de los elementos que componen una instalación eléctrica, de igual forma es interesante tener muy en cuenta cuales son los tipos que existen en la actualidad de las instalaciones, así como el riesgo que tenga cada una.

Las instalaciones eléctricas por muy sencillas o complejas que parezcan, es el medio mediante el cual los hogares y las industrias se abastecen de energía eléctrica para el funcionamiento de los aparatos domésticos o industriales respectivamente, que necesiten de ella.

Es importante tener en cuenta los reglamentos que debemos de cumplir al pie de la letra para garantizar un buen y duradero funcionamiento, es por eso que la finalidad del trabajo es que en una circunstancia dada sepamos actuar adecuadamente y cuidar nuestra integridad física mediante el uso de protecciones.

C a p í t u l o 1

INTRODUCCION A LAS INSTALACIONES ELECTRICAS

Descripción.

Se le llama instalación eléctrica al conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica, desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilicen. Entre estos elementos se incluyen: tableros, interruptores, transformadores, bancos de capacitores, dispositivos, sensores, dispositivos de control local o remoto, cables, conexiones, contactos, canalizaciones, y soportes.

Las instalaciones eléctricas pueden ser abiertas (conductores visibles), aparentes (en ductos o tubos), ocultas, (dentro de paneles o falsos plafones), o ahogadas (en muros, techos o pisos).

Objetivos de una instalación.

Una instalación eléctrica debe de distribuir la energía eléctrica a los equipos conectados de una manera segura y eficiente. Además algunas de las características que deben de poseer son:

a).-Confiables, es decir que cumplan el objetivo para lo que son, en todo tiempo y en toda la extensión de la palabra.

b).-Eficientes, es decir, que la energía se transmita con la mayor eficiencia posible.

- c).- Económicas, o sea que su costo final sea adecuado a las necesidades a satisfacer.
- d).-Flexibles, que se refiere a que sea susceptible de ampliarse, disminuirse o modificarse con facilidad, y según posibles necesidades futuras.
- e).-Simples, o sea que faciliten la operación y el mantenimiento sin tener que recurrir a métodos o personas altamente calificados.
- f).-Agradables a la vista, pues hay que recordar que una instalación bien hecha simplemente se ve “bien”.
- g).-Seguras, o sea que garanticen la seguridad de las personas y propiedades durante su operación común.

Clasificación de instalaciones eléctricas

Para fines de estudio, nosotros podemos clasificar las instalaciones eléctricas como sigue:

Por el nivel de voltaje predominante:

- a).-Instalaciones residenciales, que son las de las casas habitación.
- b).-Instalaciones industriales, en el interior de las fábricas, que por lo general son de mayor potencia comparadas con la anterior
- c).- Instalaciones comerciales, que respecto a su potencia son de tamaño comprendido entre las dos anteriores.
- d).-Instalaciones en edificios, ya sea de oficinas, residencias, departamentos o cualquier otro uso, y que pudieran tener su clasificación por separado de las anteriores.
- e).-Hospitales.
- f).-Instalaciones especiales.

Por la forma de instalación:

- a).-Visible, la que se puede ver directamente.
- b).-Oculta, la que no se puede ver por estar dentro de muros, pisos, techos, etc. de los locales.
- c).- Aérea, la que esta formada por conductores paralelos, soportados por aisladores, que usan el aire como aislante, pudiendo estar los conductores desnudos o forrados. En algunos casos se denomina también línea abierta.
- d).-Subterránea, la que va bajo el piso, cualquiera que sea la forma de soporte o material del piso.

Por el lugar de la instalación:

Las instalaciones eléctricas también pueden clasificarse en normales y especiales según, el lugar donde se ubiquen:

- a) Las instalaciones normales pueden ser interiores o exteriores. Las que están a la intemperie deben de tener los accesorios necesarios (cubiertas, empaques y sellos) para evitar la penetración del agua de lluvia aun en

condiciones de tormenta.

b) Se consideran instalaciones especiales a aquellas que se encuentran en áreas con ambiente peligroso, excesivamente húmedo o con grandes cantidades de polvo no combustible

Dentro de estas clasificaciones también se subdividen por el tipo de lugar:

a).-Lugar seco, aquellos no sujetos normalmente a derrames de líquidos.

b).-Lugar húmedo, los parcialmente protegidos por aleros, corredores techados pero abiertos, así como lugares interiores que están sujetos a un cierto grado de humedad poscondensación, tal como sótanos, depósitos refrigerados o similares.

c).- Lugar mojado, en que se tienen condiciones extremas de humedad, tales como intemperie, lavado de automóviles, instalaciones bajo tierra en contacto directo con el suelo, etc..

d).-Lugar corrosivo, en los que se pueden encontrar sustancias químicas corrosivas.

e).-Lugar peligroso, en donde las instalaciones están sujetas a peligro de incendio o explosión debido a gases o vapores inflamables, polvo o fibras combustibles dispersasen el aire

Capítulo 2

ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UNA INSTALACION ELECTRICA

En el presente capítulo se da una descripción general de los elementos mas comúnmente encontrados en una instalación eléctrica, la intención es familiarizar al usuario con la terminología y los conceptos que serán utilizados.

1. Acometida. Se entiende el punto donde se hace la conexión entre la red, propiedad de la compañía suministradora, y el alimentador que abastece al usuario. La acometida también se puede entender como la línea aérea o subterránea según sea el caso que por un lado entronca con la red eléctrica de alimentación y por el otro tiene conectado el sistema de medición. Además en las terminales de entrada de la acometida normalmente se colocan apartarayos para proteger la instalación y el equipo de alto voltaje.

2. Equipos de Medición. Por equipo de medición se entiende a aquél, propiedad de la compañía suministradora, que se coloca en la acometida con el propósito de cuantificar el consumo de energía eléctrica de acuerdo con las condiciones del contrato de compra-venta. Este equipo esta sellado y debe de ser protegido contra agentes externos, y colocado en un lugar accesible para su lectura y revisión.

3. Interruptores. Un interruptor es un dispositivo que esta diseñado para abrir o cerrar un circuito eléctrico por el cual esta circulando una corriente.

3.1 Interruptor general. Se le denomina interruptor general o principal al que va colocado entre la acometida (después del equipo de medición) y el resto de la instalación y que se utiliza como medio de desconexión y protección del sistema o red suministradora.

3.2 Interruptor derivado. También llamados interruptores eléctricos los cuales están colocados para proteger y desconectar alimentadores de circuitos que distribuyen la energía eléctrica a otras secciones de la instalación o que energizan a otros tableros.

3.3 Interruptor termo magnético. Es uno de los interruptores más utilizados y que sirven para desconectar y

proteger contra sobrecargas y cortos circuitos. Se fabrica en gran cantidad de tamaños por lo que su aplicación puede ser como interruptor general. Tiene un elemento electrodinámico con el que puede responder rápidamente ante la presencia de un corto circuito

4. Arrancador. Se conoce como arrancador al arreglo compuesto por un interruptor, ya sea termo magnético de navajas (cuchillas) con fusibles, un conductor electromagnético y un relevador bimetálico. El contactor consiste básicamente de una bobina con un núcleo de hierro que sierra o abre un juego de contactos al energizar o desenergizar la bobina.

5. Transformador. El transformador eléctrico es un equipo que se utiliza para cambiar el voltaje de suministro al voltaje requerido. En las instalaciones grandes pueden necesitarse varios niveles de voltaje, lo que se logra instalando varios transformadores (agrupados en subestaciones). Por otra parte pueden existir instalaciones cuyo voltaje sea el mismo que tiene la acometida y por lo tanto no requieran de transformador.

6. Tableros. El tablero es un gabinete metálico donde se colocan instrumentos con interruptores arrancadores y/o dispositivos de control. El tablero es un elemento auxiliar para lograr una instalación segura confiable y ordenada.

6.1 Tablero general. El tablero general es aquel que se coloca inmediatamente después del transformador y que contiene un interruptor general. El transformador se conecta a la entrada del interruptor y a la salida de este se conectan barras que distribuyen la energía eléctrica a diferentes circuitos a través de interruptores derivados.

6.2 Centros de Control de Motores. En instalaciones industriales y en general en aquellas donde se utilizan varios motores, los arrancadores se agrupan en tableros compactos conocidos como centros de control de motores.

6.3 Tableros de Distribución o derivado. Estos tableros pueden tener un interruptor general dependiendo de la distancia al tablero de donde se alimenta y del número de circuitos que alimenten.

7. Motores y Equipos Accionados por Motores. Los motores se encuentran al final de las ramas de una instalación y su función es transformar la energía eléctrica en energía mecánica, cada motor debe tener su arrancador propio.

8. Estaciones o puntos de Control. En esta categoría se clasifican las estaciones de botones para control o elementos del proceso como:

limitadores de carreras o de par, indicadores de nivel de temperatura, de presión entre otros. Todos estos equipos manejan corrientes que por lo general son bajas comparadas con la de los electros activos de una instalación.

9. Salidas para alumbrado y contactos. Las unidades de alumbrado, al igual que los motores, están al final de las instalaciones y son consumidores que transforman la energía eléctrica en energía luminosa y generalmente también en calor.

Los contactos sirven para alimentar diferentes equipos portátiles y van alojados en una caja donde termina la instalación.

10. Plantas de Emergencia. Las plantas de emergencia constan de un motor de combustión interna acoplada a un generador de corriente alterna. El cálculo de la capacidad de una planta eléctrica se hace en función con las cargas que deben de operar permanentemente. Estas cargas deberán quedar en un circuito alimentador y canalizaciones dependientes.

11. Tierra o neutro en una Instalación Eléctrica.

A) tierra. Se consideran que el globo terráqueo tiene un potencial de cero se utiliza como referencia y como

sumidero de corrientes indeseables.

B) Resistencia a tierra. Este término se utiliza para referirse a la resistencia eléctrica que presenta el suelo de cierto lugar.

C) Toma de tierra. Se entiende que un electrodo enterrado en el suelo con una Terminal que permita unirlo a un conductor es una toma de tierra. D) Tierra remota. Se le llama así a una toma de tierra lejana al punto que se esté considerando en ese momento.

E) Sistemas de Tierra. Es la red de conductores eléctricos unidos a una o mas tomas de tierra y provisto de una o varias terminales a las que puede conectarse puntos de la instalación.

f) Conexión a tierra. La unión entre un conductor y un sistema de tierra.

g) Tierra Física. Cuando se une solidamente a un sistema de tierra que a su vez está conectado a la toma de tierra.

h) Neutro Aislado. Es el conductor de una instalación que está conectado a tierra a través de una impedancia.

i) Neutro del generador. Se le llama así al punto que sirve de referencia para los voltajes generados en cada fase.

J) Neutro de trabajo. Sirve para conexión alimentado por una sola fase

k) Neutro conectado sólidamente a tierra. Se utiliza generalmente en instalaciones de baja tensión para proteger a las personas contra electrocución.

l) Neutro de un sistema. Es un potencial de referencia de un sistema que puede diferir de potencial de tierra que puede no existir físicamente.

m) Neutro Flotante. Se le llama así al neutro de una instalación que no se conecta a tierra.

12. Interconexión. Para la interconexión pueden usarse alambres, cables de cobre o aluminio, estos pueden estar colocados a la vista en ductos, tubos o charolas.

El empalme de la conexión de las terminales de los equipos debe de hacerse de manera que se garantice el contacto uniforme y no existan defectos que representen una disminución de la sección. Las tuberías que se utilizan para proteger los conductores pueden ser metálicas o de materiales plásticos no combustibles también se utilizan ductos cuadrados o charolas. El soporte de todos estos elementos debe de ser rígido y su colocación debe hacerse de acuerdo con criterios de funcionalidad, estética, facilidad de mantenimiento y economía.

C a p í t u l o 3

CODIGOS Y NORMAS

El diseño de las instalaciones eléctricas se hace dentro de un marco legal. Un proyecto de ingeniería es una respuesta técnica y económicamente adecuada, que respeta las normas y códigos aplicables.

En México las NTIE (Normas técnicas para Instalaciones eléctricas) editadas por la dirección General de Normas, Constituyen el marco legal ya mencionado.

Existen otras normas que no son obligatorias que pueden servir de apoyo en aspectos no cubiertos por la NTIE

son:

a) El NEC (Código Nacional Eléctrico de EE.UU.) puede ser muy útil en algunas aplicaciones.

b) El LPC (Código de protecciones contra descargas eléctricas de EE. UU.) Es un capítulo de la NFPA. Los proyectista mexicanos apoyan mucho este código debido que las NTIE tratan el tema con poca profundidad.

C a p í t u l o 4

CONDUCTORES ELECTRICOS Y AISLADORES

Se aplica este concepto a los cuerpos capaces de conducir o transmitir la electricidad.

Un conductor eléctrico está formado primeramente por el conductor propiamente tal, usualmente de cobre.

Este puede ser alambre, es decir, una sola hebra o un cable formado por varias hebras o alambres retorcidos entre sí.

Los materiales más utilizados en la fabricación de conductores eléctricos son el cobre y el aluminio.

Aunque ambos metales tienen una conductividad eléctrica excelente, el cobre constituye el elemento principal en la fabricación de conductores por sus notables ventajas mecánicas y eléctricas.

El uso de uno y otro material como conductor, dependerá de sus características eléctricas (capacidad para transportar la electricidad), mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad), del uso específico que se le quiera dar y del costo.

Estas características llevan a preferir al cobre en la elaboración de conductores eléctricos.

El tipo de cobre que se utiliza en la fabricación de conductores es el cobre electrolítico de alta pureza, 99,99%.

Dependiendo del uso que se le vaya a dar, este tipo de cobre se presenta en los siguientes grados de dureza o temple: duro, semi duro y blando o recocido.

Tipos de cobre para conductores eléctricos

Cobre de temple duro:

Conductividad del 97% respecto a la del cobre puro.

Por esta razón se utiliza en la fabricación de conductores desnudos, para líneas aéreas de transporte de energía eléctrica, donde se exige una buena resistencia mecánica.

Cobre recocido o de temple blando:

Conductividad del 100%

Como es dúctil y flexible se utiliza en la fabricación de conductores aislados.

El conductor está identificado en cuanto a su tamaño por un calibre, que puede ser milimétrico y expresarse en mm² o americano y expresarse en AWG o MCM con una equivalencia en mm².

Partes que componen los conductores eléctricos

Estas son tres muy diferenciadas:

⌘ . El alma o elemento conductor.

⌘ . El aislamiento.

⌘ . Las cubiertas protectoras.

El alma o elemento conductor

Se fabrica en cobre y su objetivo es servir de camino a la energía eléctrica desde las centrales generadoras a los centros de distribución (subestaciones, redes y empalmes), para alimentar a los diferentes centros de consumo (industriales, grupos habitacionales, etc.).

De la forma cómo esté constituida esta alma depende la clasificación de los conductores eléctricos. Así tenemos:

Según su constitución

Alambre: Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por un solo elemento o hilo conductor.

Se emplea en líneas aéreas, como conductor desnudo o aislado, en instalaciones eléctricas a la intemperie, en ductos o directamente sobre aisladores.

Cable: Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por una serie de hilos conductores o alambres de baja sección, lo que le otorga una gran flexibilidad.

Según el número de conductores

Monoconductor: Conductor eléctrico con una sola alma conductora, con aislación y con o sin cubierta protectora.

Multiconductor: Conductor de dos o más almas conductoras aisladas entre sí, envueltas cada una por su respectiva capa de aislación y con una o más cubiertas protectoras comunes.

El aislamiento

El objetivo de la aislación en un conductor es evitar que la energía eléctrica que circula por él, entre en contacto con las personas o con objetos, ya sean éstos ductos, artefactos u otros elementos que forman parte de una instalación. Del mismo modo, la aislación debe evitar que conductores de distinto voltaje puedan hacer contacto entre sí.

Los materiales aislantes usados desde sus inicios han sido sustancias poliméricas, que en química se definen como un material o cuerpo químico formado por la unión de muchas moléculas idénticas, para formar una nueva molécula más gruesa.

Antiguamente los aislantes fueron de origen natural, gutapercha y papel. Posteriormente la tecnología los cambió por aislantes artificiales actuales de uso común en la fabricación de conductores eléctricos.

Los diferentes tipos de aislación de los conductores están dados por su comportamiento técnico y mecánico, considerando el medio ambiente y las condiciones de canalización a que se verán sometidos los conductores que ellos protegen, resistencia a los agentes químicos, a los rayos solares, a la humedad, a altas temperaturas,

llamas, etc. Entre los materiales usados para la aislación de conductores podemos mencionar el PVC o cloruro de polivinilo, el polietileno o PE, el caucho, la goma, el neopreno y el nylon.

Si el diseño del conductor no consulta otro tipo de protección se le denomina aislación integral, porque el aislamiento cumple su función y la de revestimiento a la vez.

Cuando los conductores tienen otra protección polimérica sobre la aislación, esta última se llama revestimiento, chaqueta o cubierta.

Las cubiertas protectoras

El objetivo fundamental de esta parte de un conductor es proteger la integridad de la aislación y del alma conductora contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes, etc.

Si las protecciones mecánicas son de acero, latón u otro material resistente, a ésta se le denomina «armadura». La «armadura» puede ser de cinta, alambre o alambres trenzados.

Los conductores también pueden estar dotados de una protección de tipo eléctrico formado por cintas de aluminio o cobre. En el caso que la protección, en vez de cinta esté constituida por alambres de cobre, se le denomina «pantalla» o «blindaje».

Alma conductora Aislante Cubierta protectora

Clasificación de los conductores eléctricos de acuerdo a su aislación o número de hebras

La parte más importante de un sistema de alimentación eléctrica está constituida por conductores.

Al proyectar un sistema, ya sea de poder; de control o de información, deben respetarse ciertos parámetros imprescindibles para la especificación de la cablería.

⊞ Voltaje del sistema, tipo (CC o CA), fases y neutro, sistema de potencia, punto central aterramiento.

⊞ Corriente o potencia a suministrar.

⊞ Temperatura de servicio, temperatura ambiente y resistividad térmica de alrededores.

⊞ Tipo de instalación, dimensiones (profundidad, radios de curvatura, distancia entre vanos, etc.).

⊞ Sobrecargas o cargas intermitentes.

⊞ Tipo de aislación.

⊞ Cubierta protectora.

Todos estos parámetros están íntimamente ligados al tipo de aislación y a las diferencias constructivas de los conductores eléctricos, lo que permite determinar de acuerdo a estos antecedentes la clase de uso que se les dará.

De acuerdo a éstos, podemos clasificar los conductores eléctricos según su aislación, construcción y número de hebras en monoconductores y multiconductores.

Tomando en cuenta su tipo, uso, medio ambiente y consumos que servirán, los conductores eléctricos se clasifican en la siguiente forma:

Conductores para distribución y poder:

Uso: Instalaciones de fuerza y alumbrado (aéreas, subterráneas e interiores).

Cables armados:

Uso: Instalaciones en minas subterráneas para piques y galerías (ductos, bandejas, aéreas y subterráneas)

Cable armado

Cordones:

Uso: Para servicio liviano, alimentación a: radios, lámparas, aspiradoras, jugueras, etc. Alimentación a máquinas y equipos eléctricos industriales, aparatos electrodomésticos y calefactores (lavadoras, enceradoras, refrigeradores, estufas, planchas, cocinillas y hornos, etc.).

Cables portátiles:

Uso: en soldadoras eléctricas, locomotoras y máquinas de tracción de minas subterráneas. Grúas, palas y perforadoras de uso minero. Resistente a: intemperie, agentes químicos, a la llama y grandes sollicitaciones mecánicas como arrastres, cortes e impactos.

Cables submarinos:

Uso: en zonas bajo agua o totalmente sumergidos, con protección mecánica que los hacen resistentes a corrientes y fondos marinos.

Cables navales:

Uso: diseñados para ser instalados en barcos en circuitos de poder, distribución y alumbrado.

Dentro de la gama de alambres y cables que se fabrican en el país, existen otros tipos, destinados a diferentes usos industriales, como los cables telefónicos, los alambres magnéticos esmaltados para uso en la industria electrónica y en el embobinado de partidas y motores de tracción, los cables para conexiones automotrices a baterías y motores de arranque, los cables para parlantes y el alambre para timbres.

Clasificación de los conductores eléctricos de acuerdo a sus condiciones de empleo

Para tendidos eléctricos de alta y baja tensión, existen en nuestro país diversos tipos de conductores de cobre, desnudos y aislados, diseñados para responder a distintas necesidades de conducción y a las características del medio en que la instalación prestará sus servicios.

La selección de un conductor se hará considerando que debe asegurarse una suficiente capacidad de transporte de corriente, una adecuada capacidad de soportar corrientes de cortocircuito, una adecuada resistencia mecánica y un comportamiento apropiado a las condiciones ambientales en que operará.

Conductores de cobre desnudos

Estos son alambres o cables y son utilizados para:

- ⌘ Líneas aéreas de redes urbanas y suburbanas.
- ⌘ Tendidos aéreos de alta tensión a la intemperie.
- ⌘ Líneas aéreas de contacto para ferrocarriles y trolley-buses.

Alambres y cables de cobre con aislamiento

Estos son utilizados en:

- ⌘ Líneas aéreas de distribución y poder, empalmes, etc.

Instalaciones interiores de fuerza motriz y⌘ alumbrado, ubicadas en ambientes de distintas naturaleza y con diferentes tipos de canalización.

- ⌘ Tendidos aéreos en faenas mineras (tronadura, grúas, perforadoras, etc.).
- ⌘ Tendidos directamente bajo tierra, bandejas o ductos.
- ⌘ Minas subterráneas para piques y galerías.
- ⌘ Control y comando de circuitos eléctricos (subestaciones, industriales, etc.).
- ⌘ Tendidos eléctricos en zonas de hornos y altas temperaturas.
- ⌘ Tendidos eléctricos bajo el agua (cable submarino) y en barcos (conductores navales).
- ⌘ Otros que requieren condiciones de seguridad.

Ante la imposibilidad de insertar en este folleto la totalidad de las tablas que existen, con las características técnicas y las condiciones de uso de los conductores de cobre, tanto desnudo como aislado, entregamos a modo de ejemplo algunas de las más usadas por los profesionales, técnicos y especialistas. Se recomienda solicitar a los productores y fabricantes las especificaciones, para contar con la información necesaria para los proyectos eléctricos.

C a p í t u l o 5

CANALIZACIONES ELECTRICAS

Las canalizaciones eléctricas son los elementos utilizados para conducir los conductores

Eléctricos entre las diferentes partes de la instalación eléctrica. Las instalaciones eléctricas persiguen proveer de resguardo, seguridad a los conductores a la vez de propiciar un camino adecuado por donde colocar los conductores.

Canalización es un conducto cerrado diseñado para contener cables alambres buses-ductos, pueden ser metálicas o no metálicas. Aquí se incluyen los tipos de tuberías, ductos charolas, etc. Que se utilizan para protegerlos del medio ambiente y esfuerzos mecánicos que pudieran tener haciéndola instalación más segura.

Tipos de tuberías.

Tubo conduit de acero (metálico)

Dependiendo de tipo usado se pueden instalar en exteriores o interiores, en áreas secas o Húmedas. Los hay:

1. de pared gruesa.
2. de pared delgada.
3. tipo metálico flexible (greenfield) .

Tubo conduit metálico rígido (pared gruesa)

Este tipo de tubo conduit se suministra en tramos 3.05m de longitud en acero o aluminio y se encuentran disponibles en diámetros desde (1/2 plg), hasta (6 plg) cada extremo del tubo tiene una y uno de ellos tiene un cople. El tubo de acero normalmente es galvanizado.

Tubo metálico de pared delgada

Estos son similares a los de pared gruesa pero tiene su pared interna mucho mas delgada, se pueden utilizar en instalaciones ocultas y visibles, embebido en concreto o embutido en mampostería, pero en lugares secos no expuestos a humedad o ambientes corrosivos, estos tubos no tienen sus extremos roscados y tampoco usan los mismos conectores que los tubos metálicos rígidos de pared gruesa, de hecho usan su propios conectores de tipo atornillado

Tubo conduit- flexible de acero (metálico)

El tubo conduit flexible de acero esta fabricado a base de cintas galvanizadas y unidas entre si a presión en forma helicoidal este es utilizado para la conexión de motores para evitar que las vibraciones se transmitan a las cajas de conexión y canalizaciones y cuando se hacen instalaciones en área donde se dificultan los dobleces.

Charolas para cables.

Las charolas o pasos de cable son conjuntos prefabricados en secciones rectas que se pueden unir para formar sistemas de canalizaciones en general se tienen disponibles tres tipos de charolas para cables.

Charolas de paso.

Tienen un fondo continuo, ya sea ventilado o no ventilado y con anchos estándar de 15, 22, 30 y 60 cm, este tipo se usa cuando los conductores son pequeños y requieren de un transporte completo. riel lateral conductores

Charolas tipo escalera.

Estas son de construcción muy sencilla consisten de dos rieles laterales unidos o conectados por barrotes individuales, por lo general se usan como soporte para los cables de potencia se fabrican en anchos estándar de 15, 22, 30, 45, 60 y 75 cm de materiales de acero y aluminio.

Charolas tipo canal.

Estas están constituidas de una sección de canal ventilada se usan por lo general para soportar cables de potencia sencillos, múltiples o bien varios cables de control, se fabrican de acero o aluminio con anchos de 7.5 o 10 cm.

Canalizaciones superficiales.

Las canalizaciones superficiales se fabrican en distintas formas en el tipo metálico y no metálico se usan generalmente en lugares secos no expuestos en la humedad y tienen conectores y herejes de distintos tipos para dar prácticamente todas las formas deseables en las instalaciones eléctricas. Se pueden montar en pared, techo o piso según la necesidad.

Capítulo 6

CIRCUITOS DERIVADOS

Se define como el conjunto de los conductores y demás elementos de cada uno de los circuitos que se extienden desde los últimos dispositivos de protección contra sobre corriente en donde termina el circuito alimentador, asía las salidas de las cargas.

La aplicación de los circuitos derivados alimenta unidades de alumbrado, aparatos domésticos y comerciales, se aplican en instalaciones de baja tensión.

La clasificación de estos circuitos es dependiendo con la capacidad o ajuste de su dispositivo de protección contra corriente el cual determina la capacidad nominal del circuito. Para cargas diversas indefinidas se clasifican, de acuerdo con su protección contra sobrecorriente, como de 15, 20, 30 y 50 amperes.

Colores normales de Identificación. Para circuitos multifilares pueden marcarse como siguen:

Circuitos Trifilares: 1 Negro, 1 Blanco y 1 Rojo

Circuitos tetrafilares: 1 Negro, 1 Blanco, 1 Rojo y 1 Azul

Circuitos Pentafilares: 1 Negro, 1 Blanco, 1 Rojo, 1 Azul y 1 Amarillo

Circuitos derivados para distintas clases de carga

Se recomienda que se instalen circuitos separados para las cargas siguientes:

- a) alumbrados para aparatos pequeños, como relojes, radios, etc.
- b) Aparatos de más de tres amperes como planchas, parrillas, etc.

Calculo de la carga

Para realizar el cálculo se determinan las cargas por conectarse.

- a) alumbrado y aparatos pequeños; al determinar sobre la base de watts por metro cuadrado el área de piso deberá computarse con la superficie cubierta por el edificio
- b) aparatos de más de tres amperes. Por cada contacto destinado a conectar aparatos de más de tres amperes como se considera una carga no menor a 5 amperes.
- c) Hilo neutro. Cuando halla hilo neutro en el circuito derivado la carga que se considere para el neutro no deberá ser menor que el desequilibrio máximo de la carga en el circuito.

Conductora de circuitos derivados.

Los conductores se sujetan a lo siguiente:

- a) Capacidad de conducción; serán de suficiente calibre para cumplir con las disposiciones de caída de voltaje y capacidad térmica.
- b) Sección mínima. Los conductores no deberán ser menor que la correspondiente al calibre número catorce, para circuitos de alumbrado y aparatos pequeños, ni menor que la del número doce para circuitos que alimenten aparatos de mas de tres amperes

Protección contra sobrecorriente.

Cada conductor no conectado a tierra de un circuito derivado deberá protegerse contra corrientes excesivas mediante dispositivos de protección.

La capacidad de estos dispositivos cuando no sean ajustables, o su ajuste cuando si lo sea deberán ser como sigue:

- a) No deberán ser mayor que la corriente primitiva para los conductores del circuito.
- b) Si el circuito abastece únicamente un aparato con capacidad de diez amperes o más la capacidad o ajuste del dispositivo contra corriente no excederá del 150% de la capacidad del aparato.
- c) Los alambres y cordones para circuitos derivados pueden considerarse protegidos por el dispositivo de conexión contra sobrecorriente del circuito derivados.

C a p í t u l o 7

RELEVADORES

El relé o relevador (del inglés “relay”) es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Fue inventado por Joseph Henry en 1835. Ya que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, una forma de amplificador eléctrico. Como tal se emplearon en telegrafía, haciendo la función de repetidores que generaban una nueva señal con corriente procedente de pilas locales a partir de la señal débil recibida por la línea. Se les llamaba “relevadores”. De ahí “relé”.

Los contactos de un relé pueden ser Normalmente Abiertos (NO, por sus siglas en inglés), Normalmente Cerrados (NC) o de conmutación.

Los contactos Normalmente Abiertos conectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se desconecta cuando el relé está inactivo. Este tipo de contactos son ideales para aplicaciones en las que se requiere conmutar fuentes de poder de alta intensidad para dispositivos remotos.

Los contactos Normalmente Cerrados desconectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se conecta cuando el relé está inactivo. Estos contactos se utilizan para aplicaciones en las que se requiere que el circuito permanezca cerrado hasta que el relé sea activado.

Los contactos de conmutación controlan dos circuitos: un contacto Normalmente Abierto y uno Normalmente Cerrado con una terminal común.

El relevador se define como el dispositivo que provoca un cambio en uno o más circuitos del control eléctrico,

cuando la cantidad o cantidades medidas a las cuales responde, cambian de una manera preescrita, y los clasifica en cuatro tipos:

- 1.- Relevador auxiliar
- 2.- Relevador de Protección
- 3.- Relevador de Regulación
- 4.- Relevador Verificador

1. El Relevador auxiliar es usado para asistir en el desarrollo de sus funciones a los relevadores de protección como respaldo. La aplicación de los relevadores auxiliares como respaldo de los relevadores de protección puede operar con los siguientes propósitos:

a) Energizar circuitos de Control

b) Proporcionar la capacidad de los contactos para circuitos de control que necesitan corrientes de mayor intensidad que las que puedan manejarse con seguridad.

c) Proporcionar flexibilidad a los arreglos de contacto

2.- La función del relevador de Protección es la de detectar fallas en líneas o aparatos, o bien otro tipo de condiciones indeseables y permitir una apropiada desconexión o dar una señal de alarma.

3.- El relevador de regulación es esencialmente un regulador cuya función es detectar la variación no deseada de la cantidad mediada o variable controlada y cuya función es restaurar la cantidad dentro de los límites deseados o establecidos previamente.

Tipos de Reles

Relés Electromecánicos

Están formados por una bobina y unos contactos los cuales pueden conmutar corriente continua o bien corriente alterna. Vamos a ver los diferentes tipos de relés electromecánicos.

Relés de tipo armadura

Son los más antiguos y también los más utilizados. El esquema siguiente nos explica prácticamente su constitución y funcionamiento. El electroimán hace vascular la armadura al ser excitada, cerrando los contactos dependiendo de si es N.O ó N.C (normalmente abierto o normalmente cerrado).

Relés de Núcleo Móvil Estos tienen un émbolo en lugar de la armadura anterior. Se utiliza un solenoide para cerrar sus contactos, debido a su mayor fuerza atractiva (por ello es útil para manejar altas corrientes).

Relé Tipo Reed o de Lengüeta Formados por una ampolla de vidrio, en cuyo interior están situados los contactos (pueden ser múltiples) montados sobre delgadas láminas metálicas. Dichos contactos se cierran por medio de la excitación de una bobina, que está situada alrededor de dicha ampolla.

Relés Polarizados Llevan una pequeña armadura, solidaria a un imán permanente. El extremo inferior puede girar dentro de los polos de un electroimán y el otro lleva una cabeza de contacto. Si se excita al electroimán, se mueve la armadura y cierra los contactos. Si la polaridad es la opuesta girará en sentido contrario, abriendo los

contactos ó cerrando otro circuito(ó varios)

Relés De Estado Sólido Un relé de estado sólido SSR (Solid State Relay), es un circuito electrónico que contiene en su interior un circuito disparado por nivel, acoplado a un interruptor semiconductor, un transistor o un tiristor. Por SSR se entenderá un producto construido y comprobado en una fábrica, no un dispositivo formado por componentes independientes que se han montado sobre una placa de circuito impreso.

Los diferentes tipos de operación de los relevadores son:

1.- Según lo planeado 2.- Fuera de lo planeado 3.- Disparo incorrecto 4.- No dispara

Principio De Operación De Los Relevadores

Todos los relevadores para protección de corto circuito excepto los fusibles y los elementos de acción térmica basan su funcionamiento en dos principios básicos:

1.- Atracción Electromagnética 2.- Inducción electromagnética

Los relevadores cuyo funcionamiento es de atracción electromagnética consisten esencialmente de un embolo magnetizado que va alojado dentro de un solenoide; o bien de una armadura articulada que es atraída por un electroimán. El principio de inducción electromagnética es usado en el de cualquier relevador pero no en mecanismos de disparo de acción directa. Dichos relevadores operan bajo el principio de los motores de inducción de los cuales el estator tiene bobinas de corriente y de potencial y el flujo creado por la circulación de corriente en ellas induce corrientes correspondientes en un disco o rotor de material no magnético pero conductor.

Las características generales de cualquier relé son:

— El aislamiento entre los terminales de entrada y de salida. — Adaptación sencilla a la fuente de control. — Posibilidad de soportar sobrecargas, tanto en el circuito de entrada como en el de salida.

Las dos posiciones de trabajo en los bornes de salida de un relé se caracterizan por: - En estado abierto, alta impedancia. - En estado cerrado, baja impedancia.

Factores Para La Aplicación De Los Relevadores

Al aplicarse los relevadores a sistemas industriales se deben considerar algunos factores siendo los más importantes:

1.- Simplicidad 2.- Confiabilidad 3.- Mantenimiento 4.- Fuente de energía para el disparo 5.- Grado de selectividad requerido 6.- Carga del sistema 7- Ampacidad de los cables

Ventajas Del Uso De Relés

La gran ventaja de los relés es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento (la que circula por la bobina del electroimán) y los circuitos controlados por los contactos, lo que hace que se puedan manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control.

Posibilidad de control de un dispositivo a distancia mediante el uso de pequeñas señales de control. Con una sola señal de control, se pueden controlar varios relés a la vez y por tanto distintos elementos.

C a p í t u l o 8 INSTALACION ELECTRICA DE MOTORES

La instalación eléctrica para motores se debe de hacer siempre de acuerdo con las disposiciones de las normas técnicas para instalaciones eléctricas que se refieren no sólo a la instalación misma de los motores, sino, también a los requisitos que deben llenar los elementos que la conforman.

Protección De Motores

La explotación óptima de la capacidad de los motores se hace cada día más necesaria por su gran influencia en el concepto de rentabilidad de las instalaciones. Por otra parte, el mismo concepto exige que la instalación sólo se pare en aquellos casos absolutamente imprescindibles. Esto requiere necesariamente el empleo de un buen sistema de protección de motores.

Para que un buen motor funcione sin problemas es necesario satisfacer los tres puntos siguientes:

- 1.- Elección del motor según su utilización.
- 2.- Montaje correcto, mantenimiento regular y funcionamiento cuidadoso.
- 3.- Una buena protección que detecte los peligros y, siempre que sea posible, desconecte el motor antes de la avería.

Cuando se produce un defecto en un motor no sólo hay que considerar el costo de la reparación del mismo, ya que muchas veces el costo de la parada de producción llega a ser más elevado que la reparación, como muy bien saben los responsables de producción y mantenimiento. De ahí la importancia de un buen sistema de protección que sólo actúe cuando haya un verdadero peligro, evitando las paradas innecesarias.

La experiencia nos demuestra la protección de motores continua siendo un problema, dado el número de averías que se producen cada año.

En este capítulo se pretende dar información sobre las distintas posibilidades de protección existentes así como criterios orientativos sobre la elección más adecuada en cada caso.

Problemas Actuales Sobre La Protección De Motores

El resultado de un estudio hecho con más de 9.000 casos de defectos de motores en Inglaterra, Finlandia y Estados Unidos, indica que más de la mitad de los defectos producidos en los motores se deben a sobrecarga térmica, fallo de fase y humedad, aceite, polvo, etc.

Es importante destacar que estos defectos se han producido a pesar de la presencia de un sistema de protección normal, generalmente relés térmicos bimetálicos. Por otra parte, mientras que sólo el 25% de los casos de defectos corresponde a motores de potencia superior a los 40 kW, el costo de la reparación de los mismos supone casi el 80% del total, lo que demuestra claramente que una buena protección es tanto más necesaria cuanto mayor es la potencia del motor.

TIPO DE DEFECTO % DEFECTOS % MEDIA Sobrecarga térmica 46–18 30 Fallo de fase 22–5 14 Humedad, polvo, aceite, etc. 21–15 19 Envejecimiento del aislante 10–7 10 Defectos del rotor 13–10 13 Defectos de cojinetes 3–7 5 Diversos 11–5 9 Basado en 9.000 casos de defectos. Defectos por año 2,5 - 4 %

Como demuestra la estadística de defectos, el arrollamiento del estator es la parte más vulnerable del motor desde el punto de vista térmico, siendo los materiales aislantes de los conductores que forman el bobinado los principales responsables. Los aislantes utilizados están previstos para unas temperaturas de funcionamiento bien definidas según la clase de aislamiento; para motores se utilizan generalmente las clases B y F, que admiten en permanencia unas temperaturas máximas de 120°C y 140°C respectivamente.

Los motores se dimensionan normalmente para una vida teórica del orden de 25.000 horas de servicio (aproximadamente 10 años) con el aislamiento sometido a una temperatura máxima admisible en permanencia

(p.e. 120°C para clase B). Cuando se sobrepasa esta temperatura, la vida del motor se reduce según una regla generalmente aceptada, llamada regla de Montsinger.

Según esta regla, cuando a un motor se le hace trabajar en permanencia a 10°C por encima de su temperatura límite (p.e. 130°C para clase B), su vida se reduce aproximadamente a la mitad, de 25.000 horas a 10.000 horas, y si se le hace trabajar a 20°C más, su vida se reduce aproximadamente a la quinta parte, es decir, a unas 4.500 horas.

Esto equivale a decir que cuando se regula un relé térmico de forma incorrecta a una intensidad superior a la nominal del motor, es muy probable que éste trabaje por encima de su temperatura límite, lo que supone, como hemos visto, una reducción de la vida del mismo.

Los sistemas más usuales de protección de motores son:

Reles Térmicos Bimetálicos

Los relés térmicos bimetálicos constituyen el sistema más simple y conocido de la protección térmica por control indirecto, es decir, por calentamiento del motor a través de su consumo.

En caso de sobrecarga, al cabo de un determinado tiempo definido por su curva característica, los bimetales accionan un mecanismo de disparo y provocan la apertura de un contacto, a través del cual se alimenta la bobina del contactor de maniobra. Este abre y desconecta el motor.

Por otra parte, los relés térmicos tienen una curva de disparo fija y está prevista para motores con arranque normal, es decir, con tiempos de arranque del orden de 5 a 10 segundos. Así pues, el sistema de protección por relés térmicos bimetálicos es generalmente utilizado por ser, con mucho, el más simple y económico, pero no por ello se deben dejar de considerar sus limitaciones, entre las cuales podemos destacar las siguientes:

- Curva de disparo fija, no apta para arranques difíciles.
- Ajuste impreciso de la intensidad del motor.
- Protección lenta o nula contra fallos de fase, dependiendo de la carga del motor.
- Ninguna señalización selectiva de la causa de disparo.
- Imposibilidad de autocontrolar la curva de disparo.

b) Interruptor Automático De Motor

Los interruptores automáticos de motor utilizan el mismo principio de protección que los interruptores magnetotérmicos. Son aparatos diseñados para ejercer hasta 4 funciones:

- 1.- Protección contra sobrecargas.
- 2.- Protección contra cortocircuitos.
- 3.- Maniobras normales manuales de cierre y apertura.
- 4.- Señalización.

Este tipo de interruptores, en combinación con un contactor, constituye una solución excelente para la maniobra de motores, sin necesidad de fusibles de protección. En la figura podemos ver dos circuitos diferentes de alimentación de un motor según dos procedimientos; el primero utiliza los fusibles de protección de líneas, el imprescindible contactor y su relé térmico; el segundo solamente utiliza un interruptor automático de motor y un contactor. Las diferencias son notables, así que veamos los inconvenientes y ventajas estudiando la composición del interruptor automático de motor.

Estos interruptores disponen de una protección térmica. Cada uno de los tres polos del interruptor automático dispone de un disparador térmico de sobrecarga consistente en unos bimetales por los cuales circula la

intensidad del motor. En caso de una sobrecarga el disparo se produce en un tiempo definido por su curva característica.

La protección magnética o disparador magnético de cortocircuito consiste en un electroimán por cuyo arrollamiento circula la corriente del motor y cuando esta alcanza un valor determinado se acciona bruscamente un núcleo percutor que libera la retención del mecanismo de disparo, obteniéndose la apertura de contactos en un tiempo inferior a 1 ms. La intensidad de funcionamiento del disparador magnético es de 11 a 18 veces la intensidad de reglaje, correspondiente a los valores máximo y mínimo del campo de reglaje.

Otra característica interesante en este tipo de aparatos es la limitación de la corriente de cortocircuito por la propia resistencia interna del interruptor, correspondiente a los bimetales, disparadores magnéticos y contactos. Este efecto disminuye a medida que aumenta la intensidad nominal del aparato.

Estos interruptores, en su lateral izquierdo, disponen de un alojamiento para la colocación de un bloque de contactos auxiliares. Un contacto normalmente cerrado y otro normalmente abierto pueden servirnos para todas aquellas funciones de señalización que deseemos.

También es posible desconectar a distancia estos interruptores, ya que se dispone, en su lateral derecho, de alojamiento para colocar una bobina de disparo por emisión de tensión, o una bobina de disparo por mínima tensión.

Con todo lo dicho sobre los interruptores automáticos de motores KTA3-25, es posible llegar a la conclusión de que aunque estos interruptores no supongan el sistema ideal de protección, pueden sustituir ventajosamente a los grupos fusibles/relés térmicos utilizados para la protección de motores.

c) Protección Electrónica De Motores

El secreto de una buena protección está en simular lo más exactamente posible el comportamiento térmico del motor, lo que evidentemente no es nada fácil.

Son muchas las causas que afectan al buen funcionamiento de un motor y por lo tanto solamente un dispositivo electrónico es capaz de realizar los distintos reglajes y las distintas combinaciones necesarias para poder cubrir la casi totalidad de las posibles causas de avería que se pueden presentar en un motor. Seguidamente pasamos a describir dos modelos electrónicos para la protección de motores: el modelo CEF1 y el modelo CET3.

d) Relé Electrónico De Protección De Motor Cef1

Se trata de un aparato de fijación sobre rail omega en el que todos los elementos de mando y señalización se han dispuesto en la parte frontal del aparato.

El CEF1 realiza todas las funciones de simulación que le caracterizan mediante la señal extraída de tres transformadores de intensidad, incorporados en el propio aparato. De esta forma podemos decir que no hay una conexión directa del relé con el circuito de potencia que alimenta al motor.

El circuito electrónico del relé se alimenta con tensión alterna de 220V., lo cual quiere decir que en la gran mayoría de los casos obtendremos esta tensión entre una cualquiera de las fases de alimentación del motor y el neutro.

Al igual que la mayoría de los relés electrónicos, la combinación de todas sus características y funciones se traduce finalmente en dos contactos, uno normalmente cerrado y otro normalmente abierto. Por lo general es el contacto normalmente cerrado el que se utilizará para desactivar la función memoria del contactor, en caso de detección de avería, y el normalmente abierto para la señalización.

Pasemos seguidamente a describir las distintas funciones que es capaz de realizar el relé CEF1.b Protección contra sobrecargas

La curva de variación por sobrecargas puede variarse a voluntad mediante conmutadores deslizantes situados en la parte frontal del aparato. La selección de la curva se hace regulando el tiempo de disparo, para el que la intensidad resulta ser 6 veces la nominal entre 2 y 30 segundos, en escalones de 2 segundos.

Disponer de una curva de disparo variable nos permitirá adaptarnos a la forma de arranque del motor, pues si se trata de un arranque rápido (p.e. en una bomba sumergida), elegiremos una curva rápida, y por el contrario si se trata de un arranque difícil (p.e. en centrifugadoras, molinos o grandes ventiladores), elegiremos una curva lenta.

Autocontrol de la curva de disparo

Mediante un pulsador situado en la parte frontal del aparato se puede realizar el Test “6xIn”, es decir, pulsando este botón simulamos las condiciones en las que la intensidad por el motor es seis veces la nominal, debiendo efectuarse el disparo en el tiempo prefijado.

Señalización de sobrecarga

Cuando la intensidad del motor supera el 110% del valor ajustado para la intensidad nominal, existe un diodo luminoso (LED), que se ilumina de forma intermitente. Con ello se puede controlar la duración del arranque o ajustar la intensidad nominal a su justo valor.

Protección contra fallos de fase y asimetría

En el caso de fallo de fase o asimetría de las intensidades superiores al 25%, el relé CEF1 dispara en 1,5 segundos durante el arranque y en 3 segundos en marcha normal, independientemente de la carga del motor. El disparo queda señalizado mediante el LED correspondiente.

Protección térmica mediante sonda CTP

El CEF1 lleva incorporada la circuitería correspondiente al disparo por sondas térmicas. El disparo térmico, la ruptura o el cortocircuito de la sonda son señalizados mediante un LED.

-Pulsador reset

Después de un disparo del relé, este debe ser rearmado manualmente mediante un pulsador de “Reset” colocado en la parte frontal del aparato. Cuando el disparo se ha producido por sobrecarga, el rearme tarda un tiempo en poder realizarse con el fin de dar tiempo a que se enfríe el motor.

Señalización del estado de funcionamiento

Un diodo luminoso, LED, de color verde, señala la presencia de alimentación y que el aparato está preparado para entrar en servicio.

La conexión del relé es muy simple ya que se alimenta como hemos dicho anteriormente a 220V., los transformadores de intensidad incorporados obtienen la señal de mando del relé, y el contacto normalmente cerrado, 95–96, sirve para controlar la función memoria del contactor. El contacto normalmente abierto, 97–98, se utiliza como señalización.

Criterios De Elección De Un Sistema De Protección

Establecer unos criterios generales para la elección del sistema de protección más adecuado en cada caso no resulta fácil, entre otras razones porque la elección depende de la responsabilidad del funcionamiento del motor en el conjunto de la instalación.

En primer lugar habrá que tener presente las características de los distintos sistemas de protección estudiados.

En segundo lugar es necesario considerar el precio de cada sistema de protección en comparación con el costo de un motor nuevo y con el coste de la reparación del mismo. Los precios aproximados se han indicado para la gama de potencias más usuales, considerando motores de jaula de ardilla, 380/660 V, forma B-3 y protección IP-54.

3.3.1. Reglamento de obras e instalaciones eléctricas R.O.I.E.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

PARTES PRINCIPALES

:: Como funciona

Marca de calidad

Es una buena costumbre comprobar que un aparato eléctrico, un electrodoméstico o en general un aparato esté dotado de la marca de calidad, que debe estar bien visible en la chapa en que aparecen las características técnicas, colocada directamente en el producto en cuestión. Los productos que pueden exhibir la marca de calidad han superado, en efecto, severas pruebas orientadas fundamentalmente a establecer la seguridad real de los mismos.

Se debe tener en cuenta que cada Nación tiene un propio Instituto y una propia Marca de Calidad, por tanto, sobre los productos de importación o de las grandes Empresas multinacionales, se puede encontrar la Marca del País de producción. Cada una de las marcas que encontramos señaladas son, en cualquier caso, una garantía de calidad y de seguridad del producto en cuestión.

En especial deseamos señalar la importante y positiva actividad desarrollada en España por AENOR a favor de los consumidores, de su tutela e información y sugerimos la visita a su página web: AENOR



Funcionamiento

Aunque no se debe intervenir sobre la instalación eléctrica es necesario tener las ideas claras sobre el desarrollo dentro de la vivienda.

Desde la red eléctrica externa llegan, a la vivienda, dos conductores que terminan en el contador instalado y precintado por la Compañía Eléctrica.

El contador tiene la función bien conocida de registrar el consumo mientras que el interruptor automático tiene la misión de saltar cuando la potencia absorbida por la instalación de la casa alcanza la establecida por contrato.

¡Atención!

Aunque no se debe intervenir sobre la instalación eléctrica es necesario tener las ideas claras sobre el desarrollo dentro de la vivienda. Si se tienen dudas se debe solicitar información y hacer examinar la instalación por un técnico especializado.



Alambrado eléctrico

Las conducciones eléctricas están formadas por tres cables: fase, neutro y tierra. He aquí, en detalle, su funcionamiento (...)

Desde el interruptor eléctrico salen tres cables, dos conductores y la toma de tierra, que constituyen la conducción eléctrica principal que se extiende por toda la casa y de la que proceden las derivaciones para las diversas habitaciones y servicios. Los hilos están metidos en tubos flexibles alojados en las paredes.

Los dos conductores principales son la fase y el neutro; el tercero, o sea la tierra, está constituido por circuito de

cobre. La instalación de tierra es obligatorio en todos lo hogares porque, en caso de escapes de corriente o cortocircuitos, puede descargar la tensión evitando males mayores.

Fase: funda marrón o negra, es uno de los conductores y es el hilo de la tensión.

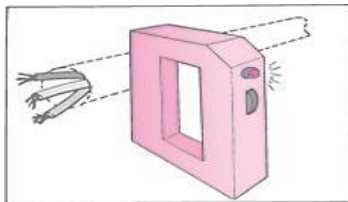
Neutro: funda azul, es otro conductor donde no pasa la tensión.

Tierra: funda verde/amarilla, tiene la misión de descargar a tierra la tensión.

En las tomas de corriente, el conductor de tierra está conectado al borne central en el que se mete la clavija central de los enchufes de alimentación de los aparatos eléctricos. Todos los hilos de tierra convergen en un único borne, colocado normalmente en proximidad del contador de la Compañía eléctrica, del que sale un grueso conductor que se conexiona con una punta metálica clavada en el terreno dentro de la vivienda y que dispersa los escapes de corriente.

Atención

Para evitar gravísimos incidentes es necesario instalar un dispersor de tierra.



Interruptores

Normalmente el interruptor es un dispositivo capaz de abrir y cerrar el circuito eléctrico. Existen distintos tipos: interruptores de la luz, general, magnetotérmico y diferencial

Normalmente el interruptor es un dispositivo capaz de abrir y cerrar el circuito eléctrico. Existen distintos tipos con diversas utilidades. He aquí algunos de los más importantes.

Interruptores de luz

Comando eléctrico con dos bornes donde llegan los conductores eléctricos. Se utiliza para encender o apagar una luz o una lámpara. La llave del interruptor puede tener dos posiciones: en una, los bornes están desconectados y, por tanto, no pasa la corriente; en la otra posición los bornes están conectados y el punto de luz está encendido.

Interruptor general

Suele estar situado en la base del contador. Sirve para quitar o introducir tensión en el circuito eléctrico de casa. Casi siempre se trata de un interruptor magnetotérmico.

Interruptor magnetotérmico

Interruptor general, llamado también limitador de intensidad, presente en la instalación eléctrica de cada hogar. Se “dispara”, o sea se desconecta automáticamente, cortando la tensión, cuando se verifica una absorción elevada de corriente (cortocircuito, sobrecargas, etc.), superior a la que se ha tardado el aparato. Por lo tanto, el magnetotérmico es una protección muy importante no solamente en caso de cortocircuitos sino también en caso de otras averías eléctricas.

Interruptor diferencial

Denominado también “salvavidas”, es un aparato instalado por el electricista apenas después del interruptor magnetotérmico de la Compañía eléctrica.

Tiene una función muy importante ya que interrumpe instantáneamente el suministro de corriente eléctrica de un hogar en el caso de que se verificase un escape de corriente (como sucede cuando una persona recibe una descarga) y, sobre todo, en caso de fulguración.

El funcionamiento es simple. El interruptor diferencial detecta la corriente que circula en el circuito general de la casa y controla que la corriente absorbida, o sea “entrante”, sea igual a la de “retorno”. Si se verifica una diferencia (o sea, si la corriente de “retorno” fuese menor) el dispositivo se dispara inmediatamente cortando el suministro de corriente.

En efecto, si la corriente de “retorno” es menor, significa que una parte se está descargando a tierra, quizá a través de una persona. La interrupción de la corriente es tan rápida que la persona no se da cuenta del peligro que ha corrido.

Atención

La instalación de un “salvavidas” es muy simple pero conviene que, como para todos los trabajos efectuados en la instalación eléctrica, sea realizada por un técnico.



REGLAMENTO DE OBRAS E INSTALACION ELECTRICA

¡Cuidado con su instalación eléctrica!

¿Sabía usted que una instalación defectuosa puede ocasionar riesgos graves para la familia y representar un gasto innecesario de energía y dinero? Tome en cuenta las siguientes indicaciones:

- Revise que en su instalación no existan puntos calientes o "fugas a tierra"; para comprobarlo, apague todas las luces, desconecte todos los aparatos eléctricos y verifique que el disco del medidor NO siga girando. Si lo hace, es necesario revisar la instalación. Recuerde que una "fuga" de corriente es una fuga de dinero.
- Nunca conecte varios aparatos en un mismo contacto, ya que esto produce sobrecarga en la instalación y peligro de sobrecalentamiento; también provoca una operación deficiente, posibles interrupciones, cortos circuitos y daños a largo plazo.
- En caso de corto circuito, desconecte inmediatamente el aparato que lo causó y todos los demás aparatos eléctricos, ponga en apagado (off ó cero) todos los apagadores de las lámparas. Si la instalación de su casa tiene interruptor termo magnético o de pastilla, restablezca la corriente moviendo el interruptor a posición de apagado y, posteriormente, a la de encendido; si en vez de interruptor tiene una caja de fusibles, baje el interruptor general y cambie el fusible fundido. El aparato causante del corto circuito debe ser reparado por personal calificado antes de usarlo nuevamente.
- Jamás utilice monedas, alambres, papel de estaño o de aluminio en lugar de fusibles. Por protección, utilice siempre los fusibles adecuados
- Si su casa tiene diferentes circuitos, conviene desconectarlos en periodos de vacaciones o en ausencias prolongadas.



3.4. Elementos eléctricos de Control industrial (Relevadores)

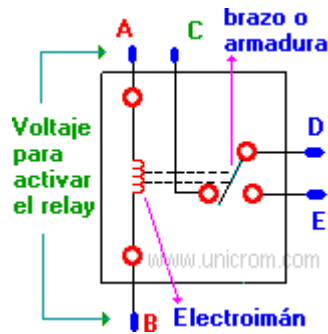
ELEMENTOS ELÉCTRICOS DE CONTROL INDUSTRIAL (RELEVADORES)

El Relé es un interruptor operado magnéticamente. Este se activa o desactiva (dependiendo de la conexión) cuando el electroimán (que forma parte del Relé) es energizado (le damos el voltaje para que funcione). Esta operación causa que exista conexión o no, entre dos o más terminales del dispositivo (el Relé).

Esta conexión se logra con la atracción o repulsión de un pequeño brazo, llamado armadura, por el electroimán. Este pequeño brazo conecta o desconecta los terminales antes mencionados.

Ejemplo: Si el electroimán está activo jala el brazo (armadura) y conecta los puntos C y D. Si el electroimán se desactiva, conecta los puntos D y E.

De esta manera se puede tener algo conectado, cuando el electroimán está activo, y otra cosa conectada, cuando está inactivo



Es importante saber cual es la resistencia del bobinado del electroimán (lo que esta entre los terminales A y B) que activa el relé y con cuanto voltaje este se activa.

Este voltaje y esta resistencia nos informan que magnitud debe de tener la señal que activará el relé y cuanta corriente se debe suministrar a éste.

La corriente se obtiene con ayuda de la Ley de Ohm: $I = V / R$.

donde:

- I es la corriente necesaria para activar el relé
- V es el voltaje para activar el relé
- R es la resistencia del bobinado del relé

Ventajas del Relé:

- Permite el control de un dispositivo a distancia. No se necesita estar junto al dispositivo para hacerlo funcionar.
- El Relé es activado con poca corriente, sin embargo puede activar grandes máquinas que consumen gran cantidad de corriente.
- Con una sola señal de control, puedo controlar varios Relés a la vez.

4. Electrónica Industrial

4.1. Elementos Electrónicos básicos de Control Industrial

4.1.1. Diodo

Antes de pasar a definir el diodo y su utilización en el campo de la electrónica, es importante aprender sus componentes. Conocemos a los semiconductores como malos conductores de la corriente eléctrica, precisamente por la dificultad a dejarse arrebatar electrones en virtud de su enlace covalente. Pero, ¿qué ocurre si introducimos entre ellos impurezas en su constitución colocando unos pocos átomos extraños que tengan 5 electrones de valencia, o bien 3 electrones de valencia? Podemos encontrar elementos de estas características, tales como el Arsenio (As), el antimonio (Sb), el fósforo (P), los cuales tienen 5 electrones de valencia. Y los de 3 electrones, tales como el Indio (In), el Galio (Ga) y el aluminio (Al).

Cristal N: Introduciendo unos átomos de Arsenio sobre la estructura atómica del germano, lo cual se llama dopado, la estructura resultante queda del modo que el átomo de Arsenio se integra dentro de la unión covalente de los átomos de germano, pero el electrón sobrante ahora no tiene cabida en el sistema, de modo que queda como electrón libre. Si ahora aplicamos a uno y otro extremo del material, se establecerá una vía de paso de los electrones desde el polo negativo al positivo, de modo que el cristal se hace conductor. A este tipo de cristal se le denomina conductor N, y al cristal que lo forma cristal N o de tipo N.

Cristal P: Podemos hacer otra combinación que va a consistir en la introducción de la impureza a base de utilizar unos átomos que dispongan solamente de 3 electrones de valencia. Si dopamos el material con Indio, por ejemplo, y éste entra a formar parte de la estructura del cristal, habrá un átomo que tendrá su órbita exterior compartida solamente 7 electrones y ello provocará la inestabilidad del conjunto, pero en vez de quedarse con un electrón más, queda con alguna parte del cristal hay un hueco que algún electrón ha de llenar. Ocurre que por la naturaleza de los átomos, el átomo que tiene el hueco suele quedarse con el electrón más próximo que quede a su alcance, y que en ese caso el otro átomo se quede sin electrón y a consecuencia de que esta situación se efectúa a gran velocidad, se podría hablar de un hueco que está constantemente desplazándose por todo el cristal. De esta manera el cristal resulta positivo (de tipo P) porque si le aplicamos una fuente de alimentación, se establecerá una circulación de huecos del polo positivo al negativo, es decir, los electrones habrán encontrado la vía de los huecos para atravesar todo el cristal.

Cuando unimos un cristal P con un cristal N, estamos creado un elemento de enorme importancia en la electrónica: el Diodo

En efecto: supongamos que tomamos una pieza de germano y dopamos un extremo del mismo con indio, creando unos huecos en las órbitas de sus electrones exteriores. El extremo opuesto de esta pieza se dopa con Arsenio de modo que se crea un exceso de electrones, así se forma la parte de cristal P y la parte de cristal N. En la parte central se mantiene el material prácticamente puro, de modo que se forme una zona que los electrónicos llaman zona de resistencia y también zona agotada (zona Z). Aquí, en las inmediaciones de las zonas P y N los huecos del germano P han sido ocupados por los electrones libres del germano N, por lo que no existe en esta parte elementos portadores de carga. La zona Z, por lo tanto, ofrece una elevada resistencia específica, manteniendo el diodo en reposo.

Sometiendo a pruebas eléctricas veremos su curiosa respuesta, al igual que hemos utilizado el germano para hacer nuestras experiencias, podemos utilizar el silicio, con lo que nuestra experiencia daría los mismos resultados.

Tomemos una fuente de corriente eléctrica y aplicamos el borne negativo sobre el cristal P y el borne positivo sobre el cristal N. El resultado será una concentración de huecos hacia el polo negativo y de electrones libres hacia el polo positivo, con lo cual la zona Z aumentará todavía más su resistencia hasta el punto de que, al estabilizar las órbitas exteriores de la zona Z en una amplia gama, esta parte se comportará como el germano no dopado, es decir como un cuerpo muy mal conductor de la corriente. Así pues, se ha formado una capa de bloqueo que impide el paso de la corriente en este sentido.

Ahora vamos a realizar la prueba al revés. Conectamos el borne positivo de la fuente de corriente al cristal P, y el borne negativo al cristal N. Ahora el paso de corriente se produce perfectamente la zona de resistencia Z se hace muy pequeña; los electrones del cristal N son repelidos por el potencial negativo de la fuente de alimentación y atraviesan la zona Z ocupando los huecos del cristal P, el cual cede continuamente electrones al polo positivo. La intensidad atravesada es ahora tanta como la proporcionada con el generador de acuerdo con la capacidad de paso del diodo.

Estas dos experiencias nos muestran como este pequeño y sencillo componente puede a veces ser un buen conductor de la corriente y otras mal conductor, vemos que la resistencia que ofrece esta unión PN depende del sentido de la polarización. Al sentido de la corriente de P a N se le llama sentido de paso, y a la disposición opuesta (de N a P) sentido de bloqueo. Al lado P se le da el nombre de ánodo, y al lado N, el nombre de cátodo.

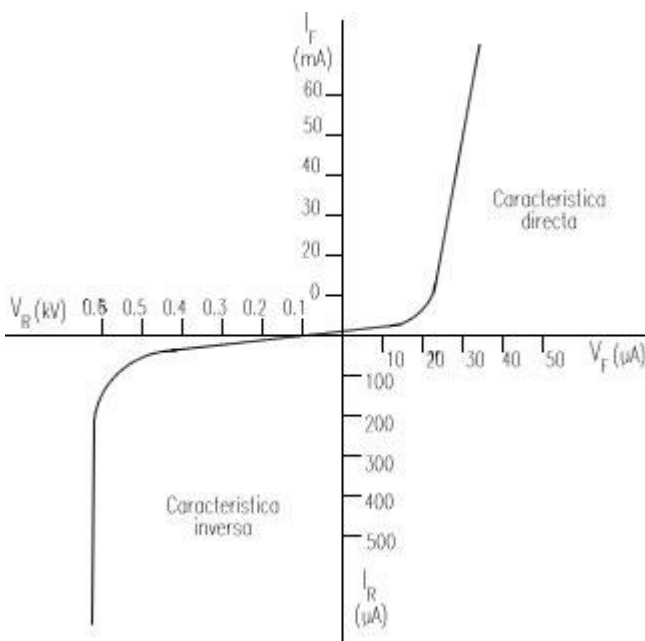
Hasta aquí ya tenemos una idea del funcionamiento de un diodo; pero conviene que profundicemos un poco más en los conceptos eléctricos que determinan este funcionamiento. Para ello vamos a servirnos de la curva característica típica de un diodo semiconductor imaginario, tal como podemos ver en el gráfico, el cual nos va a dar datos sobre el comportamiento de este componente electrónico.

El comportamiento de los diodos es más o menos similar al proporcionado por esa curva, pero los valores resultantes pueden cambiar según la potencia del diodo.

En primer lugar tenemos la corriente en sentido directo (I_f) representada en miliamperios (mA) que es la corriente

que puede circular por el diodo cuando éste presenta la mínima resistencia. Por otra parte, en la línea horizontal derecha tenemos la escala de las tensiones directas (V_f) expresadas en voltios (V) a que puede ser sometido el diodo para el paso de la corriente. Todo eso constituye la característica directa, es decir, el paso de la corriente en sentido de paso. Un diodo que tuviera las características representadas en este gráfico, al aplicarle una tensión de 20 V ya dejaría pasar unos 10 mA, pero entre 20 y 35 V se 'dispararía' y dejaría pasar más de 60 mA.

En la característica inversa, que está representada por la izquierda y en la parte baja del gráfico, se trata de mostrar el funcionamiento del diodo en el sentido de bloqueo. Obsérvese que aquí la tensión inversa (V_r) está en unidades de kilovoltios (kV), es decir, fracciones de 1000 V; y la intensidad (I_r) en fracciones mucho más pequeñas, de microamperios (μA), es decir, fracciones que equivalen a $1/1000000$ de amperio. Para que la corriente acceda a pasar en sentido contrario en un diodo como el representado se precisaría una tensión entre 500 a 600 voltios con lo cual se produciría el paso de corrientes del orden de los 0,50 miliamperios. Los valores de la característica inversa se llaman corrientes de fuga (I_r).



4.1.2. Transistor

El transistor es un dispositivo electrónico semiconductor que cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador. El término "transistor" es la contracción en inglés de transfer resistor ("resistencia de transferencia"). Actualmente se los encuentra prácticamente en todos los aparatos domésticos de uso diario: radios, televisores, grabadoras, reproductores de audio y video, hornos de microondas, lavadoras, automóviles, equipos de refrigeración, alarmas, relojes de cuarzo, computadoras, calculadoras, impresoras, lámparas fluorescentes, equipos de rayos X, tomógrafos, ecógrafos, reproductores mp3, teléfonos móviles, etc.

Historia

Artículo principal: Historia del transistor

Fue el sustituto de la válvula termoiónica de tres electrodos o triodo, el transistor bipolar fue inventado en los Laboratorios Bell de EE. UU. en diciembre de 1947 por John Bardeen, Walter Houser Brattain y William Bradford Shockley, quienes fueron galardonados con el Premio Nobel de Física en 1956.

Al principio se usaron transistores bipolares y luego se inventaron los denominados transistores de efecto de campo (FET). En los últimos, la corriente entre la fuente y la pérdida (colector) se controla usando un campo eléctrico (salida y pérdida (colector) menores). Por último, apareció el semiconductor metal-óxido FET (MOSFET). Los MOSFET permitieron un diseño extremadamente compacto, necesario para los circuitos altamente integrados (IC). Hoy la mayoría de los circuitos se construyen con la denominada tecnología CMOS (semiconductor metal-óxido complementario). La tecnología CMOS es un diseño con dos diferentes MOSFET (MOSFET de canal n y p), que se complementan mutuamente y consumen muy poca corriente en un funcionamiento sin carga.

El transistor consta de un sustrato (usualmente silicio) y tres partes dopadas artificialmente (contaminadas con materiales específicos en cantidades específicas) que forman dos uniones bipolares, el emisor que emite portadores, el colector que los recibe o recolecta y la tercera, que está intercalada entre las dos primeras, modula el paso de dichos portadores (base). A diferencia de las válvulas, el transistor es un dispositivo controlado por corriente y del que se obtiene corriente amplificada. En el diseño de circuitos a los transistores se les considera un elemento activo, a diferencia de los resistores, capacitores e inductores que son elementos pasivos. Su funcionamiento sólo puede explicarse mediante mecánica cuántica.

De manera simplificada, la corriente que circula por el "colector" es función amplificada de la que se inyecta en el "emisor", pero el transistor sólo gradúa la corriente que circula a través de sí mismo, si desde una fuente de corriente continua se alimenta la "base" para que circule la carga por el "colector", según el tipo de circuito que se utilice. El factor de amplificación o ganancia logrado entre corriente de base y corriente de colector, se denomina Beta del transistor. Otros parámetros a tener en cuenta y que son particulares de cada tipo de transistor son: Tensiones de ruptura de Colector Emisor, de Base Emisor, de Colector Base, Potencia Máxima, disipación de calor, frecuencia de trabajo, y varias tablas donde se grafican los distintos parámetros tales como corriente de base, tensión Colector Emisor, tensión Base Emisor, corriente de Emisor, etc. Los tres tipos de esquemas básicos para utilización analógica de los transistores son emisor común, colector común y base común.

Modelos posteriores al transistor descrito, el transistor bipolar (transistores FET, MOSFET, JFET, CMOS, VMOS, etc.) no utilizan la corriente que se inyecta en el terminal de "base" para modular la corriente de emisor o colector, sino la tensión presente en el terminal de puerta o reja de control y gradúa la conductancia del canal entre los terminales de Fuente y Drenador. De este modo, la corriente de salida en la carga conectada al Drenador (D) será función amplificada de la Tensión presente entre la Puerta (Gate) y Fuente (Source). Su funcionamiento es análogo al del triodo, con la salvedad que en el triodo los equivalentes a Puerta, Drenador y Fuente son Reja, Placa y Cátodo.

Los transistores de efecto de campo, son los que han permitido la integración a gran escala que disfrutamos hoy en día, para tener una idea aproximada pueden fabricarse varios miles de transistores interconectados por centímetro cuadrado y en varias capas superpuestas.

Tipos de transistor

Transistor de punta de contacto

Fue el primer transistor que obtuvo ganancia, inventado en 1947 por J. Bardeen y W. Brattain. Consta de una base de germanio sobre la que se apoyan, muy juntas, dos puntas metálicas que constituyen el emisor y el colector. La corriente de emisor es capaz de modular la resistencia que se "ve" en el colector, de ahí el nombre de "transfer resistor". Se basa en efectos de superficie, poco conocidos en su día. Es difícil de fabricar (las puntas se ajustaban a mano), frágil (un golpe podía desplazar las puntas) y ruidoso. Sin embargo convivió con el transistor de unión (W. Shockley, 1948) debido a su mayor ancho de banda. En la actualidad ha desaparecido.

Transistor de unión bipolar

El transistor de unión bipolar, o BJT por sus siglas en inglés, se fabrica básicamente sobre un monocristal de Germanio, Silicio o Arseniuro de Galio, que tienen cualidades de semiconductores, estado intermedio entre conductores como los metales y los aislantes como el diamante. Sobre el sustrato de cristal, se contaminan en forma muy controlada tres zonas, dos de las cuales son del mismo tipo, NPN o PNP, quedando formadas dos uniones NP.

La zona N con elementos donantes de electrones (cargas negativas) y la zona P de aceptadores o "huecos" (cargas positivas). Normalmente se utilizan como elementos aceptadores P al Indio (In), Aluminio (Al) o Galio (Ga) y donantes N al Arsénico (As) o Fósforo (P).

La configuración de uniones PN, dan como resultado transistores PNP o NPN, donde la letra intermedia siempre corresponde a la característica de la base, y las otras dos al emisor y al colector que, si bien son del mismo tipo y de signo contrario a la base, tienen diferente contaminación entre ellas (por lo general, el emisor está mucho más contaminado que el colector).

El mecanismo que representa el comportamiento semiconductor dependerá de dichas contaminaciones, de la geometría asociada y del tipo de tecnología de contaminación (difusión gaseosa, epitaxial, etc.) y del comportamiento cuántico de la unión.

Transistor de unión unipolar

También llamado de efecto de campo de unión (JFET), fue el primer transistor de efecto de campo en la práctica. Lo forma una barra de material semiconductor de silicio de tipo N o P. En los terminales de la barra se establece un contacto óhmico, tenemos así un transistor de efecto de campo tipo N de la forma más básica. Si se difunden dos regiones P en una barra de material N y se conectan externamente entre sí, se producirá una puerta. A uno de estos contactos le llamaremos surtidor y al otro drenador. Aplicando tensión positiva entre el drenador y el surtidor y conectando a puerta al surtidor, estableceremos una corriente, a la que llamaremos corriente de drenador con polarización cero. Con un potencial negativo de puerta al que llamamos tensión de estrangulamiento, cesa la conducción en el canal.

Transistor de efecto de campo

El transistor de efecto de campo, o FET por sus siglas en inglés, que controla la corriente en función de una tensión; tienen alta impedancia de entrada.

- Transistor de efecto de campo de unión, JFET, construido mediante una unión PN.
- Transistor de efecto de campo de compuerta aislada, IGFET, en el que la compuerta se aísla del canal mediante un dieléctrico.
- Transistor de efecto de campo MOS, MOSFET, donde MOS significa Metal-Óxido-Semiconductor, en este caso la compuerta es metálica y está separada del canal semiconductor por una capa de óxido.

Fototransistor

Los fototransistores son sensibles a la radiación electromagnética, en frecuencias cercanas a la de la luz.

Transistores y electrónica de potencia

Con el desarrollo tecnológico y evolución de la electrónica, la capacidad de los dispositivos semiconductores para soportar cada vez mayores niveles de tensión y corriente ha permitido su uso en aplicaciones de potencia. Es así como actualmente los transistores son empleados en convertidores estáticos de potencia, controles para motores y llaves de alta potencia (principalmente inversores), aunque su principal uso está basado en la amplificación de

corriente dentro de un circuito cerrado.

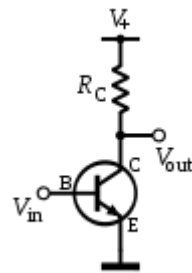
El transistor como amplificador

El comportamiento del transistor se puede ver como dos diodos (Modelo de Ebers-Moll), uno entre base y emisor, polarizado en directo y otro diodo entre base y colector, polarizado en inverso. Esto quiere decir que entre base y emisor tendremos una tensión igual a la tensión directa de un diodo, es decir 0,6 a 0,8 V para un transistor de silicio y unos 0,4 para el germanio.

Pero la gracia del dispositivo es que en el colector tendremos una corriente proporcional a la corriente de base: $I_C = \beta I_B$, es decir, ganancia de corriente cuando $\beta > 1$. Para transistores normales de señal, β varía entre 100 y 300.

Entonces, existen tres configuraciones para el amplificador:

Emisor común



Emisor común

La señal se aplica a la base del transistor y se extrae por el colector. El emisor se conecta a las masas tanto de la señal de entrada como a la de salida. En esta configuración se tiene ganancia tanto de tensión como de corriente y alta impedancia de entrada. En caso de tener resistencia de emisor, $R_E > 50 \Omega$, y para frecuencias

bajas, la ganancia en tensión se aproxima bastante bien por la siguiente expresión: $G_V = -\frac{R_C}{R_E}$; y la impedancia de salida, por R_C

Como la base está conectada al emisor por un diodo en directo, entre ellos podemos suponer una tensión constante, V_g . También supondremos que β es constante. Entonces tenemos que la tensión de emisor es: $V_E = V_B - V_g$.

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{V_B - V_g}{R_E}$$

Y la corriente de emisor:

La corriente de emisor es igual a la de colector más la de base:

$$I_E = I_C + I_B = I_B(\beta + 1) = I_C\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad I_C = \frac{I_E}{1 + \frac{1}{\beta}}$$

. Despejando

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C = V_{CC} - R_C \frac{I_E}{1 + \frac{1}{\beta}}$$

La tensión de salida, que es la de colector se calcula como:

Como $\beta \gg 1$, se puede aproximar: $1 + \frac{1}{\beta} = 1$ y, entonces,

$$V_C = V_{CC} - R_C I_E = V_{CC} - R_C \frac{V_B - V_g}{R_E}$$

Que podemos escribir como

$$V_C = \left(V_{CC} + R_C \frac{V_g}{R_E} \right) - R_C \frac{V_B}{R_E}$$

Vemos que la parte $\left(V_{CC} + R_C \frac{V_g}{R_E} \right)$ es constante (no depende de la señal de entrada), y la parte $-V_B \frac{R_C}{R_E}$ nos da la señal de salida. El signo negativo indica que la señal de salida está desfasada 180° respecto a la de entrada.

Finalmente, la ganancia queda:

$$G_V = \frac{V_C}{V_B} = -\frac{R_C}{R_E}$$

La corriente de entrada, $I_B = \frac{I_E}{1 + \beta}$, que aproximamos por $I_B = \frac{I_E}{\beta} = \frac{V_E}{R_E \beta} = \frac{V_B - V_g}{R_E \beta}$.

Suponiendo que $V_B \gg V_g$, podemos escribir:

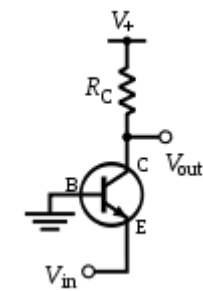
$$I_B = \frac{V_B}{R_E \beta}$$

y la impedancia de entrada:

$$Z_{in} = \frac{V_B}{I_B} = \frac{V_B}{\frac{V_B}{R_E \beta}} = R_E \beta$$

Para tener en cuenta la influencia de frecuencia se deben utilizar modelos de transistor más elaborados. Es muy frecuente usar el modelo en pi.

Base común



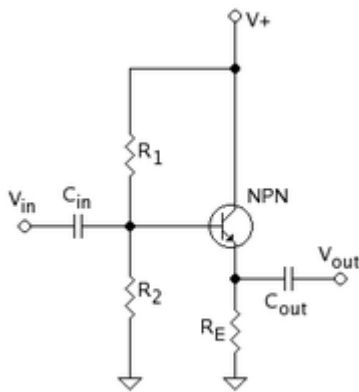
Base común

La señal se aplica al emisor del transistor y se extrae por el colector. La base se conecta a las masas tanto de la señal de entrada como a la de salida. En esta configuración se tiene ganancia sólo de tensión. La impedancia de entrada es baja y la ganancia de corriente algo menor que uno, debido a que parte de la corriente de emisor sale por la base. Si añadimos una resistencia de emisor, que puede ser la propia impedancia de salida de la fuente de señal, un análisis similar al realizado en el caso de emisor común, nos da la ganancia aproximada siguiente:

$$G_V = \frac{R_C}{R_E}.$$

La base común se suele utilizar para adaptar fuentes de señal de baja impedancia de salida como, por ejemplo, micrófonos dinámicos.

Colector común



Colector común

La señal se aplica a la base del transistor y se extrae por el emisor. El colector se conecta a las masas tanto de la señal de entrada como a la de salida. En esta configuración se tiene ganancia de corriente, pero no de tensión que es ligeramente inferior a la unidad. Esta configuración multiplica la impedancia de salida por $1/\beta$.

El transistor frente a la válvula termoiónica

Véase también: Válvula termoiónica

Antes de la aparición del transistor los ingenieros utilizaban elementos activos llamados válvulas termoiónicas. Las válvulas tienen características eléctricas similares a la de los transistores de efecto de campo (FET): la corriente que la atraviesa depende de la tensión en el borne de comando, llamado rejilla. Las razones por las que el transistor reemplazó a la válvula termoiónica son varias:

- Las válvulas necesitan tensiones muy altas, del orden de las centenas de voltios, que son letales para el ser humano.
- Las válvulas consumen mucha energía, lo que las vuelve particularmente poco útiles para el uso con baterías.
- Probablemente, uno de los problemas más importantes haya sido el peso. El chasis necesario para alojar las válvulas y los transformadores requeridos para su funcionamiento sumaban un peso importante, que iba desde algunos kilos a decenas de kilos.
- El tiempo medio entre fallas de las válvulas termoiónicas es muy corto comparado con el de los transistores, sobre todo a causa del calor generado.

- Las válvulas presentan una cierta demora en comenzar a funcionar, ya que necesitan estar calientes para establecer la conducción.
- El transistor es intrínsecamente insensible al efecto microfónico, muy frecuente en las válvulas.
- Los transistores son más pequeños que las válvulas, incluso que los nuvistores. Aunque existe unanimidad sobre este punto, conviene hacer una salvedad: en el caso de dispositivos de potencia, estos deben llevar un disipador, de modo que el tamaño que se ha de considerar es el del dispositivo (válvula o transistor) más el del disipador. Como las válvulas pueden funcionar a temperaturas más elevadas, la eficiencia del disipador es mayor en ellas que en los transistores, con lo que basta un disipador mucho más pequeño.
- Los transistores trabajan con impedancias bajas, o sea con tensiones reducidas y corrientes altas; mientras que las válvulas presentan impedancias elevadas y por lo tanto trabajan con altas tensiones pequeñas corrientes.
- Finalmente, el costo de los transistores no solamente era muy inferior, sino que contaba con la promesa de que continuaría bajando (como de hecho ocurrió) con suficiente investigación y desarrollo.

Como ejemplo de todos estos inconvenientes se puede citar a la primera computadora digital, llamada ENIAC. Era un equipo que pesaba más de treinta toneladas y consumía 200 kilovatios, suficientes para alimentar una pequeña ciudad. Tenía alrededor de 18.000 válvulas, de las cuales algunas se quemaban cada día, necesitando una logística y una organización importantes.

Cuando el transistor bipolar fue inventado en 1947, fue considerado una revolución. Pequeño, rápido, fiable, poco costoso, sobrio en sus necesidades de energía, reemplazó progresivamente a la válvula termoiónica durante la década de 1950, pero no del todo. En efecto, durante los años 1960, algunos fabricantes siguieron utilizando válvulas termoiónicas en equipos de radio de gama alta, como Collins y Drake; luego el transistor desplazó a la válvula de los transmisores pero no del todo de los amplificadores de radiofrecuencia. Otros fabricantes, de equipo de audio esta vez, como Fender, siguieron utilizando válvulas en amplificadores de audio para guitarras. Las razones de la supervivencia de las válvulas termoiónicas son varias:

- El transistor no tiene las características de linealidad a alta potencia de la válvula termoiónica, por lo que no pudo reemplazarla en los amplificadores de transmisión de radio profesionales y de radioaficionados.^[cita requerida]
- Los armónicos introducidos por la no-linealidad de las válvulas resultan agradables al oído humano (véase psicoacústica), por lo que son preferidos por los audiófilos
- El transistor es muy sensible a los efectos electromagnéticos de las explosiones nucleares, por lo que se siguieron utilizando válvulas termoiónicas en algunos sistemas de control-comando de cazas de fabricación soviética

4.1.3. SCR y TRIAC

SCR

Es un dispositivo de tres terminales que se comporta como un disco rectificador,

conduce en directo y no conduce en inverso, pero adicionalmente para entrar en conducción debe inyectarse en el compuerta una corriente mayor que una corriente de compuerta mínima (I_{Gmin} ?) que es diferente para cada referencia de SCR, la aplicación de la corriente de compuerta cuando el SCR está en directo para que entre en conducción se llama el disparo del SCR.

Una vez que el SCR ha entrado en conducción, se mantiene así todo el tiempo que el circuito externo mantenga

una corriente a través del SCR mayor que una corriente mínima de sostenimiento.

Cuando la corriente del SCR se hace menor que la corriente de sostenimiento éste deja de conducir, a este proceso se llama conmutación apagado.

Conmutación natural: cuando el circuito de carga por los voltajes aplicados hace que la corriente sea menor que la de sostenimiento.

Conmutación forzada: Cuando se coloca un circuito adicional que induzca la conmutación, hay tres formas típicas:

- a. Colocar un interruptor normalmente abierto en paralelo, al cerrarlo la corriente se va por el interruptor y la corriente del SCR se vuelve cero apagándose.
- b. Colocar un interruptor normalmente cerrado en serie, al abrirlo la corriente se hace cero y apaga el SCR.
- c. Un circuito que inyecte una corriente de cátodo hacia ánodo de forma que la suma de las corrientes inyectada y de carga se haga menor que la corriente de sostenimiento.

Cuando el voltaje de ánodo a cátodo varía en el tiempo (dv/dt) muy rápido el SCR puede entrar en conducción sin corriente de compuerta, ésta es una situación indeseada y se debe de evitar pues produce estados de conducción no deseados.

Las características principales de un SCR son:

I_{Tmax} : Máxima corriente que puede conducir (pico, RMS o promedio)

V_{Dmax} : Máximo voltaje entre ánodo o cátodo (inverso o directo en no conducción).

I_{GTmin} : Corriente de compuerta mínima para producir el disparo.

V_{GTmax} : Voltaje compuerta cátodo máximo

$I_{hold min}$: Corriente de sostenimiento mínima.

V_{FON} : Voltaje ánodo cátodo cuando está en conducción

$dv/dt max$: Máxima variación de voltaje admisible sin disparo

APLICACIONES DE SCR

Existen muchas aplicaciones de SCR de las cuales se indican aquí unas pocas.

DISPARO DE UNA ALARMA

El reed switch se cierra en presencia de un campo magnético, ejemplo un imán, a través de R pasa la corriente de compuerta, el SCR entra en conducción y el relé se cierra activando la sirena, aunque el campo magnético se retire y el reed switch se abra el SCR ya que está en conducción y se mantendrá así hasta que se abra el circuito usado el pulsador normalmente cerrado (NC).

En la parte de SCR se escoge de forma que soporte la corriente que requiere la bobina del relé, la resistencia se escoge de forma que por ella pase una corriente mayor que I_{GTmin} .

$V / \approx R_{\text{máx}} I_{G \text{ Tmin}}$

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

TRIAC

Es otro dispositivo de tres terminales, su diferencia principal con el SCR es que puede conducir en ambos sentidos por lo que es especial para aplicaciones con ambas polaridades de los voltajes alternos.

Siendo V_T el voltaje entre MT_2 y MT_1 y V_G el voltaje de G a MT_1 se pueden dar cuatro combinaciones que se llaman los cuadrantes de disparo del Triac, que se indica en la gráfica a la derecha abajo todas las referencias de triacs se disparan en los cuadrantes I y III, algunas referencias se disparan también en los cuadrantes II y IV pero requieren de corrientes de compuerta mayores.

Igual que en el SCR el Triac pasa a conducción cuando la corriente de compuerta se hace mayor que la corriente mínima y un Triac conmuta a corte cuando la corriente del dispositivo se hace mayor que la corriente de sostenimiento.

Las características principales de un Triac son las mismas de un SCR: $I_{T\text{max}}$, $V_{D\text{max}}$, $I_{G \text{ Tmin}}$, $V_{G \text{ Tmax}}$, $I_{\text{hold min}}$, V_{FON} , $dv/dt \text{ max}$.

APLICACIONES DEL TRIAC

Control de voltaje RMS sobre una carga monofásica. Se usa especialmente para control de iluminación con lámparas incandescentes o control de velocidades de motores universales.

En cada semiciclo al ir aumentando el voltaje pasa una corriente muy pequeña por la carga que no la activa pero esa corriente va por el potenciómetro y es suficiente para cargar el condensador, cuando el condensador se ha cargado a unos 2 o 3 voltios la compuerta entra en conducción descargando el condensador y ésta es la corriente de compuerta que dispara el Triac y enciende la carga. En el semiciclo positivo el condensador se carga positivo y el Triac dispara en el cuadrante I, en el semiciclo negativo el condensador se carga negativo y el Triac se dispara en el cuadrante III. Modificando el resistencia del potenciómetro se hace más rápida o más lenta la carga del condensador con lo que se varía el tiempo de disparo el valor RMS de voltaje en la carga varia.

Algunos Triacs requieren de mayor corriente de compuerta en el cuadrante III que en el I, esto hace que el tiempo de disparo en el semiciclo negativo sea mayor, el voltaje positivo aplicado a la carga resulta mayor que el negativo y en muchos casos inestabilidad en el circuito o variaciones bruscas el voltaje RMS en la carga. Para solucionar esta situación se agrega en la compuerta un dispositivo llamado DIAC, necesario, en el mercado se consigue el Triac con Diac incluido y se llama Quádrac.

4.1.4. Sensores y transductores

Un sensor o captador, como prefiera llamársele, no es más que un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.

Normalmente estos dispositivos se encuentran realizados mediante la utilización de componentes pasivos

(resistencias variables, PTC, NTC, LDR, etc... todos aquellos componentes que varían su magnitud en función de alguna variable), y la utilización de componentes activos.

Pero el tema constructivo de los captadores lo dejaremos a un lado, ya que no es el tema que nos ocupa, más adelante incluiremos en el WEB SITE algún diseño en particular de algún tipo de sensor.

DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS SENSORES:

Pretendo explicar de forma sencilla algunos tipos de sensores.

Sensores de posición:

Su función es medir o detectar la posición de un determinado objeto en el espacio, dentro de este grupo, podemos encontrar los siguientes tipos de captadores;

Los captadores fotoeléctricos:

La construcción de este tipo de sensores, se encuentra basada en el empleo de una fuente de señal luminosa (lámparas, diodos LED, diodos láser etc...) y una célula receptora de dicha señal, como pueden ser fotodiodos, fototransistores o LDR etc.

Este tipo de sensores, se encuentra basado en la emisión de luz, y en la detección de esta emisión realizada por los fotodetectores.

Según la forma en que se produzca esta emisión y detección de luz, podemos dividir este tipo de captadores en: captadores por barrera, o captadores por reflexión.

En el siguiente esquema podremos apreciar mejor la diferencia entre estos dos estilos de captadores:

Captadores

- Captadores por barrera. Estos detectan la existencia de un objeto, porque interfiere la recepción de la señal luminosa.

Captadores por reflexión; La señal luminosa es reflejada por el objeto, y esta luz reflejada es captada por el captador fotoeléctrico, lo que indica al sistema la presencia de un objeto.

Sensores de contacto:

Estos dispositivos, son los más simples, ya que son interruptores que se activan o desactivan si se encuentran en contacto con un objeto, por lo que de esta manera se reconoce la presencia de un objeto en un determinado lugar.

Su simplicidad de construcción añadido a su robustez, los hacen muy empleados en robótica.

Captadores de circuitos oscilantes:

Este tipo de captadores, se encuentran basados en la existencia de un circuito en el mismo que genera una determinada oscilación a una frecuencia prefijada, cuando en el campo de detección del sensor no existe ningún objeto, el circuito mantiene su oscilación de una manera fija, pero cuando un objeto se encuentra dentro de la zona de detección del mismo, la oscilación deja de producirse, por lo que el objeto es detectado.

Estos tipos de sensores son muy utilizados como detectores de presencia, ya que al no tener partes mecánicas, su robustez al mismo tiempo que su vida útil es elevada.

Sensores por ultrasonidos:

Este tipo de sensores, se basa en el mismo funcionamiento que los de tipo fotoeléctrico, ya que se emite una señal, esta vez de tipo ultrasónica, y esta señal es recibida por un receptor. De la misma manera, dependiendo del camino que realice la señal emitida podremos diferenciarlos entre los que son de barrera o los de reflexión.

Captadores de esfuerzos:

Este tipo de captadores, se encuentran basados en su mayor parte en el empleo de galgas extensométrica, que son unos dispositivos que cuando se les aplica una fuerza, ya puede ser una tracción o una compresión, varía su resistencia eléctrica, de esta forma podemos medir la fuerza que se está aplicando sobre un determinado objeto.

Sensores de Movimientos:

Este tipo de sensores es uno de los más importantes en robótica, ya que nos da información sobre las evoluciones de las distintas partes que forman el robot, y de esta manera podemos controlar con un grado de precisión elevada la evolución del robot en su entorno de trabajo.

Dentro de este tipo de sensores podemos encontrar los siguientes:

- Sensores de deslizamiento:

Este tipo de sensores se utiliza para indicar al robot con que fuerza ha de coger un objeto para que este no se rompa al aplicarle una fuerza excesiva, o por el contrario que no se caiga de las pinzas del robot por no sujetarlo debidamente.

Su funcionamiento general es simple, ya que este tipo de sensores se encuentran instalados en el órgano aprehensor (pinzas), cuando el robot decide coger el objeto, las pinzas lo agarran con una determinada fuerza y lo intentan levantar, si se produce un pequeño deslizamiento del objeto entre las pinzas, inmediatamente es incrementada la presión de las pinzas sobre el objeto, y esta operación se repite hasta que el deslizamiento del objeto se ha eliminado gracias a aplicar la fuerza de agarre suficiente.

- Sensores de Velocidad:

Estos sensores pueden detectar la velocidad de un objeto tanto sea lineal como angular, pero la aplicación más conocida de este tipo de sensores es la medición de la velocidad angular de los motores que mueven las distintas partes del robot. La forma más popular de conocer la velocidad del giro de un motor, es utilizar para ello una dinamo tacométrica acoplada al eje del que queremos saber su velocidad angular, ya que este dispositivo nos genera un nivel determinado de tensión continua en función de la velocidad de giro de su eje, pues si conocemos a que valor de tensión corresponde una determinada velocidad, podremos averiguar de forma muy fiable a qué velocidad gira un motor. De todas maneras, este tipo de sensores al ser mecánicos se deterioran, y pueden generar errores en las medidas.

Existen también otros tipos de sensores para controlar la velocidad, basados en el corte de un haz luminoso a través de un disco perforado sujetado al eje del motor, dependiendo de la frecuencia con la que el disco corte el haz luminoso indicará la velocidad del motor.

- Sensores de Aceleración:

Este tipo de sensores es muy importante, ya que la información de la aceleración sufrida por un objeto o parte de

un robot es de vital importancia, ya que si se produce una aceleración en un objeto, este experimenta una fuerza que tiende a hacer poner el objeto en movimiento.

Supongamos el caso en que un brazo robot industrial sujeta con una determinada presión un objeto en su órgano terminal, si al producirse un giro del mismo sobre su base a una determinada velocidad, se provoca una aceleración en todo el brazo, y en especial sobre su órgano terminal, si esta aceleración provoca una fuerza en determinado sentido sobre el objeto que sujeta el robot y esta fuerza no se ve contrarrestada por otra, se corre el riesgo de que el objeto salga despedido del órgano aprehensor con una trayectoria determinada, por lo que el control en cada momento de las aceleraciones a que se encuentran sometidas determinadas partes del robot son muy importantes.

Es fácil realizar medidas de la temperatura con un sistema de adquisición de datos, pero la realización de medidas de temperatura exactas y repetibles no es tan fácil.

La temperatura es un factor de medida engañoso debido a su simplicidad. A menudo pensamos en ella como un simple número, pero en realidad es una estructura estadística cuya exactitud y repetitividad pueden verse afectadas por la masa térmica, el tiempo de medida, el ruido eléctrico y los algoritmos de medida. Esta dificultad se puso claramente de manifiesto en el año 1990, cuando el comité encargado de revisar la Escala Práctica Internacional de Temperaturas ajustó la definición de una temperatura de referencia casi una décima de grado centígrado. (Imaginemos lo que ocurriría si descubriéramos que a toda medida que obtenemos normalmente le falta una décima de amperio.)

Dicho de otra forma, la temperatura es difícil de medir con exactitud aún en circunstancias óptimas, y en las condiciones de prueba en entornos reales es aún más difícil. Entendiendo las ventajas y los inconvenientes de los diversos enfoques que existen para medir la temperatura, resultará más fácil evitar los problemas y obtener mejores resultados.

En el siguiente informe se comparan los cuatro tipos más corrientes de transductores de temperatura que se usan en los sistemas de adquisición de datos: detectores de temperatura de resistencia (RTD), termistores, sensores de IC y termopares. La elección de los transductores de temperatura adecuados y su correcta utilización puede marcar la diferencia entre unos resultados equívocos y unas cifras fiables. Los termopares son los sensores más utilizados pero normalmente se usan mal. Por eso vamos a dedicar una atención especial a estos dispositivos.

Una vez conocido la forma en que operan cada tipo de transductor de temperatura se analizarán las especificaciones técnicas de los mismos (de manera comercial) para determinar cuáles son los factores más importantes a considerar para la elección de los mismos.

Conceptos Básicos Transductores de Temperatura

Los transductores eléctricos de temperatura utilizan diversos fenómenos que son influidos por la temperatura y entre los cuales figuran:

- Variación de resistencia en un conductor (sondas de resistencia).
 - Variación de resistencia de un semiconductor (termistores).
 - f.e.m. creada en la unión de dos metales distintos (termopares).
 - Intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirómetros de radiación).
 - Otros fenómenos utilizados en laboratorio (velocidad del sonido en un gas, frecuencia de resonancia de un cristal, etc.).

Los metales puros tienen un coeficiente de resistencia de temperatura positivo bastante constante. El coeficiente de resistencia de temperatura, generalmente llamado coeficiente de temperatura es la razón de cambio de

resistencia al cambio de temperatura. Un coeficiente positivo significa que la resistencia aumenta a medida que aumenta la temperatura. Si el coeficiente es constante, significa que el factor de proporcionalidad entre la resistencia y la temperatura es constante y que la resistencia y la temperatura se graficarán en una línea recta.

Cuando se usa un alambre de metal puro para la medición de temperatura, se le refiere como detector resistivo de temperatura, o RTD (por las siglas en ingles de resistive temperature detector).

Cuando se usan óxidos metálicos para la medición de temperatura, el material de oxido metálicos conformado en forma que se asemejan a pequeños bulbos o pequeños capacitores. El dispositivo formado así se llama Termistor. Los termistores tienen coeficientes de temperatura negativos grandes que no son constantes. En otras palabras, el cambio de resistencia por unidad de cambio de temperatura es mucho mayor que para el metal puro, pero el cambio es en la otra dirección: la resistencia disminuye a medida que se aumenta la temperatura. El hecho de que el coeficiente no sea constante significa que el cambio en la resistencia por unidad de cambio de temperatura es diferente a diferentes temperaturas.

La linealidad extrema de los termistores los hace poco apropiados para la medición de temperatura a través de rangos amplios. Sin embargo, para la medición de temperaturas dentro de bandas angostas, están muy bien dotados, pues dan una gran respuesta a un cambio de temperatura pequeño.

Como regla general, los termistores son preferibles cuando la banda de temperaturas esperada es angosta, mientras que los RTD son preferibles cuando la banda de temperatura esperada es amplia.

4.2. Lógica Digital

4.2.1. Operaciones y compuertas lógicas básicas

Las funciones Lógicas y sus expresiones algebraicas.

Y

$Z = A \cdot B$

Valores lógicos de una computadora

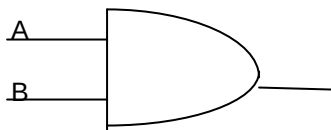
AND

$A + B = 5$

Lógica positiva -5V - 1

0V - 1

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



Lógica negativa

5

5V - 0

0V - 1

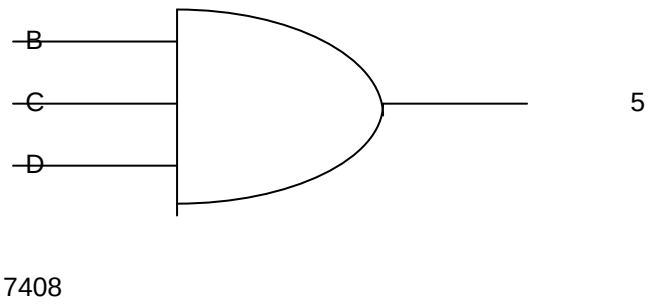
B	C	D	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

$2^3 = 8$

0V

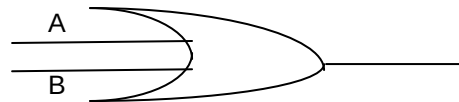
0	0	1	0	0V
0	1	0	0	0V
0	1	1	0	0V
1	0	0	0	0V
1	0	1	0	0V
1	1	0	0	0V
1	1	1	1	5V

Tabla de verdad

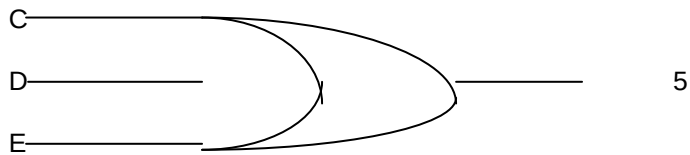


A	B	5
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

OR
 $A + B = 5$



$C + D + E = 5$



			C	D	E	5
			0	0	0	0
			0	0	1	1
			0	1	0	1
			0	1	1	1
			1	0	0	1
			1	0	1	1
			1	1	0	1
			1	1	1	1

INVERSOR NO



0	1	A = 5	A	5
1	0			

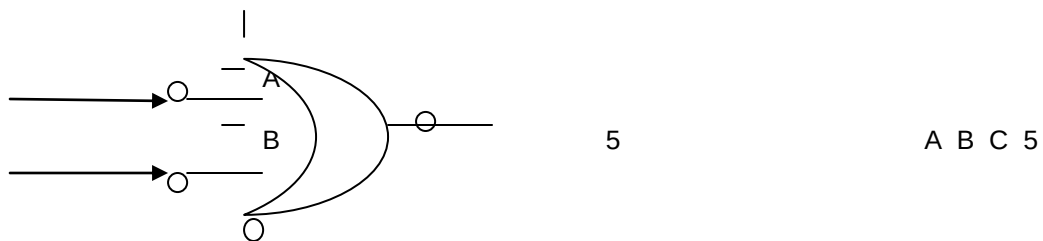
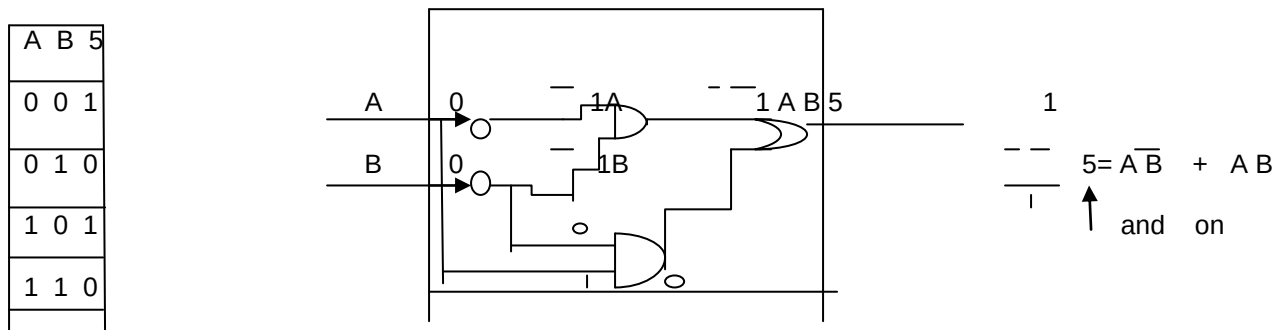
Inversor → apagador encendido y apagado AND → puertas de los cajeros

OR →

Para el diseño de un circuito lógico, se deben dar las condiciones que debe cumplir el sistema mediante una tabla de verdad, dando como resultado el circuito lógico que satisface las condiciones.

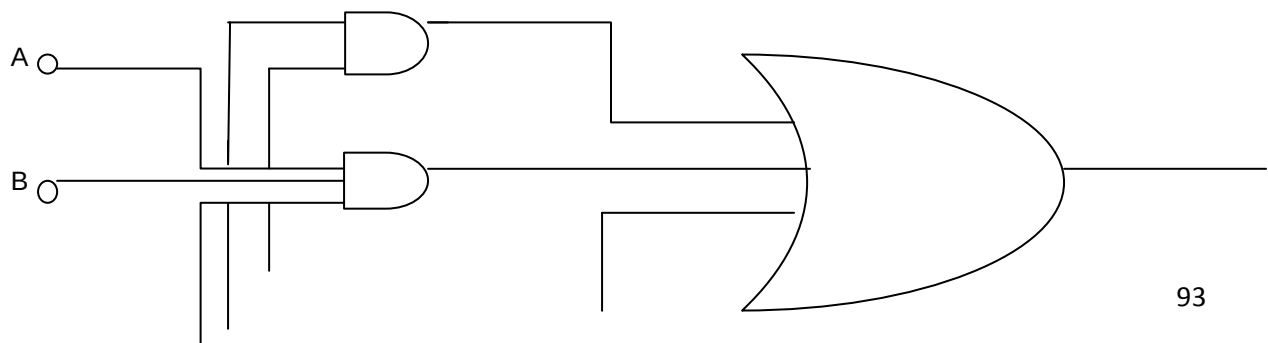
Ejemplo:

Diseño de un circuito que cumpla la siguiente función lógica.

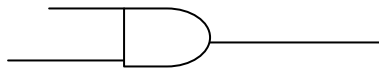


$$5 = ABC + BC + AC$$

A B C 5



C



B	A	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	0

A

Y = A

Y = A B + B A conclusión

Y = A (B + B) TEOREMA 10

Y = A (1) TEOREMA 8

Y = A TEOREMA 4

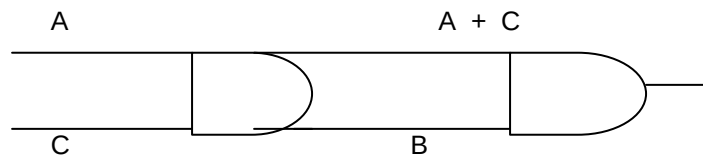
C	B	A	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

$$Y = A \bar{B} \bar{C} + A \bar{B} C + A B \bar{C} + A B C$$

$$Y = A \bar{B} \bar{C} + B (A + A)$$

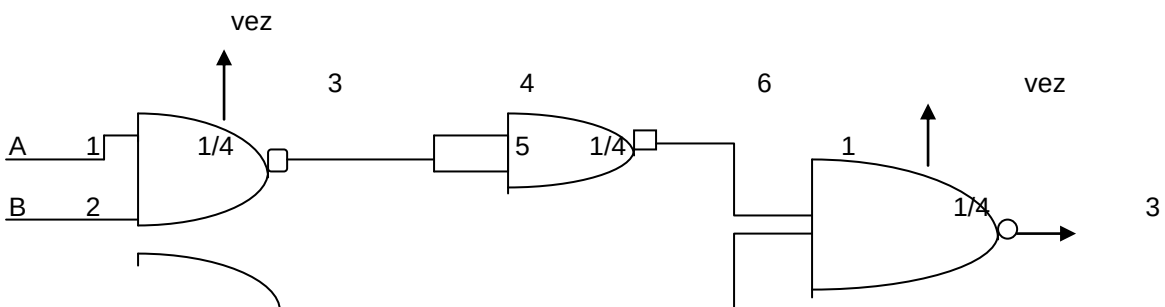
$$Y = A \bar{B} \bar{C} + B C 1$$

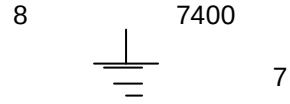
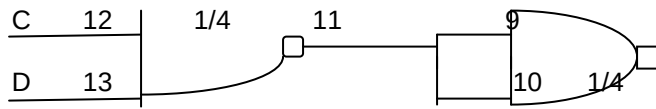
$$Y = A \bar{B} \bar{C} + B C$$



P (A + C)

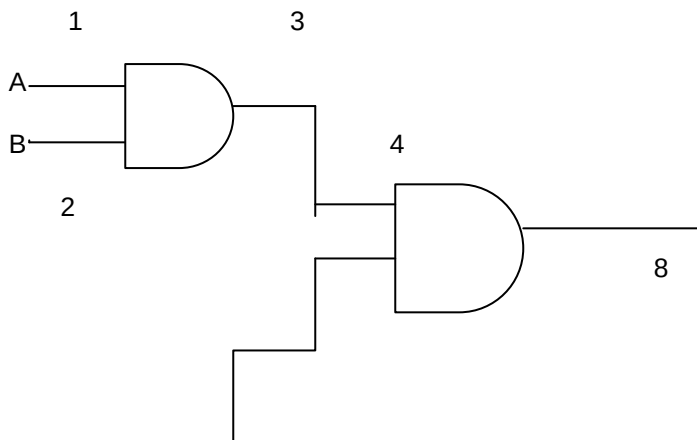
Implemente una compuerta No and de 4 entradas a partir de 7400



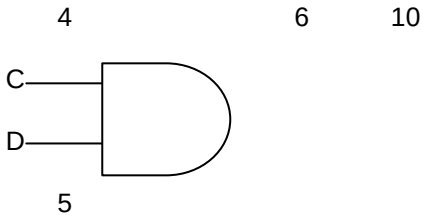


7408/ 741508

A	B	C	D	5
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
0	1	0	0	0
1	1	0	0	0
0	0	1	0	0
1	0	1	0	0
0	1	1	0	0
1	1	1	0	0
0	0	0	1	0
0	1	0	1	0
1	1	0	1	0
0	0	1	1	0
0	1	1	1	0
1	1	1	1	1



		A	B	C	D	5
		0	0	0	0	0
		0	0	0	1	0
		0	0	1	0	0
		0	0	1	1	0



0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

4.2.2. Contadores y temporizadores

En numerosas aplicaciones se necesita medir el tiempo que transcurre desde que se cumple una determinada condición lógica y cuando ese tiempo predeterminado se cumple, esperamos que se devuelva una señal para informar del hecho. La señal que recibe un temporizador es por lo tanto una función lógica que hay que resolver, como en el caso de cualquier preaccionador. La señal que devuelve un temporizador es una variable, porque a partir de ella se pueden tomar decisiones. En el programa de este apartado encontrará la simulación de varios temporizadores eléctricos cuyo funcionamiento es similar al de los relés, por lo tanto, la bobina será la función y los contactos serán la variable.

Los temporizadores pueden ser programados o ser componentes físicos, pero en todos los casos, los más utilizados son de retardo a la conexión de la señal que los activa o bien de retardo a la desconexión de la señal que los activa. El temporizador con retardo a la conexión mide el tiempo que es verdadera la señal que lo activa, luego el tiempo a medir comienza desde la “conexión” de dicha señal. El de retardo a la desconexión mide el tiempo que es falsa la señal que lo activa, luego el tiempo a medir comienza desde la “desconexión” de dicha señal.

El criterio básico para seleccionar el tipo de temporizador más apropiado es comprobar qué se conecta o se desconecta en el instante que comienza la medida del tiempo. Si algo se conecta, interesa un retardo a la conexión y si algo se desconecta, interesa un retardo a la desconexión. Vea en la simulación que en el retardo a la conexión el tiempo comienza en el momento de pulsar P, mientras que en el retardo a la desconexión comienza al desconectar el botón P.

Otra operación muy frecuente en los procesos es contar el número de veces que se cumple una determinada condición, tal es el caso de repetir cierto número de ciclos o contar piezas fabricadas. Cuando el valor de la cuenta llega al valor preajustado en el contador, casi siempre se necesita una señal de confirmación. Un contador se puede definir con dos funciones y una variable: Una de las funciones será la entrada del contador

por la que recibe los impulsos a contar, la otra función ha de permitir poner la cuenta a cero si el contador es ascendente o bien ponerla en el valor preajustado si es descendente. La variable o señal de salida del contador se activa cuando se ha cumplido el número de impulsos preajustado.

En el siguiente programa también se encuentra simulado un contador descendente, con la bobina de impulsos Z y la de reset o preselección R. Como puede comprobar, el contacto Z del contador se acciona cuando la cuenta llega a cero y es necesario activar R para repetir el proceso de contar. Si el contador fuera ascendente, la función R pondría la cuenta a cero y se accionaría el contacto Z cuando la cuenta llegase al valor ajustado.

En el campo que se encuentra con cada componente puede escribir el tiempo de ajuste (en caso de temporizadores) o el valor de impulsos a contar (en el caso del contador), pulsando ENTRAR para aceptarlos. En los temporizadores, los valores de los campos son décimas de segundo y en el contador será el número de impulsos a recibir en la entrada Z.

Si ha comprendido bien cómo se comportan estos componentes, debería ser capaz de contestar las siguientes cuestiones:

- 1.- Si la señal (función) que se aplica a un retardo a la conexión dura menos tiempo que el ajustado, ¿se puede llegar a medir dicho tiempo ajustado?
- 2.- Si se quiere medir el tiempo que está abierta una puerta, ¿qué tipo de temporizador sería el más práctico? (se supone que hay un captador que se acciona con la puerta abierta).
- 3.- Si se quiere medir el tiempo que un motor está funcionando, para pararlo cuando ha pasado, ¿qué tipo de temporizador será el más práctico?
- 4.- Si un ventilador debe funcionar el tiempo que esté conectado un calefactor y al desconectarlo debe mantenerse el ventilador un determinado tiempo, ¿qué tipo de temporizador será el más práctico?
- 5.- Si una cinta transportadora debe pararse sola cuando ha pasado cierto tiempo sin llegar piezas (hay captador de piezas), ¿qué tipo de temporizador será el más práctico?
- 6.- Si en el caso anterior llegan varias piezas muy juntas (tiempo menor que el ajustado en el temporizador), ¿comenzará la cuenta del tiempo con cada pieza o terminará el tiempo que comienza con el paso de la primera pieza?
- 7.- Si la entrada Z de un contador se mantiene conectada, ¿cambia la cuenta repetidamente hasta llegar al valor preajustado?
- 8.- Suponemos que los contactos en el ejemplo del generador de impulsos son de cierre antes que apertura (el abierto se cierra antes de que se abra el cerrado). Si esto no fuera así, ¿cree que la lámpara llegaría a encenderse alguna vez?

Ejemplos con temporizadores:

La siguiente figura plantea resolver tres ejemplos sencillos de uso de temporizadores. En el primero se trata de obtener una señal A que informe del momento en que P se acciona (algo parecido a un flanco positivo), en el segundo se trata de informar cuándo se desconecta P (parecido a un flanco negativo) y en el tercero hay que conseguir un impulso de duración fija independientemente del tiempo que P esté conectado.

En el primer ejemplo, el tiempo a medir comienza con la conexión de P, luego el temporizador T1, con retardo a la conexión, debe responder a la señal P. La señal A se puede obtener viendo que debe ser verdadera cuando P está accionado y T1 no lo está. En el segundo ejemplo, el tiempo a medir comienza con la desconexión de P,

luego el temporizador T2, con retardo a la desconexión, deberá responder a la señal P. La señal B se obtiene viendo que debe ser verdadera cuando no esté accionado P y T2 sí lo esté. En el tercer ejemplo, la señal C se puede plantear como una función memoria que se conecta siempre que se acciona P y se desconecta cuando pasa el tiempo que debe durar conectada, tiempo que nos dará un temporizador T3 con retardo a la conexión, ya que se trata de medir el tiempo que C es verdadero. Si la señal P es muy corta, T3 puede medir el tiempo que está conectado C pero cuando la señal P se prolonga, sigue haciendo la conexión de C cuando ya debe estar desconectado. Esto se puede resolver manteniendo la señal del temporizador si P sigue activo ($T3 = C + P$) siempre y cuando la desconexión que produce sea prioritaria.

Ejemplo de uso de contadores

La figura representa un carro de una máquina que puede avanzar a derecha con el contactor Md y a izquierda con el contactor Mi. Los finales de carrera A y B deben limitar el desplazamiento del carro. Cuando se accione el pulsador P, el carro tendrá que comenzar el movimiento a derecha y volver al punto de partida. Tendrá que repetir el ciclo un determinado número de veces, que podrá ajustarse con un contador.

Si no se tiene en cuenta el contador, la solución con funciones memoria de desconexión prioritaria puede ser como se indica a continuación: Avanza a derecha si se pulsa P y está en condiciones iniciales (accionado A), se para el movimiento a derecha y arranca a izquierda cuando llega a B y se para el movimiento a izquierda cuando llega a A. Se ha puesto además que cada función solo pueda activarse si no está conectada la otra, esto representa un enclavamiento que imposibilita que los dos contactores estén accionados a la vez, lo que pudiera ocurrir cuando el carro llega a uno de los extremos, ya que al invertir el movimiento, un contactor se desconecta y otro se conecta. Si por alguna razón la desconexión de uno de ellos sufre un retardo, habrá un pequeño tiempo en que se produce un cortocircuito.

Las reglas básicas para añadir un contador de ciclos pueden ser estas: El ciclo arranca cuando está en condiciones iniciales y no ha finalizado la cuenta, el reset del contador se ejecuta con la condición de arranque y en la entrada de impulsos se puede aplicar cualquier condición que se cumpla una sola vez por ciclo. Aplicado al ejemplo, el arranque de ciclo comienza con la conexión de Md, la condición de arranque es el pulsador P y el captador B se acciona una sola vez por ciclo. El resto de las condiciones serán las mismas que en la solución sin contador.

Componentes neumáticos:

Los temporizadores neumáticos utilizan un pequeño acumulador que se llena o se vacía de aire a través de un estrangulamiento, lo que hace que la presión varíe lentamente hasta conseguir accionar o desaccionar el pilotaje de una válvula distribuidora. El ajuste de tiempo se consigue aumentando más o menos el estrangulamiento. En la figura puede ver las equivalencias entre temporizadores eléctricos y neumáticos. Para ampliar la información, consulte el tema de neumática.

Componentes electrónicos:

Los temporizadores electrónicos se basan en el tiempo de carga o descarga de un condensador a través de una resistencia. Por lo tanto, pueden construirse mediante componentes electrónicos pero existen en el mercado temporizadores eléctricos con apariencia de relés que ya incluyen la electrónica interna de funcionamiento, similares a los que habrá manipulado en el programa de simulación, así como los contadores. Para ampliar información, consulte los temas de electrónica analógica y digital.

4.2.3. Controladores Lógicos programables (PLC)

PLC (controlador lógico programable)

El término PLC proviene de las siglas en inglés para Programmable Logic Controller, que traducido al español se entiende como "Controlador Lógico Programable". Se trata de un equipo electrónico, que, tal como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales.

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar. Esta información es recibida por captadores, que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los accionadores de la instalación.

Un PLC es un equipo comúnmente utilizado en maquinarias industriales de fabricación de plástico, en máquinas de embalajes, entre otras; en fin, son posibles de encontrar en todas aquellas maquinarias que necesitan controlar procesos secuenciales, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control.

Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los preaccionadores y accionadores. Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa.

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentra que, gracias a ellos, es posible ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales. Por otra parte, son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo. Sin embargo, y como sucede en todos los casos, los controladores lógicos programables, o PLCs, presentan ciertas desventajas como es la necesidad de contar con técnicos calificados y adiestrados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento.

Introducción

Un autómata programable industrial (API) o Programmable logic controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en procesos secuenciales de tipo industrial.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.



Campos de aplicación

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido
- Procesos de producción periódicamente cambiantes
- Procesos secuenciales
- Maquinaria de procesos variables
- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

Ejemplos de aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas
- Maquinaria industrial de plástico
- Máquinas transfer
- Maquinaria de embalajes
- Maniobra de instalaciones:
 - Instalación de aire acondicionado, calefacción...
 - Instalaciones de seguridad
- Señalización y control:
 - Chequeo de programas
 - Señalización del estado de procesos

Ventajas e inconvenientes

No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones obligan a referirse a las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio.

Ventajas

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:
 - No es necesario dibujar el esquema de contactos
 - No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor coste de mano de obra de la instalación.

- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

Inconvenientes

- Como inconvenientes podríamos hablar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido, pero hoy en día ese inconveniente está solucionado porque las universidades ya se encargan de dicho adiestramiento.
- El coste inicial también puede ser un inconveniente.

Funciones básicas de un PLC

■Detección:

Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.

■Mando:

Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.

■Dialogo hombre maquina:

Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.

■Programación:

Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómata. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómata controlando la maquina.

Nuevas Funciones

■Redes de comunicación:

Permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómatas a tiempo real. En unos cuantos milisegundos pueden enviarse telegramas e intercambiar tablas de memoria compartida.

■Sistemas de supervisión:

También los autómatas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.

■Control de procesos continuos:

Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómatas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómata.

■Entradas- Salidas distribuidas:

Los módulos de entrada salida no tienen porqué estar en el armario del autómata. Pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómata mediante un cable de red.

■Buses de campo:

Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional. El autómata consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores.

Bibliografía:

Chapman, Stephen J. Máquinas Eléctricas, Segunda Edición 1991. McGraw Hill Interamericana, S.A.

Johnson, David E, Hilburn, Johnl, Análisis Básicos de Circuitos Eléctricos.1987. Prentice hall Hispanoamericana S.A.

http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/rptSylabus.php?tipo=PDF&id_asignatura=283&clave_asignatura=INC-0404&carrera=IIND0405001.

http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/index.htm

<http://www.mitecnologico.com/Main/ConexionTransformadoresMonofasicos>

<http://documentos.arq.com.mx/Detalles/26228.html>