

## **6.6.1.- CONCEPTOS BASICOS Y CONSIDERACIONES FUNDAMENTALES EN LA PROTECCION POR RELEVADORES.**

En general, lo que se pide al equipo de protección y en particular al relevador detector es que libere la falla en el menor tiempo posible y aisle del sistema solo a la parte afectada evitando así a la salida innecesaria de equipos vitales asociados al sistema, o sea, que cooperen al funcionamiento normal del sistema, prevenga una falla eléctrica y reduzcan los efectos de la misma.

La A.S.A. define un relevador como "un dispositivo que ocasiona un cambio brusco en uno o más circuitos de control eléctrico cuando la cantidad o cantidades medidas a las cuales responde, cambian de un valor prescrito.

"Después enumera y define cuatro tipos de relevadores":

1. **Rele auxiliar.** – Uno que opera en respuesta a la apertura o cierre de su circuito opera este para auxiliar a otro Rele o dispositivo en el desempeño de una función.
2. **Rele protector.**- Uno cuya función es detectar mecanismos o líneas defectuosas u otras condiciones peligrosas o indeseables, e iniciar o permitir la interrupción debida o dar señales precautorias.
3. **Rele regulador.**- Una que opera debido a la salida de una cantidad operante de límites predeterminados y que funciona a través de equipo suplementario para restaurar la cantidad dentro de esos límites.
4. **Rele verificador.**- Uno cuya función es verificar las condiciones del sistema de potencia respecto a los límites prescritos e iniciar o permitir

funciones automáticas además de abrir un interruptor durante condiciones de falla.

La A.S.A. define alta velocidad como un termino calificador aplicado a un rele que indica el tiempo de su operación generalmente no exceda de  $1/20$  de segundo aprox. 3 ciclo sobre la base de 60, y baja velocidad, donde el tiempo de operación generalmente se excede de  $1/20$  de segundo. Por aceptación general, los reles que operan en este rango de 3 a 5 ciclos de frecuencia, se les considera reles de alta velocidad.

La protección por medio de reles de alta velocidad ofrece ventajas de mayor continuidad de servicio ya que ocasiona menos daño por fallas y menos riesgo del personal.

Por otro lado tienen un costo generalmente muy elevado, requiere mas mantenimiento, y tienen una mas alta probabilidad de operar en ocasiones incorrectas en transitorios. Consecuentemente ambos tipos de reles de alta y baja velocidad se aplican para proteger el sistema de potencia y ambos tienen amplios antecedentes de operación con reles protectores, muestran considerablemente el 99.5% y más funcionamiento de reles.

Las operaciones de los reles son clasificadas como sigue:

1. Correctas y deseadas.
2. Correctas pero indeseadas.
3. Operaciones incorrectas de interrupción.
4. Fallas en la apertura.

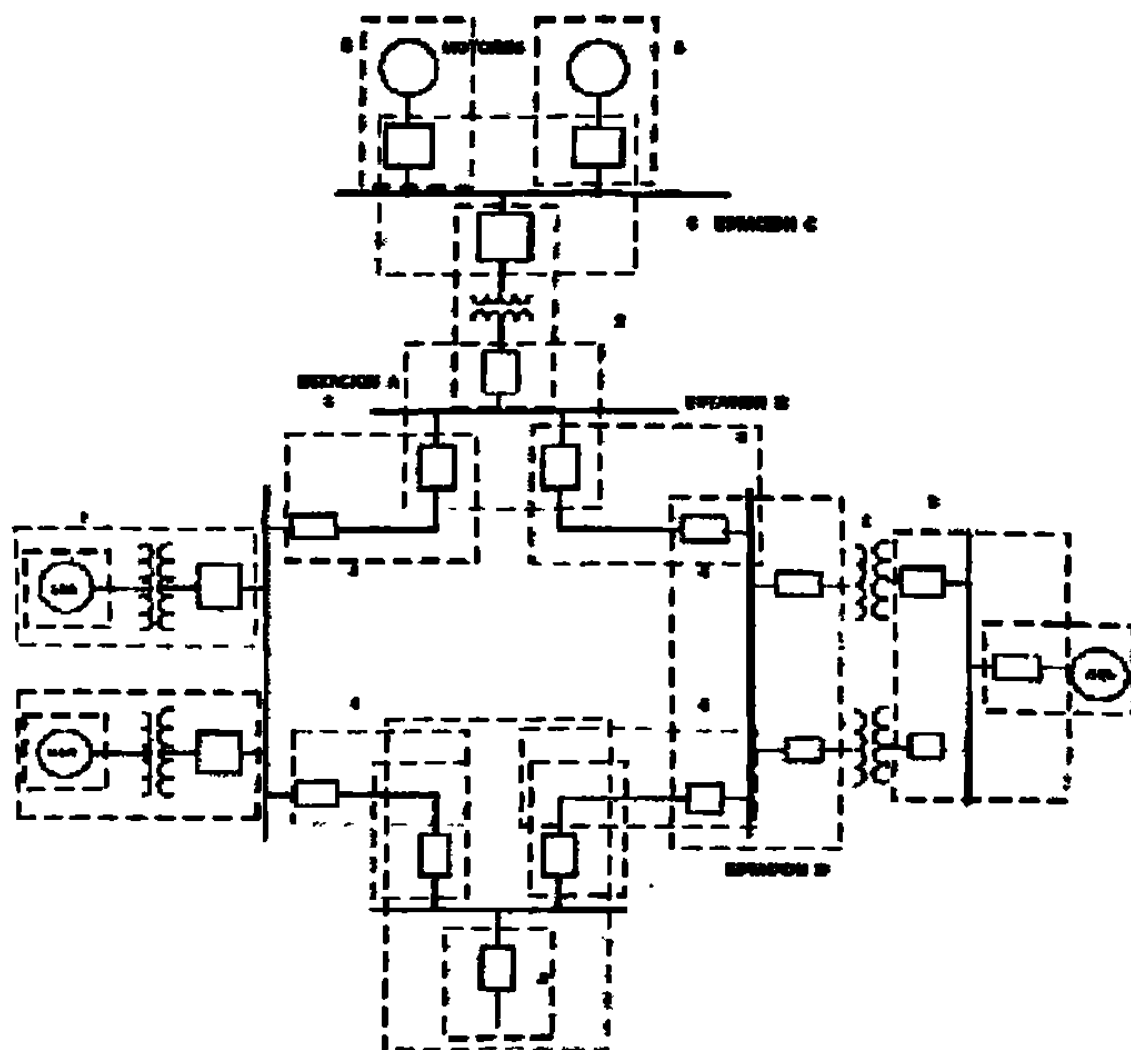
La apertura incorrecta de interruptores, no asociados con el área de falla o el área de respaldo, es con frecuencia más dañina al sistema de potencia que en la falla en la apertura del interruptor correcto.

por lo tanto, se debe tener especial cuidado tanto en la aplicación como en la instalación, para asegurarse contra tales y posibles operaciones incorrectas. Mientras que la falla en la apertura es también seria, la protección de respaldo se emplea como una línea secundaria de defensa para eliminar la falla al fracasar la protección primaria o principal.

La filosofía general de la aplicación de la protección por relevadores, es dividir al sistema de potencia en zonas protectoras que puedan ser adecuadamente protegidas con una mínima porción desconectada del sistema. Esto divide el sistema en las sig. Zonas protectoras:

1. Generadores o unidad generador-transformador.
2. Transformadores.
3. Buses.
4. Líneas de transmisión.
5. Motores.

**FIGURA 6.5 .- SISTEMA TIPICO Y SU ZONA DE PROTECCION.**



El objetivo primordial es proveer la primera línea de protección recordando las ideas fundamentales previamente mencionadas. Admitiendo que pueden ocurrir descuidos o fracasos, se provee alguna forma de respaldo o protección de último recurso para desconectar las zonas adyacentes que rodean la falla

La información requerida para la aplicación de los reles protectores es primero una relación exacta del problema de protección. Generalmente esta es la parte más difícil del trabajo, pero el tiempo que se gaste en esto, pagará dividendos, particularmente si se desea la ayuda de otras.

**Las areas de informacion asociadas o de apoyo requeridas son:**

- 1. Configuracion del sistema.**
- 2. Sistema de proteccion existente y sus dificultades.**
- 3. Grado de proteccion requerido.**
- 4. Preferencias existentes, procedimientos operando practicas.**
- 5. Posibles expansiones futuras.**
- 6. Estudios de fallas.**
- 7. Carga maxima y rangos de los transformadores de corriente.**
- 8. Localizacion de los transformadores de potencial,sus conexiones y rangos.**
- 9. impedancia de la linea y transformadores.**

La configuracion del sistema, lo representamos por un diagrama unifilar mostrando el area del sistema involucrada con el problema de proteccion. Este debera mostrar con cierto detalle de localizacion de los interruptores, la disposicion de los buses, las derivaciones de las lineas para sus alimentadores y su capacidad, la localizacion y el tamaño de la generacion, y la localizacion tamaño y conexiones de los transformadores son particularmente importantes ya que son los que mas frecuentemente se omiten. Es necesario conocer las fuentes de tierra para efecto de la coordinación.

El equipo de proteccion existente junto con las razones por las que un cambio es deseado, si es que se desea, debera ser esquematizado bajo un segundo registro. Las nuevas instalaciones deberan estar tambien especificadas. Las dificultades con la relevacion presente son valiosas para su guiar sus mejoramientos . En muchos casos, la nueva relevacion requerira operar partes utiles ya existentes y los detalles de estos seran de gran importancia.

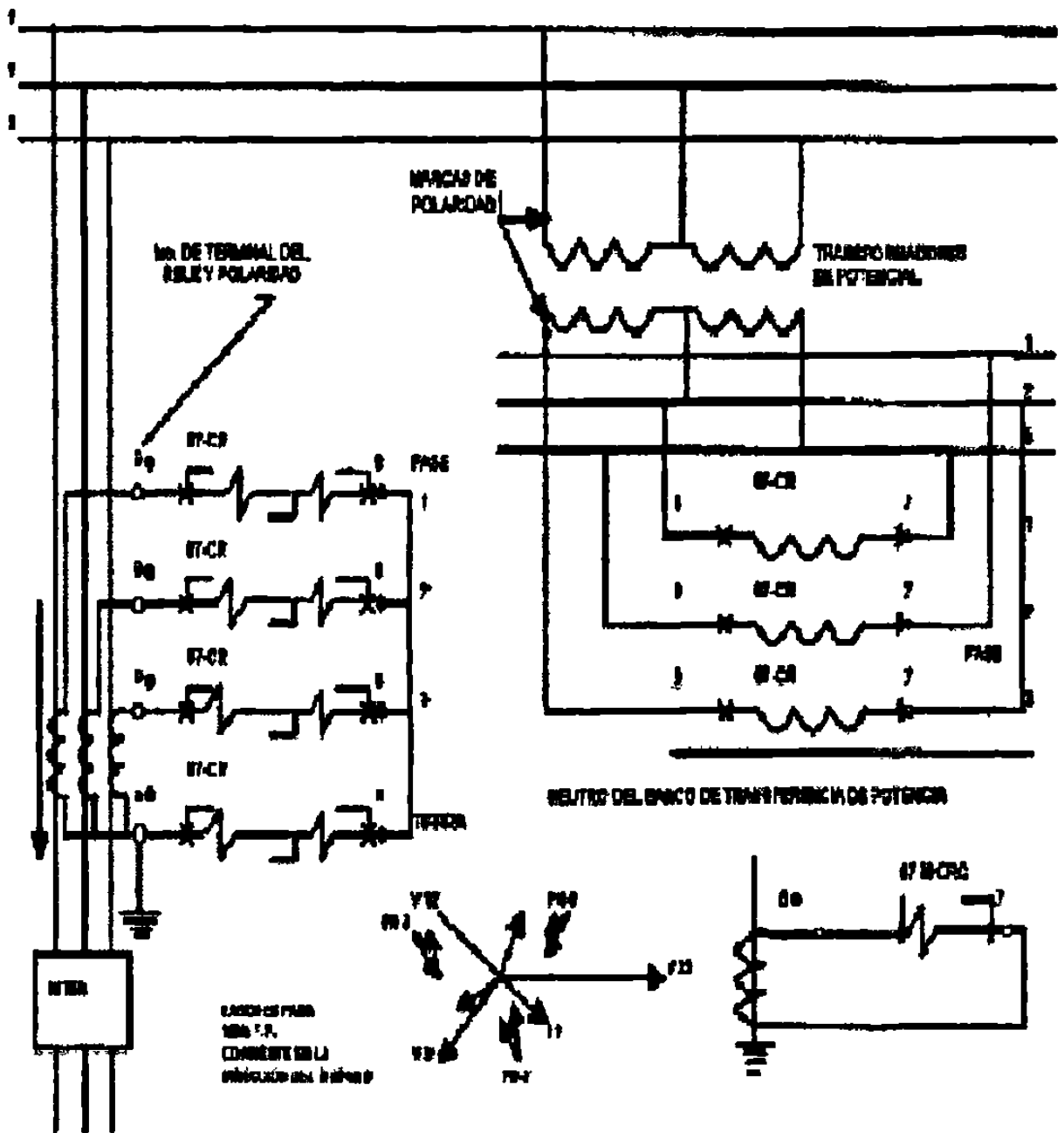
Un estudio adecuado de fallas es una necesidad en casi todas las aplicaciones de los relevadores. El estudio de fallas debe incluir fallas trifasicas, de linea a tierra y fallas sucesivas. Estas ultimas son de bastante importancia en casos donde un interruptor pueda operar primero que otro. La falla sucesiva es la trifasica o de linea a tierra en el lado de la tierra el la linea de un interruptor que este abierto.

Esto da la redistribucion de la corriente de falla por medio del interruptor remoto despues de que el interruptor cercano para la relevacion de tierra, el estudio de fallas debera dar voltajes de secuencia cero y voltajes y corrientes de secuencia negativa. Esta se obtienen facilmente mientras se hace un estudio y son de frecuencias las mas utiles para resolver un problema de relevacion.

Obiamente, en algunas aplicaciones no todos los datos son necesarios. Es conveniente al menos revisar los puntos donde sea aplicable, la informacion debe recopilarse con suficiente detalle y asi obtener las mejores aplicaciones.

Los reles protectores se conectan al sistema de potencia por medio de transformadores de corriente y de potencial y son conectados al circuito de control para abrir el interruptor apropiado . Un diagrama tipico de conexiones de reles es mostrado las conexiones de C.A. se presentan en la siguiente figura. 6.6

**FIGURA 6.6 CONEXIONES TÍPICAS DE C.A. DE RELES PROTECTORES.**



Las indicaciones importantes en este diagrama son:

1. – Secuencia de fase.
2. – Dirección de disparo.
3. – Corriente y polaridad del transformador de potencial.
4. – Polaridad del relé y número de terminales.
5. – Diagrama fasorial

Los métodos de disparo son:

1. – Disparos en derivación usando una batería C. D. o dispositivo condensador.
2. Disparos en serie. La mayoría de los rele protectores disparan interruptores que usan bancos de baterías de 125 o 250 volts.

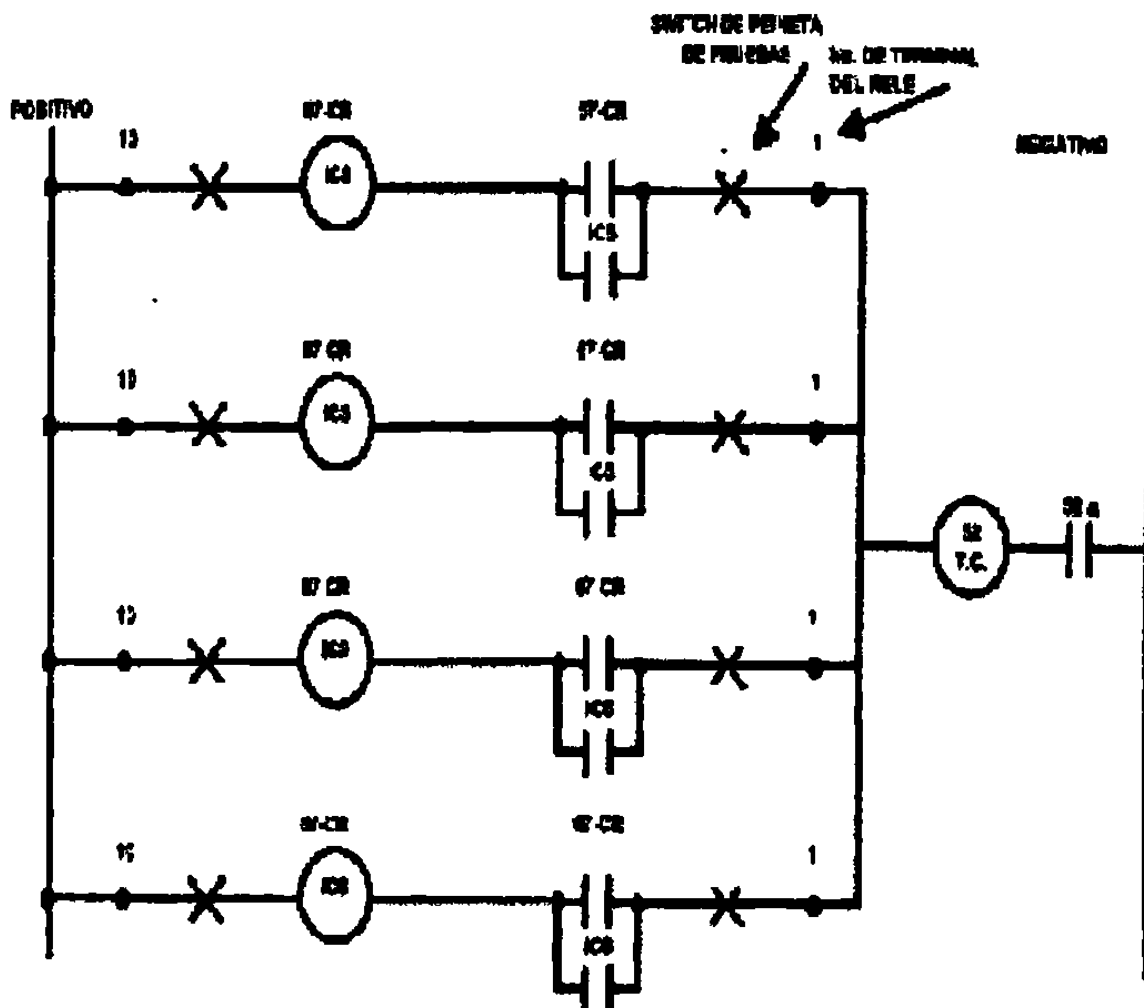


Figura 6.7 Circuito Típico de control de disparo

En estaciones pequeñas donde una batería no puede ser justificada, la energía disipadora se obtiene de un condensador disipador que consiste en un condensador cargado por el voltaje de la línea C.A. cuando los contactos del rele cierran esta energía es suficiente para disparar el interruptor.



El voltaje no puede utilizarse directamente ya que no puede no estar disponible durante las condiciones de falla.

Otro metodo de disparos en serie usando la corriente C.A. de falla como se muestra en la figura 6.8 estos tipos de rele son de apertura de circuito.

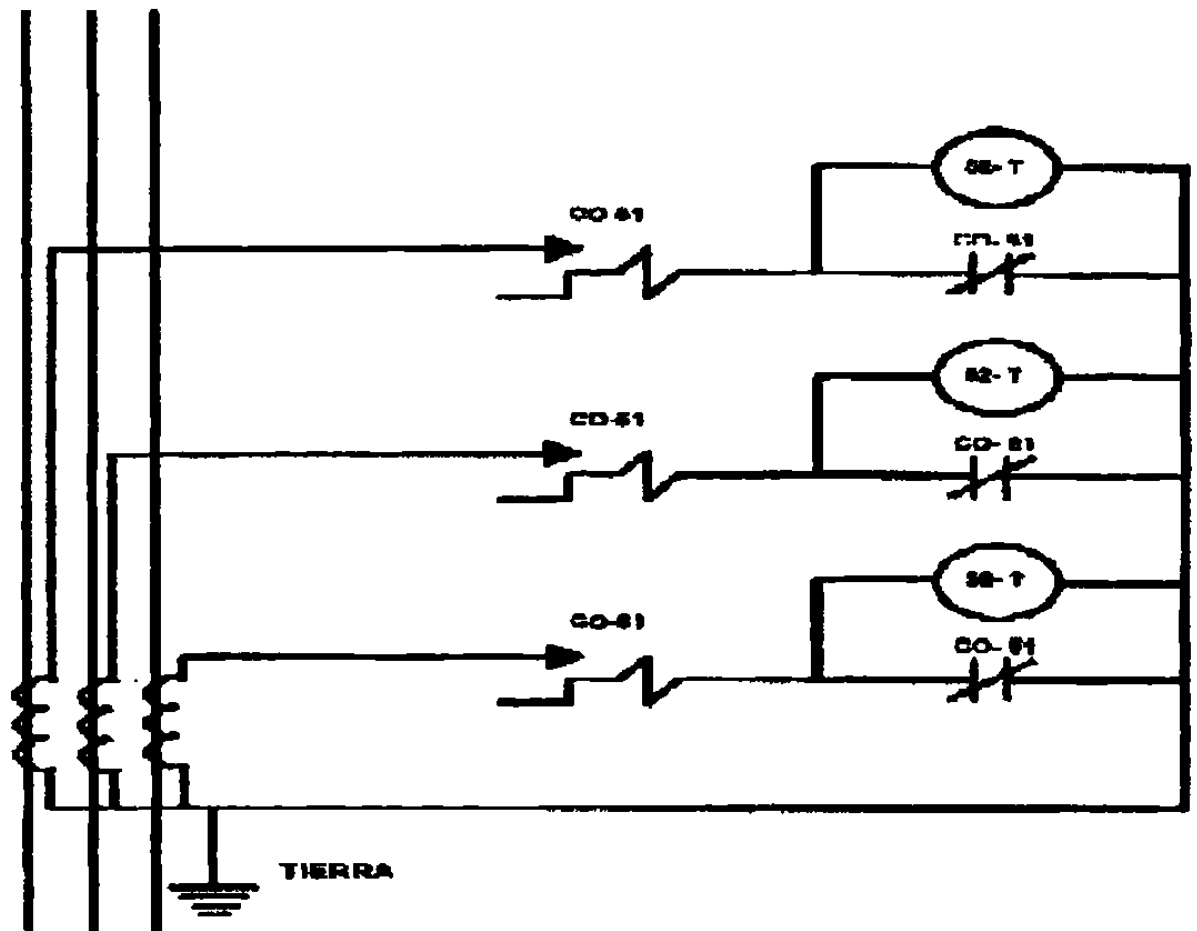
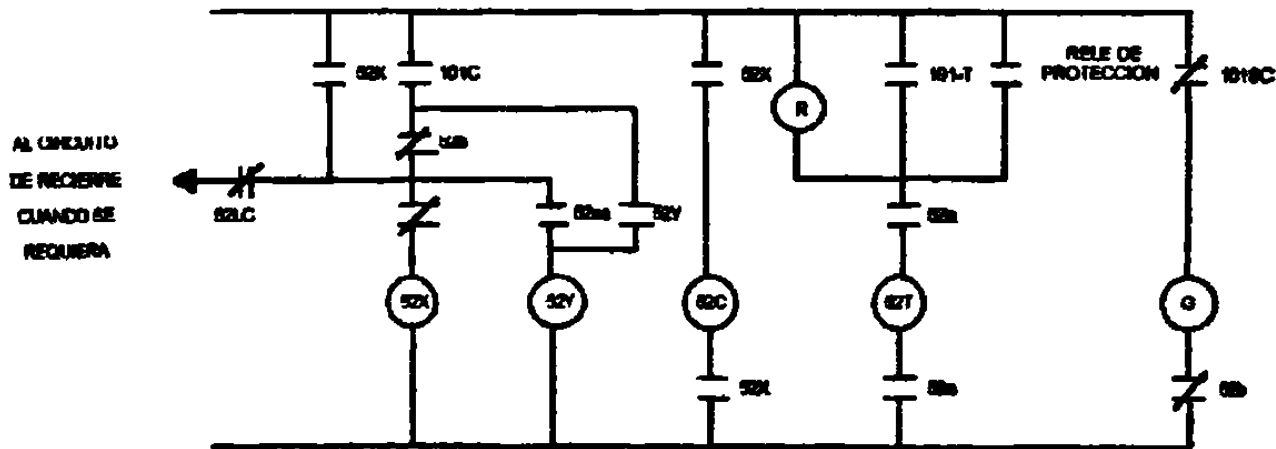


Figura 6.8.- rele de tipo de apertura de circuito.

Los circuitos completos de disparo y cierre de interruptores son mas complejos y un diagrama del circuito tipico se muestra en la figura 6.8.

En este diagrama, los circuitos de disparo deben de ser energizados de una fuente que esta disponible durante la falla, generalmente el banco de baterias, los circuitos de cierre pueden ser operados por C.A. Tales interruptores tienen circuitos de control similares al de la figura 6.9

**FIGURA 6.9 ESQUEMA DE UN CIRCUITO DE CONTROL PARA UN INTERRUPTOR.**



101 Switch de control manual, T- Disparo, C- Cierre, SC- Contacto de paso.  
 52 Interruptor, T- Disparo, C- Cierre, X- Auxiliar, Y- Auxiliar de antibombeo,  
 LC Verificador de posición del interruptor.

Excepto con los circuitos 52x, 52y, y 52 cc que son para la operación de C.A. Varios dispositivos incluyendo los reles, han sido previstos para identificación de su operación con números y algunas veces con sufijos de letras apropiadas para uso de esquemas y diagramas de alambado. Estos fueron introducidos por nema y ahora adaptados como norma estandar para sistemas de interrupcion automatica por la AIEE. Son como se presentan en seguida, haciendo mencion de solo aquellos de relevante importancia.

## **6.7. - DEFINICION, PRINCIPIOS, CARACTERISTICAS Y FUNDAMENTOS DE LA OPERACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE RELEVADORES DE PROTECCION**

### **6.7.1. - DEFINICIONES:**

**Relevador 50. - rele de sobrecorrientes instantáneo.**

Su función instantánea a un excesivo valor de corriente o a un excesivo valor de corriente o a una excesiva relación de aumento de corriente, de este modo indicando una falla en el aparato o circuito que protege.

**Relevador 51. – rele de sobrecorrientes de tiempo C.A.**

Es un dispositivo con una característica de tiempo definida o inversa que funciona cuando la corriente en un circuito excede de un valor predeterminado.

**Relevador 86. – rele de cierre forzado.**

Dispositivo operado eléctricamente que se reajusta normal o eléctricamente que funciona para suspender el funcionamiento de un equipo.

Estos son los tipos de relevadores usados en la subestacion de industria del álcali y que seguiremos estudiando.

### **6.7.2. – CLASIFICACION DE LOS RELES**

La clasificación de los Rele es tomando en cuenta sus características constructivas, las cuales pueden ser:

- a) **Reles Electromagnéticos.** Estos reles se basan en la fuerza de atracción ejercida entre pieza de material magnético. Estos reles son accionados por una señal de corriente.

- b) **Reles de inducción.** Estos Reles tienen muchas aplicaciones y su principio de funcionamiento es el mismo que los motores de inducción, los cuales utilizan el sistema de estructura electromagnética. Son accionados por una señal de corriente.
- c) **Reles electrónicos.** Estos reles funcionan por medio de diodos, Tiristores, transistores, etc. Su principal característica es que son de mayor velocidad de operación. Su funcionamiento es equivalente al de los reles electromagnéticos.
- d) **Reles térmicos:** Estos reles operan dejando fuera de servicio al equipo o maquina que protegen, y el cual ha sido sometido a sobrecargas o falla. estos efectos producen calentamiento excesivo elevando la temperatura de los devanados. Estos reles son muy usados en transformadores de media y gran potencia. Estos reles toman en cuenta la imagen termica del equipo que protege, es decir de un dispositivo cuya ley de calentamiento sea análoga a la ley del objeto protegido. Tienen tres contactos los cuales cierran a diferentes temperaturas. Uno de los tales contactos sirve para el control de abanicos otro para enviar una señal de alarma y el ultimo para enviar una señal de disparo dejando fuera el equipo que se protege.

### 6.7.3. – PRINCIPIO EN QUE SE BASAN LOS RELEVADORES

En la realidad solo hay dos principios fundamentales en los que se basan la operación de los relevadores:

- Atracción electromagnética.
- Inducción electromagnética.

Ejemplo:

Se han construido dos tipos de relevadores, el primero consiste en un vástago dentro de un solenoide, o una pieza magnética atraída por un electroimán, figura 6.10

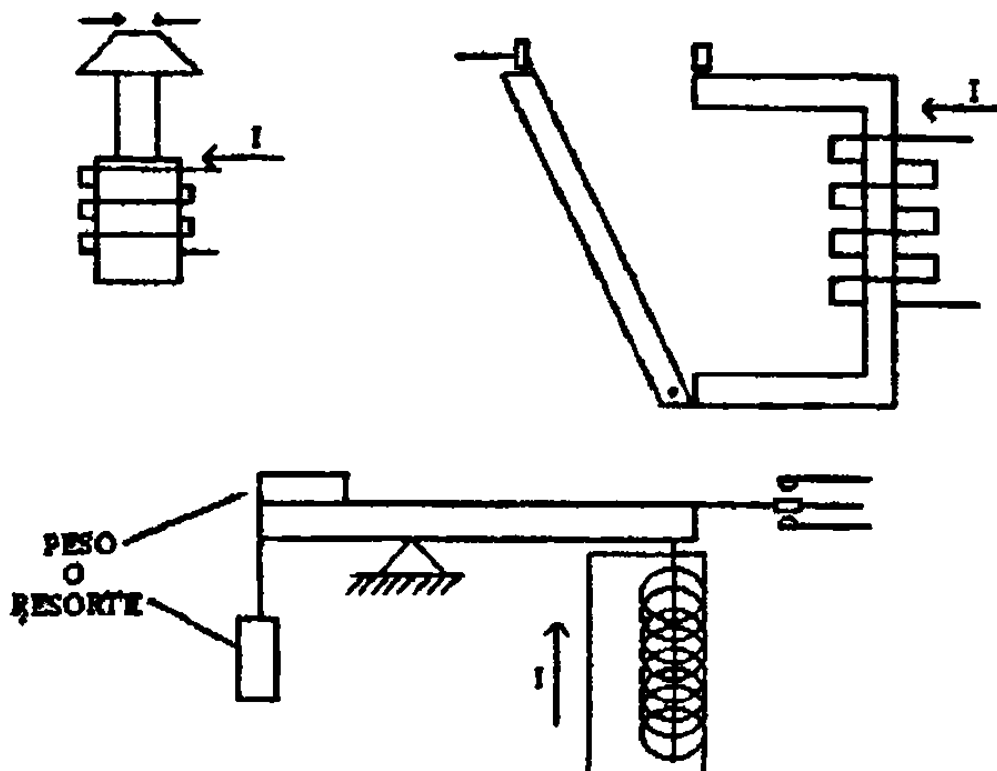


Figura 6.10.- Partes de un Relevador.

Asi mismo  $\varphi_1 = \varphi_2 \text{ seno}(wt + \theta)$  siendo  $\theta$  el angulo de fases entre los dos flujos

$\varphi_1 = \varphi_2$  Para evitarnos el considerar por lo pronto la autoinducccion de las corrientes creadas en la placa y tambien en la placa y tambien el angulode las

$$I \varphi_1 \alpha d \frac{\varphi_1}{dt} \alpha \varphi_1 \cos(wt)$$

$$I \varphi_2 \alpha d \frac{\varphi_2}{dt} \alpha \varphi_2 \cos(wt + \theta)$$

fases de estas con respecto a sus fuerzas electromotrices que por lo demas son despreciables, se puede establecer que las corrientes son proporcionales al flujo con respecto al tiempo segun las siguientes expresiones:

Como se ve en la figura las fuerzas F1 y F2 se encuentran en oposicion y la resultante sera la diferencia de ellas.

$$F = (F_2 - F_1) \alpha (\varphi_1 i \varphi_2 - \varphi_1 i \varphi_2)$$

sustituyendo los valores de  $i \varphi_1 e i \varphi_2$  de las ecuaciones anteriores tenemos

$$F = (\varphi_1 \varphi_2 \cos wt - \varphi_1 \varphi_2 \cos(wt + \theta))$$

pero a su vez sustituyendo los valores a su vez de  $\varphi_1$  y  $\varphi_2$  tenemos:

$$F \varphi_2 \text{seno}(wt + \theta) - \varphi_1 \cos wt - \varphi_1 \text{seno} wt \varphi_2 \cos(wt + \theta)$$

Sacando  $\varphi_1$  y  $\varphi_2$  Como factor comun tenemos:

$$F \alpha \varphi_1 \varphi_2 [ \text{seno}(wt + \theta) \cos wt - \text{seno} wt \cos(wt + \theta) ]$$

la expresion dentro del parentesis equivale a :

$$\text{seno}(wt + \theta - w) = \text{seno} \theta$$

la cual la reduce a:

$$F \propto \varphi_1 \varphi_2 \text{seno } \theta$$

La cual nos indica que la fuerza resultante es constante a todo momento dependiendo unicamente de los valores maximos de los flujos y el angulo de fase entre ellos.

Los relevadores del tipo de induccion aprovechan este principio produciendo dos flujos sobre un disco que se mueve actuando por la fuerza que resulta que es maxima cuando los flujos tienen un angulo de fase entre sí de 90°.

Apoyandose en este principio de induccion se han construido dos clases originales de relevadores electricos:

- Las que actuan a una sola fuente de señales.
- Los que los hacen debido a dos o más fuentes.

Un ejemplo de los primeros es el que se describe a continuacion en la figura 6.12

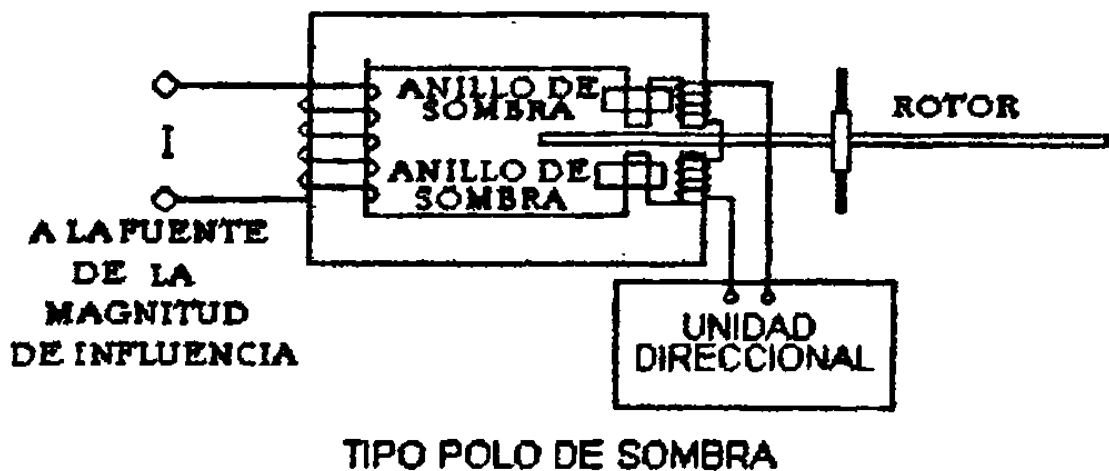


Figura 6.12 Esquema de un disco de induccion con bobina magnetica

Es un disco de induccion sobre el cual se cierra un circuito magnetico con una bobina.

El nucleo esta dividido en dos regiones: una por la que pasa el flujo resultante de la corriente de la bobina y otra donde se han devanado y puesto en corto circuito un embobinado o una sola espira que defasa una parte del flujo que atraviesa el entre hierro.de esta manera una sola fuente de señales hace actuar el disco en predeterminadas condiciones

Otro ejemplo es de un relevador de sobrecorriente con características de tiempo inverso como el siguiente:

Fig. 6.13

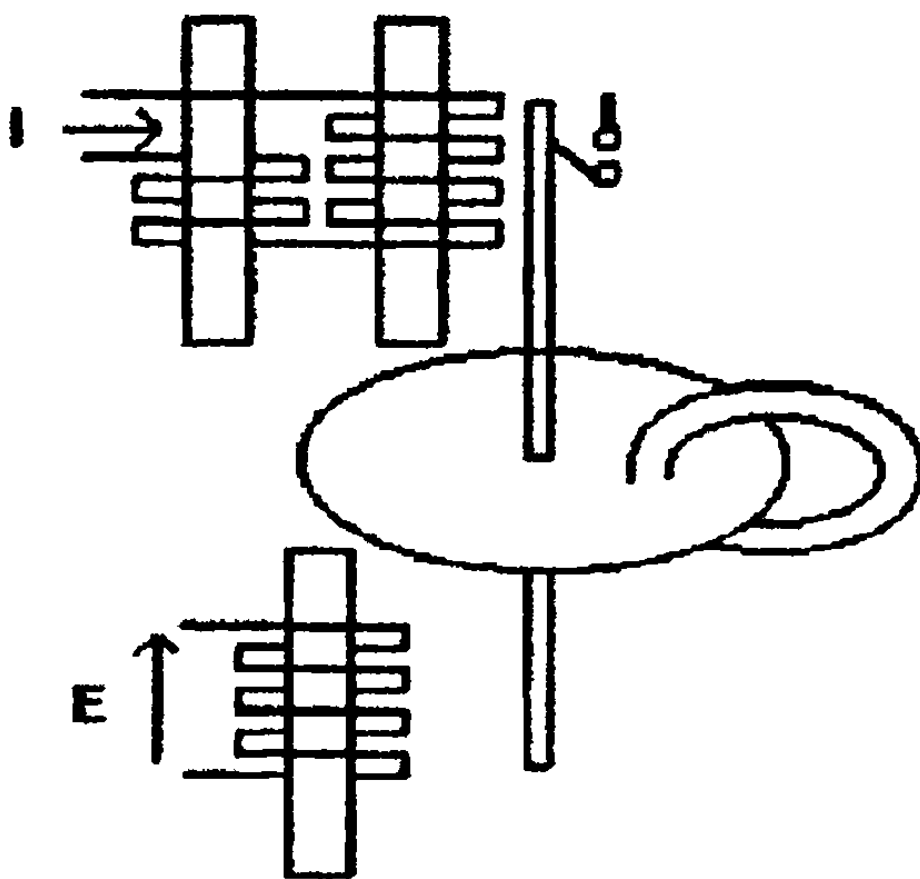


Figura 6.13.- Esquema de un relevador de sobrecorriente.



Lleva una bobina el nucleo interior que es la unica fuente de señales y esta crea otra por medio de un acoplamiento magnetico sobre las bobinas del nucleo superior que produce una fuerza actuante en el disco debido al desasimiento final de los flujos, figura 6.13

La segunda clase de los relevadores es la que pone en juego dos bobinas sobre un nucleo o sobre dos nucleos separados como por ejemplo el ya conocido como nucleo de un wathhorimetro, figura 6.14

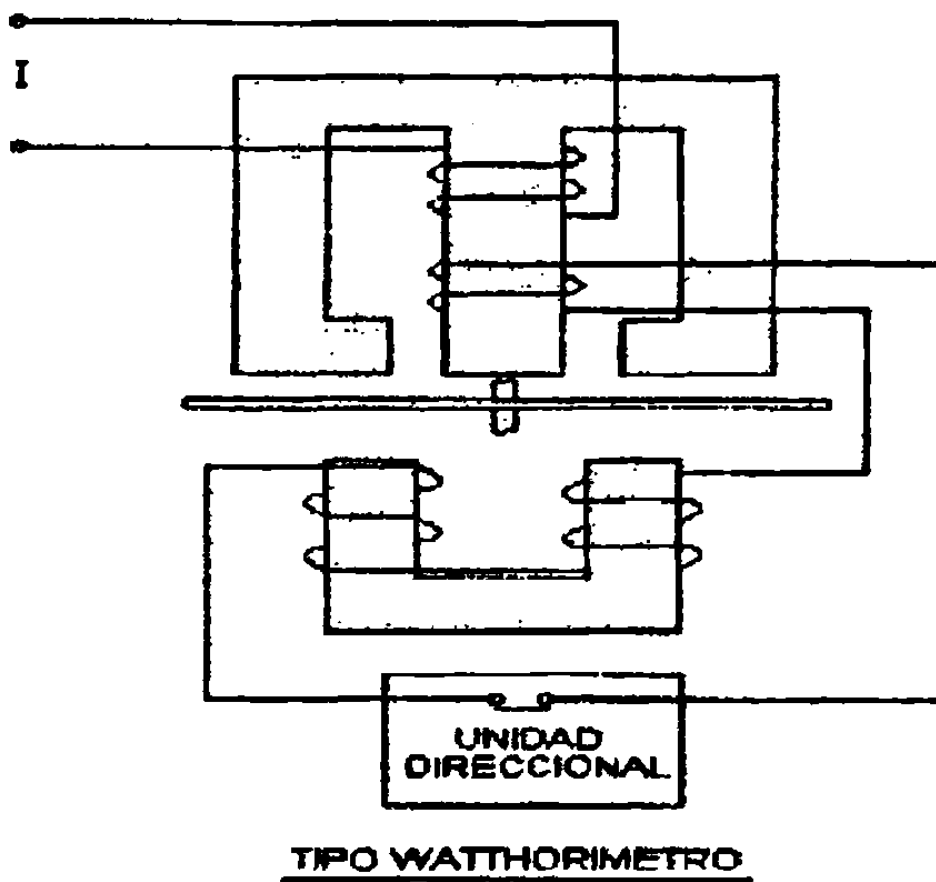


Figura 6.14 Esquema de un relevador con dos bobinas.

Sobre una bobina se puede mandar las señales de corriente producidas por un T.C. y sobre la segunda las señales de corrientes tomadas por un T.P.

De esta manera tambien con dos corrientes de fuentes distintas se hacen operar el relevador.

#### **6.7.4.- CARACTERISTICAS DE LOS RELEVADORES**

Es conveniente tener un conocimiento de las propiedades generales y particulares de los relevadores, con el fin de aprovecharlas en la solución de los problemas que presenta la protección de un sistema eléctrico.

Entre las características principales de los relevadores, se encuentra el tiempo de operación y aun más la facilidad para ajustarlo. Esta ha sido una de las principales propiedades que han contribuido al desarrollo tan amplio de la protección por relevadores, ya que se puede lograr una coordinación perfecta en tiempo de apertura de los interruptores, de tal manera que se aislan las regiones afectadas por fallas, abriéndose primero los interruptores próximos a la falla o los que convengan para la mejor operación. La sencillez de un relevador es otra característica que nos permite contar con una protección, de gran utilidad para las instalaciones donde equipo muy costoso sea defendido contra fallas que por muy ligeras que sean, afectan grandemente su buena operación.

La selectividad de los relevadores, es la propiedad que tienen de reconocer las fallas que dañen, la buena operación del sistema, puede aparecer un grupo de señales en el relevador, y este, solo debe responder a la que conviene al sistema. No debe por ejemplo, operar un relevador de sobrecorriente debido a las sobrecargas de un transformador, a menos que estas pasen de ciertos límites y que duren tiempos fuera de lo previsto. Seguridad, en su operación es una característica importantísima puesto que no puede permitirse que el relevador deje de trabajar en el momento preciso. Para esto es necesario que sean suficientemente robustos sus contactos y sus bobinas deben de ser capaces de llevar corrientes que por ellos puedan circular, y no solamente implica la buena construcción del aparato mismo y sus protecciones propias, como cajas, si no los aparatos y sistemas auxiliares o asociados a estos relevadores como por ejemplo: la alimentación de corrientes continua o directa que pueden no estar en condiciones de trabajar cuando es preciso.

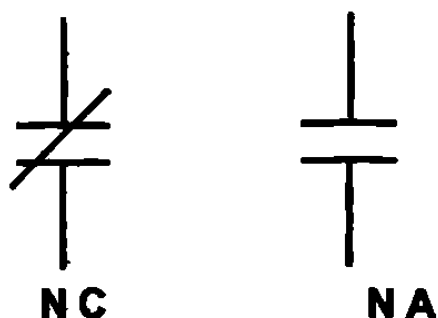
Algunos relevadores y equipo de proteccion operan muy raras veces, tanto como una vez al año y sin embargo deben estar prontos a operar en el momento que sean necesarios, en cambio, otros lo hacen tan frecuentemente que su mantenimiento debe ser constante. En la construccion de estos aparatos se debe tomar en cuenta que es necesario probarlos de tiempo en tiempo y asi por ejemplo, hemos visto aparecer cuchillas de prueba en los tableros, y modernamente peines que salen de la misma caja para facilitar las pruebas en caso necesario.

Por ultimo se puede decir que los relevadores no son para evitar fallas en el sistema sino para cuando aparezcan estas, hacer operar los relevadores o mecanismos que hagan disminuir los efectos de las fallas.

En cuanto a los contactos que se cierran o se abren en los relevadores se ha venido desarrollado un sistema que establece dos tipos: los llamados normalmente abiertos y los llamados normalmente cerrados. La razon de haberse llamado de tal forma es porque se considera que la bobina o las bobinas que actuan los contactos se encuentran en condicion normal cuando estan sin que pase por ellas una corriente suficiente para hacer operar los contactos, ya que un buen sistema de relevadores debe estar en condiciones la mayor parte del tiempo y recibir corrientes actuantes solo cuando se dese la operaci3n del sistema, volviendo a su condicion normal cuando ha terminado de cumplir su mision.

Este sistema era correcto cuando no habia mas que ciertos tipos de relevadores, pero a medida que se ha ido aprovechando los principios de electricidad no son completamente correct, ya que por ejemplo hay relevadores que en su condicion normal se encuentran equilibrados comparando las corrientes y en el momento en que el desfase entre ellas o la diferencia de magnitudes, la direccion de alguna corriente, etc., hacen operar los contactos, no siendo correcto ni claro el concepto de normalmente abiertos o normalmente cerrados.

A pesar de lo anterior sé seguirá encontrando el signo:



De los contactos normalmente cerrados y normalmente abiertos respectivamente, en los diagramas.

#### 6.7.5.- REPOSICION ( RESET.)

otra característica de los relevadores que se deriva de los contactos es la llamada "reposición" que no es otra más que el restablecimiento de las condiciones normales del relevador después de que este actuado. Esta reposición puede hacerse en dos formas, la denominada "Reposición Eléctrica" y la "Reposición Manual". La reposición Eléctrica puede considerarse automática puesto que al dejar de existir las condiciones de operación los contactos del relevador vuelven a quedar en la posición que tenían antes de la operación.

La reposición Manual es tal, que es necesaria la intervención del hombre, ya sea pisando un botón o moviendo alguna palanca después de haber dejado de existir las condiciones de operación ya que el relevador por sí solo no restablece las condiciones normales de sus contactos.

Es necesario que el operador de un sistema se de cuenta cuando un relevador ha operado, y para esto la mayoría de los relevadores están equipados con banderas de señal que aparecen cuando el relevador ha

actuado. Estas banderas son actuadas por bobinas o contactos auxiliares y cuando esto no es posible se aprovecha alguno de los contactos del relevador para cerrar un circuito independiente de un cuadro de señales aparte.

## **6.8. – DESCRIPCION GENERAL DE LA PROTECCION DE SOBRECORRIENTE**

### **6.8.1.- PROTECCION DE SOBRECORRIENTE.**

La corriente de sobrecorriente es de las mas sencillas y economica que tiene su aplicación en los alimentadores radiales, lineas de trasmision cortas, en lineas de cierta importancia como de resplado para proteger equipos de pequeñas capacidades, etc.

El relevador que se usa en esa proteccion es el llamado "Relevador de sobrecorriente" , de esta clase de relevadores hay varios tipos: Instantaneos y de tiempo de retardo o combinados. Generalmente se usan los combinados.

Sus características de tiempo permiten formar cascadas en cuanto a tiempo de apertura, asi como tomar en cuenta la magnitud de la falla de tal manera que en cuanto mas corriente haya, menos tiempo tarda en operar el relevador, característica llamada de "Tiempo Inverso".

El principio en que se basan, es la induccion aun cuando pueden contar con un elemento instantaneo que es de accion electromagnetica.

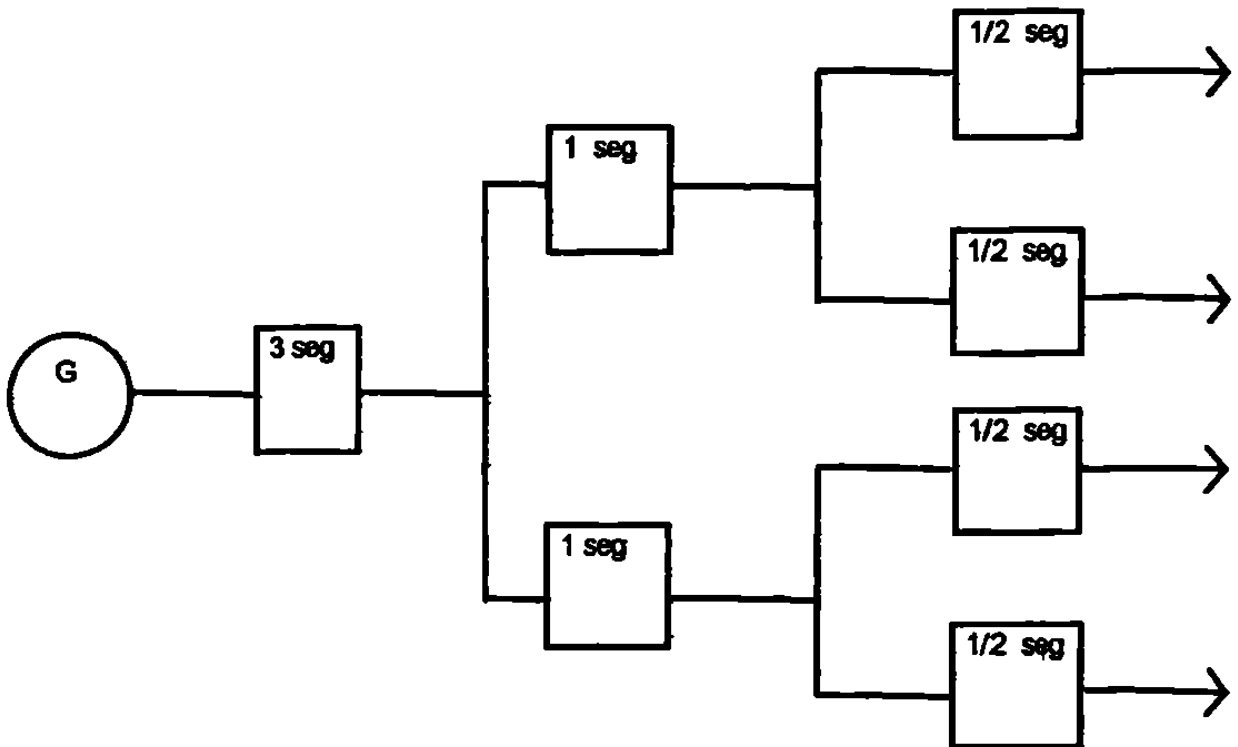
Estas características de tiempo de los relevadores se pueden comprender mediante las curvas de tiempo inverso.

Cada una de las curvas es una posición en la que puede colocar un relevador. Si por ejemplo ponemos la curva (1) el relevador trabajara de acuerdo con esta y operara en un tiempo determinado de acuerdo con la corriente que circula en su bobina.

Esta corriente esta indicada en el eje horizontal en forma indirecta, puesto que no esta marcada en amperes, sino a veces o multiples de la corriente minima de operación, es decir si nosotros deseamos que el relevador no opere en una cierta corriente "X" o que opere pero en tiempo infinito, esta sera la base que tenemos marcada en la grafica.

La característica de tiempo inverso de los relevadores de sobrecorriente que produce el elemento de induccion nos permite aplicarles a un sistema de cascadas como en la siguiente (figura 6.15)

**FIGURA 6.15 DIAGRAMA DE UN SISTEMA DE CASCADA.**



El diagrama indica que los interruptores mas lejanos de la fuente pueden operar mas rapidamente, en cambio los que se encuentran mas proximos pueden ajustarse a un tiempo mayor, todo esto sobre la base de una misma corriente, que afuera por ejemplo 5 veces la minima operación, el relevador del ultimo paso operara  $\frac{1}{2}$  segundo y el penultimo paso operara en un segundo y el primero en tres segundos.

Sobre la base de otra corriente el tiempo de operación seria distinto, pero de acuerdo con las curvas de ajuste de cada relevador, sin embargo, operaria primero los ultimos y despues los más cercanos a la fuente de energia.

Por su lado el elemento instantaneo que esta basado en el principio de induccion, sino de fuerza electromagnetica, es de ajuste muy alto, solo opera con corrientes muy altas y su accion es muy rapida.

Un ajuste mas que debe tomarse en cuenta , es el de sobrecarga, para lo cual los relevadores tienen un grupo de derivaciones en sus bobinas de operación.

Para comprender claramente el significado anterior, veremos un ejemplo:

### **Ejemplo:**

Si se tiene por donde circulan 300 amperes normales y se instala un juego de transformadores de corrientes 300/5 amperes, osea una relacion de 60:1, el ajuste del relevador debera estar de acuerdo con la sobrecarga permisible.

Si se desea que esta sea de 25,50,100% etc. Entonces tendremos la minima corriente de operación del relevador osea de la maxima corriente permisible, siendo este caso de 375 amperes, 450 o 600 amperes, lo cual reducido a baja tension de los transformadores de corriente, sera de 6.25, 7.5 o 10 amperes., respectivamente. Escogeremos entonces la derivacion mas cercana del relevador.

Los relevadores mas comunes tienen la siguientes derivaciones.

- ✓ 4,5,6,8,10,12,16
- ✓ otros con 1.5,2.0,2.5,3.0,4.0,5.0,6.0
- ✓ otros como son los que usan en sobrecorrientes de tierra tienen:
- ✓ 0.5,0.6,0.8,1.0,1.2,1.5,y 2.0



### **6.8.2.- EJEMPLO DE UN AJUSTE,**

Si por ejemplo se tiene un interruptor en un circuito en donde se desea abrir con una corriente sostenida de 450 amperes, y además se abre después de 1.9 segundos con una corriente de corto circuito de 3,750 amperes, y los transformadores de corriente tengan una relación de 60:1 se debe proceder en la forma siguiente:

El ajuste del relevador se obtiene dividiendo la corriente de 450 amperes entre la relación de transformación de 60 que da 7.5 amperes. Como no hay derivaciones de 7.5 se usa la de 8. Esta será la corriente de operación.

Para encontrar la curva de ajuste que cumpla con la siguiente condición de 3,750 amperes en 1.9 segundos, se divide 3,750 amperes entre la relación de transformación, nos da 62.5 amperes de corriente secundaria y esta corriente la dividimos entre la corriente mínima de operación que fue de 8, nos da 7.8 veces la corriente mínima.

Si aplicamos estos datos a las curvas encontramos que en 7.8 veces la corriente mínima de operación de 1.9 segundos, la curva número 6 es la que nos satisfase el problema.

## **6.9. – DIAGRAMA DE CONEXIONES DE UNA PROTECCION DE SOBRECORRIENTE Y TIERRA.**

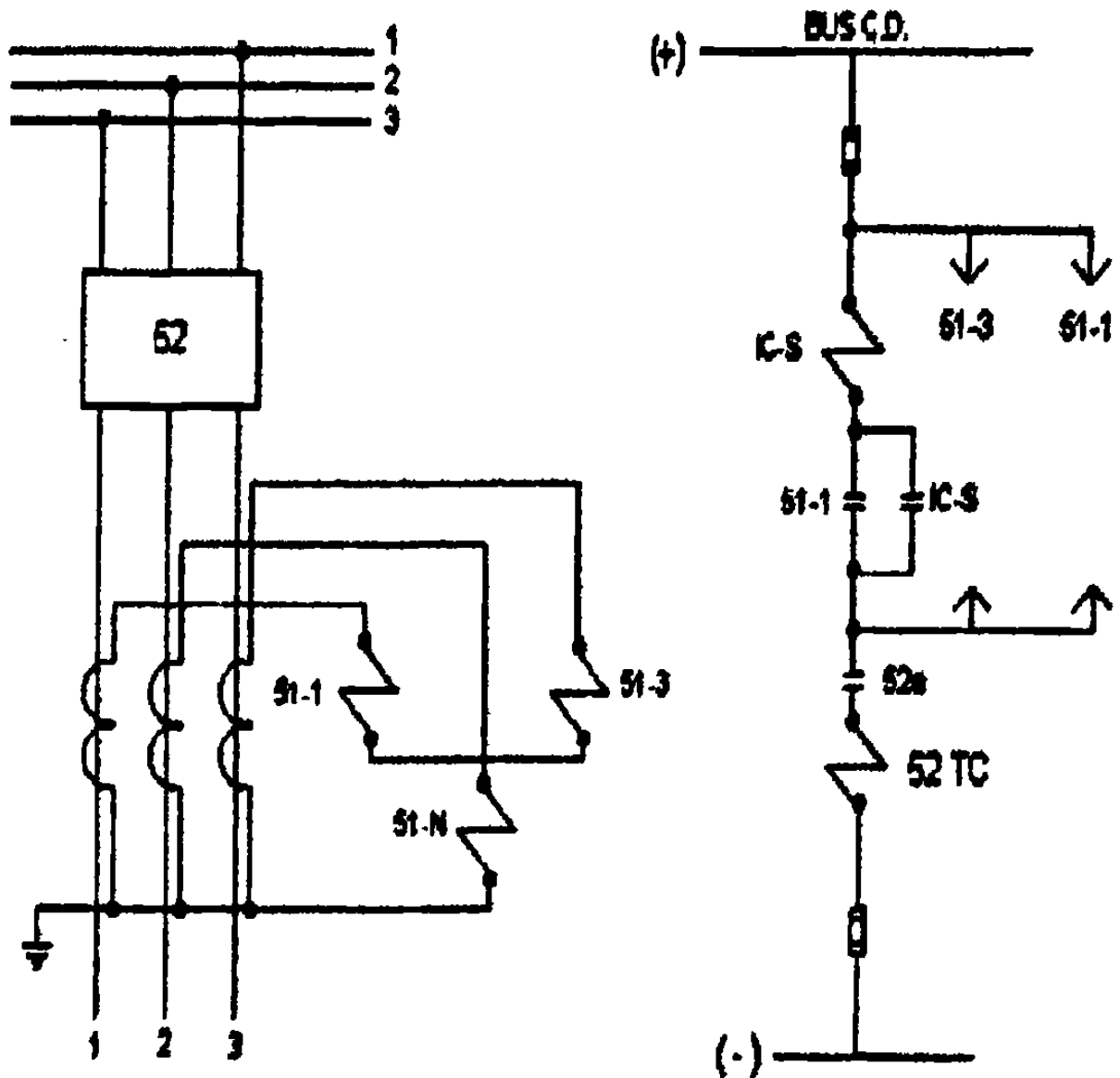
Para hacer un diagrama de este tipo con relevadores de sobrecorriente tendremos que determinar:

- En que sistemas se puede aplicar este tipo de proteccion.
- Desarrollar un diagrama elemental de conexiones que incluya los aparatos y equipo completamente desmembrados para dar la mayor claridad al diagrama.
- Conocer los diagramas internos de conexiones de los distintos relevadores y aparatos que se usen.
- Hacer un diagrama de conexiones completo de los tableros de control que se usen para este objeto.

Desde el punto de vista del que proyecta, al hacer un diagrama debe incluir ademas los aparatos tanto de medicion como de control y posiblemente alarmas y señales, por lo que un diagrama elemental debera comprender todo lo dicho antes.

Un diagrama elemental que se ha escogido para una idea, es la que a continuacion se muestra en la figura 6.16

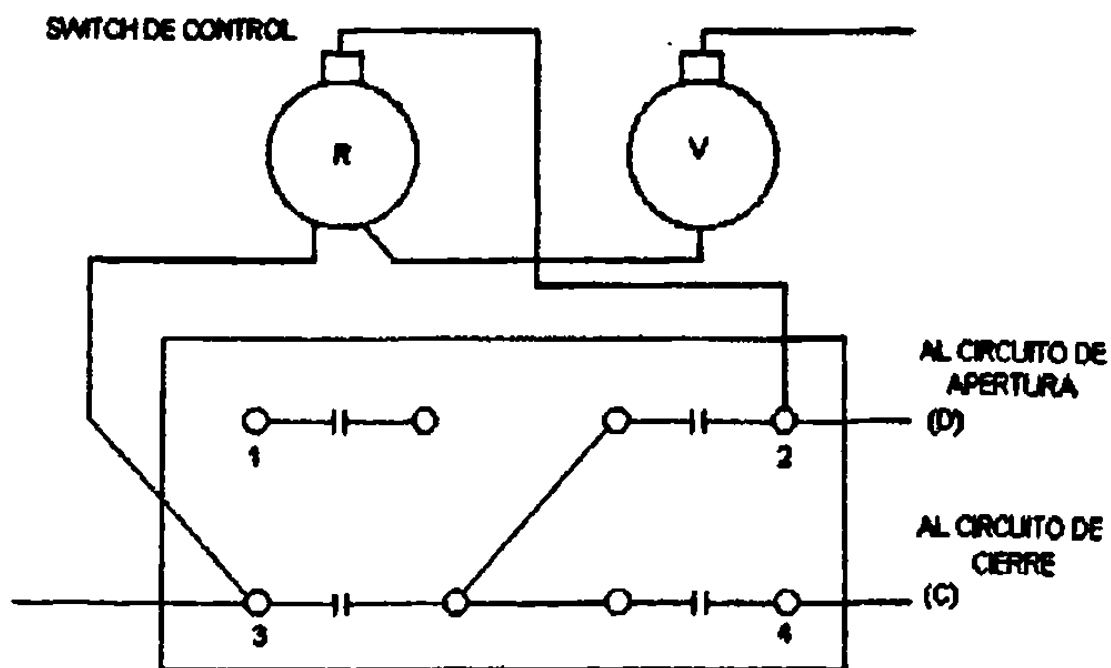
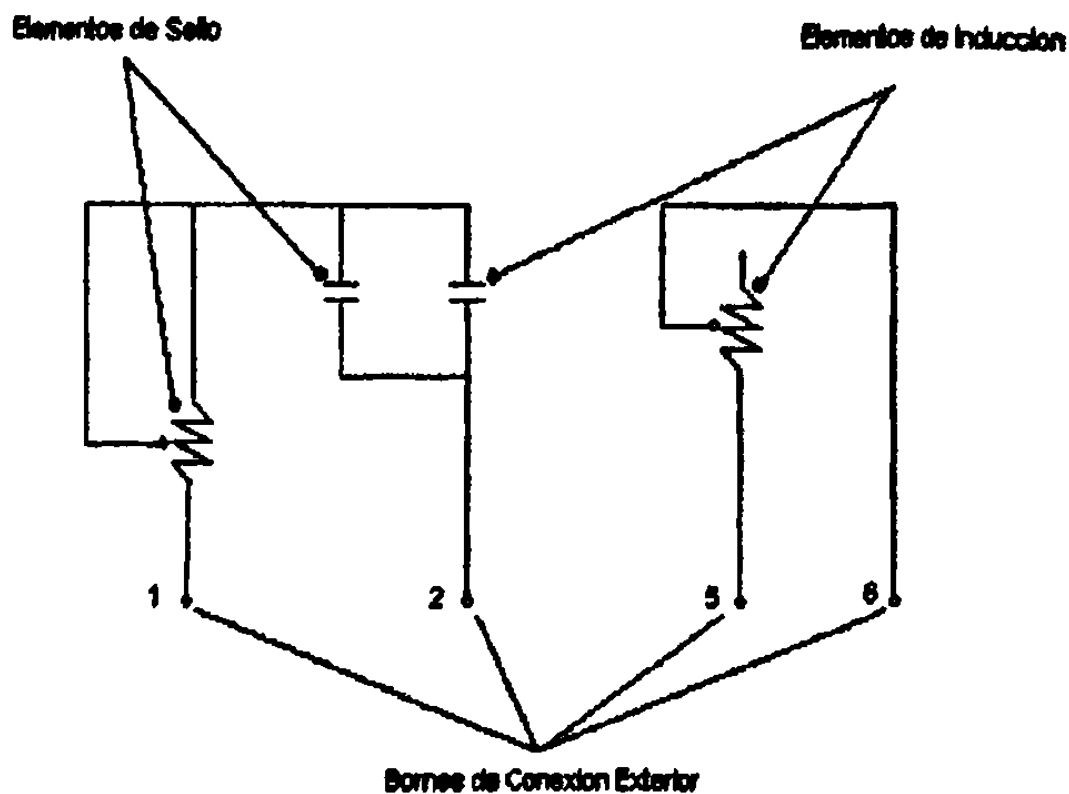
**FIGURA 6.16 DIAGRAMA DE CONEXIONES DE UNA PROTECCION DE SOBRECORRIENTE**



De la protección de un alimentador radial con relevadores de sobrecorrientes y tierra. Se incluye la medición de un amperímetro y el voltaje entre dos fases.

Como se vea en el diagrama se han dispuesto los aparatos evitando que se crucen las líneas lo menos posible. Los relevadores se marcan con una letra o grupos de letras y números en su bobina y todos los contactos que pertenecen a un mismo relevador llevarán las mismas letras y números.

**FIGURA 6.17 DIAGRAMA ELEMENTAL DEL RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE.**



**Figura 6.18 a.- switch de control.**

Los relevadores de sobre corriente vienen en varios tipos y además los producen varios fabricantes, si embargo, veremos uno de los mas sencillos fabricados por General Electric (Figura 6.17).

CONTACTO	POSICIONES		
	CIERRE	NORMAL	DISPARO
1	X		
2			X
3	X		
4	X		

SWICH DE CONTROL  
GENERAL ELECTRIC  
MODELO 165 B1

**FIGURA 6.18 b swich de control del interruptor**

Las cruces significan contactos cerrados.

Aunque hay mucos tipos de fabricantes de estos swiches de control, se muestra aquí uno para dar una idea del control de interruptores con mando remoto eléctrico de alimentación de corriente continua

Como se ve al estudiar distintas posiciones, el conmutador de fases intercala el amperímetro en alguna de las fases sin abrir el circuito, cosa que seria peligrosa si no fuera así.

FIGURA 6.18 C DIAGRAMA DE UN CONMUTADOR DE FASES

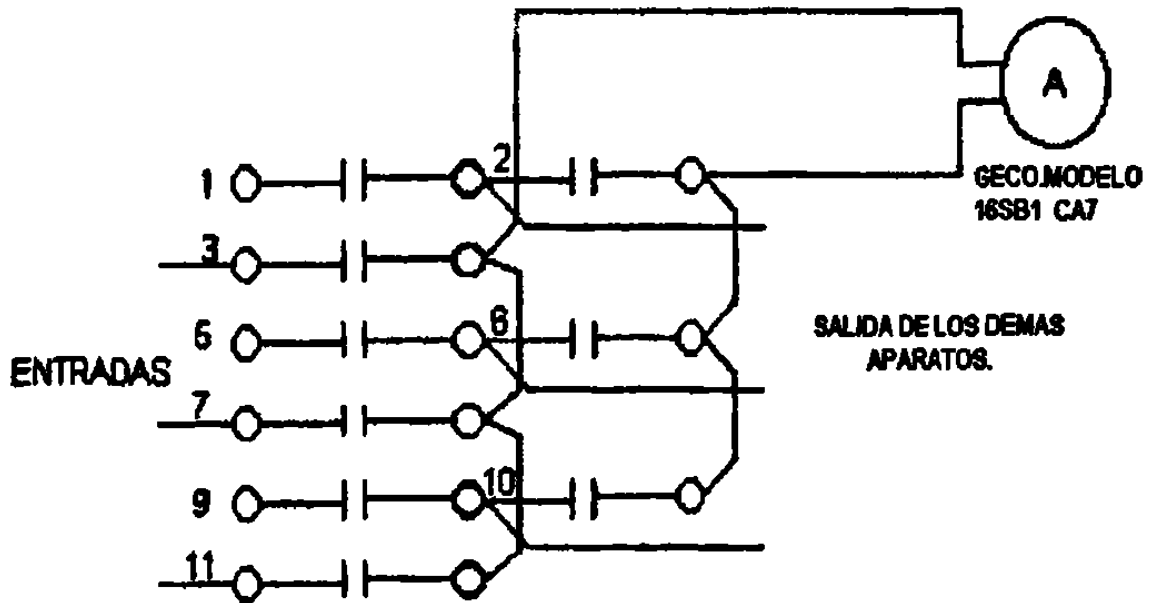
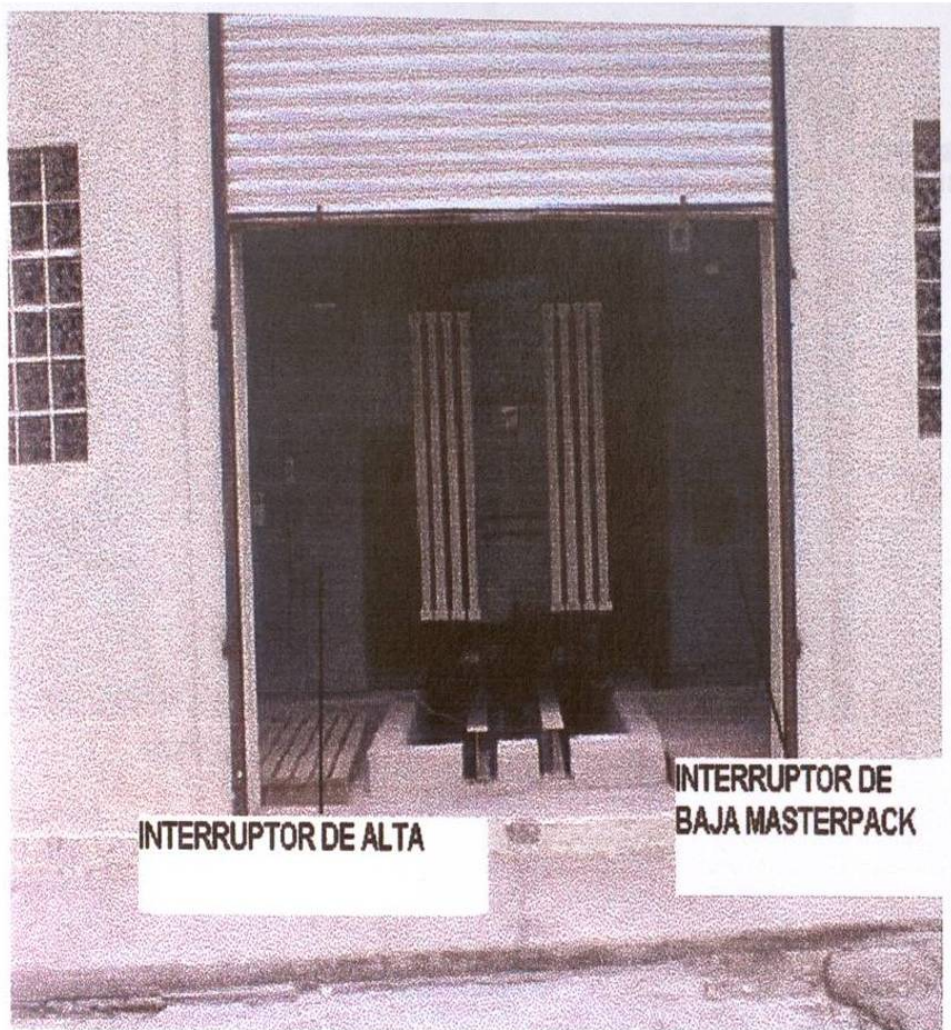


FIGURA 6.18 d POSICIÓN DE CONTACTOS DEL AMPERÍMETRO MODELO 16SB1-CA7

CONTACTOS	POSICIONES									
	3	interruptor	interruptor	interruptor	2	interruptor	interruptor	interruptor	interruptor	
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2								X	X	
3								X	X	
4										
5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
6				X	X	X				
7				X	X	X				
8										
9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
10	X	X								
11	X	X								

Como se vera todos estos datos es necesario recopilarlos de los fabricantes, a fin de utilizarlos como proyecto.

Se deberá tener también a mano las dimensiones generales y los pernos de fijación de los relevadores y aparatos para disponerlos en el tablero de control para poder formar el diagrama de conexiones, es decir, el alambrado del tablero de mando del alimentador o líneas que se desea proteger con los relevadores de sobre corriente y tierra.

**FOTOGRAFIA 6.1 SUBESTACION 2000 KVA****SUBESTACION SECUNDARIA 13.8 KV. A 480 VOLTS**

**FOTOGRAFIA 6.2 VISTA DE DOS SUBESTACIONES GEMELAS****SUBESTACION SECUNDARIA USANDO TRANSFORMADORES DE  
500 K.V.A.****CORTA CIRCUITOS USANDO  
ESLABON FUSIBLE TIPO K****INTERRUPTOR DE ALTA**



FOTOGRAFIA 6.3 PROTECCIONES ELECTROMECÁNICAS CON RELEVADORES 50/51, 51/27, 86



# **CAPITULO 7**

## **ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRICO**

### **7.1. – INTRODUCCIÓN:**

En este capítulo se realiza la coordinación de protecciones de el equipo instalado en industria del álcali S.A.de C.V. se pone en practica las tablas y graficas de los capítulos anteriores para la correcta selección de cables , fusibles , interruptores termomagneticos y electromagnéticos , se muestra la diversidad de arrancadores en varias marcas al igual su protección contra sobrecargas sostenidas, esto para ayudar al ingeniero de diseño la correcta selección de material eléctrico.

En este análisis se incluye el calculo de corto circuito por el primario del transformador y secundario esto para observar el aumento de corriente en un corto circuito y la capacidad interruptiva de selección de los interruptores termomagneticos y electromagnéticos.

Se omite el calculo de corto circuito en las líneas aéreas, y en cuanto a los relevadores electromagnéticos solo en principal se ajusto su tiempo de corto circuito siendo de 0.5 segundos

Cabe señalar el interruptor masterpack que se eligió su capacidad interruptiva es de 65ka. Y todo se pidió con cierta holgura para aumento de capacidades futuras.

TABLA 7.1 VALORES DE LOS CONDUCTOS "VIAS"

AVG O MCM	COBRE Ducto magnetico 3 conductores sencillos 60 volt y 5w blindado	5KV blindado y 15w.	Ducto magnetico 60 volts y 5w. no blindado	COBRE Ducto magnetico 3 conductores sencillos 60 volt y 5w no blindado	Ducto magnetico 60 volts 5w no blindado
12	617	-----	-----	-----	-----
10	982	-----	-----	-----	-----
8	1230	1230	1230	1230	1230
6	1940	1940	1950	1950	1950
4	3080	3040	3080	3080	3080
3	3880	3830	3880	3880	3880
2	4760	4670	4830	4830	4860
1	5880	5730	6020	6020	6100
10	7190	6930	7460	7410	7580
20	8700	8280	9080	9030	9360
30	10400	9870	11630	11100	11900
40	12300	10800	13400	13400	14000
250	13600	12500	14800	14800	15800
300	14800	13300	16700	16700	17800
350	16200	14700	18700	18600	20300
400	16600	15200	19200	19600	21100
450	17300	15900	20400	20700	22700
500	18100	16500	21500	21900	24000
600	18900	17200	22700	23300	25700
700	-----	-----	-----	-----	-----
750	20200	18300	24700	25800	28200
1000	-----	-----	-----	-----	-----

**TABLA 7.2 CORRIENTES DISPONIBLES DE CORTO CIRCUITO VARIAS CAPACIDADES DE TRANSFORMADORES.**

VOLTAJE Y FASES	KVA	AMP- PLENA CARGA	% IMPEDANCIA	AMP. CORTO CIRCUITO
120/240	25	104	1.6	10300
	37.5	156	1.6	15280
	50	209	1.7	19050
	75	313	1.6	29540
	100	417	1.6	38540
	167	695	1.8	54900
120/208 3 FASES	150	417	2	20850
	225	625	2	31250
	300	834	2	41700
	500	1388	2	69400
	750	2080	3.5	59428
	1000	2776	3.5	79310
	1500	4164	3.5	118965
	2000	5552	5	111040
	2500	6950	5	139000
277/480 3 FASES	112.5	135	1	13500
	150	181	1.2	15083
	225	271	1.2	22583
	300	361	1.2	30083
	500	601	1.3	46230
	750	902	3.5	25770
	1000	1203	3.5	34370
	1500	1804	3.5	51540
	2000	2406	5	48120
	2500	3007	5	60140

## 7.2.- CALCULOS DE SELECCIÓN DE PROTECCIONES Y CORTO CIRCUITO.

En FIGURA 7.1 SUBESTACION DURAZNO XII.

Datos del motor 350 HP, conectado a 480 volts, f.s. 1.15 f.p. 0.94% ,1800 rpm.

E instalar alumbrado 4 lámparas 250 watts y 3 contactos

- A. calcular el transformador.
- B. calcular cable del motor.
- C. arrancador.
- D. protección de sobrecarga sostenida.
- E. interruptor principal e interruptor del motor.
- F. cable de alta tensión , y fusibles de ácido bórico y eslabón fusible.
- G. falla de corto circuito.
- H. corriente inrush.

**Solucion:**

### A).- CALCULAR TRANSFORMADOR.

$$I_{motor} = \frac{(746)(HP)}{(1.73)(E)(FP)} = \frac{(746)(350)}{(1.73)(480)(0.94)} = \frac{261,100}{780,576} = 335 AMP.$$

I del transformador de alumbrado 10 kva y 35 amp. Del alumbrado.

$$335 + 35 = 370 \text{ amp.}$$

KVA DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL.

$$KVA = \frac{(I)(E)(1.73)}{1000} = \frac{(370)(480)(1.73)}{1000} = \frac{307,248}{1000} = 307 \text{ KVA}$$

SE INSTALO DE 500 KVA PARA FUTURO.

### B).- SELECCIÓN DEL CABLE DEL TRANSFORMADOR.

I del motor 335 amp.

Se instalo cable 350 MCM (tabla 2.4,2.9)

El factor de corrección a temperatura ambiente 31-35°C = 0.96

El cable calibre 350 MCM conduce (350 amp.)(0.96) = 336 amp.

**CABLE PUESTO A TIERRA.**  
**IR= (336)(1.25)= 420 AMP.**

$$IA = \frac{IR}{(FA)(FT)} = \frac{420}{(0.80)(0.91)} = 576 \text{ AMP.}$$

**FA= TABLA 2.15**  
**FT= TABLA 2.12**

**CABLE DE PUESTO A TIERRA = IA – IR = 576- 420 = 156 AMP.**

**CABLE CALIBRE # 4 AWG (TABLA 2.5); FIGURA 2.5**

**C).- SELECCIÓN DE ARRANCADORES EN DIVERSOS MODELOS Y/O MARCAS.**

1.- Arrancador magnetico squareD (TABLA 5.1); FIGURA 5.1

Tamaño # 6 catalogo SHG-2

2.- Arrancador allen bradley CATALOGO 100B400ND3 (TABLA 5.2;5.4)  
 (FIGURA 5.2)

3.-Arrancador electrónico Solcon modelo RVS-DN390 (TABLA 5.4).  
 (FIGURA 5.3); (FOTOGRAFIA 5.4,5.5).

**D).- PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS SOSTENIDAS.**

1.- Elementos B2.10 Para arrancador squareD.

2.- ALLEN BRADLEY catalogo 193A4P6.

3.- MOTOR SAVER SE CALIBRA A LA CAPACIDAD DEL MOTOR

4.- ARRANCADOR ELECTRÓNICO Solcon SE CALIBRA .

5.- MOTOR SAVER SE CALIBRA A LA CORRIENTE DESEADA. (FIGURA 5.4)

**E).- ELECCIÓN DE INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO.**

**(336)(1.25) = 420 AMP. = 500 AMP. SERVICIO PESADO 600 AMP.**

**(TABLA 4.7; 4.10).**

**MODELO MAL36500.**

**Interruptor principal 800 amp. Ver nota...modelo MAL 36800**

**F.- CALCULO DE CABLE DE ALTA TENSIÓN, Y FUSIBLE DE ACIDO BORICO Y ESLABON FUSIBLE TIPO K**

$$I = \frac{(KVA)(1000)}{(173)(E)} = \frac{(500)(1000)}{(173)(13800)} = \frac{500,000}{23874} = 20.94 \text{ AMP.}$$

**CABLE DE ALTA TENSIÓN TIPO EPR CALIBRE 1/0 (TABLA 2.7), FIGURA 2.7**

**FUSIBLE DE ACIDO BORICO 40 AMP. (TABLA 3.4), FIGURA 3.12.3.13**

**FOTOGRAFIA (3.1)**

**ESLABON FUSIBLE 20 AMP. TIPO "K" (TABLA 3.3)**

**G).- FALLA DE CORTO CIRCUITO EN EL SECUNDARIO DEL TRANSFORMADOR 480 VOLTS.**

**CALCULO DE CORRIENTES DE POTENCIA DURAZNO #12**

Potencia = 500 KVA

MVA C.C. TRIF.=107.08 MVA.

MVA BASE = 100 MVA

%Z=4%

VOLTS NOMINAL 480/277 VOLTS.

$$X_S = \frac{MVABASE}{MVACCTRIF.} = \frac{100}{43.17} = 2.316$$

$$X_T = Z \left( \frac{MVABASE}{MVATRANSF.} \right) Y/O \frac{\%Z}{MVATRANSF.}$$

$$X_T = \frac{4}{0.50} = 8$$

$$X_S + X_T = 2.316 + 8.0 = 10.316$$

$$2X_S + 3X_T = (2)(2.316) + (3)(8.0) = 4.632 + 24 = 28.632$$

$$MVACCTRIF. = \frac{MVABASE}{X_S + X_T} = \frac{100}{10.316} = 9.69 \text{ MVA}$$

$$MVACCMONOF. = \frac{300}{2X_S + 3X_T} = \frac{300}{28.632} = 10.477 \text{ MVA}$$

$$ICCTRIF.480VOLTS. = 11,660 \text{ AMP.}$$

$$ICCMONOF.480VOLTS = 12,603 \text{ AMP.}$$

El termomagnetico principal se eligio de 800 amp. Por un futuro ya sea de instalar otro motor para bombear cisterna de 20 hp...



**H.- CORRIENTE INRUSH**

$$IPC = \frac{KVA}{(1.73)(3)(0.480)} = \frac{500}{2.4912} = 200.76 AMP.$$

LA CAPACIDAD DE SOBRECARGA SE CALCULA

COMO:  $FS = (FE)(FT)$

DONDE: FE= FACTOR ENFRIAMIENTO.

FT= FACTOR DE TEMPERATURA.

$$\left. \begin{array}{l} FE = 1 \\ FT = 1.12 \\ FT = 1.12 \end{array} \right\} \text{VER TABLA 3.10}$$

LA CATEGORÍA DEL TRANSFORMADOR.

ES DE CATEGORÍA II 500 KVA TRIFÁSICO.

CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR DELTA-ESTRELLA.

F.A.= 0.58 TABLA 3.9

$$I_1 = \frac{(IPC)(FA)}{ZT} = \frac{(200.706)(0.58)}{0.04} = \frac{116.409}{0.04} = 2910.2 AMP.$$

T1= 2 SEG.

$$I_2 = \frac{(IP)(FA)(0.7)}{ZT} = \frac{(200.706)(0.58)(0.7)}{0.04} = \frac{81.486}{0.04} = 2037.16 AMP.$$

$$I_3 = I_2$$

$$I_4 = (5)(IPC)(FA) = (5)(200.706)(0.58) = 582.04 AMP.$$

I1= 2910 AMP.

T1 = 2 SEG.

I2= 2037.16 AMP.

T2 = 4.08 SEG.

I3= 2037.16 AMP.

T3 = 6.37 SEG.

I4= 582.04 AMP.

T4 = 50 SEG.

**CALCULO DE CORRIENTE MAGNETIZANTE**

$$I \text{ INRUSH} = (IPC)(F \text{ INRUSH})$$

$$F \text{ INRUSH} = \text{FACTOR (TABLA 3.11)}$$

$$F \text{ INRUSH} = 8.0$$

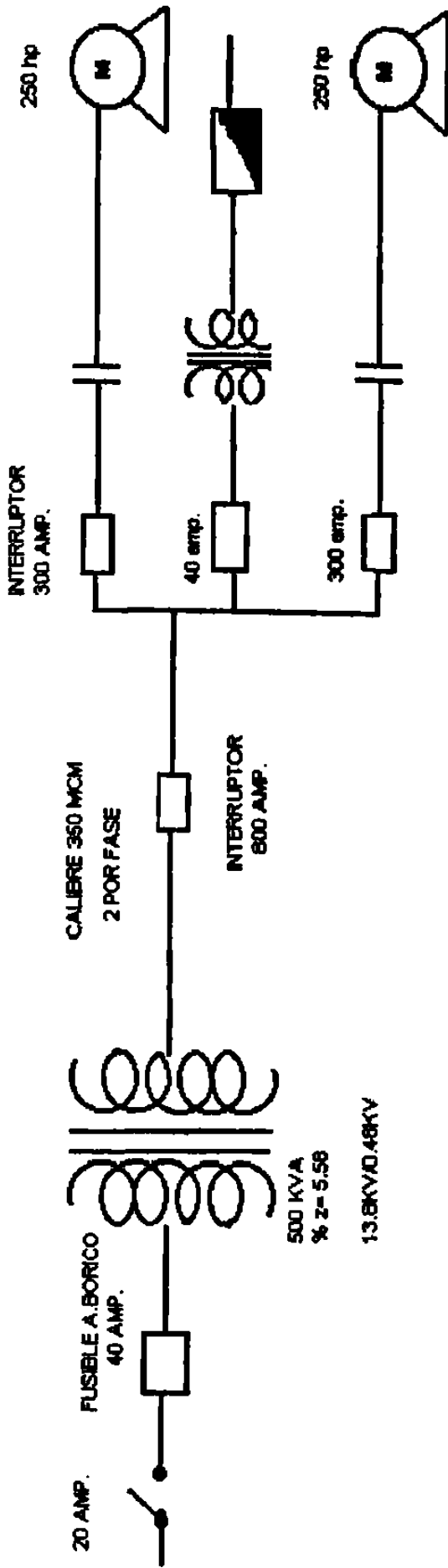
$$I \text{ INRUSH} = (200.706)(8) = 1605.64 \text{ AMP. PARA } T = 0.1 \text{ SEG.}$$

$$I \text{ NEC PRIMARIO.} = (3)(IPC) = (3)(200.706) = 602.11 \text{ AMP. CON } T = 1000 \text{ SEG.}$$

**NOTAS :** El calculo del transformador de alumbrado se omite basándose en la experiencia y que los contactos no funcionan todo el dia con carga al igual el alumbrado.

El termomagnetico principal sé eligió de 800 amp. Por un futuro ya sea de instalar otro motor para bombear cisterna de 20 hp...

FIGURA 7.2 SUBESTACION; ESTACION #2



**CALCULO #2****ESTACION DE BOMBEO #3**

REALIZAR EL ESTUDIO QUE TRANSFORMADOR DE POTENCIA ELEGIR PARA UNA CARGA DE 2 MOTORES DE 250 HP QUE SIEMPRE ESTEN FUNCIONANDO Y UNO SE QUEDA DE STOCK, ADEMÁS TOMAR EN CUENTA 30 AMP. PARA CONTACTOS Y ALUMBRADO, Y UN F.P. DE 0.94%

- A. Estudio del transformador.
- B. Selección de cable para cada motor, y el cable principal,
- C. Selección de interruptor para cada motor, y el principal.
- D. Selección de arrancador magnético.
- E. Selección de protección contra sobrecargas sostenidas.
- F. Selección de cable de alta tensión y fusibles tanto de ácido bórico como eslabón fusible.
- G. Estudio de corto circuito.
- H. Corriente magnetizante.

**SOLUCION:****A.- ESTUDIO DE CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA.**

HP TOTALES TRABAJANDO 500 + 30 AMP. DE ALUMBRADO

$$I_1 = \frac{(HP)(746)}{(1.73)(E)(FP)} = \frac{(500)(746)}{(1.73)(480)(0.94)} = \frac{373,000}{780.576} = 477.85 \text{ AMP.}$$

$$I_1 + I_2 = 477.85 + 30 = 507.85 \text{ AMP.}$$

$$KVA = \frac{(I)(E)(1.73)}{1000} = \frac{(507.85)(480)(1.73)}{1000} = \frac{421,718.64}{1000} = 421.7 \text{ KVA}$$

SE ELIGIO TRANSFORMADOR 500 KVA.

13.8KV/0.480KV, Z=5.58% , 65/85°C , TIPO DE ENFRIAMIENTO OA

**B.- CALCULO PARA CABLE DE MOTOR Y CABLE ALIMENTADOR.**

LA I DEL MOTOR ES DE 239 AMPERES.

DE LA TABLA 2.9 EL CABLE CALIBRE 4/0 TIENE LA CAPACIDAD DE CONDUCIR 260 AMP. EN TIPO DE CABLE RHW, THHW A 90°C

SE MULTIPLICA POR FACTOR DE CORRECCION A 31-35°C

$$(260)(0.96) = 250 \text{ AMP. FIGURA 2.2,2.4}$$

**CABLE PUESTO A TIERRA:**

$$IR = (1.25)(239) = 299 \text{ AMP.}$$

$$IA = \frac{IR}{(FA)(FT)} = \frac{298}{(0.80)(0.91)} = 410.16 \text{ AMP.}$$

$$FT = \text{TABLA 2.12} \quad FA = \text{TABLA 2.15}$$

$$IA - IR = 410.16 - 298.6 = 115 \text{ AMP.}$$

EL CABLE DE TIERRA ES QUE RESISTA 115 AMP. CALIBRE #6

TABLA 2.5 , FIGURA 2.5

PARA EL CABLE PRINCIPAL

$$(239)(2) = 478 \text{ AMPERES.}$$

EL CALIBRE 700 MCM TIENE LA CAPACIDAD DE CONDUCIR 535 AMPERES.

AL MULTIPLICARLO POR EL FC=0.96

$$(535)(0.96) = 513.6 \text{ AMPERES}$$

O BIEN SE PUEDEN INSTALAR 2 CABLES POR FASE DE 350 MCM

PARA EL CABLE DE TIERRA

$$IR = (1.25)(478) = 597.5 \text{ AMP.}$$

$$IA = \frac{IR}{(FA)(FT)} = \frac{597.5}{(0.80)(0.91)} = 820.7 \text{ AMP.}$$

$$IA - IR = 820.7 - 477.8 = 343 \text{ AMP.}$$

CALIBRE DE LA TIERRA 2/0 (TABLA 2.5 FIGURA 2.5)

**C.- SELECCION DE INTERRUPTOR DE CADA MOTOR**

$$I = (239)(1.25) = 300 \text{ AMP.}$$

CATALOGO LAL36300 O SERVICIO PESADO LAL 36400 (TABLA 4.6,4.10)

$$(298)(1.25) + 298 = 671 \text{ AMP.},$$

$$671 \text{ AMP.} + 30 = 701 \text{ AMP.}$$

EL TERMOMAGNETICO PRINCIPAL A INSTALARSE CATALOGO MAL36800

TABLA 4.7, TABLA 4.10

**D.-SELECCIÓN PARA ARRANCADORES MAGNETICOS.**

1.- ARRANCADOR MAGNETICO SQUARED (TABLA 5.1, FIGURA 5.1)

CATALOGO SHA-2 NEMA 12 A PRUEBA DE POLVO.

2.- CATALOGO ALLEN BRADLEY (FIGURA 5.3, TABLA 5.2,5.3)

CATALOGO 100B300ND3

3.- ARRANCADOR ELECTRÓNICO (FIGURA 5.3, TABLA 5.4)

FOTOGRAFIA (5.4,5.5)

CATALOGO RVS-DV310

**E.- PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS SOSTENIDAS.**

1.- ELEMENTOS TERMICOS SQUARED B2.65 RANGO 284-310 AMP.

(TABLA 5.5)

2.- PROTECCIÓN ALLEN BRADLEY CATALOGO 193A4N6

(TABLA 5.7, 5.8)

3.- MOTOR SAVER (FIGURA 5.4) RANGO DE AJUSTE 310 AMP.

4.- EL ARRANCADOR ELECTRÓNICO SOLCON SE CALIBRA A LA CORRIENTE DESEADA.

**F).- CABLE DE ALTA TENSIÓN Y FUSIBLES.**

$$I = \frac{(KVA)(1000)}{(1.73)(13800)} = \frac{(500)(1000)}{23874} = 20.94 \text{ AMP.}$$

CABLE TIPO EPR CALIBRE 1/0 (TABLA 2.7; FIGUA 2.7)

FUSIBLE ACIDO BORICO 40 AMP. (TABLA 3.4); (FIGUARA 3.12;3.13)

FUSIBLE ESLABON 20 AMP. TIPO K (TABLA 3.3).

**G.- ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO EN EL SECUNDARIO DEL TRANSFORMADOR 480 VOLTS.**

**CALCULO DE CORRIENTES DE POTENCIA ESTACION # 3.**

**MVAC.C.TRIF.= 25.28**

**MVABASE = 100 MVA**

**KVA INSTALADOS = 500KVA**

**%Z = 5.58**

**VOLTS NOMINAL = 480/277 VOLTS.**

$$X_S = \frac{MVABASE}{MVACCTRIF.} = \frac{100}{25.28} = 3.955$$

$$X_T = Z \left( \frac{MVABASE}{MVATRANSF.} \right) Y/O \frac{\%Z}{MVATRANSF.}$$

$$X_T = \frac{5.58}{0.50} = 11.16$$

$$X_S + X_T = 3.955 + 11.16 = 15.115$$

$$2X_S + 3X_T = (2)(3.955) + (3)(11.16) = 7.91 + 33.48 = 41.39$$

$$MVACCTRIF. = \frac{MVABASE}{X_S + X_T} = \frac{100}{15.115} = 6.615 MVA$$

$$MVACCMONOF. = \frac{300}{2X_S + 3X_T} = \frac{300}{41.39} = 7.248 MVA$$

$$ICCTRIF.480VOLTS. = 7,957 AMP.$$

$$ICCMONOF.480VOLTS = 8,718 AMP.$$



**CORRIENTE INRUSH**

$$I_{PC} = \frac{KVA}{(1.73)(3)(0.480)} = \frac{500}{2.4912} = 200.76 AMP.$$

LA CAPACIDAD DE SOBRECARGA SE CALCULA

COMO:  $FS = (FE)(FT)$

DONDE: FE= FACTOR ENFRIAMIENTO.

FT= FACTOR DE TEMPERATURA.

$$\left. \begin{array}{l} FE = 1 \\ FT = 1.12 \\ FT = 1.12 \end{array} \right\} \text{VER TABLA 3.10}$$

LA CATEGORÍA DEL TRANSFORMADOR.

ES DE CATEGORÍA II 500 KVA TRIFÁSICO.

CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR DELTA-ESTRELLA.

F.A.= 0.58 TABLA 3.9

$$I_{I1} = \frac{(IPC)(FA)}{ZT} = \frac{(200.706)(0.58)}{0.04} = \frac{116.409}{0.04} = 2910.2 AMP.$$

T1= 2 SEG.

$$I_2 = \frac{(IP)(FA)(0.7)}{ZT} = \frac{(200.706)(0.58)(0.7)}{0.04} = \frac{81.486}{0.04} = 2037.16 AMP.$$

$$I_3 = I_2$$

$$I_4 = (5)(IPC)(FA) = (5)(200.706)(0.58) = 582.04 AMP.$$

**I1= 2910 AMP.**

**T1 = 2 SEG.**

**I2= 2037.16 AMP.**

**T2 = 4.08 SEG.**

**I3= 2037.16 AMP.**

**T3 = 6.37 SEG.**

**I4= 582.04 AMP.**

**T4 = 50 SEG.**

### **CALCULO DE CORRIENTE MAGNETIZANTE**

**I INRUSH = (IPC)(F INRUSH)**

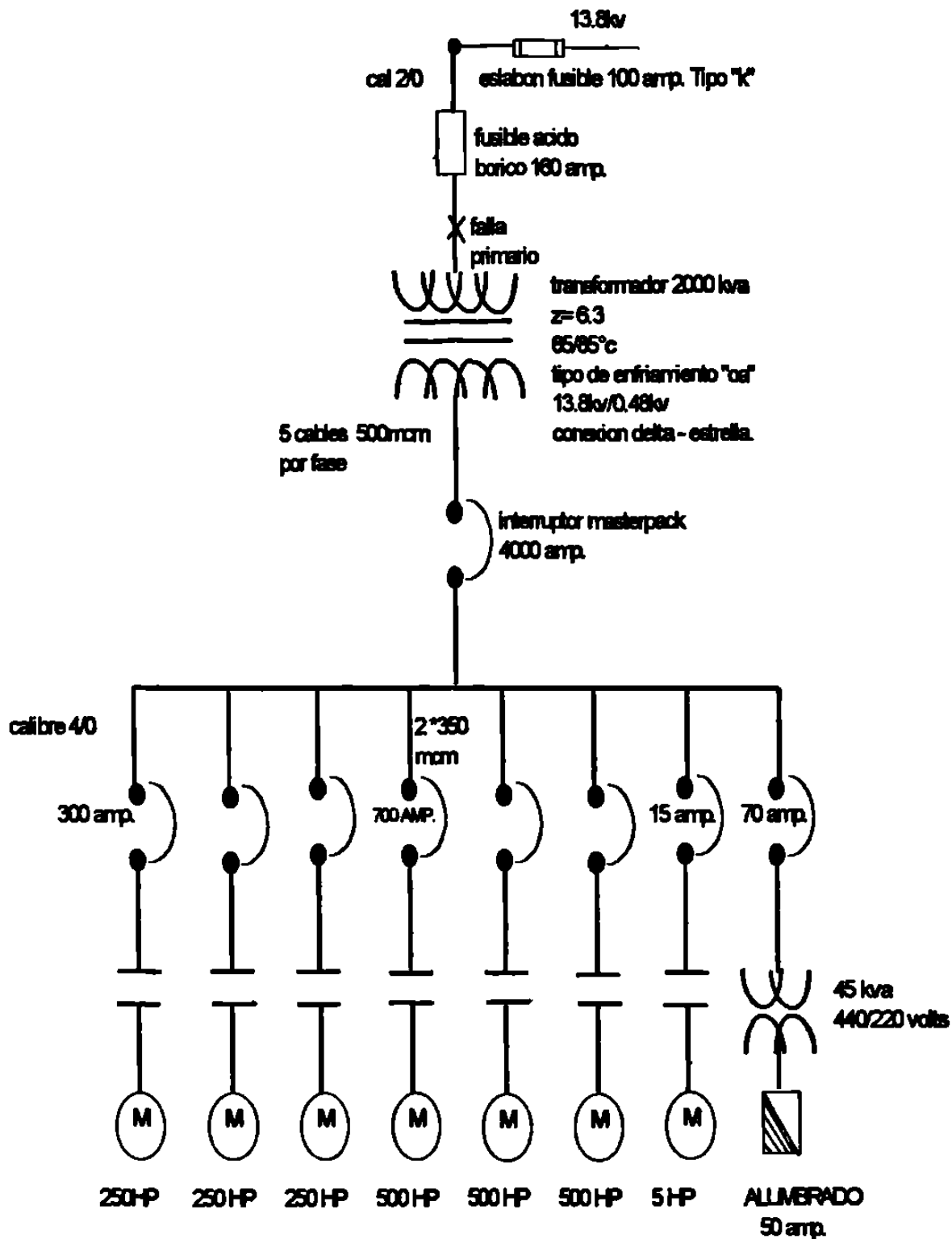
**F INRUSH = FACTOR (TABLA 3.11)**

**F INRUSH = 8.0**

**I INRUSH = (200.706)(8)= 1605.64 AMP. PARA T = 0.1 SEG.**

**I NEC PRIMARIO. = (3)(IPC)= (3)(200.706) = 602.11 AMP. CON T = 1000 SEG.**

### CALCULO #3 SUBESTACION POTERO FIGURA 7.3



REALIZAR EL ESTUDIO QUE TRANSFORMADOR DE POTENCIA ELEGIR PARA UNA CARGA DE 3 MOTORES DE 250 HP QUE SIEMPRE ESTEN FUNCIONANDO, ADEMÁS 2 MOTORES DE 500 HP, FUNCIONANDO Y UNO DE STOCK. TOMAR EN CUENTA 50 AMP. PARA CONTACTOS Y ALUMBRADO, Y UN F.P. DE 0.94%

- A. Estudio del transformador.
- B. Selección de cable para cada motor, y el cable principal,
- C. Selección de interruptor para cada motor, y el principal.
- D. Selección de arrancador magnético.
- E. Selección de protección contra sobrecargas sostenidas.
- F. Selección de cable de alta tensión y fusibles tanto de ácido bórico como eslabón fusible.
- G. Estudio de corto circuito.

#### A.- ESTUDIO DEL TRANSFORMADOR.

HP TOTALES = 1755

$$I = \frac{(HP)(746)}{(173)(E)(FP)} = \frac{(1755)(746)}{(173)(480)(0.94)} = \frac{1309230}{780.576} = 16772.AMP.$$

$$I1 + IALUMBRADO = 16772 + 50 = 17272.AMP.$$

$$KVA = \frac{(I)(E)(173)}{1000} = \frac{(17272)(480)(173)}{1000} = \frac{1434266.8}{1000} = 1435KVA$$

SE INSTALO UN TRANSFORMADOR DE 2000 KVA ,13.8/0.48KV

Z= 6.3% , 65/85°C ,TIPO DE ENFRIAMIENTO "OA".

**B.- SELECCIÓN PARA CABLE DE CADA MOTOR Y PRINCIPAL  
PARA LOS MOTORES DE 250 HP.**

$$I = \frac{(HP)(746)}{(1.73)(E)(FP)} = \frac{(250)(746)}{(1.73)(480)(0.94)} = \frac{186500}{780.576} = 239 \text{ AMP.}$$

DE LA TABLA 2.9 EL CABLE CALIBRE 4/0 TIENE LA CAPACIDAD DE CONducir 260 AMP. EN TIPO DE CABLE RHW, THHW A 90°C SE MULTIPLICA POR FACTOR DE CORRECCION A 31-35°C (260)(0.96)= 250 AMP. FIGURA 2.2,2.4

**CABLE PUESTO A TIERRA:**

$$IR = (1.25)(239) = 299 \text{ AMP.}$$

$$IA = \frac{IR}{(FA)(FT)} = \frac{298}{(0.80)(0.91)} = 410.16 \text{ AMP.}$$

FA = TABLA 2.15

FT = TABLA 2.12

$$IA - IR = 410.16 - 298.6 = 115 \text{ AMP.}$$

EL CABLE DE TIERRA ES QUE RESISTA 115 AMP. CALIBRE #6  
TABLA 2.5 , FIGURA 2.5

PARA LOS MOTORES DE 500 HP.

$$I = \frac{(HP)(746)}{(1.73)(E)(FP)} = \frac{(500)(746)}{(1.73)(480)(0.94)} = \frac{373000}{780.576} = 478 \text{ AMP.}$$

EL CABLE SELECCIONADO ES 750 MCM O BIEN 2 CABLES POR FASE 350 MCM ESTE CABLE TIENE LA CAPACIDAD DE RESISTIR 513.6 AMP.

EL TIPO DE CABLE ES RHW, THHW A UNA TEMP. AMBIENTE DE 31-35°C  
VER TABLA 2.9 (535)(0.96)=513.6 AMP.

0.96 FACTOR DE CORRECCION.

**CABLE DE TIERRA:**

$$IR = (IMOTOR)(1.25) = (478)(1.25) = 597.5 \text{ AMP.}$$

$$IA = \frac{IR}{(FA)(FT)} = \frac{597.5}{(0.80)(0.91)} = 820.74 \text{ AMP.}$$

$$IA - IR = 820.74 - 597.5 = 223 \text{ AMP.}$$

EN LA TABLA 2.15, 2.12 VIENE EL FA, FT.

EN TABLA 2.5, FIGURA 2.5 CALIBRE 1 PARA LA TIERRA.

PARA EL CABLE PRINCIPAL DE ALIMENTACION.

MOTORES DE 250 HP SON 3 = (239)(3)=717AMP.

MOTORES DE 500 HP SON 2 = (478)(2)=956 AMP.

ALUMBRADO 50 AMP.

MOTOR DE 5 HP VER (TABLA 5.9), (TABLA 4.10) = 6.94 AMP.

CABLE PARA MOTOR DE 5 HP CAL #14 AWG VER (TABLA 5.9)

TOTAL DE CORRIENTE = 717+956+50+6.94 = 1730 AMP.

EL CABLE 500 MCM TIENE LA CAPACIDAD DE CONDUCIR 430 AMPERES

EL FACTOR DE CORRECCION ES DE 0.96 YA QUE ESTA TOMADO A UNA TEMP. 31-35°C VER (TABLA 2.9)

(430)(0.96)= 412.8 AMP. MULTILICANDOLO POR 5 CABLES =2064 AMP.

TODO ESTO VA SOBRE CHAROLA. Y CLIMATISADO EL C.C.M.

**PARA EL CABLE DE TIERRA**

$$IR = (ITOTAL)(1.25) = (1730)(1.25) = 2162.5 \text{ AMP.}$$

$$IA = \frac{IR}{(FA)(FT)} = \frac{2162.5}{(0.80)(0.91)} = 2970.5 \text{ AMP.}$$

$$IA - IR = 2970.5 - 2162.5 = 808 \text{ AMP.}$$

SE INSTALO CABLE CALIBRE 500 MCM DESNUDO VER (TABLA 2.5, FIGURA 2.5).

**C.- SELECCIÓN DE INTERRUPTOR DE CADA MOTOR Y EL PRINCIPAL PARA MOTORES DE 250 H.P.**

$$I = (239)(1.25) = 300 \text{ AMP.}$$

**CATALOGO LAL36300 SERVICIO PESADO LAL36400**

(TABLA 4.6,4.10)

**PARA MOTORES DE 500 H.P.**

$(478)(1.25) = 597 \text{ AMP.}$  SE INSTALO UN INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO CATALOGO MAL36700 SERVICIO PESADO MAL 36800 VER (TABLA 4.7,4.10).

**INTERRUPTOR PRINCIPAL :**

$$(478)(1.25) = 597.5 + 478 + 298 + 298 + 298 = 1,969.5 \text{ AMP.}$$

SE INSTALO UN MASTERPACK DE 4000 AMPERES PARA INSTALACIONES FUTURAS CON CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE 65 K.A.

**D.- SELECCIÓN DE ARRANCADORES :**

PARA MOTORES DE 250 H.P.

1.- ARRANCADOR MAGNETICO SQUARED (TABLA 5.1, FIGURA 5.1) CATALOGO SHA-2NEMA 12 A PRUEBA DE POLVO.

2.- CATALOGO ALLEN BRADLEY (FIGURA 5.3, TABLA 5.2,5.3 )

CATALOGO 100B300ND3.

3.- ARRANCADOR ELECTRÓNICO (FIGURA 5.3, TABLA 5.4)

FOTOGRAFIA (5.4,5.5). CATALOGO RVS-DV310

PARA MOTORES DE 500 H.P.

1.- ARRANCADOR MAGNETICO SQUARED TAMAÑO 7 CATALOGO JA-1 (TABLA 5.1) NEMA 12

2.-ARRANCADOR ALLEN BRADLEY CATALOGO 100B600ND3 (TABLA 5.2,5.3) ( FIGURA 5.2)

3.- ARRANCADOR ELECTRÓNICO MODELO RVS-DN580 (TABLA 5.4) (FIGURA 5.3),(FOTOGRAFIA 5.4,5.5).

**E.- SELECCIÓN CONTRA SOBRE CARGAS SOSTENIDAS.**

**PARA MOTOR DE 250 HP**

**1.- ELEMENTOS TERMICOS SQUARED B2.65 RANGO 284-310 AMP.**

**(TABLA 5.5)**

**2.- PROTECCIÓN ALLEN BRADLEY CATALOGO 193A4N6**

**(TABLA 5.7, 5.8)**

**3.- MOTOR SAVER (FIGURA 5.4) RANGO DE AJUSTE 310 AMP.**

**4.- EL ARRANCADOR ELECTRÓNICO SOLCON SE CALIBRA A LA CORRIENTE DESEADA.**

**PARA MOTOR DE 500 HP.**

**1.- ELEMENTOS TERMICOS SQUARED B2.10 CON RANGO DE 467-522 AMP. (TABLA 5.5).**

**2.-EN PROTECCIÓN ALLEN BRADLEY CATALOGO 196A4R6**

**(TABLA 5.7,5.8)**

**3.- MOTOR SAVER (FIGURA 5.4) SE CALIBRA AL AMPERAJE DESEADO.**

**F.- SELECCIÓN DE CABLE DE ALTA TENSION Y FUSIBLES DE ACIDO BORICO Y TIPO ESLABON FUSIBLE.**

$$I = \frac{(KVA)(1000)}{(1.73)(E)} = \frac{(2000)(1000)}{(1.73)(480)} = \frac{2000000}{23874} = 83.77 \text{ AMP.}$$

**CABLE TIPO EPR CALIBRE 2/0 VER (TABLA 2.7)Y (FIGURA 2.7)**

**FUSIBLE ESLABON TIPO "K" 100 AMP. (TABLA 3.3)**

**FUSIBLE DE ACIDO BORICO 160 AMP. (TABLA 3.4), (FIGURA 3.12,3.13)  
(FOTOGRAFIA 3.1).**



**G.- ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO EN EL SECUNDARIO DEL TRANSFORMADOR 480 VOLTS.**

**CALCULO DE CORRIENTES DE POTENCIA POTRERO.**

**MVAC.C.TRIF.=21.20**

**MVA BASE = 100 MVA**

**KVA INSTALADOS 2000 KVA**

**% Z = 5.44**

**VOLTS NOMINAL 480/277 VOLTS.**

$$X_S = \frac{MVABASE}{MVACCTRIF.} = \frac{100}{21.20} = 4.716$$

$$X_T = Z \left( \frac{MVABASE}{MVATRANSF.} \right) Y/O \frac{\%Z}{MVATRANSF.}$$

$$X_T = \frac{5.44}{2.0} = 2.72$$

$$X_S + X_T = 4.716 + 2.72 = 7.436$$

$$2X_S + 3X_T = 2(4.716) + 3(2.72) = 9.432 + 8.16 = 17.592$$

$$MVAC.C.TRIF. = \frac{MVABASE}{X_S + X_T} = \frac{100}{7.436} = 13.44 MVA$$

$$MVAC.C.MONOF. = \frac{300}{2X_S + 3X_T} = \frac{300}{17.592} = 17.05 MVA$$

$$I.C.C. = TRIF.480VOLTS = 16,176 AMP.$$

$$I.C.C. = MONOF.480VOLTS = 20,512 AMP.$$

**CALCULO # 4 ESTACION SAN JUAN**

SE ANEXA SOLAMENTE CALCULO DE C.CIRCUITO YA QUE ES MISMA CAPACIDAD QUE CALCULO #1 DURAZNO XII.

**CALCULO DE CORRIENTES DE POTENCIA SAN JUAN.**

MVAC.C. TRIF.= 18.02MVA.

MVA BASE = 100 MVA

KVA INSTALADOS.= 500 KVA

%Z = 5.44

VOLTS NOMINAL 480-277 VOLTS.

$$X_S = \frac{MVABASE}{MVACCTRIF.} = \frac{100}{18.02} = 5.549$$

$$X_T = Z \left( \frac{MVABASE}{MVATRANSF.} \right) Y / O \frac{\%Z}{MVATRANSF.}$$

$$X_T = \frac{5.44}{0.50} = 10.88$$

$$X_S + X_T = 5.549 + 10.88 = 16.429$$

$$2X_S + 3X_T = 2(5.549) + 3(10.88) = 11.098 + 32.64 = 43.738$$

$$MVAC.C.TRIF. = \frac{MVABASE}{X_S + X_T} = \frac{100}{16.429} = 6.086 MVA$$

$$MVAC.C.MONOF. = \frac{300}{2X_S + 3X_T} = \frac{300}{43.738} = 6.859 MVA$$

$$I.C.C. = TRIF.480VOLTS = 7,320 AMP.$$

$$I.C.C. = MONOF.480VOLTS = 8,250 AMP.$$

CALCULO #5 ESTACION # 6 SOLAMENTE SE ANEXA CALCULO DE CORTO CIRCUITO YA QUE ES IGUAL QUE CALCULO #2 ESTACION #3.

**CALCULO DE CORRIENTES DE POTENCIA ESTACION # 6.**

MVA C.C.TRIF. = 19.986 MVA

MVA BASE = 100 MVA

KVA INSTALADOS = 500 KVA

%Z = 5.47

VOLTS NOMINAL 480/277 VOLTS.

$$X_S = \frac{MVABASE}{MVACCTRIF.} = \frac{100}{19.986} = 5.0035$$

$$X_T = Z \left( \frac{MVABASE}{MVATRANSF.} \right) Y/O \frac{\%Z}{MVATRANSF.}$$

$$X_T = \frac{5.47}{0.50} = 10.94$$

$$X_S + X_T = 5.0035 + 10.94 = 15.9435$$

$$2X_S + 3X_T = (2)(5.0035) + (3)(10.94) = 10.007 + 32.82 = 42.827$$

$$MVACCTRIF. = \frac{MVABASE}{X_S + X_T} = \frac{100}{15.943} = 6.272 \text{ MVA}$$

$$MVACCMONOF. = \frac{300}{2X_S + 3X_T} = \frac{300}{42.82} = 7.004 \text{ MVA}$$

$$ICCTRIF.480VOLTS. = 7,544 \text{ AMP.}$$

$$ICCMONOF.480VOLTS = 8,425 \text{ AMP.}$$

7.3.- Falla de corto circuito en línea 13.8 kv.sistema 3f,3h, conductor A.C.S.R. calibres No.4/0,

$ZP.U./KM.TRI. = (0.1932 + j 0.2509)$  Y  $ZP.U./KM.MON. = (0.6731 + j 1.5117)$  Y No. 2,  $ZP.U./KM.TRI. = (0.5517 + j 0.2778)$  Y  $ZP.U./KM. MON. = (1.7483 + j 1.5933)$ , VER PLANOS ELÉCTRICOS EN DIAGRAMA UNIFILAR.

TABLA 7.3 VALOR DE P.U. DE LA LINEA.

FUNDO	LINEA	KVA TOTAL	AMPERES TOTAL	DISTANCIA KM	P.U. TRIFASICO	P.U. MONOFASICO
1	1-2	6,500	272	0.750	0.1449 + j 0.18817	0.5048 + j 1.1337
2	2-3	5,500	230	0.400	0.07728 + j 1.0036	0.2682 + j 0.60468
3	3-4	5,000	209	0.700	0.13524 + j 0.17563	0.47117 + j 1.05819
4	4-5	4,000	167	5.900	1.13988 + j 1.48031	3.97129 + j 8.9190
5	5-8	3,500	148	2.800	0.54098 + j 0.70252	1.88468 + j 4.2327
6	6-7	2,500	104	2.250	0.4347 + j 0.56452	1.5144 + j 3.4013
7	7-8	500	21	1.800	*0.99306 + j 0.50004	*0.31469 + j 0.28679
8	7-13	2,000	83	0.500	0.0966 + j 0.12545	0.33655 + j 0.75585
9	2-9	1,000	42	0.500	*0.27585 + j 0.1389	*0.08741 + j 0.07966
10	9-10	500	21	2.300	*1.26891 + j 0.63894	*0.4021 + j 0.36645
11	6-11	1,000	42	0.200	*0.11034 + j 0.05556	*0.0349 + j 0.03186
12	11-12	500	21	1.900	*1.04823 + j 0.52782	*0.33217 + j 0.30272

**FALLA TRIFÁSICA EN 13.8 K.V.****PUNTO No. 1.**

Bus de 13.8 kv.

$$0.0 + j0.6185$$

Total 0.6185 = 0.6185 ángulo de 90°

MVA C.C. TRIF.  $100/0.6185 = 161.68$  MVA C.C. TRIF. I.C.C. TRIF. = 6,764 A.**PUNTO No. 2.**

$$0.0 + J 0.6185$$

$$0.1449 + J 0.18817$$

TOTAL =  $0.1449 + J 0.80667 = 0.8195$  ANG. 79° X/R = 5.56MVA C.C. TRIF. =  $100/0.8195 = 122.01$  MVA C.C. TRIF. I.C.C. TRIF. = 5,104 A**PUNTO No. 3.**

$$0.1449 + J 0.80667$$

$$0.07728 + j 0.10036$$

TOTAL =  $0.22218 + j 0.90703 = 0.9338$  ANG. 76° X/R = 4.08MVA C.C. TRIF. =  $100/0.9338 = 107.08$  MVA C.C. TRIF. I.C.C. TRIF. 4,480 A.**PUNTO No. 4.**

$$0.22218 + J 0.90703$$

$$0.13524 + J 0.17563$$

TOTAL =  $0.35742 + J 1.08266 = 1.14013$  ANG. 71° X/R = 3.02MVA C.C. TRIF. =  $100/1.14013 = 87.70$  MVA C.C. TRIF. I.C.C. TRIF = 3,699 A.**PUNTO No.5.**

$$0.35742 + J 1.08266$$

$$1.13988 + J 1.48031$$

TOTAL =  $1.4973 + J 2.56297 = 2.9682$  ANG. 59° X/R = 1.71MVA C.C. TRIF. =  $100/2.9682 = 33.68$  MVA C.C. TRIF. I.C.C. TRIF. = 1,409 A.

**PUNTO No. 6**

$$1.4973 + j 2.56297$$

$$0.54096 + j 0.70252$$

$$\text{TOTAL} = 2.0382 + j 3.26549 = 3.8493 \quad \text{ANG. } 58^\circ \quad X/R = 1.602$$

$$\text{MVA C.C. TRIF.} = 100/3.8493 = 25.97 \quad \text{MVA C.C. TRIF. I.C.C. TRIF.} = 1,086 \text{ A.}$$

**PUNTO No.7**

$$2.0382 + j 3.26549$$

$$0.4347 + j 0.56452$$

$$\text{TOTAL} = 2.4729 + j 3.83001 = 4.55897 \quad \text{ANG. } 57^\circ \quad X/R = 1.548$$

$$\text{MVAC.C. TRIF.} = 100/4.55897 = 21.93 \quad \text{MVAC.C. TRIF. I.C.C. TRIF.} = 918 \text{ A.}$$

**PUNTO No. 8**

$$2.4729 + j 3.83001$$

$$0.99306 + j 0.50004$$

$$\text{TOTAL} = 3.46596 + j 4.33005 = 5.5463 \quad \text{ANG. } 51^\circ \quad X/R = 1.24$$

$$\text{MVA C.C. TRIF.} = 100/5.5463 = 18.02 \quad \text{MVA C.C. TRIF. I.C.C. TRIF.} = 754 \text{ A.}$$

**PUNTO No. 13**

$$2.4729 + j 3.83001$$

$$0.0966 + j 0.12545$$

$$\text{TOTAL} = 2.5695 + j 3.95546 = 4.7167 \quad \text{ANG. } 56^\circ \quad X/R = 1.53$$

$$\text{MVA C.C. TRIF.} = 100 / 4.7167 = 21.200 \quad \text{MVA C.C. TRIF. I.C.C. TRIF.} = 887 \text{ A.}$$

**PUNTO No.9**

$$0.1449 + j 0.80667$$

$$0.27585 + j 0.1389$$

$$\text{TOTAL} = 0.42075 + j 0.94557 = 1.03495 \quad \text{ANG. } 66^\circ \quad X/R = 2.247$$

$$\text{MVA C.C. TRIF.} = 100/1.03495 = 96.62 \quad \text{MVAC.C. TRIF. I.C.C. TRIF.} = 4,042 \text{ A.}$$

**PUNTO No 10.**

$$0.42075 + j 0.94557$$

$$1.26891 + j 0.1389$$

$$\text{Total} = 1.68966 + j 1.58451 \quad \text{ANG. } 43^\circ \quad \text{X/R} = 0.93$$

$$\text{MVAC.C. TRIF.} = 100/2.3163 = 43.17 \text{ MVAC.C. TRIF. IC.C. TRIF.} = 1,806 \text{ A.}$$

**PUNTO No. 11.**

$$2.0382 + J 3.26549$$

$$0.11034 + J 0.05556$$

$$\text{TOTAL} = 2.14854 + J 3.32105 \quad \text{ANG. } 57^\circ \quad \text{X/R} = 1.54$$

$$\text{MVAC.C. TRIF.} = 100/3.95545 = 25.28 \text{ MVAC.C. TRIF. IC.C. TRIF.} = 1,057 \text{ A.}$$

**PUNTO No 12.**

$$2.14854 + j 3.32105$$

$$1.04823 + j 0.52782$$

$$\text{TOTAL} = 3.19677 + J 3.84887 = 5.0033 \quad \text{ANG. } 50^\circ \quad \text{X/R} = 1.203$$

$$\text{MVAC.C. TRIF.} = 100/5.0033 = 19.986 \text{ MVAC.C. TRIF. IC.C. TRIF.} = 836 \text{ A.}$$

**FALLA MONOFASICA EN 13.8 K.V.****PUNTO No. 1.**

BUS DE 13.8K.V.

$$0.0 + J 1.819$$

$$\text{TOTAL} = 1.819 = 1.819$$

$$\text{MVAC.C. MONOF.} = 300/1.819 = 164.92 \text{ MVAC.C. MONOF.}$$

$$\text{I.C.C MONOF.} = 6900 \text{ A.}$$

**PUNTO No. 2.**

$$0.0 + J 1.819$$

$$0.5048 + J 1.1337$$

$$\text{TOTAL} = 21.5098 + J 2.9527 = 21.7115$$

$$\text{MVAC.C. MONOF.} = 300/22.0591 = 13.59 \text{ MVAC.C MONOF. IC.C. MONOF.} = 578 \text{ A.}$$

**PUNTO No. 3.**

$$21.5098 + J 2.9$$

$$0.2692 + J 0.60468$$

$$\text{TOTAL} = 21.779 + J 3.50468$$

$$\text{MVAC.C. MONOF.} = 300/22.0591 = 13.59 \text{ MVAC.C. MONOF.}$$

$$\text{I.C.C. MONOF.} = 568 \text{ A.}$$

**PUNTO No. 4.**

$$21.779 + J 3.504$$

$$0.47117 + J 0.5819$$

$$\text{TOTAL} = 22.2501 + J 4.5621 = 22.713$$

$$\text{MVA.C.C. MONOF.} = 300/23.713 = 22.713$$

$$\text{I.C.C. MONOF.} = 552 \text{ AMP.}$$

**PUNTO No.5.**

$$22.2501 + J 4.5621$$

$$3.97129 + J 8.9190$$

$$\text{TOTAL} = 26.2213 + J 13.4811 = 29.483$$

$$\text{MVA C.C. MONOF.} = 300/29.483 = 10.175 \text{ MVA.C.C. MONOF.}$$

$$\text{I.C.C. MONOF.} = 425 \text{ A.}$$

**PUNTO No. 6.**

$$26.2213 + j 13.4811$$

$$1.88468 + j 4.2327$$

$$\text{TOTAL} = 28.1059 + J 17.7138 = 33.2222$$

$$\text{MVA C.C. MONOF.} = 300/33.2222 = 9.030 \text{ MVAC.C. MONOF.}$$

$$\text{I.C.C. MONOF.} = 377 \text{ A.}$$



**PUNTO No. 7.**

$$28.1059 + j 17.7138$$

$$1.5144 + j 3.4013$$

$$\text{TOTAL} = 29.6203 + J 3.4013 = 36.3759$$

$$\text{MVAC.C. MONOF.} = 300/36.3759 = 8.247 \text{ MVA.C.C. MONOF.}$$

$$\text{I.C.C. MONOF.} = 345 \text{ A.}$$

**PUNTO No. 8.**

$$29.6203 + J 21.1151$$

$$0.31469 + J 0.28679$$

$$\text{TOTAL} = 29.9349 + J 21.4018$$

$$\text{MVAC.C. MONOF.} = 300/36.798 = 8.152 \text{ MVAC.C. MONOF.}$$

$$\text{I.C.C.} = \text{MONOF.} = 341 \text{ A.}$$

**PUNTO No. 13.**

$$29.6203 + 21.1151$$

$$0.33655 + 0.75585$$

$$\text{TOTAL} = 29.9568 + J 21.8709 = 37.3847$$

$$\text{MVAC.C. MONOF.} = 300/37.3847 = 8.02 \text{ MVAC.C. MONOF.}$$

$$\text{I.C.C. MONOF.} = 335 \text{ AMP.}$$

**PUNTO No. 9.**

$$21.5098 + J 2.9527$$

$$0.08741 + J 0.7966$$

$$\text{TOTAL} = 21.5972 + J 3.0323 = 21.809$$

$$\text{MVAC.C. MONOF.} = 300/21.809 = 13.75 \text{ MVA.C.C. MONOF.}$$

$$\text{I.C.C. MONOF.} = 575 \text{ A.}$$

**PUNTO No. 10.**

$$21.5972 + J 3.0323$$

$$0.4021 + J 0.36645$$

$$\text{TOTAL} = 21.9993 + J 3.39875 = 22.2602$$

$$\text{MVAC.C. MONOF.} = 300/22.2602 = 13.47 \text{ MVAC.C. MONOF.}$$

$$\text{I.C.C. MONOF.} = 563 \text{ A.}$$

**PUNTO No. 11.**

$$28.1059 + J 17.7138$$

$$0.0349 + J 0.03186$$

$$\text{TOTAL} = 28.1408 + J 17.7456 = 33.2688$$

$$\text{MVAC.C. MONOF.} = 300/33.2688 = 9.017 \text{ MVA.C.C. MONOF.}$$

$$\text{IC.C. MONOF.} = 377 \text{ A.}$$

**PUNTO No. 12.**

$$28.1408 + J 17.7456$$

$$0.33217 + J 0.30272$$

$$\text{TOTAL} = 28.4729 + 18.0483 = 33.7112$$

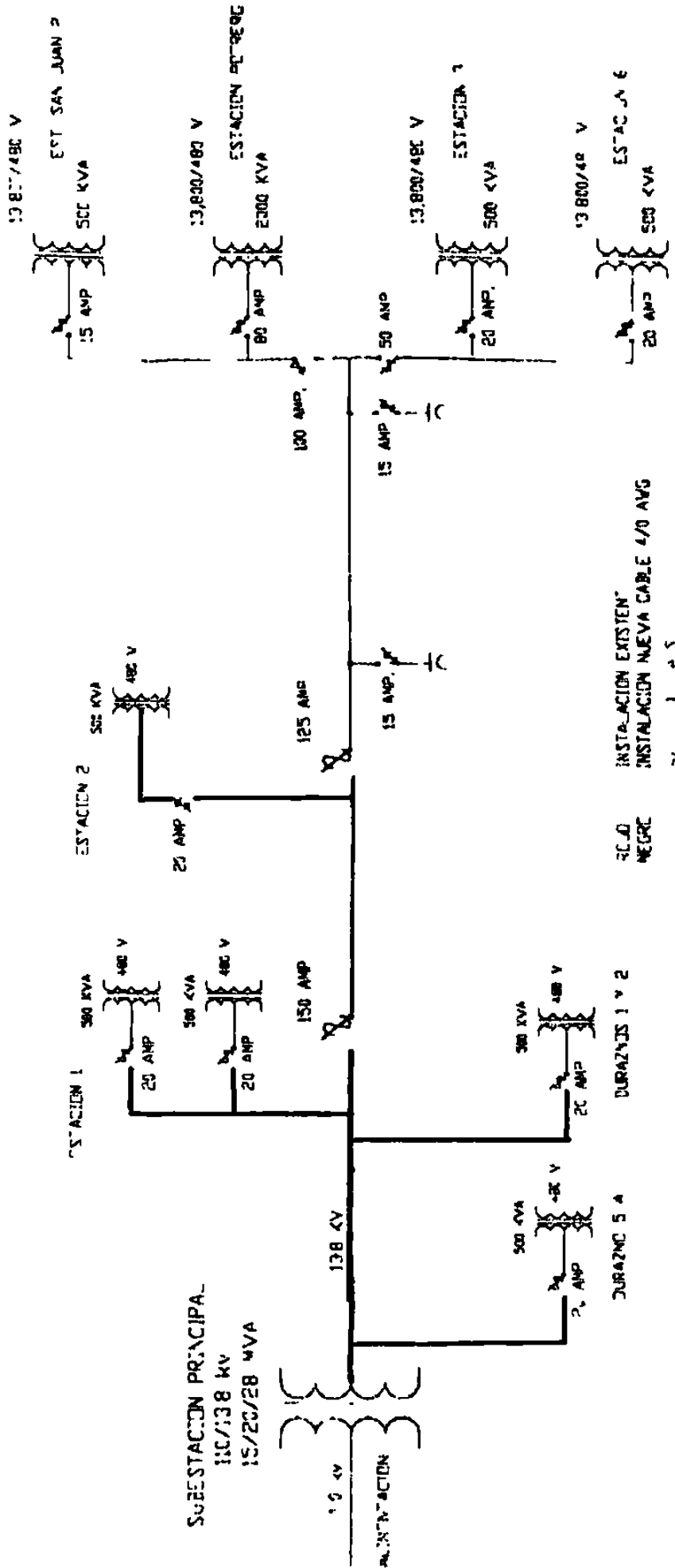
$$\text{MVAC.C. MONOF.} = 300/33.7112 = 8.899 \text{ MVA.C.C. MONOF.}$$

$$\text{I.C.C. MONOF.} = 372 \text{ A.}$$

FIGURA 7.4 A.- AUMENTO DE ALIMENTACIÓN.

A MF AC... EST SAN JUAN 2

DESD CIRCUITE DE SUBES ACIN PRINCIPA



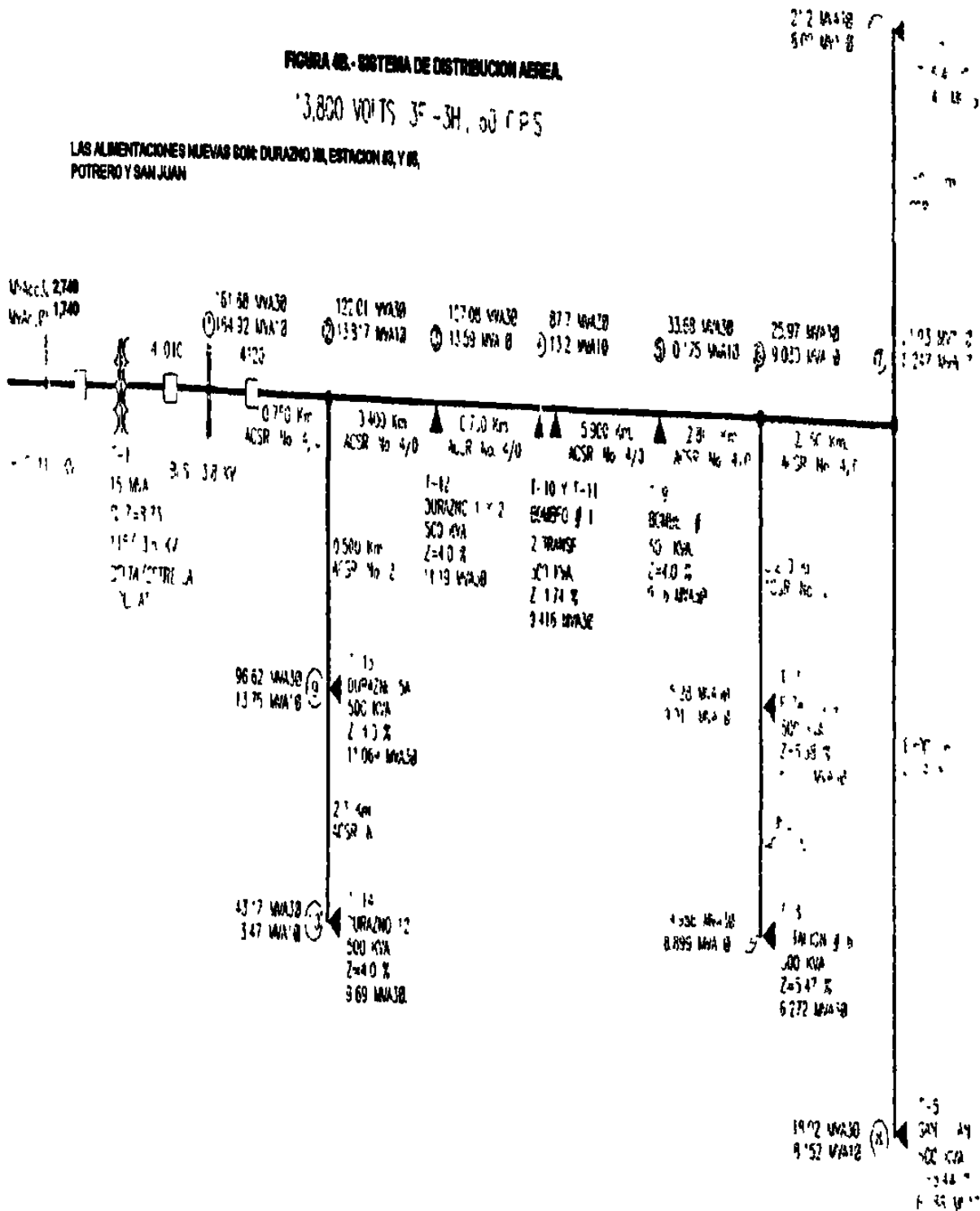
INSTALACION EXISTENTE  
 INSTALACION NUEVA CABLE 4/0 AWG  
 NEGRO  
 1 1 5  
 CABLE DE CALIBRE 2/0 CABLE FORRADO

DURAZNO 1 y 2  
 DURAZNO 5 A

FIGURA 08.- SISTEMA DE DISTRIBUCION AEREA.

3,800 VOLTS 3 $\phi$ -34, 50 CPS

LAS ALIMENTACIONES NUEVAS SON: DURAZNO 10, ESTACION 10, Y 10, POTRERO Y SAN JUAN



### FIGURA 7.4C.- COORDINACION DE PROTECCIONES 2000KVA.

TRANSFORMADOR DE POTENCIA MEDIA 2000 KVA.  
 RELACION 13200/130 VOLTS. K=27.5  
 CONEXION DELTA ESTRELLA SOLIDAMENTE  
 ATERRIZADO.  
 1.2=1.75 REFERENCIA 480 VOLTS.

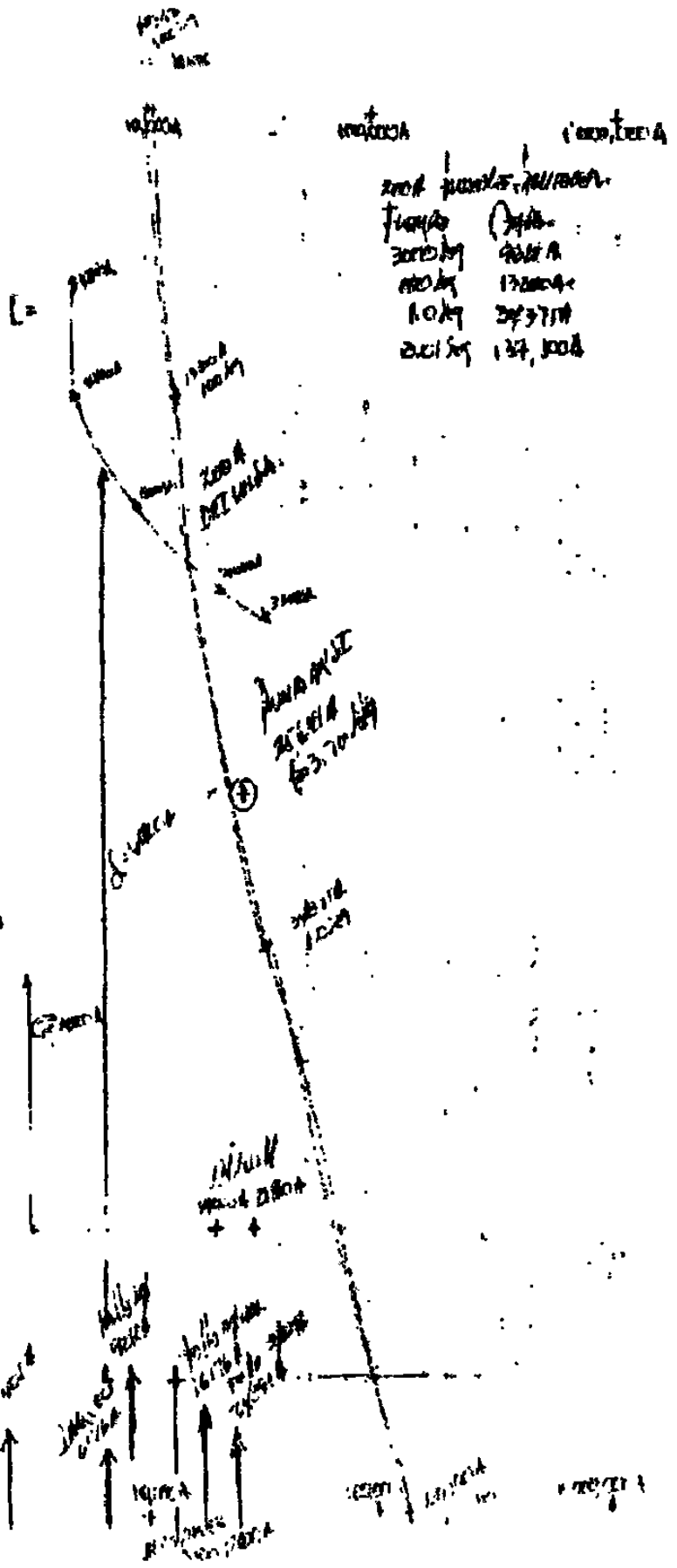
100A      1000A      10000A      100000A      1000000A

200A elemento de línea  
 L= 300A (11.8 km)  
 S= 300A 53%  
 I= 300A 12.7A

Q= 100A 300 km.  
 (300A / 0.01 km)

TIEMPO (s)	INTENSIDAD (A)
250	1.6 (300) = 480A
100	1.6 (300) = 480A
40	3.0 (300) = 900A
20	7.0 (300) = 2100A
10	11.0 (300) = 3300A

3= 300A (1) = 600A  
 7= 300A (1) = 1200A  
 15= 1800A  
 + → 300A



+ 0.1097

100A

1000A

10000A

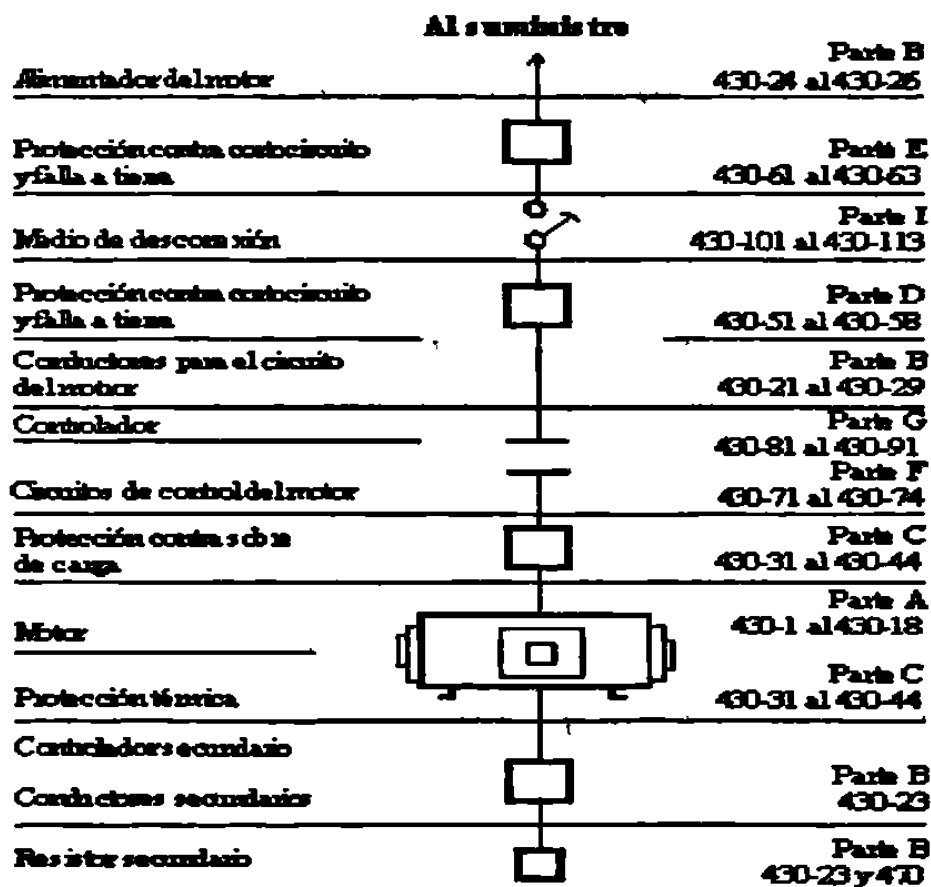
100000A

1000000A



**7.4.- Protección de los equipos por falla a tierra.** Se debe proteger a los equipos contra fallas a tierra de acuerdo con lo establecido en 230-95 para instalaciones eléctricas sólidamente conectadas a tierra y en estrella, de más de 150 V a tierra pero que no superen 600 V entre fases, para cada dispositivo individual utilizado como medio de desconexión a la red del edificio o estructura que sea de 1000 A nominales o más.

**FIGURA 7.5 NORMAS PARA MOTORES**



#### **430-52. Capacidad nominal o ajuste para los circuitos de un solo motor**

**a) General.** El dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas de tierra de circuitos derivados para motores, debe cumplir con (b) y con (c) o (d) cuando sean aplicables.

**b) Todos los motores.** La protección del circuito derivado contra cortocircuito y falla a tierra debe ser capaz de soportar la corriente eléctrica de arranque del motor.

**c) Capacidad nominal o ajuste.**

**1)** Debe usarse un dispositivo de protección, con un rango o ajuste, seleccionado de tal forma que no exceda los valores dados en la Tabla 430-152.

*Excepción 1: Cuando los valores determinados por la Tabla 430-152 para los dispositivos de protección contra cortocircuito y falla de tierra no correspondan a los tamaños o capacidades nominales de los fusibles, interruptores automáticos no-ajustables o dispositivos térmicos de protección, o posibles ajustes de interruptores automáticos, se permite el tamaño, capacidad o ajuste inmediato superior.*

*Excepción 2: Cuando los valores especificados por la Tabla 430-152 no son suficientes para la corriente eléctrica de arranque de motor:*

*a. La capacidad nominal de un fusible del tipo sin retardo y no-mayor de 600 A puede aumentarse, pero en ningún caso debe exceder 400% de la corriente eléctrica del motor a plena carga.*

*b. La capacidad nominal de un fusible con retardo de tiempo (doble elemento) puede ser aumentada, pero en ningún caso debe exceder de 225% de la corriente eléctrica a plena carga.*

*c. El ajuste de un interruptor automático de tiempo inverso puede aumentarse, pero en ningún caso debe excederse (1) 400% de la corriente eléctrica a plena carga del motor de 100 A o menos, o (2) 300% para corriente eléctrica a plena carga de 100 A o mayor.*



*d. La capacidad nominal de un fusible clasificado entre 601 a 6000 A puede ser aumentada, pero en ningún caso debe exceder el 300% de la corriente eléctrica del motor a plena carga.*

**NOTA:** Véase 240-6 para capacidades nominales de fusibles o interruptores automáticos.

**2)** Cuando la capacidad nominal del dispositivo de protección de un circuito derivado contra cortocircuitos y fallas a tierra esté indicada en una tabla de protecciones contra sobrecarga de un fabricante, para ser usada con un controlador de motor o esté marcada en el equipo, estos valores de capacidad no deben ser excedidos, aun cuando sean permitidos mayores valores en las disposiciones anteriores.

**3)** Sólo se permite utilizar un interruptor automático de disparo instantáneo si es ajustable y forma parte de una combinación aprobada y listada de motor y controlador con protección coordinada del motor contra sobrecargas, cortocircuitos y fallas a tierra en cada conductor, y si el valor de disparo se ajusta para que no supere lo especificado en la Tabla 430-152. Se permite un protector del motor contra cortocircuitos en lugar de los dispositivos de la Tabla 430-152, si ese protector forma parte de una combinación aprobada y listada de motor y controlador con protección coordinada del motor contra sobrecargas, cortocircuitos y fallas a tierra en cada conductor que abra el circuito cuando la corriente eléctrica supere 1300% de la nominal a plena carga. Se permite usar un dispositivo de protección contra cortocircuitos del motor en lugar de los dispositivos indicados en la Tabla 430-152, si forma parte de una combinación protector-controlador aprobada y listada, que tenga en cada conductor activo, protección coordinada contra sobrecarga del motor, protección contra falla a tierra y contra cortocircuito y si va a operar a no-más de 1300% de la corriente eléctrica del motor a carga plena. Un interruptor automático de disparo instantáneo o fusible protector de motor debe usarse sólo como parte de un controlador tipo de combinación que provea protección coordinada del circuito derivado del motor contra sobrecarga, cortocircuito y falla a tierra.

**NOTA:** Para los fines de este Artículo, los interruptores automáticos de disparo instantáneo pueden incorporar un medio para permitir la corriente transitoria del motor, para evitar los inconvenientes del disparo del interruptor automático.

**430-52. Capacidad nominal o ajuste para los circuitos de un solo motor**

**a) General.** El dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas de tierra de circuitos derivados para motores, debe cumplir con (b) y con (c) o (d) cuando sean aplicables.

**b) Todos los motores.** La protección del circuito derivado contra cortocircuito y falla a tierra debe ser capaz de soportar la corriente eléctrica de arranque del motor.

**430-63. Capacidad o ajuste - Cargas de fuerza y alumbrado.**

Cuando un alimentador suministra energía a cargas de motores y además a cargas de alumbrado, o de alumbrado y artefactos, el dispositivo de protección del alimentador puede tener una capacidad o ajuste suficientes para soportar las cargas de alumbrado, o de alumbrado y artefactos, determinada de acuerdo con lo indicado en los Artículos 210 y 220, más, para el caso de un solo motor, la capacidad permitida en 430-52 y para dos o más motores, la capacidad permitida en 430-62.

## H. Centros de control de motores (CCM)

**430-92. Disposiciones generales.** La Parte H se refiere a los centros de control de motores (CCM) instalados para controlar motores, sistemas de alumbrado y alimentadores a otros dispositivos eléctricos.

Un CCM es un ensamble de una o más secciones de gabinetes que cuentan con una barra común de alimentación y que están formados principalmente por unidades o secciones de controladores de motores.

**430-94. Protección contra sobrecorriente.** Los CCM deben contar con una protección de sobrecorriente de acuerdo con lo indicado en el Artículo 240, basado en la capacidad total de las barras comunes de alimentación a todas las secciones. Esta protección se debe proveer ya sea por: (1) un dispositivo de protección localizado fuera del CCM en el punto de suministro, o (2) un dispositivo de protección contra sobrecorriente localizado dentro del CCM.

### **Tabla 430 – 150 Corriente eléctrica a plena carga de motores trifásicos de c.a.**

Los siguientes valores de corriente eléctrica a plena carga son típicos para motores que funcionen a velocidades normales para transmisión por banda y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par pueden requerir corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples deben tener una corriente a plena carga que varía con la velocidad; en estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos. Las tensiones eléctricas listadas son nominales de motores. Las corrientes listadas deben usarse para sistemas de tensiones eléctricas nominales de 110 V hasta 120 V, 220 V hasta 240 V, 440 V hasta 480 V, y 550 V hasta 600 V.

kW	CP	Motor de inducción Jaula de ardilla y rotor devanado (A)						Motor sincrónico, con factor de potencia unitario (A)				
		V										
		115	200	208	230	460	575	230 0	230	460	575	230 0
0,3 73 0,5 60 0,7 46	1/2 3/4 1	4,4 6,4 8,4	2,5 3,7 4,8	2,4 3,5 4,6	2,2 3,2 4,2	1,1 1,6 2,1	0,9 1,3 1,7					
1,1 19 1,4 9 2,2 3	1-1/2 2 3	12,0 13,6	6,9 7,8 11,0	6,6 7,5 10,6	6,0 6,8 9,6	3,0 3,4 4,8	2,4 2,7 3,9					
3,7 3 5,6 6,4 6	5 7-1/2 10		17,5 25,3 32,2	16,7 24,2 30,8	15,2 22 28	7,6 11 14	6,1 9 11					
11, 19 14, 92 18, 65	15 20 25		48,3 62,1 78,2	46,2 59,4 74,8	42 54 68	21 27 34	17 22 27		53	26	21	
22, 38 29, 84 37, 3	30 40 50		92 120 150	88 114 143	80 104 130	40 52 65	32 41 52		63 83 104	32 41 52	26 33 42	
44, 76 55, 95 74, 60	60 75 100		177 221 285	169 211 273	154 192 248	77 96 124	62 77 99	16 20 26	123 155 202	61 78 101	49 62 81	12 15 20
93, 25 119 ,9	125 150 200		359 414 552	343 396 528	312 360 480	156 180 240	125 144 192	31 37 49	253 302 400	126 151 201	101 121 161	25 30 40

149 ,2												
186 ,5 223 ,8 261 ,1	250 300 350					302 361 414	242 289 336	60 72 83				
298 ,4 335 ,7 373	400 450 500					477 515 590	382 412 472	95 103 118				

Para factor de potencia de 90% y 80%, las cantidades anteriores deben multiplicarse por 1,1 y 1,25 respectivamente.

**Tabla 430 – 152. Valor nominal máximo o ajuste para el dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra del circuito derivado del motor**

<b>Por ciento de la corriente eléctrica a plena carga</b>				
<b>Tipo de motor</b>	<b>Fusible sin retardo de tiempo**</b>	<b>Fusible de dos elementos** (con retardo de tiempo)</b>	<b>Interruptor automático de disparo instantáneo</b>	<b>Interruptor automático de tiempo inverso*</b>
<b>Motores monofásicos</b>	<b>300</b>	<b>175</b>	<b>800</b>	<b>250</b>
<b>Motores de CA, polifásicos, que no sean de rotor devanado.</b>				
Jaula de ardilla	300	175	800	250
Otros que no sean diseño E	300	175	1100	250
<b>Motores síncronos +</b>	<b>300</b>	<b>175</b>	<b>800</b>	<b>250</b>
<b>Rotor devanado</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>800</b>	<b>250</b>
<b>c.c. (tensión eléctrica constante)</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>250</b>	<b>150</b>

Para ciertas excepciones a los valores especificados, véase 430-52 hasta 430-54.

\*Los valores dados en la última columna comprenden también las capacidades de los tipos no-ajustables de tiempo inverso, los cuales pueden modificarse como se indica en 430-52.

\*\*Los valores en la columna para fusible sin retardo de tiempo aplican para fusibles Clase CC con retardo de tiempo.

+ Los motores síncronos de bajo par de arranque y baja velocidad (comúnmente 450 RPM o menos), como son los empleados para accionar compresores recíprocos, bombas, etc. que arrancan en vacío, no requieren una capacidad de fusible o un ajuste mayor a 200% de la corriente eléctrica a plena carga.

**450-2. Definiciones.** Para el propósito de este Artículo:

**Transformador:** La palabra "transformador" se entiende como un transformador individual de una o múltiples fases, identificado por una sola placa de datos a menos que se identifique de otra forma en este Artículo.

**450-3. Protección contra sobrecorriente.** La protección contra sobrecorriente de los transformadores debe cumplir con lo indicado en (a), (b) o (c) descritos a continuación. Se permite que el dispositivo de protección en el secundario con-sista de no más de seis interruptores automáticos o no más de seis juegos de fusibles agrupados en un solo lugar. Cuando se usen varios dispositivos contra sobrecorriente, el valor total de todas las capacidades o

ajustes de estos dispositivos, no debe exceder el valor que se permita para un solo dispositivo de sobrecorriente. Si se instalan tanto interruptores automáticos como fusibles, el valor total de todas las capacidades o ajustes de estos dispositivos, no debe exceder el valor que se permita para fusibles. Como se usa en esta Sección, la palabra "transformador" significa un transformador o un banco polifásico de dos o más transformadores monofásicos que operen como una unidad.

**NOTA 1:** Véanse 240-3, 240-21, 240-100 para la protección contra sobrecorriente de los conductores.

**NOTA 2:** Las cargas no lineales pueden incrementar la temperatura en el transformador, sin que su protección de sobrecorriente opere.

**a) Transformadores de tensión eléctrica nominal mayor a 600 V**

**1) Primario y secundario.** Cada transformador de más de 600 V nominales debe tener dispositivos de protección para el primario y para el secundario, de capacidad o ajuste para abrir a no-más de los valores anotados en la Tabla 450-3 (a)(1). Los fusibles que actúen electrónicamente y que puedan ajustarse para abrir con una corriente eléctrica específica, deben ajustarse de acuerdo con el valor de ajuste para los interruptores automáticos.

*Excepción 1: Cuando la capacidad nominal del fusible requerido o el ajuste del interruptor automático no corresponda a la capacidad o ajuste normalizado, se permite usar el valor o ajuste normalizado próximo más alto.*

*Excepción 2: Como se especifica en (a) (2) a continuación.*

**Tabla 450 – 3 (a)(1). Transformadores de más de 600V**

Máximo ajuste para el dispositivo de protección contra sobrecorriente					
Primario			Secundario		
Más de 600V			Más de 600V		600V ó menos
Impedancia del transformador	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	Ajuste del interruptor automático o capacidad del fusible
No-más del 6%	600%	300%	300%	250%	125%
Más del 6% y no Más del 10%	400%	300%	250%	225%	125%

**2) Instalaciones supervisadas.** Cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que sólo personal calificado proporcionará servicio y controlará la instalación del transformador, se permite que la protección de sobrecorriente sea como se especifica en (a)(2)a.

**a. Primario.** Cada transformador de más de 600 V nominales debe estar protegido por un dispositivo individual de sobrecorriente en el lado del primario. Cuando se usen fusibles, su corriente eléctrica nominal continua no debe exceder 250% de la corriente primaria nominal del transformador. Cuando se usen interruptores automáticos o fusibles con actuadores electrónicos, deben ajustarse a no-más de 300% de la corriente primaria nominal del transformador.

*Excepción 1: Cuando la capacidad nominal del fusible requerido o el ajuste del interruptor automático no correspondan a la capacidad o ajuste normalizado, se permite la capacidad o ajuste normalizado próximo superior.*

*Excepción 2: No se requiere un dispositivo individual de sobrecorriente cuando el dispositivo de sobrecorriente del circuito primario proporciona la protección especificada en esta Sección.*

*Excepción 3: Como se indica en (a) (2) b siguientes.*



**b. Primario y secundario.** Un transformador con tensión eléctrica nominal mayor a 600 V, que tenga un dispositivo de sobrecorriente en el secundario, de capacidad o ajuste para abrir no-mayor que los valores indicados en la Tabla 450-3(a)(2)b, o un transformador equipado con una protección térmica coordinada contra sobrecarga proporcionada por el fabricante, no requiere tener un dispositivo de sobrecorriente individual en la conexión del primario, siempre que el dispositivo de sobrecorriente del alimentador tenga la capacidad o esté calibrado para abrir a un valor de corriente eléctrica no-mayor a los valores anotados en la Tabla 450-3 (a)(2)b.

**Tabla 450 – 3 (a)(2)(b). Transformadores de más de 600V en lugares supervisados**

Máximo ajuste para el dispositivo de protección contra sobrecorriente					
Primario			Secundario		
Más de 600V			Más de 600V	600V ó menos	
Impedancia del transformador	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	Ajuste del interruptor automático o capacidad del fusible
No-más de 6%	600%	300%	300%	250%	250%
Más de 6% y no Más de 10%	400%	300%	250%	225%	250%

# **CAPITULO 8**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **8.1 INTRODUCCION.**

Este trabajo sobre la coordinación de protecciones en sistemas eléctricos representa los temas fundamentales y abarca los principios generales de las diferentes protecciones, su principal objetivo es exponer en forma clara y simplificada los conceptos fundamentales.

Los temas se presentan en forma clara y comprensible, dé tal manera que lo puede utilizar gente familiarizada con el área de protecciones, cómo gente que inicie su estudio en esta área así mismo, estudiantes de licenciatura y post – grado.

La coordinación entre los dispositivos de sobrecorriente que aparecen en las instalaciones eléctricas industriales es esencialmente un conjunto de consideraciones y técnicas que hacen énfasis en la coordinación de los dispositivos de protección representados por las curvas tiempo-corriente de cables, interruptores, fusibles, y relevadores que se aplican en la protección de transformadores, motores y cables de potencia. Los requerimientos para el estudio son:

- Datos de carga ya sean en Kw. , Corriente, o hp a instalarse
- Datos de los transformadores, voltaje en primario, voltaje en secundario, impedancia, tipo de enfriamiento, y sobrecarga admisible.
- Datos de los motores, potencia en hp, o Kw. , Corriente a plena carga, factor de servicio tipo de arranque.
- Datos de los interruptores en baja y alta tensión (termomagnéticos y electromagnéticos), tipo y marca, marco, capacidad interruptiva nominal, tensión nominal, rango de ajuste tiempo largo y corto, rango de ajuste instantáneo y de falla a tierra.
- Datos de los relevadores de sobrecorriente, tipo y fabricante, rango de ajuste del tap (corriente), rango de ajuste instantáneo.
- Datos de los fusibles, tensión nominal, capacidad nominal, tipo y fabricante, curvas de corriente de corto circuito.
- Datos de los conductores, ampacidad, tipo de aislamiento, número de conductores de fase, indicar si va al aire libre o en canalización.

## 8.2 Recomendaciones.

En los capítulos anteriores se ven tablas prácticas para la selección adecuada de los equipos a proteger y sus respectivas gráficas para hacer en un papel LOG-LOG sus correspondientes curvas de disparo de cada elemento de cable, de fusibles, de interruptores, y de los relevadores electromecánicos. Cabe señalar que en instalaciones de motores eléctricos se usa una tabla usando arrancadores squared y allen bradley además se muestran arrancadores electrónicos en su mayoría se obtiene por los últimos dos ya que el tiempo de respuesta de una protección de sobrecorriente para contactor allen bradley tiene la cualidad falla de fase y tiempo de respuesta contra atascos o sobrecorriente de 0.4 seg. a 2 seg. Y en los arrancadores electrónicos usados para motores de gran capacidad tiene la ventaja de programar la corriente de arranque así como el tipo de curva de arranque, y el tiempo de respuesta de una falla a tierra o de rotor bloqueado ya que es casi

instantánea 0.1 a 0.3 seg. El tiempo de respuesta, sin dejar atrás a la protección MOTOR SAVER en el cual se despliega en grafica corrientes kw. FP. , Y amplios rangos de fallas; todo lo mostrado es dependiendo el presupuesto en cada industria pero acordémonos que la ventaja de los arrancadores electrónicos es no usan contactores como la tensión reducida y que ahorran energía al programarlos el tiempo de arranque ya que eliminan la cresta en la curva de arranque.

Es de gran importancia para el ingeniero electricista seleccionar lo adecuado y que este bien protegido tus instalaciones ya que una coordinación selectiva adecuada es de gran ayuda y menos pérdidas de producción

### **8.3 CONCLUSIONES.**

Se ha mencionado antes que la función de los dispositivos de protección es la detección de las condiciones de falla y aislamiento del problema, tan rápido como sea posible. La aplicación correcta de estos dispositivos de protección depende de varios factores que involucran estudios y experiencia en la protección de sistemas.

Un sistema eléctrico potencia industrial ideal, debe ser un sistema selectivo. Para cumplir con el requisito de ser selectivo los dispositivos de protección de ser dimensionados y coordinados con otros de tal manera que, opera primero solo el dispositivo de protección que se encuentre más cercano a la falla; si por alguna razón no funciona, entonces debe operar el siguiente; viendo el arreglo de la fuente hacia la falla y así sucesivamente.

Para lograr una operación selectiva; se debe tener cuidado en seleccionar los dispositivos de protección con las características interruptivas apropiadas y el conocimiento de sus curvas tiempo – corriente.

El proceso de coordinación de protecciones se inicia con la elaboración de un diagrama unifilar del sistema por coordinar, en este se deben indicar los datos principales de los equipos, como son: niveles de voltaje en cada barra, potencia e impedancia de los transformadores de potencia longitud y calibre de los conductores, potencia y voltaje de motores, localización y potencia de centros de control de motores, datos generales de los transformadores de corriente y de potencial.

El estudio de corto circuito representa un punto de partida para la coordinación de protecciones, y para este estudio se debe de disponer del diagrama unifilar para la elaboración de diagrama de impedancia. Se debe disponer de las curvas tiempo – corriente para cada uno de los dispositivos de protección.

En los que intervienen (fusibles, relevadores, interruptores, etc.) estos datos son los que directamente se ven en el estudio.

Algunas limitantes para el proceso de coordinación de protecciones son:

- Las corrientes de arranque de los motores eléctricos.
- Las corrientes de carga.
- Los límites térmicos de los equipos.
- Las curvas de daño de transformadores.

Grado de protección requerida en sistemas industriales.

Para cada circuito se debe estudiar la protección requerida según la norma **NOM-0001-SEMP** y/o el **NEC/ANSI**, o las requeridas por las características de la carga alimentada, como son:

- La curva ANSI para transformadores.
- La corriente de magnetización de los transformadores.
- La curva de daño de los conductores de fuerza.
- La curva o perfil de la operación normal de cada motor.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- H. Altuve Ferrer. Protección de Sistemas Eléctricos de Potencia. CENASE CFE. 1ª Edición 1992.
- 2.- Donal Beeman Industrial Power Systems. Handbook MC Graw – Hill Company Inc. New York 1955.
- 3.- Gilberto Enríquez Harper. Fundamentos de Protección en Sistemas Eléctricos por Relevadores. LIMUSA 1ª Edición 1981.
- 4.- C. Russell Mason. El Arte y la Ciencia de la Protección por Relevadores. CECSA. Decimosegunda Impresión. Noviembre 1986.
- 5.- Código Nacional Eléctrico (N.E.C.) 1996.
- 6.- Manual allen bradley industrial Septiembre 1998.
- 7.- Manual arrancador solcon Noviembre 2000.
- 8.- Manual Cables Viakon Conductores Monterrey Noviembre 1998.
- 9.- Manual de Fusibles Limitadores de Corriente Drivisa, y Wittjohann. Septiembre 1988.
- 10.- Manual de Fusibles Littelfuse 1999.
- 11.- Manual de Interruptores Bticino Enero 1998.
- 12.- Manual de Motor Saver Enero 2000
- 13.- Manual de Squared # 17,19,23. 1987
- 14.- Norma Oficial Mexicana. NOM-001-SEMP-1999.
- 15.- <http://www.deusa.com.mx/productos.htm>
- 16.- <http://www.cambre.com.ar/manual>

## LISTADO DE TABLAS

<b>CAPITULO 2 TIPOS DE CABLES ELÉCTRICOS Y DESCRIPCIÓN DE USOS.</b>	
TABLA 2.1. – Cable de alta densidad tipo THW/THHW. ....	16
TABLA 2.2. – Cable RHW/RHH XLPE.....	17
TABLA 2.3. – Alambres tipo intemperie.....	26
TABLA 2.4. – Alambres y cables XHHW.....	27
TABLA 2.5. – Cable de cobre desnudo.....	28
TABLA 2.6. – Cable de aluminio desnudo con alma de acero.....	29
TABLA 2.7. – Cable de alta tensión tipo EPR. De 5-35kv.....	30
TABLA 2.8. – Selección de tablas para conductores.....	31
TABLA 2.9. – Capacidad de corriente en amperes para conductores.....	32
TABLA 2.10. – Capacidad de corriente en amperes a; cables monoconductores.....	33
TABLA 2.11. - Factores de caída de tensión.....	34
TABLA 2.12. - Factores de corrección por temperatura ambiente.....	35
TABLA 2.13. - Factores de corrección por temperatura ambiente en ductos subterráneos.....	35
TABLA 2.14. - Cables instalados en aire.....	35
TABLA 2.15. - Factores de agrupamiento para cables en tubería conduit .....	35
TABLA 2.16. - Datos del conductor.....	36
TABLA 2.17. - Multiplicador de conductor para temperaturas mayores a 30° .....	36
 <b>CAPITULO 3 ESTUDIO DE PROTECCIONES POR MEDIO DE FUSIBLES.</b>	
TABLA 3.1. - Fusibles .....	61
TABLA 3.2. - Rangos de interrupción de los fusibles.....	72
TABLA 3.3. - Capacidad de corriente continua de EEI-NEMA para Elementos fusibles.....	75
TABLA 3.4. - Selección fusible drivisa.....	77

TABLA 3.5. - Limites NEC.....	84
TABLA 3.6. - Categoría de los transformadores.....	85
TABLA 3.7. - Puntos de la curva ANSI.....	86
TABLA 3.8. - Impedancias mínimas.....	87
TABLA 3.9. - Factor ANSI.....	87
TABLA 3.10.- Capacidad de sobrecarga.....	87
TABLA 3.11. – Múltiplos de corriente de magnetización.....	88

#### **CAPITULO 4.- INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS Y ELECTROMAGNÉTICOS.**

TABLA 4.1. - Selección de fusibles para motores.....	92
TABLA 4.2. - Selección de fusibles para motores.....	93
TABLA 4.3. - Lógica de asignación de numero de catalogo.....	111
TABLA 4.4. - Interruptor termomagnético tipo FA.....	112
TABLA 4.5. - Interruptor termomagnético tipo KA.....	114
TABLA 4.6. - Interruptor termomagnético tipo LA.....	116
TABLA 4.7. - Interruptor termomagnético tipo MA.....	118
TABLA 4.8. - Interruptor termomagnético tipo PA.....	120
TABLA 4.9. - Interruptor termomagnético de disparo magnético Instantáneo.....	122
TABLA 4.10. – Selección de protecciones para motores incluyendo Fusible; termomagnético;cable y tubería.....	124

#### **CAPITULO.- 5 PROTECCIONES A MOTORES.**

TABLA 5.1. - Selección de elementos térmicos para arrancador SquareD.....	134
TABLA 5.2. - Arrancador magnéticos squareD clase 8536.....	135
TABLA 5.3. - Selección de elementos térmicos.....	136
TABLA 5.4. - Selección de arrancador allen bradley.....	137
TABLA 5.5. - Selección de bobina de el arrancador .....	140



TABLA 5.7. - Rele de sobrecarga con reset automático y manual.....	142
TABLA 5.8. - Clasificación de arrancador Solcon .....	143
TABLA 5.9. - Selección de protección de motores varios arrancadores.....	144

## **CAPITULO 7 ANALISIS DE COORDINACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRICO**

TABLA 7.1. - Valores de los conductos vías.....	193
TABLA 7.2. - Capacidades de corriente disponible de corto circuito en varias capacidades de transformadores.....	194
TABLA 7.3. - Valores en p.u. en la línea.....	219
TABLA 430-150 Corriente electrica a plena carga de motores trifasicos.....	234
TABLA 430-152 Valor nominal de ajuste para protección contra c.circuito...	237
TABLA 450-3A2(a)Transformadores mas de 600 volts .....	239
TABLA 430-3A2(b)Transformadores mas de 600 volts supervisados.....	240

## LISTADO DE FIGURAS

### CAPITULO 2.- TIPOS DE CABLES ELÉCTRICOS Y DESCRIPCIÓN DE USOS

FIGURA 2.1. - Alambres y cable tipo THW/THHW.....	6
FIGURA 2.2. - Cable tipo RHW/RHH;XLPE.....	8
FIGURA 2.3. - Alambre y cable tipo intemperie.....	9
FIGURA 2.4. - Alambre y cable tipo XHHW.....	10
FIGURA 2.5. - Cable desnudo de cobre.....	11
FIGURA 2.6. - Cable de aluminio desnudo .....	12
FIGURA 2.7. - Cables de media tensión tipo EPR de 5-35 kv.....	14
FIGURA 2.8. - Estructura de un conductor.....	19
FIGURA 2.9. - Tipos de cable.....	20
FIGURA 2.10.- Configuración del campo próximo del conductor.....	23
FIGURA 2.11.- Corriente máxima de corto circuito para conductores de cobre.....	25

### CAPITULO 3.- ESTUDIO DE PROTECCIONES POR MEDIO DE FUSIBLES.

FIGURA 3.1. - Curva típica para fusible con tiempo.....	50
FIGURA 3.2. - Grafica comparativa entre fusibles.....	51
FIGURA 3.3. - Efecto de limite de corriente de fusibles.....	52
FIGURA 3.4. - Características de pico de corriente.....	53
FIGURA 3.5. - Características de pico de corriente para fusibles RK1.....	55
FIGURA 3.6. - Coordinación entre fusibles.....	56
FIGURA 3.7. - Coordinación de fusibles limitador de corriente.....	57
FIGURA 3.8. - Sistema selecto de protecciones.....	58
FIGURA 3.9. - Grafica de C.C.M. 800 Amperes.....	65
FIGURA 3.10.- Aplicación de fusibles para aplicación de circuitos Con interruptores.....	66
FIGURA 3.11.- Protección de un motor eléctrico.....	68
FIGURA 3.12.- Observación de un fusible ácido bórico.....	78

FIGURA 3.13.- Observación de un fusible ácido bórico.....	78
FIGURA 3.14.- Grafica de corriente.....	79
FIGURA 3.15.- Grafica de corriente.....	80
FIGURA 3.16.- Curva de máxima capacidad ANSI.....	85

#### **CAPITULO 4.- INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS Y ELECTROMAGNÉTICOS.**

FIGURA 4.1. - Interruptor termomagnetico bticino.....	108
FIGURA 4.2. - Interruptor termomagnetico bticino visto por dentro.....	109
FIGURA 4.3. - Partes de un interruptor bticino .....	110
FIGURA 4.4. - Curva de disparo de interruptor termomagnetico FA.....	113
FIGURA 4.5. - Curva de disparo de interruptor termomagnetico KA.....	115
FIGURA 4.6. - Curva de disparo de interruptor termomagnetico LA.....	117
FIGURA 4.7. - Curva de disparo de interruptor termomagnetico MA.....	119
FIGURA 4.8. - Curva de disparo de interruptor termomagnetico PA.....	121
FIGURA 4.9. - Curva de disparo de interruptor magnetico instantáneo.....	123

#### **CAPITULO 5.- PROTECCIÓN A MOTORES.**

FIGURA 5.1. - Arrancador a tensión completa squareeD.....	132
FIGURA 5.2. - Diversos tipos de contactores allen bradley.....	133
FIGURA 5.3. - Arrancador de estado sólido Solcon.....	136
FIGURA 5.4. - Protección por medio de MOTOR SAVER.....	145

#### **CAPÍTULO 6.- PROTECCIÓN A TRANSFORMADORES DE POTENCIA POR MEDIO DE RELEVADORES.**

FIGURA 6.1.- Limites de sobrecarga.....	151
FIGURA 6.2. - Diagrama de flujo de sistema de protección.....	153
FIGURA 6.3. - Lógica de un esquema de protección elemental.....	155
FIGURA 6.4. - Esquema de un transformador de corriente.....	156

FIGURA 6.5. - Sistema típico y su zona de protección.....	161
FIGURA 6.6. - Conexiones típicas de C.A. de reles protectores.....	164
FIGURA 6.7. - Circuito típico de control de disparo.....	165
FIGURA 6.8. - Rele de tipo de apertura del circuito.....	166
FIGURA 6.9. - Esquema de un circuito de control para un interruptor.....	167
FIGURA 6.10.- Partes de un relevador.....	170
FIGURA 6.11.- Placa de material de aluminio con fuerzas de atracción.....	171
FIGURA 6.12.- Esquema de un circuito de inducción con bobina magnética .....	173
FIGURA 6.13.- Esquema de un relevador de sobrecorriente.....	174
FIGURA 6.14.- Esquema de un relevador de dos bobinas.....	175
FIGURA 6.15.- Diagrama de un sistema de cascada.....	181
FIGURA 6.16.- Diagrama de conexiones de una protección de sobrecorriente.....	185
FIGURA 6.17.- Diagrama elemental del relevador de sobrecorriente.....	186
FIGURA 6.18a.-Swich de control.....	186
FIGURA 6.18b.-Swich de control de interruptor.....	187
FIGURA 6.18c.-Diagrama de un conmutador de fases.....	188
FIGURA 6.19d.-Posición de contactos del amperímetro modelo 16SB1-CA7.....	188

## **CAPITULO 7 ANALISIS DE COORDINACIÓN EN UN SISTEMA ELECTRICO.**

FIGURA 7.1.- Subestación Durazno XII.....	195
FIGURA 7.2.- Subestación Estación No. 3.....	202
FIGURA 7.3.- Subestación Potrero.....	210
FIGURA 7.4A.- Aumento de Alimentación.....	226
FIGURA 7.4B.- Circuito Alimentador aéreo 13.8 k.v.....	227
FIGURA 7.4C.- Grafica de Coordinación de protecciones en papel log-log.	228
FIGURA 7.4D.- Grafica de Coordinación de protecciones en papel log-log..	229
FIGURA 7.5.- Normas para Motores.....	230

## LISTADO DE FOTOGRAFIAS

### CAPITULO 3 ESTUDIO DE PROTECCIONES POR MEDIO DE FUSIBLES.

FOTOGRAFIA 3.1. – Observacion de interruptor tipo driechers y fusibles de Acido bórico.....	81
FOTOGRAFIA 3.2. - Desconectador tipo driechers.....	82
FOTOGRAFIA 3.3. - Protección de fusibles a un banco de capacitores.....	83

### CAPITULO 4 INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS Y ELECTROMAGNETICOS

FOTOGRAFIA 4.1. – Diferencia entre swich de cuchillas y termomagneticos.....	91
FOTOGRAFIA 4.2. – Diferencia de swich de cuchillas en alto y bajo voltaje.....	94
FOTOGRAFIA 4.3. – Tipos de interruptores.....	96
FOTOGRAFIA 4.4. – Tipos de interruptores ajuste instantaneo.....	100
FOTOGRAFIA 4.5. – Interruptor bipolar para usarse en alumbrado.....	105
FOTOGRAFIA 4.6. – Interruptores para motores y alumbrado.....	105
FOTOGRAFIA 4.7. – Interruptores electromagneticos.....	125
FOTOGRAFIA 4.8. – Unidades de control master pack.....	126
FOTOGRAFIA 4.9. – Unidades de mando electrico.....	127
FOTOGRAFIA 4.10. – Protección para operación master pack.....	128

### CAPITULO 5 PROTECCION A MOTORES.

FOTOGRAFIA 5.1. – C.C.M. . . . . .	130
FOTOGRAFIA 5.2. – Gabeta de un motor que va en un c.c.m.....	130
FOTOGRAFIA 5.3. – Distribucion de un c.c.m. . . . . .	131
FOTOGRAFIA 5.4. - Conexión de arrancador electrónico Solcon.....	138
FOTOGRAFIA 5.5. - Instalación de un arrancador.....	139

**CAPITULO 6 PROTECCION A TRANSFORMADORES DE POTENCIA POR MEDIO DE RELEVADORES.**

<b>FOTOGRAFIA 6.1. - Subestación de 2000 kva.....</b>	<b>189</b>
<b>FOTOGRAFIA 6.2. - Vista de subestaciones.....</b>	<b>190</b>
<b>FOTOGRAFIA 6.3. - Protecciones en tableros.....</b>	<b>191</b>

**GLOSARIO**

<b>NOM</b>	<b>Norma oficial mexicana.</b>
<b>MM2</b>	<b>Milímetros cuadrados.</b>
<b>°c</b>	<b>Grados centígrados.</b>
<b>AWG</b>	<b>Designación de Cable.</b>
<b>KCM</b>	<b>kilo Circular Mil.</b>
<b>MCM</b>	<b>Mil Circular Mil.</b>
<b>(ASCR)</b>	<b>Acero cobre.</b>
<b>Kv.</b>	<b>Kilo volts.</b>
<b>NEC</b>	<b>Código nacional eléctrico.</b>
<b>Amp.</b>	<b>Amperes.</b>
<b>NEMA</b>	<b>National Electric Manufactures Association.</b> <b>Asociación de Manufactura Nacional Eléctrica.</b>
<b>ANSI</b>	<b>American National estándar Institute.</b> <b>Instituto Nacional Estándar Americano.</b>
<b>NFPA</b>	<b>National Prevention Association.</b> <b>Asociación Preventiva Nacional.</b>
<b>TIME DELAY</b>	<b>Tiempo de retraso</b>
<b>Ω</b>	<b>OHMS.</b>
<b>A</b>	<b>Amperes.</b>
<b>V</b>	<b>volts.</b>
<b>I</b>	<b>Corriente.</b>
<b>Z</b>	<b>impedancia.</b>
<b>CD.</b>	<b>Corriente Directa.</b>
<b>KA</b>	<b>Kilo Amper.</b>
<b>UL</b>	<b>Underwrites Laboratories</b> <b>Unión de Laboratorios.</b>
<b>RMS</b>	<b>Corriente asimétrica.</b>

<b>ART</b>	<b>Articulo.</b>
<b>SEG.</b>	<b>Segundo.</b>
<b>KVA</b>	<b>Kilo Volt Amper.</b>
<b>R</b>	<b>Resistencia.</b>
<b>L</b>	<b>Inductancia</b>
<b>C</b>	<b>Capacitancia.</b>
<b>OA</b>	<b>Enfriamiento Aire Aceite.</b>
<b>ON</b>	<b>Dentro.</b>
<b>OF</b>	<b>Fuera.</b>
<b>NMX</b>	<b>Normas Mexicanas.</b>
<b>NTIE</b>	<b>Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas.</b>
<b>CLM</b>	<b>Modulo de Corriente Limitador.</b>
<b>FP</b>	<b>Factor de Potencia.</b>
<b>C.C.M.</b>	<b>Centro de Control de Motores.</b>
<b>H.P.</b>	<b>Horse Power</b>
	<b>Caballos de potencia.</b>
<b>CNE</b>	<b>Corriente Nominal del Equipo.</b>
<b>CNM</b>	<b>Corriente Nominal del Motor.</b>
<b>C.A.</b>	<b>Corriente Alterna.</b>
<b>TC</b>	<b>Transformador de corriente.</b>
<b>TP</b>	<b>Transformador de potencial.</b>
<b>52<sup>a</sup></b>	<b>Contacto Auxiliar del interruptor.</b>
<b>52x</b>	<b>Bobina Auxiliar del interruptor.</b>
<b>52y</b>	<b>Bobina de anti-bombeo auxiliar del interruptor.</b>
<b>52cc</b>	<b>Bobina de cierre del interruptor.</b>
<b>BUS</b>	<b>Barras Colectoras .</b>
<b>Wt</b>	<b>Frecuencia.</b>
<b>Taps</b>	<b>Derivación de la bobina.</b>



<b>Reley</b>	<b>Relevador.</b>
<b>V.P.</b>	<b>Voltaje en el Primario.</b>
<b>V.S.</b>	<b>Voltaje en el Secundario.</b>
<b>KVA Transf.</b>	<b>Valor del transformador en K.V.A.</b>
<b>% Z</b>	<b>Por ciento en la impedancia.</b>
<b>L</b>	<b>Longitud.</b>
<b>XS</b>	<b>Impedancia thevenin.</b>
<b>XT</b>	<b>Impedancia tipo R</b>
<b>MVA</b>	<b>Mega Volts Ampers.</b>
<b>I.C.C.</b>	<b>Corriente de Corto Circuito.</b>
<b>T1,T2,T3,T4</b>	<b>Tiempo en segundos.</b>
<b>F.E.</b>	<b>Factor de Enfriamiento.</b>
<b>F.T.</b>	<b>Factor de Temperatura.</b>
<b>MONOF.</b>	<b>Monofásico.</b>
<b>TRIF.</b>	<b>Trifásico.</b>

## **RESUMEN AUTOBIOGRAFICO**

**Ernesto Sanmiguel Garza.**

**Candidato para el grado de  
Maestro en Ciencias de la Ingeniería Mecánica y Eléctrica con Especialidad en  
Potencia Eléctrica.**

**Tesis: Coordinación de Protecciones en Sistemas Eléctricos de Potencia en  
Industria del Álcali S.A. de C.V.**

**Campo de estudio : En la industria Mediana y Macro.**

**Biografía: Nacido en Monterrey Nuevo León, el 22 de Octubre de 1969, hijo de  
Jorge Sanmiguel Donovan y Josefina Garza Garza.**

**Formación académica: Técnico Electricista en I.T.E.S.M.**

**Ingeniero Electricista Universidad del Norte.**

**Experiencia Profesional: En Industria del Álcali S.A. de C.V. de 1988 a 1996  
labore como Técnico electricista, en 1997 a la fecha  
me desarrollo como supervisor de mantenimiento  
eléctrico plantas Adyacentes en Industria del Álcali**

