



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ARAGÓN"

***TABLERO DE PROTECCIÓN PARA UNA
LÍNEA LARGA DE TRANSMISIÓN EN 400
KV***

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
EN EL AREA: ELECTRICA - ELECTRONICA**

***PRESENTA:*
RAUL MANUEL AGUILAR ÁLVAREZ**

ASESOR: ING. JAVIER PÉREZ VARGAS

MÉXICO D. F.

MARZO 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

GRACIAS POR SER MIS PADRES

Cada segundo agradeceré a la vida por haber puesto en mi camino a dos seres excepcionales, ESPERANZA Y SALVADOR, quienes me cobijaron e hicieron posible el cumplimiento de esta meta, a quienes les debo mi carrera, a ellos mil gracias por todo su apoyo y comprensión, pero sobre todo mil gracias por todo su cariño.

GRACIAS POR SER MIS HERMANAS

El apoyo y el cariño dados incondicionalmente se perciben a cada instante cuando son sinceros, por ello doy gracias a Siryam, Sandy y Karly.

¡GRACIAS AL SER QUE ME DIO LA VIDA E HIZO POSIBLE LA MAGIA DE LLEGAR A ESTE MOMENTO, GRACIAS MAMA!

GRACIAS A:

Marina por su apoyo incondicional.

GRACIAS A:

Todas las personas que me dieron un valioso consejo para que este logro se hiciera posible.

GRACIAS A:

AL ING. JAVIER PÉREZ VARGAS

Por su asesoramiento

AL ING. FRANCISCO RAÚL ORTIZ GONZÁLEZ

Por su valiosa intervención en el análisis y desarrollo final de este trabajo

AL ING. FELIPE MÉNDEZ SAMPERIO

Por sus atinados consejos y apoyo incondicional

AL ING. JESÚS ANTONIO CHICO VENANCIO

Por sus valiosos consejos en momentos trascendentales de este trabajo de tesis.

AL ING. ALFREDO MONTAÑO SERRANO

Por ser mi profesor durante la carrera y su participación en este trabajo final.

GRACIAS A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO Y A LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN, POR DARME LA OPORTUNIDAD DE SER PARTE DE SU HISTORIA.

ÍNDICE

OBJETIVO.....	3
<u>I LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.....</u>	4
I. 1 Definición.....	5
I. 2 Longitud de las líneas de transmisión.....	6
I. 3. Materiales conductores usados en las líneas de transmisión.....	6
I. 4. Sección de conductores para líneas de transmisión.....	7
I. 5. Cálculo eléctrico de las líneas de transmisión.....	8
I. 5. 1 Diagrama de conductor tendido.....	9
I. 5. 2 Diagrama de diseño mecánico.....	10
I. 6. Tensión nominal.....	11
I. 7. Tensión máxima.....	11
I. 8. Transmisión con corriente continua a alta tensión.....	11
I. 9. Los sistemas de corriente alterna.....	15
I. 10. Sistemas en corriente continua.....	20
<u>II DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TABLERO DE PROTECCIONES.....</u>	23
Diagrama unifilar de protección de una línea.....	24
Diagrama físico de un sistema de protección por relevadores.....	26
Estructura de remate vista en detalle.....	27
Diagrama físico de un sistema de protección corte frontal.....	28
Transformador de potencial.....	28
Transformador de corriente.....	29
II. 1. Definiciones.....	33
II. 2. Alcance del suministro.....	33
II. 3. Clasificación.....	34
II. 4. Características de las líneas de transmisión.....	35
II. 4. 1 Tabla de características de las líneas de transmisión.....	35
II. 4. 2 Tabla de corrientes máximas de corto circuito.....	35
II. 5 Características del equipo asociado.....	36
II. 5. 1 Tabla de características de los transformadores de potencia.....	36
II. 5. 2 Tabla de características de los transformadores de corriente.....	36
II. 6. Características de fabricación.....	36
II. 7. Tablero simplex.....	37
II. 8. Barra mímica.....	38
II. 9. Barras auxiliares.....	38
II. 10. Alambrado del tablero.....	38

II. 11. Conductores.....	39
II. 12. Terminales.....	40
II. 13. Tablillas.....	40
II. 14. Ductos de plástico.....	41
II. 15. Transformadores.....	41
II. 16. Transformadores auxiliares de potencial.....	41
II. 17 Placas de identificación.....	41
II. 18 Secciones para líneas de transmisión, sub-transmisión y distribución.....	42

III: PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS RELEVADORES QUE COMPONEN EL TABLERO.....43

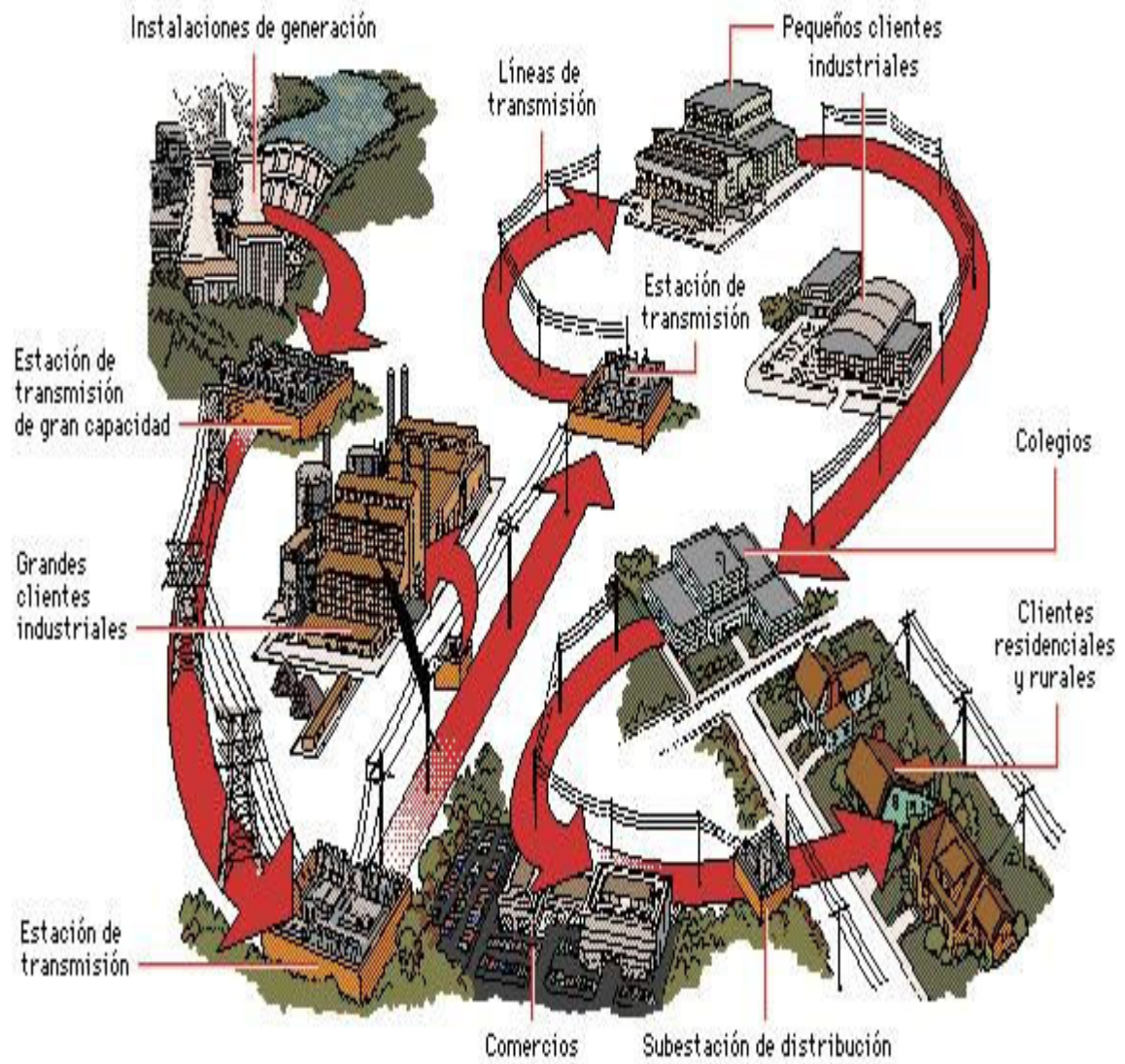
Introducción.....	44
Diseño de protección por relevadores.....	47
III. 1. Protección por relevadores.....	48
III. 2. Función de la protección por relevadores.....	51
III. 3. Principios de la protección por relevadores.....	51
III. 4. Características funcionales de la protección por relevadores.....	51
III. 4. 1 Sensibilidad.....	51
III. 4. 2 Confiabilidad.....	52
III. 5. Funcionamiento de los relevadores de protección.....	52
III. 6. Principios y características fundamentales del funcionamiento de relevadores.....	53
III. 6. 1. Principios de funcionamiento.....	53
III. 6. 2. Definiciones del funcionamiento.....	54
III. 6. 3. Indicadores de funcionamiento.....	54
III. 6. 4. Bobinas de sello y de retención, y relevadores de contacto de sello.....	55
III. 7. Relevadores de una sola magnitud del tipo de atracción electromagnética.....	55
III. 7. 1. Principios de funcionamiento.....	55
III. 8. Relevadores direccionales del tipo de atracción electromagnética.....	55
III. 9. Relevadores del tipo de inducción.....	56
III. 10. Relevadores de protección para una línea larga de 400kv.....	56
III. 11. Requisitos de los relevadores auxiliares.....	56
III. 12. Requisitos de los relevadores auxiliares de disparo y de bloqueo sostenido.....	56
III. 13. Requisitos de los relevadores multi-bandera o discriminadores de operación.....	57
III 14. Relevadores de protección de distancia (21 I/21 n).....	57
III. 14. 1. Generalidades.....	57
III. 14. 2 Características técnicas.....	60
III. 15. Relevador direccional de sobre corriente.....	60
III. 16. Relevador de falla de interruptor.....	61
III. 17. Relevador de hilo piloto o diferencial de línea (87I).....	62

III 18. Relevadores de recierre	62
III. 19. Relevador verificador de sincronismo.....	63
III. 20. Relevadores para protección de transformadores (87t).....	64
III. 21. Relevadores para protección de reactores (87r).....	64
III. 21. 1. Protección diferencial de reactor.....	64
III. 21. 2 Protección de sobre corriente.....	65
III. 22. Relevador diferencial de barras.....	64
III. 23. Localizador de fallas.....	65
III. 24. Uso de los registradores de disturbios.....	66
III. 24. 1 Características.....	66
III. 25. Conmutadores.....	68
III. 26 Tabla listado de relevadores de protección aprobado.....	69
Ejemplos de relevadores.....	72
Control eléctrico de restaurador.....	73
IV: COSTOS Y NORMAS DE CALIDAD.....	74
IV. 1. Evaluación de la protección por relevadores.....	75
IV. 2. Verificación de la calidad de la energía eléctrica.....	76
IV.2.1.Tabla pruebas de prototipo del equipo de protección de acuerdo a las normas de calidad.....	77
IV. 2. 2. Tabla pruebas de aceptación del equipo de protección, control y medición de acuerdo a las normas de calidad.....	78
IV. 3. Condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.....	79
Costos de equipos de potencia.....	90
CONCLUSIONES.....	92
GLOSARIO.....	93
BIBLIOGRAFÍA.....	94

OBJETIVO

Ilustrar de manera práctica y basada en principios fundamentales de la ingeniería eléctrica, acerca de las características que tienen las líneas de transmisión como servicio fundamental para el desarrollo de un país, su forma básica de operación. El funcionamiento y construcción de un tablero de protecciones por relevadores debido a su trascendencia y eficiencia para la protección de las líneas de transmisión y la descripción detallada de los relevadores que componen el tablero como elemento básico de un adecuado funcionamiento de los sistema de transmisión de línea larga de 400 kV.

I. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN



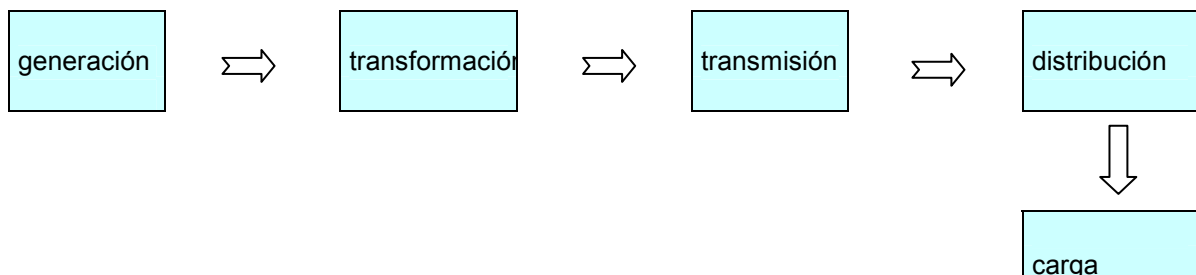
El desarrollo de los sistemas eléctricos de potencia tiene una gran importancia en estos tiempos debido a que representan una de las causas en el desarrollo de los países. Cada vez son más grandes los esfuerzos de construir plantas de generación de energía eléctrica (hidroeléctrica, termoeléctrica, nuclear, etc.).

Es de primordial importancia mantener la generación de energía eléctrica en una forma continua, es decir, con un mínimo de interrupciones, es por ello que se han implementado cada día nuevos y mejores elementos en la transmisión de energía eléctrica y en la protección de estos sistemas.

I. 1. DEFINICIÓN

En una forma bastante simple, se puede decir que un sistema eléctrico se encuentra formado por varios elementos que se interconectan entre si con el fin de conseguir el objetivo deseado (transmitir energía eléctrica).

En un sistema eléctrico de potencia los elementos principales que componen el sistema son: las fuentes de energía primarias (agua, carbón, petróleo, gas, material nuclear, etc.) los convertidores de energía (caldera, turbina, alternador, transformadores), los dispositivos de medición y protección, las líneas de transmisión. Físicamente estos sistemas pueden ser muy complejos y cubrir grandes zonas geográficas pero en su forma mas elemental pueden ser representados por diagramas de bloques, como se indica a continuación.



Una línea de transmisión consiste esencialmente de un grupo de conductores dispuestos paralelamente y montados sobre soportes que proporcionan el aislamiento requerido entre conductores y entre conductores de tierra.

Dependiendo del material de que están hechos y sus dimensiones los conductores tienen una resistencia definida, por otra parte el campo magnético producido por la corriente alterna en un conductor se eslabona con los otros produciendo una inductancia asociada con cada conductor. Además existe una capacitancia entre cada par de conductores y entre cada conductor y tierra y por otro lado ya que el aislamiento no es perfecto y por consecuencia puede haber una corriente de dispersión a tierra.

I. 2. LONGITUD DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Siguiendo el criterio convencional de clasificar las líneas de transmisión por su longitud en la actualidad no se puede establecer una longitud determinada para las llamadas líneas cortas, medias o largas debido a los cambios que ha habido en los conceptos de transmisión al introducirse la extra alta tensión y aumentar considerablemente los volúmenes de generación por unidad, sin embargo una idea de esta clasificación por longitud se obtiene con los valores siguientes:

- líneas cortas de menos de 80 kilómetros de longitud
- líneas medias de 80 a 240 kilómetros de longitud
- líneas largas de más de 240 kilómetros de longitud

Un criterio práctico no generalizado es que una línea de transmisión debe tener como mínimo 1 kV por cada kilómetro de longitud.

I. 3. MATERIALES CONDUCTORES USADOS EN LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Los materiales más comunes usados en las líneas de transmisión son el cobre duro y aluminio. El aluminio por su conductividad y bajo peso es empleado en líneas con claros grandes, en claros pequeños (distancia interpostal) se puede emplear cobre o aluminio, pero por lo general en líneas de transmisión de altas tensiones los claros

grandes son comunes por lo que se emplean conductores de aluminio con “alma” de acero para dar una mayor resistencia mecánica.

Dado que los materiales cobre y aluminio se pueden emplear como conductores eléctricos es conveniente referirse al área de un conductor de aluminio en términos del área de un conductor de cobre que tiene la misma resistencia eléctrica, a esto se le conoce como el área equivalente de cobre. Normalmente se emplean conductores formados por varios hilos en forma trenzada, en lugar de conductores sólidos, en el caso de los conductores de aluminio y acero y se conocen como el alma del conductor.

La principal razón para preferir el uso de conductores trenzados formados por varios conductores de menor sección en lugar de conductores sólidos, es prevenir problemas de vibraciones que se tienen con los conductores sólidos y que podrían fracturar los soportes, por otra parte los conductores trenzados son mas fáciles de manipular que los sólidos para una sección transversal dada especialmente en grandes longitudes, además de no olvidar el efecto Joule, ya que al ser un mayor número de hilos se dispersa más cantidad de calor evitando así algo de pérdidas.

I. 4. SECCIÓN DE CONDUCTORES PARA LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Para seleccionar el conductor más adecuado a utilizar en una línea de transmisión se debe previamente realizar el estudio técnico económico comparativo correspondiente. Para seleccionar el tipo de conductor en cuanto a material se refiere es necesario investigar las características de corrosión galvanizada y/o atmosférica en la zona en que se localizará la línea, a fin de utilizar el material adecuado.

La intensidad de corrosión se clasifica en:

- Fuerte (F)
- Media (M)
- Ligera (L)

LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Generalmente se recomienda utilizar los siguientes tipos de cables conductores

- a) cable de aluminio con núcleo de acero (ACSR)
- b) cable de aluminio con núcleo de alumónelo (ACSR/AW)
- c) cable de cooperweld y cobre (CW-CU)

Dependiendo de la zona de corrosión se recomienda lo siguiente en cuanto a tipo de cable.

Zona de corrosión	Tipo de cable

Fuerte (F)	CW-CU
Media (M)	ACSR/AW
Ligera (L)	ACSR

La corrosión se califica en base a los efectos producidos por el clima combinado con los siguientes medios ambientales: marino, industrial y rural.

I. 5. CÁLCULO ELÉCTRICO DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

El cálculo o diseño de una línea de transmisión consta de varios aspectos entre los que se pueden mencionar como más importantes en el caso de las líneas los siguientes: calculo eléctrico, calculo mecánico y cálculo o diseño de aislamientos.

El cálculo eléctrico se inicia desde que se establecen las características de servicio de la línea es decir la tensión de transmisión, la potencia que se transmitirá, la distancia y las características de la carga. Dichos cálculos se muestran gráficamente en las siguientes figuras.

Figura I. 5. 1

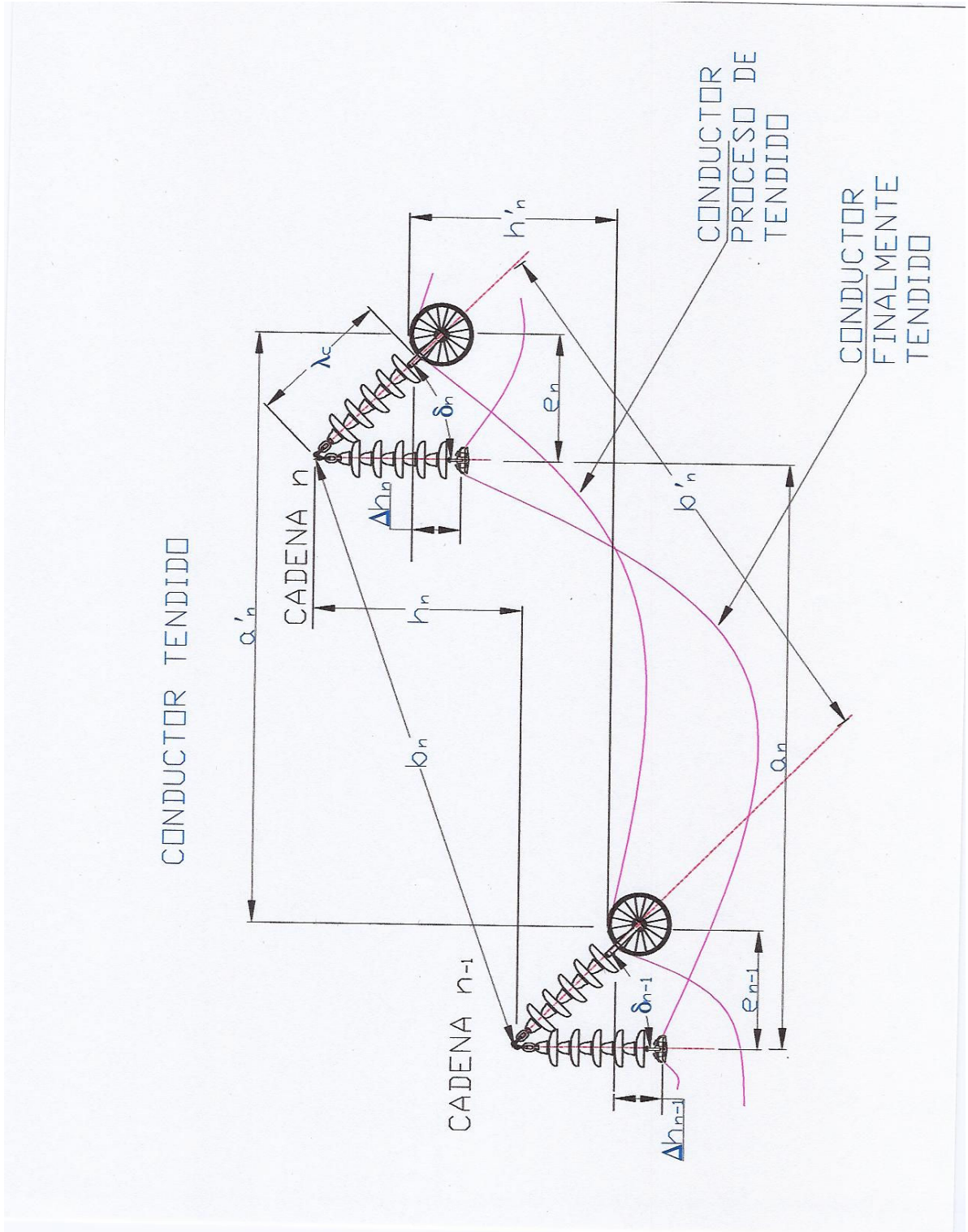
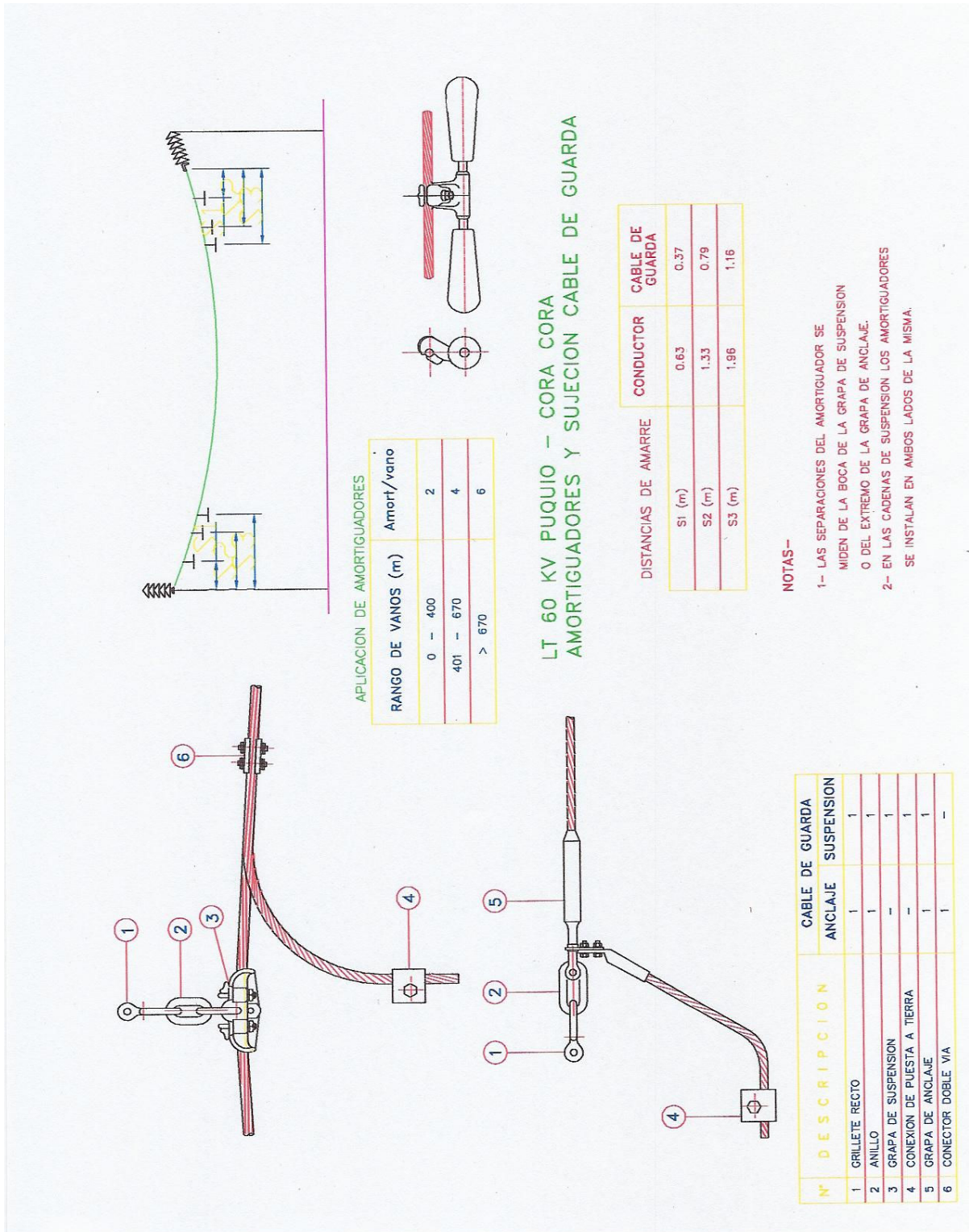


Figura I. 5. 2



I. 6. TENSIÓN NOMINAL

Es la tensión de designación a la cual se refiere la tensión de operación con sus variaciones permisibles y otras características operativas.

I. 7. TENSIÓN MAXIMA

Es el valor máximo de tensión que ocurre en el sistema en condiciones normales de operación.

A continuación se describen las tensiones nominales más usuales y sus respectivas tensiones máximas en la República Mexicana.

Tensión Nominal (kV)	Tensión Máxima (kV)
69.0	72.5
85.0	89.0
115.0	123.0
138.0	145.0
161.0	170.0
230.0	245.0
400.0	420.0

I. 8. TRANSMISIÓN CON CORRIENTE CONTINUA A ALTA TENSIÓN

En años recientes se ha desarrollado un sistema de transmisión con corriente continua a alta tensión. La energía eléctrica se genera con corriente alterna, la tensión se eleva mediante un transformador al valor necesario y se rectifica para realizar la transmisión con corriente continua; en el extremo receptor se sigue el proceso inverso. Este sistema se realizara debido al perfeccionamiento de equipos rectificadores e inversores de alta tensión, basados en la válvula de arco de mercurio controlada por rejilla. La primera instalación industrial de este tipo entró en servicio en Suecia en 1954, transmitiendo 20,000 kW a una distancia de 97 kilómetros a través de un cable submarino a una

tensión de 100 kV. Actualmente se experimentan equipos de conversión realizados con rectificadores controlados de silicio (thyristores).

En todos los casos el sistema de corriente continua interconecta dos sistemas de corriente alterna, ya que el funcionamiento de las válvulas como inversoras requiere la existencia de una fuente de corriente alterna.

Los sistemas desarrollados permiten invertir el sentido de la transmisión, haciendo que la estación rectificadora funcione como inversora y viceversa. Esto se logra ajustando el punto de encendido de las válvulas mediante el control de rejilla.

Considérese que el sistema de transmisión de corriente continua transmite la misma potencia (P) en Watts (W) que el de corriente alterna, con las mismas pérdidas (p) y el mismo calibre de conductores (dos conductores en el caso de corriente continua y tres en el caso de corriente alterna):

La potencia del sistema de corriente alterna, suponiendo que el factor de potencia es igual a 1, está dada por la siguiente expresión:

$$P = 3(\text{Voltaje de corriente alterna})$$

La potencia del sistema de corriente continua es:

$$P = IV \quad \text{donde:}$$

I= Corriente continua y

V=Voltaje

a) Transmisión con corriente alterna

b) Transmisión con corriente continúa

Las pérdidas con corriente alterna y con corriente continua son respectivamente:

$$P = 3I_a^2 R$$

$$P = 2I^2 R$$

Y como las pérdidas son iguales en los dos casos

$$3I_a^2 R = 2I^2 R \quad i = \sqrt{\frac{3}{2}} v_a$$

Igualando las expresiones de las potencias:

$$3v_a I_a = \sqrt{\frac{3}{2}} I_a v \quad v = \sqrt{6} v_a$$

Suponiendo que el nivel de aislamiento es proporcional al valor de cresta de la tensión a tierra:

$$\frac{\text{Nivel de aislamiento c. c.}}{\text{Nivel de aislamiento c. A}} = \frac{\frac{v}{2}}{v_a \sqrt{2}} = \frac{\frac{\sqrt{6} v_a}{2}}{v_a \sqrt{2}} = \frac{\sqrt{3}}{2} = 0.87$$

es decir que el sistema de corriente continua, para transmitir la misma potencia, a la misma distancia, con las mismas pérdidas y el mismo calibre de conductores que el sistema de corriente alterna, requiere únicamente dos conductores, en vez de tres, es decir el 67%, y una tensión a tierra cuya magnitud es el 87% del valor de cresta de la tensión del sistema de corriente alterna y, por lo tanto, su nivel de aislamiento necesita ser únicamente el 87% del sistema de corriente alterna.

Para que la línea de corriente continua resulte más económica que la de corriente alterna es necesario que el ahorro que se obtiene en las líneas mismas compense el costo de las instalaciones terminales de rectificación e inversión. Como el costo de una línea es

LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

proporcional a su longitud, mientras más larga sea la distancia a que se requiere transmitir la energía eléctrica, mayor será el ahorro que se obtiene con la línea de corriente continua y existirá una longitud para lo cual los costos de los dos sistemas, incluyendo las instalaciones terminales que serán iguales. Para longitudes mayores el costo de la transmisión de corriente alterna. En el estado actual de la tecnología esta distancia resulta del orden de 1,000 kilómetros.

Al calcular los costos de las ecuaciones de rectificación e inversión, hay que tener en cuenta que el funcionamiento del equipo inversor requiere que la corriente este adelantada con respecto al voltaje, lo que significa que es necesario suministrar potencia reactiva al lado de corriente alterna del inversor. La potencia reactiva necesaria es del orden del 50% de la potencia real transmitida.

Otra limitación de la transmisión con corriente continua es que no se ha desarrollado hasta la fecha un interruptor para corriente continua a alta tensión, lo que constituye un obstáculo para la interconexión de sistemas de corriente continua y ha limitado esta técnica a la transmisión entre dos puntos. A diferencia de lo que ocurre con la corriente alterna, en que la interrupción de la corriente se facilita porque la intensidad de la corriente se reduce a cero dos veces en cada ciclo, en el caso de la corriente continua toda la energía del circuito tiene que disiparse antes de lograr la interrupción. Esta puede lograrse mediante el control de rejilla de las válvulas en las estaciones terminales.

Existen actualmente en servicio líneas aéreas de corriente continua con tensiones entre hilos de 800 kV (± 400 kV a tierra).

Para el caso de la transmisión con cables subterráneos o submarinos, en un sistema de corriente alterna, debido al elevado valor de la capacitancia de los cables, la corriente capacitiva puede alcanzar valores muy altos, incluso para distancias relativamente cortas.

La longitud de un cable para la que la corriente capacitiva resulta igual a la corriente que puede conducir el cable, se llama longitud crítica; para el caso de un cable de 200 kV. Es del orden de 45 kilómetros.

En cambio con corriente continua no existe esta limitación. Esta es la razón por la que la mayor parte de las instalaciones con corriente continua a alta tensión que se han realizado consisten en aplicaciones con cables submarinos de alta tensión, con tensiones que llegan a 5 kV entre hilos (± 250 kV a tierra)

I. 9. LOS SISTEMAS DE CORRIENTE ALTERNA

Con el invento del transformador por Gaulard y Gibbs en 1883 se hizo posible la elevación eficiente y económica de la tensión utilizando sistemas de corriente alterna. Por esta razón el sistema de corriente alterna para la generación la transmisión desplazó al de corriente continua, permitiendo la transmisión de grandes cantidades de energía eléctrica a grandes distancias. En la distribución, el uso de la corriente alterna se ha generalizado también, aunque sobrevivieron hasta fechas recientes algunos sistemas de distribución de corriente continua en algunos sectores de ciertas ciudades. Por otra parte la superioridad del motor de corriente continua sobre el de corriente alterna para las aplicaciones de tracción, hizo que se hayan mantenido hasta la fecha sistemas de tracción de corriente continua, con tensiones de hasta 3,000 volts.

Los primeros sistemas de corriente alterna fueron monofásicos. En 1884 Gaulard realizó una transmisión de corriente alterna monofásica de 40 kilómetros de longitud en la región de Turín (Italia). En 1886 se puso en servicio en Estados Unidos de America un sistema de corriente alterna monofásica, usando transformadores con tensión primaria de 500 volts y tensión secundaria de 100 volts. En 1887 entró en servicio un sistema de transmisión y distribución con corriente alterna en la ciudad de Lucerna (Suiza) y en 1888 en Londres (Inglaterra).

En 1883, Tesla inventó la corriente polifásica, en 1886 desarrolló un motor polifásico de inducción y en 1887 patentó en los Estados Unidos un sistema de transmisión trifásico.

La primera línea de transmisión trifásica se desarrolló rápidamente y es actualmente de empleo general, ya que presenta la ventaja de que la potencia total suministrada es constante, siempre que el sistema trifásico este equilibrado, mientras que en un sistema monofásico la potencia suministrada es pulsante. Además, para una misma potencia, un

generador o un motor monofásico es más grande y por lo tanto más caro que el correspondiente trifásico.

Otros sistemas polifásicos han tenido un desarrollo limitado. Por ejemplo, en un sector de París se instaló un sistema de distribución llamado bifásico, pero que en realidad es un sistema de cuatro fases, con cuatro tensiones de la misma magnitud y desfasada 90° . Las alimentaciones troncales están constituidas por cuatro hilos de fase y un neutro; los ramales, de dos hilos de fase, que corresponden a dos tensiones en oposición y un neutro. Actualmente este sistema de distribución se alimenta desde la red trifásica a través de transformadores con conexión Leblac y está siendo sustituido por un sistema de distribución trifásico.

Se comparará a continuación, desde el punto de vista del costo de los conductores, un sistema monofásico de dos hilos, un sistema monofásico de tres hilos y con un sistema trifásico de cuatro hilos; suponiendo que se transmite la misma potencia, con las mismas pérdidas, a la misma distancia y con la misma tensión a tierra. Esta última condición determina el aislamiento en la línea aérea y en los cables monofásicos.

Llamamos:

- P = potencia real transmitida
- p = pérdidas por efecto joule
- v = tensión a tierra
- I_1, I_2, I_4 = corrientes que circulan por los conductores
- R_1 = resistencia de cada conductor, sistema de una fase, dos hilos.
- R = Resistencia de cada conductor, sistema de fases, tres hilos.
- R_3 = Resistencia de cada conductor, sistema de tres fases, tres hilos
- R_4 = Resistencia de cada conductor, sistema de tres fases, cuatro hilos.

Se supone que la carga conectada está equilibrada y que el factor de potencia de las cargas es el mismo en todos los casos.

Para el caso del sistema monofásico de dos hilos:

$$P = v I_1 \cos \phi \qquad I_1 = \frac{P}{v \cos \phi}$$

$$P = 2R_1 I_1^2 = \frac{2R_1 P^2}{v^2 \cos^2 \phi}$$

Para el caso del sistema trifásico de tres hilos:

$$P = 3v I_3 \cos \phi \qquad I_3 = \frac{P}{3v \cos \phi}$$

$$P = 3R_3 I_3^2 = \frac{3R_3 P^2}{9v^2 \cos^2 \phi}$$

Igualando las pérdidas en los dos casos anteriores

$$\frac{2R_1 P^2}{v^2 \cos^2 \phi} = \frac{3R_3 P^2}{9v^2 \cos^2 \phi}$$

$$\frac{R_3}{R_1} = 6$$

Para la misma longitud y la misma resistividad, el área de la sección recta de los conductores es inversamente proporcional a la resistencia y el peso, y por lo tanto el costo de los conductores es directamente proporcional a el área.

Si llamamos C_1 al peso de cada conductor del sistema monofásico de dos hilos y C_3 al peso de cada conductor del sistema tres hilos:

$$\frac{C_3}{C_1} = \frac{1}{6}$$

y como en el primer caso hay dos conductores y en el segundo tres:

$$\frac{3C_3}{2C_1} = \frac{3}{2 \times 6} = \frac{1}{4}$$

es decir el peso total de los conductores del sistema trifásico es la cuarta parte del peso de los conductores del sistema monofásico.

Se comparará ahora el costo de los conductores de un sistema monofásico de tres hilos con un sistema trifásico de cuatro hilos. Las secciones del tercer hilo de sistema monofásico y del cuarto hilo del sistema trifásico son, respectivamente, la mitad de la sección de los conductores de fase correspondiente.

Si las cargas están equilibradas no circulará ninguna corriente por los neutros.

Para el caso del sistema monofásico de tres hilos se tiene:

$$P = 2v I_2 \cos \phi \qquad I_2 = \frac{P}{2v \cos \phi}$$

$$P = 2R_2 I_2^2 \qquad P = \frac{2R_2 P^2}{4v^2 \cos^2 \phi}$$

Para el caso del sistema trifásico de cuatro hilos, si no circula corriente por el neutro se tendrá la misma expresión para las pérdidas que la hallada para el sistema trifásico de

$$P = \frac{3R_4 P^2}{9v^2 \cos^2 \phi}$$

Igualando las pérdidas en los dos casos y simplificando:

$$\frac{R_4}{R_2} = \frac{3}{2}$$

Si C_2 es el peso de un conductor de fase del sistema monofásico de tres hilos y C_4 el peso de un conductor de fase del sistema trifásico de cuatro hilos:

$$\frac{C_4}{C_2} = \frac{2}{3}$$

Tomando en cuenta la existencia del conductor neutro en ambos sistemas, cuya sección es la mitad de la sección de los conductores de fase, es decir:

$$\frac{\text{Peso conductores } 3 \phi, 4 \text{ hilos}}{\text{Peso conductores } 1 \phi, 3 \text{ hilos}} = \frac{2 \times 3.5}{3 \times 2.5} = \frac{7}{7.5}$$

por lo que, el sistema trifásico de cuatro hilos resulta más económico desde el punto de vista de los conductores.

Actualmente se usan sistemas de corriente monofásicos únicamente en algunos sistemas de distribución, especialmente en Estados Unidos de America y para la alimentación de sistemas de tracción eléctrica. En todos los casos estos sistemas monofásicos se alimentan desde sistemas trifásicos..

Por lo que hace a los sistemas trifásicos, se usan tres conductores siempre que el desequilibrio entre las potencias de las tres fases es pequeño, que es el caso en las aplicaciones de transmisión. En los sistemas de distribución se usa frecuentemente el cuarto hilo, especialmente en los circuitos de baja tensión.

En lo que se refiere a la frecuencia eléctrica utilizadas en los sistemas de corriente alterna, inicialmente se prefirieron frecuencias bajas para disminuir las reactancias inductivas de las líneas y por razones de diseño de los motores de tracción, lo que hizo que se extendiera el uso de la frecuencia de 25 Hz. Posteriormente se fue imponiendo el uso de frecuencias más elevadas, de 50 Hz y 60 Hz, debido a que una frecuencia mayor permite utilizar circuitos magnéticos de menor sección para una potencia dada, lo que da como resultado aparatos de menor tamaño y más baratos.

A partir de la introducción de la transmisión con corriente alterna trifásica a fines del siglo pasado, la cantidad de energía transmitida, la longitud de las líneas y la tensión de transmisión han aumentado constantemente.

En 1896 se instaló una línea de 25 kV en Estados Unidos de America.

En 1903 entró en servicio una línea de 60 kV entre la planta hidroeléctrica de Necaxa y la ciudad de México, lo que constituyó en aquel momento la tensión más elevada en el mundo.

En 1913 en Estados Unidos de America las tensiones de transmisión subieron a 150 kV, en 1923 a 220 kV y en 1932 a 287 kV, en. En 1952 entró en servicio en Suecia un sistema de 400 kV., en 1958 uno de 500 kV. En la Unión Soviética y en 1955 un línea de 735 kV. En Canadá. La tensión más alta actualmente en servicio es de 765 kV y están en estudio líneas de más de 1,000 kV.

I. 10. SISTEMAS EN CORRIENTE CONTINUA

Podemos iniciar diciendo que el descubrimiento del fenómeno de la inducción electromagnética por Faraday, en 1831, que dio lugar a la invención del generador eléctrico, es el punto de partida de la electrotécnica, cuyo desarrollo está íntimamente ligado al de los sistemas eléctricos. Se considera que los sistemas de energía eléctrica se dieron inicio en 1882 con las instalaciones de Edison en Nueva York (Nueva York), aunque existían ya algunas instalaciones de alumbrado utilizando lámpara de arco eléctrico.

Inicialmente, el suministro de energía eléctrica se hizo en corriente continua en baja tensión, utilizando el generador de corriente continua (dínamo) desarrollado en 1870 por Gramme. La carga inicial estaba constituida por lámparas incandescentes de filamentos de carbón y en 1884 se empezaron a utilizar motores de corriente continua.

La utilización de sistemas en corriente continua a baja tensión limitaba, por razones económicas, la distancia a que podía transmitirse la energía eléctrica con una regulación de voltaje aceptable.

Es fácil ver que si la tensión de transmisión se hacen “n” veces mayor, el peso del conductor necesario para transmitir una potencia dada, con unas pérdidas determinadas, se reduce “n²” veces.

En efecto, considérese el sistema de corriente continua de dos hilos, si se aumenta la tensión de V a V₁ = nV, manteniendo la potencia suministrada P = VI, constante, la corriente disminuye a:

$$I_1 = \frac{I}{n}$$

Puesto que las pérdidas por efecto joule en los dos conductores de la línea se van a mantener al mismo valor:

$$I^2 R = I_1^2 R_1 = \frac{I^2}{n^2} R_1$$

$$R_1 = n^2 R$$

Es decir, la resistencia de los conductores, cuando se usa una tensión “n” veces mayor, puede ser “n²” veces mayor que la que se tienen con una tensión y para cumplir con la condición de las pérdidas, sean iguales; por lo tanto la sección, el volumen y el peso del conductor son $\frac{1}{n^2}$ veces menores.

Igualmente, si el criterio de comparación es que la caída de tensión en la línea represente el mismo porcentaje de la tensión entre hilos utilizada, puede mostrarse que la sección (y por lo tanto el peso de los conductores) puede reducirse “n²” veces cuando la tensión entre hilos aumenta n veces.

En efecto, la caída de tensión en la línea, referida al voltaje entre hilos, esta dada por las siguientes expresiones:

$$\frac{RI}{V} = \frac{R_1 I_1}{V_1} = \frac{R_1 \frac{I}{n}}{nV}$$

R1 0 n2 R

Se considera a Marcel Deprez como el precursor de la transmisión de energía eléctrica a alta tensión. En un informe presentado a la Academia de Ciencias de París (Francia), en 1881, enunció la tesis de que elevando la tensión se puede transmitir una energía eléctrica de cualquier potencia a una gran distancia, con pérdidas mínimas. Al año siguiente realizó el experimento de transmitir con corriente continua una potencia de 1.5 kW a una tensión de 2,000 volts, a una distancia de 57 kilómetros.

La transmisión en corriente continua a alta tensión tuvo algunas aplicaciones industriales limitadas, de las cuales la más importante fue el sistema Thury que consistía en conectar en serie varios generadores de corriente continua con excitación serie, funcionando a corriente constante, para obtener la tensión de transmisión requerida por la carga, que consistía en motores conectados también en serie. Uno de estos sistemas funcionó en la región de Lyon (Francia), transmitiendo con una corriente constante de 75 amperes, a una tensión variable.

II DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN TABLERO DE PROTECCIÓN

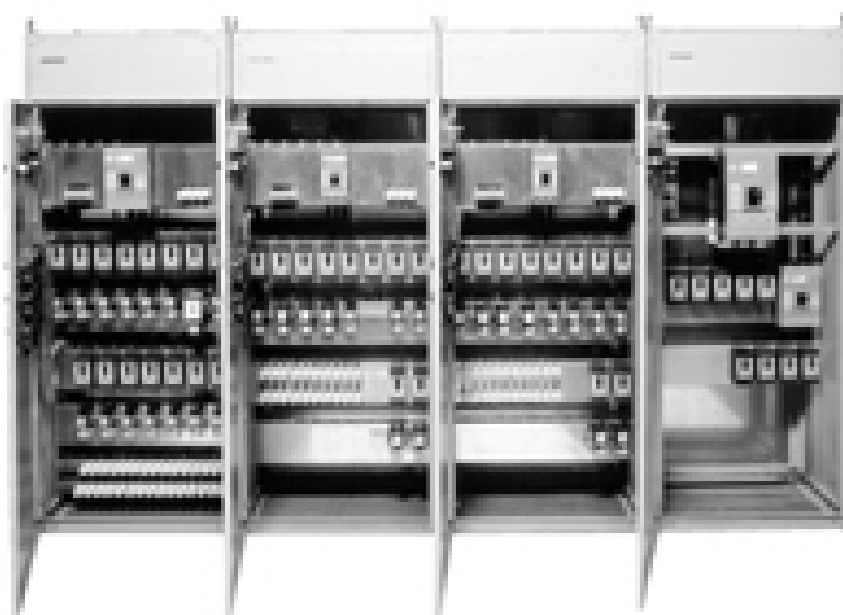


DIAGRAMA UNIFILAR DE PROTECCIÓN DE UNA LÍNEA

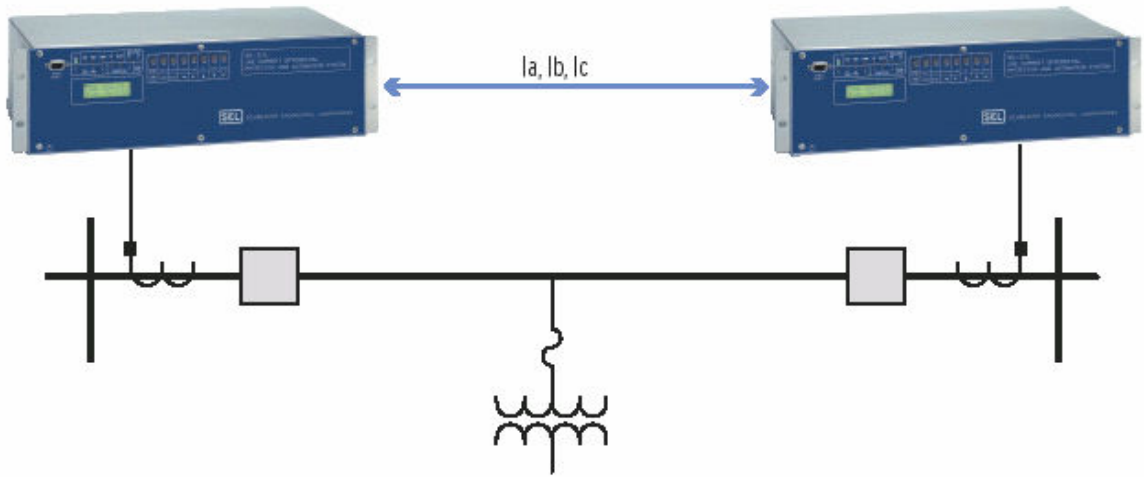


FIGURA II. 1.

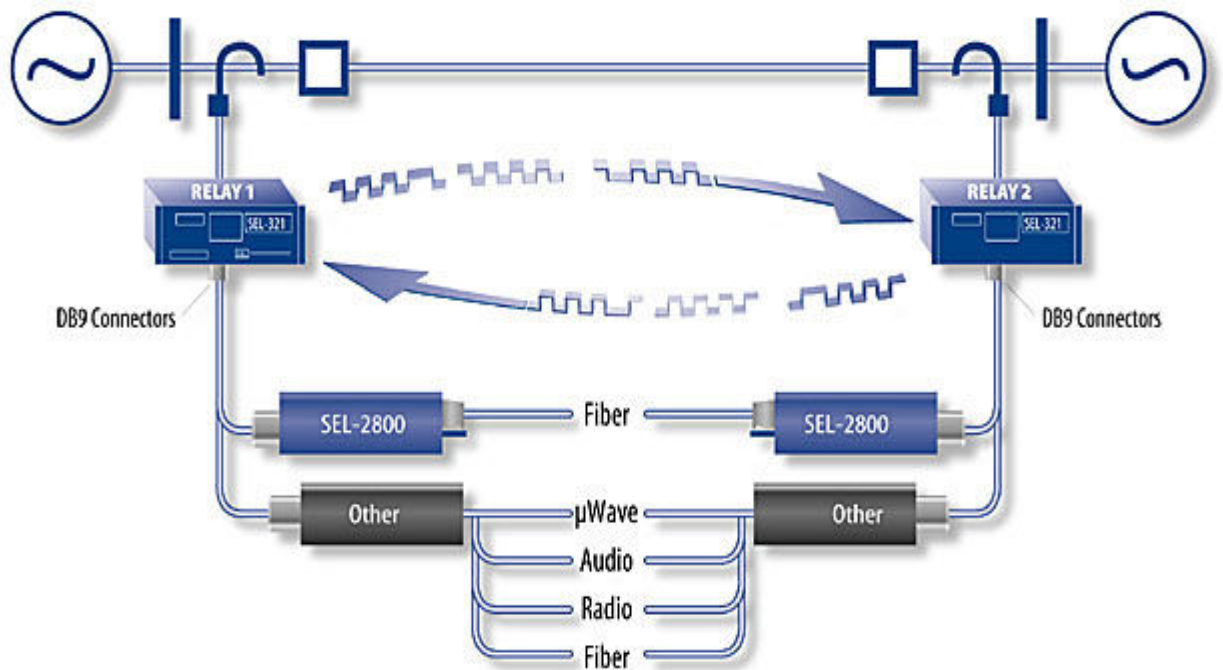
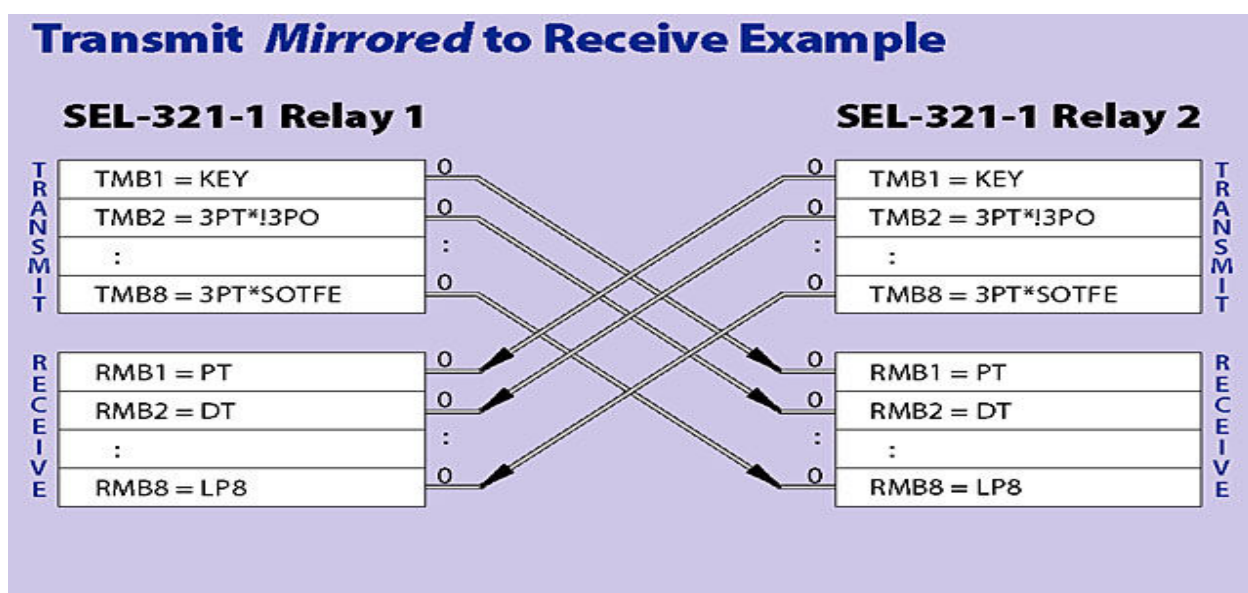
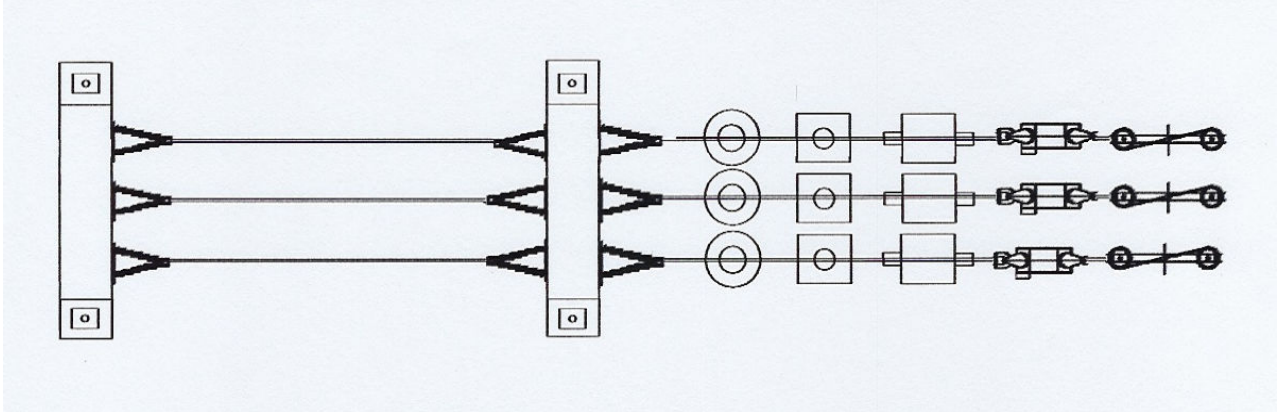


FIGURA II. 2.

En la figura II.1 tenemos el diagrama unifilar que nos representa la protección de una línea de transmisión por medio de relevadores, los cuales en este ejemplo son dos relevadores diferenciales conectados en serie a un transformador de corriente en cada uno de los extremos, es decir en cada una de las subestaciones indicadas, estos relevadores se comunican entre si ya sea por vía subterránea o a través del hilo de guarda, para poder detectar las fallas a lo largo de la línea de transmisión. En la figura II.2 tenemos un ejemplo similar pero con un relevador DB9, este relevador es un relevador bi-direccional, relevador a relevador, eliminando la necesidad de cablear entradas y salidas entre el relevador y el equipo de comunicaciones, lo cual reduce instalaciones y mantenimientos costosos. Este tipo de relevadores proporciona una técnica de comunicaciones innovadora, económica relevador-a-relevador que envía estados lógicos internos codificados en un mensaje digital, de un relé a otro. Esta nueva capacidad de comunicaciones lógicas relevador-a-relevador, denominada comunicaciones MIRRORED BITS TM , abre la puerta a numerosas aplicaciones de protección, control y monitoreo que requerirían de otra manera, más equipo externo costoso de comunicaciones, cableado a través de contactos y entradas de control. Las aplicaciones para las comunicaciones MIRRORED BITS incluyen esquemas piloto de protección de línea, control y monitoreo remoto de aparatos y disparo cruzado de relés . Es más rápido, simple, menos costoso y más poderoso que los esquemas convencionales



**DIAGRAMA FISICO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN POR
RELEVADORES
(VISTA DE PLANTA)**



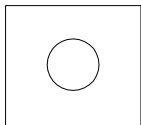
CUCHILLAS



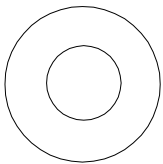
INTERRUPTOR DE POTENCIA 400KV



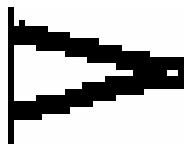
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (TC)



TRANSFORMADOR DE POTENCIAL (TP)

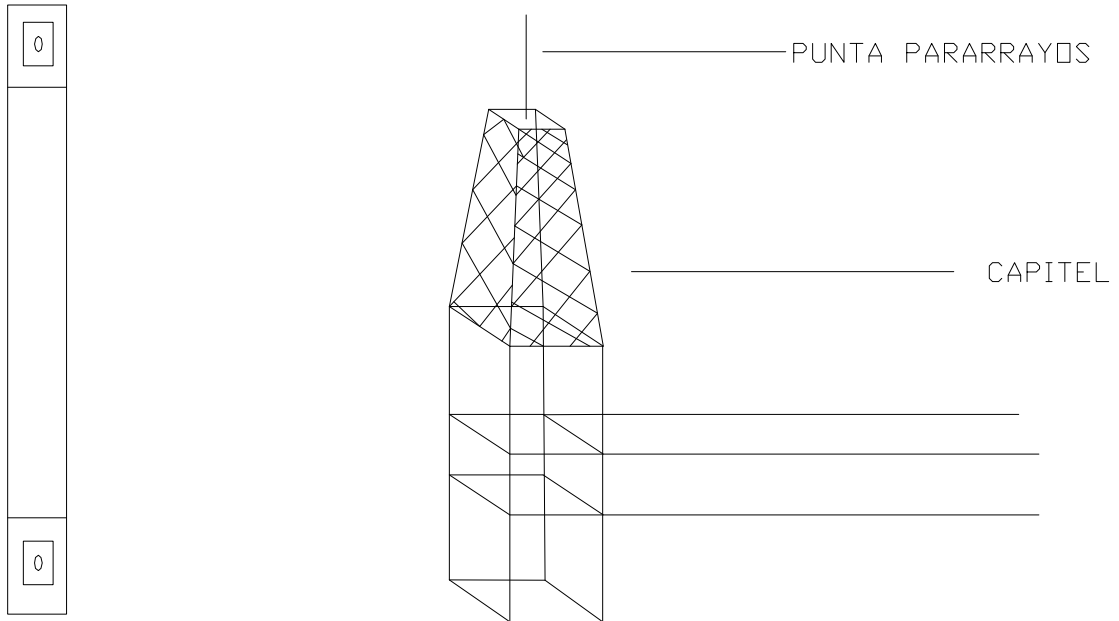


APARTARRAYOS



DOBLE CADENA DE AISLADORES

ESTRUCTURA DE REMATE VISTA EN DETALLE



□ Peso ligero

APARTARRAYOS CLASE SUBESTACIÓN

- Características de protección excelente.
- Alta capacidad de absorción de energía.
- Alta capacidad de alivio de presión diseño simple, servicio confiable
- Posibilidad de monitoreo en servicio.

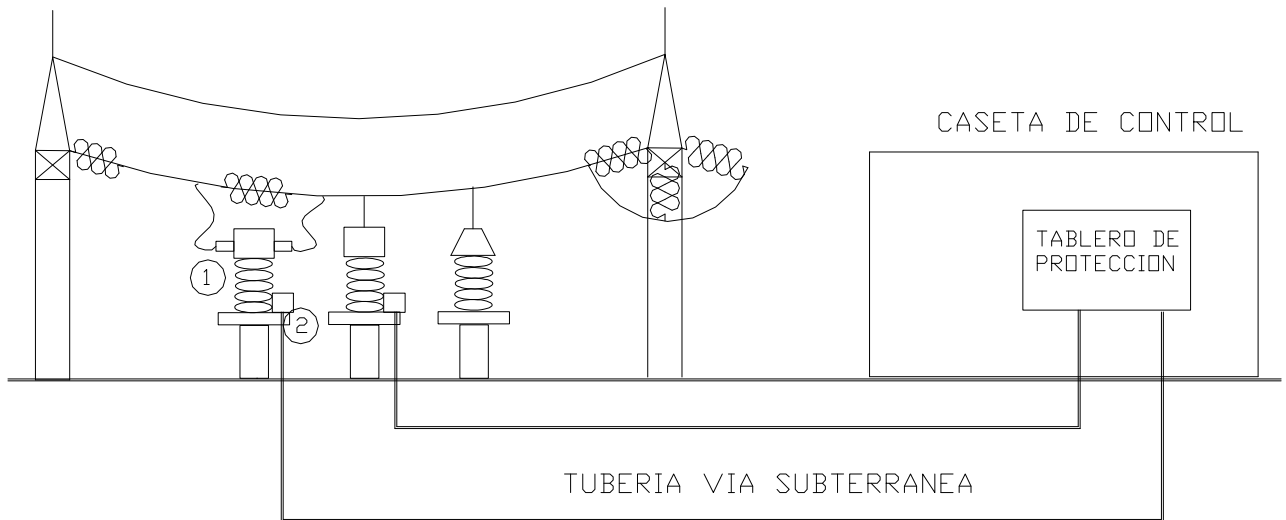


bases.

INTERRUPTOR DE POTENCIA

Los interruptores son fabricados en rangos desde 15.5 kV hasta 1100 kV, desde 600 amperes hasta 6,500 amperes. Ambas cuchilla manuales y moto operados se encuentran disponibles. Los interruptores son típicamente embarcados ensamblados en aisladores de rangos de 48.3 kV y menores y montados con las partes vivas en la

DIAGRAMA FÍSICO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CORTE FRONTAL



TRANSFORMADOR DE POTENCIAL TIPO CAPACITIVO



- Rangos de voltaje de 72.5 a 765 kV
- Todas las películas dieléctricas impregnadas con aceite sintético.
- Extinción de descargas parciales de las pruebas de contacto.
- Unidad magnética compacta al tanque hecha de fundición de aluminio y llenado con gas como amortiguador y medidor de nivel de aceite.
- Caja terminal secundaria con taps para ajuste y calibración.
- Filtro LCR para rápida supresión del fenómeno de resonancia magnética.
- Carcaza de porcelana con obleas alternativas de autolimpieza y con una distancia de fuga mínimo de 31 milímetros.
- Operación como acoplador de capacitores para transmisor de línea de potencia.

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE



- Rangos de voltaje de 72.5 a 420 kV.
- Diseño probado ante explosiones y fuego.
- Descargas parciales < 10 picos en pruebas de voltaje
- Diseño reconectable primario 1:2:4
- Conductor primario físicamente separado del sistema de insulación (HV).
- Alta calidad en el sistema de sellado: Perdida de gas menor a 1 % por año.
- Posibilidad de monitoreo durante servicio.

Después de describir los diferentes componentes de un tablero de protección por relevadores de una forma sencilla y simplificada, a continuación se describen algunos componentes de una subestación eléctrica y mantenimiento de las mismas.

COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

1. Sistema de tierras.
2. Estructuras.
3. Aisladores Eléctricos.
4. Barras Colectoras.
5. Cuchillas Desconectoras.
6. Interruptores de Potencia
7. Equipos terminales de cables Subterráneos.
8. Transformadores de Potencia.
9. Reguladores de Voltaje.
10. Banco de Tierras.
11. Transformadores de Instrumento (T.P.'s y T.C.'s).
12. Dispositivos de Potencial.
13. Trampa de Onda.

14. Reactores.
15. Apartarrayos.
16. Banco de Capacitores.
17. Baterías.
18. Rectificadores y Grupos Motor Generador.
19. Grupos de Motor Bomba.
20. Transformadores de Servicio de Estación.
21. Alumbrado.
22. Equipo contra incendio.
23. Transferencias Automáticas.
24. Equipos de Control, Medición y Protección.

TIPOS DE MANTENIMIENTO Y REVISIONES.

1. Mantenimiento Predictivo.
2. Mantenimiento Preventivo.
3. Mantenimiento Correctivo.
4. Revisión Parcial.
5. Revisión Total.

1. OBJETIVO PARA REALIZAR UN MANTENIMIENTO A LAS SUBESTACIONES.

El propósito de realizar pruebas a la Subestación Eléctrica, es el de detectar posibles defectos del material o de manufactura en componentes eléctricos o mecánicos que puedan provocar insatisfacción del cliente.

2. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.

Los instrumentos de medición empleados en las pruebas que a continuación se describen son:

- Probador de alta tensión marca Hi-POT.
- Probador de Resistencia de Contactos.
- Probador de Resistencia de Aislamiento.

4. DESARROLLO

A toda subestación eléctrica terminada se le deberán realizar las siguientes pruebas:

- a. Pruebas de tensión sostenida a la frecuencia del sistema en seco.
- b. Pruebas de operación mecánica
- c. Pruebas de dispositivos auxiliares eléctricos, neumáticos e hidráulicos.
- d. Verificación del alambrado

a. Pruebas de Tensión sostenida a la frecuencia del sistema (Hi-POT)

Para esta prueba es necesario que se encuentren un representante de Control de Calidad y un Técnico de Servicio como mínimo. El desarrollo

de la prueba debe ser de acuerdo a lo establecido en las especificaciones de pruebas a Subestaciones Eléctricas (Procedimiento de Pruebas S.Y.S.E.), con la finalidad de cumplir las normas referentes aplicables. Es importante que el encargado de control de calidad tenga presente las irregularidades que se puedan presentar en la prueba así como anotar las lecturas de corriente de fuga, nombre del responsable de servicio que ejecuta la prueba, fecha y observaciones en el formato de pruebas a Subestaciones Eléctricas.

b. Pruebas de Operación mecánica.

Todos los mecanismos de accionamiento como seccionadores, cuchillas de paso, cuchillas de puesta a tierra y manijas deben ser probados para comprobar la eficiencia de los mecanismos de bloqueos asociados con tales movimientos mínimo 5 veces. No se le debe hacer ningún ajuste a los dispositivos de interrupción o de bloqueo durante las operaciones.

El encargado de control de calidad deberá cerciorarse de que los bloqueos cumplen con su cometido por la seguridad del operario, los bloqueos consisten en las siguientes condiciones:

La manija de la puerta de la celda del seccionador no deberá abrir si la cuchilla de paso a la que está acoplado se encuentra cerrada.

La cuchilla de paso no podrá cerrar si el seccionador al que se encuentra acoplada está en la posición de cerrado.

La cuchilla de paso no podrá abrir si el seccionador al que se encuentra acoplada está en la posición de cerrado.

La cuchilla de puesta a tierra no podrá cerrar si el seccionador al que se encuentra acoplada está en la posición de cerrado.

El procedimiento para el cierre y la apertura del equipo es el siguiente:

Cierre:

Deben encontrarse todos los dispositivos en la posición de abiertos.

Tener siempre abierta la cuchilla de puesta a tierra.

Cerrar la cuchilla de paso.

Cerrar el seccionador.

Apertura:

Deben encontrarse todos los componentes en la posición de cerrado

Abrir el seccionador.

Abrir la cuchilla de paso.

Cerrar la cuchilla de puesta a tierra.

La prueba será satisfactoria si los dispositivos de interrupción y de bloqueo están en perfectas condiciones de operación y si el esfuerzo requerido de operarlos es el mismo en el transcurso y final de la prueba. El encargado de la prueba de control de calidad deberá registrar en el formato de pruebas a

Subestaciones Eléctricas, y en el protocolo de pruebas del manual de la subestación que se entregará al cliente las observaciones de la prueba.

a. **Pruebas de dispositivos auxiliares eléctricos neumáticos e hidráulicos.**

Al igual que los mecanismos de bloqueo mecánicos, dispositivos eléctricos o de cualquier otro tipo deberán probarse por lo menos 5 veces bajo las condiciones más desfavorables de prueba posibles y se deberán anotar las observaciones en el formato de pruebas a Subestaciones Eléctricas, y en el protocolo de pruebas del manual de la subestación. La prueba será satisfactoria si no se hicieron ajustes durante las operaciones y continúan operando correctamente. Ejemplos de dispositivos auxiliares: son las bobinas de disparo, compresores, etc. Que cumplen con la función de dar operación a la subestación con otro mando además del mecánico.

b. **Verificación del alambrado.**

El encargado de Control de Calidad deberá corroborar que el cableado del alambrado es correcto y corresponde con los del plano. Tal es el caso de las subestaciones de accionamiento por bobina de disparo y botonera de control eléctrico. Además se deberá incluir el diagrama de conexiones con mica autoadherible en el interior de la subestación.



II. 1. DEFINICIONES.

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN:

Dispositivo para medir el valor de una cantidad eléctrica.

RELEVADOR

Dispositivo eléctrico o electrónico que opera bajo ciertas condiciones de entrada (señales de corriente, tensión, frecuencia, etc.) y al cumplirse estas condiciones, responde efectuando cambios de operación de contactos o modificando circuitos de control eléctrico.

SECCIÓN VERTICAL

Gabinete metálico autosoportado

SECCIÓN TIPO

Esta integrada por una o dos secciones verticales, las cuales se definen como subsecciones. Cada sección tipo determina la operación específica y funciones de protección, control y medición requeridas.

TABLERO

Gabinete metálico formado por varias secciones verticales ensambladas y autosoportadas

II. 2. ALCANCE DEL SUMINISTRO

El alcance del suministro debe incluir el diseño, fabricación, pruebas, acabados, empaque y embarque de cada uno de los tableros simples y/o duplex de protección motivo de la transacción comercial.

Los equipos, accesorios y servicios que integran el suministro se indican a continuación, siendo esta descripción indicativa mas no limitada a lo siguiente:

- a) El tipo de tablero, simplex servicio interior
- b) Tablero mímico de control
- c) Relevadores estáticos de protección

- d) Relevadores auxiliares necesarios
- e) Alarmas
- f) Transformadores auxiliares de potencial y corriente
- g) Tablillas terminales
- h) Transductores
- i) Conductores eléctricos, alambrado completo y canalizaciones
- j) Diagramas esquemáticos de alambrado y dibujos de dimensiones generales y mecánicos de construcción de los tableros, así como los diagramas unificares y trifilares
- k) Lista completa de material y equipo
- l) Carpeta con instructivo de los relevadores, registradores y medidores
- m) Diagrama de tarjetas con la identificación comercial de sus componentes
- n) Pruebas a los tableros
- o) Instrumentos(ampermetros, voltmetros, wattmetros, varmetros, etc.)
- p) Lámparas indicadoras.
- q) Barra de conexión a tierra.
- r) Bús mímico.
- s) Recubrimiento y acabado
- t) Empaque y embarque

II. 3. CLASIFICACIÓN

Para su diseño y construcción los tableros incluidos en esta especificación es del siguiente tipo.

:

TIPO DE SERVICIO

Los tableros deben diseñarse para servicio interior

TEMPERATURA AMBIENTE

Deben operar en un rango de temperatura de -10°C a + 55°C

DISEÑO POR SISMO

Debe soportar la aceleración horizontal

FRECUENCIA

Debe operar a 60 Hz

TENSIÓN DE CONTROL

La tensión de control que suministra la comisión es de 125 VCD

TENSIÓN AUXILIAR

La tensión auxiliar que proporciona la comisión es de 220/127 VCA, 3 fases
4 hilos.

II. 4. CARACTERÍSTICAS DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN**TABLA II. 4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN**

TENSIÓN NOMINAL (KV)	NÚMERO DE CONDUCTORES / FASE	IMPEDANCIA SECUENCIA POSITIVA (Z_1 /KM)	IMPEDANCIA SECUENCIA CERO (Z_0 /KM)
400	2	$0.027 + j0.385$	$0.037 + j1.21$

TABLA II. 4.2 CORRIENTES MÁXIMAS DE CORTO CIRCUITO

TENSION NOMINAL (kV)	I _{cc} MAXIMA
400	40

II. 5. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO ASOCIADO**TABLA II. 5. 1. CARACTERÍSTICAS DE LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIAL**

TENSION NOMINAL (kV)	RELACION DE TRANSFORMACIÓN	CLASE
400	3500/1	0.6,X,Y, 1.22

TABLA II. 5. 2 CARACTERÍSTICAS DE LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

TENSIÓN NOMINAL (kV)	RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN	CLASE (*)
400	800 – 1600/5	C400

II. 6. CARACTERÍSTICAS DE FABRICACIÓN**TABLEROS**

El tablero debe cumplir con lo indicado a continuación:

- a) Calibre de la lámina de acero para formar la estructura del tablero, paneles laterales y puertas, deben ser de un espesor no menor de 3 milímetros.
- b) El tablero debe ser fabricado, ensamblado y equipado con todos sus componentes de fábrica
- c) El tablero debe estar totalmente integrado por secciones modulares independientes una de otra, el diseño debe permitir la acción o extracción de secciones. La conexión de cada sección con otras secciones o equipos, debe realizarse por medio de tablillas terminales, para cuyo alambrado deberá proveerse de ductos verticales
- d) Se deben suministrar en la base del tablero, parte frontal y posterior, dos canales de acero estructural en la base del tablero para su cimentación ahogadas en el concreto del piso. Estos canales deben contar con orificios para recibir los pernos de anclaje.
- e) Debe suministrarse un ángulo de acero estructural con perforaciones adecuadas, montado en la parte superior de las secciones del grupo de embarque para transporte y maniobras
- f) Todos los equipos deben estar colocados de tal forma que sean fáciles de desmontar sin interrumpir la operación de otros equipos
- g) Para su conexión a tierra, el tablero debe contar con una barra de cobre de capacidad no menor a 300 amperes.
- h) El tablero debe contar con resistencia calefactora de espacio con su correspondiente termostato.

II. 7. TABLERO SIMPLEX

Además de lo anterior el tablero simple debe cumplir con lo siguiente:

1) Debe estar formado por secciones verticales de un solo frente autosoportado dicho frente puede ser de los siguientes tipos:

2) Una sola pieza de lámina con las preparaciones para el montaje embutido de los equipos

3) Varias secciones horizontales modulares de lámina con las preparaciones para el montaje embutido de los equipos.

a) Marcos con elementos de sujeción tipo modular (rack de 19 pulgadas)

b) La parte posterior de cada sección debe tener una puerta a todo lo alto, embisagrada, con empaques de sello para evitar la entrada de polvo, cerradura de llave, limitador de apertura y refuerzo estructural

c) Se debe diseñar de manera que puedan añadirse secciones en los extremos, sin que sean necesarias secciones de transición

II. 8. BARRA MÍMICA

La barra mímica, que representa la disposición del equipo de potencia (transformadores, líneas, interruptores, cuchillas, etc.).

Código de colores que Comisión Federal de Electricidad aplica para diferentes niveles de tensión según lo indicado a continuación.

Menor de 13.2 kV	naranja
13.2 kV	blanco
de 60 a 115 kV	morado magenta
de 139 a 161 kV	verde
230 kV	amarillo
400 kV	azul

II. 9. BARRAS AUXILIARES

Las barras auxiliares para el alambrado, contactos monofasicos y resistencias calefactores de espacio, debe ser de 220/127 VCA y además.

Debe suministrarse un interruptor general termo magnético en caja moldeada de 3 polos 70 A y 240 VCA

Debe suministrarse en cada sección del tablero un interruptor termo magnético en caja moldeada de 2 polos, 15 A y 240 VCA para la resistencia de calefactores de espacios.

Se deben tener circuitos independientes para las resistencias calefactores de espacio, el alumbrado y los contactos monofásicos.

II. 10. ALAMBRADO DEL TABLERO

El alambrado del tablero debe efectuarse atendiendo a los siguientes requisitos:

- a) Los puntos del tablero que requieran conexión deben alambrarse a tablillas terminales, utilizando un solo lado de la tablilla
- b) Las terminales de los relevadores auxiliares de interruptores y cuchillas deben alambrarse a tablillas
- c) No deben de conectarse más de 2 conductores por punto de conexión
- d) La trayectoria del alambrado debe ser ordenada y no obstaculizar la revisión del equipo, acceso a terminales de relevadores y al cableado externo
- e) Los conductores que pasen de una sección a otra deben ir conectados a tablillas terminales
- f) Los cables de control deben llegar al tablero por la parte superior
- g) El alambrado completo debe ser probado por el fabricante y aprobado por el laboratorio reconocido antes del embarque.

II. 11. CONDUCTORES

Los conductores que se utilizan en el alambrado deben cumplir con lo indicado a continuación:

- a) Los conductores deben cumplir con las normas nacionales e internacionales.
- b) Los conductores que se conecten a tablillas deben contar con una identificación grabada en forma permanente e indeleble en cada extremo.
- c) El calibre de los conductores debe ser el adecuado, en ningún caso menor a 14 AWG (19 hilos)
- d) No deben efectuarse empalmes
- e) El código de colores es el siguiente:

Circuitos de control	rojo
Circuitos de potencial	negro
Circuitos de corriente	blanco
Conexión a tierra	verde

II. 12. TERMINALES

Las terminales de los conductores deben ser de tipo ojo o anillo para sujetarse a tablillas mediante tornillos. No se permiten más de dos terminales por punto de conexión.

II. 13. TABLILLAS

Las tablillas deben cumplir con lo siguiente:

- a) Estar identificadas de acuerdo a los diagramas de alambrado
- b) Para uso semipesado (600 V, 30 A)
- c) Se debe dejar un 20% de terminales en reserva

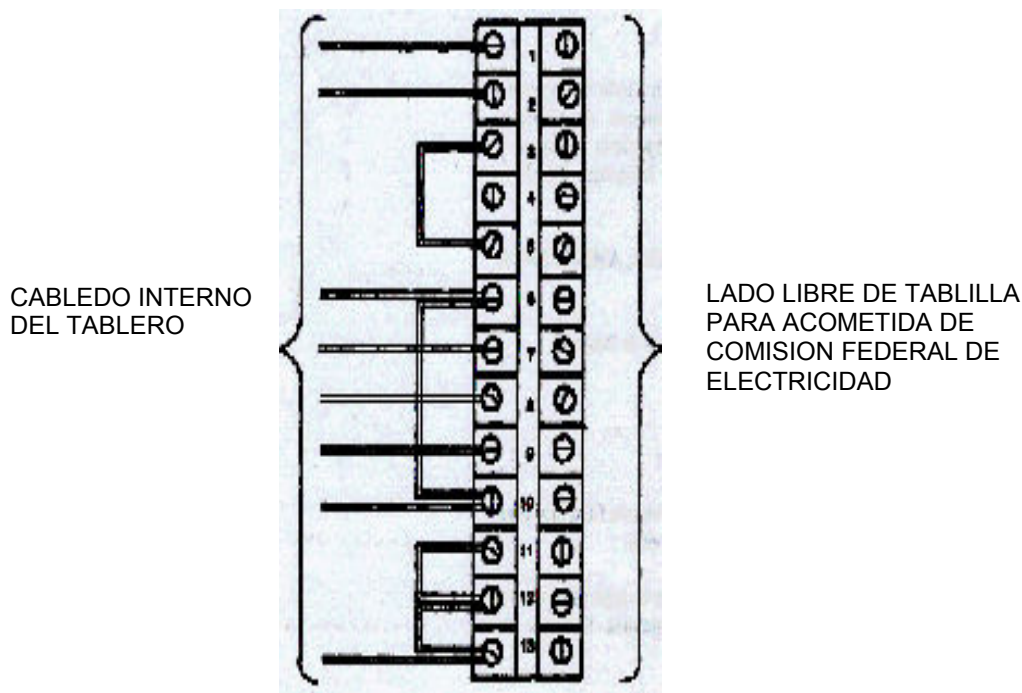


FIGURA II. 14. 1

II. 14. DUCTOS DE PLASTICO

Los ductos de plástico y perforaciones deben contar con tapas y perforaciones para facilitar la colocación y acceso de tablillas de los cables de control, además deben estar colocados verticalmente en ambos lados del tablero y soportados rígidamente

II. 15. TRANSFORMADORES

Transformadores auxiliares de corriente

Deben cumplir con lo siguiente:

Monofásicos

Tipo encapsulado

Con base para montaje

Clase de aislamiento 600 V

Clase de precisión 0.3 con cargas de B-0.1 y B-0.2 a 60 Hz

Polaridad de los devanados térmica continua de 1.5 a 30°C y de 1.1 a 55°C de temperatura ambiente

II. 16. TRANSFORMADORES AUXILIARES DE POTENCIAL

Monofasicos

Tipo seco

Clase de aislamiento 600 V

Clase de precisión 1.2 W,X,

Capacidad térmica 150 VA a 30⁰ C y 100 VA a 55⁰ C de temperatura ambiente

II. 17. PLACAS DE IDENTIFICACIÓN

Se deben suministrar las siguientes placas de identificación montadas en el frente del tablero:

- a) Placa de identificación general indicando nombre del tablero. El tamaño de esta placa debe ser tal que aloje caracteres de 4 centímetros de altura
- b) En cada sección vertical, dos placas indicando la denominación de la sección y el numero de la misma. El tamaño de esta debe ser tal que aloje caracteres de 2 centímetros de altura
- c) Una placa por cada relevador, instrumento indicador y conmutador

II. 18. SECCIONES PARA LÍNEAS DE TRANSMISIÓN, SUBTRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

SECCIÓN SIMPLEX TIPO L1

Consiste en dos subsecciones, para uso en líneas de transmisión de 400 kV y debe contener lo siguiente:

- a) Relevador de protección primaria de comparación direccional (85L)
- b) Relevador de protección secundaria de distancia (21 L/21 N)
- c) Relevador de protección para falla de interruptor (50FI); un relevador por cada interruptor, por cada relevador (50FI) se debe incluir un relevador de bloqueo sostenido (86/50FI)
- d) Relevador de disparo y bloqueo de auto-reposición para recepción de disparo transferido directo (86CR) y tiempo de demora de 20 ms
- e) Relevador de sobre corriente direccional de tierra

- f) Relevador verificador de sincronismo (25/27)
- g) Relevador de recierre monopolar
- h) Relevador de discrepancia de polos (61), solo en caso de líneas con reactores trifásicos
- i) Transformador auxiliar de potencial para la polarización del relevador (67N)
- j) Relevadores auxiliares para el funcionamiento correcto del esquema y para suministrar indicación local y remota (control supervisorio) de los interruptores y cuchillas.
- k) Transductores para la medición local de corrientes, tensiones, medición local y remota (control supervisorio) de potencia activa; potencia reactiva y energía.

III PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS RELEVADORES QUE COMPONEN EL TABLERO



INTRODUCCIÓN

El instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos (IEEE) define al relevador como "un mecanismo eléctrico que esta diseñado para interpretar condiciones especificas, se encuentra para responder a la operación de cierre a causa de un cambio abrupto o hechos similares asociados con circuitos eléctricos de control". Es decir "Las entradas son usualmente eléctricas, pero pueden ser mecánicas o térmicas.

La IEEE define un relevador de protección como: "Aquel cuya función es detectar defectos de líneas o aparatos u otras condiciones del sistema de potencia de naturaleza anormal o peligrosa y que inicia una apropiada acción del circuito de control".



Los fusibles son elementos utilizados también en la protección. La IEEE define un fusible como: "Un dispositivo de protección de sobre - corriente con un elemento térmico que al ser calentado severamente por el paso de la sobre - corriente a través de el abrirá el circuito". Así los relevadores de protección y sus sistemas asociados (a menudo se abrevia simplemente como relevadores o sistemas del relevador), que son unidades compactas de componentes discretos, y / o sistemas digitales, conectadas a través de un sistema de potencia con el propósito de sensar las corrientes de fallas. Los relevadores son utilizados en todas las partes importantes de los sistemas eléctricos de potencia, acompañados por lo regular con fusibles para la detección de las condiciones intolerables.

El objetivo principal y primordial de todos los sistemas de potencia es el mantener en un alto nivel la continuidad del servicio, y que cuando ocurran condiciones intolerables, reducir el número de cortes de energía eléctrica. Las pérdidas de potencia, y sobre - voltajes ocurren de cualquier manera, porque es imposible y

también poco práctico, poder evitar las consecuencias de eventos naturales y accidentes físicos como son fallas del equipo, o mala operación debido a errores humanos. Muchas de estas fallas resultan de descuidos, conexiones accidentales o "descargas" entre conductores de fase o de un conductor de fase a tierra.

Las causas naturales que pueden provocar cortos circuitos (fallas) son descargas atmosféricas (voltaje inducido o descarga directa en el conductor), viento, hielo, terremotos, fuego, explosiones, árboles caídos sobre las líneas, contactos físico de animales y contaminación. Los accidentes incluyen las fallas resultantes de choques de vehículos con los postes o equipo vivo, así como el sabotaje por parte de las personas a las instalaciones y equipos del sistema eléctrico de potencia. Se hace un esfuerzo considerable para reducir los posibles daños, pero la eliminación de todos estos problemas semejantes aún no es posible.

Un ejemplo dramático de la necesidad e importancia de la protección de los sistemas de potencia es una espectacular descarga atmosférica (rayo), ocurrió en una ciudad durante una tormenta del mes de julio en una región donde hay gran incidencia de descarga por rayo. Las gráficas isoceraunicas de esta área del Pacífico Nor-Oeste nos muestran la posibilidad de días con tormenta mediante una contabilidad de los rayos que caen a tierra. Mientras que unos 12,000 hogares pierden energía eléctrica durante ésta tormenta, los usuarios locales no experimentan mayores daños ni cortes prolongados de energía. Afortunadamente la protección contra descargas atmosféricas y algunos relevadores operan para minimizar los problemas.

La mayoría de fallas en un sistema eléctrico de distribución con red de líneas aéreas son fallas de fase a tierra, producto de las descargas atmosféricas, que inducen un alto voltaje transitorio y dañan o flanean el aislamiento. En los sistemas aéreos de distribución, el contacto de árboles con líneas originado por viento es otra fuente de fallas. El hielo, nieve y viento durante tormentas severas pueden originar muchas fallas y daños, al equipo. En algunos casos la descarga originada por eventos de esta naturaleza, no causan daño permanente si el circuito es interrumpido rápidamente. Esta interrupción rápida es una práctica común. Pero en muchos casos se produce una sobre tensión en la tensión nominal del sistema

causada por este corte momentáneo de energía. El tiempo promedio del corte de energía esta en el orden del 0.5 a 1 ó 2 minutos que es un buen tiempo en comparación con muchos minutos y horas que puede estar fuera el sistema. Las fallas originadas en el sistema no siempre suministran cambios significativos de las cantidades eléctricas del sistema que pueden ser usadas para distinguir las condiciones tolerables de las no tolerables por el sistema. Estos cambios cuantitativos, incluyen sobrecorriente, sobre o bajo voltaje, potencia, factor de potencia, dirección de la corriente, impedancia, frecuencia, temperatura, movimientos físicos y presión. También la acumulación de contaminación en el aislamiento es una fuente de falla muy común que es impredecible y que generalmente significa un incremento en la corriente, por lo que la protección de sobre - corriente es muy aplicada.

La protección es la técnica de aplicar y seleccionar relevadores y / o fusibles para proporcionar la máxima sensibilidad para la detección de las fallas o condiciones indeseables, y no obstante, evitar su operación en todas las condiciones permisibles o tolerables.

Es importante reconocer que la decisión del "time window" en el sistema protegido es muy estrecha y cuando ocurre una falla, deberá verificarse la operación correcta de LA COORDINACION DE PROTECCIONES de los relevadores y los demás medios de protección en un Sistema Eléctrico de Potencia para comprobar su comportamiento o en su defecto corregir el ajuste tiempo - corriente.

Es vital que la decisión correcta sea hecha por el mecanismo de protección, sí la perturbación es intolerable y de esta manera demande una acción rápida, o si es una perturbación tolerable o situación transitoria que el sistema pueda absorber toman la decisión para que el dispositivo de protección opere si es necesario para aislar el área de perturbación rápidamente como sea posible y con un mínimo de disturbios en el sistema, este tiempo de perturbación es asociado a menudo de señales extrañas de la



fuentes, los cuales no deben "engañar" al dispositivo de protección para originar una incorrecta operación. Ambas, la operación por falla y la operación incorrecta pueden originar al sistema un problema mayor involucrando un aumento del daño al equipo, aumento en el riesgo para el personal, y una posible interrupción del servicio más larga. Estos requerimientos rigurosos hacen que los ingenieros de protección sean conservadores.

Por lo que un ingeniero de protección experimentado a menudo desea continuar usando equipos de protección que tengan un largo historial y confiabilidad.

Sin embargo pueden ocurrir problemas con el equipo de protección; ya que éste no es perfecto. Para minimizar los problemas potenciales y catastróficos que pueden resultar en el sistema de potencia en una falla en la protección, la práctica es el usar relevadores o sistemas de protección por relevadores operando en paralelo. Esto puede ser instalado en el mismo sitio, (protección primaria), en la misma estación (protección local), y/o en varias estaciones remotas (protección remota). Los tres sistemas de protección se pueden aplicar juntos en sistemas de muy alto voltaje este concepto es más rígido porque deben separarse las señales de corriente de la protección, es decir que la medición sea separada y se logra por medio de arrollamientos independientes del Transformador de Corriente. Todos los dispositivos de protección deben coordinarse apropiadamente de tal forma que los relevadores primarios asignados para operar a la primera señal de disturbio en su zona de protección asignada operen primero. Si ellos fallan, varios sistemas de respaldo deberán de ser capaces de conseguir la liberación del disturbio.

DISEÑOS DE PROTECCIÓN CON RELEVADORES.

Los diseños y presentaciones específicas varían mucho con los requerimientos de aplicación, las diferencias de construcción, y el tiempo de operación del diseño en particular. Originalmente, todos los relevadores de protección fueron del tipo electromagnético, y electromecánico que siguen estando en gran uso, pero los diseños de estado sólido están proliferando.

Los relevadores de estado sólido son usados en sistemas de protección de bajo voltaje donde el relevador y el circuito del interruptor automático son una unidad común. Aquí los relevadores electromecánicos fueron generalmente y relativamente inexactos, algunas veces insensibles, y difícilmente conservan las condiciones. Es en este caso donde los relevadores de estado sólido son hoy en día muy efectivos.

III. 1. PROTECCIÓN POR RELEVADORES

Se piensa generalmente en un sistema eléctrico de potencia en función de las grandes estaciones generadoras, los transformadores, las líneas de transmisión, etc. Mientras que éstos son algunos de los elementos básicos, hay muchos otros componentes necesarios. La protección por relevadores es uno de éstos.

El papel de la protección por relevadores en el diseño y funcionamiento de un sistema eléctrico de potencia se puede explicar con tres aspectos importantes:

- A. Funcionamiento normal
- B. Previsión de una falla eléctrica
- C. Reducción de los efectos de la falla eléctrica

El término “funcionamiento normal” concidera que no hay fallas del equipo, errores del personal ni hechos fortuitos. Incluye los requisitos mínimos para la alimentación de la carga existente y una cierta cantidad de carga futura anticipada. Algunas de las consideraciones son:

- A. Selección entre hidroeléctrica, térmica, o bien otras fuentes de potencia.
- B. Localización de las estaciones generadoras.
- C. Transmisión de la potencia a la carga
- D. Estudio de las características de la carga y la planeación para su crecimiento futuro
- E. Medición.
- F. Regulación de la tensión y la frecuencia.
- G. Funcionamiento del sistema.
- H. Mantenimiento normal.

Existen dos tipos de provisiones para un funcionamiento normal y son:

- 1) Incorporar características de diseño con el fin de impedir las fallas
- 2) Incluir provisiones para reducir los efectos de la falla cuando está ocurre. El diseño moderno de sistemas de potencia emplea ambos recursos en diversos grados, como los dictados por la economía de cualquier situación particular.

El tipo de falla eléctrica que origina los máximos efectos es el cortocircuito o falla, como se le conoce generalmente; pero hay otras condiciones de funcionamiento anormales, propias de ciertos elementos del sistema que también requieren atención. Algunas de las características de diseño y funcionamiento con el fin de prevenir la falla eléctrica son:

- A. provisión del aislamiento adecuado.
- B. Coordinación de la resistencia de aislamiento con las capacidades de los pararrayos.
- C. Uso de hilos de guarda y baja resistencia de tierra de las torres.
- D. Resistencia mecánica de diseño para reducir la exposición y para disminuir la probabilidad de fallas originadas por animales, pájaros, insectos, polvo, granizo, etc.
- E. Funcionamiento y prácticas de mantenimiento apropiados.

Algunas de las características de diseño y funcionamiento para reducir los efectos de la falla son:

- A. características que reducen los efectos inmediatos de una falla eléctrica:
 1. Diseño para limitar la magnitud de la corriente de cortocircuito.
 2. Evitando concentraciones muy grandes de capacidad de generación.
 3. Utilizando impedancia limitadora de corriente.
4. Diseño para soportar los esfuerzos mecánicos y los calentamientos debido a corrientes de corto circuito.

5. Dispositivos de baja tensión con acción retardada en interruptores, para evitar la caída de las cargas durante disminuciones de tensión momentáneas.
6. Neutralizadores de falla a tierra (bobinas Petersen).
- B. Características para desconexión rápida de los elementos defectuosos:
 1. Protección por relevadores
 2. Interruptores con suficiente capacidad interruptiva
 3. Fusibles
- C. características que reducen la pérdida del elemento defectuoso:
 1. Circuitos alternados
 2. Capacidad de reserva de generadores y transformadores
 3. Recierre automático
- D. Características que funcionan en todo el periodo desde la iniciación de la falla hasta que se elimina esta, para mantener la tensión y la estabilidad
 1. Regulación automática de la tensión
 2. características de estabilidad de los generadores
- E. Medios para observar la eficacia de las características anteriores
 1. Oscilógrafos automáticos
 2. Observación humana eficiente y registro de datos.
- F. Inspección frecuente a medida que cambia el sistema o adiciones que se hagan para estar seguro de que las características anteriores son aun adecuadas.

La protección por relevadores es una de las diversas características del diseño de un sistema relacionado con la disminución del daño al equipo y con las interrupciones al servicio cuando ocurren las fallas eléctricas. Cuando se dice que los relevadores protegen , se entiende que, junto con otro equipo, ayudan a disminuir el daño y a mejorar el servicio. Es evidente que todas las características de disminución dependen entre si para lograr reducir con éxito los efectos de la falla. Dentro de los límites económicos, un sistema eléctrico de potencia debe diseñarse de tal manera que pueda estar adecuadamente protegido.

III. 2. FUNCIÓN DE LA PROTECCIÓN POR RELEVADORES

La función de la protección por relevadores es originar el retiro rápido del servicio de cualquier elemento de un sistema de potencia, cuando este sufre un cortocircuito o cuando empieza a funcionar en cualquier forma anormal que pueda originar daño o interfiera de otra manera con el buen funcionamiento del resto del sistema. El equipo de protección está ayudado, en esta labor por interruptores que desconectan el elemento defectuoso cuando el equipo de protección se los manda.

Los interruptores están localizados de tal manera que cada generador, transformador, barra colectora, línea de transmisión, etc., pueda desconectarse por completo del resto del sistema.

Una función secundaria de la protección por relevadores es indicar el sitio y el tipo de falla. Dichos datos no solo ayudan en la reparación oportuna sino que también, por comparación con las observaciones humanas y con los registros de oscilógrafos automáticos, proporcionan medios para el análisis de la eficacia de la prevención de la falla y las características de disminución que incluye la protección por relevadores.

III. 3. PRINCIPIOS DE LA PROTECCIÓN POR RELEVADORES

Considerando equipo de protección contra cortocircuito. Existen dos grupos: la protección primaria, y la protección de respaldo. La protección primaria es la primera línea de defensa, mientras que las funciones de la protección de respaldo solo se dan cuando falla la protección primaria.

III. 4. CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LA PROTECCIÓN POR RELEVADORES

III. 4. 1. Sensibilidad

Cualquier equipo de protección debe ser suficientemente sensible para que funcione en forma segura cuando sea necesario, con la condición real de que produzca la tendencia

de funcionamiento mínimo. Debe ser capaz de seleccionar entre aquellas condiciones en las que se requiere un funcionamiento rápido y aquellas en las que no debe funcionar, o se requiere funcionamiento de acción retardada.

El objeto principal de la protección por relevadores es desconectar un elemento defectuoso de un sistema lo más rápido posible. La sensibilidad y la selectividad son esenciales para asegurar que sean disparados los interruptores apropiados, pero la velocidad es lo que cuenta.

III. 4. 2. Confiabilidad.

Un requisito básico es que el equipo de protección debe ser digno de confianza. Cuando la protección no funciona adecuadamente, las características de reducción implícitas son muy inefectivas. Por lo tanto es esencial que el equipo de protección sea confiable y que su aplicación, instalación y mantenimiento aseguren que se aprovecharán al máximo.

La aplicación adecuada del equipo de protección por relevadores involucra una selección adecuada no solo del equipo de relevadores sino también de los aparatos asociados.

El mantenimiento cuidadoso y el registro de datos, no solo de las pruebas durante el mantenimiento sino también del funcionamiento del relevador durante el servicio real, son la mejor seguridad de que el equipo de protección está en condiciones apropiadas.

III. 5. FUNCIONAMIENTO DE LOS RELEVADORES DE PROTECCIÓN

Todos los relevadores utilizados para protección de cortocircuito y muchos otros tipos, también funcionan en virtud de la corriente y/o tensión proporcionada a estos por los transformadores de corriente y tensión conectados en diversas combinaciones al elemento del sistema que va a protegerse. Por cambios individuales o relativos en estas dos magnitudes las fallas señalan su presencia, tipo, y localización a los relevadores de protección. Para cada tipo y localización de falla, hay alguna diferencia característica en estas magnitudes así como varios

tipos de equipos de protección por relevadores disponibles, cada uno de los cuales está diseñado para reconocer una diferencia particular y funcionan en respuesta a esta.

Existen más diferencias posibles en estas magnitudes de las que uno pueda sospechar. Las diferencias en cada magnitud son posibles en una o más de las que siguen:

- A. Magnitud
- B. Frecuencia
- C. Ángulo de fase
- D. Duración
- E. Razón de cambio
- F. Dirección u orden de cambio
- G. Armónicas o formas de onda

Entonces, cuando tensión y corriente se consideran en combinación, o relativas a magnitudes similares en diferentes localidades, uno puede empezar a darse cuenta de los medios disponibles para propósitos de discriminación. Esta es una circunstancia afortunada que, aunque la naturaleza ha impuesto en su forma contraria la precisión de la falla de un sistema eléctrico de potencia, nos ha provisto al mismo tiempo con un medio para combatirla.

III. 6. PRINCIPIOS Y CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DEL FUNCIONAMIENTO DE RELEVADORES

Los relevadores de protección son las herramientas del ingeniero de protección. Todos los relevadores que consideraremos funcionan en respuesta a una o más magnitudes eléctricas, ya sea para cerrar o para abrir contactos. Se describirán las respuestas de algunos tipos básicos a las magnitudes eléctricas que actúan sobre los relevadores.

III. 6. 1. Principios de funcionamiento

En realidad solo hay dos principios de funcionamiento fundamental diferentes:

- (1) Atracción electromagnética.

(2) Inducción electromagnética.

Los primeros funcionan en virtud de un embolo que es atraído dentro de un selenoide, o una armadura que es atraída por los polos de un electroimán. Dichos relevadores pueden ser accionados por magnitudes de corriente directa o corriente alterna. Los relevadores de inducción electromagnética utilizan el principio del motor de inducción por medio del cual el par se desarrolla por inducción en un rotor; este principio de funcionamiento se aplica solo a relevadores accionados por corriente alterna, y al referirnos a ellos los llamaremos simplemente relevadores del tipo de inducción.

III. 6. 2. Definiciones del funcionamiento

El movimiento mecánico del mecanismo de accionamiento es impartido a una estructura de contacto para cerrar y abrir contactos. Cuando se dice que un relevador funciona entendemos que cierre o abre sus contactos, cualquiera que sea la acción requerida por las circunstancias. La mayoría de los relevadores tienen un resorte de control o están restringidos por gravedad, de tal manera que estos asumen una posición dada cuando están completamente sin alimentación; un contacto que se cierra bajo esta condición es conocido como un contacto cerrado, y uno que se abre es conocido como un contacto abierto. Es decir “A” para un contacto abierto y “B” para un contacto cerrado.



III. 6. 3. Indicadores de funcionamiento

En general, un relevador de protección esta provisto con un indicador que muestra cuando ha funcionado el relevador para disparar un interruptor. Dichos indicadores son elementos coloreados de un modo característico y son accionados ya sea mecánicamente por el movimiento del mecanismo de accionamiento del relevador, o eléctricamente por el flujo de la corriente de contacto y sale a la vista cuando funciona el relevador.

III. 6. 4. Bobinas de sello y de retención, y relevadores de contacto de sello

Para proteger los contactos contra el deterioro que resulta de un posible intento inadvertido para interrumpir el flujo de la corriente de la bobina de disparo del interruptor, algunos relevadores están provistos de un mecanismo de retención que comprende una pequeña bobina en serie con los contactos; esta bobina esta sobre un pequeño electroimán que actúa sobre una pequeña armadura en el conjunto móvil del contacto, para retener los contactos herméticamente sellados una vez que se haya establecido el flujo de corriente de la bobina de disparo. Esta bobina se le conoce como una bobina de sello o bobina de retención.

III. 7. RELEVADORES DE UNA SOLA MAGNITUD DEL TIPO DE ATRACCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Consideremos aquí los relevadores del tipo de selenoide y del tipo de armadura atraída de corriente alterna o corriente directa que están accionados por una sola fuente de corriente o de tensión.

III. 7. 1. Principio de funcionamiento

La fuerza electromagnética ejercida en el elemento móvil es proporcional al cuadro del flujo en el entrehierro. Si despreciamos el efecto de saturación, la fuerza actuante puede expresarse; como:

$$F = K_1 i^2 - K_2$$

Donde F = Fuerza neta

K_1 = la constante de conversión de la fuerza

I = la magnitud eficaz de la corriente en la bobina actuante.

K_2 = La fuerza de retención

III. 8. RELEVADORES DIRECCIONALES DEL TIPO DE ATRACCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Los relevadores direccionales del tipo de atracción electromagnética están accionados por magnitudes de corriente directa o por las de corriente alterna rectificadas. El uso más común de dichos relevadores es para la protección de circuitos de corriente directa donde la magnitud de influencia se obtiene de una resistencia en derivación o directamente del circuito.

III. 9. RELEVADORES DEL TIPO DE INDUCCIÓN

Los relevadores del tipo de inducción son los más ampliamente utilizados para propósitos de protección por relevadores que incluyen magnitudes de corriente alterna. Estos son utilizables con magnitudes de corriente directa, debido al principio de funcionamiento. Un relevador del tipo de inducción es un motor de fase auxiliar con contactos. La fuerza actuante se desarrolla en un elemento móvil, que puede ser un disco o bien otra forma de rotor de material no magnético conductor de la corriente, por la interacción de los flujos electromagnéticos con las corrientes parásitas que se inducen en el rotor por los flujos eléctricos.

III. 10. RELEVADORES DE PROTECCIÓN PARA UNA LÍNEA LARGA DE 400KV

Los relevadores de protección deben satisfacer lo siguiente para satisfacer las necesidades de protección de una línea larga de 400 kV.

- a) Detectar fallas en líneas de transmisión, subtransmisión y distribución, equipo primario dañado y alguna otra condición peligrosa o intolerable
- b) Debe iniciar o permitir acciones de apertura de interruptores o simplemente proveer una señal de alarma

III. 11. REQUISITOS DE LOS RELEVADORES AUXILIARES

- a) Tipo desmontable
- b) Para 125 VCD o 250 VCD; (VCD = voltaje de corriente directa)

- c) Cubierta que evite la entrada de polvo y humedad

III. 12. REQUISITOS DE LOS RELEVADORES AUXILIARES DE DISPARO Y DE BLOQUEO SOSTENIDO

A alta velocidad con contactos de corte en la bobina de operación

- a) Indicación visual de operación
- b) Reposición manual por medio de manija o de botón pulsador
- c) Debe operar con 125 VCD
- d) Montaje semiembutido
- e) La bobina de accionamiento debe ser intercambiable y de fácil acceso para su montaje o desmontaje

III. 13. REQUISITOS DE LOS RELEVADORES MULTI-BANDERA O DISCRIMINADORES DE OPERACIÓN

Bobina de accionamiento tipo serie de CD con corriente de operación igual o menor a la corriente de la bobina del relevador auxiliar de disparo con el que se encuentra asociado

- a) Al menos se debe disponer de un contacto no aterrizado por cada una de
Las bobinas.
- b) La bandera asociada a cada bobina, debe ser de accionamiento mecánico
- c) El numero de banderas debe ser cuando menos de 3

III. 14. RELEVADORES DE PROTECCIÓN DE DISTANCIA (21 L/21 n)

III. 14. 1. GENERALIDADES

- a) Block de pruebas que permita medir directamente las tensiones y corrientes que son alimentadas al relevador. Este block debe también permitir la inyección y tensiones para poder verificar los ajustes dados. Durante ésta prueba, las salidas de disparo y arranque del esquema de falla del

- interruptor deberán permanecer bloqueadas. Dicho block de pruebas puede estar integrado al relevador o incorporado en forma externa al mismo
- b) Convertidor CD/CA para ser alimentado con 125 VCD. Debe contar con un interruptor general localizado en la parte frontal del relevador que permita aislar completamente el convertidor y el banco de baterías proporcionando tapas para evitar acceso directo
 - c) Diseño que permita su aplicación en línea con transformadores de potencia.
 - d) Condiciones de servicio

Corriente nominal	5 Amperes
Tensión nominal	125 V fase-fase
Frecuencia nominal	60 Hz

- e) Lógicas seleccionables de bajo alcance y sobre alcance PUTT y POTT respectivamente, para su funcionamiento con un canal de comunicación, la lógica de sobre alcance debe evitar disparos por inversión de corriente cuando los equipos son aplicados a líneas paralelas
- f) Lógica para evitar la operación incorrecta del relevador por anomalía en la alimentación de potenciales (por ejemplo: fusible fundido) suministrando un contacto de alarma cuando se presente esta condición
- g) Inmune a oscilaciones armónicas, sub-armónicas y ondas viajeras generadas en la red de comisión (por ejemplo: compensadores estáticos de VARS, corriente de magnetización de transformadores, etc.).
- h) Señalización que permita identificar el tipo de falla, fases involucradas y la zona en la que ocurrió la falla
- i) Cuando se aplique con líneas de disparo y recierre monopolar debe asegurar la correcta selección de fase fallada y evitar operaciones en falso durante el periodo de polo abierto
- j) Unidades de medición alimentadas permanentemente con las corrientes y tensiones adecuadas para cada tipo de falla (tres unidades de medición para fallas monofásicas y por lo menos una para todas las fallas bifásicas).
- k) Operación correcta con corrientes bajas (0.75 A)
- l) Mínimo 3 zonas de protección

- m) Unidades de medición con característica dinámica en el caso de equipos con unidades de medición poligonal o de reactancia, estos deben incluir en su diseño las medidas necesarias para evitar sobre-alcance durante fallas con alta resistencia y poder detectarlas, cuando estas ocurran al inicio de la línea protegida
- n) Polarización con memoria que permita su operación durante fallas con abatimiento total de tensión
- o) Operar en menos de un ciclo cuando se energice la línea en presencia de falla, esto debe efectuarse sin necesidad de contactos auxiliares de interruptor
- p) Contactos libres de potencial para las funciones de:
 - Arranque de esquema de recierre (2 contactos)
 - Control de transmisión de equipo de comunicación (1 contacto)
 - Alarmas (contactos necesarios para indicar falla en el relevador como mínimo falla en CD).
 - Arranque registrador de disturbios (1 contacto)
 - Registro de eventos relevantes (transmisión y recepción de señal piloto, arranque general, disparo protección y línea muerta)
 - Arranque de esquema de falla de interruptor (2 contactos o en caso de disparo y recierre monopolar 2 contactos por fase)
 - Disparo de interruptores (2 contactos o en caso de disparo y recierre monopolar 2 contactos por fase)
- q) Los tiempos de operación máximos promedio permitidos deben ser:

En líneas de 230 y 400 kV menor a 25 metros

Este promedio se obtendrá de las curvas de tiempo de operación máxima

Promedio de los tiempos máximos de operación para fallas monofásicas,

Bifásicas, y trifásicas, cuando SIR (relación de impedancia fuente) alcance

igual a 1 y 10, con fallas ubicadas al 50% y 90% del alcance de la zona 1 (sin resistencia de falla y alcance mayor a 3 ohms en el secundario). Se

considera tiempo máximo, el tiempo de operación del relevador cuando la falla se presenta con máximo offset de corriente directa.

Precisión: no más de 5% de sobre alcance con fallas monofásicas, bifásicas y trifásicas, cuando la falla se presenta con un máximo de offset de corriente directa y relaciones impedancia fuente/alcance entre 1 y 10

III. 14. 2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- a) Máxima corriente que debe soportar el relevador
Continuamente $2 \times I_n$
Durante 1 segundo $70 \times I_n$
- b) carga eléctrica (Burden):
Corriente 1 VA por fase,
Tensión menor a 3 VA por fase
VCD menor a 100 W bajo cualquier condición
- c) los contactos de disparo deben soportar 3 A nominales continuos en condiciones de cierre. En condiciones de disparo 30 A.
Capacidad interruptiva 180 VA resistivos, 60 VA inductivos 125/250 VCD
- d) Los contactos auxiliares deben soportar 3 A continuos, capacidad al cierre 5 A durante 30 segundos
Capacidad interruptiva 25 VA inductivos 125/250 VCD

III. 15. RELEVADOR DIRECCIONAL DE SOBRECORRIENTE

Los relevadores direccionales de sobre corriente deben tener las características indicadas a continuación:

- a) Unidad instantánea y unidad de tiempo con característica seleccionable entre inversa, muy inversa y extremadamente inversa y tiempo definido.
- b) Alimentación de 125 VCD

- c) Totalmente independiente de los demás relevadores de protección.
- d) Debe incluir block de prueba, el cual puede ser integrado o externo.
- e) En secciones tipo L2 se debe contar con dos unidades direccionales, una en dirección de disparo y otra en dirección de bloqueo, supervisadas por la unidad de corriente instantánea, con objeto de utilizarla en un esquema de comparación direccional. Se debe contar con la lógica necesaria para su aplicación en líneas paralelas con inversión de corriente, la unidad de sobre corriente de tiempo debe estar supervisada por la unidad direccional de disparo, la unidad direccional debe ser seleccionable de secuencia negativa o cero.
- f) En secciones tipo L3, se debe contar con polarización por tensión residual $3 V_0$; debe operar correctamente con cualquier tensión arriba de 0.5 volts.
- g) Ángulo característico de 75° ; $\pm 20\%$,
- h) El relevador debe mantener su direccionalidad con valores hasta 30 veces la corriente en la dirección de no disparo.

III. 16. RELEVADOR DE FALLA DE INTERRUPTOR

Los relevadores de falla de interruptor deben tener características siguientes:

- a) Tres unidades de sobre corriente de fase y una de neutro con ajuste de operación independiente, rangos de operación para las unidades de fase de 1 a 10 A mínimo y de neutro de 0.2 a 2 A mínimo.
- b) En líneas con disparo y recierre monopolar deben tener tres unidades de fase totalmente independiente sin unidad de neutro. El rango de ajuste debe ser de 1 a 10 A.
- c) Unidad de redisparo, en el caso de esquemas monopolares el redisparo debe ser monopolar.
- d) La unidad de redisparo debe estar temporizada con un rango de ajuste de 20 a 100 milisegundos y supervisada por las unidades de sobrecorriente.
- e) El rango de ajuste de tiempo del esquema de falla de interruptor debe ser ajustable, con un rango de 0.2 a 2 segundos.
- f) Debe operar correctamente con transformadores de corriente saturados.

- g) La relación de restablecimiento de las unidades de sobre corriente debe ser mayor de 80%.
- h) El tiempo de restablecimiento debe ser menor de 15 milisegundos
- i) Banderas y contactos de señalización para las funciones de redisparo y de falla de interruptor.
- j) Habilitado por contacto seco, en el caso de esquemas monopolares se efectuará' por fase en forma independiente
- k) Las unidades de sobre corriente no deben operar sin haber sido habilitado el relevador.
- l) Debe incluir tablilla de prueba, la cual puede ser integrada o externa.
- m) En el caso de relevadores microprocesados, se debe contar con la función de autodiagnóstico.

III. 17. RELEVADOR DE HILO PILOTO O DIFERENCIAL DE LÍNEA (87L)

Los relevadores de hilo piloto deben tener las características siguientes:

- a) Debe generar una señal monofásica de las corrientes de las 3 fases. El valor de esta señal se debe limitar a 60 V
- b) Cuando el enlace entre los relevadores sea por medio de cable, se debe proporcionar un aislamiento mínimo de 15 kV entre el relevador y el cable, además debe tener un elemento de supervisión que detecte si el cable está en corto circuito, abierto o invertido.

III. 18. RELEVADORES DE RECIERRE

a) Líneas con disparo monopolar

Un solo intento de recierre,

Conmutador que permita bloquear y controlar la secuencia de cierre a dos interruptores, tiempos muerto ajustable de 0.1 segundos.

Tiempo de reposición ajustable a 30 segundos en pasos máximos, de 10 segundos.

Debe bloquearse durante un periodo de tiempo igual al tiempo de reposición cuando se da orden manual de cierre al interruptor.

No debe operar cuando la falla involucre más de una fase,

Debe interrumpir su operación cuando una falla monofásica evolucione a falla de dos o tres fases.

b) Líneas con disparo tripolar

Un solo intento de recierre,

Conmutador que permita bloquear y controlar la secuencia de cierre a dos interruptores, tiempo muerto ajustable de 0.5 a 5 segundos, en pasos máximos de 0.1 segundos, tiempo de reposición ajustable de 0 a 30 segundos, en pasos máximos de 10 segundos

Debe bloquearse durante un periodo de tiempo igual al tiempo de reposición cuando se de orden manual al interruptor

Las órdenes de recierre deben ser supervisadas por un relevador verificador de sincronismo

- c) circuitos reales de distribución

III. 19. RELEVADOR VERIFICADOR DE SINCRONISMO

Los relevadores verificadores de sincronismo (25/27) son usados para supervisar las ordenes de cierre vía control supervisorio a los interruptores de líneas de tensión 115 kV a 400 kV, así como las ordenes de recierre tripolar.

Los relevadores deben tener las siguientes características:

- a) Unidad de baja tensión (27) para que se puedan programar las funciones de línea muerta y/o bus muerto
- b) Tiempo de operación menor a 1 segundo
- c) Tiempo de reposición menor a 100 milisegundos
- d) Alimentación a 125 VCD

III. 20. RELEVADORES PARA PROTECCIÓN DE TRANSFORMADORES (87T)

Tiempo máximo de operación de dos ciclos

Unidad instantánea independiente de la unidad de restricción por armónicas

III. 21. RELEVADORES PARA PROTECCIÓN DE REACTORES (87R)

III. 21. 1. Protección diferencial de reactor

Los relevadores para protección (87R) son usados en los reactores trifásicos, monofásicos y monofásicos de neutro.

Estos relevadores pueden ser de alta impedancia con resistencia no lineal para limitar la tensión o del tipo de restricción de producto

En cualquier caso, el relevador debe tener indicación de la fase fallada

III. 21. 2. Protección de sobre corriente

Los relevadores para protección de sobre corriente (51 R/51 RN) deben tener las características que se indican a continuación:

Tiempo definido ajustable entre 0.1 y 5 segundos, en pasos no mayores de 0.1 segundos.

Restricción por segunda armónica

Ajustes de 4-8 por fase y de 0.5 A para neutro

III. 22. RELEVADOR DIFERENCIAL DE BARRAS

El relevador diferencial de barra (878) debe cumplir con las siguientes características:

- a) Detectar y liberar todo tipo de fallas en barras de conexión de una subestación en forma rápida (menor de 1 ciclo) y confiable.
- b) Poder compartir devanados secundarios de transformadores de corriente con otros relevadores sin decrementos de confiabilidad, selectividad y rapidez
- c) Debe conservar bajo cualquier circunstancia la selectividad, aún en los casos de trabajar con transformadores de corriente saturados durante falla externa
- d) Su diseño debe permitir adaptarse a arreglos de subestación que obliguen a conmutar circuitos entre zonas de protección sin que la protección diferencial pierda sus características de confiabilidad, selectividad y rapidez.
- e) No instalar conmutaciones directamente en el circuito secundario de los transformadores de corriente.
- f) Sensitividad independiente del número de alimentadores conectados.
- g) Evaluación y detección independiente de las 3 corrientes de fase
- h) Incluir las tablillas de prueba necesarias para la verificación y faseo de las corrientes de todos los circuitos, banderas y contactos de señalización para alarma de protección bloqueada.
- i) Capacidad para 9 circuitos incluyendo el interruptor de amarre de barras.

III. 23. LOCALIZADOR DE FALLAS

Los localizadores de fallas serán utilizados en líneas de 400 kV

Las características de estos localizadores se indican a continuación:

- a) selector de fase interconstruido.
- b) Diseño que permita su aplicación en líneas con transformadores de potencial de tipo capacitivo.
- c) Arranque externo por medio de contacto seco

- d) Ajustable de 0 a 30 ohms.
- e) Compensación por acoplamiento con línea paralela cuando esté en la misma torre.
- f) Inmune a los efectos de carga y resistencia de falla
- g) Error máximo en la medición de $\pm 2\%$.
- h) Impresor y comunicación remota, capacidad para almacenar los últimos 5 eventos.
- i) Alimentación de 125 VCD
- j) Podrá quedar incluido en las funciones del relevador o del registrador de fallas (Registrador de disturbios).

III. 24. USO DE LOS REGISTRADORES DE DISTURBIOS

Los registradores de disturbios son utilizados de la siguiente manera

- a) un RD por cada línea de 400 kV registrando
 - Cuatro (4) señales, de corriente,
 - Cuatro (4) señales de tensión,
 - Treinta y dos (32) eventos.

III. 24. 1 CARACTERÍSTICAS

- a) Número de canales analógicos: 16 mínimo
- b) tensión nominal: 115 V
- c) Corriente nominal: 5 A
- d) Frecuencia nominal: 60 Hz

- e) Corriente máxima: $2 \times I_n$ (continuamente)
- f) Carga eléctrica (Burden): 3 VA
- g) Frecuencia de muestreo seleccionable: 2 kHz y 500 Hz.
- h) Resolución analógica: 12 bits.
- i) Entradas digitales: 32 mínimo (cada una de las entradas debe ser independiente de las demás y debe poderse habilitar con una tensión de 125 VCD).
- j) Resolución de eventos: 1 milisegundo
- k) Disparo de evento: arranque externo por medio de un cambio de estado de algunas entradas digitales, debiendo ser seleccionable esto último.
- l) Tiempo de registro:
prefalla 100 milisegundos mínimo,
postfalla ajustable: de 200 a 2000 milisegundos.
Capacidad de memoria: 614 kBytes mínimo.
- m) Fuente de alimentación 125 VCD.
- n) Reloj interno de tiempo real con soporte de batería.
- o) Rango de temperatura: -10°C a 55°C
- p) El equipo debe ser capaz de comunicarse con una unidad evaluadora del tipo IBM PC o compatible por medio de una interfase de comunicación RS232.

La sección RD debe contener 2 equipos registradores de disturbios.

Debe suministrarse una unidad evaluadora del tipo PC o compatible, la cual mandará la información de los dos equipos o registradores de disturbios de la sección.

Los equipos auxiliares, para lo anterior deben ser proporcionados, así como el software y una impresora para la reproducción física de los eventos.

Las características del software de la unidad evaluadora deben ser:
Sistema operativo MS DOS,

Pantalla de color con resolución VGA o EGA como mínimo

Programa de comunicación para poder enlazarse con los distintos equipos registradores de disturbios

Programa de graficado de los eventos con las funciones necesarias para su fácil edición análisis e impresión.

III. 25. CONMUTADORES

Los conmutadores de instrumentos y control deben cumplir con lo siguiente:

Tipo rotativo

Servicio continuo

600 VCA

20 A continuos y 250 A durante 3 segundos

Con capacidad de acuerdo al transductor asociado

A continuación se muestra un listado de relevadores de protección aprobados el laboratorio de pruebas de equipo eléctrico.



III. 26 LISTADO DE RELEVADORES DE PROTECCION APROBADOS POR LAPEM

MARCA	MODELO	FUNCION ANSI	TENSION KV	APROBADO PARA PROTECCION
SIEMENS	7SS52	87B	A	PB
SIEMENS	7UT512	87T	A	PPT
SIEMENS	7UT513	87T	A	PPT
SIEMENS	7VK61	79 50FI	A A	
TEAM ARTECHE	PL-250	50/51	A	PRP, PRS, PRN
TEAM ARTECHE	PL-50TT	59 27 81	A A A	
ZIV	IVD	50/51	A	PRP, PRS, PRN
ZIV	FIT	50FI	A	
ABB	DPU2000R	50/51	A	PRP, PRS, PRN
ABB	REB500	87B	A	PB
ABB	REB551	50FI	A	
ABB	RED521	87B	A	PB
ABB	REL316*4	87L	A	PP1/PP2
ABB	REL531	21	A	PP2
ABB	REL551	87L	A	PP1/PP2
ABB	SPAJ110	50/51	A	PRP, PRS, PRN
ABB	SPAJ140	50/51	A	PRP, PRS, PRN
AREVA	MBCZ	87B	A	PB
AREVA	P143	50/51 67	A A	PRP, PRS, PRN PR
AREVA	P142	50/51 47	A A	PRP, PRS, PRN PR
AREVA	P141	50/51 67	A A	PRP, PRS, PRN PR

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS RELEVADORES QUE COMPONEN EL TABLERO

AREVA	P-441	67	A	PR
AREVA	P-442	21	A	PP2
BASLER	BE1-851	50/51	A	PRP, PRS, PRN
BASLER	BE1-951	50/51	A	PRP, PRS, PRN
GE	SR750/SR760	50/51	A	PRP, PRS, PRN
GE	DTP	87T	A	PPT
GE	L90	87L	A	PP1/PP2
GE	SR745	87T	A	PPT
GE	T-60	87T	A	PPT
GE	DRS-1000	79	A	
GE	B30	87B	A	PB
GE	B90	87B	A	PB
GE	F35	50/51	A	PRP, PRS, PRN
GE	F60	50/51	A	PRS, PRP, PRN
		67	A	PR
GE	T35	87T	A	PPT
SEL	SEL221F	67	A	PR
SEL	SEL267	67	A	PR
SEL	SEL279H	79	A	
SEL	SEL321	21	A	PP2
		67	A	PR
SEL	SEL351	50/51	A	PRP, PRS, PRN
		67	A	PR
		50FI	A	
SEL	SEL351A	50/51	A	PRP, PRS, PRN
SEL	SEL351S	50/51	A	PRP, PRS, PRN
SEL	SEL 352	50FI	A	
SEL	SEL 387	87T	A	PPT
SEL	SEL387A	87T	A	PPT
	SEL E87E	87T	A	PPT

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS RELEVADORES QUE COMPONEN EL TABLERO

	SEL-421-0	85L	A	PP1
SEL	SEL-421-1	21	A	PP2
SEL	487B	87B	A	PB
SEL	SEL501	50/51	A	PRP, PRS, PRN
SEL	SEL551	50/51	A	PRP, PRS, PRN
SEL	SEL587	87T	A	PPT

NOMENCLATURA, ABREVIATURAS Y NOTAS:

A - Tensión de 400 KV y menores

APROBACIÓN:

PP1.- Protección Primaria 1 (Líneas con tensión = 230 kV)

PP2.- Protección Primaria 2 (Líneas con tensión = 230 kV)

PR.- Protección de Respaldo.

NOTA 1 - Todos los relevadores de protección, deben incluir unidades para la detección de fallas de fase y detección de fallas de fase a neutro.

NOTA 2 - La tensión define la máxima tensión donde puede aplicarse el relevador de protección, cuando está asociado a una línea. Por tanto puede ser aplicado a las tensiones inferiores a la indicada.

NOTA 3 - Cuando NO se indique la tensión, el relevador de protección puede ser aplicado en cualquier nivel de tensión.



ABB REL 531

Relevador ajustado para protección a distancia, protege fase con fase y fase a tierra

Se coloca uno por cada zona que se desea proteger y ofrece una óptima protección

primaria en líneas de poder



ABB REL316

Relevador de protección de líneas de distribución transmisión y sistemas de potencia.

El REL 316 es recomendable en la protección de líneas de cables aéreos, para líneas cortas y líneas largas, detecta todo tipo de falla



AREVA MiCOM P547

Relevador de protección primaria, se utiliza en protección de distancia en sistemas de potencia



SEL-421

Alta velocidad en protección de

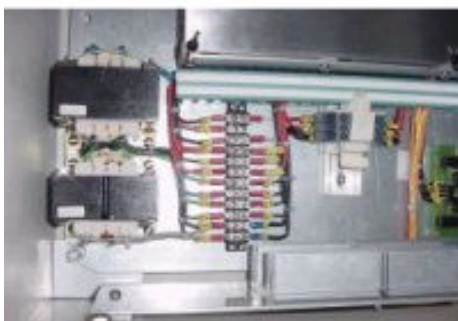
Automatización y sistemas de

Aplicación en protección primaria y

de

Respaldo

Control Electrónico de Restaurador con Relevadores SEL 351



IV COSTOS Y NORMAS DE CALIDAD



IV. 1. EVALUACIÓN DE LA PROTECCIÓN POR RELEVADORES

Aunque un sistema de potencia moderno no podría funcionar sin la protección por relevadores, esto no la hace apreciable. Como en toda toma de decisiones, la ingeniería, la economía y los costos juegan un papel muy importante. Aunque el ingeniero puede justificar por lo común desembolsos para la protección por relevadores sobre la base de una práctica normalizada, las circunstancias pueden alterar dichos conceptos, y a menudo es necesario evaluar los beneficios sociales y económicos que van a lograrse. Esta no es una cuestión de si la protección por relevadores puede justificarse, sino hasta donde podría uno invertir con la mejor protección disponible.

Como todas las otras partes de un sistema de potencia, la protección por relevadores se evaluaría sobre la base de su contribución al mejor servicio económicamente posible a los consumidores. La contribución de la protección por relevadores es ayudar al resto del sistema de potencia a funcionar con la mayor eficiencia y efectividad posible frente a la falla. Es por ello que la protección por relevadores disminuye el daño cuando ocurren las fallas, reduciendo:

- a. El costo de la reparación del daño.
- b. La probabilidad de que la falla pueda extenderse e involucrar otro equipo
- c. El tiempo que el equipo está fuera de servicio
- d. La pérdida en ingreso y la tirantez de las relaciones públicas mientras el equipo está fuera de servicio.

Con el regreso oportuno del equipo al servicio, la protección por relevadores ayuda a reducir la cantidad del equipo de reserva requerido.

La habilidad de la protección por relevadores para permitir el uso más completo de la capacidad del sistema está mostrada enérgicamente por la estabilidad del sistema.

La calidad del equipo de protección por relevadores puede afectar los gastos de ingeniería al aplicar el equipo de protección mismo. El equipo que puede

funcionar adecuadamente, aun cuando se hagan cambios futuros en el sistema o en su funcionamiento, ahorrará más inversiones futuras y otros gastos relacionados con la ingeniería.

Uno no debe concluir que el gasto justificable para un equipo dado de protección por relevadores es necesariamente proporcional al valor o importancia del elemento del sistema que va a ser protegido de un modo directo. Una falla en ese elemento del sistema puede afectar la capacidad para dar servicio del sistema completo y, por lo tanto, ese equipo de protección esta protegido realmente el servicio del sistema completo. Algunos de los paros más serios han sido ocasionados por los efectos que provienen de una falla original en equipo de relativa importancia que no se protegió como se debía.

IV. 2. VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA

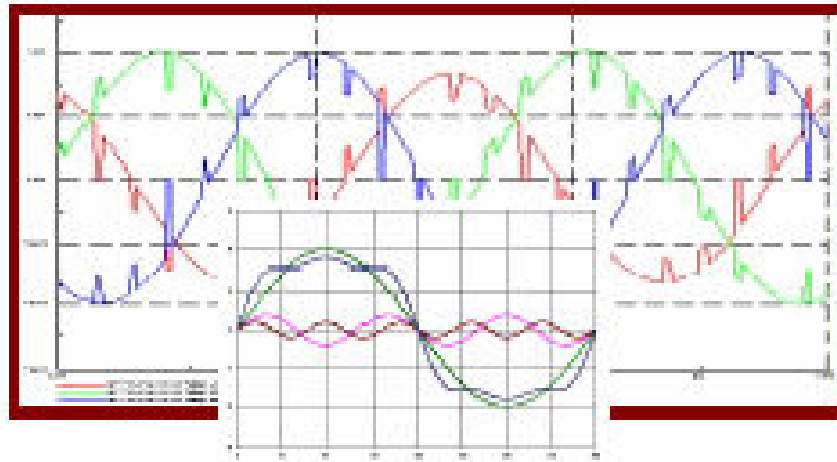
Desde hace ya varios años ha cobrado importancia el término de calidad de energía y esto se debe a que la causa de muchas de las fallas que anteriormente se etiquetaban como inciertas, es precisamente la calidad de los parámetros eléctricos que alimentan a las cargas de una instalación.

La mala calidad de estos parámetros origina efectos nocivos en cargas sensibles, y en una instalación eléctrica se manifiesta de muchas maneras, algunas de ellas son:

- a) Desbalance de voltaje entre fases
- b) Variaciones súbitas de voltaje
- c) Flujos de armónicas en el sistema
- d) Ruido en las señales de voltaje y corriente
- e) Efecto Flicker

Una de las maneras en que se presenta una mala calidad de energía más comúnmente en nuestros días, es el flujo de armónicas en un sistema, fenómeno que existe desde que se utiliza la corriente alterna, sin embargo, hoy en día se utiliza nueva tecnología que emplea elementos generadores de corriente armónica, por ejemplo: rectificadores, variadores de velocidad,

arrancadores electrónicos de motores, compensadores estáticos de vars, balastros electrónicos para lámparas, etc., que han ocasionado que el problema se agrave con el paso del tiempo.



Efecto de las Armónicas

TABLA IV. 1. PRUEBAS DE PROTOTIPO DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN DE ACUERDO A LAS NORMAS DE CALIDAD

DESCRIPCION	NORMA
Inspección visual	
Pruebas de funcionamiento	
Funcionamiento de estado estable	
Funcionamiento dinámico	
Dinámicas con una fuente	
Dinámicas con doble fuente	
Funcionamiento con variación de parámetros	
Interruptores y rizo de la fuente de tensión auxiliar	
CD	
Efecto de la variación de la frecuencia	
Efecto de la variación de la tensión de la fuente auxiliar	
Efecto de componentes armónicas	
Pruebas de aislamiento	

Pruebas dieléctricas a frecuencia nominal	ANSI C37.90
Resistencia de aislamiento	EIA 407-A
Prueba de tensión del impulso	IEC 255 Pt.5
Capacidad de contactos de disparo	ANSI C37.90
Prueba de vibración	IEC 68 Pt. 2-6
Capacidad térmica (sobrecarga)	IEC 255 Pt.6
Corto tiempo	
Circuito de corriente	
Circuitos de tensión	
Tiempo permanente	
Circuitos de corriente	
Circuitos de tensión	
Prueba de temperatura	IEC 68 Pt. 1 IEC 68 Pt. 2-2
Prueba de humedad	IEC68 Pt. 2-3
Prueba de quemado	ANSI C37.1
Prueba de interferencia	
Disturbio de alta frecuencia	ANSI C37.90;IEC 255
Prueba de transitorios rápidos	Pt.4
Prueba de descarga electrostática	SS 436-15-03
Prueba de radio frecuencia	IEC 801 Pt.2
	IEC 801 Pt.3

TABLA IV . 2. PRUEBAS DE ACEPTACIÓN DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN, CONTROL Y MEDICIÓN DE ACUERDO A LAS NORMAS DE CALIDAD

DESCRIPCIÓN	NORMA
Inspección visual	
Pruebas de funcionamiento	
Pruebas de aislamiento	
Pruebas dieléctricas a frecuencia nominal	ANSI C37.90
Medición de resistencia de aislamiento	EIA 407 - A

A continuación se muestra un ejemplo de las condiciones técnicas y de seguridad que se aplican en España y que deberían aplicarse en México, debido a su funcional contenido.

IV. 3. Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación

Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. BOE núm. 288 de 1 de diciembre.

Departamento emisor: Ministerio de Industria y Energía .
--

[Exposición de motivos](#)

[Articulado](#)

[Disposición transitoria](#)

[Reglamento](#)

Exposición de motivos

Desde el año mil novecientos cuarenta y nueve en que fue aprobado el vigente Reglamento de Centrales Eléctricas y Centros de Transformación, la tecnología ha experimentado un importante avance y la potencia eléctrica instalada se ha incrementado considerablemente, aumentando las potencias de cortocircuito con mayor exigencia en los condicionamientos técnicos.

Todo ello ha obligado a revisar las prescripciones técnicas sobre protecciones, instalaciones de puesta a tierra, aparatos de maniobra, aislamientos, etc., en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación y otras instalaciones de corriente alterna con tensión nominal superior a un KV.

Además, con objeto de facilitar la adaptación a las normas técnicas contenidas en este Reglamento al futuro progreso tecnológico, se ha seguido la norma de incluir en el Reglamento propiamente dicho, las prescripciones de carácter general, encomendando al Ministerio de Industria y Energía las instrucciones técnicas complementarias necesarias.

En su virtud, a propuesta del Ministro de Industria y Energía y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día doce de noviembre de mil novecientos ochenta y dos, dispongo:

Artículo primero.-

Se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas subestaciones y centros de transformación de tensión superior a mil voltios, que se incluye como anexo a este Real Decreto.

Artículo segundo.-

Por el Ministerio de Industria y Energía se dictarán las instrucciones técnicas complementarias y demás disposiciones precisas para el desarrollo y aplicación del Reglamento citado en el artículo anterior.

Artículo tercero.-

Se autoriza al Ministerio de Industria y Energía para que mediante Resoluciones de la Dirección General competente, en atención al desarrollo técnico o a situaciones objetivas excepcionales a petición de parte interesada y previo informe del Consejo Superior de dicho Ministerio, pueda establecer para casos determinados prescripciones técnicas diferentes de las previstas en las instrucciones técnicas complementarias.

Artículo cuarto.-

El Reglamento entrará en vigor a los tres meses de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Disposición transitoria

Hasta tanto no sean aprobadas por el Ministerio de Industria y Energía las correspondientes instrucciones técnicas de este Reglamento, continuarán vigentes los preceptos técnicos de la Orden del Ministerio de Industria de veintitrés de febrero de mil novecientos cuarenta y nueve, por la que se aprobaron instrucciones de carácter general y Reglamento sobre instalaciones

y Funcionamiento de Centrales Eléctricas y Centros de Transformación. Según vayan poniéndose en vigor las mencionadas instrucciones técnicas complementarias, quedarán derogadas las normas que figuran en la citada orden del Ministerio de Industria.

Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación

CAPITULO PRIMERO. Disposiciones generales

Artículo 1. Objeto.-

El presente Reglamento tiene por objeto establecer las condiciones y garantías técnicas a que han de someterse las instalaciones eléctricas de más de 1.000 voltios para:

1. Proteger las personas y la integridad y funcionalidad de los bienes que pueden resultar afectados por las mismas instalaciones.
2. Conseguir la necesaria regularidad en los suministros de energía eléctrica.
3. Establecer la normalización precisa para reducir la extensa tipificación que existe en la fabricación de material eléctrico.
4. La óptima utilización de las inversiones, a fin de facilitar, desde el proyecto de las instalaciones, la posibilidad de adaptarlas a futuros aumentos de carga racionalmente previsibles.

Artículo 2. Ámbito de aplicación.-

Las normas y prescripciones técnicas del presente Reglamento e Instrucciones Técnicas Complementarias serán de aplicación para las instalaciones de corriente alterna, cuya tensión nominal eficaz sea superior a un kV, entre dos conductores cualesquiera, con frecuencia de servicios inferiores a 100 Hz.

A efectos de este Reglamento se consideran incluidas todas las instalaciones eléctricas de conjuntos o sistemas de elementos, componentes, estructuras, aparatos, máquinas y circuitos de trabajo entre límites de tensión y frecuencia

especificados en el párrafo anterior, que se utilicen para la producción y transformación de la energía eléctrica o para la realización de cualquier otra transformación energética con intervención de la energía eléctrica.

No será de aplicación este Reglamento a las líneas de alta tensión, ni a cualquier otra instalación que dentro de su campo de aplicación se rija por una reglamentación específica, salvo las instalaciones eléctricas de centrales nucleares que quedan sometidas a las prescripciones de este Reglamento y además a su normativa específica.

Artículo 3. Clasificación de las instalaciones.-

Las instalaciones eléctricas incluidas en este Reglamento se clasificarán en las categorías siguientes:

Primera categoría. Las de tensión nominal superior a 66 kV.

Segunda categoría. Las de tensión nominal igual o inferior a 66 kV y superior a 30 kV.

Tercera categoría. Las de tensión nominal igual o inferior a 30 kV y superior a 1 kV.

Si en la instalación existen circuitos o elementos en los que se utilicen distintas tensiones, el conjunto del sistema se clasificará, a efectos administrativos, en el grupo correspondiente al valor de la tensión nominal más elevada.

Cuando en el proyecto de una nueva instalación se considere necesaria la adopción de una tensión nominal superior a 380 KV., el Ministerio de Industria y Energía establecerá la tensión que deba autorizarse.

Artículo 4. Frecuencia de la red eléctrica nacional.-

La frecuencia nominal obligatoria para la red eléctrica de servicio público es de 50 Hz.

Artículo 5. Compatibilidad con otras instalaciones.- Toda instalación de más de un kV debe estar dotada de los elementos necesarios y con el calibrado y regulación conveniente para que su explotación e incidencias no produzca perturbaciones anormales en el funcionamiento de instalaciones ajenas.

Los sobre dimensionamientos y modificaciones impuestos a una parte para corregir este tipo de problemas, como consecuencia de cambios realizados por propietarios de otras instalaciones serán costeados por el causante de la perturbación.

Artículo 6. Perturbaciones en los sistemas de comunicaciones y similares.-

Las instalaciones eléctricas de más de un kV, cuyo funcionamiento produzca, o pueda producir, perturbaciones en el funcionamiento de sistemas de comunicaciones, señalización, control, transmisión de datos o similares, deberán estar dotadas de los dispositivos correctores que, en cada caso, se preceptúe.

Artículo 7. Normas.-

Los materiales, aparatos, máquinas, conjuntos y subconjuntos, integrados en los circuitos de las instalaciones eléctricas de más de un kV, a las que se refiere este Reglamento, cumplirán las normas, especificaciones técnicas y homologaciones que les sean de aplicación y que establezca como de obligado cumplimiento el Ministerio de Industria y Energía. Cuando no esté declarada de obligado cumplimiento ninguna norma o especificación técnica que se refiera a un elemento determinado de la instalación, el Ministerio de Industria y Energía podrá señalar, en cada caso, la norma que deba ser de aplicación. En su defecto, el proyectista propondrá y justificará las normas o especificaciones cuya aplicación considere más idónea para las partes fundamentales de la instalación de que se trate.

En aquellos casos en los que la aplicación estricta de las normas reglamentarias no permita una solución óptima a un problema o se prevea utilizar otros sistemas, el proyectista de la instalación deberá justificar las

variaciones necesarias. El Ministerio de Industria y Energía podrá autorizar los valores o condiciones no concordantes con lo establecido en este Reglamento.

Igualmente, el Ministerio podrá exigir los ensayos que considere necesarios relativos a cualquier componente de la instalación, practicados por el Laboratorio nacional o extranjero que a estos efectos designe el mismo Ministerio.

Las Empresas suministradoras de energía eléctrica podrán proponer especificaciones que fijen las condiciones técnicas que deban reunir aquellas partes de instalaciones de los consumidores que tengan incidencia apreciable en la seguridad, funcionamiento y homogeneidad de su sistema. El condicionado técnico al que deben ajustarse estas especificaciones y los trámites administrativos para su aprobación por el Ministerio de Industria y Energía se determinará en las Instrucciones Complementarias de este Reglamento.

Artículo 8. Identificación, marcas y homologación.-

Los materiales y elementos utilizados en la construcción, montaje, reparación o reformas importantes de las instalaciones eléctricas de más de un kV, deberán estar señalizados con la información que determine la norma u homologación de aplicación correspondiente.

Para garantía del adecuado nivel de calidad de los elementos componentes de las instalaciones eléctricas de más de un kV, sometidas a este Reglamento toda Entidad y Organización que tenga establecida una marca o distintivo de calidad para materiales, elementos o equipos utilizados en estas instalaciones, podrán solicitar del Ministerio de Industria y Energía su reconocimiento, de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento de las actuaciones del Ministerio de Industria y Energía en el campo de la normalización y homologación, aprobado por Real Decreto 2584/1981, de 18 de septiembre.

CÁPITULO II. Autorización, puesta en servicio, inspección y vigilancia de las instalaciones

Artículo 9. Proyecto de las instalaciones.-

Será obligatoria la presentación de proyecto suscrito por Técnico competente y visado por el Colegio Oficial correspondiente, para la realización de toda clase de instalaciones eléctricas de más de un kV., a que se refiere el presente Reglamento.

Si se trata de instalación sometida al régimen de previa autorización, la solicitud deberá acompañarse de un proyecto o anteproyecto de la instalación eléctrica, cuya autorización se insta. En el supuesto de que se hubiese presentado anteproyecto, una vez concedida la autorización, antes de iniciar la realización, deberá presentarse el oportuno proyecto de ejecución, conforme a lo indicado en el párrafo anterior.

La definición y contenido mínimo de los proyectos y anteproyectos a que se alude en los párrafos anteriores, se determinará en la correspondiente Instrucción Técnica Complementaria, sin perjuicio de la facultad de la Administración para solicitar los datos adicionales que considere necesarios.

Cuando se trate de instalaciones, o parte de las mismas, de carácter repetitivo, el Ministerio de Industria Energía podrá autorizar o establecer la utilización de proyectos tipo, que deberán ser completados, inexcusablemente, con los datos específicos concernientes a cada caso, tales como: ubicación, accesos, circunstancias locales, clima, entorno, dimensiones específicas, características de las tierras y de la conexión a la red, así como cualquier otra correspondiente al caso particular.

Artículo 10. Aplicación de nuevas técnicas.-

Cuando el proyectista de una instalación prevea la utilización o aplicación de nuevas técnicas o se planteen circunstancias no previstas en las Instrucciones Técnicas Complementarias del presente Reglamento, podrá justificar la introducción de innovaciones técnicas señalando los objetivos y experiencias,

así como normas y prescripciones que aplica. El Ministerio de Industria y Energía podrá aceptar o rechazar el proyecto en razón a que resulten o no justificadas las innovaciones que contenga.

Artículo 11. Puesta en marcha de las instalaciones.-

En las instalaciones eléctricas de más de 1.000 voltios que no sean de producción, distribución pública o transporte de energía eléctrica y pertenezcan a establecimientos industriales liberalizados, de acuerdo con el Real Decreto 2135/1980, de 26 de septiembre, se podrá proceder a su puesta en funcionamiento, previo cumplimiento del requisito a que se refiere el artículo 2., III, del referido Real Decreto, y se acredite la conformidad de la Empresa eléctrica para conectar la instalación a su red.

Las instalaciones eléctricas de producción, distribución pública o transporte no liberalizadas o pertenecientes a Empresas eléctricas, sólo podrán iniciar la puesta en marcha previo cumplimiento de lo prevenido en el Decreto 2617/1966, de 20 de octubre.

Artículo 12. Mantenimiento de las instalaciones.-

Los propietarios de las instalaciones, incluidas en el presente Reglamento, deberán presentar, antes de su puesta en marcha, un contrato, suscrito con persona física o jurídica competente en el que éstas se hagan responsables de mantener las instalaciones en el debido estado de conservación y funcionamiento.

Si el propietario de la instalación, a juicio del Órgano competente, dispone de los medios y organización necesarios para efectuar su propio mantenimiento, podrá eximirse de la obligación de presentación de dicho contrato.

Artículo 13. Inspecciones periódicas de las instalaciones.-

Para alcanzar los objetivos señalados en el artículo 1. de este Reglamento, en relación con la seguridad, se efectuarán inspecciones periódicas de las instalaciones.

Estas inspecciones se realizarán, al menos cada tres años, pudiéndose establecer condiciones especiales en las Instrucciones Técnicas Complementarias a este Reglamento. El titular de la instalación cuidará de que dichas inspecciones se efectúen en los plazos previstos.

Las inspecciones periódicas se realizarán por las Direcciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía, o, en su caso, por los Órganos competentes de las Comunidades Autónomas o bien por Entidades colaboradoras del Ministerio de Industria y Energía facultadas para la aplicación de la Reglamentación eléctrica si incluyen entre sus campos de actuación las instalaciones que van a inspeccionar.

El Órgano inspector conservará acta de todas las inspecciones que realice y entregará una copia de la misma al propietario o arrendatario, en su caso, de la instalación, así como a la Dirección Provincial del Ministerio de Industria y Energía u Órgano competente de la Comunidad Autónoma.

Si como consecuencia de la inspección se detectaran defectos en la instalación, éstos deberán ser corregidos en un plazo máximo de seis meses, salvo que existan razones, debidamente motivadas ante la Administración, en cuyo caso ésta podrá conceder un plazo mayor. No obstante, si la persona o Empresa que ha realizado la inspección, estima que dichos defectos pudieran ser causa de accidente, propondrá a la Dirección Provincial del Ministerio de Industria y Energía u Órgano competente de la Comunidad Autónoma un plazo más corto para la reparación y en caso de que se apreciase grave peligro de accidente, podrá proponer, incluso, el corte de suministro.

Las Direcciones Provinciales de Industria u Órganos competentes de las Comunidades Autónomas, efectuarán inspecciones, mediante control por muestreo estadístico, de las inspecciones efectuadas por las Entidades colaboradoras.

El Ministerio de Industria y Energía podrá eximir, con carácter general de la Inspección periódica, a aquellos tipos de instalación que por su naturaleza no precisen dicha inspección.

Asimismo, las Empresas u Organismos que acrediten ante la Dirección Provincial del Ministerio de Industria y Energía u Órgano competente de la Comunidad Autónoma que poseen capacidad para realizar el mantenimiento periódico de sus instalaciones, así como planes periódicos de reconocimiento y control, podrán solicitar de dichas autoridades que la inspección oficial se efectúe mediante control por muestreo estadístico, siempre que sus planes de reconocimiento y control respeten, tanto el procedimiento administrativo, como los plazos antes indicados. El citado control estadístico se llevará a efecto por la Dirección Provincial de Industria y Energía o por el Órgano competente de la Comunidad Autónoma.

Las tarifas máximas de inspección de las instalaciones eléctricas serán establecidas por el Ministerio de Industria y Energía después de oír a los representantes de las Empresas eléctricas, de los abonados en alta tensión y de las Sociedades de inspección y control.

Artículo 14. Interrupción y alteración del servicio.-

En los casos o circunstancias en que se observe inminente peligro para las personas o cosas, se deberá interrumpir el funcionamiento de la instalación.

En situación de emergencia, un Técnico titulado competente con la autorización de la Empresa propietaria de la instalación, podrá adoptar las medidas provisionales que resulten aconsejables, dando cuenta inmediatamente al Órgano competente de la Administración, que fijará el plazo para restablecer las condiciones reglamentarias.

Los casos de accidente o de interrupción del servicio público se comunicarán inmediatamente al Órgano competente de la Administración.

CÁPITULO III. Infracciones y sanciones

Artículo 15.

La infracción de los preceptos del presente Reglamento y sus Instrucciones Técnicas Complementarias se sancionará de acuerdo con lo establecido en la legislación vigente.

Artículo 16.

En el ámbito de sus respectivas intervenciones podrán estar incurso en las responsabilidades a que se refiere el artículo anterior: el autor del proyecto, el fabricante o importador del material, el instalador, el técnico que certificó la adaptación de la obra al proyecto y el cumplimiento de las condiciones técnicas y reglamentarias a efectos de la puesta en marcha, el encargado del mantenimiento de las instalaciones, la Entidad colaboradora que haya efectuado los reconocimientos periódicos, las Empresas suministradoras y los usuarios.

DISPOSICIÓN TRANSITORIA

Las instalaciones existentes a la fecha de la entrada en vigor del presente Reglamento e Instrucciones Técnicas Complementarias, seguirán sometidas a las prescripciones reglamentarias vigentes en la fecha de su instalación, pero habrán de ajustarse a las condiciones y prescripciones técnicas de la nueva normativa en los supuestos de ampliación importante, o cuando su estado general, situación o características impliquen riesgo grave para personas o bienes, o produzcan perturbaciones inaceptables en el normal funcionamiento de otras instalaciones.

Las revisiones periódicas de todas las instalaciones existentes se llevarán a efecto en el plazo y en la forma establecidos por el presente Reglamento e Instrucciones Técnicas Complementarias.

No obstante lo dispuesto en el primer párrafo de esta disposición, por razones de seguridad podrá establecerse en las Instrucciones Técnicas

Complementarias del presente Reglamento la necesaria readaptación de instalaciones ya existentes a las prescripciones de la Instrucción Técnica Complementaria de que se trate.

A continuación se muestra una serie de costos de algunos equipos de potencia, que tienen vigencia de 2005 y están en moneda nacional.

CLAVE	DESCRIPCION	UNI.	PRECIO
AT4001C111	400KV-1C-POSTES TRONCOCONICOS	PZ	3,160,208.4240
AT4001C112	400KV-1C-CABLE CONDUCTOR	PZ	397,701.4044
AT4001C113	400KV-1C-CABLE DE GUARDA ACERO SM 3/8	PZ	16,760.2017
AT4001C114	400KV-1C-CABLE DE GUARDA C/FIBRA OPTICA	PZ	62,306.9589
AT4001C115	400KV-1C-AISLADORES	PZ	148,248.7773
AT4001C116	400KV-1C-HERRAJES PARA CABLE CONDUCTOR	PZ	312,810.8175
AT4001C117	400KV-1C-HERRAJES CABLE DE GUARDA	PZ	12,358.2521
AT4001C118	400KV-1C-SISTEMA DE TIERRAS	PZ	5,540.4533
AT4002C111	400KV-2C-POSTES TRONCOCONICOS	PZ	3,427,353.4771
AT4002C112	400KV-2C-CABLE CONDUCTOR	PZ	1,194,113.1309
AT4002C113	400KV-2C-CABLE DE GUARDA ACERO SM 3/8	PZ	16,325.1637
AT4002C114	400KV-2C-CABLE DE GUARDA C/FIBRA OPTICA	PZ	35,860.8813
AT4002C115	400KV-2C-AISLADORES	PZ	296,476.3977
AT4002C116	400KV-2C-HERRAJES PARA CABLE CONDUCTOR	PZ	364,163.8110
AT4002C117	400KV-2C-HERAJES CABLE DE GUARDA	PZ	4,597.6506
AT4002C118	400KV-2C-SISTEMA DE TIERRAS	PZ	6,126.2339
AT40P1C111	400KV-1C-TORRES AUTOSOPORTADAS	PZ	649,241.9493
AT40P1C112	400KV-1C-CABLE CONDUCTOR	PZ	647,114.3623
AT40P1C113	400KV-1C-CABLE DE GUARDA	PZ	59,337.0644
AT40P1C114	400KV-1C-AISLADORES	PZ	77,725.0221
AT40P1C115	400KV-1C-HERRAJES CABLE CONDUCTOR	PZ	78,917.7402
AT40P1C116	400KV-1C-HERRAJES CABLE DE GUARDA	PZ	3,858.4827
AT40P1C117	400KV-1C-SISTEMA DE TIERRAS	PZ	40,498.2010
AT40P2C111	400KV-2C-TORRES AUTOSOPORTADAS	PZ	1,256,277.2806
AT40P2C112	400KV-2C-CABLE CONDUCTOR	PZ	1,282,727.3253
AT40P2C113	400KV-2C-CABLE DE GUARDA	PZ	30,193.4868
AT40P2C114	400KV-2C-AISLADORES	PZ	176,802.6072
AT40P2C115	400KV-2C-HERRAJES CABLE CONDUCTOR2	PZ	145,105.6610
AT40P2C116	400KV-2C-HERRAJES CABLE DE GUARDA	PZ	1,279.9902
AT40P2C117	400KV-2C-SISTEMA DE TIERRAS	PZ	24,278.8215
S000000026	GABINETE DE CONEXIONES PARA TC'S	PZ	596.3590
S000000027	GABINETE DE CONEXIONES PARA TP'S	PZ	596.3590
S000000127	TABLERO DE INTERPOSICION DE RELEVADORES AUXILIARES	PZ	31,982.9693
SU000000001	APARTARRAYO TIPO CODO 200 OCC-25	PZ	2,366.7397
SU000000002	APARTARRAYO TIPO INSERTO 200 OCC-25	PZ	6,396.5939
SU000000004	APARTARRAYO TIPO CODO 200 OCC-35	PZ	5,501.0707
SU000000005	APARTARRAYO TIPO INSERTO 200 OCC-35	PZ	8,315.5720
VE1C2Y2000	TC-125-20-15-200X400-5/5	PZ	13,304.9152

COSTOS Y NORMAS DE CALIDAD

VE1C3Y2000	TC-150-20-25.8-200X400-5/5	PZ	15,300.6525
VE1C5Y2000	TC-200-20-38-200X400-5/5	PZ	17,595.7504
VE1CAYB000	TC-650-20-123-200X400-5/5/5	PZ	80,989.8334
VE1EEYB000	TC-650-138-200X400-5/5/5	PZ	84,391.5420
VE2B7WAXB0	TP-13.8-8400/120	PZ	15,718.1965
VE2B9WBXB0	TP-23-14400/120	PZ	15,825.0709
VE2BABAWEA	TP-110-20-15-(120)-(70:1)	PZ	39,295.4913
VE2BABAWEB	TP-125-20-15-(120)-(70:1)	PZ	39,295.4913
VE2BABAWEC	TP-150-20-25.8-(120)-(120:1)	PZ	39,295.4913
VE2BABAWED	TP-200-20-38-(115)-(175:1)	PZ	39,295.4913
VE2BABEWEE	TP-250-20-38-(115)-(300:1)	PZ	39,295.4913
VE2BACAWED	TP-170-20-25.8-(120)-(200:1)	PZ	39,295.4913
VE2BAWCXB0	TP-34.5-20125/115	PZ	22,661.7504
VE2BCNLWEE	TP-350-20-72.5-(115-69)-(350:600-1)	PZ	85,193.0480
VE2BFNYWEE	TP-650-20-145-(115-69)-(700:1200-1)	PZ	127,769.9281
VE2CAZB000	TP-650-20-123-(115-69)-(600:1000-1)	PZ	98,848.2535
VFP74075P1	REGULADOR RT-1-7-100-32	PZ	93,923.9323
VFP7C0C0P1	REGULADOR RT-1-7-328-32	PZ	249,984.6032
VFP7C0C0R1	REGULADOR RT-1-7-328-32	PZ	239,383.5696
VFP7E0E5P1	REGULADOR RT-1-7-548-32	PZ	333,818.3254
VFP940A5P1	REGULADOR RT-1-13-100-32	PZ	174,430.2222
VFP970CAP1	REGULADOR RT-1-13-200-32	PZ	235,576.8462
VFP970CAR1	REGULADOR RT-1-13-200-32	PZ	254,024.0936
VFP9B0E1P1	REGULADOR RT-1-13-300-32	PZ	242,312.1862
VFPE40BKP3	REGULADOR RT-1-19-100-32	PZ	236,575.4898
VFPE60D2P3	REGULADOR RT-1-19-167-32	PZ	325,177.5059
VFPE70D5R3	REGULADOR RT-1-19-200-32	PZ	330,431.4071
VH1JB0F92E	RESTAURADOR RP-125-25.8-50-8000	PZ	122,806.3283
VH1JB7992P	RESTAURADOR RP-110-15-50-8000	PZ	110,486.4231
VH1JB7C91P	RESTAURADOR PN-14-8000-100-A	PZ	173,250.9123
VH1KD6E8NE	RESTAURADOR SN-24-6000-140-A	PZ	200,586.9136
VH1MD6981P	RESTAURADOR RP-150-38-50-8000	PZ	157,883.0834
VH1MD6F81P	RESTAURADOR PN-34-6000-200-A	PZ	272,910.7872
VH6NB70A0S	RESTAURADOR RSM-110-15-600-12500	PZ	176,050.1519
VH6PC70A0S	RESTAURADOR RSM-125-25.8-600-12500	PZ	203,827.8213
VH6RD70A0S	RESTAURADOR RSM-150-38-600-12500	PZ	277,320.2453

NOTA:

El precio de los relevadores oscila entre \$5,000 y \$7,000 Dólares dependiendo de las características del mismo.

CONCLUSIONES

A lo largo del tiempo la tecnología ha avanzado y sigue avanzando a pasos gigantescos, cada día nuevos sistemas y nuevos equipos salen al mercado para satisfacer las necesidades del ser humano y promoverle una vida más cómoda, esa es la finalidad de la ingeniería. Sin duda alguna uno de los servicios más importantes para la vida actual es la energía eléctrica, obtener esta energía es muy costoso, ya que delicados es cada sistema y cada equipo que interviene en la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica. Es por ello que nacen las protecciones, como una necesidad para alargar la vida útil de estos equipos tan costosos y así mismo asegurar, una transmisión de energía eléctrica con menos interrupciones. En base a esto realice mi trabajo de tesis pretendiendo describir a manera de introducción los elementos y características que intervienen en un tablero de protecciones de una línea de transmisión larga en 400 kV mencionando también de manera ilustrativa los elementos que intervienen en los sistemas eléctricos de potencia, mas específicamente en las subestaciones eléctricas con el propósito de tener una mejor comprensión de el tema principal, el objetivo fue alcanzado de manera personal ya que en mi constante búsqueda de información sobre estos sistemas he logrado una comprensión total de lo que es la transmisión de energía eléctrica y los componentes que intervienen en ella, principalmente en los tableros de protección, por otro lado este trabajo pretende proporcionar a futuras generaciones de ingenieros mecánicos electricistas información de este tema tan trascendental en el desarrollo integral de nuestra enseñanza como ingenieros y de esta forma contribuir en el apoyo didáctico de consulta en materia de los tableros de protecciones por relevadores

GLOSARIO

CD – CORRIENTE DIRECTA

CA – CORRIENTE ALTERNA

CC – CORRIENTE CONTINUA

I_n – CORRIENTE NOMINAL

V – VOLTAJE

KV – KILOVOLTS

A – AMPERS

VA – CARGA

VCD – VOLTAJE DE CORRIENTE DIRECTA

VCA – VOLTAJE DE CORRIENTE ALTERNA

W – WATTS

V_0 – VOLTAJE INICIAL

RD – RELEVADOR DE DISTURBIOS

LAPEM – LABORATORIO DE PRUEBAS DE EQUIPO ELECTRICO

Hz – FRECUENCIA EN HERTZ

BIBLIOGRAFIA

- Enríquez, Harper, Gilberto, "líneas de transmisión y redes de distribución de potencia eléctrica", editorial Limusa, volumen 1, 1ª edición, 1980, México
- Russel, Mason, C., "El arte y la ciencia de la protección por relevadores", editorial Continental, 7ª edición, 1979, México.
- Enríquez, Harper, Gilberto, "fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión, editorial Limusa, 1980, México.
- A., Gross, Charles, "Análisis de sistemas de potencia", editorial Labor
- ", Iowa State University Press Happoldt, Buchhold, "Centrales eléctricas", editorial Labor
- Enríquez, Harper, Gilberto, "Análisis de sistemas eléctricos de potencia
- Grainger Stevenson Jr., "Análisis de Sistemas de Potencia".
- C Buccholz y Happold, "Centrales y Redes Eléctricas".
- CEAC. "Centrales Eléctricas".
- Zoppetti. "Estaciones Transformadoras y de distribución".
- Weedy. "Sistemas Eléctricos de Gran Potencia".
- Checa. "Líneas de Transporte de Energía"
- Dalla Verde. "Cálculo Eléctrico de Grandes Líneas de Transmisión"

