



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

DE ESTUDIOS SUPERIORES-CUAUTITLAN



ILUMINACION E INSTALACIONES ELECTRICAS
"AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE EN S.E."

DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
BERMÚDEZ LÓPEZ IGNACIO RAÚL

ASESOR: ING. JAIME RODRÍGUEZ MARTINEZ.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO 2002

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



ZORRILLO NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



ATN. Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario

Iluminación e Instalaciones Eléctricas

"Ajuste de la Regulación de Voltaje en S.E. "

que presenta el pasante: Ignacio Raúl Bermúdez López

con número de cuenta: 09012888-2 para obtener el título de

Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 17 de Septiembre de 2002

MODULO

PROFESOR

FIRMA

I

Ing. Jaime Rodríguez Martínez

II

M.A.I. Pedro Guzmán Tinajero

III

Ing. Casildo Rodríguez Arciniega

[Firma manuscrita]

AGRADECIMIENTOS

En éste pequeño espacio deseo expresar mi agradecimiento hacia todos y todo lo importante que me impulsó a obtener éste logro.

En primer lugar agradezco a Dios por llenarme de bendiciones, dentro de las cuales tengo la oportunidad de terminar mi carrera universitaria.

Con amor y cariño, agradezco a mis padres Odilón y Rosalba; por todo el amor y apoyo que siempre me han brindado, su comprensión y respaldo que me permitió alcanzar ésta meta.

A mis hermanos Jazmín, Irene, Oscar y Gustavo, por su compañía, cariño y comprensión durante los años de estudio.

También me es grato mencionar a los amigos, que compartieron conmigo los conocimientos en la FES. A mis amigos Mauricio, Martín, Eduardo, Gabriel, Daniel, Charly, Jaqui, Mario, Alfredo, Moisés, Liliana, y Mónica. A personas especiales; Epifanio y Rebeca, Laura, Jorge, Rebe, RBK, Fincho, Adriana y a Gutty.

Agradezco a la U.N.A.M. por darme la oportunidad de pertenecer a su institución y ser parte de su gran tradición y profesionalismo.

Agradezco también a todos mis profesores, por transmitirme sus valiosos conocimientos y experiencia.

También agradezco a mis Asesores y al honorable jurado, por su profesionalismo y su valioso apoyo en la realización de este trabajo.

C O N T E N I D O

Página

CAPITULO I.

INTRODUCCIÓN.

1

CAPITULO II.

ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE REGULACIÓN.

4

1. Principios fundamentales de los sistemas de regulación.

4

2. Partes fundamentales de los reguladores.

5

A) Partes principales.

5

B) Partes auxiliares.

6

C) Dispositivos de control.

7

D) Abastecimiento de energía al motor.

8

E) Compensador de caída en la línea.

9

F) Operación sin compensación.

9

G) Operación con compensación.

10

CAPITULO III.

REGULACIÓN AUTOMÁTICA DE VOLTAJE

10

1. Alimentadores de 6 KV.

11

2. Alimentadores de 23 KV.

11

CAPITULO IV .

TIPOS DE REGULADORES QUE ACTUALMENTE ESTÁN EN SERVICIO EN LAS SUBESTACIONES DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO S.A. Y VIDA ÚTIL DE CONTACTOS MÓVILES EN LOS REGULADORES

- | | |
|---|----|
| | 12 |
| 1.- Reguladores de pasos. | 12 |
| 2.- Transformadores con cambiadores de derivaciones bajo carga. | 15 |
| 3.- Vida útil de los contactos móviles en unidades de regulación automática de voltaje. | 15 |

CAPITULO V .

REGULACIÓN DE VOLTAJE A LA SALIDA DE LOS ALIMENTADORES PRIMARIOS DE 6 KV Y 23 KV EN LAS SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO.

- | | |
|---|----|
| | 17 |
| 1.- Descripción de los sistemas de distribución. | 17 |
| 2.- Cálculo de compensación por caída de voltaje en una línea. | 24 |
| 3.- Método empleado para la revisión del voltaje aplicado a las líneas de distribución, a la salida de los alimentadores primarios de 6 KV y 23 KV. | 27 |
| 4.- Ajustes en el compensador. | 29 |
| 5.- Procedimiento que se sigue para verificar el correcto funcionamiento del control de un regulador de voltaje. | 30 |

CAPITULO VI .

| | |
|--|-----------|
| EJEMPLO PRACTICO DE REGULACIÓN DE VOLTAJE EN SUBESTACIONES ELECTRICAS DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO. | 32 |
| 1.- Objetivo. | 32 |
| 2.- Alcance. | 33 |
| 3.- Departamentos Involucrados. | 33 |
| 4.- Responsabilidades. | 33 |
| 5.- Lineamientos para dar Regulación. | 34 |
| 6.- Procedimientos en la Regulación. | 35 |
| 7.-Ejemplo de Ajuste de Regulación de Voltaje en la S.E. K-CERO. | 40 |

CAPITULO VII .

| | |
|----------------------|-----------|
| CONCLUSIONES. | 45 |
| ANEXO | 47 |
| BIBLIOGRAFÍA | 51 |

CAPITULO I . INTRODUCCION

Luz y Fuerza del Centro S.A. y sus subsidiarias distribuidoras de energía eléctrica, están regidas por la Ley de la Industria Eléctrica y Normas Técnicas; misma que restringe un margen de $\pm 10 \%$ en la variación del voltaje, por lo tanto es necesario mantener el voltaje suministrado dentro de esa tolerancia, además el mantener un voltaje con pocas variaciones. hace que los dispositivos eléctricos funcionen correctamente.

La totalidad de los dispositivos eléctricos están diseñados para operar a una cierta tensión normal, y la mejor operación de dichos dispositivos, se obtiene cuando se aplica esa tensión.

Muchos dispositivos que se encuentran en la industria y en el hogar, quedan bajo la clasificación de cargas resistivas como son las estufas y hornos eléctricos, calentadores de agua, calefacción, etcétera; los cuales al aplicar una tensión inferior a la de su operación, originan un aumento en el tiempo de calentamiento, que significa una operación poco satisfactoria, mientras con una tensión elevada es probable que quemar los elementos térmicos y dañe los aparatos.

Por otro lado, la gran cantidad de motores generalmente de inducción que se emplean en los accionamientos como: máquinas-herramienta, bombas, ascensores, grúas, ventiladores, trituradores, máquinas para oficina, máquinas para el hogar; como licuadoras, lavadoras, bombas de agua, batidoras, etc. Experimentan una baja eficiencia y sobrecalentamiento cuando se presenta bajo voltaje; para cuando tiene alto voltaje: se sobreexcitan los motores aumentando su par, hasta dañar los acoplamientos y el dispositivo mismo. En general los motores de inducción están diseñados para trabajar satisfactoriamente con variaciones de $\pm 10 \%$ del voltaje nominal.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

Para el caso de lámparas incandescentes, un voltaje menor que el nominal disminuye el flujo luminoso, por ejemplo: una reducción del 10 % del voltaje, reduce el flujo luminoso al 70 % de su valor nominal y el consumo de la lámpara en 85 %. Cuando se tenga un aumento del 10 % en el voltaje suministrado, la vida teórica de la lámpara se reduce en 30 % de lo normal. En las lámparas fluorescentes, un voltaje menor al nominal disminuye el flujo luminoso, afectando el arranque y en general la lámpara no enciende. Para un voltaje alto, el balastro se calienta acortando su vida útil.

También las cargas electrónicas se ven afectadas, cuando operan a tensiones diferentes de la nominal. Por ejemplo: en los televisores y controladores electrónicos, condiciones de baja tensión, disminuyen considerablemente la vida de los tubos de rayos catódicos (cinescopios) y dispositivos semiconductores empleados en su fabricación. Los equipos electrónicos están diseñados generalmente para operar con una tolerancia de $\pm 5\%$ de su voltaje nominal.

Todas éstas circunstancias hacen de gran importancia la regulación del voltaje en un sistema eléctrico. Una variación de $\pm 5\%$ del voltaje nominal se considera satisfactoria y una variación de $\pm 10\%$ se considera todavía tolerable.

En el presente trabajo se abordará principalmente el estudio breve de reguladores automáticos de voltaje y de los cambiadores de derivaciones bajo carga en los alimentadores primarios de las redes de distribución; así como su ajuste a fin de proporcionar el voltaje requerido a los consumidores, en sus hogares o industrias.

MÉTODOS DE REGULACION DE VOLTAJE. Existen varios métodos para la corrección del voltaje:

a) *Por disminución de resistencia*, aumentando el calibre del conductor. Aumentando el diámetro del conductor se reduce la resistencia de los conductores en las líneas de la red de distribución, disminuyendo por lo tanto las pérdidas por efecto Joule RI^2 ; la desventaja de este método es que cada vez que la carga sobrepase el máximo permisible para ese conductor, se tendría que cambiar el conductor por otro de mayor diámetro, derivando en un costo mayor en cada reemplazo. Los reemplazos del conductor por otro de mayor calibre, se hace con la finalidad de alimentar la red a un voltaje mayor, por ejemplo: las líneas de 6 KV se reemplazan para operar en 23 KV; en general Luz y Fuerza tiende a operar toda la red de distribución en 23 KV.

b) *Por disminución de reactancia*, cambiando la configuración de la línea aérea a cables subterráneos o instalando capacitores en derivación con la línea, también con sus correspondientes desventajas, como son las limitaciones de distancias mínimas, costo elevado de los cables y localización precisa de los capacitores.

c) *Con reguladores de voltaje*, los reguladores automáticos de voltaje son los más empleados en la red de LyF; para conservar un voltaje adecuado dentro de los límites de tolerancia del $\pm 10\%$, permitiendo sólo algunas variaciones que no afecten seriamente los aparatos de los clientes. Estos reguladores son instalados en las subestaciones eléctricas de distribución a la salida de los alimentadores primarios, en una distancia remota del centro de carga.

Idealmente si la carga de un sistema eléctrico fuera constante, únicamente sería necesario seleccionar la relación de transformación en los transformadores de distribución, para obtener el voltaje que se desea en toda la red de baja tensión.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

En la realidad sabemos que la carga varía considerablemente durante el día, causando una variación en las caídas de voltaje de la red distribución, por lo que es necesario contar con un método de regulación de voltaje, para mantener éstas variaciones dentro de los límites permisibles.

Para esto, se han instalado reguladores automáticos de voltaje a la salida de los alimentadores primarios, los cuales han dado mejores resultados para mantener un voltaje adecuado. En este trabajo se tratará sobre el ajuste de dichos reguladores automáticos de voltaje.

CAPITULO II . ANALISIS DE LOS SISTEMAS DE REGULACION.

1.- Principios fundamentales del funcionamiento de los reguladores:

Un regulador es una máquina estática que nos proporciona un voltaje constante a la salida del alimentador primario: su principio es el mismo que un autotransformador y la transferencia de energía se hace por inducción magnética y conducción eléctrica, debido a que los devanados están unidos eléctricamente. Sus devanados principales son los de excitación y serie, como se observa en la figura 1.

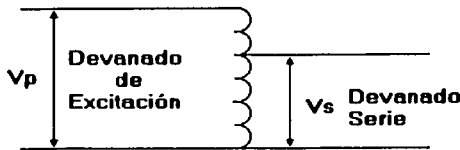


figura. 1 Devanados principales de un Regulador.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

El devanado de excitación está conectado a través de las líneas de entrada y el devanado serie es conmutado en incrementos para elevar o bajar el voltaje de salida. Sus conexiones más comunes son: En Delta y Estrella como se muestra en las figuras 1 y 2 respectivamente.

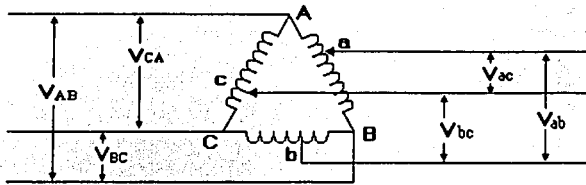


figura 2. Conexión Delta

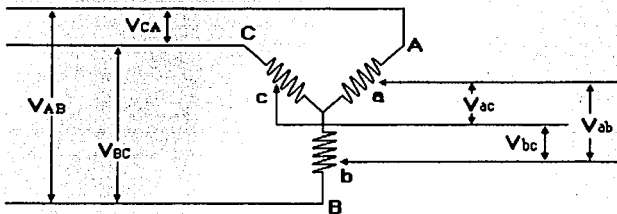


figura 3. Conexión Estrella

2.- Partes fundamentales de los reguladores.

A) Partes principales:

Núcleo Magnético.- El núcleo magnético constituye el circuito magnético que transfiere energía de un circuito a otro, su función principal es el de conducir el flujo activo.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

Bobinados (primario y secundario).- Los bobinados constituyen los circuitos de alimentación y carga, pueden ser de 1, 2 ó 3 fases y por la corriente y número de espiras puede ser de alambre delgado, grueso o de barras. La función de los devanados es crear un campo magnético (primario), con una pérdida de energía muy pequeña y utilizar el flujo para inducir una fuerza electromotriz en el secundario.

B) Partes Auxiliares:

Tanque, Recipiente o Cubierta.- El tanque o recipiente es indispensable para almacenar el medio refrigerante (aceite) que llevan los reguladores. El tanque o recipiente es el elemento que radia el calor, producido en el regulador.

Boquillas Terminales.- La boquilla es el medio que permite pasar las partes vivas al interior del regulador, sin ocasionar fugas de corriente y para su protección contra flameo.

Medio refrigerante.- El medio refrigerante puede ser líquido, como en la mayoría de los transformadores de gran potencia, sólidos o semiduros y debe de ser buen conductor del calor.

Conmutadores y auxiliares.- Los conmutadores o cambiadores de derivaciones o taps, son componentes destinados a cambiar la relación de voltaje de entrada y salida, con objeto de regular el potencial de un sistema o la transferencia de energía entre los sistemas interconectados.

Indicadores.- Son aparatos que nos indican el estado del transformador ya sea indicando el nivel de aceite, temperatura, presión etc.

C) Dispositivo de control:

En un regulador de voltaje se necesita estar variando el voltaje a su salida, de tal manera que ésta variación sea el rango especificado. Para esto se necesitan dispositivos automáticos que aumenten o disminuyan espiras en el primario o secundario según sea el caso.

Operación de controles automáticos.- Un regulador controlado manualmente tiene muy poca utilidad debido a que se tendría necesidad de contar con personal las 24 horas del día, el operador de la subestación, tendría que vigilar el voltaje y cambiarlo manualmente a las derivaciones correspondientes del regulador, con el objeto de mantener el voltaje de salida en la subestación a valores adecuados. (ésta maniobra se hace cuando el regulador no opera eficazmente en posición automático, por alguna falla en su circuito eléctrico o mecánico y se hace durante el tiempo en que tarde la reparación). Para casi todas las aplicaciones es necesario mantener controlado automáticamente la operación del regulador.

Relevador de Voltaje.- Los controles son sensibles al voltaje regulado en la salida del regulador. Un transformador de potencial (TP) es conectado a través de las terminales de salida del regulador y reduce el voltaje de su valor nominal a 120 volts en el secundario.

El relevador regulador de voltaje.- Balancea entre dos contactos fijos de subir o bajar al voltaje deseado. Este relevador por lo tanto es sensible a cualquier variación de voltaje que ocurra y su operación actúa sobre otros componentes del control. Uno de los dos contactos es para subir el nivel de voltaje y el otro para bajarlo, dependiendo esto del ajuste en el nivel de voltaje y las variaciones serán de acuerdo a las variaciones de la corriente de carga,

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

Ancho de banda.- Ancho de banda es un componente del dispositivo de control que consiste en una resistencia variable (reóstato) conectado en serie con el ajuste del nivel de voltaje y el control de tiempo de retardo. El ancho de banda es un ajuste que sirve para evitar que el cambiador opere cuando existan variaciones de voltaje que caen dentro de los límites del ancho de banda, cuando esas variaciones de voltaje exceden esos límites durante un tiempo mayor al ajuste del control de tiempo de retardo, entonces actuará el cambiador de derivaciones para corregir los valores de voltaje.

Relevador de tiempo retardado.- Muchas variaciones de voltaje, tales como las causadas por el arranque de motores son de tan corta duración que al corregirlas originarían mayores variaciones de voltaje, esas variaciones de voltaje sobrepasan el ancho de banda. Con el objeto de obtener el mejor voltaje promedio, se incorpora a la secuencia de operación un retardo de tiempo. Variaciones de voltaje de menor duración que el retardo en tiempo del relevador no serán corregidas por el cambiador, sin embargo cuando ocurren variaciones por un tiempo mayor que el ajuste dado al relevador, si son corregidas por el relevador.

D) Abastecimiento de energía al motor.

El mecanismo de cambio de derivaciones es movido por medio de un motor monofásico del tipo de capacitor con dos embobinados separados, uno para mover el mecanismo en cada dirección. La energía para mover este motor es suministrada por un embobinado auxiliar dentro del embobinado principal. Este embobinado auxiliar está conectado entre los embobinados comunes del motor, cuando el interruptor selectivo está en la posición "bajar", hay un circuito completo al embobinado del lado izquierdo del motor cambiador de derivaciones y el mecanismo es movido en la dirección de "bajar".

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

Cuando el interruptor es girado a la posición de elevar, se activa el embobinado opuesto del motor y el mecanismo se mueve en la dirección de elevar. Cuando el interruptor es girado a la posición "automática" los embobinados del motor quedan en circuito abierto por medio de dos interruptores normalmente abiertos montados en el relevador de tiempo retardado o integrador. Cualquiera de los dos embobinados del motor cambiador de derivaciones, puede ser activado cerrando el interruptor apropiado.

E) Compensador de caída en la línea.

El integrador se retira de la palanca permitiendo que el interruptor normalmente abierto del motor efectúe la operación de abrir después vuelve a la posición neutral y toda actividad se suspende, De esta manera el regulador mantiene automáticamente el voltaje dentro de la amplitud del ancho de banda y para el cual el relevador de regulación de voltaje fue preajustado.

Los reguladores generalmente son instalados a una distancia remota del centro de carga, aún cuando el regulador mantiene automáticamente constante el valor de su voltaje de salida la corriente de carga fluye a través de la línea desde el regulador hasta la carga, originándose una caída adicional de voltaje. Esta caída es proporcional a la corriente de carga, el regulador de voltaje puede corregir esta caída de voltaje entre el regulador y el centro de carga ajustando el circuito compensador de caída en la línea.

F) Operación sin compensación.

Cuando el relevador de voltaje fue ajustado, la caída del voltaje debido a la corriente que fluye a través de la resistencia y de la reactancia del compensador fue equilibrada.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

Si no se conecta ninguna resistencia ni reactancia al compensador, el regulador mantiene un voltaje de salida igual al voltaje de control.

La salida del regulador es mantenida constante al valor deseado pero el voltaje en el centro de carga VLC, varía con las condiciones de carga y es este voltaje, y no necesariamente el voltaje de salida el que deberá ser mantenido en su valor normal.

G) Operación con compensación.

Con un compensador debidamente ajustado, el regulador eleva su voltaje de salida lo suficiente para compensar por la caída de voltaje debido a la carga. El voltaje en el centro de carga es mantenido en fase y proporcional al voltaje de control o en otras palabras, se mantiene un voltaje en las terminales del consumidor que es el equivalente al valor en el cual el control es balanceado.

CAPITULO III . REGULACION AUTOMATICA DE VOLTAJE.

Los transformadores trifásicos de 230/23 KV y 85/23 KV que se utilizan en subestaciones de Luz y Fuerza del Centro S. A., cuentan con un cambiador de derivaciones bajo carga, actuado por un dispositivo automático de regulación de voltaje.

En el caso de los bancos de transformadores de 85/23 KV y 85/6 KV formados por transformadores monofásicos, se utilizan reguladores de voltaje separados; teniéndose un regulador por banco en 23 KV y un regulador por alimentador en 6 KV.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

Los sistemas de regulación automática de voltaje, están integrados en los transformadores y reguladores de voltaje. Los casos de regulación en estos sistemas son tres, dependiendo del tipo de instalación:

- i) En los alimentadores de 6 KV se instala un regulador por alimentador.
- ii) En el arreglo de doble barra en 23 KV y con banco 85/23 KV, 30 MVA formado por tres transformadores monofásicos, se tiene una regulación de voltaje en las barras de 23 KV por medio de un regulador de voltaje trifásico instalado entre el banco de transformadores y las barras de 23 KV.
- ii) En el caso de arreglo de alimentadores de 23 KV en anillo alimentados por transformadores trifásicos de, 30 MVA ó 60 MVA, cada transformador está provisto de un cambiador automático de derivaciones bajo carga, para regular el voltaje de salida del transformador.

En los casos anteriores se toma en cuenta para regulación la caída de voltaje en el alimentador, dependiente de la corriente que pasa por el mismo.

CAPITULO IV. TIPOS DE REGULADORES QUE ACTUALMENTE ESTAN EN SERVICIO EN LAS SUBESTACIONES DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO S.A. Y VIDA UTIL DE CONTACTOS MOVILES EN LOS REGULADORES.

1.- Reguladores de pasos.

En la figura 4. se observa un transformador normal.

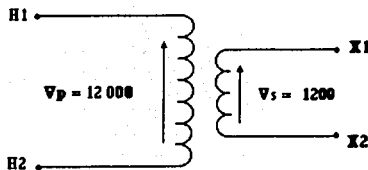


figura 4. Transformador Normal

La relación de Transformación es:

$$Rel. = \frac{V_p}{V_s} = \frac{12000}{1200} = 10$$

Del diagrama anterior, si se conecta la terminal X2 del devanado secundario con la terminal H1 del primario, como se muestra en la figura 5. Se obtiene la conexión de un autotransformador elevador; ya que se tiene la suma de los voltajes inducidos que son en la misma dirección.

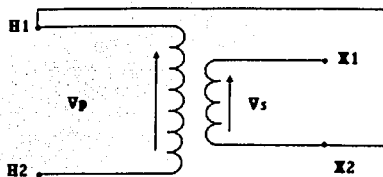


figura 5. Transformador Elevador.

La relación de transformación es:

Transformador Elevador. $V_{sal.} = V_p + V_s$

$$V_{sal.} = 12000 + 1200 = 13200v.$$

Ahora si se conecta la terminal X1 del devanado secundario con la terminal H1 del primario, se tiene el diagrama de un autotransformador reductor, como se muestra en la figura 6.

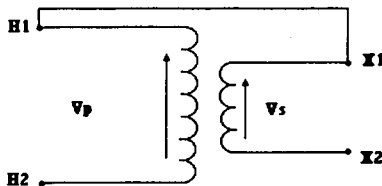


figura 6. Transformador Reductor.

La relación de transformación es:

Transformador Reductor. $V_{sal.} = V_p + V_s$

$$= V_p + (-V_s)$$

$$= 12\ 000 + (-1\ 200) = 10\ 800\ V.$$

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

De esta forma se puede elevar o disminuir el voltaje $\pm 10\%$ pero eso sería en pasos extremos, esto se puede eliminar haciendo que el embobinado serie tenga incrementos menores. En la mayoría de los reguladores de este tipo, se logra conectando a la bobina serie 8 derivaciones, partiendo del punto neutral que es el punto donde el embobinado serie queda desconectado del circuito, de esta forma se tienen 8 derivaciones para elevar el voltaje y 8 derivaciones para disminuir el voltaje, esto es que la bobina actúa como autotransformador elevador y reductor teniendo sus 8 derivaciones únicamente la bobina serie. Cada derivación de la bobina serie queda con 8 incrementos de 1.25% en lugar del 10% bruscamente.

Es importante evitar discontinuidad durante el cambio de derivaciones y esto se logra usando dos dedos móviles, unidos para operar como una unidad y físicamente espaciados de manera que nunca puedan estar desconectados al mismo tiempo.

Los dedos móviles se pueden desplazar hacia un lado y hacia otro del embobinado serie, pasando alternativamente por un mismo contacto o en dos consecutivos, si dicho embobinado es del 10% con 8 derivaciones iguales, el voltaje a la salida del regulador puede ser modificado en 16 pasos de 0.625% en el sentido de subir y 16 pasos de 0.625% en el sentido de bajar, esto dependiendo de las necesidades que se tengan y haciendo uso de la posición del contacto para cerrar el circuito en la posición del autotransformador elevador o reductor; en estas condiciones el regulador tendrá un rango de regulación del 10% .

En este tipo de regulador el autotransformador preventivo desempeña un papel importante y es una de sus partes más críticas.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

2.- Transformadores con cambiadores de derivaciones bajo carga.

Este tipo de reguladores de voltaje es similar al regulador de pasos, con los mismos tipos de dedos móviles e incrementos de voltaje; el cambiador de derivaciones opera sobre el devanado principal del transformador por existir menos corriente en el primario que en el secundario. El principio de operación de este regulador es el mismo que el regulador de pasos.

3.- Vida útil de los contactos móviles en unidades de regulación automática de voltaje.

La vida útil de los contactos en los cambiadores de derivaciones bajo carga y de las unidades de regulación automática, esta determinada por la cantidad de operaciones que ellos tengan, tomando en cuenta las condiciones de trabajo y el tipo de carga que lleva.

Cuando la carga es del tipo residencial, se tiene principalmente carga resistiva que generalmente es estable; es decir, a lo largo del día el número de operaciones estará bien determinado por los ajustes en el ancho de banda y el retardo de tiempo de operación, por lo que el número de operaciones no será elevado. Cuando existen alimentadores del tipo industrial, la magnitud de la carga es considerable, pero si dicha carga es más o menos estable, sus variaciones serán mayores y más frecuentes, lo que hará que el voltaje tenga más oscilaciones y por consiguiente el regulador de voltaje efectuará un número mayor de operaciones que en el caso anterior. El evitar un número excesivo de operaciones también se puede controlar de manera sencilla con los controles de ancho de banda y retardo de tiempo.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

El problema se presenta cuando se tienen que alimentar cargas grandes y muy variables como en el caso de laminadoras y fundidoras, fábricas que plásticos, fábricas que utilizan hornos de inducción, soldadoras, etcétera. El equipo de regulación automática presenta un número muy grande de operaciones en éste tipo de carga aún cuando el valor de ajuste del ancho de banda sea muy amplio y el retardo de tiempo en su funcionamiento sea grande también, se tendrá un número de operaciones que sobrepasará el límite tomado como normal. Aquí mencionaremos que no existe una uniformidad entre fabricantes del equipo de regulación con respecto a "cuántas operaciones por mes son las permitidas" bajo condiciones normales para evitar el deterioro prematuro de los contactos móviles del cambiador de derivaciones.

Cabe aclarar también, que cada fabricante menciona algunas pruebas en sus equipos con los resultados obtenidos después de un número determinado de operaciones bajo condiciones normales, y en ocasiones mencionan valores de corriente a la cual fue realizado el cambio de derivaciones durante la prueba, estos valores varían de acuerdo a la marca y tipo de regulador.

Con cambiador de derivaciones bajo carga por el lado primario.

El cambiador de derivaciones bajo carga puede soportar sobrecargas momentáneas y puede hacer cambios de derivaciones hasta con un 200 % de la carga nominal. Las especificaciones del cambiador, dicen que la vida de los contactos es de 500,000 operaciones con una carga de 400 amperes.

$$KVA = \sqrt{3} * KV * I$$

$$I = \frac{KVA}{\sqrt{3} * KV} = \frac{609000}{\sqrt{3} * 200} = 157.46 \text{ Amp}$$

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

$$K' = \frac{400}{157.46} = 2.54 \quad \text{veces la corriente máxima en el primario}$$

Estadísticamente se tiene la experiencia de que un número pequeño de unidades de regulación automática en LyF. sobrepasan las 3,000 operaciones mensuales, y en su mayoría se pueden ajustar de su control dará que queden dentro de este rango, lo cual se logra casi al 100 %; el problema lo tenemos en las unidades que llevan líneas de distribución con frecuentes variaciones en su carga, esto representa variaciones constantes del voltaje y por consiguiente resulta difícil dar los ajustes en el control del regulador para que hagan menos de 3,000 operaciones al mes.

En estos casos, se ajusta el regulador con valores grandes en su control de ancho de banda y su control de tiempo de retardo de operación; por ser las variaciones instantáneas y constantes en la carga de un rango hasta de 400 amperes en 23 KV.

CAPITULO V. REGULACION DE VOLTAJE A LA SALIDA DE LOS ALIMENTADORES PRIMARIOS DE 6 KV Y 23 KV EN LAS SUBESTACIONES DE DISTRIBUCION DE LyF.

1.- Descripción de los sistemas de distribución.

Los sistemas de distribución tienen como función suministrar a los consumidores la energía eléctrica producida en las plantas generadoras y transportada por el sistema de transmisión, hasta las subestaciones de distribución.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

disposiciones necesarias para hacer frente a una falla de algún elemento del sistema, de manera que se pueda aislar esa falla, y así, poder hacer las reparaciones necesarias con un mínimo de tiempo y de zona fuera de servicio.

Los alimentadores primarios cuentan con puntos de interconexión, que cuando se tiene una emergencia permiten pasar parte o el total de la carga de un alimentador a otro, también con esos puntos de interconexión, se puede limitar o aislar la zona que comprende una falla en la red de distribución.

c) Regulación de la tensión.- Para lograr una regulación de voltaje adecuada, es necesario diseñar el sistema de distribución de manera que las caídas de voltaje, en sus distintos componentes, no excedan ciertos valores, de manera que el voltaje máximo del primer consumidor, no sea mayor de 127 volts y el voltaje mínimo del último consumidor no sea inferior a 14 volts.

De esta manera, cualquier otro consumidor a lo largo del alimentador, tendrá una variación de voltaje comprendida entre los valores máximo y mínimo del primer y último consumidor.

Para mejorar el aprovechamiento del alimentador se utilizan reguladores automáticos de voltaje; que elevan el voltaje en la subestación cuando la corriente en los alimentadores es alta, y con el objeto de compensar parte de la caída de voltaje que ocurre en el alimentador primario y así mantener un voltaje aplicado lo más próximo posible a su valor nominal.

Existe una vasta cantidad de reguladores de tensión que se emplean en las S.E.'s de LyF así como de cambiadores de derivaciones.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

A continuación se representan los dos tipos de reguladores más comúnmente empleados en las S.E.'s, el MK - 20 y el MK - 30, en la figura 7 y 8 respectivamente.

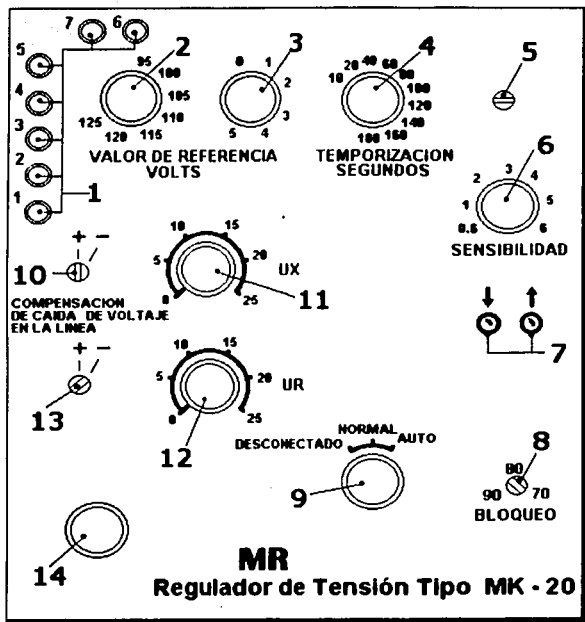


Figura 7. CONTROL DE VOLTAJE MK - 20

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

El panel frontal con elementos de control del regulador de tensión MK – 20 es:

1. Bornes de medida 1...7.
2. Ajuste vasto de la tensión nominal.
3. ajuste fino de la tensión nominal.
4. Ajuste del tiempo de retardo.
5. Desconexión del integrador inverso (con destornillador).
6. Ajuste de la sensibilidad.
7. Diodos luminescentes para señal avanzada.
8. Ajuste para bloqueo a tensión reducida (con destornillador).
9. Conmutador de modalidades de funcionamiento.
10. Conmutador de polaridad para U_x (con destornillador).
11. Ajuste para U_x .
12. Ajuste para U_r .
13. Conmutador de movilidad para U_r (con destornillador).
14. fusible.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

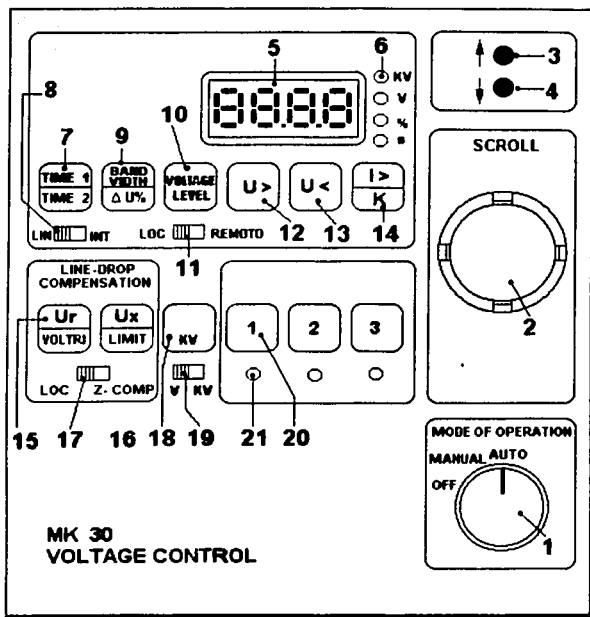


figura 8. CONTROL DE VOLTAJE MK - 30

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

Sus elementos de manejo y de indicación de la parte frontal son:

1. Llave selectora de modo.
2. Botón giratorio.
3. Señal previa "subir".
4. Señal previa 'bajar'.
5. Display.
6. Indicación LED de las unidades de medida.
7. Pulsador sensitivo para temporización.
8. Conmutador de corredera *lin/lin*.
9. Pulsador sensitivo para sensibilidad/diferencia relativa.
10. Pulsador sensitivo para valor de consigna.
11. Conmutador de corredera local/remoto.
12. Pulsador sensitivo para bloqueo por baja tensión.
13. Pulsador sensitivo para registro de sobretensión.
14. Pulsador sensitivo para bloqueo por sobre intensidad/factor de corriente nominal.
15. Pulsador sensitivo para U_r (LDC)/elevación de tensión (Z-COMP).
16. Pulsador sensitivo para U_x (LDC)/Limitación de tensión (Z-COMP).
17. Conmutador de corredera para LDC/Compensación Z.
18. Pulsador sensitivo para valor actual en kV.
19. Conmutador de corredera para valor actual en V/kV
20. Pulsador sensitivo para reducción de carga.
21. Indicación LED para la función reducción de carga.

2 Cálculo de compensación por caída de voltaje en una línea.

En la figura 9. se da un ejemplo de compensación de voltaje en la línea:

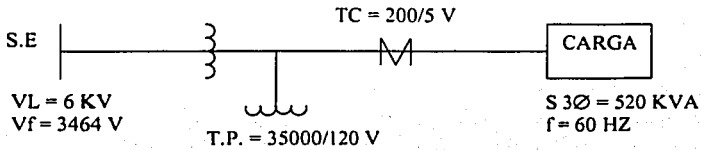


Figura 9. Diagrama unifilar de un alimentador trifásico con regulación automática de voltaje y compensación por caída de voltaje en la línea.

A) Características del alimentador: $V = 6 \text{ KV}$

Alimentador trifásico de 3 kilómetros al centro de carga.

Conductores de calibre 4/0 AWG.

Distancia entre conductores: 1 metro (equilátero).

$$lm = \frac{1}{0.3048} = 3.28 \text{ pies} \approx 3.3 \text{ pies}$$

de tablas: $R_a = 0.303 \ \Omega/\text{milla}$

$X_d = 0.1430 \ \Omega/\text{milla}$

$X_a = 0.491 \ \Omega/\text{milla}$

$$X_L = X_a + X_d = 0.634 \ \Omega/\text{milla}$$

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

B) Caída de voltaje en la línea.

$$I = \frac{KVA}{\sqrt{3} \cdot KVL} = \frac{520}{\sqrt{3} \cdot 6} = 50 \text{ Amp.}$$

$$IR = (0.303 \Omega/\text{milla}) (50 \text{ Amp}) (1.86 \text{ milla}) = 28.1 \text{ Volts.}$$

$$IX = (0.634 \Omega/\text{milla}) (50 \text{ Amp}) (1.86 \text{ milla}) = 59.0 \text{ Volts.}$$

C) Ajuste del compensador:

$$I_1 \cdot R_1 = \left(\frac{200}{50} \right) \left(\frac{120}{3500} \right) (28.1) = 3.8 \text{ volts}$$

Por ser trifásico:

$$(3.8) (\sqrt{3}) = 6.7 \text{ Volts (Ajuste de la perilla de la resistencia.)}$$

$$I_1 \cdot X_1 = \left(\frac{200}{50} \right) \left(\frac{120}{3500} \right) (59.0) = 8.1 \text{ volts}$$

Por ser trifásico:

$$(3.8) (\sqrt{3}) = 14.0 \text{ Volts (Ajuste de la perilla de la inductancia.)}$$

D) El ajuste del relevador de voltaje para mantener un voltaje de 3 500 volts al neutro en la carga debe ser de: 120 Volts.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

Como podemos observar, el método anterior implica lo siguiente:

- a) Que el alimentador tenga tipos y calibres de conductores iguales.
- b) Conocer la localización del centro de carga.

En los sistemas de LyF, se tienen las siguientes restricciones:

a) En la red de distribución los alimentadores de 23 KV y 6 KV se componen de diferentes conductores y siendo los más usuales los siguientes:

Aluminio: Cable ACSII calibres 2 y 1/0 AWG

Cable ALD calibre 336.4 MCM o cable sencillo.

Cobre: Alambre desnudo CUD calibres 6 y 4 AWG cable CUD calibre 1/0 y 2/0 AWG.

En la red de baja tensión: Cable CUD calibre 1/0 y 4 AWG o cable mensajero para baja tensión BMCU calibres 1/0 y 4 AWG.

Por lo anterior, sería muy laborioso y difícil conocer la caída de voltaje en la línea de un alimentador, por los diferentes calibres de que se compone y por el constante crecimiento y modificaciones de carga en la red de distribución.

b) En la red de distribución, difícilmente se puede determinar el centro de carga, ya que éste no se encuentra fijo, sino que varía de acuerdo al ciclo de carga diariamente, y cuya variación está de acuerdo a las experiencias que se tienen, de 1/3 a 1/2 de la longitud total del alimentador.

De lo anterior se observa que en la red de distribución de LyF, no se puede usar un método exacto para la determinación de los valores apropiados de compensación.

3 Método empleado para la revisión del voltaje aplicado a las líneas de distribución, desde la subestación a la salida de los alimentadores primarios de 6 KV y 23 KV.

En la red de distribución de LyF las líneas de los alimentadores tienen diversos calibres de conductores, como se vió anteriormente, además de líneas aéreas, cables subterráncos o ambas, diferentes tipos de carga que hacen variar el factor de potencia de un momento a otro; aunado a esto se tienen también ampliaciones o modificaciones en la red de distribución, lo que hace que el sistema sufra cambios constantes necesarios para su operación y mantenimiento. Debido a lo anterior y para mantener una regulación a voltajes adecuados, se emplea el método de "QUEJAS". Este es el método que ha dado mejores resultados en LyF, para mantener el voltaje dentro de los parámetros de tolerancia permisible.

En la gerencia de Distribución y Transmisión, existe el departamento de Operación Redes de Distribución en donde se reciben las quejas por parte de los usuarios estas quejas se reciben telefónicamente a través del departamento de quejas; también se reciben quejas por escrito del departamento de Relaciones Públicas, Agencias Foráneas y Sucursales.

A grandes rasgos el procedimiento es el siguiente:

a) Las quejas que son motivadas por bajo voltaje (B/V), alto voltaje (A/V) y variaciones de voltaje (V/V) son enviadas a la Sección Pruebas del Departamento de Operación Redes de Distribución.

b) La Sección Pruebas, envía una cuadrilla de trabajadores para revisar, hacer arreglos y pruebas de carga y voltaje en la sección de baja tensión que alimenta el domicilio del quejoso.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

También, si se encuentra un transformador de distribución en una derivación inadecuada (siempre y cuando éste tenga derivaciones) se hace el cambio a la derivación correcta, o si se tiene una fase con mayor carga, se hacen los cambios de servicios para balancear las cargas entre las tres fases.

Los defectos que se encuentran más frecuentes en la red de baja tensión, son: Falsos contactos en las guías del transformador de distribución; este también se encuentra que el voltaje es deficiente, entonces, se determina que el problema radica en el regulador automático de voltaje instalado a la salida del alimentador primario en la subestación de distribución.

d) Con el fin de verificar el comportamiento de la línea por el lado de alta tensión y en consecuencia del regulador de voltaje, se instala un voltmetro y ampermetro gráficos en el secundario del transformador que alimenta el domicilio del quejoso.

Las gráficas pueden ser de 8 ó 2 días dependiendo esto de la importancia del servicio, como son: hospitales, sistemas de bombeo, zonas industriales, etcétera. Estas gráficas son importantes, porque con ellas se conoce el comportamiento del regulador y se podrán determinar los ajustes necesarios en el compensador del regulador automático de voltaje.

Los alimentadores primarios existentes en la red de distribución de LyF son de 6 KV y 23 KV. Los alimentadores de 6 KV cuentan con una unidad automática de regulación de voltaje con una potencia hasta de 450 KVA y están instalados a la salida de cada alimentador. Los alimentadores de 23 KV, son bancos de transformadores con cambiadores automáticos de voltaje bajo carga, estos bancos tienen una potencia hasta de 60 MVA y llevan varios alimentadores, esto depende del arreglo que se tenga en la subestación de distribución.

4 Ajustes en el compensador.

Cuando son retirados los instrumentos gráficos instalados en baja tensión de los transformadores de distribución que alimenta alguna quejas sus gráficas son analizadas con el fin de observar el comportamiento del voltaje en la línea y poder ajustar al compensador.

Si encontramos bajo voltaje en horas nocturnas, se compensa aumentando valores de resistencia en el compensador; y si se tiene alto voltaje, se disminuye resistencias esto es porque predomina la carga resistiva en horas nocturnas.

Cuando se tiene bajo voltaje en horas diurnas, se compensa aumentando valores de inductancia en el compensador; y si se tiene alto voltaje, se disminuye inductancia, esto es porque predomina la carga inductiva en horas diurnas.

Otro problema que se puede presentar, sería un bajo voltaje a todas horas, problema que se resolverá con solo aumentar el nivel de voltaje. Y si se tiene alto voltaje a todas horas, se solucionará con disminuir su nivel de voltaje.

De lo anterior se puede resumir que:

- 1.- Problemas de voltaje en horas nocturnas, se compensa por medio de valores de resistencia.
- 2.- Problemas de voltaje en horas diurnas, se compensa por medio de valores de inductancia.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

Además de las anomalías anteriores, puede ser que el regulador efectúe demasiadas operaciones; lo que se corrige con aumentar el ancho de banda y/o el tiempo de retardo en su operación (normalmente debe quedar en 30 segundos), cuidando que no exceda de los valores permitidos de voltaje, y para hacer que el regulador efectúe un número de operaciones que no rebasen las permisibles o en caso contrario si su respuesta es demasiado tardada, se disminuirá el ancho de banda y /o el tiempo de retardo, tomando en cuenta que estos ajustes se hacen cuando se tiene problemas de voltaje en la línea, ya que algunos reguladores efectúan pocas operaciones al día, sin tener problemas de voltaje a lo largo de la línea.

En ocasiones se puede corregir el número de operaciones ajustando por separado el tiempo de retardo o el ancho de banda, con sólo éstos ajustes será suficiente para hacer que el regulador opere correctamente.

5 Procedimiento que se sigue para verificar el correcto funcionamiento del control de un regulador de voltaje

Con el fin de llevar un historial de cada uno de los reguladores que se encuentran instalados en las subestaciones de distribución de LyF., la Sección Pruebas que es la encargada del ajuste y revisión de esos reguladores, lleva unas bitácoras donde aparecen los siguientes datos: la marca y tipo del regulador la subestación a que pertenece, el nombre del alimentador; fecha de revisión, el número de operaciones y los valores en el compensador de resistencia o inductancia de la última revisada.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

El control de éstas bitácoras es importante, porque con los datos anotados, se verifica el número de operaciones efectos por el regulador, y si los valores de compensación son los mismos de acuerdo a la última revisión ya que de estos últimos valores, se aumentará o disminuirá su compensación conforme al análisis que se haga de las gráficas obtenidas de carga y voltaje.

Para verificar el funcionamiento correcto del reguladores se procede de la siguiente manera:

- a) Se pone el cambiador en posición cero.
- b) Se pone la perilla del tiempo de operación en cero.
- c) La perilla de posiciones "directa" y "reversa", se pone en directa.
- d) Las perillas de reactancia "X" y resistencia "R" se pone en cero.
- e) Se coloca la perilla "R" en su valor máximo y el cambiador debe subir el voltaje.
- f) Se regresa la perilla "R" a cero y se espera a que se normalice el voltaje automáticamente.
- g) Se coloca la perilla "X" en su valor máximo y el cambiador debe subir el voltaje.

Si el voltaje no aumenta en las pruebas de los incisos e) y g), entonces es cambia la perilla del inciso c) a la posición reversa y se repiten los incisos d), e) y g).

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

Si en ambas posiciones la perilla del inciso e) no opera correctamente, se deja el regulador de voltaje en posición electro-manual, a un régimen de voltaje y se le comunica al departamento de Mantenimiento para su reparación, y así se procederá para cualquier otra anomalía que se le encuentre al regulador.

Cuando el cambiador opera correctamente, se hacen todos los ajustes necesarios a su control para obtener un voltaje adecuado.

CAPITULO VI. EJEMPLO PRACTICO DE REGULACIÓN DE VOLTAJE EN S.E. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO S.A.

1.- OBJETIVO.

Establecer los lineamientos en el procedimiento para realizar de manera segura y eficaz la regulación y compensación de voltaje en los reguladores de tensión, y en los cambiadores automáticos de derivaciones bajo carga de los bancos de potencia de las Subestaciones Eléctricas de Distribución de Luz y Fuerza del Centro S.A.

2.- ALCANCE.

Inicialmente para este procedimiento, la Sección de Regulación del Departamento de Pruebas se coordinará con Operación Sistema y Operación de Redes de Distribución para definir el nivel de voltaje, (trátase de 23 KV ó 6 KV) al que se deberán ajustar los controles automáticos de derivaciones y reguladores de los bancos de potencia de las S.E.'s de Distribución. De manera tal que trabajen en forma automática o en su defecto, si las hubiese turnar las reparaciones al mantenimiento pertinente.

3.- DEPARTAMENTOS INVOLUCRADOS.

Operación Sistema.
Operación de Redes.
Mantenimiento Electromecánico.
Mantenimiento Electrónico.
Subestaciones.
Laboratorio.

4.- RESPONSABILIDADES.

De acuerdo a lo estipulado en el Reglamento de Operación, Capítulo III. referente a las atribuciones y obligaciones de los Operadores de Sistema y de Ciudad, en el punto 309 se indica:

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

El ajuste y compensación de los reguladores de voltaje de los alimentadores está a cargo del Departamento de Distribución.

El mantenimiento de éstos reguladores está a cargo de Operación-Mantenimiento.

Son responsables: el Superintendente de Pruebas de Operación de Redes de Distribución, el ingeniero ayudante de jefe e ingenieros cláusula 20 de pruebas. Y directamente responsables por las maniobras efectuadas en el campo para la regulación son el Ingeniero CI-20 B asignado al puesto, el Ingeniero Operador de Sistema, el Operador encargado de la subestación correspondiente.

5.- LINEAMIENTOS PARA DAR REGULACIÓN.

Existen varias maneras que generan la necesidad de efectuar regulación en las Subestaciones de Luz y Fuerza del Centro.

- a) Dar atención a un pendiente generado por Operación Sistema.
- b) Por la solicitud efectuada por el Departamento de Operación de Redes de corregir el voltaje por el lado de 23 KV de un banco determinado.
- c) Cumpliendo con un programa de revisión y pruebas a cambiadores de derivaciones y reguladores elaborado por Distribución Pruebas para mantener un nivel de voltaje.

LyF . Además para verificar el correcto funcionamiento de los equipos relacionados con la regulación, como lo es el control electrónico, el funcionamiento del motor y verificar que estén trabajando en posición "automático".

d) Para corregir el nivel de voltaje por el lado de 23 Kv en los bancos de potencia cuando se han generado varias quejas por alto o bajo voltaje en una zona de un mismo alimentador.

6.- PROCEDIMIENTOS EN LA REGULACIÓN.

Cuando se haya generado la necesidad de acudir a dar compensación en alguna S.E. de LyF por las situaciones antes descritas. El Ingeniero de Distribución Pruebas encargado de la regulación de bancos, acudirá a la S.E. en cuestión y realizará la compensación según sea el caso de una S.E. "Convencional" o "Telecontrolada".

En el caso de una S.E. Convencional, el ingeniero de Pruebas se dirigirá al salón de tableros, donde se presentará e identificará con el operador responsable de turno, indicándole el motivo de la visita. Así el operador de turno solicitará vía telefónica el permiso correspondiente con el ingeniero de Operación Sistema; éste a su vez otorgará dicho permiso. En caso necesario el ingeniero de OC pedirá comunicación con el ingeniero de Pruebas, quien deberá repetir el protocolo de solicitud de permiso e informar de maniobras a efectuar en el banco específico. Cabe señalar que después de otorgado el permiso y hasta que se regrese, toda la responsabilidad del banco, es del Ingeniero de Pruebas.

Para tener un control más efectivo de las subestaciones y de sus bancos se registran datos de todo lo anterior como son:

Nombre del Operador de Turno de la S.E. Nombre del Ingeniero de Operación Sistema. Hora del otorgamiento del permiso. Banco (s) en los que se va a trabajar. La Carga que lleva en ese momento el banco referido. Así como las observaciones y notas importantes.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

Para el caso de una S.E. Telecontrolada. El Ingeniero de Pruebas deberá registrarse en el relatorio de la S.E. y consultar las últimas maniobras o mantenimiento en el banco por compensar.

De no haber maniobras pendientes en el banco se procede a comunicarse con el Ingeniero de Sistema para pedir el permiso correspondiente; siguiendo el protocolo de solicitud y registrando los mismos datos mencionados anteriormente.

En ambos casos de S.E.'s Convencional o Telecontrolada, se anotarán en el formato de regulación los datos iniciales en los controles del banco, datos del cambiador automático de derivaciones y los datos del regulador de tensión.

El procedimiento para la compensación del banco, comienza colocando el control selector del regulador de tensión en la posición "automático", observando que el cambiador de derivaciones realice la función de subir y bajar los taps, regresando a su valor de consigna establecido. Si no sucede lo anterior, o dado el caso el cambiador de derivaciones puede comenzar a elevarse o a bajar sin control; inmediatamente se deberá pasar el control selector a la posición "manual" y se dejará en tal posición hasta que su reparación permita dar el ajuste de la regulación de voltaje.

Si el procedimiento para la compensación del banco es correcto, entonces se procede a dar el ajuste necesario a los niveles de voltaje; para esto puede conectarse un voltímetro portátil en las terminales del TP del control, y así obtener los valores máximos y mínimos de voltaje de manera más exacta.

Una vez que se haya realizado el ajuste del nivel de voltaje, se podrán realizar los siguientes pasos:

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

- I. Cuando el regulador de tensión se encuentra en la posición "automático" y el cambiador de derivaciones estabilizado en un tap, se procede a cambiar el control selector del regulador a la posición "manual".
- II. El siguiente paso es subir 4 ó 5 taps con el control eléctrico-manual del cambiador de derivaciones y se coloca el regulador en "automático". Cabe señalar que dependiendo del tiempo de retardo que se haya ajustado (2,3,4... seg.), comenzará a realizar la regulación de voltaje en forma automática, regresando los 4 ó 5 taps al valor de consigna ajustado anteriormente.
- III. Después se realiza la misma operación ahora bajando 4 ó 5 taps con el control eléctrico-manual.
- IV. Una vez que se realizaron éstas pruebas, y el cambiador de derivaciones operó correctamente, entonces se registraran en el formato de regulación, los datos y las condiciones en las que quedó ajustado el regulador de tensión. Es decir que se quedará operando en "automático".
- V. Cuando al realizarse las pruebas se detecta algún mal funcionamiento en el cambiador de derivaciones, se anotarán tales anomalías en la forma de regulación, en el espacio de "observaciones".
- VI. Cuando se haya comprobado la existencia de anomalías en el funcionamiento del cambiador de derivaciones, éste se dejará en la posición "manual".
- VII. Al finalizar la compensación del banco, el Ingeniero de Pruebas regresará el permiso al Ingeniero de Sistema; vía telefónica si se trata de una S.E. Telecontrolada y/o a través del Operador de Estación si la S.E. es Convencional. En ambos casos deberá

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

indicarse clara y detalladamente todos los ajustes y maniobras realizadas en el lugar del permiso.

VIII. En el caso de haberse encontrado una anomalía no propia de la regulación, ésta deberá reportarse al Ingeniero de Sistema, él a su vez destinará un Número de Pendiente al departamento que corresponda según sea mantenimiento o laboratorio. Es decir; ante éstas situaciones no se realizará la compensación, hasta que se hayan realizado las maniobras del Número de Pendiente mencionado.

IX. Es aconsejable que el Ingeniero de Pruebas verifique el voltaje en la carátula de cada banco de potencia que se encuentra dentro del cuarto de tableros, y confrontarlo con el voltaje medido en barras (23 KV ó 6 KV), y con el medido en las terminales del TP del control del cambiador de derivaciones, ya que una existencia entre ellas reflejaría un desajuste en el voltímetro de la S.E.

X. Para terminar se anota en la forma de regulación, la hora en que fue devuelto el permiso y el nombre del Ingeniero de Operación Sistema. En el caso de una S.E. Telecontrolada se registra en el relatorio la hora de salida, así como las maniobras relevantes que se realizaron en el banco. Además por ningún motivo el Ingeniero de Pruebas podrá retirarse de la S.E. sin haber escuchado de viva voz el regreso del permiso mencionado.

Cuando se presenta una corrección del nivel de voltaje de un banco por el lado de 23 KV, generadas a través de quejas por variaciones de voltaje, en alguna zona de la red de distribución. Se procede de la misma manera.

Una vez que el Departamento de Pruebas recibe quejas por alto o bajo voltaje, acude al lugar de la queja y realiza los arreglos pertinentes en el transformador y en la red de baja tensión, para solucionar el problema. Si éste problema persiste, entonces se

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

realizan pruebas de voltaje en algún transformador adyacente al de la queja y perteneciente al mismo alimentador; en caso de que ambos transformadores presenten el mismo problema, se concluye que el alimentador tiene alto o bajo voltaje.

De ésta forma la queja se turna al Ingeniero de Regulación. Para su atención es necesario identificar el nombre del alimentador al que pertenecen los transformadores de distribución, a qué S.E. pertenece dicho alimentador y que banco está compensando el voltaje de ese alimentador.

Después de obtener éstos datos se acude a la S.E. correspondiente, y se realiza el mismo protocolo de pruebas para dar compensación cuando se ingresa al predio.

El Ingeniero de Regulación debe contar con el control de registros de todas las S.E.'s de LyF, en éstos registros se identificará el nivel de voltaje en el que se encuentra operando el banco en cuestión. Este voltaje se confrontará con el voltaje medido en las terminales del TP del banco con ayuda de un voltímetro portátil. El voltaje del TP multiplicado por su relación de transformación, nos proporciona un voltaje real de 23 KV.

Si existe diferencia entre el voltaje del registro y el voltaje medido en barras; entonces la compensación consistirá en obligar al voltaje en barras a igualarse con el del registro. Generalmente la compensación se atiende por bajo voltaje en los alimentadores como consecuencia de incrementos en la carga.

El procedimiento a seguir es ajustar el regulador de tensión con la perilla de nivel de voltaje, para subir o bajar voltaje que se tiene en barras. Después de éste ajuste el cambiador automático de derivaciones realizará un cambio de Taps proporcionando el voltaje deseado en barras; por ejemplo si se tenían 22.3 KV. (bajo voltaje), después del cambio de Taps se tienen 22.6 KV.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

Seguido de éste ajuste se realizan pruebas de protocolo descritas anteriormente con el control eléctrico-manual, para comprobar que el cambiador automático de derivaciones está operando correctamente.

Si no existe problema alguno, se deja el regulador de tensión operando en "automático" y se regresará el permiso al ingeniero de Operación Sistema.

7.- EJEMPLO DE AJUSTE DE REGULACIÓN DE VOLTAJE EN LA S.E. K-CERO.

En este ejemplo se tiene la instrucción de dejar los tres bancos de transformadores de la S.E. K-CERO regulando en automático un voltaje de 22.6 KV. en atención a 3 pendientes originados por Operación Sistema.

De ésta forma, se asiste a la S.E. que es del tipo convencional, el ingeniero de regulación se reportará con el operador de estación; quien a su vez procede a pedir el permiso vía telefónica para realizar los ajustes de la regulación de voltaje. con el ingeniero de Operación Sistema.

Comenzando con el banco T221-A, se registran todos los datos de ajuste en que se encuentra tanto el regulador automático de tensión, como el cambiador de derivaciones y se realizan las pruebas de subir y bajar taps para comprobar que opera correctamente regresando al valor de consigna establecido. Si ésta operación es satisfactoria se procede a dar el ajuste para compensar el nuevo voltaje de 22.6 KV. como se observa en la tabla 1.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

| S.E. BCO. | KV antes | KV desp. | AMP. | COMPENSACION | | | |
|--------------|---------------|----------|------------|--------------|---------|-------|--------|
| | BARRAS | BARRAS | | Antes | Desp | Antes | Desp |
| | TABLERO | TABLERO | | UR | UR | UX | UX |
| K-CERO | 22.8 | 22.6 | 890 | 5.0 | 7.8 | 6.5 | 9.0 |
| T221-A | 22.7 | 22.7 | | | | | |
| | POCISION TAPS | | NO. DE OP. | | VOLTAJE | | KV |
| | Antes | Desp | Antes | Desp. | COMP. | REG. | BARRAS |
| | 17 | 23 | 34365 | 34382 | 109.6 | 109.1 | 22.6 |

Tabla 1. Parámetros del BCO de potencia T221-A.

Cabe señalar que el voltaje regulado en barras, se obtiene del promedio de las 3 fases del TP que se encuentra a la salida para la distribución. Este voltaje promedio con la relación del TP proporciona el voltaje regulado en barras, es decir;

$$V \text{ regulado} = 109.1$$

$$\text{Relación del TP} = -120 : 1$$

$$V \text{ regulado} \times \text{Rel. TP} = 109.1 \times 120 = 13092$$

$$\text{Por ser trifásico: } \sqrt{3} \times 13092 = 22.6 \text{ KV}$$

De ésta forma se determina realmente que voltaje se está regulando, a la salida de los alimentadores que pertenecen al banco en consideración. La relación del TP puede variar según sea su conexión.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

De igual forma se procede para el BCO. T221-B, obteniéndose los resultados siguientes en la tabla 2.

| S.E. BCO. | KV antes | KV desp. | AMP. | COMPENSACION | | | |
|--------------|---------------|----------|------------|--------------|---------|-------|--------|
| | BARRAS | BARRAS | | Antes | Desp | Antes | Desp |
| | TABLERO | TABLERO | | UR | UR | UX | UX |
| K-CERO | 22.4 | 22.6 | 450 | 14.0 | 2.0 | 9.0 | 4.0 |
| T221-B | 22.4 | 22.6 | | | | | |
| | POCISION TAPS | | NO. DE OP. | | VOLTAJE | | KV |
| | Antes | Desp | Antes | Desp. | COMP. | REG. | BARRAS |
| | 12 | 18 | 28545 | 28893 | 108.1 | 109.0 | 22.6 |

Tabla 2. Parámetros del BCO de potencia T221-B.

Por último se procede con el BCO. T221-C. Este banco presentó problemas, debido a que el cambiador de derivaciones (Taps), no recibe la señal del regulador de tensión MK-20 (ver capítulo V) y como consecuencia no realiza los cambios de taps en la posición "automático". Para éste caso se procede a dejar el regulador de tensión en la posición "manual", se reporta la falla y se turna un número de pendiente para el departamento de mantenimiento. Los parámetros del regulador de tensión y del cambiador de derivaciones, se dejarán en las mismas condiciones en que se encontró al inicio del ajuste de la regulación. Esto se muestra en la tabla3.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

| S.E. BCO. | KV antes | KV desp. | AMP. | COMPENSACION | | | |
|--------------|---------------|----------|------------|--------------|---------|-------|--------------|
| | BARRAS | BARRAS | | Antes | Desp | Antes | Desp |
| | TABLERO | TABLERO | | UR | UR | UX | UX |
| K-CERO | 22.4 | 22.6 | 450 | 14.0 | 2.0 | 9.0 | 4.0 |
| T221-B | 22.4 | 22.6 | | | | | |
| | POCISION TAPS | | NO. DE OP. | | VOLTAJE | | KV BARRAS |
| | Antes | Desp | Antes | Desp. | COMP. | REG. | |
| | 12 | 18 | 28545 | 28893 | 108.1 | 109.0 | |

Tabla 3. Parámetros del BCO de potencia T221-C.

Después del ajuste de regulación de los bancos, (exceptuando el BCO. C); se procede a regresar el permiso con Operación Sistema, vía del operador de estación especificando los resultados finales de cada banco. El operador de estación también registra los datos pertinentes del voltaje regulado de cada banco. De tal forma el ingeniero de Op. Sistema regresa el permiso y da de baja los números de pendientes referidos a la regulación de voltaje de dichos bancos de la S.E. K-CERO.

Con esto finaliza el ajuste de la regulación de voltaje, hasta que nuevamente según las necesidades de la carga (usuarios) indique un nuevo voltaje de regulación.

Cuando algún mal funcionamiento del cambiador de derivaciones no permita la regulación, se deberá dejar el control del regulador de tensión en la posición "manual" y se reportará esta situación con el Ingeniero de Operación Sistema para que canalice la solución de la falla con el departamento correspondiente.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

Para confirmar que se solucionó el problema, es conveniente enviar una cuadrilla al lugar inicial de la queja y comprobar que la regulación ahora es adecuada. Y también será conveniente tomar los voltajes, al final del alimentador al que pertenece el banco que se reguló, con la finalidad de que se encuentre dentro de los parámetros de tolerancia de regulación de $\pm 10\%$.

CAPITULO VII. CONCLUSIONES.

Es necesario mantener un voltaje adecuado a lo largo de los alimentadores primarios, que además de su correcto diseño, se requiere contar con un sistema que mantenga ese voltaje dentro de los valores permisibles. Para este fin han sido instalados los reguladores automáticos de voltaje, sumando además al programa de "QUEJAS" se ha logrado mantener los mejores resultados en LyF en cuanto al suministro adecuado de voltaje.

El programa de "QUEJAS", permite auxiliarnos de voltímetros y amperímetros gráficos, que instalados en los alimentadores primarios, nos ofrecen con certeza su comportamiento; y luego entonces de ser necesario, se procederá a corregir el voltaje si es que éste es alto o bajo.

Cabe mencionar que, cuando se tienen problemas de voltaje en horas diurnas, se ajusta el compensador por medio de la inductancia "X". Cuando se tienen problemas de voltaje en horas nocturnas, se ajusta el compensador "R". Esto debe ser con el funcionamiento en "automático" del regulador de voltaje, para tener una respuesta inmediata en sus cambios de derivaciones, reduciendo así los errores causados por el factor humano.

El mantener un voltaje adecuado, es el resultado final de todo el proceso que se sigue, desde la generación, la transmisión y distribución de la energía eléctrica, hasta el usuario final. Además de que LyF evitará pérdidas en su economía por el concepto de consumo de energía eléctrica.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

También se tiene la consigna de hacer una revisión periódica de todas las subestaciones eléctricas del área metropolitana de LyF; así como de cada uno de los alimentadores primarios que salen de ellas; con el fin de mantener la calidad en el suministro del voltaje.

Para redondear; cuando el problema es local, es decir; en un sólo transformador de distribución, el departamento de Pruebas, lleva la vocación de mantener ésta regulación de voltaje dentro de los valores permisibles en la red de baja tensión, a tendiendo y corrigiendo las quejas por alto o bajo voltaje, en la brevedad posible. De ésta forma se ofrece un voltaje adecuado, para el consumo cotidiano de los usuarios.

ANEXO

DEFINICIONES BASICAS.

ALIMENTADOR. Es el circuito radial (es decir, conectado normalmente a una sola estación receptora) que suministra energía eléctrica a uno o varios servicios directamente, o a varias subestaciones distribuidoras.

ANCHO DE BANDA. Es el margen al cual se ajusta el tiempo de operación del cambiador de derivaciones, para empezar a operar de acuerdo a incrementos o decrementos de voltaje provocados por una variación de la carga en un banco de potencia.

AUTOMATICO. Es un estado o condición en la cual un equipo electromecánico efectúa su funcionamiento sin la ayuda, ni supervisión humana. Se dice que un regulador o cambiador de derivaciones de un banco, está trabajando en automático cuando todas sus funciones se encuentran en servicio, operando con los valores ajustados en su compensación.

BANCO. Es un transformador o un grupo de transformadores monofásicos que se emplean para reducir el voltaje de transmisión o subtransmisión a valores nominales de distribución. En el caso de LyF la reducción es a 23 KV.

T221 - Banco de 230 KV en el lado primario y 23 KV en el lado secundario.

T82 - Banco de 85 KV en el lado primario y de 23 KV en el lado secundario.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

ELÉCTRICO-MANUAL. Es un estado o condición en el cual un equipo electromecánico efectúa su funcionamiento con la ayuda de un motor controlado por una persona. En el caso de la regulación, se dice que un regulador o cambiador automático de derivaciones trabaja en eléctrico- manual, cuando sus rieles de salida <subir>/<bajar> no están conectados, así el motor se acciona (mediante un control operado manualmente en el frente del gabinete) con las vueltas tiempo necesarios para efectuar algún cambio de tap hacia <arriba> o hacia <abajo>.

LICENCIA. Es la autorización especial que se concede a una persona para que ella o el personal a sus órdenes ejecute un trabajo en alguna parte del equipo. Se dice que tal parte del equipo está en licencia".

MANUAL. Es una condición en la cual un equipo electromecánico efectúa su funcionamiento con la ayuda de los medios y sentidos del ser humano. En el caso de la regulación, se denomina operación manual cuando el motor del regulador o cambiador automático de derivaciones debe efectuar la operación para cambiar un de tap a otro, será necesario insertar una palanca de cran para efectuar 33 vueltas (30, 60 MVA) 6 25 vueltas (33.33, 100 MVA) manualmente para que se dé el cambio de un punto de derivación a otro.

NIVEL DE VOLTAJE. Es una perilla graduada con una escala de 0 a 150 volts. La cual proporciona el ajuste definido del voltaje al cual se desea opere el cambiador de derivaciones o regulador en forma automática.

NUMERO DE OPERACIONES. Es la cantidad numérica de los cambios de taps efectuados por el cambiador automático de derivaciones o regulador, las cuales quedan registradas en un contador instalado en un lugar visible.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

PERMISO. Es la autorización que dan los OS o el OD a una persona de LyF para que la misma o el personal que esté bajo su control, ejecute trabajos en lugares peligrosos dentro de las estaciones o fuera de ellas en lugares próximos a los circuitos eléctricos.

REGIMEN. Se dice que un banco trabaja a régimen cuando su regulador o cambiador automático de derivaciones está en forma electro-manual a un nivel de voltaje preestablecido.

REGULADOR. Es un equipo utilizado para el control automático de transformadores con cambiadores de toma en carga, de tal manera que se pueda tener una buena compensación en la caída de tensión debida a la carga, a lo largo de una línea que sale del transformador regulador y cuya tensión en el otro extremo se pretenda mantener constante.

REACTANCIA. Es la oposición al flujo de corriente eléctrica en un circuito o conductor, provocada por efectos inductivos o capacitivos existentes a lo largo del mencionado circuito. Esto origina pérdidas que se reflejan por la caída de tensión.

RELATORIO. Es un libro donde el operador debe anotar con cuidado y claridad todas las maniobras, licencias y novedades en general ocurridas durante su turno, con la hora exacta en que tuvieron efecto.

RESISTENCIA. Es la oposición al flujo de la corriente eléctrica en un circuito o conductor. Bajo ésta condición el mencionado circuito sufre pérdidas que se ven reflejadas por una caída de voltaje misma que aumentará mientras mayor sea la longitud.

SUBESTACIÓN. Esta estación que transforma y distribuye energía eléctrica.

AJUSTE DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

TIEMPO (TIME). Es el tiempo en segundos al cual se ajusta la operación del cambio de un tap a otro, en un cambiador automático de derivaciones.

- O.C. Operador de Ciudad.
- O.D. Operador de División.
- O.E. Operador de Estación.
- O.S. Operador de Sistema.

BIBLIOGRAFÍA.

"INTRODUCCIÓN A LA REGULACIÓN DE VOLTAJE"

Allis - Chalmers Catálogo.

"TEORÍA, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE REGULADORES DE VOLTAJE"

Subdirección Técnica de Luz y Fuerza del Ctro.

"DISEÑO DE SUBESTACIONES ELECTRICAS"

Raúl Martín, Jose

México: McGraw-Hill, 1987

"PRUEBAS DE EQUIPO ELECTRICO: TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN Y POTENCIA"

Pérez Amador, Victor

México, Limusa, 1981

"CONSTRUCCIÓN DE REGULADORES DE VOLTAJE Y PEQUEÑOS TRANSFORMADORES MONOFASICOS"

Camarena M, Pedro

México: Continental 1969

**"TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN: TEORÍA, CÁLCULO,
CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS"**

Avelino Pérez, Pedro
México D.F. Reverte 1998

"TRANSFORMADORES DE POTENCIA, MEDIDA Y PROTECCIÓN"

Ras Oliva, Enrique
Barcelona: Marcombo, c1975.

**"MOTORES ELÉCTRICOS INDUSTRIALES Y DISPOSITIVOS DE
CONTROL"**

Bartho, Francis Trenam
Bilbao; Urmo, 1968

"MAQUINAS ELECTRICAS; TRANSFORMADORES Y CONTROLES"

Gingrich, Harold W.
Englewood cliffs, nj. Prentice Hall, c1979

**"REPARACION DE FUENTES DE PODER DE ESTADO SÓLIDO:
REGULADORES DE VOLTAJE"**

Gaddis, Ben

"CONTROL DE MAQUINAS ELECTRICAS"

Kosow, Irving I. Barcelona: México: Reverte, c1979