



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA



FACULTAD DE INGENIERIA
Departamento Ingeniería Eléctrica

Proyecto Trabajo Final

Agosto 2010

CONTROL DE REGULACIÓN DE TENSIÓN DE DOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 33/13,8 Kv

Autor/es

Alumno 1: Campodónico Horacio

Carrera: Ing. Eléctrica

Alumno 2: Díaz Cristian

Carrera: Ing. Eléctrica

Tutor: Ing. Rubén Ferreira

Evaluadores: Eduardo Nasarov Juan Carlos Stecca Claudio Dimenna



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

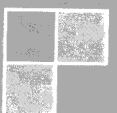
2010



CONTROL DE REGULACION DE TENSION DE DOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 33/13,8 Kv.

PROYECTO FINAL

En la mayoría de las subestaciones de distribución existen transformadores con tomas para la regulación de tensión en carga. El objetivo perseguido con ello es mantener el nivel de tensión de suministro constante a pesar de las fluctuaciones que tenga la carga. La decisión de subir o bajar el número de tomas obedece, como hemos dicho, a la necesidad de mantener la tensión de suministro lo más constante posible y se realiza normalmente por equipos reguladores de tensión



AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Sr. Ruben Ferreyra por su constante guía y apoyo a lo largo de todo el proyecto, así como sus valiosas sugerencias y contribuciones.

Del mismo modo agradecemos especialmente por su dedicación y colaboración, a las siguientes personas:

- Rodolfo Bruzzone
- Bernabé Diaz
- Marcelo Erviti
- Sergio Lanfranchi
- Sergio Collado
- Jorge Oteiza
- Walter Ahrndt
- Dardo Stempels

INDICE

Introducción.....	2
Objetivo del proyecto	3
Generalidades de la instalación	4
Esquema unifilar de la subestación.....	5
Equipos de Potencia	
Celdas de 33Kv	8
Celdas de 13,2 Kv	12
Transformadores de potencia.....	17
Tablero de comando y control de los CBC.....	19
Cajas de accionamiento ó accionamientos motorizados	19
Reguladores electrónicos de tensión:	20
Compensación de caída en la línea ineficiente debido al desplazamiento del centro de carga.	23
Análisis de caída de tensión de un distribuidor de la E.T. Batan.....	25
Funcionamiento en paralelo de los transformadores de potencia	35
Análisis de la diferencia de puntos de los CBC estando los transformadores en paralelo	37
Condiciones cuando las posiciones de tomas de los trafos no son idénticas.....	39
Efecto de la carga del trafo debido a la discrepancia de puntos	41
Funcionamiento en paralelo según “sincronismo de escalón director-dirigido”	44
Funcionamiento en paralelo según el principio del “mínimo de corriente reactiva	44
Funcionamiento en paralelo según “un solo regulador activo”	45
Diseño del tablero de control de los CBC	46
Esquema de la disposición de elementos eléctricos sobre puerta del armario	52
Esquema disposición de elementos sobre el panel posterior del armario que contiene al tablero de regulación.....	53
Esquema de cableado de bornera de Interconexión	54
Esquema de cableado de elementos eléctricos internos del tablero de regulación de tensión	54
Esquema de conexionado de bornera correspondiente a vinculación entre bornera de interconexión, elementos eléctricos del panel interno y puerta de armario	54
Descripción Gral. de algunos elementos intervinientes en el esquema funcional	55
Funcionamiento marcha en paralelo de mandos MA7 y MA2 (Trafo I y Trafo II respectivamente)	58
Bloqueos de Seguridad.....	59
Interferencia en la marcha en paralelo	59
Impacto Ambiental.....	61
Desarrollo económico del Tablero de Regulación de Tensión.....	69
Anexos	71

Introducción

Con un área de concesión formada por aproximadamente 105.438 kilómetros cuadrados y con una población estimada de más de 1.500.000 personas, EDEA es la mayor distribuidora de electricidad del interior de la Provincia de Buenos Aires en términos de cantidad de clientes y Gwh de energía vendida. Inició sus operaciones comerciales el 2 de junio de 1997, al producirse la privatización de ESEBA.

La Empresa presta servicio, en forma directa, en 17 localidades, contando además entre sus clientes a 35 cooperativas eléctricas encargadas de la distribución de energía en otras ciudades comprendidas en su área de concesión.

Dentro de su área de concesión se encuentra la localidad de Batán, que cuenta con una estación transformadora de 33/13.2 Kv., la cual alimenta la red de MT.

El perfil de los clientes atendidos incluye industrias, establecimientos comerciales y residencias que muchas veces están geográficamente distantes y ligados a la misma red de distribución.

En este contexto se busca asegurar a todos los clientes a lo largo de la red eléctrica el suministro de tensión dentro de límites adecuados de tensión.

Objetivo del proyecto

El objetivo del presente proyecto consiste en el diseño del tablero para el control de regulación de tensión de dos transformadores de potencia de 5 MVA cada uno, de 33/13,8 Kv, previo análisis de factibilidad de paralelismo entre máquinas y documentación de elementos intervinientes, de tal forma que se garantice una correcta atención a la demanda eléctrica con el fin de mantener la calidad del servicio de la red de 13,2 Kv dentro de sus correspondientes niveles de tensión. Bajo este aspecto, el presente trabajo analiza el funcionamiento de los transformadores de potencia en paralelo e independientes.

Generalidades de la instalación

La subestación transformadora dispone de dos líneas aéreas de alimentación en 33 KV, una proveniente de la Central Generadora 9 de julio (Mar del Plata) y la otra del parque industrial vecino a la localidad de Batán.

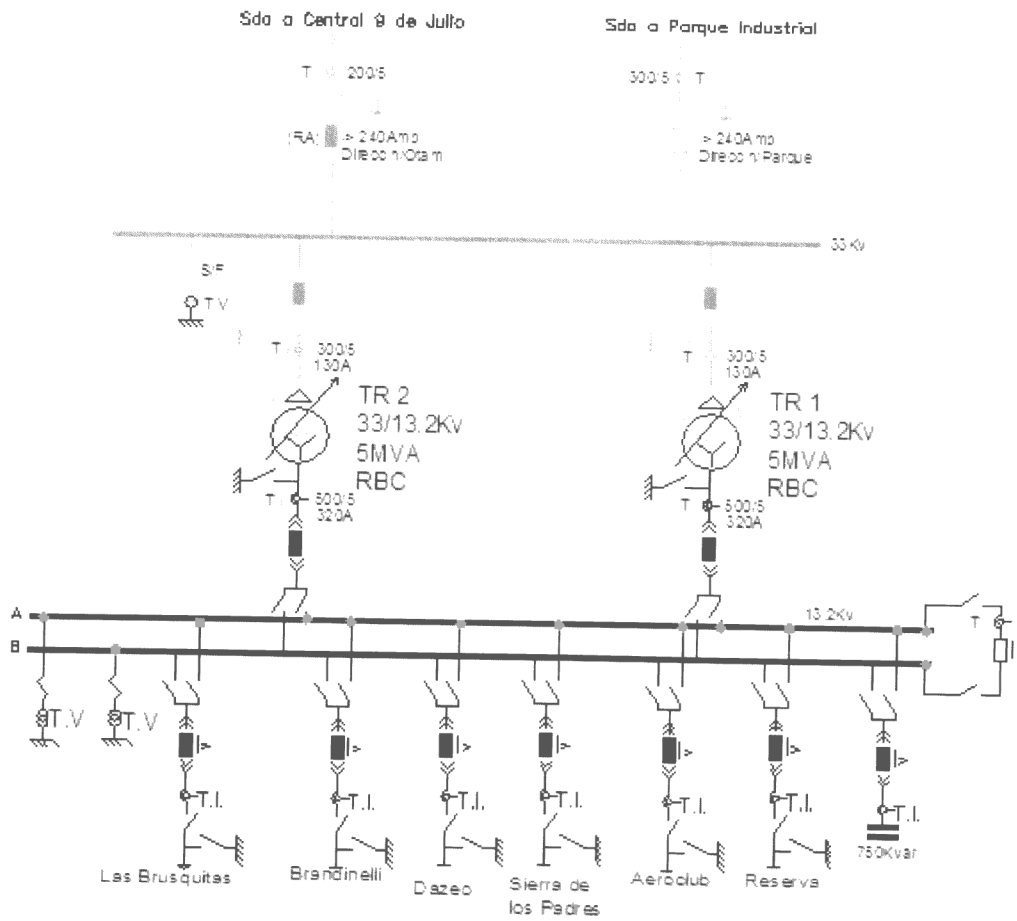
Esta subestación transformadora cuenta de dos zonas diferenciadas, una la del parque de transformadores y la otra la subestación propiamente dicha, ubicada en un edificio de una sola planta, de geometría rectangular de dimensiones de 25 mtrs.x10mtrs donde se encuentran todos los equipos de protección, medida y maniobra necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de toda la instalación. La altura interior del edificio es de cuatro metros. Este edificio cuenta con un sistema de ventilación forzada mediante ventiladores instalados en las paredes del mismo. Se cuenta con un foso de 0,70 metros de profundidad debajo de la zona de montaje del equipamiento con dos escaleras de acceso en los extremos, disponiendo los tubos para la entrada y salida de los cables de 33 y 13,2 KV hacia el exterior del edificio.

Mediante dos transformadores de potencia se reduce la tensión de entrada de 33 KV a 13,2 KV para poder distribuir toda esta energía a las zonas requeridas.

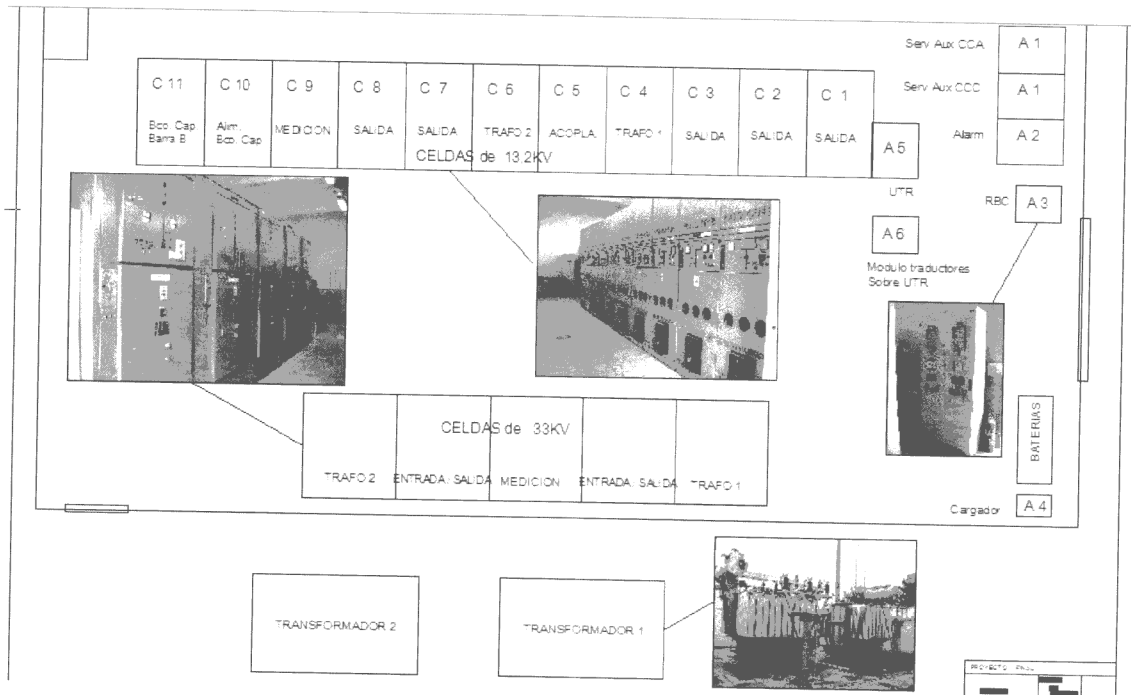
El conexionado de las líneas de alimentación a la EETT o a los transformadores se realiza mediante barras que se encuentran situadas en el interior del edificio de la subestación y a su vez dentro de celdas de 33 KV. Se cuenta con dos celdas de entrada/salida desde/hacia línea aérea, dos celdas de alimentación hacia los transformadores y una celda para medición, todas estas de 33 KV.

Igualmente, el conexionado de entradas y salidas de 13,2 KV se realiza dentro del edificio mediante celdas de doble juego de barras para este nivel de tensión. Se cuenta con dos celdas para cada uno de los transformadores, cinco celdas de salidas, una de medición y una de acoplamiento.

A continuación presentamos un esquema unifilar de la subestación:



También se presenta un esquema en planta de la subestación que contiene al patio de transformadores como la sala de celdas:



Como pueden observarse en este esquema, en este recinto destacamos los tableros de servicios auxiliares de CA (380/220 VCA) y de CC (110 VCC), equipo cargador de batería ó rectificador, batería de acumuladores alcalinos, equipo de comunicaciones para telecontrol y tablero para comando de reguladores bajo carga (RBC de ambos transformadores).

Entonces en la subestación transformadora encontramos distintas construcciones, instalaciones y equipos con funciones particulares y características definidas.

Descripción de la instalación

Ya hemos citado los distintos equipos de la estación, pero si hacemos una clasificación por función nos quedan:

1-Instalaciones y equipos de potencia o principales:

- Celdas de 33 KV
- Celdas de 13,2 KV
- Transformadores de potencia

2-instalaciones y equipos de control y auxiliares:

- Comando
- Protecciones
- Señalización
- Servicios auxiliares.

A continuación describiremos con mayor detalle los equipos de potencia o principales.

Equipos de potencia

Celdas de 33 KV

Cada celda está construida como una unidad independiente en chapa de hierro, en general de espesor no inferior a 2,5 mm, adecuadamente doblada, reforzada y calada a fin de constituir una estructura auto portante compacta y de rigidez mecánica suficiente para resistir las sollicitaciones eléctricas, mecánicas y térmicas a las que puede estar sometida en servicio.

Interiormente cada celda está dividida en compartimentos metálicamente separados entre sí, a fin de facilitar los trabajos de mantenimiento con tensión, sin riesgos de accidente, permaneciendo el resto del tablero en servicio.

Se destacan para cada celda los siguientes compartimentos:

- A. Compartimiento de interruptor**
- B. Compartimiento de barras**
- C. Compartimiento de terminales de cable**
- D. Compartimiento de baja tensión**

Se describen a continuación cada uno de los compartimentos indicados:

A. Compartimiento de interruptor

Está ubicado en la parte anterior de la celda y su frente está cerrado con una puerta adecuadamente reforzada y trabada a la estructura.

Dentro de este compartimiento se ubica el interruptor automático con su bastidor montado sobre un carro con ruedas convenientemente guiadas. Este carro está diseñado para desplazarse por la operación de una manija giratoria removible accionada manualmente desde el exterior del tablero, a puerta cerrada y bloqueada. La secuencia de enclavamiento sobre esta maniobra asegura la máxima seguridad personal para el operador.

Mediante el desplazamiento horizontal sobre rieles, el conjunto extraíble del interruptor con su bastidor, puede colocarse en dos posiciones diferentes:

a) Posición conectado:

En esta posición es posible maniobrar el interruptor que cierra o abre el circuito principal.

b) Posición seccionado:

En esta posición se puede maniobrar el interruptor sin que éste opere sobre el circuito principal que está seccionado y se utiliza para el control del funcionamiento del aparato.

En ambas posiciones el interruptor se mantiene bloqueado mecánicamente con respecto a su contenedor.

Desconectando previamente la ficha de circuitos de comando y auxiliares y accionando la traba mecánica, se puede desplazar y retirar el aparato del compartimiento.

En caso de utilizarse un seccionador de puesta a tierra en el compartimiento de cables, su comando estará enclavado mecánicamente y/o eléctricamente con la posición del interruptor.

B. Compartimiento de barras

En la parte posterior superior del tablero y a todo lo largo del mismo, conformando un conducto separado metálicamente de los otros compartimientos, está ubicado el juego de barras colectoras, constituido por planchuelas de cobre electrolítico.

Dichas barras están dimensionadas para soportar los esfuerzos provocados por las solicitaciones térmicas y dinámicas de las corrientes nominales y de cortocircuito.

El acceso al compartimiento de barras se realiza por medio de tapas desmontables aseguradas por ganchos metálicos y bulones.

C. Compartimiento de terminales de cable

Este compartimiento está ubicado en la parte posterior inferior de la celda, separado metálicamente de los otros, aunque comunicado con el exterior mediante un conducto de ventilación y escape de gases.

Dentro del mismo se ubican los transformadores de intensidad, seccionadores de puesta a tierra, barra de puesta a tierra y terminales de aislación seca o botellas terminales.

Un panel extraíble permite el acceso a este compartimiento. En caso de utilizarse seccionador de puesta a tierra el acceso a este compartimiento está enclavado con la posición del mismo.

D. Compartimiento de baja tensión

Está ubicado en la parte anterior superior de la celda y en él se ubican los elementos de baja tensión.

Sobre la puerta y en su frente se montan los instrumentos de medición, señalización, protección y comando, mientras que en el interior, se colocan los relés auxiliares, fusibles, borneras y todo otro elemento de baja tensión que se requiera.

CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS

Modelo de tablero MODULPACK-36

Tipo Metal-clad a prueba de arco interno

Ejecución Interior

Tensión nominal: 24 a 36 kV

Corriente nominal de barras: 630 a 1.600 A

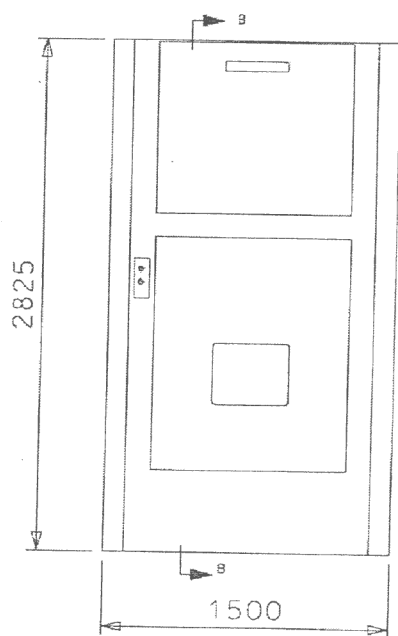
Corriente de breve duración 1 seg: 12,5 a 25 kA

Corriente dinámica: 32 a 63 kA

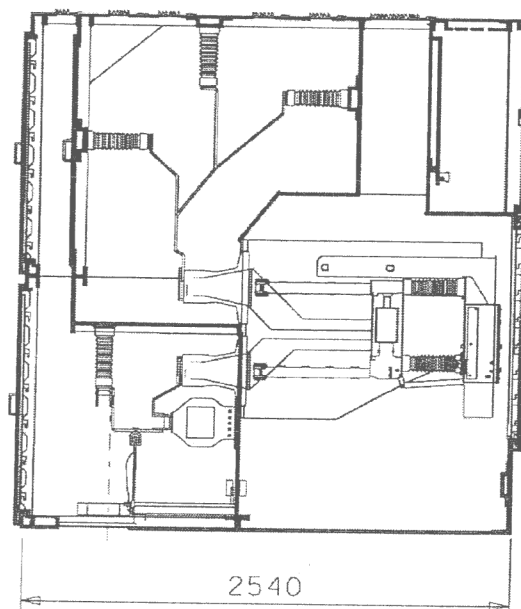
Tensión soportada a frecuencia industrial 1 min: 70 kV

Tensión soportada con onda de impulso: 170 kV

VISTA FRONTAL



CORTE CELDA TIPICA



Celdas de 13,2 KV

Las Celdas de 13,2 kV son aptas para distribución primaria, de construcción blindada (metalclad), autoportantes y acoplables, de uso interior, grado de protección IP40, de doble juego de barras, con aislación en aire.

Las barras principales pueden extenderse hacia ambos lados para posibilitar futuras ampliaciones.

Su construcción es modular en cuerpos independientes a fin de permitir facilidad en el transporte y montaje como así también cambiar el orden de ubicación sin modificar las celdas.

La carpintería metálica de las celdas está constituida por paneles y perfiles de chapa de hierro de espesor de 2,5 mm, doblada, reforzada y calada a fin de constituir una estructura autoportante compacta y de rigidez mecánica suficiente para resistir las sollicitaciones eléctricas, mecánica y térmicas a las que pueda estar sometida en servicio.

Todos los componentes metálicos del tablero, como paneles, perfiles, etc.

Son protegidos interna y externamente mediante un tratamiento anticorrosivo de fondo y pintura final que incluye:

1. Desengrase y enjuague.
2. Decapado y enjuague.
3. Fosfatizado por inmersión y enjuague.
4. Pintura de fondo con un espesor entre 15 y 20 micrones.
5. Pintura final con un espesor entre 25 y 35 micrones de esmalte acrílico horneable.

Los paneles y perfiles, así como los demás componentes ferrosos de cada celda han recibido el tratamiento de protección y pintado que garantizan una vida útil equivalente al ensayo en cámara de niebla salina de 500 a 1000 hs.

Ante la eventualidad de un arco interno y la correspondiente generación de abundantes gases a altas temperaturas, los mismos son eficaz y velozmente

evacuados hacia el exterior de la celda. A tal efecto, el techo de cada celda cuenta con "flaps" de grandes dimensiones correspondientes a cada uno de los compartimentos en los es posible la aparición de una falla de arco, con sección y orientación cuidadosamente estudiadas y experimentadas a fin de actuar como guía de los gases durante su evacuación.

El recinto interior de cada celda se encuentra dividido en 4 compartimentos separados mediante tabiques de chapa de hierro, sin ningún tipo de orificio entre ellos, a saber:

A. Compartimiento de interruptor

Se encuentra ubicado en la parte anterior de la celda y su frente está cerrado con un escudo adecuadamente reforzado. Dentro del mismo se ubica el interruptor automático con su bastidor montado sobre un carro con ruedas convenientemente guiadas sobre rieles. Para poder garantizar la seguridad de las maniobras de inserción, el interruptor y el contenedor del mismo pertenecen al mismo fabricante.

Los interruptores utilizados son de corte en aceite intercambiables con los de las celdas vecinas y de igual nivel de tensión, corriente nominal y corriente de cortocircuito. Tienen mando por resortes pre-cargados en forma manual y motorizada y ficha con manguera cableada para comando.

La continuidad entre el interruptor y los demás compartimentos de media tensión se efectúan únicamente a través de aisladores tipo pasamuros y/o campana.

El carro se encuentra diseñado para desplazarse por la operación de una palanca o manija giratoria removible accionada manualmente desde el frente de la Celda. La secuencia de enclavamiento sobre esta maniobra garantiza la máxima seguridad personal para el operador.

La tapa de este compartimiento tiene visores para verificación de posición del interruptor dentro del mismo, su estado (abierto/cerrado) y la carga de resortes. El compartimiento cuenta con una luminaria con lámpara para iluminación interior.

Mediante el desplazamiento horizontal sobre rieles, el conjunto extraíble del interruptor con su carro, puede encontrarse en tres posiciones diferentes:

- a) Posición conectado o de servicio: En esta posición es posible maniobrar el interruptor que cierra o abre el circuito principal.
- b) Posición seccionado: En esta posición se puede maniobrar el interruptor sin que éste opere sobre el circuito principal que está seccionado y se utiliza para el control del funcionamiento del aparato.
- c) Posición extraído: Desconectando previamente la ficha de circuitos de comando y auxiliares, se puede desplazar y retirar el aparato del compartimiento.

El compartimiento cuenta con un sistema de obturación, el cual cierra completamente los accesos a los demás compartimientos de media tensión cuando el interruptor pasa de la posición “conectado” a la posición “seccionado”. Este sistema de obturación es de operación automática con el desplazamiento del interruptor y está constituido por una o varias pantallas o cortinas metálicas puestas a tierra.

El comando del seccionador de puesta a tierra en el compartimiento de cables se encuentra enclavado mecánicamente y eléctricamente con la posición del interruptor.

Existen enclavamientos mecánicos que imposibilitan la inserción y/o extracción del interruptor si el mismo se encuentra cerrado o si no se encuentra enchufada la ficha de mando.

El compartimiento dispone de un patín de puesta a tierra que se desliza sobre el carro móvil apenas la primera parte del mismo ha penetrado en la celda. La puesta a tierra del carro se mantiene para toda la carrera del interruptor hasta que este ha sido extraído completamente. Además se provee de un dispositivo especial que asegura la efectiva puesta a tierra de la estructura móvil cuando esta se encuentra en posición de servicio.

B. Compartimiento de barras

Las barras principales se encuentran montadas sobre aisladores de resina epoxi y son alojadas en un compartimiento ubicado en la parte posterior y superior de la celda. Este compartimiento está abierto hacia derecha e izquierda de forma tal que al agrupar más de una celda se forma un conducto de barras continuo y completamente separado del resto de los compartimentos.

El juego de barras, de cobre electrolítico, está pintado de colores normalizados y dimensionadas para soportar los esfuerzos provocados por las solicitaciones térmicas y dinámicas de las corrientes nominales y de cortocircuito.

Las mismas estarán conformadas por pletinas de cobre de canto redondeado de 2 x 50 x 10 mm.

El acceso a los compartimentos de barras se realiza por medio de tapas desmontables aseguradas por ganchos metálicos y bulones.

C. Compartimiento de cables

Está ubicado en la parte posterior inferior de la celda. Dentro del mismo se ubican los transformadores de intensidad, seccionadores de puesta a tierra, terminales de aislación seca y/o botellas terminales.

Un panel retirable permite el acceso a este compartimiento. El acceso al compartimiento del seccionador de puesta a tierra se encuentra enclavado con la posición del mismo.

El piso del compartimiento de cables en celdas tipo entrada o salida está construido por secciones de chapa fácilmente desmontables.

D. Compartimiento de baja tensión

Está ubicado en la parte anterior superior de la celda y en él se ubican los elementos de baja tensión.

Sobre la puerta y en su frente están montados los instrumentos de medición, señalización y protección y comando, mientras que en el interior, se colocan los

relés auxiliares, fusibles, borneras y todo otro elemento de baja tensión que se requiere.

OTRAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GENERALES

Conexionados secundarios

Los tableros se encuentran con todas las conexiones secundarias identificadas, cableadas y conectadas.

A fin de asegurar una adecuada protección, todas las conexiones secundarias son tendidas dentro de conductos de plástico en los compartimentos de baja tensión y conductos metálicos en su recorrido por los compartimentos de media tensión.

Todas las conexiones son realizadas con cable de cobre aislado en PVC, de 2,5 mm² de sección para los circuitos de medición de tensión y auxiliares y de 4 mm², para los de medición de corriente.

Cada uno de los conductores está individualizado por un mismo número colocado en ambos extremos.

Para las conexiones de entrada y salida se colocan tiras de bornes del tipo componible ubicadas en lugares accesibles que facilitan las tareas de montaje de los cables piloto.

Puesta a tierra

A largo de todas las celdas que componen cada celda se ubica una barra general de tierra constituida por una planchuela de cobre de alta conductividad, de sección rectangular no inferior a 200 mm², a la que están conectadas en derivación mediante un cable o barra individual de cobre las bases de todos los aparatos eléctricos.

Además cada una de las puertas está conectada a la estructura de la celda con un cable o malla flexible de cobre.

Transformadores de potencia

Estas son las **partes componentes** de los transformadores de la estación:

- **Pasa-tapas de entrada:** conectan el bobinado primario del transformador con la red eléctrica de entrada (celda de 33 KV correspondiente a transformador).
- **Pasa-tapas de salida:** conectan el bobinado secundario del transformador con la red eléctrica de salida (celda de 13,2 KV correspondiente a transformador).
- **Cuba:** es un depósito que contiene el líquido refrigerante (aceite), y en el cual se sumergen los bobinados y el núcleo metálico del transformador.
- **Tanque de expansión:** sirve de cámara de expansión del aceite, ante las variaciones de volumen que sufre ésta debido a cambios de temperatura.
- **Indicador del nivel de aceite para Cuba:** son de tipo magnético, equipado con contactos independientes para alarma y para disparo por bajo nivel.
- **Indicador del nivel de aceite para CBC:** son de tipo magnético, equipado con contactos independientes para alarma y para disparo por bajo nivel.
- **Relé Buchholz:** este relé de protección reacciona cuando ocurre una anomalía interna en el transformador, primeramente da una señal de alarma y posteriormente envía apertura a los dispositivos de protección.
- **Relé de flujo:** este relé de protección está previsto para proteger el conmutador de tomas bajo carga y el transformador en caso de un desperfecto en el ruptor ó en el recipiente de aceite del selector bajo carga.

- **Deshidratador:** su misión es secar el aire que entra en el transformador como consecuencia de la disminución del nivel de aceite.
- **Termómetro:** mide la temperatura del aceite dando primero una alarma y posteriormente un disparo.
- **Placa de características:** en ella se recogen las características más importantes del transformador, para que se pueda disponer de ellas en caso de que fuera necesaria conocerlas.
- **Grifo de llenado:** permite introducir líquido refrigerante en la cuba del transformador.
- **Radiadores de refrigeración:** su misión es disipar el calor que se pueda producir en las carcasas del transformador y evitar así que el aceite se caliente en exceso.
- **Conmutador bajo carga (CBC):** Para adecuar la relación de tensión a las condiciones del sistema, estos transformadores están provistos de un conmutador de derivaciones en carga.

- **Auxiliares de los CBC:**

Cajas de accionamiento ó accionamientos motorizados

Los accionamientos motorizados son usados para operar los conmutadores, posibilitando comando local o a distancia, inclusive con control automático de tensión.

El transformador 1 cuenta con una caja Reinhausen MA-7 y el transformador 2 con una Reinhausen MA-2 (ver anexos).

Tablero de comando y control de los CBC

Desde este tablero se gobierna el funcionamiento de las cajas de accionamiento que comandan los CBC en forma manual, automática, local y a distancia, sea desde la propia estación ó mediante telecomando (remotamente desde otro punto fuera de la estación).

En próximas páginas se detallan más características acerca de este tablero

Reguladores electrónicos de tensión:

Los reguladores electrónicos de tensión se utilizan para el control automático de la tensión de transformadores con cambiador de tomas en carga accionados por motor.

La operación de los relés reguladores de tensión está basada en el cambio de tap del conmutador sólo después que es detectado un desvío entre la tensión medida y la tensión nominal mayor que la insensibilidad ajustada, adicionando además una temporización antes del cambio de tap para evitar conmutaciones innecesarias debido a desvíos momentáneos de la tensión.

La operación de los relés reguladores de tensión está basada en la programación de algunos parámetros básicos.

Estos parámetros son:

-La tensión nominal o de referencia, que puede estar referida a la tensión real de operación del sistema (kv.) o al secundario del TV de medición de barras (en nuestro caso 0,11 Kv.).

-Ancho de banda es el rango de tolerancia aceptable para la tensión arriba y abajo de la tensión de referencia, definida generalmente como un porcentaje de esta. Si el valor real abandona el ancho de banda, se activa la conmutación correspondiente en el cambiador de tomas. La modificación de tensión resultante del cambio corresponde a la tensión de etapa del transformador, siendo comprobada en cuanto a lógica por el regulador con el ancho de banda preajustado. Para poder ajustar correctamente este valor se debe conocer el margen de regulación en % y el número de posiciones menos uno. En nuestro caso

$$B\%(anchodebanda) = \frac{M \text{ arg enregulación}(\%)}{N^{\circ} \text{ posiciones} - 1} = \frac{20}{21} = 0.9523 \cong 1$$

$M \text{ arg enregulación}(\%)$: $\pm 10\%$

$N^{\circ} \text{ posiciones}$: 22

-La temporización para efectuar el primer cambio de tap luego que la tensión medida permanece arriba o abajo de los límites superior o inferior respectivamente, dada en segundos (ajustamos a 120 segundos).

-La temporización arriba mencionada puede ser programada además para operación por:

- Tiempo Definido, en que el retardo para efectuar la conmutación es siempre el mismo (el propio valor ajustado en segundos), independiente de la magnitud del desvío de la tensión
- Tiempo Inverso, en que el retardo para efectuar la conmutación (t) es igual al valor ajustado (T) multiplicado por un factor de reducción que es inversamente proporcional a la magnitud del desvío de tensión (ΔU) con relación al ajuste de insensibilidad. En nuestro caso utilizamos tiempo inverso.

La programación de los parámetros arriba expuestos ya sería suficiente para garantizar una buena regulación de tensión en la barra de la estación y para las cargas próximas a esta. Sin embargo, para las cargas localizadas a mayor distancia, las caídas de tensión resistiva e inductiva en los conductores pueden hacer que la tensión que llega a la carga esté abajo del límite inferior permitido, especialmente cuando las corrientes de carga son más elevadas. Por tal motivo, los relés reguladores están equipados también con una medición de corriente de carga y con ajustes para las caídas de tensión en la línea.

Como en la mayoría de las aplicaciones prácticas no existe la situación ideal en que la carga está concentrada en un único punto, el procedimiento usual es adoptar un centro de carga ficticio, que es un punto de la red en el cual se considera que todas las cargas están concentradas. Basado en la localización de este punto son calculados, entonces, los parámetros para compensación de caída en la línea. El resultado es que, en este punto específico, la tensión será calculada por el relé regulador y mantenida próxima al valor nominal. Para los demás puntos de la red podrán existir variaciones, sin embargo si el centro de carga es adecuadamente elegido (y las características de la red lo permiten)

estas variaciones además estarán dentro de los límites superior e inferior permitidos.

Durante los períodos en que la carga permanece constante o tiene variación lenta ese abordaje se muestra adecuado.

No obstante, en los horarios pico, cuando la carga presenta variaciones rápidas, tanto en la subida como en el descenso, ocurre el efecto de "arrastre". En este efecto se observa que la tensión media permanece por debajo del valor nominal durante el crecimiento de la carga, que se inicia alrededor de las 19:30 horas, justamente el período en que sería necesaria tensión más alta, y lo inverso ocurre durante la reducción de la carga, cuando la tensión media permanece sobre el valor nominal. Asimismo, se observa que aumentan bastante los períodos de tensión arriba y abajo de los límites superior e inferior permitidos, lo que contribuye para empeorar los indicadores de calidad prescritos en la normativa.

Una posible solución para el problema sería la reducción de los ajustes de insensibilidad y de temporización del relé regulador, de forma de tornar más ágil su actuación en esos períodos de variación rápida de la carga. Sin embargo esa solución presentaría el grave inconveniente de aumentar bastante el número de operaciones realizadas por el conmutador bajo carga durante todo el día, aún en los períodos en que esas operaciones no serían necesarias. Las consecuencias de ello incluyen mayor costo de mantenimiento del conmutador, ya que los intervalos de mantenimiento son determinados por el número de operaciones, aumento de los períodos de indisponibilidad del equipamiento debido al aumento de la frecuencia de mantenimiento y aumento en el riesgo de fallas, considerando que el conmutador bajo carga es una de las principales fuentes de defectos en transformadores.

Compensación de caída en la línea ineficiente debido al desplazamiento del centro de carga

El uso de la compensación de caída en la línea en la mayoría de las aplicaciones exige la definición de un centro de carga mínimamente representativo de las cargas conectadas a la red de distribución. Este proceso puede ser aplicado con éxito en redes donde ese centro de carga permanece prácticamente inalterado a lo largo del tiempo. Esta hipótesis tiene buenas chances de ser verdadera si la mayoría de las cargas conectadas a la misma red fueren de naturaleza similar, como por ejemplo, exclusivamente residenciales, donde la carga máxima con determinado nivel ocurre entre 18 y 22 horas, o exclusivamente industriales, donde normalmente la carga máxima en otro nivel ocurre entre 7 y 17 horas.

Sin embargo, en redes de distribución en que están conectadas cargas mixtas, mezclando, por ejemplo, cargas residencias e industriales, el centro de carga puede sufrir significativos desplazamientos dependiendo del día de la semana o aún del horario a lo largo del día. En casos como ese, el uso de los relés reguladores de tensión convencionales y del recurso de compensación de caída en la línea, descritos arriba, no presenta resultados satisfactorios, dado que los cálculos y parametrizaciones efectuados, considerando la predominancia de un dato tipo de carga (industrial, por ejemplo) traerá como resultados tensiones muy altas o muy bajas cuando otros tipos de carga fueren más significativos.

Puede ocurrir además, en los casos en que la carga industrial supera la residencial, que la demanda total durante el horario de operación de las industrias, hasta cerca de las 17 horas, sea mayor que en el período en que predominan las cargas residenciales, de las 18 a las 22 horas. En este período, que es cuando la carga residencial alcanza su pico de consumo, la tensión en la barra de la subestación debería ser mantenida elevada, dado que las redes secundarias están más cargadas y con su mayor nivel de caída de tensión. Sin embargo, como la demanda total fue reducida, el compensador de caída en la línea disminuirá la tensión en la barra de la subestación, de forma que las

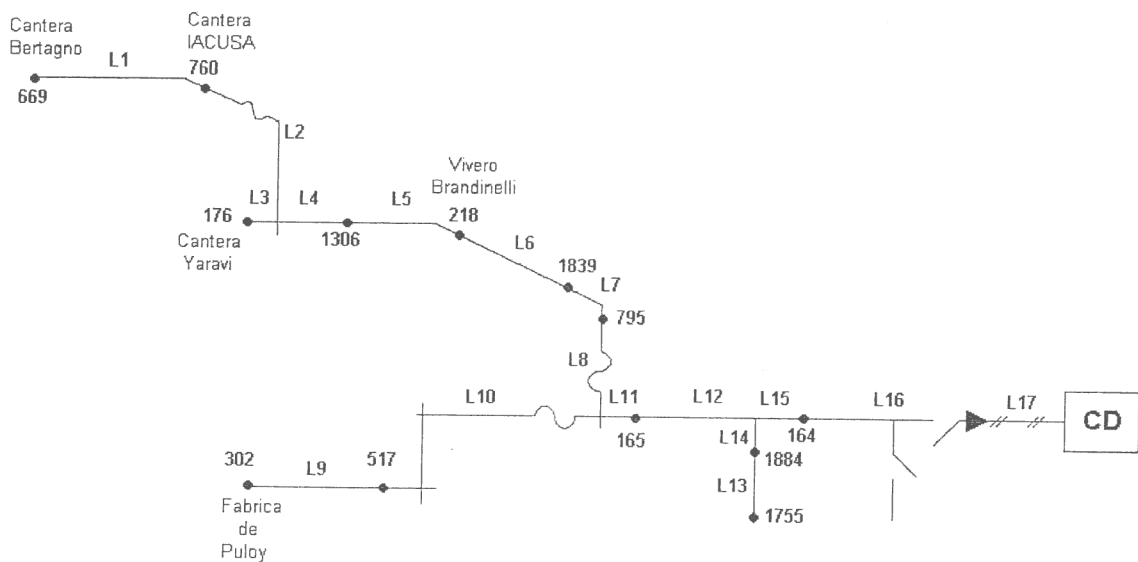
cargas residenciales podrán recibir tensiones abajo de los valores mínimos aceptables.

La conexión de transformadores en paralelo se hace necesaria debido a los incrementos de la demanda que superan la capacidad existente.

Análisis de caída de tensión de un distribuidor de la E.T. Batan

La compensación de la caída de tensión de una línea, o sea la inclusión en el proceso de regulación de la caída de tensión a lo largo de una línea acoplada a los transformadores de potencia será analizada para un caso particular de una salida en la presente E.T.

En nuestro caso el distribuidor consta de una extensión en línea aérea de MT de 4200 metros, en conductores de cobre de $3 \times 25 \text{ mm}^2$ con la siguiente distribución geográfica:





Referencias: Subestación N°

L1/L17 Longitud de los distintos tramos de línea.

 Fusibles de MT

 Seccionador a cuchillas (unipolar) para alimentación en //.

 Seccionador a cuchillas (unipolar) de salida del distribuidor.

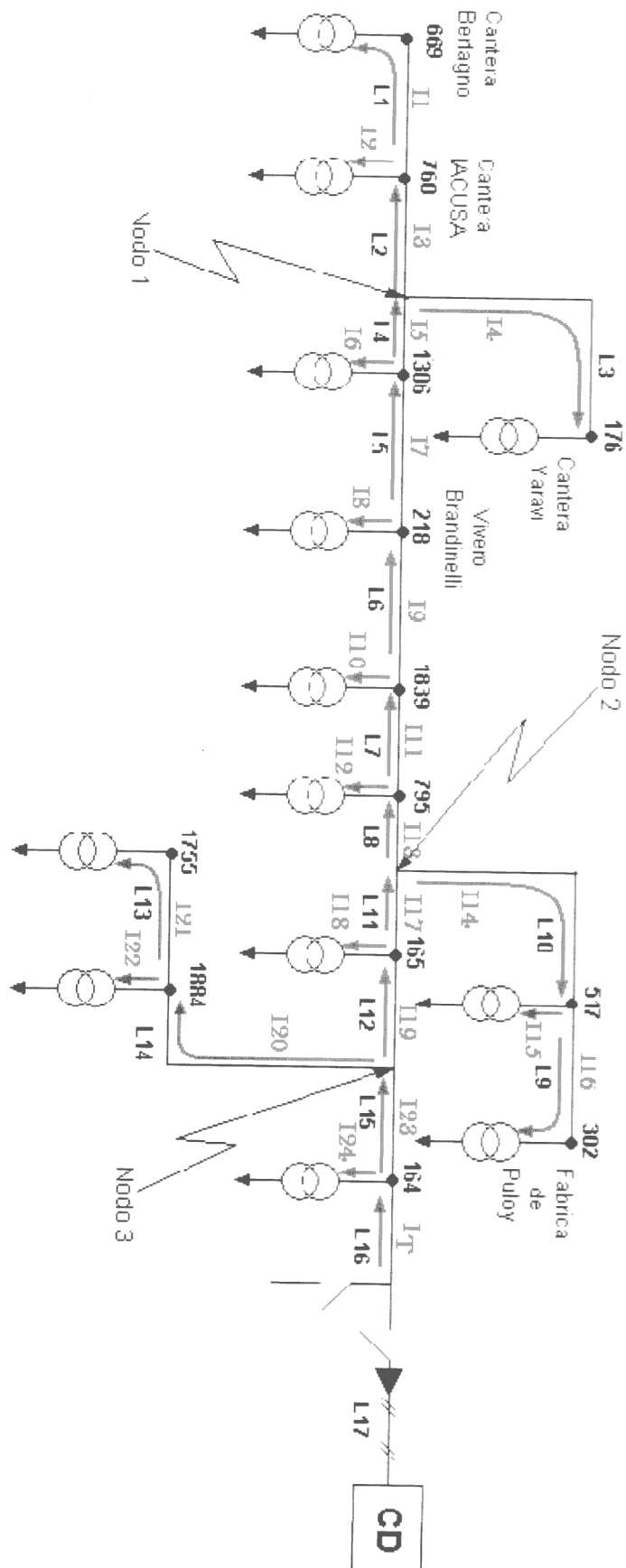
 Botella terminal tripolar del C.A.S de MT

CD Centro de Distribución.

Con referencia a las distintas subestaciones y sus respectivas potencias aparentes, teniendo en cuenta que están cargados al 50% de su capacidad y con un factor de potencia de 0.9, se detalla la siguiente tabla:

Subestación N°	P. Trafo [KVA]
669 (Cantera bertagno)	160
760 (Cantera IACUSA)	16
176 (Cantera Yaravi)	500
1306	63
218 (Vivero Brandinelli)	50
1839	16
795	100
302 (Fabrica de Puloy)	200
517	5
165	100
1755	100
1884	100
164	400

En cuanto a la distribución de cargas de nuestro sistema en los respectivos nodos el esquema sería el siguiente:



En la siguiente tabla se muestra las corrientes de cada tramo de línea, que fueron calculadas a partir de las longitudes, características resistivas y reactivas de los conductores y el cálculo de la caída de tensión a lo largo de la línea.

Caídas de tensión

El cálculo de la caída de tensión en los conductores:

$$\Delta U = K \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \operatorname{sen} \varphi) \text{ [V]}$$

Donde:

k = constante igual a 2 para sistemas monofásicos y $\sqrt{3}$ para sistemas trifásicos.

I = intensidad de la corriente de línea en [A].

L = longitud del circuito en kilómetros (L es la distancia que separa los dos puntos entre los que se calcula la caída de tensión y no debe confundirse con la longitud que totalizan los conductores involucrados).

R = resistencia eléctrica efectiva del conductor a la temperatura de servicio en ohm / km.

X = reactancia de los conductores en ohm / km.

φ = ángulo de desfasaje entre la tensión y la corriente.

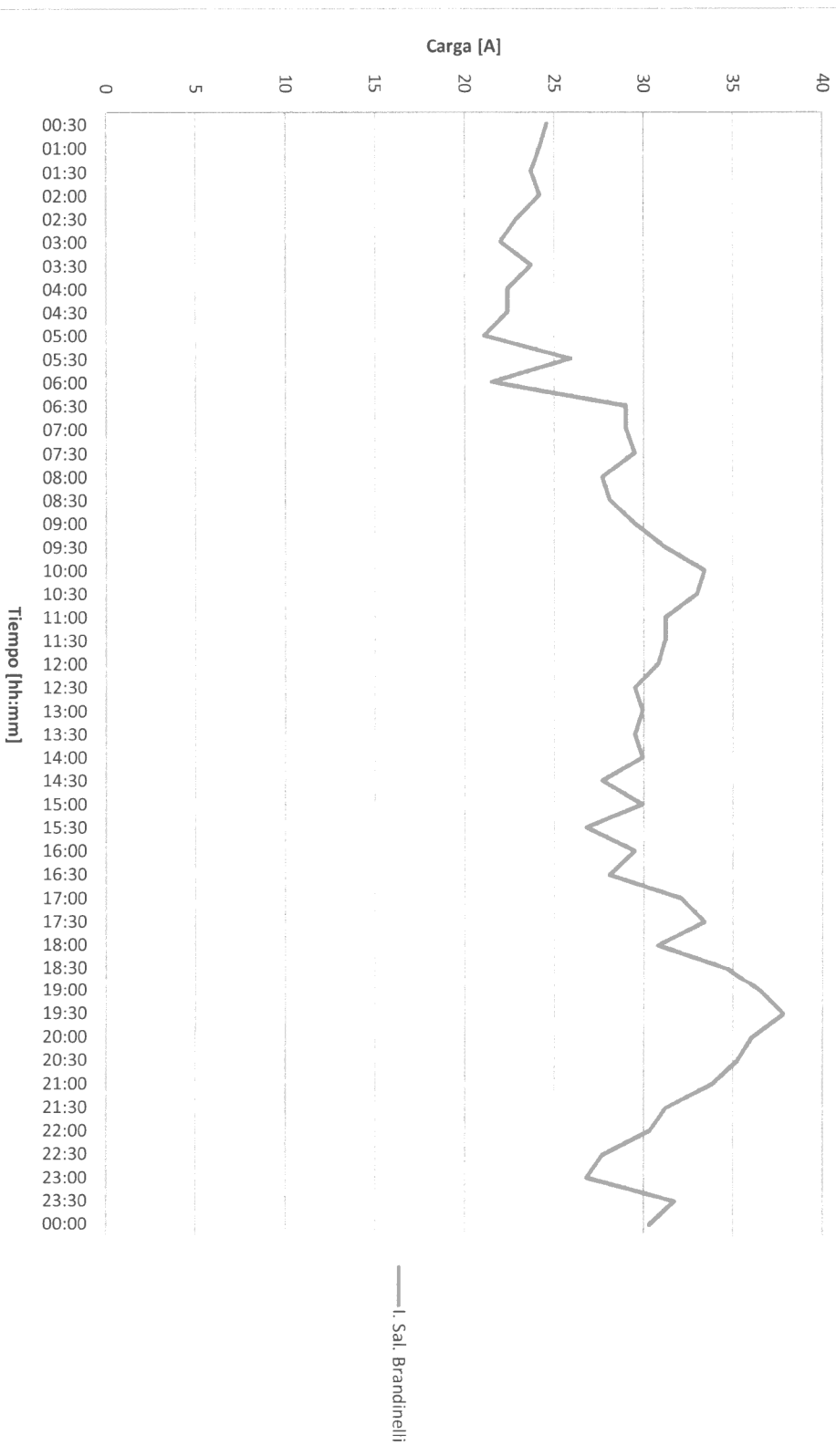
Cos φ = factor de potencia de la carga.

Subestacion N°	P. Trafo [KVA]	% de la P. del Trafo		I [A]	L[mts]	R[Ohm]	X[Ohm]	ΔU [volt]	$\Delta U\%$	$\Sigma \Delta U\%$ total	U [Volt]
669 (Cantera bertagno)	160	0,5	11	3,50	L1	0,4616	0,1238	2,85	0,02	0,86	13086
760 (Cantera IACUSA)	16	0,5	13	3,85	L2	0,5394	0,1447	3,66	0,03	0,84	13089
176 (Cantera Yaravi)	500	0,5	14	10,93	L3	0,0364	0,0098	0,70	0,01	0,82	13092
Nodo 1			15	14,78	L4	0,3533	0,0948	9,21	0,07	0,81	13093
1306	63	0,5	17	16,16	L5	0,1868	0,0501	5,32	0,04	0,74	13102
218 (Vivero Brandinelli)	50	0,5	19	17,25	L6	0,4653	0,1248	14,16	0,11	0,70	13107
1839	16	0,5	111	17,60	L7	0,5431	0,1457	16,86	0,13	0,59	13122
795	100	0,5	112	2,19	L8	0,3868	0,1037	1,49	0,01	0,47	13138
Nodo 2			117	24,27	L11	0,1141	0,0306	4,89	0,04	0,36	13152
302 (Fabrica de Puloy)	200	0,5	116	4,37	L9	0,4689	0,1258	3,62	0,03	0,43	13143
517	5	0,5	114	4,48	L10	0,6405	0,1718	5,06	0,04	0,40	13147
165	100	0,5	119	26,46	L12	0,2632	0,0706	12,28	0,09	0,33	13157
Nodo 3			123	30,84	L15	0,1447	0,0388	7,87	0,06	0,27	13165
1755	100	0,5	121	2,19	L13	0,0880	0,0236	0,34	0,00	0,28	13163
1884	100	0,5	120	4,37	L14	0,1367	0,0367	1,05	0,01	0,28	13164
164	400	0,5	IT	39,58	L16	0,3933	0,1055	27,45	0,21	0,21	13173

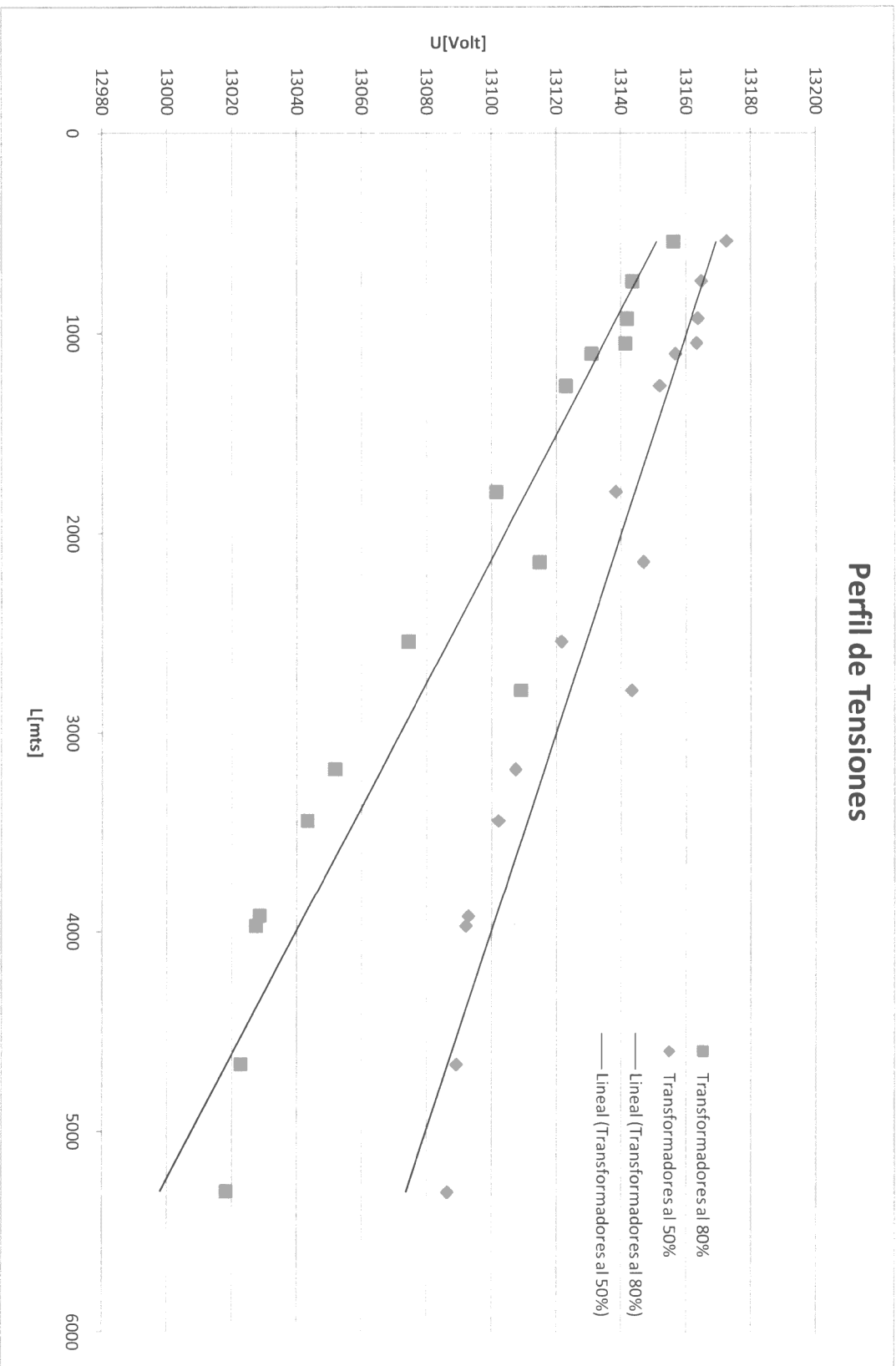
Observando en la tabla los valores de $\Sigma\Delta U$ %, para el punto más desfavorable es decir la subestación más alejada, la N° 669, podemos notar que la caída de tensión para estas características de carga a lo largo de todo el distribuidor no alcanza al 1%.

Ahora en el hipotético caso de cargar el sistema de todos los transformadores involucrados en el distribuidor al 80 % de su capacidad con un factor de potencia 0.9, al re calcular todos los parámetros ya vistos, se obtiene la siguiente tabla:

Demanda Diaria del Distribuidor



Perfil de Tensiones



Nuevamente al observar la caída de tensión en el punto más desfavorable se obtiene un valor cercano 1,4 %.

De esta manera se observa que para un distribuidor con estas características de extensión (4200mts), la compensación por caídas en la línea requerirá un ajuste mínimo sobre el regulador en cuanto a la caída de tensión óhmica e inductiva, mejorándose el perfil de tensión en la carga más alejada de la estación transformadora. De todos modos, en el ejemplo mencionado, la caída de tensión en el punto más desfavorable (1,4%), se encuentra comprendido en el rango del $\pm 5\%$ que exige la reglamentación vigente, pudiendo en este caso ser obviado los ajustes sobre el propio relé de tensión.

Funcionamiento en paralelo de los transformadores de potencia

Condiciones

1. Igualdad de tensiones y relación de transformación.
2. Igualdad en el grupo de conexión.
3. Igualdad de secuencia.
4. Igualdad de tensiones de cortocircuito.

Análisis de cada condición

1. Igualdad de Tensiones y relación de transformación:

Por estar unidos primarios y secundarios es lógico que las tensiones primarias y secundarias deben ser iguales, pues sino un transformador le enviaría corriente al otro. No basta con que la relación sea igual, deben ser también iguales las tensiones.

De no cumplirse esta condición aparecen corrientes circulantes entre las máquinas, ya en vacío. La corriente de circulación es consecuencia de diferencia en la relación de transformación, no de la tensión de diseño. La corriente circulante da origen a una potencia circulante, también llamada potencia de compensación, cuyo principal efecto, es la de aumentar la carga en el transformador de mayor tensión secundaria, pudiendo llegar a sobrecargar el mismo.

En nuestro caso ambas máquinas son de 33/13,8 KV.

2. Igual grupo de conexión

La condición fundamental para que puedan funcionar los transformadores en paralelo, es que los terminales a empalmar entre si se hallen en todo momento al mismo potencial.

En nuestro caso los dos transformadores tienen grupo de conexión Dy11.

3. Secuencia o sentido de rotación de las fases secundarias

La secuencia de fases se llama al orden de rotación de los vectores. Es la sucesión en el tiempo, de los máximos de los parámetros eléctricos tensión o intensidad, en las tres fases de un sistema. A ella corresponde un sentido de rotación del diagrama vectorial.

Los transformadores cuya secuencia sea opuesta, es decir tengan sentido de giro de los diagramas vectoriales opuesto no pueden conectarse en paralelo, porque en un determinado instante van a coincidir los vectores de tensión secundaria pero, aun siendo del mismo grupo de conexión, en el instante siguiente los vectores comienzan a desplazarse y aparecen diferencias de potencial entre las fases homólogas.

Entonces, para poner en paralelo, los transformadores deben tener diagramas vectoriales que giren en igual sentido.

Todo depende de las conexiones internas del transformador.

En nuestro caso hay coincidencia de rotación.

4. Igualdad de tensiones de cortocircuito:

Como condición para la puesta en paralelo, es necesario que las tensiones de cortocircuito sean lo más parecidas posible. Se admite como variación hasta un 10% de diferencia.

En nuestro caso el transformador 1 tiene un valor de $u_{cc} = 6\%$ y el transformador 2 de $u_{cc} = 6\%$.

Análisis de la diferencia de puntos de los CBC estando los transformadores en paralelo

La E.T. cuenta con dos transformadores de 5 MVA cada uno, de tensión 33/13,8 Kv los cuales pueden ser operados en paralelo. Cada uno de los transformadores exhibe una Z_{cc} de 6 % y en las respectivas celdas de 13,2 Kv cuentan con transformadores de corriente de 250/5 A de relación. Los transformadores de tensión asociados son de 110 vca en el secundario cuando la tensión del sistema es exactamente 13,2 Kv.

El sistema se muestra en la figura 1:

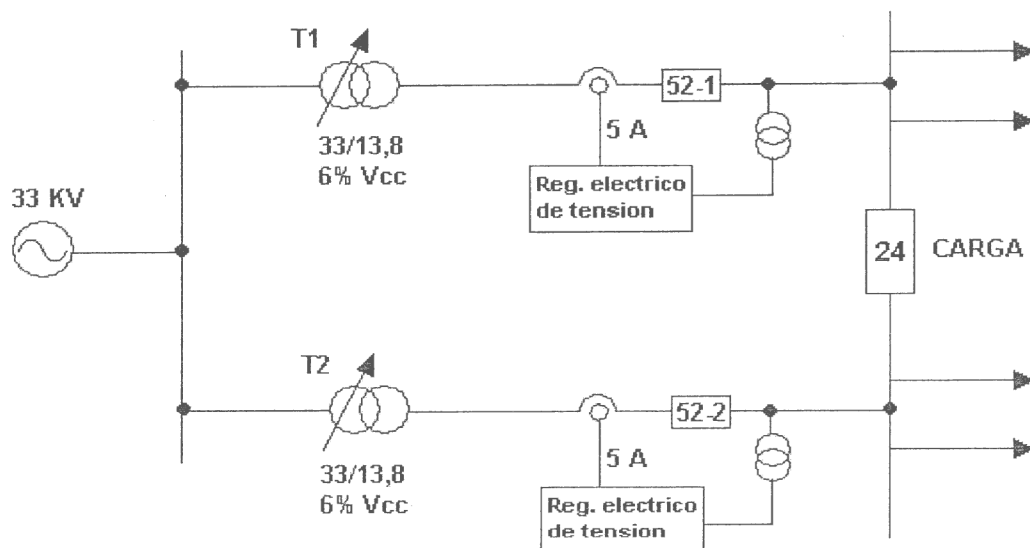


Figura 1

Como los trafos son idénticos y operan en la misma posición de toma, cuando los interruptores 52-1, 52-2 y 24 están cerrados, la corriente de la barra de 13,2 Kv se dividirá igualmente en ambas máquinas.

En este sistema, el cual es solo un ejemplo como para plantear la situación, ninguna previsión ha sido hecha para los requerimientos especiales de operación en paralelo, es decir, cada CBC operará siguiendo su curso de acuerdo a los comandos de los controles independientes. Una simple situación

que ilustra que no es deseable para la operación en paralelo de estas máquinas resulta de considerar que debido a los cambios de carga, se producen variaciones de tensión sobre la barra de 13,2 Kv.

Entonces un posible escenario es:

- 1) Ambos controles de los conmutadores censan baja tensión y arrancan temporizados.
- 2) Un control temporiza la salida antes que el otro, pues puede que no sean iguales.
- 3) El conmutador con el control que temporiza la salida para subir o bajar opera.
- 4) La tensión de barra cae dentro de la banda justo después que una de las unidades operó. La segunda unidad no necesita operar debido a que la tensión esta ahora dentro de la banda. Nótese que ambos trafos de tensión están monitoreando la misma tensión. Las tomas de los trafos están ahora apartadas un punto.
- 5) Nuevamente cambia la carga. El mismo patrón de pasos de 1) hasta 4) es seguido y el mismo trafo nuevamente corrige la tensión. Los trafos están ahora operando en dos posiciones apartadas.

Así, sin ninguna forma de realimentación o interacción entre los controles de los conmutadores conducirá a diferentes posiciones de tomas.

Condiciones cuando las posiciones de tomas de los trafos no son idénticas

Hemos visto que la posición de tomas de dos trafos con CBC puede diferir, pero, ¿qué hay de malo si se apartan los puntos de tomas mientras se conserven los valores sobre la tensión en barras? Por supuesto, la respuesta es que cuando los trafos están operando en posiciones de puntos desiguales hay una corriente que circula entre ellos la cual meramente sirve para incrementar las pérdidas y el calentamiento de los trafos sin aportar ningún propósito útil a la carga.

Si se observa en la figura N°2 que los trafos previamente definidos están operando en diferentes tomas.

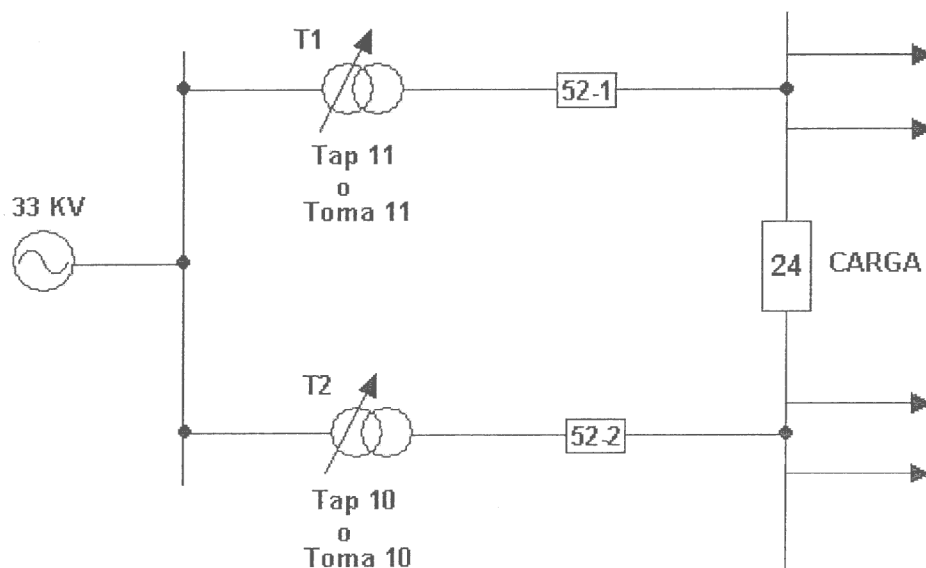


Figura 2

Aquí, la diferencia de relación entre los bobinados secundarios de los trafos conducirá a una corriente circulante limitada solo por la impedancia de las dos máquinas. La tensión por toma de cada trafo es de 20/21 % (0.009523 pu), por lo tanto la tensión actuante es de:

$$V = 0,009523 \times 13800 / \sqrt{3} = 75,96V$$

Y la impedancia equivalente del circuito que interviene es:

$$Z_{base} = Kv^2 / MVA = 13,8^2 / 5 = 34,648 \Omega$$

$$Z_{circuito} = 2 \times 0,06 \times 34,648 = 4,18 \Omega$$

$$Z_{circuito} = 2 \times Z_{trafo} = 2 \times [6\% \times Z_{base}]$$

$$I_{circulante} = \frac{75,96V}{j4,18\Omega} = -18,17A$$

Así, la corriente circulante de la discrepancia de un punto es:

Esta corriente existe independientemente de la carga. Esta es adicionada a la corriente de carga para determinar la carga total de los trafos.

Efecto en la carga del trafo debido a la discrepancia de puntos

Para dimensionar el problema, consideremos que los trafos son cargados con 4 MVA a un factor de potencia de 0.9 cada uno y que sus posiciones de tomas difieren en cuatro puntos.

1) Cada trafo maneja 4 MVA de carga con un $\cos\varphi \cong 0.9$

$$I_{carga} = \frac{4000KVA}{13,8Kv \times \sqrt{3}} = 167A$$

Entonces, en forma compleja es $I_{carga} = 150 - j73A$

2) La corriente que circula en el lazo formado por los dos transformadores es proporcional a la impedancia de estos. Supondremos por simplificación que esta corriente de circulación es totalmente reactiva, osea que la $U_r\% = 1$ del transformador, es despreciable frente a la $U_{cc}\% = 6$.

En el transformador con mayor relación de transformación, la corriente tendrá una característica reactiva inductiva, mientras que el transformador de menor relación de transformación tendrá una característica reactiva capacitiva.

$$I_{circulante} = 4puntos \times (-j18,17A) / punto = -j72,68A$$

Debido a lo anteriormente mencionado, para simplificar, se considera que la corriente vista por un TI (del trafo 1) es $-j72,68A$ y por el otro TI es $+j72,68A$.

El sistema de estudio es ahora reducido al de la figura 3:

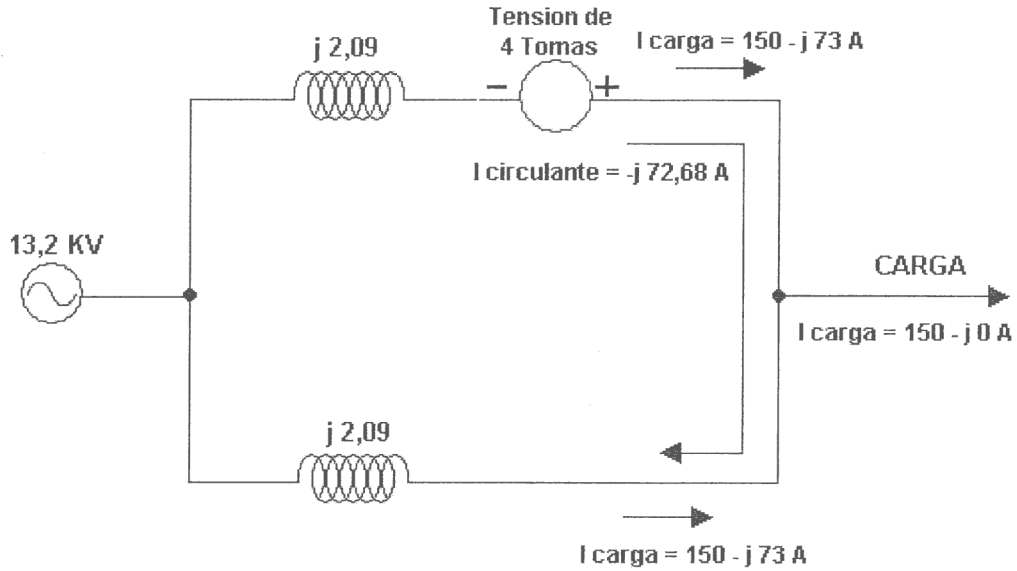


Figura 3

3) La suma de la carga y la corriente circulante es:

Trafo 1

$$I_{trafo1} = I_{carga} + I_{circulante} = 150 - j72,77 - j72,68 = 150 - j145,45A = 208A \angle -44.11^\circ$$

$$I_{trafo2} = I_{carga} - I_{circulante} = 150 - j72,77 - (-j72,68) = 150 - j0,09A = 150A \angle 0.034^\circ$$

Nótese que el aporte ahora por cada trafa es de

$$KVA_{trafo1} = 13,8 \times \sqrt{3} \times 208 = 4971,67KVA$$

$$KVA_{trafo2} = 13,8 \times \sqrt{3} \times 150 = 3585,34KVA$$

Para un total de $4971,67 + 3585,34 = 8557,0152KVA$ donde la carga representa solamente 8000 KVA.

Entonces, la corriente circulante da origen a una potencia circulante, también llamada potencia de compensación, cuyo principal efecto, es la de aumentar la carga en uno de los transformadores pudiendo llegar a sobrecargar el mismo si se trabaja cerca de la potencia nominal de ambos en paralelo (en nuestro caso 10000 KVA).

Solucionando el problema

Ante todo lo planteado se requiere encontrar un equipamiento de paralelismo adicional que garantice el funcionamiento en paralelo para cada conmutación.

Para un servicio en paralelo seguro y rentable de transformadores se deberá garantizar las siguientes condiciones de servicio de los transformadores:

1. Evitar ó minimizar la corriente reactiva
2. Evitar una carga desigual de los transformadores

Para cumplir estos requisitos se emplean distintos procesos técnicos de control de regulación que aparecen descritos a continuación:

- **funcionamiento en paralelo según el principio de “sincronismo de escalón director-dirigido.**

-**funcionamiento en paralelo según el principio del “mínimo de corriente reactiva”.**

-**funcionamiento en paralelo según un regulador activo.**

Funcionamiento en paralelo según “sincronismo de escalón director-dirigido”

El método es apropiado para transformadores con igual tensión nominal, igual escalonamiento e igual número de posiciones. El accionamiento por motor tiene que señalar el escalón por medio de una corriente independiente de la carga de 4... 20 mA (4 mA corresponde a la posición más baja, 20 mA corresponde a la posición más alta).

En el funcionamiento en paralelo, un regulador de tensión se hace cargo de la regulación de tensión en sentido estricto (función de director). El director puede ser cualquiera de los dos indistintamente. El segundo regulador (dirigido) recibe del primer regulador una señal sobre la posición del accionamiento y la compara con la posición del accionamiento propio.

El accionamiento recibe un impulso de regulación si se detecta una diferencia.

Funcionamiento en paralelo según el principio del “mínimo de corriente reactiva”

Este proceso se perfila idóneo para transformadores con potencia de consigna, tensión de consigna, tensión de cortocircuito y grupo de conexión comparable, con tensión de etapa igual y desigual. La posición del conmutador del transformador carece de importancia al respecto.

Mediante las corrientes del transformador y sus ángulos de fase en la alimentación, se calcula la corriente circulante y se minimiza a través de una conmutación selectiva.

Funcionamiento en paralelo con un solo regulador activo

El método es apropiado para transformadores con igual tensión nominal, igual escalonamiento e igual número de posiciones.

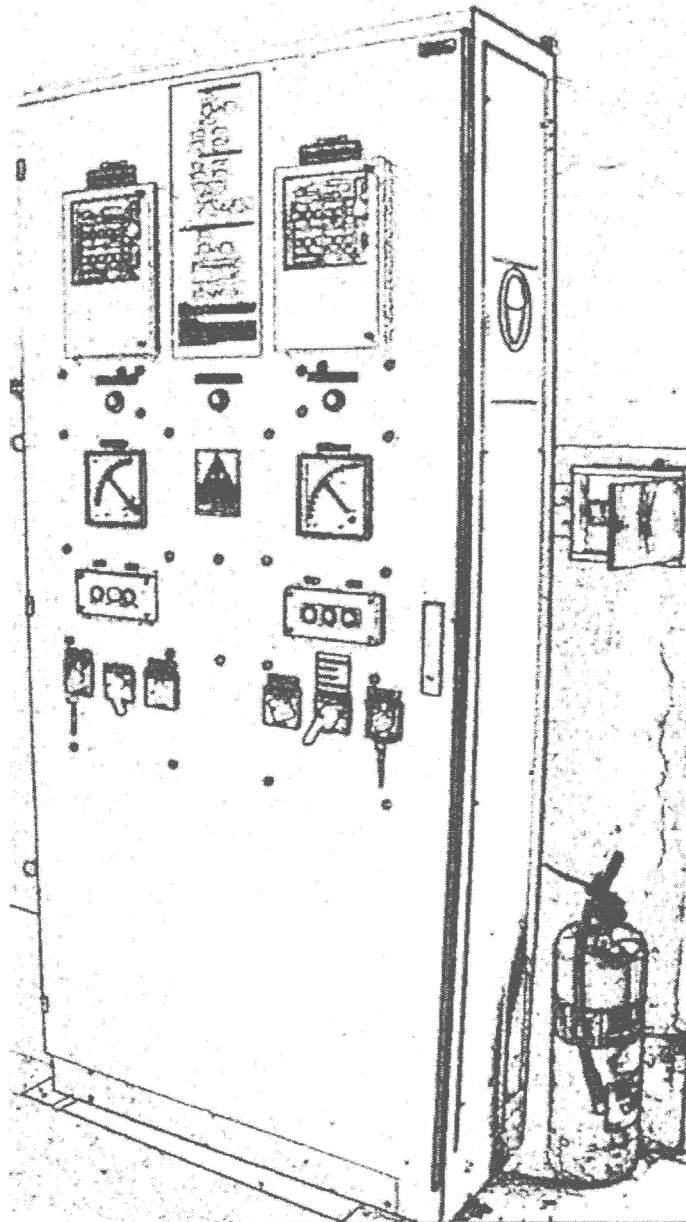
El regulador activo sensa la tensión en barras de 13,2 Kv e inteligentemente, según los ajustes seteados en el relé, envía la orden subir/bajar, según corresponda, a ambas cajas de accionamiento.

Mediante corona de contactos de cada caja de accionamientos en los transformadores, se evalúa la concordancia de posiciones, y si es coincidente queda predispuesto el circuito de comando para una futura conmutación.

Proceso elegido

Debido a las características eléctricas de los transformadores de potencia y que la provisión de reguladores electrónicos de tensión no cuenta con el componente interno de director-dirigido (material provisto por la empresa distribuidora) se elige el proceso funcionamiento en paralelo con un solo regulador activo.

Diseño del tablero de control de los CBC



Para diseñar el tablero primeramente se recurre al esquema funcional de la regulación automática de tensión (ver plano) y se procede a contabilizar los materiales intervinientes.

=

Listado de materiales

- Armario de 2200x1200x600 mm.
- 5 cable canal de 100x50
- 3 cable canal de 50x50
- 1 riel JL
- 2 rieles simétricos
- 3 rieles asimétricos
- 8 relés bobina 220VCA tipo 94,74
- 2 relés bobina 110VCC de 4 inversores (ancho)
- 6 relés bobina 110VCC tipo 94,74
- 200 bornes SSK-10
- 10 topes para bornes
- 8 tapas para extremos de bornera
- 6 tiras en barra para puentear bornes
- 60 tornillos para puentear
- 60 aislantes para bornes
- 10 bornes fusibles extraíbles
- 3 tapas para borne fusible
- 3 bases para fusible tipo diazed con tapa
- 2 interruptores térmicos para CC de 4^a
- 100 m cable unipolar color negro de 2,5 mm² sección
- 2 interruptores con cerradura de 2 pisos con 1NA+1NC cada uno
- 2 interruptores de 10 pisos con 1NA+1NC cada uno
- 2 reguladores electrónicos de tensión MReinhausen MK-30
- 2 indicadores de posición de tomas MR

- 4 pulsadores de 1NA+NC cada uno
- 3 ojos de buey marca Boerdi para 220VCA/CC
- 60 tornillos autoperforantes de 4mm de diam.
- 40 tornillos de 1pulg.x5/32 c/tuerca y arandela (metalizados)

Condiciones técnicas generales del tablero de regulación

Las presentes especificaciones técnicas tienen por objeto definir las condiciones técnicas generales y particulares que se aplicarán a la construcción del tablero de control de regulación de tensión.

La totalidad de los equipos, materiales, los conjuntos y componentes del tablero serán nuevos y sin uso. No se admiten equipos y materiales reciclados. El desmontaje de llaves, interruptores, bornes relés, etc. y el acceso a las mismas deberá poder ser efectuado con el máximo de simplicidad y seguridad. Siempre que sea posible, se deberán adoptar elementos intercambiables, tanto mecánicos como eléctricos, con el objeto de facilitar la operación de mantenimiento sobre el tablero.

Las maniobras para accionamiento manual local sólo podrán ser efectuadas luego que haya sido impedido el mando a distancia de los equipos sobre los que se esté operando.

Las instalaciones eléctricas y los aparatos de accionamiento que componen los mandos, cajas de control y alimentación deben ser dispuestos y diseñados en forma tal que se disminuya al mínimo el riesgo de incendio.

Las partes de instalación, cableados o cañerías de todo tipo, deben estar protegidas en forma apropiada contra daños mecánicos.

El conexionado se realizará en todos los casos con un solo conductor por borne. El armario de regulación responderá en cuanto a la construcción y montaje a las Normas IRAM 2095, 2200, 2181-1 (IEC 60439-1).

Además de lo allí establecido se indica que el piso será abulonado y desmontable para permitir la realización en obra de las acometidas de conductores multipolares.

La manija para el cierre de la puerta será del tipo empuñadura y falleba con cerradura a tambor.

Se preverán agujeros para anclaje, en la base del tablero.

Para todos los suministros en chapa de acero se utilizará la norma IRAM o ASTM.

Se preverán travesaños u otros elementos de fijación para sujetar los cables mediante grapas.

Todos los elementos se montarán teniendo en cuenta la función, frecuencia de operación, mantenimiento, etc. Serán accesibles para su manejo y mantenimiento, sin posibilidad de contactos accidentales que puedan poner en peligro a las personas, producir deterioro de elementos o salida de servicio de equipos.

Todos los elementos en general podrán ser desmontados con simples operaciones.

En caso de circuitos auxiliares estas tareas podrán realizarse aún bajo tensión (cambio de ojos de buey, botoneras, relés, etc.).

Se evitará colocar dispositivos de protección embutidos en puertas o bandejas rebatibles. Los mismos deberán instalarse a resguardo de vibraciones a fin de impedir actuaciones intempestivas.

Todos los elementos tales como indicadores de posición, relés, etc., deberán disponerse de modo tal que el acceso para su mantenimiento resulte sencillo y que sean cómodamente visibles.

Todos los elementos tales como temporizadores, relés o instrumentos de medición que no sean de ejecución extraíble, tendrán prevista una bornera próxima de modo tal que al extraer el elemento pueda levantarse la conexión desde dicha bornera.

Todos los instrumentos, pulsadores, ojos de buey (señalización) y llaves conmutadoras se colocarán sobre las puertas de los tableros a una altura superior a 1,10 m y a una altura inferior a 2 m.

Todos los componentes tales como interruptores, seccionadores, fusibles, relés y pulsadores estarán identificados con placas de acrílico con un espesor aproximado de 3 mm con los datos de identificación grabados, de fondo negro con letras blancas (impresión mayúscula) de una altura de 5 mm, según función.

Los conductores deberán ser individualizados en sus extremos por medio de numeración en correspondencia con el esquema eléctrico de conexionado interno aprobado. Las marcas deben asegurar su inalterabilidad y no permitir desprendimientos involuntarios.

En la parte frontal y posterior del tablero se identificarán también con carteles de acrílico los números de armario o paneles y su función.

Todos los bornes estarán convenientemente numerados.

Todo el cableado interno de los tableros se hará de acuerdo con las reglas del arte.

No se permitirán empalmes de los cables en su recorrido y solamente se admitirán cables unipolares. Los mismos serán del tipo anti-incendio.

La sección mínima de los cables será de 2,5 mm² para los circuitos de comando, señalización y alarmas, para los circuitos de tensión 2,5 mm² y los circuitos de corriente de 4 mm² para los respectivos circuitos de protección y medición.

Los cables serán flexibles (no se permitirá conductor de alambre), la aislación será de PVC para 1 kV, según la norma IRAM 2183. Para conexiones sometidas a flexiones alternativas (puertas, paneles rebatibles, etc.) se deberá utilizar trenza de cobre flexible.

Los circuitos deberán estar agrupados en borneras y separados por función y por tensión, mediante separadores adecuados.

Para la protección de los cables en el interior de los tableros se emplearán canales plásticos.

No se permitirá utilizar la estructura del tablero como elemento conductor de puesta a tierra de otro elemento.

Todo el cableado interno de los tableros de baja tensión debe alojarse en canales de material plástico que posean ranuras de ambas caras laterales hasta el borde superior de las mismas, para salida de los conductores a las borneras y a los aparatos eléctricos.

Los canales deben ir cerrados con una tapa del mismo material, que calce a presión con firmeza y que no se desprenda fácilmente por vibraciones o en forma accidental.

Los canales deberán ser autoextinguibles.

Podrán ir a la vista los conductores que salgan del conducto a la bornera o a aparatos en tramos cortos.

La cantidad de conductores a colocar en los canales debe ser tal que no ocupen más del 50% de la sección interna útil en los recorridos terminales y el 75% de la misma en los recorridos troncales.

Los bornes a instalarse en tableros o aparatos serán del tipo componible, montados individualmente sobre guías de fijación en forma tal que puedan desmontarse separadamente sin necesidad de abrir toda la línea de bornes. La fijación del borne a la guía se hará por medio de un mecanismo a resorte.

El cuerpo aislante será de material irrompible, no aceptándose material cerámico ni baquelita. Puede usarse material cerámico termoplástico, en cuyo caso deberá ser autoextinguible.

De usarse melamina, el diseño debe ser tal que no se rompa fácilmente.

El ajuste de un conductor al borne deberá efectuarse de tal modo que el tornillo no actúe directamente sobre aquel sino a través de una placa de cobre que permita aprisionar el terminal del conductor con la presión de contacto adecuada sin dañarlo.

La pieza de amarre ("morsa"), debe ser suficientemente rígida como para que al apretar el tornillo la misma no se deforme ni abra.

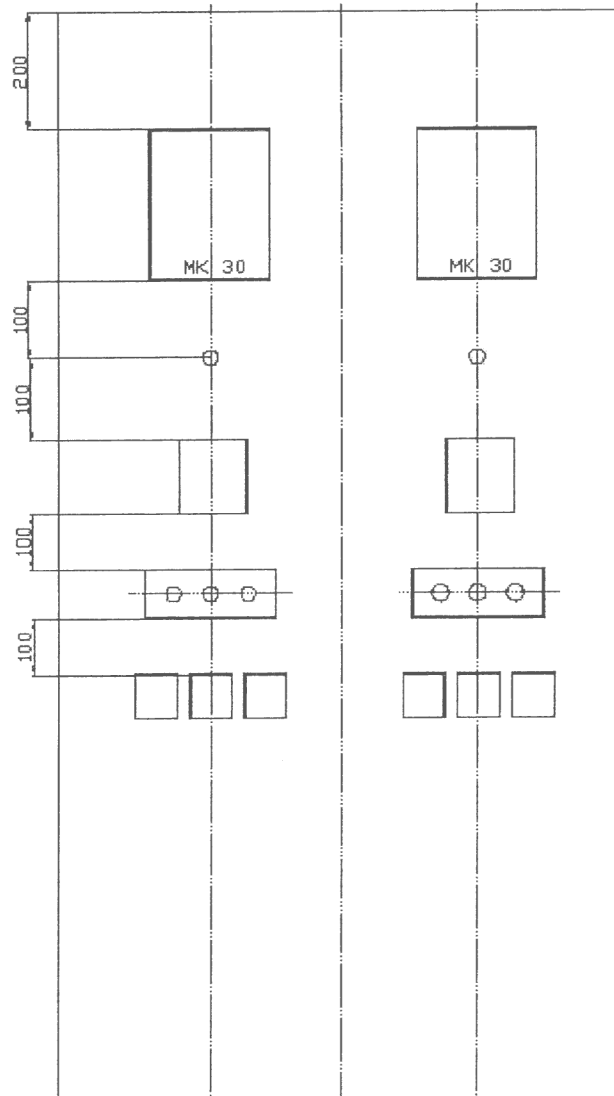
Los tornillos serán de rosca milimétrica, cabeza cilíndrica grande y ranura profunda del tipo imperdible.

Los Relés Auxiliares serán de alta confiabilidad y por lo tanto podrán desarrollar con eficacia un funcionamiento continuo. Sus bobinas estarán dimensionadas y construidas para trabajar permanentemente energizadas. Serán de tipo extraíble con bornes a tornillo en la base fija, tendrán una cubierta de material incombustible transparente, para evitar la acumulación de polvo en su interior.

Tendrán contactos de tipo autolimpiante, inversores o normalmente abiertos y normalmente cerrados, convertibles, o no, de un tipo al otro, según se requiera en cada caso. Contarán con un dispositivo apropiado, para asegurar la fijación y conexión del relé a la base fija.

Esquema de la disposición de elementos eléctricos sobre puerta del armario (tablero de regulación)

Se realizarán las perforaciones y caladuras correspondientes sobre la puerta del armario según la distribución y dimensiones de acuerdo al siguiente esquema:

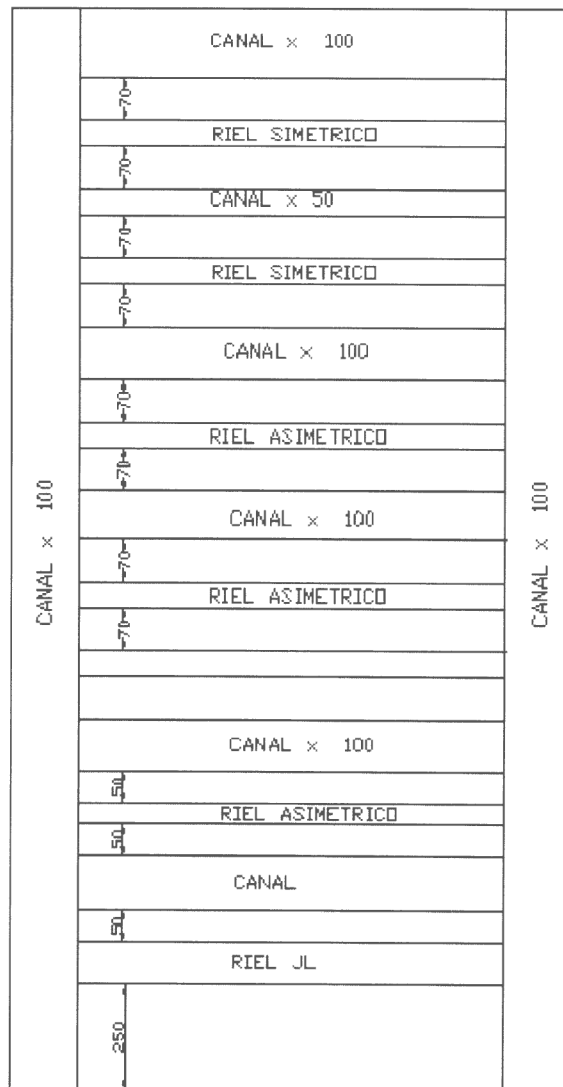


Posteriormente se procederá al armado de todo el aparataje sobre la puerta del armario.

Esquema disposición de elementos sobre el panel posterior del armario que contiene al tablero de regulación

La fijación de cada uno de los elementos intervinientes en este tablero será mediante tornillos autoperforantes.

La disposición de cablecanal, rieles asimétricos para borneras y rieles simétricos para montaje de zócalos de relés, temporizadores, etc. se realizará de acuerdo al siguiente esquema



Esquema de cableado de bornera de Interconexión

Esta bornera se encuentra ubicada en la base del panel posterior del armario de regulación A3 y sirve de interconexión entre el tablero de regulación y las cajas de accionamiento MA-7 y MA-2 correspondientes a los transformadores 1 y 2 respectivamente. También se vincula con las celdas de servicios auxiliares de CA, CC, celdas de 13,2 KV de transformadores y armario de telecontrol.

Los conductores de conexión entre estas borneras serán del tipo sintenax de 12x2,5 mm² de sección cuando sean para tensiones y comando y 4x4 mm² cuando sean de corrientes.

Para el detalle de conexionado de esta bornera ver esquema número IV.

Esquema de conexionado de bornera correspondiente a vinculación entre bornera de interconexión, elementos eléctricos del panel interno y puerta de armario

Todo este cableado se hará mediante conductor unipolar de 1x2,5mm². Y 4 mm² si se trata de cableado para corrientes.

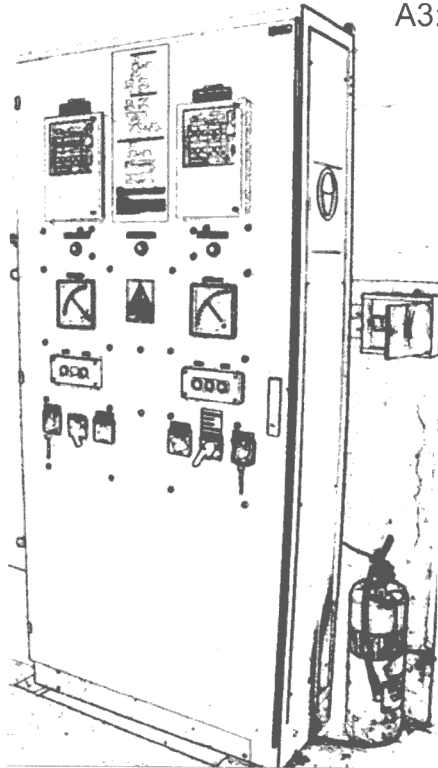
El detalle de conexionado es según esquema numero III.

Esquema de cableado de elementos eléctricos internos del tablero de regulación de tensión

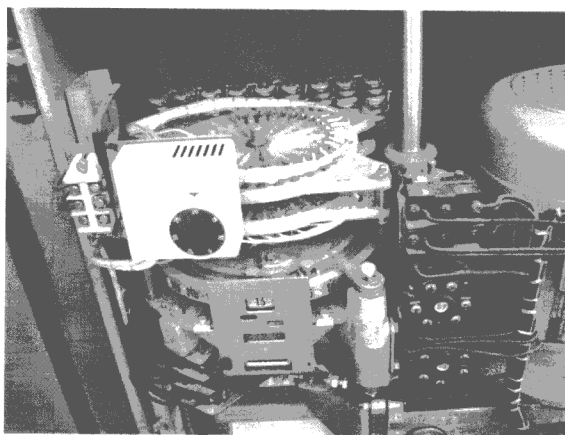
Todo este cableado se hará mediante conductor unipolar de 1x2,5mm². Y 4 mm² si se trata de cableado para corrientes.

El detalle de cableado es según esquema numero I y II.

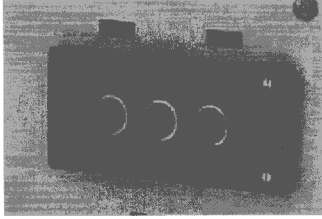
Descripción Gral. de algunos elementos intervinientes en el esquema funcional.



A3: Gabinete de control RBC en sala de celdas.

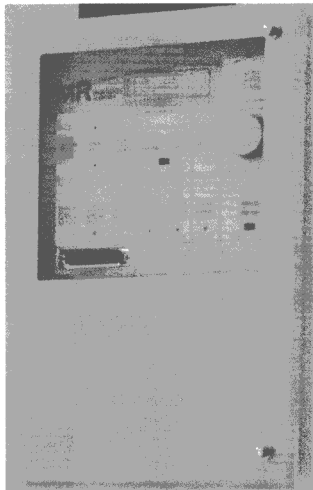


Corona de contactos en cajas de accionamientos de ambos transformadores.



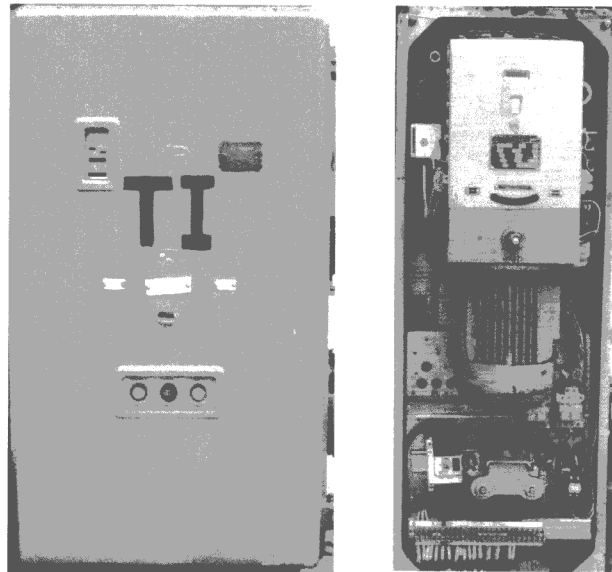
1S4/1S5 : Pulsadores subir/ bajar. (Ubicado en gabinete A3)

KI-2: Contacto subir / bajar por telecontrol (ubicados en gabinete A5)

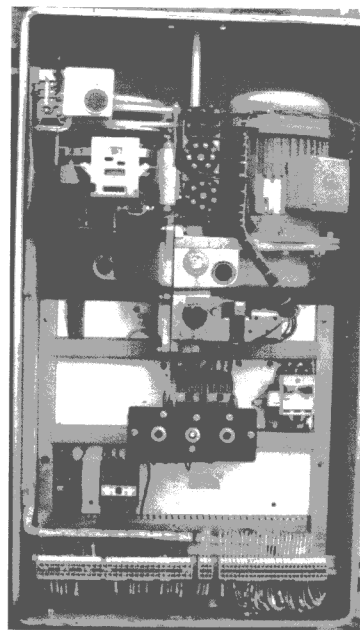


1MK30 / 2MK30: Reguladores Automáticos de tensión. (Ubicado en gabinete A3)

MA – 7: Caja de Accionamiento en transformador 1.



MA – 2: Caja de Accionamiento
en transformador 2.



1K1 / 1K2: Relés de bloqueo en caja de accionamiento trafo 1.

1K6 / 2K6: Relés de bloqueo en gabinete A3.

Funcionamiento marcha en paralelo de mandos MA7 y MA2 (Trafo I y Trafo II respectivamente).

Cuando las llaves de paralelismo S311 y S312 se encuentran en la posición director y seguidor respectivamente, las bobinas de los dos relés de marcha en paralelo 1K11 y 2K11 reciben tensión a través de la corona de contactos de las cajas de accionamiento de ambos transformadores. (Ver en esquema funcional sector A-1). Con ello los dos relés funcionan, el contacto 2K11 (B-1) se cierra, con lo cual se da el suministro de tensión necesario para el impulso de comando y para la conmutación en pasos, de la fase R a los dos mandos. El otro contacto 1K11 (A-2) se abre inhabilitando el encendido de la lámpara indicadora H5, (A-3) de avería en paralelo.

Si ahora se da un impulso de comando (en forma manual) a uno de los mandos a motor conectados en paralelo por medio del pulsador 1S5 (B-3) para subir un escalón previsto en el tablero de conmutación, entonces los dos mandos arrancaran simultáneamente. Esto mismo es posible mediante el contacto del relé KI-2 (C-2) desde el Telecontrol (comando remoto).

Si se quiere una regulación en la que intervenga el regulador electrónico de tensión 1MK30 (B-3) en forma automática, un contacto interno del relé enviará el impulso correspondiente.

Esta misma secuencia es posible obtenerla si las llaves de paralelismo S312 y S311 se encuentran en la posición director y seguidor respectivamente.

Un nuevo impulso de conmutación sea subir o bajar en forma manual o automática, será posible cuando el ultimo motor haya terminado el proceso de operación.

Interferencia en la marcha en paralelo

Si por cualquier causa uno de los mandos a motor conectados en la marcha en paralelo adopta una posición de servicio diferente a la del otro mando, la bobina del correspondiente relé de marcha en paralelo se desexcita, 1K11 o 2K11 (A-4), a causa de la diferente posición del contacto en la corona de la caja de accionamiento (A-1). Con ello, se cierra el contacto 1k11 (A-2) y la lámpara de indicación H5 (A-3), avería en paralelo, se enciende señalando una interferencia en la marcha en paralelo. No puede verificarse ahora otra transmisión de impulso, ya que el contacto 2K11 (B-1), está abierto y con ello interrumpida la alimentación de tensión a los dos mandos a motor. Para igualar las posiciones de las cajas de accionamiento, habrá que ubicar las llaves de paralelismo S311 y S312 en independiente y mediante comando manual igualar los puntos de los conmutadores.

Bloqueos de Seguridad

El transformador 1 cuenta con un accionamiento a motor MR Reinhausen MA 7y el transformador 2 con un accionamiento a motor MR Reinhausen MA 2. Uno de las características distintivas entre estas cajas de accionamiento es la diferencia de tiempo de funcionamiento para una conmutación, es decir la MA 2 es más rápida que la MA 7.

En el caso hipotético que el transformador 1 se encuentra como director y el transformador 2 en esclavo, al darse el impulso de subir, por ejemplo mediante el pulsador 1S5 (B-3) ambos mandos conectados en la marcha en paralelo reciben simultáneamente el impulso de conmutación mediante el contacto del relé K1 (D-2) para el trafo 1 y el contacto del relé K1 (G-2) para el trafo 2.

Como uno de los accionamientos finaliza la conmutación de un escalón antes que el otro MA 2 un posterior impulso de cambio de toma, recién deberá ser posible cuando el mando a motor MA 7 (más lento) haya finalizado la operación de conmutación previa. El enclavamiento de seguridad a propósito de las velocidades diferentes de ambos accionamiento se logra mediante los

contactos de los relés 2K6 (D-2) para bloqueo sobre accionamiento MA 7 y los relés 1K1 y 1K2 (G-2) para bloquear MA 2, tanto para subir o disminuir escalones.

Impacto Ambiental

En las instalaciones eléctricas, dentro de los impactos ambientales se consideran los efectos de la exposición del público y los trabajadores a campos eléctricos y magnéticos a ser generados una vez que las mismas se encuentran en servicio.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) se encuentra conduciendo el Proyecto Internacional CEM (campos electromagnéticos) desde el año 1996, dirigido a temas de salud asociado con la exposición a campos electromagnéticos, cubriendo el rango de frecuencias 0 Hz a 300 GHz. Actualmente, dentro del Proyecto se están revisando los resultados de las investigaciones y conduciendo la evaluación de riesgos a la exposición a campos eléctricos y magnéticos de frecuencias extremadamente bajas.

El Proyecto Internacional CEM de la OMS mantiene un conjunto actualizado de Hojas informativas y Notas aclaratorias complementarias y están disponibles en la página Web de la OMS.

Las publicaciones actualizadas realizadas dentro del Proyecto CEM señalan "No hay evidencia consistente de que la exposición a los campos ELF (campos electromagnéticos de extra baja frecuencia) experimentados en nuestra vida diaria causen un daño directo a las moléculas biológicas, incluyendo ADN (ácido desoxirribonucleico). Puesto que parece improbable que los campos ELF puedan iniciar el cáncer, se han conducido una gran cantidad de investigaciones para determinar si la exposición de ELF puede influenciar la promoción o la co-promoción del cáncer.

Los resultados de los estudios en animales realizados hasta ahora sugieren que los campos ELF no inician ni promueven el cáncer".

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC)- una agencia de la OMS

especializada en la investigación del cáncer- concluyó el primer paso sobre el proceso de evaluación del riesgo a la salud de los campos de frecuencias extremadamente bajas, clasificando dichos campos con respecto a la fuerza de la evidencia de carcinogenicidad en humanos y en animales en experimentos, como sigue:

Campos magnéticos de frecuencia extremadamente bajas: Grupo 2B

Campos eléctricos de frecuencia extremadamente bajas: Grupo 3

La OMS, mientras continúan los estudios, recomienda a los gobiernos la adopción de políticas voluntarias que apunten al costo/efectividad para reducir los campos electromagnéticos.

Al respecto, el Proyecto ha publicado un manual titulado “Estableciendo un Diálogo sobre los riesgos de los campos electromagnéticos de frecuencias extremadamente baja”. La publicación está destinada a prestar apoyo para la toma de decisiones dentro de un proceso abierto, coherente, justo y previsible.

En general, las normativas vigentes mantienen valores límites que restringen la exposición a campos eléctricos y magnéticos basándose en los efectos “demostrados” para los cuales existe una evidencia científica y un mecanismo biológico que los explique.

La comparación de niveles de exposición a campos electromagnéticos, recomendados por diversos organismos científicos se sintetiza en la Tabla a continuación, que indica que los límites fijados por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP), una organización no gubernamental reconocida de forma oficial por la OMS, son los más exigentes. Los mismos se desarrollaron tras evaluar todas las publicaciones científicas revisadas por expertos, incluidos los efectos térmicos y no térmicos.

Valores recomendados para la exposición a campos de frecuencia industrial

INSTITUCIÓN	E (kv/m)		B(mT)	
	Público	Ocupacional	Público	Ocupacional
IRPA (1990)	5 ^p ; 10 ^d	10 a 30 ^u	100 ⁿ ; 1000 ^d	500 ^p ; 5000 ^{uu}
CENELEC (1995)	10	10 a 30 ^u	640; 10000 ^c	1600 ^u
NRPB (1993)	12	12	1600	1600
BFE (1995) Area de exp. 1 ^c Área de exp. 1 ^d		21,3; 30; 30 ^c 6,67		1360; 2550; 4240 cd 424
ACGIH (1995)		25		1000
ICNIRP (1997)	5	10	100	500

IRPA: Asociación Internacional de Protección Contra la Radiación.

CENELEC: Comité Europeo de Normalización Electrotécnica.

NRPB: consejo Nacional de Protección Radiológica del Reino Unido.

BFE: Asociación Profesional de Normalización Mecánica y Electrotécnica –
Alemana

ACGIH: CONFERENCIA Americana Gubernamental de Higiene Industrial.

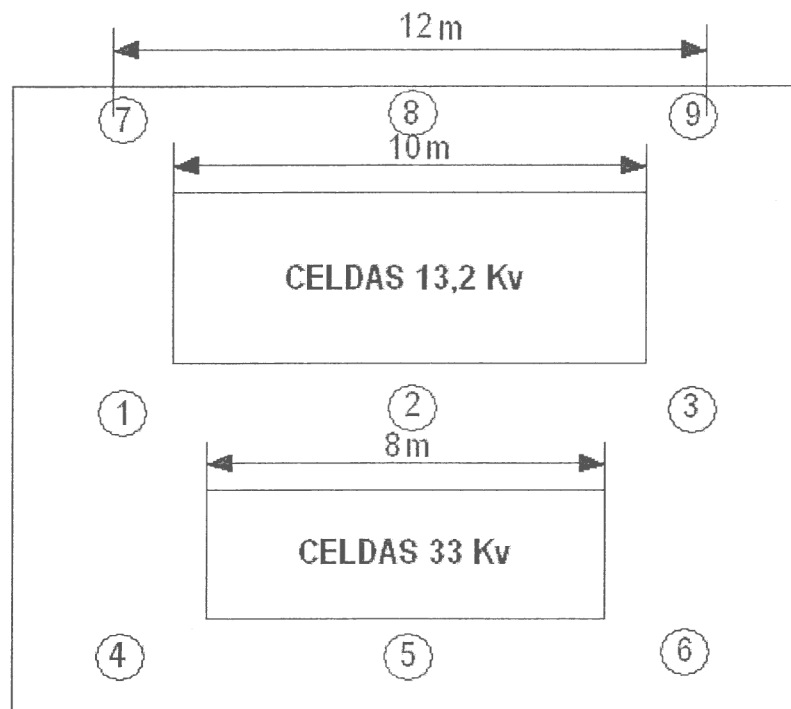
ICNIRP: Comisión Internacional de Protección Contra Radiaciones NO-
IONIZANTES.

- a:** hasta unas pocas horas por día.
- b:** hasta dos horas por jornada laboral
- c:** exposición de corta duración: 8;2 y 1 h/día respectivamente.
- d:** valores mayores son aceptables para las extremidades.
- e:** áreas de exposición de mayor duración.
- n:** hasta 24 horas/día (áreas de recreación, plazas, etc.)
- p:** para toda la jornada laboral.

Medición de los campos eléctricos y magnéticos en la E.T Batán y su comparación con los valores de exposición recomendados

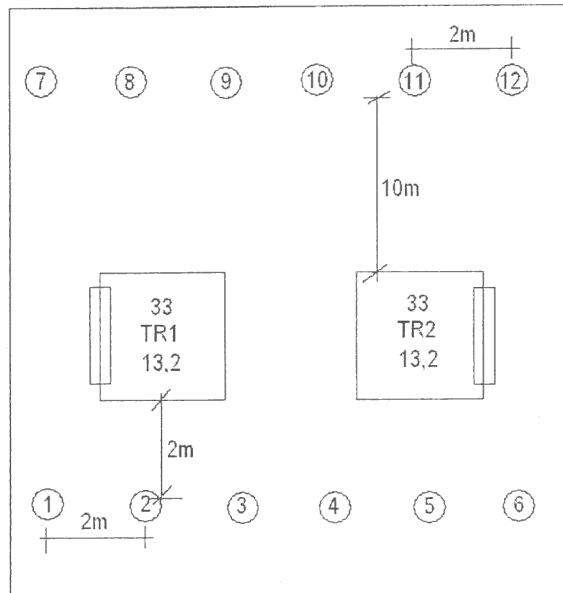
A partir de los datos resultantes de mediciones realizadas en instalaciones eléctricas en operación en nuestro país, pueden estimarse los valores de campos eléctricos y magnéticos previsible.

A modo de referencia, las mediciones efectuadas en la ET Batán en operación, donde convergen líneas de 33 kV y 13,2 kV, indican los siguientes valores de campo eléctrico y magnético tomados en sala de celdas con su respectiva ubicación:



PUNTOS	E (Campo eléctrico en V/m)	H (Campo magnético en μ T, nT)
1	1.67	147 nT
2	1.28	0.68 μ T
3	7.34	0.60 nT
4	16.71	0.74 nT
5	1.45	1.2 nT
6	0.71	1.36 nT
7	1.02	0.47 nT
8	0.38	3.5 μ T
9	2.08	153.8 nT

Valores de Campo Eléctrico y Campo Magnético tomados en sala de celdas



PUNTOS	E (Campo eléctrico en V/m)	H (Campo magnético en μ T, nT)
1	1.56	0.4 μ T
2	3.74	0.82 μ T
3	15.18	0.37 μ T
4	10.83	0.31 μ T
5	1.83	0.9 μ T
6	1.39	0.74 μ T
7	1.2	16.4 nT
8	2.1	16.6 nT
9	1.49	14.8 nT
10	3.09	19.3 nT
11	1.24	21.3 nT
12	0.97	20 nT

Valores de Campo Eléctrico y Campo Magnético tomados en patio de transformadores

El valor máximo encontrado del campo eléctrico en el interior de la Estación Transformadora fue de 16,71 V/m, en punto 4 próximo a celdas de 33 kV. Tratándose a una zona de acceso restringido al personal de la Empresa, estos valores son más que aceptables.

Exposición a sustancias peligrosas

La exposición a sustancias peligrosas guarda relación con el uso del dicloruro de cobalto como indicador de la presencia de humedad en los cristales de sílica gel previstos para los transformadores instalados en la E.T. Batán.

La exposición a esta sustancia está restringida al personal de mantenimiento y laboratorio de EDEA SA, durante el proceso de retiro, transporte, secado, recambio y disposición final del sílica gel, solo en los casos en que no se cumplan con las normas de seguridad para el manipuleo.

El dicloruro de cobalto en su estado puro fue clasificado en el año 2000 por la IARC1 en la categoría 2B (Posiblemente carcinogénico para los seres humanos). Desde entonces las normas internacionales europeas prescriben el rotulado correspondiente de cualquier envase conteniendo sílica gel azul y cuidados especiales en su manipuleo.

Debido a que los escapes de dicha sustancia al ambiente son poco probables (por el sistema de almacenamiento utilizado) y en razón de la concentración del dicloruro de cobalto (menor a 1% del peso del sílica gel), no representaría peligro para las personas y animales, según OMS.

Con respecto a los aceites utilizados en los transformadores, estos son de tipo mineral, no constituyen riesgos para la salud por el contacto, además cuentan con fosas de H^oA^o para la recuperación de aceites en el caso de derrames.

Exposición a sustancias especiales, generación de residuos

Durante la etapa de mantenimiento de los transformadores, dentro de los posibles impactos negativos se consideran los eventuales derrames de

sustancias químicas, especialmente aceites de transformadores en caso de fugas o escapes y su diseminación sobre el suelo y cursos de agua cercanos. Otros aspectos relacionados con posibles impactos ambientales sobre el medio físico, con repercusiones sobre otros factores, constituyen la generación de residuos especiales como trapos empapados con aceites, aceites en desuso, materiales ferrosos, recipientes y otros derivados del mantenimiento de las instalaciones, en caso que no se disponga de un manejo adecuado y diferencial para estos residuos.

Ruidos

El ruido audible generado por un transformador de potencia tiene su origen en el denominado efecto magnetostrictivo producido en las chapas del núcleo por la inducción magnética generada por la corriente eléctrica de alimentación. La perturbación es transmitida a través del fluido dieléctrico o partes estructurales, y son irradiados al aire en forma de ondas acústicas.

El ruido radiado (zumbido) está formado por un conjunto de armónicos en la frecuencia fundamental doble de la de servicio y sus primeros armónicos.

Las pruebas de nivel de ruido realizados al transformador indican valores promedios máximos menores a 70 dB a distancias próximas al equipo (2 metros).

Desarrollo económico del Tablero de Regulación de Tensión

El tablero de regulación de tensión se llevo a cabo a lo largo de tres semanas, previamente se contó con tres etapas.

- Etapa de Diseño.
- Etapa donde se presupuestan los Materiales.
- Etapa de ejecución y emplazamiento.

En la primera etapa es donde se hace un bosquejo de lo que será el tablero y realiza la lista de todos los materiales intervinientes. Una vez que se confecciona dicha lista se presupuestan los materiales, en este caso los Reguladores Automáticos de Tensión son de origen Alemán, es decir la compra y el asesoramiento se hizo desde la fábrica MR. (Maschinenfabrik Reinhausen) La realización fue llevada a cabo por dos oficiales electricista y un oficial electricista especializado. El tiempo empleado fue de tres semanas, de lunes a viernes con jornadas diarias de 7 horas.

Estos valores son como referencia al mes de junio de 2010.

Mano de obra contratada por día

Oficial electricista especializado	\$120
Oficial electricista	\$100
Medio Oficial electricista	\$88
Ayudante	\$79

Cifras arrojadas según encuestas realizadas entre instaladores. (Salarios básicos con premio por asistencia, sin otros adicionales ni descuentos).

A estos valores hay que agregarle las cargas sociales 40%.

Costo de la M.O = 2of.x \$/d140 x 21d = \$5880

=1of.esp. x \$/d 168 x 21d= \$3528

Costo total de M.O es de \$9408

Lista de Materiales y Costo total de los mismos

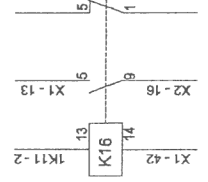
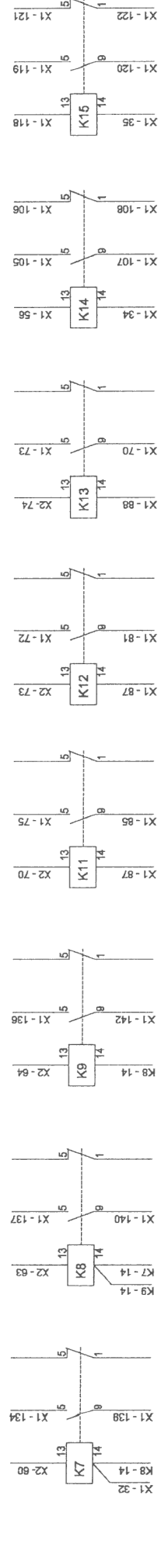
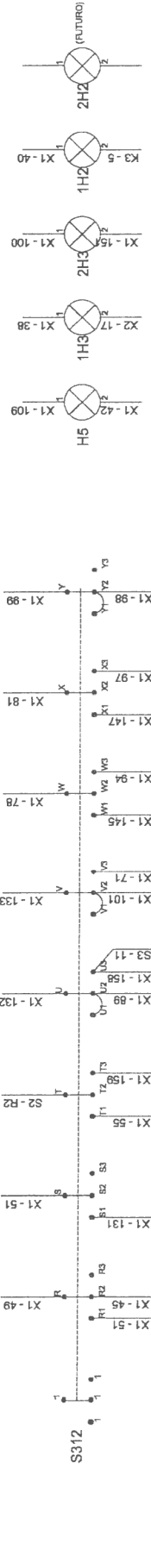
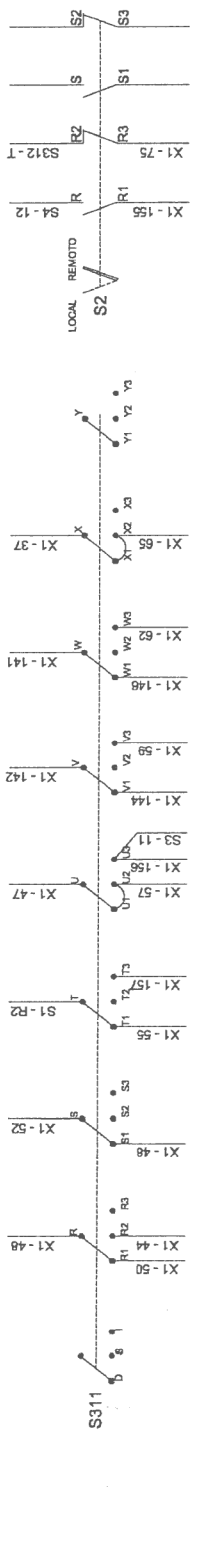
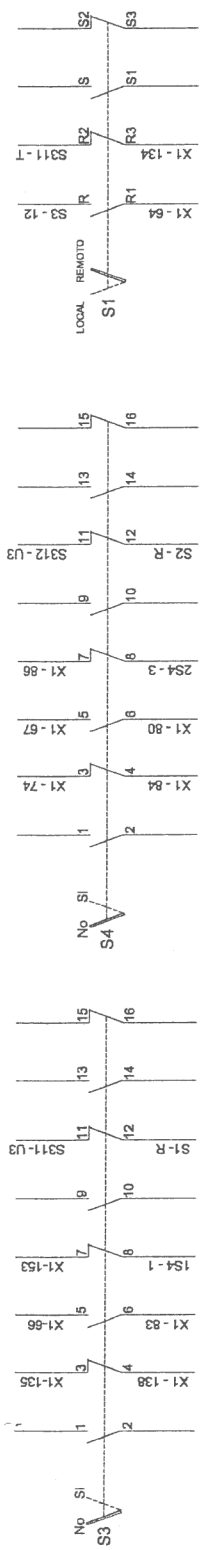
Código	Descripción	Cantidad	P.Unitario	Total
21379	TRAMO CABLEC.C/RAN. CK-100-50 ZOLOD	5	36,44	182,21
21369	TRAMO CABLEC.C/RAN. CK-040-50 ZOLOD	3	19,59	58,78
18054	RIEL PERFIL PCN-02X1220-18Z SAMET	1	19,56	19,57
21302	RIEL DIN NS-35/P IRAM PERF.X1M ZOLOD	2	10,43	20,86
21303	RIEL DIN NS-32 ASIM.S/P X1,5M ZOLOD	3	28,05	84,17
10363	RELE FINDER 4I/5A 220VCA 5534 FINDE	8	41,27	330,23
10716	ZOCALO P/RELE 4I/5A 94,74 FINDE	10	20,38	203,85
10312	RELE FINDER 4I/5A 110VCC 5534 FINDE	2	50,03	100,07
23690	RELECO 2I/10A 110VCC C7A20 CHI RHOMB	6	58,11	348,69
23692	ZOCALO DIN S7M p/C7A20 RELECO RHOMB	6	20,23	121,42
21224	BORNE BPN-10-G 10MM GRIS(350) ZOLOD	200	3,34	669,92
21259	TAPA BORNE GRIS D-BPN-2,5/10 ZOLOD	10	0,67	6,76
21305	EXTREMO BORNERA AMBOS RIEL EK1 ZOLOD	8	1,61	12,91
22075	PUENTE FIJO P/BPN-10 JSSB10-10 ZOLOD	10	12,93	129,34
21219	BORNE PORTAFUS.BPSN-SI P/20X5 ZOLOD	10	6,84	68,41

Código	Descripción	Cantidad	P.Unitario	Total
21729	SEPARADOR P/BPN ATS-2,5/10BPN ZOLOD	3	0,37	1,12
17658	BASE DIAZED UZ BCE. 25A 112225 SICA	3	14,65	43,97
17686	TAPA BRONCE 25 A 114225/9 SICA	3	4,01	12,03
17670	TORNILLO CONTACTO BCE. 119300 SICA	3	0,92	2,77
17625	FUSIBLE T/DIAZ. 25A RAP.111125 SICA	3	2,17	6,52
22357	TM 2X 6A C32HDC P/220VCC 20544 SCHNE	2	188,01	376,03
3111	MTS.CABLE PIRASTIC 2.5MM CELES PRYSM	100	1,53	153,12
19642	LED VERDE 110VAC S-DS110/2 STECK	3	10,55	31,66
12748	GAB.2000X800X600+BAN+ZOC.NOLLC NOLLM	1	3.441,80	3.441,80
1599	BOTONERA RASANTE VERDE 1000 AEA	4	6,29	25,19
1701	CONTACTO NC ROJO M-200 AEA AEA	4	6,09	24,37
1702	CONTACTO NA VERDE M-300 AEA AEA	4	6,09	24,37
2421	CONMUTADORA 4x80A 823N p/EMB. VEFBE	1	604,18	604,18
2491	INT. 3X100A 1003FM ROJO/AMAR VEFBE PARA DIAZ CRISTIAN	1	450,00	450,00

Indicadores de Posición u\$s 1000 por 2 u\$s 2000
 RAT MK 30 u\$s4500 por 2 u\$s9000

Costo total de Materiales \$ 53800

ANEXOS



PROYECTO FINAL

Esquema Eléctrico II

Proyectado:
Díaz
Camponico

Firma:
Facultad de Ingeniería
Mar del Plata

X2-5	1	F1-1	
	2	F2-2	
	3	F3-1	
	4	F4-1	
	5	X2-25	
	6	X2-34	
	7	X2-35	
	8	X2-2	
	9	F8-1	
	10	F9-1	
	11	F9-2	
	12	X2-66	
	13	S4-9	
	14	X2-76	
	15	X2-65	
	16	X2-75	
	17	U+	
	18	X2-29	
	19	P1-3	
	20	U-	
	21	R6-1	
	22	R6-2	
	23	P1-2	
	24	X2-31	
	25	U-MP	
	26	P2-6	
	27	U-R2	
	28	P2-4	
	29	X2-44	
	30	X2-45	
	31	X2-46	
	32	K7-14	
	33	X1-88	
	34		
	35	K15-14	
	36	F4-2	
	37	S311-X	
	38	K3-13	
	39	1H2-1	
	40	2D11-A2	
	41	H5-2	
	42	S311-F2	
	43	1K11-A	
	44	S312-F2	
	45	S311-S1	
	46	S311-U	
	47	X2-32	
	48	X2-33	
	49	S311-R1	
	50	S312-R1	
	51	S311-S	
	52	X2-23	
	53	S311-T1	
	54	S312-T1	
	55	X2-48	
	56	S311-U2	
	57	K1-9	
	58	S311-V3	
	59	X2-21	
	60	S311-W3	
	61	X2-22	
	62	X2-20	
	63	S311-X2	
	64	S1-R1	
	65	1K6-13	
	66	F1-2	
	67	S4-6	
	68	X2-47	
	69	X2-53	

LX

X1-77	70	K13-9	
	71	2K6-3	
	72	K12-5	
	73	K13-5	
	74	S4-3	
	75	K11-5	
	76	1K21-14	
	77	2S4-4	
	78	S312-W	
	79	X2-69	
	80	S312-X	
	81	S4-6	
	82	2S4-4	
	83	X2-59	
	84	S4-4	
	85	2MK30-19	
	86	S4-7	
	87	K11-14	
	88	K13-14	
	89	S312-U2	
	90	X2-26	
	91		
	92	X2-27	
	93	X2-39	
	94	X2-28	
	95	K2-10	
	96	X2-40	
	97	S312-Y2	
	98	S312-Y	
	99	X2-42	
	100	S312-V2	
	101	K1-4	
	102	1K21-9	
	103	1K6-11	
	104	K14-5	
	105	K14-6	
	106	K14-9	
	107	1MK30-48	
	108	1MK30-47	
	109	1K11-8	
	110	1MK30-5	
	111	1MK30-10	
	112		
	113		
	114	X2-51	
	115	X2-52	
	116	X2-54	
	117	K15-13	
	118	K15-6	
	119	K15-9	
	120	K15-8	
	121	X2-56	
	122	2MK30-47	
	123	K15-10	
	124	2MK30-5	
	125	2MK30-10	
	126	K10-14	
	127	K10-13	
	128	K10-9	
	129	2H2-1	
	130	F5-2	
	131	S312-U	
	132	X2-43	
	133	S1-F3	
	134	S3-3	
	135	K9-6	
	136	K9-6	
	137	K9-6	

LX

S3-4	138	1MK30-19	
	139	1MK30-15	
	140	1S4-4	
	141	S311-V	
	142	1S5-4	
	143	S311-V1	
	144	S312-W1	
	145	S311-W1	
	146	S312-X1	
	147	X2-18	
	148	X2-41	
	149	ZH3-X2	
	150	2S4-1	
	151	S3-7	
	152	X2-37	
	153	X2-36	
	154	X2-79	
	155	X2-80	
	156	X2-81	
	157	X2-82	
	158	S312-U3	
	159	S312-T3	

LX

PROYECTO FINAL

Firma:

Proyectado:
Diaz
Campononico

Esquema Electrico III

Facultad de Ingenieria
Mar del Plata

Bibliografía

- www.edeaweb.com.ar/EDEA_Inst_AC.php
- Transcomahue SA. Especificaciones técnicas
- Tablero de media tensión para distribución primaria EMA 24/36 KV
- Manual Regulador electrónico de tensión MK 30 Reinhausen
- Manual caja de accionamiento MA 2 Reinhausen
- Manual caja de accionamiento MA 7 Reinhausen
- Introduction to paralleling of LTC transformers, Beckwith
- Voltage regulator a e-berle
- www.who.int/pehemf (Organización Mundial de la Salud).

Mando a Motor MA7

**Instrucciones de
funcionamiento**

MR

Maschinenfabrik Reinhausen

MASCHINENFABRIK REINHAUSEN

GEBRUDER SCHEUBECK GMBH & CO KG REGENSBURG FALKENSTEINSTRASSE 8
Telefon (0941)440-1 Telex 6 5881

MR

Instrucciones de funcionamiento No. 40/74

MANDO A MOTOR MA 7

índice	Página
1. Generalidades	3
2. Datos técnicos.....	3
3. Descripción.....	5
4. Principios de funcionamiento.....	10
5. Montaje	13
6. Puesta en servicio.....	19
7. Mantenimiento	20
8. Ejecuciones especiales.....	20
9. Apéndice	22

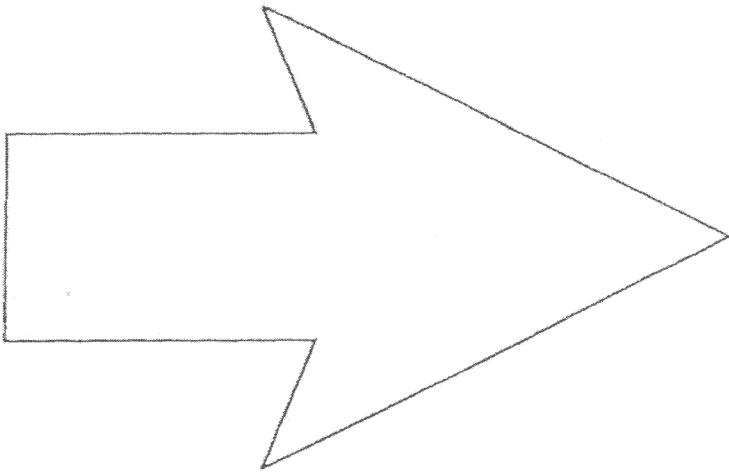
Mando a Motor MA2

**Instrucciones de
funcionamiento**

MR

Maschinenfabrik Reinhausen

Regulador electrónico
de tensión MK 30
Instrucciones de Servicio



MR REINHAUSEN
GERMANY

BA 114/02 sp - 0396/500
Printed in Germany

Maschinenfabrik Reinhausen GmbH
Postfach 12 03 60
D-93025 Regensburg
Teléfono: +49-941 -4090-0
Telefax: +49-941-4090-111
Télex: 6 5 881

REGULADOR ELECTRÓNICO
DE TENSIÓN MK 30
Instrucciones de Servicio No. 114/02

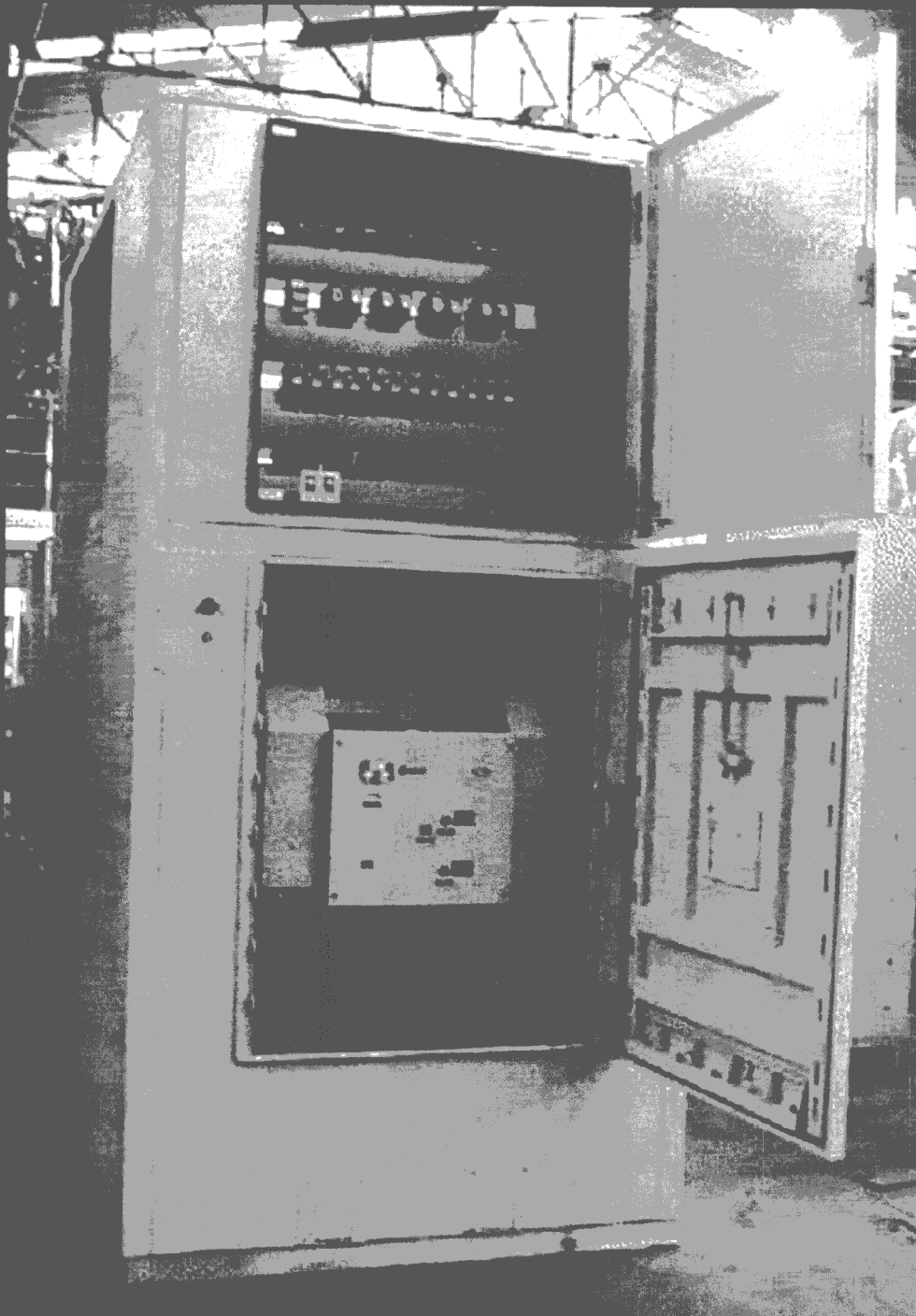
índice	Página
1. Generalidades	
1.1 Campo de aplicación	2
1.2 Diseño y construcción	3
2. Datos técnicos	4
3. Funcionamiento	
3.1 Input y Output de datos, funciones	5
3.2 Puesta en servicio	14
4. Fallos	17
5. Apéndice	17

Tablero de Media Tensión

PARA DISTRIBUCION PRIMARIA

Diseño Metalclad a Prueba de Arco Interno

Simple Juego de Barras 24 a 36 kV



EDICION MARZO 2002



ELECTRO
MECANICA

MODULPACK-36

Tablero de Media Tensión para Distribución Primaria 24 a 36 kV
Simple Juego de Barras - Ejecución Interior
Diseño Metal Clad a Prueba de Arco Interno

INTRODUCCION

El tablero de Media Tensión para Distribución Primaria de última generación modelo "MODULPACK-36" hasta 36 kV de simple juego de barras, es del tipo METAL-CLAD A PRUEBA DE ARCO INTERNO según definición de la norma IEC - 298, apto para instalación interior.

Constituido por módulos individuales componibles, este diseño facilita el transporte,

montaje y mantenimiento del tablero así como posteriores ampliaciones.

Este tipo constructivo, que reúne simultáneamente condiciones de robustez y simplicidad, fue desarrollado especialmente para su utilización en distribución, donde debido a su frecuente maniobra es un requisito indispensable tanto la confiabilidad del tablero como su operación simple y mínimo mantenimiento.

SOLIDEZ MECÁNICA

Dado que las sobrepresiones internas que se presentan durante la primera etapa de desarrollo del arco, pueden ser del orden de $0,5 \text{ da N/cm}^2$ aproximadamente, y que este valor, aparentemente pequeño, origina esfuerzos considerables sobre puertas y paneles frontales y laterales, es evidente que la solidez de la estructura juega un papel importante.

Conjuntamente con la solidez estructural debe priorizarse la estanqueidad de las partes accesibles al escape de gases calientes generados durante el arco, los que deben evacuarse solamente mediante los "flaps", o tapas de escape de gases, colocados a tal efecto.

Es de destacar que en todo tablero la puerta frontal de cierre del cubicle del interruptor es la que presenta mayores dificultades para alcanzar las condiciones indicadas anteriormente.

En el tablero "MODULPACK-36" estas dificultades se superan mediante la utilización de una puerta especial, abisagrada, reforzada, con cierre laberíntico y con un bloqueo especial accionado por una manija que asegura la puerta trabando la misma en sus cuatro lados, contra la parte fija de la estructura.

Todas las consideraciones anteriores se hacen también extensivas a los paneles divisorios, los que impiden la comunicación entre distintos compartimentos incluso bajo los efectos de las sobrepresiones que se puedan originar.

Como consecuencia los tableros ofrecidos están diseñados y construidos en su gran mayoría, con chapa de hierro de 3 mm de espesor.

Los paneles a su vez están doblados y se refuerzan convenientemente a fin de aumentar su rigidez y mejorar la estanqueidad frente al escape de gases.

EVACUACIÓN DE GASES CALIENTES PROVENIENTES DEL ARCO

Es importante destacar también que finalizada la primera etapa del arco (expansión violenta-sobrepresión) comienza una segunda etapa de combustión caracterizada por una rápida generación de abundantes gases a altas temperaturas, los que deben ser eficaz y velozmente evacuados.

A tal fin el tablero "MODULPACK-36" cuenta con "flaps" de grandes dimensiones en todos los compartimentos en los que es posible la aparición de una falla de arco ubicados en el techo de cada celda, cuya sección y orientación ha sido cuidadosamente estudiada y experimentada a fin de actuar como guía de los gases durante su evacuación.