

Tableros de media tensión en contenedores

Ing. Electricista Juan Héctor Luján, U.T.E., Ing. Electricista Susana Masoller, I.I.E.- F.I.- Udelar
Ing. Industrial Eléctrico Luis García , U.T.E

Resumen--En este trabajo se describe las distintas funciones que pueden cumplir los tableros de media tensión en contenedores así como las características técnicas de los equipos que los componen. Se trata los aspectos particulares tomados en cuenta por el hecho de instalar estos equipos en contenedores. Se describe las características físicas requeridas de los contenedores para su transporte, montaje en sitio y operación. Adicionalmente se desarrolla los criterios de diseño relacionados con la operación, protecciones eléctricas, comandos, medidas y señales tomados en cuenta al realizar el diagrama de conexión eléctrica interna de los tableros, incluyendo los aspectos relacionados al telecontrol de los mismos.

Índice de términos--. Tableros, celdas metálicas, contenedores, estaciones móviles.

I. NOMENCLATURA

Armario centralizador (ACE): Gabinete donde se concentran todas las señales del tablero de media tensión en contenedor que se telecontrolarán o telecomandarán.

II. INTRODUCCIÓN

UTE Distribución ha detectado la necesidad de contar con tableros y transformadores de media tensión (MT), móviles, de forma de dar una solución técnica rápida frente a reformas, ampliaciones o contingencias en estaciones de transformación de MT a MT. En cualquier reforma es necesario dejar sin tensión una barra de MT para realizar trabajos en ella; a los efectos de mantener los circuitos alimentados surge la idea de contar con un tablero de MT que se pueda instalar provisoriamente de forma rápida, segura y confiable.

Por otra parte, incidentes ocurridos en la región pocos años atrás reforzaron en UTE la convicción de la necesidad de contar con equipamiento móvil que permita dar una rápida reposición de los servicios ante contingencias tales como fallas de equipamiento, incendios, explosiones o atentados.

III. USOS PREVISTOS

Los principales usos previstos de los tableros de MT en contenedores son dos: el de funcionar en forma provisoria como parte de una barra de MT de la estación accidentada o en la que se está haciendo una reforma y el de funcionar como puesto de conexión y medida de un cliente.

IV. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS TABLEROS DE MEDIA TENSIÓN EN CONTENEDORES

Los tableros en contenedores móviles son completamente prefabricados, modulares, de fácil transporte en una sola unidad y de rápida instalación, sin requerir para ello ninguna obra civil. Luego de instalados deben prestar un servicio confiable y garantizar la seguridad del personal que los opere, así como la del público en general en el caso que se instalen en la vía pública.

Los contenedores están protegidos en alto grado contra la corrosión y cuentan con una resistencia mecánica adecuada.

Los tableros en contenedores móviles están constituidos básicamente por una estructura envolvente metálica (contenedor) que permite alojar en su interior los equipos de maniobra y protección en MT así como el tablero de servicios auxiliares (SSAA) para alimentar los servicios de tensión de alterna (230VAC) y de tensión continua (110VCC) y el armario centralizador (ACE) para telecontrol.

A. Características técnicas

Hay dos tipos de tableros de MT en contenedores: uno clase 24kV y otro clase 36kV.

Los tableros pueden funcionar sin alimentación auxiliar, operando los equipos manualmente y con su protección eléctrica en el modo autosuficiente. Otro modo de operación previsto es con alimentación de servicios auxiliares de 230VAC (siempre disponible en todo tipo de estaciones). Ya que la función de reconexión en las salidas en línea aérea es muy importante, se implementa una alimentación de continua mediante cargador y batería de baja potencia, para principalmente alimentar relés y motores de disyuntores. Esto es necesario ya que durante los tiempos muertos de reconexión el relé aunque autoalimentado permanecería sin energía y no podría completar el ciclo de reconexión; además los resortes de los disyuntores no se volverían a cargar ya que el motor de carga está alimentado en CC. Esto último es importante para estaciones donde no se dispone de CC como en los casos de pequeñas estaciones rurales. Finalmente también se puede alimentar directamente en 110 VCC de la estación donde se instale el tablero.

1) Tableros de MT clase 24kV

Los tableros de MT en contenedores clase 24kV pueden ser instalados en redes de 6,3, 15 o 22kV. La corriente máxima del contenedor es de 630A. Es así que para las estaciones clásicas de Distribución con transformadores de 10MVA de potencia por barra de 6,3kV son necesarios dos contenedores,

mientras que en 15kV, un contenedor es capaz de dar la potencia máxima por barra de 7,5MVA usual en este tipo de estaciones.

Estos tableros están constituidos por una celda de entrada/salida de cable con seccionador-interruptor y seccionador de puesta a tierra (CES), dos celdas de corte con disyuntor con relé de sobrecorriente y reconexión autoalimentado (CES-D) y una celda del tipo CES-D con tres transformadores de tensión en previsión de su uso como puesto de conexión y medida a cliente; en este caso, el medidor de energía debe ser instalado adicionalmente.

En la fig.1 se muestra el diagrama unifilar de este tipo de tablero.

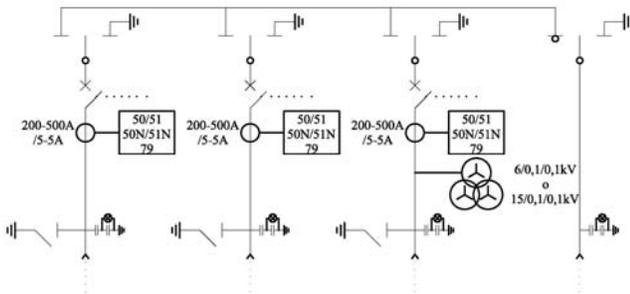


Fig. 1. Diagrama unifilar de tablero de media tensión en contenedor clase 24kV.

2) Tableros de MT clase 36kV.

Los tableros de MT en contenedores clase 36kV pueden ser instalados en redes de 31,5kV y están pensados para alimentar provisoriamente transformadores de hasta 10MVA (limitado por el transformador de corriente). La corriente máxima del contenedor es de 630A. Estos tableros están constituidos por dos celdas de entrada/salida de cable con seccionador-interruptor, seccionador de puesta a tierra y detector de paso de faltas (CES), una celda tipo CES-D con disyuntor con relé de sobrecorriente y reconexión autoalimentado y una celda de medida de tensión con tres transformadores de tensión (CMT), en previsión de su uso como puesto de conexión y medida a cliente; en este caso, el medidor de energía también debe ser instalado adicionalmente. En previsión de su uso como protección de transformador, están previstos un par de bornes para disparos externos por protecciones propias del transformador o telecontrol. En la fig.2 se muestra el diagrama unifilar de este tipo de tablero.

Ambos tipos de tableros cuentan además con el siguiente equipamiento de baja tensión (BT): tablero de servicios de iluminación interna del contenedor, tablero de interconexión de servicios auxiliares (230VAC y 110VCC), ACE y diverso equipamiento de control como ser sensor de temperatura ambiente con máxímetro, detector de humo y sensor de presencia volumétrica.

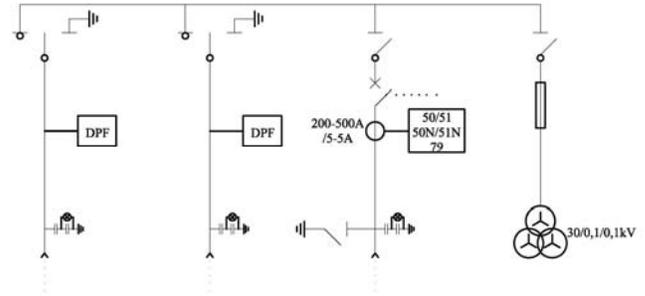


Fig. 2. Diagrama unifilar de tablero de media tensión en contenedor clase 36kV.

Las características eléctricas principales de las celdas con envoltorio metálicas (metal enclosed) que forman parte de los tableros se muestran en la Tabla I.

TABLA I
PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS CELDAS METAL ENCLOSED QUE FORMAN PARTE DE LOS TABLEROS DE MEDIA TENSIÓN

Clase de tensión (kV)	24	36
Tensión nominal (kV)	22	31,5
Tensión de ensayo de impulso 1,2/50 μ s (kVpico)	125	170
Tensión de ensayo a frecuencia industrial 50 Hz, 1min. (kV)	50	70
Corriente de corta duración 1seg. (kA)	16	16
Factor de asimetría	2,5	2,5
Corriente de Arco de Interno 1seg. (kA)	16	16

Todas las celdas cuentan con protocolo de ensayo de tipo de arco interno según los criterios de la norma IEC 62271-200 [1], y están instaladas en los contenedores respetando las condiciones en las que fueron realizados los ensayos (altura de techo, distancia a paredes laterales y posteriores).

V. COMPORTAMIENTO DEL EQUIPAMIENTO FRENTE AL CALENTAMIENTO PRODUCIDO POR RADIACIÓN SOLAR.

Para validar el comportamiento de los contenedores y sus equipos interiores frente al calentamiento por radiación solar, el fabricante presenta una memoria de cálculo térmico. Se considera para el diseño una radiación solar equivalente a $1,20\text{kW/m}^2$ y una temperatura ambiente de 40°C . Ninguno de los equipos en su interior podrá superar la temperatura de operación indicada por sus fabricantes. Los cálculos fueron realizados basados en la norma IEC 60068-2-9 [2] con el procedimiento de ensayo A el cual comprende 8 horas de radiación y 16 horas de oscuridad. De esta forma una exposición diaria de $9,60\text{kWh/m}^2$ representa condiciones naturales muy severas. Se toma en cuenta también el calentamiento por conductividad térmica entre el exterior e

interior y por las pérdidas Joule del equipamiento instalado en su interior, aunque ambos efectos no son relevantes respecto a los efectos de la radiación. Finalmente se comprobó un diferencial de temperatura de 5°C entre el exterior y el interior del contenedor.

VI. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE LOS TABLEROS DE MEDIA TENSIÓN EN CONTENEDORES

Los contenedores están formados por una envolvente metálica con puertas que una vez abiertas permiten al operador realizar todas las maniobras y mantenimiento necesarios desde el exterior. Las puertas formadas por hojas rebatibles están en un lateral del contenedor. Una vez abiertas las puertas las mismas se sujetan en forma firme al contenedor.

La tabla II muestra las dimensiones de los contenedores y la fig.3 muestra una fotografía de ellos.

Los mismos disponen de estructuras metálicas que permiten sobre elevarlos a una altura regulable entre 90 y 150cm sobre el nivel del piso.

TABLA II
DIMENSIONES DE LOS CONTENEDORES

Dimensiones (m)	Tableros clase 24kV	Tableros Clase 36kV
Largo	4,0	4,0
Ancho	2,0	2,2
Alto	2,6	2,9



Fig. 3. Foto de tableros de MT en contenedor.

Los contenedores se diseñaron con un grado de protección IP35 según la norma IEC 60529 [3].

Tienen accesorios para su transporte en camión y elevación por grúa: anillas en el techo para su izado y en la base para su sujeción a la zorra del camión que lo transporte.

También tienen un sistema de gatos mecánicos que permite su nivelación sobre el piso.

Los contenedores cuentan con una plataforma metálica rebatible y escalerilla para que el operario suba.

A los efectos que sean visualizados al ser iluminados los

contenedores tienen pintada una banda fosforescente en sus 4 laterales.

Los cables de MT y BT acceden a los contenedores por debajo de ellos. Se evita el ingreso de animales al interior de las celdas a través de las aberturas donde ingresan los cables mediante la colocación de placas metálicas.

Los contenedores cuenta con iluminación interior que se opera al abrir y cerrar las puertas exteriores.

Todos los paneles metálicos y estructuras metálicas están convenientemente unidas entre sí y conectados a tierra mediante una barra de cobre dentro de los contenedores. Están previstos dos puntos de conexión a la malla de tierra de la estación donde se instalen los contenedores.

VII. CABLEADOS INTERNOS

Los cableados internos de los tableros de MT en contenedores se definieron según los siguientes criterios de diseño: deben ser completos y asegurar que los tableros cumplan con todas las funcionalidades para las que los mismos fueron diseñados (medidas, protecciones, comandos, señalización, etc.); deben ser sencillos, lo que facilita el mantenimiento, las reparaciones y/o eventuales sustituciones de componentes futuras; deben ser realizados en conformidad con la norma de cableado interna de UTE (Norma UTE N.MA.75.08 [4]), lo que garantiza la compatibilidad y homogeneidad del cableado de los tableros con el cableado de las distintas estaciones de distribución donde los mismos sean instalados.

Los cableados internos de los tableros incluyen: el interno de cada celda, la interconexión entre el tablero de SSAA y cada celda a los efectos de alimentarla y el cableado entre el ACE y cada celda a los efectos de telecontrolarla.

Con relación al cableado interno de cada celda, el mismo corresponde al original propuesto por el fabricante, a excepción de las borneras frontera (todas aquellas borneras involucradas en los cableados externos a la celda), las cuales se implementan de acuerdo con la norma de UTE N.MA.75.08 [4]. Adicionalmente, para las celdas tipo CES-D, se modifican los circuitos de comando del disyuntor a los efectos de establecer el bloqueo de su operación (inclusive la operación a consecuencia de la acción de la protección) ante la situación de nivel de presión insuficiente de SF6. Por motivos de seguridad, la operativa en Distribución definida ante un caso de insuficiente presión de SF6 en un disyuntor consiste en el bloqueo del disyuntor “en falla” en la posición que se encuentre y, de estar cerrado, la apertura se realiza aguas arriba. Esta operativa se complementa con la señalización al sistema de telecontrol de la baja presión de SF6, lo que permite tener un “aviso previo” al problema.

La alimentación de 110 VCC de cada celda está implementada a través de una “guirnalda” que parte del tablero de SSAA y recorre todas las celdas metal enclosed del tablero. Todos los componentes individuales dentro de cada celda están protegidos por un interruptor automático de BT para CC, de poder de corte 10kA. Dicho interruptor está

dotado de contactos auxiliares que permiten señalar al sistema de telecontrol la falta de CC en la celda.

La alimentación de 230VAC también está implementada a través de una “guirnalda” y alimenta la resistencia calefactora y la eventual iluminación de cada celda.

El ACE está implementado en conformidad con la normalización de UTE para las borneras para telecontrol. Se implementa el telecontrol de todos los estados de los equipos (mediante la doble señalización equipo abierto – equipo cerrado), así como las medidas de tensión y corriente y las señales de alarma de falta de CC en las celdas, baja presión de SF6 en los disyuntores, actuación de las protecciones por sobrecorriente de fase o de neutro, estado de la habilitación de la reconexión, etc. Se implementa adicionalmente el telecomando de los disyuntores de las celdas CES-D (apertura y cierre) y los seccionadores-interruptores de las celdas CES (apertura).

Como previsión de la posible utilización como puesto de conexión y medida provisorio (para alimentar un cliente alimentado en media tensión), se deja prevista una bornera separada y precintable de corrientes y tensiones de medida a los efectos de realizar la medición de energía consumida por el mismo.

VIII. ENCLAVAMIENTOS DE SEGURIDAD

La operación segura de las celdas está garantizada por medio de un sistema de enclavamiento mecánico por llaves que impide la operación del seccionador de barras con disyuntor cerrado, el cierre del seccionador de puesta a puesta a tierra con disyuntor cerrado y que permita realizar tareas de mantenimiento en el disyuntor con los seccionadores de puesta a tierra cerrados.

IX. REFERENCIAS

Normas:

- [1] *IEC High-voltage switchgear and controlgear - Part 200: A.C. metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV.* Standard 62271-200, Nov. 2003.
- [2] *IEC Environmental testing – Part 2: Tests.Guidance for solar radiation.* Standard 60068-2-9, Ene. 1975.
- [3] *IEC Degrees of protection provided by enclosures (IP Code).* Standard 60529, Feb. 2001
- [4] *UTE(Uruguay) Cableado de estaciones y subestaciones..* Standard N.MA. 75.08, Dic. 2001

X. BIOGRAFÍAS

Juan Luján Nacido en Salto , Uruguay, el 5 de enero de 1964. Estudió en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, obteniendo su título de Ingeniero Electricista en Abril de 1990. Obtuvo la Maestría en dirección de empresas en la Universidad Católica del Uruguay en diciembre de 2004. Fue docente Gr 3 de la universidad de la República en el instituto de eléctrica de la facultad de ingeniería, trabajó en Antel en el laboratorio de microondas y en Ancap en el departamento de Eléctrica e Instrumentación . Actualmente se desempeña como Subgerente de proyectos de Montevideo e Interior, en la Gerencia de Proyectos y Normalización de la División Redes , Distribución en UTE.

Susana Masoller Nacida en Montevideo, Uruguay, el 22 de Enero de 1970. Estudió en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, obteniendo su título de Ingeniera Electricista en Mayo de 1998. Trabajó en UTE, en FIVISA y en GM Instalaciones.

Asistente grado dos del Departamento de Potencia del Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería, desde el año 2001 se dedica al diseño de proyectos de cableado en estaciones de distribución de UTE, incluyendo protecciones, comandos, alimentaciones, telecontrol, etc.

Luis García Nacido en Montevideo, Uruguay, el 6 de setiembre de 1962. Se graduó en el año 1987, como Ingeniero Industrial Eléctrico en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República. Ingresó en UTE en el año 1987, desempeñándose actualmente como Gerente de Sector Proyectos y Normalización de la División Redes , Distribución en UTE. En el ámbito docente se desempeña como docente y responsable académico de Electrotécnica II. Adicionalmente ha participado como docente en el curso de Calidad de Potencia en la Distribución dictado recientemente por la CIER.