

ANEJO NÚM. 8
CENTRO DE TRANSFORMACION

INDICE

1.- MEMORIA

Pag. 94

2.- CALCULOS

Pag. 109

3.- PLANOS

Pag. 121

1.- MEMORIA

Resumen de características

Titular

Este Centro es propiedad de la compañía suministradora de electricidad Sevillana Endesa.

Emplazamiento

Málaga.

Localidad

El Centro se halla ubicado en municipio de 625 habitantes..

Potencia unitaria de cada transformador y potencia total en kVA

- Potencia del transformador 1: 50 kVA

Tipo de transformador

- Refrigeración del transformador 1: aceite

Volumen total en litros de dieléctrico

- Volumen de dieléctrico
transformador 1: 120 l
- Volumen total de dieléctrico: 120 l

Presupuesto total

- Presupuesto total: 29.743,00 €

Objeto del proyecto

Este proyecto tiene por objeto el cálculo de un centro de transformación para una estación depuradora de aguas residuales urbanas para municipio de 625 habitantes.

Reglamentación y disposiciones oficiales

Normas generales:

- **Reglamento de L.A.A.T.** Aprobado por Decreto 3.151/1968, de 28 de noviembre, B.O.E. de 27-12-68.
 - **Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.** Aprobado por Real Decreto 3.275/1982, de noviembre, B.O.E. 1-12-82.
 - **Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión** aprobado por Decreto de 28/11/68.
 - **Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.** B.O.E. 25-10-84.
 - **Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, Real Decreto 3275/1982.** Aprobadas por Orden del MINER de 18 de octubre de 1984, B.O.E. de 25-10-84.
 - **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.** Aprobado por Decreto 2.413/1973, de 20 de septiembre, B.O.E. de 9-10-73.
 - **Instrucciones Técnicas Complementarias, denominadas MI-BT.** Aprobadas por Orden del MINER de 31 de octubre de 1973, B.O.E. de 27, 28, 29 y 31 de diciembre de 1973.
 - **Modificaciones a las Instrucciones Técnicas Complementarias.** Hasta el 10 de marzo de 2000.
 - **Autorización de Instalaciones Eléctricas.** Aprobado por Ley 40/94, de 30 de diciembre, B.O.E. de 31-12-1994.
 - **Ordenación del Sistema Eléctrico Nacional** y desarrollos posteriores. Aprobado por Ley 40/1994, B.O.E. 31-12-94.
 - **Real Decreto 1955/2000, de 1 de Diciembre**, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (B.O.E. de 27 de Diciembre de 2000).
 - **Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio**, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Condiciones impuestas por los organismos Públicos afectados.
 - **Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía**, Decreto de 12 Marzo de 1954 y **Real Decreto 1725/84** de 18 de Julio.
 - **Real Decreto 2949/1982** de 15 de Octubre de Acometidas Eléctricas.
 - Orden 14-7-97 de la Consejería de Industria, Trabajo y Turismo por la que se establece el contenido mínimo en proyectos técnicos de determinados tipos de instalaciones industriales.
 - NTE-IEP. Norma tecnológica del 24-03-73, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.
 - Normas UNE y recomendaciones UNESA.
 - Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
 - Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.
 - Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.
 - Normas particulares de la compañía suministradora.
 - Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.
- Normas y recomendaciones de diseño del edificio:

- **CEI 61330** **UNE-EN 61330**
Centros de Transformación prefabricados.

- **RU 1303A**
Centros de Transformación prefabricados de hormigón.

- **NBE-X**
Normas básicas de la edificación.

- Normas y recomendaciones de diseño de aparataje eléctrica:

- **CEI 60694** **UNE-EN 60694**
Estipulaciones comunes para las normas de aparataje de Alta Tensión.

- **CEI 61000-4-X** **UNE-EN 61000-4-X**
Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida.

- **CEI 60298** **UNE-EN 60298**
Aparataje bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.

- **CEI 60129** **UNE-EN 60129**
Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.

- **RU 6407B**
Aparataje prefabricada bajo envolvente metálica con dieléctrico de Hexafluoruro de Azufre SF6 para Centros de Transformación de hasta 36 kV.

- **CEI 60265-1** **UNE-EN 60265-1**
Interruptores de Alta Tensión. Parte 1: Interruptores de Alta Tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV.

- **CEI 60420** **UNE-EN 60420**
Combinados interruptor - fusible de corriente alterna para Alta Tensión.

- Normas y recomendaciones de diseño de transformadores:

- **CEI 60076-X** **UNE-EN 60076-X**
Transformadores de potencia.

- **UNE 20101-X-X**
Transformadores de potencia.

- Normas y recomendaciones de diseño de transformadores (aceite):

- **RU 5201D**
Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en Baja Tensión.

- **UNE 21428-X-X**
Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en Baja Tensión de 50 kVA A 2 500 kVA, 50 Hz, con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV.

Titular

Este Centro es propiedad de la compañía suministradora de electricidad Sevillana Endesa.

Emplazamiento

El Centro se halla ubicado en municipio de 625 habitantes..

Características generales del Centro de Transformación

El Centro de Transformación tipo compañía, objeto de este proyecto tiene la misión de suministrar energía, sin necesidad de medición de la misma.

La energía será suministrada por la compañía Compañía Sevillana de Electricidad a la tensión trifásica de 20 kV y frecuencia de 50 Hz, realizándose la acometida por medio de cables subterráneos.

Los tipos generales de equipos de MT empleados en este proyecto son:

- CGM: Celdas modulares de aislamiento y corte en gas, extensibles "in situ" a derecha e izquierda, sin necesidad de reponer gas.

Programa de necesidades y potencia instalada en kVA

Se precisa el suministro de energía a una tensión de baja tensión, 400/220 V, con una potencia máxima simultánea de 18,50 kW.

Para atender a las necesidades arriba indicadas, la potencia total instalada en este Centro de Transformación es de 50 kVA.

Descripción de la instalación

Obra civil

El Centro de Transformación objeto de este proyecto consta de una única envolvente, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica, máquinas y demás equipos.

Para el diseño de este Centro de Transformación se han tenido en cuenta todas las normativas anteriormente indicadas.

Características de los materiales

Edificio de Transformación: **PF-202**

- Descripción

Los Centros de Transformación PF, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), están formados por distintos elementos prefabricados de hormigón, que se ensamblan en obra

para constituir un edificio, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la aparamenta de MT hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de Control e interconexiones entre los diversos elementos.

Estos Centros de Transformación pueden ser fácilmente transportados para ser instalados en lugares de difícil acceso gracias a su estructura modular.

La fabricación seriada de todos los elementos empleados en la construcción y el Sistema de Calidad de ORMAZABAL garantizan una calidad uniforme en todos los Centros de Transformación.

- Envoltente

Los paneles que forman la envoltente están compuestos por hormigón armado vibrado y tienen las inserciones necesarias para su manipulación.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm². Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kOhm respecto de la tierra de la envoltente.

El transformador va ubicado sobre una "Meseta de Transformador" diseñada específicamente para distribuir el peso del mismo uniformemente sobre la placa base y recoger el volumen de líquido refrigerante del transformador ante un eventual derrame.

La placa base está formada por una losa de forma rectangular con una serie de bordes elevados, que se une en sus extremos con las paredes. En su perímetro se sitúan los orificios de paso de los cables de MT y BT. Estos orificios están semiperforados, realizándose en obra la apertura de los que sean necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos orificios semiperforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

- Placa piso

Sobre la placa base, y a una altura de unos 500 mm, se sitúa la placa piso, que se apoya en un resalte interior de las paredes, permitiendo este espacio el paso de cables de MT y BT, a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

- Accesos

En las paredes frontal y posterior se sitúan las puertas de acceso de peatones, las puertas de transformador (ambas con apertura de 180°) y rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

Las puertas de acceso de peatón disponen de un sistema de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento para evitar aperturas intempestivas de las mismas. Para ello se utiliza una cerradura de diseño ORMAZABAL que ancla la puerta en dos puntos, uno en la parte superior y otro en la inferior.

- Ventilación

Las rejillas de ventilación están formadas por lamas en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro de

Transformación, e interiormente se complementa con una rejilla con malla mosquitera.

- Acabado

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura de color blanco en las paredes, y marrón en el perímetro de las cubiertas o techo, puertas y rejillas de ventilación.

Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

- Varios

Sobrecargas admisibles y condiciones ambientales de funcionamiento según normativa vigente.

- Cimentación

Para la ubicación de los Centros de Transformación PF es necesaria una excavación, cuyas dimensiones variarán en función del modelo y de la solución adoptada para la red de tierras, sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de unos 100 mm de espesor.

- Características detalladas

Nº de transformadores:	1
Nº reserva de celdas:	1
Tipo de ventilación:	Doble
Puertas de acceso peatón:	1 puerta

Dimensiones exteriores

Longitud:	4880 mm
Fondo:	2620 mm
Altura:	3195 mm
Altura vista:	2595 mm
Peso:	17100 kg

Dimensiones interiores

Longitud:	4720 mm
Fondo:	2460 mm
Altura:	2285 mm

Dimensiones de la excavación

Longitud:	5680 mm
Fondo:	3420 mm
Profundidad:	700 mm

Nota: Estas dimensiones son aproximadas en función de la solución adoptada para el anillo de tierras.

Instalación eléctrica

Características de la red de alimentación

La red de la cual se alimenta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 20 kV, nivel de aislamiento según la MIE-RAT 12, y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 500 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 14,4 kA eficaces.

Características de la aparamenta de Media Tensión

Características generales de los tipos de aparamenta empleados en la instalación:

Celdas: **CGM**

Las celdas CGM forman un sistema de equipos modulares de reducidas dimensiones para MT, con aislamiento y corte en gas, cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos de unión patentados por ORMAZABAL y denominados ORMALINK, consiguiendo una conexión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad, inundación, etc.).

Las partes que componen estas celdas son:

- Base y frente

La base soporta todos los elementos que integran la celda. La rigidez mecánica de la chapa y su galvanizado garantizan la indeformabilidad y resistencia a la corrosión de esta base. La altura y diseño de esta base permite el paso de cables entre celdas sin necesidad de foso, y facilita la conexión de los cables frontales de acometida.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda y los accesos a los accionamientos del mando. En la parte inferior se encuentra el dispositivo de señalización de presencia de tensión y el panel de acceso a los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

- Cuba

La cuba, fabricada en acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles, y el gas se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,3 bar (salvo para celdas especiales). El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante más de 30 años, sin necesidad de reposición de gas.

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno, permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así, con ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas, cables o la aparamenta del Centro de Transformación.

En su interior se encuentran todas las partes activas de la celda (embarrados, interruptor-seccionador, puesta a tierra, tubos portafusible).

- Interruptor/Seccionador/Seccionador de puesta a tierra

El interruptor disponible en el sistema CGM tiene tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra (salvo para el interruptor de la celda CMIP).

La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesto a tierra).

- Mando

Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual o motorizada.

- Fusibles (Celda CMP-F)

En las celdas CMP-F, los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusibles de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior. El disparo se producirá por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de los tubos portafusibles se eleve debido a un fallo en los fusibles o al calentamiento excesivo de éstos. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida.

- Conexión de cables

La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas estándar.

- Enclavamientos

La función de los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGM es que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

- Características eléctricas

Las características generales de las celdas CGM son las siguientes:

Tensión nominal	24 kV
Nivel de aislamiento	
Frecuencia industrial (1 min)	
a tierra y entre fases	50 kV
a la distancia de seccionamiento	60 kV
Impulso tipo rayo	
a tierra y entre fases	125 kV

a la distancia de seccionamiento 145 kV

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica, etc.

Características de la aparamenta de Baja Tensión

Elementos de salida en BT :

- Cuadros de BT, que tienen como misión la separación en distintas ramas de salida, por medio de fusibles, de la intensidad secundaria de los transformadores.

Características descriptivas de las celdas y transformadores de Media Tensión

Entrada / Salida 1: **CGM-CML Interruptor-seccionador**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda CML de línea, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida.

- Características eléctricas:

- Tensión asignada: 24 kV
- Intensidad asignada: 400 A
- Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 kA
- Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 kA
- Nivel de aislamiento

tierra y entre fases: - Frecuencia industrial (1 min) a 50 kV

fases (cresta): - Impulso tipo rayo a tierra y entre 125 kV

- Capacidad de cierre (cresta): 40 kA
- Capacidad de corte

- Corriente principalmente activa: 400 A

- Características físicas:

- Ancho: 370 mm
- Fondo: 850 mm

- Alto: 1800 mm
- Peso: 140 kg

- Otras características constructivas :

- Mando interruptor: manual tipo B

Entrada / Salida 2: **CGM-CML Interruptor-seccionador**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda CML de línea, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida.

- Características eléctricas:

- Tensión asignada: 24 kV
- Intensidad asignada: 400 A
- Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 kA
- Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 kA
- Nivel de aislamiento

tierra y entre fases:

- Frecuencia industrial (1 min) a 50 kV

fases (cresta):

- Impulso tipo rayo a tierra y entre 125 kV

- Capacidad de cierre (cresta): 40 kA
- Capacidad de corte

Corriente principalmente activa: 400 A

- Características físicas:

- Ancho: 370 mm
- Fondo: 850 mm
- Alto: 1800 mm
- Peso: 140 kg

- Otras características constructivas

- Mando interruptor: manual tipo B

Protección Transformador 1: **CGM-CMP-F Protección fusibles**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda CMP-F de protección con fusibles, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida.

- Características eléctricas:

- Tensión asignada: 24 kV
- Intensidad asignada en el embarrado: 400 A
- Intensidad asignada en la derivación: 200 A
- Intensidad fusibles: 3x16 A
- Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 kA
- Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 kA
- Nivel de aislamiento
 - Frecuencia industrial (1 min)
a tierra y entre fases: 50 kV
 - Impulso tipo rayo
a tierra y entre fases (cresta): 125 kV
- Capacidad de cierre (cresta): 40 kA
- Capacidad de corte
 - Corriente principalmente activa: 400 A

- Características físicas:

- Ancho: 480 mm
- Fondo: 850 mm
- Alto: 1800 mm
- Peso: 215 kg

- Otras características constructivas:

- Mando posición con fusibles: manual tipo BR
- Combinación interruptor-fusibles: combinados

Transformador 1: **Transformador aceite 24 kV**

Transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, con neutro accesible en el secundario, de potencia 50 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2).

- Otras características constructivas:

- Regulación en el primario: +/- 2,5%, +/-5%, + 7,5%
- Tensión de cortocircuito (Ecc): 4%
- Grupo de conexión: Yzn11
- Protección incorporada al transformador: Sin protección propia

Características descriptivas de los Cuadros de Baja Tensión

Cuadros BT - B2 Transformador 1: **Cuadros Baja Tensión**

El Cuadro de Baja Tensión (CBT), tipo UNESA AC-4, es un conjunto de aparamenta de BT cuya función es recibir el circuito principal de BT procedente del transformador MT/BT y distribuirlo en un número determinado de circuitos individuales.

La estructura del cuadro AC-4 de ORMAZABAL está compuesta por un bastidor de chapa blanca, en el que se distinguen las siguientes zonas:

- Zona de acometida, medida y de equipos auxiliares

En la parte superior del módulo AC-4 existe un compartimento para la acometida al mismo, que se realiza a través de un pasamuros tetrapolar, evitando la penetración del agua al interior. Dentro de este compartimento, existen cuatro pletinas deslizantes que hacen la función de seccionador.

El acceso a este compartimento es por medio de una puerta abisagrada en dos puntos. Sobre ella se montan los elementos normalizados por la compañía suministradora.

- Zona de salidas

Está formada por un compartimento que aloja exclusivamente el embarrado y los elementos de protección de cada circuito de salida. Esta protección se encomienda a fusibles de la intensidad máxima más adelante citada, dispuestos en bases trifásicas pero maniobradas fase a fase, pudiéndose realizar las maniobras de apertura y cierre en carga.

- Características eléctricas

- Tensión asignada: 440 V
- Intensidad asignada en los embarrados: 1600 A
- Nivel de aislamiento
Frecuencia industrial (1 min)

a tierra y entre fases:	10 kV
entre fases:	2,5 kV

Impulso tipo rayo:	
a tierra y entre fases:	20 kV

- Características constructivas:

- Anchura:	580 mm
- Altura:	1690 mm
- Fondo:	290 mm

- Otras características:

- Intensidad asignada en las salidas:	400 A
---------------------------------------	-------

Características del material vario de Media Tensión y Baja Tensión

El material vario del Centro de Transformación es aquel que, aunque forma parte del conjunto del mismo, no se ha descrito en las características del equipo ni en las características de la aparamenta.

- Interconexiones de MT:

Puentes MT Transformador 1: **Cables MT 12/20 kV**

Cables MT 12/20 kV del tipo RHZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x95 Al.

La terminación al transformador es ELASTIMOLD de 24 kV del tipo cono difusor y modelo OTK.

En el otro extremo, en la celda, es ELASTIMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K-158-LR.

- Interconexiones de BT:

Puentes BT - B2 Transformador 1: **Puentes transformador-cuadro**

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 1x240 Al (Etileno-Propileno) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 4xfase + 2xneutro.

- Defensa de transformadores:

Defensa de Transformador 1: **Protección física transformador**

Protección metálica para defensa del transformador.

- Equipos de iluminación:

Iluminación Edificio de Transformación: **Equipo de iluminación**

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los centros.

Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.

Medida de la energía eléctrica

Al tratarse de un Centro de Distribución público, no se efectúa medida de energía en MT.

Relés de protección, automatismos y control

Este proyecto no incorpora automatismos ni relés de protección.

Puesta a tierra

Tierra de protección

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc. , así como la armadura del edificio (si éste es prefabricado). No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior

Tierra de servicio

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado.

Instalaciones secundarias

- Medidas de seguridad

Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:

1- No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.

2- Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.

3- Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.

4- Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.

5- El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de MT y BT. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

2.- CALCULOS

Intensidad de Media Tensión

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$(2.1.a) \quad I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

donde:

P potencia del transformador [kVA]
U_p tensión primaria [kV]
I_p intensidad primaria [A]

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 20 kV.

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 50 kVA.

$$- I_p = 1,4 \text{ A}$$

Intensidad de Baja Tensión

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 50 kVA, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío.

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$(2.2.a) \quad I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s}$$

donde:

P potencia del transformador [kVA]
U_s tensión en el secundario [kV]
I_s intensidad en el secundario [A]

La intensidad en las salidas de 420 V en vacío puede alcanzar el valor

$$- I_s = 68,7 \text{ A.}$$

Cortocircuitos

Observaciones

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito. se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de MT, valor especificado por la compañía eléctrica.

Cálculo de las intensidades de cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$(2.3.2.a) \quad I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

donde:

S_{cc} potencia de cortocircuito de la red [MVA]
 U_p tensión de servicio [kV]
 I_{ccp} corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$(2.3.2.b) \quad I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s}$$

donde:

P potencia de transformador [kVA]
 E_{cc} tensión de cortocircuito del transformador [%]
 U_s tensión en el secundario [V]
 I_{ccs} corriente de cortocircuito [kA]

Cortocircuito en el lado de Media Tensión

Utilizando la expresión 2.3.2.a, en el que la potencia de cortocircuito es de 500 MVA y la tensión de servicio 20 kV, la intensidad de cortocircuito es :

- $I_{ccp} = 14,4 \text{ kA}$

Cortocircuito en el lado de Baja Tensión

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 50 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío

La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 420 V en vacío será, según la fórmula 2.3.2.b:

- $I_{ccs} = 1,7 \text{ kA}$

Dimensionado del embarrado

Las celdas fabricadas por ORMAZABAL han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 400 A.

Para las celdas del sistema CGM la certificación correspondiente que cubre el valor necesitado se ha obtenido con el protocolo 9901B026-AKLE-02 realizado por los laboratorios LABEIN en Vizcaya (España).

Comprobación por sollicitación electrodinámica

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el apartado 2.3.2.a de este capítulo, por lo que:

- $I_{cc(din)} = 36,1 \text{ kA}$

Para las celdas del sistema CGM la certificación correspondiente que cubre el valor necesitado se ha obtenido con el protocolo GPS-98/01432 en el laboratorio de CESI en Italia.

Comprobación por sollicitación térmica

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la armadura por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según

la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

- $I_{cc(ter)} = 14,4 \text{ kA}$.

Para las celdas del sistema CGM la certificación correspondiente que cubre el valor necesitado se ha obtenido con el protocolo GPS-98/01432 en el laboratorio de CESI en Italia.

Protección contra sobrecargas y cortocircuitos

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

Transformador

La protección en MT de este transformador se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles, siendo éstos los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos.

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida (de tiempos inferiores a los de los interruptores automáticos), ya que su fusión evita incluso el paso del máximo de las corrientes de cortocircuitos por toda la instalación.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el funcionamiento continuado a la intensidad nominal, requerida para esta aplicación.
- No producir disparos durante el arranque en vacío de los transformadores, tiempo en el que la intensidad es muy superior a la nominal y de una duración intermedia.
- No producir disparos cuando se producen corrientes de entre 10 y 20 veces la nominal, siempre que su duración sea inferior a 0,1 s, evitando así que los fenómenos transitorios provoquen interrupciones del suministro.

Sin embargo, los fusibles no constituyen una protección suficiente contra las sobrecargas, que tendrán que ser evitadas incluyendo un relé de protección de transformador, o si no es posible, una protección térmica del transformador.

La intensidad nominal de estos fusibles es de 10 A.

La celda de protección de este transformador no incorpora relé, al considerarse suficiente el empleo de las otras protecciones.

- Protecciones en BT

Las salidas de BT cuentan con fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa salida y un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito correspondiente, según lo calculado en el apartado 2.3.4.

Dimensionado de los puentes de MT

Los cables que se utilizan en esta instalación, descritos en la memoria, deberán ser capaces de soportar los parámetros de la red.

Transformador 1

La intensidad nominal demandada por este transformador es igual a 1,4 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable.

Este valor es de 235 A para un cable de sección de 95 mm² de Al según el fabricante.

Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación.

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire en el edificio se utiliza la siguiente expresión:

(2.7.a)

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0.24 \cdot K \cdot \sqrt{h \cdot \Delta T^3}}$$

donde:

W_{cu}	pérdidas en el cobre del transformador [W]
W_{fe}	pérdidas en el hierro del transformador [W]
K	coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada [aproximadamente entre 0,35 y 0,40]
h	distancia vertical entre las rejillas de entrada y salida [m]
DT	aumento de temperatura del aire [°C]
Sr	superficie mínima de las rejillas de entrada [mm ²]

No obstante, y aunque es aplicable esta expresión a todos los Edificios Prefabricados de ORMAZABAL, se considera de mayor interés la realización de ensayos de homologación de los Centros de Transformación hasta las potencias indicadas, dejando la expresión para valores superiores a los homologados.

El edificio empleado en esta aplicación ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio Labein (Vizcaya - España):

- 92202-1-E, para ventilación de transformador de potencia hasta 1000 kVA
- 99827-1-E, para ventilación de transformador de potencia hasta 1600 kVA

Dimensionado del pozo apagafuegos

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 600 l de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.

Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra

Investigación de las características del suelo

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 50 Ohm·m.

Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

Diseño preliminar de la instalación de tierra

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio: $U_r = 20 \text{ kV}$
- Limitación de la intensidad a tierra $I_{dm} = 1000 \text{ A}$

Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:

- $V_{bt} = 10000 \text{ V}$

Características del terreno:

- Resistencia de tierra $R_o = 50 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
- Resistencia del hormigón $R'o = 3000 \text{ Ohm}$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

$$(2.9.4.a) \quad I_d \cdot R_t \leq V_{bt}$$

donde:

I_d intensidad de falta a tierra [A]
 R_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
 V_{bt} tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$(2.9.4.b) \quad I_d = I_{dm}$$

donde:

I_{dm} limitación de la intensidad de falta a tierra [A]
 I_d intensidad de falta a tierra [A]

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

- $I_d = 1000 \text{ A}$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

- $R_t = 10 \text{ Ohm}$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una K_r más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

(2.9.4.c)

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_o}$$

donde:

R_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]

K_r coeficiente del electrodo

- Centro de Transformación

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

- $K_r \leq 0,2$

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 50-30/8/42
- Geometría del sistema: Anillo rectangular
- Distancia de la red: 5.0x3.0 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,8 m
- Número de picas: cuatro
- Longitud de las picas: 2 metros

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia $K_r = 0,089$
- De la tensión de paso $K_p = 0,0145$
- De la tensión de contacto $K_c = 0,0447$

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una

capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.

- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$(2.9.4.d) \quad R'_t = K_r \cdot R_o$$

donde:

K_r coeficiente del electrodo
 R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]
 R'_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

por lo que para el Centro de Transformación:

- $R'_t = 4,45 \text{ Ohm}$

y la intensidad de defecto real, tal y como indica la fórmula (2.9.4.b):

- $I'_d = 1000 \text{ A}$

Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior en los edificios de maniobra interior, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$(2.9.5.a) \quad V'_d = R'_t \cdot I'_d$$

donde:

R'_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
 I'_d intensidad de defecto [A]
 V'_d tensión de defecto [V]

por lo que en el Centro de Transformación:

- $V'_d = 4450 \text{ V}$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto

siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$(2.9.5.b) \quad V'_c = K_c \cdot R_o \cdot I'_d$$

donde:

K_c coeficiente
 R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]
 I'_d intensidad de defecto [A]
 V'_c tensión de paso en el acceso [V]

por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

$$- \quad V'_c = 2235 \text{ V}$$

Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$(2.9.6.a) \quad V'_p = K_p \cdot R_o \cdot I'_d$$

donde:

K_p coeficiente
 R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]
 I'_d intensidad de defecto [A]
 V'_p tensión de paso en el exterior [V]

por lo que, para este caso:

$$- \quad V'_p = 725 \text{ V en el Centro de Transformación}$$

Cálculo de las tensiones aplicadas

- Centro de Transformación

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a:

- $t = 1 \text{ seg}$
- $K = 78,5$
- $n = 0,78$

Tensión de paso en el exterior:

(2.9.7.a)

$$V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot R_o}{1000} \right)$$

donde:

K coeficiente
t tiempo total de duración de la falta [s]
n coeficiente
R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]
V_p tensión admisible de paso en el exterior [V]

por lo que, para este caso

- $V_p = 1020,5 \text{ V}$

La tensión de paso en el acceso al edificio:

(2.9.7.b)

$$V_{p(acc)} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot R_o + 3 \cdot R'_o}{1000} \right)$$

donde:

K coeficiente
t tiempo total de duración de la falta [s]
n coeficiente
R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]
R'_o resistividad del hormigón en [Ohm·m]
V_{p(acc)} tensión admisible de paso en el acceso [V]

por lo que, para este caso

- $V_{p(acc)} = 7967,75 \text{ V}$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$- V'_p = 725 \text{ V} < V_p = 1020,5 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$- V'_p(\text{acc}) = 2235 \text{ V} < V_p(\text{acc}) = 7967,75 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$- V'_d = 4450 \text{ V} < V_{bt} = 10000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$- I_a = 50 \text{ A} < I_d = 1000 \text{ A} < I_{dm} = 1000 \text{ A}$$

Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000 V indicados.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$(2.9.8.a) \quad D = \frac{R_o \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi}$$

donde:

R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]

I'_d intensidad de defecto [A]

D distancia mínima de separación [m]

Para este Centro de Transformación:

$$- D = 7,96 \text{ m}$$

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

- Identificación: 5/22 (según método UNESA)
- Geometría: Picas alineadas

- Número de picas: dos
- Longitud entre picas: 2 metros
- Profundidad de las picas: 0,5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

- $K_r = 0,201$
- $K_c = 0,0392$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA. Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37 Ohm.

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,201 \cdot 50 = 10,05 < 37 \text{ Ohm}$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

Corrección y ajuste del diseño inicial

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de " K_r " inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

3.-PLANOS

Ver plano 20 del índice de planos.