

PLIEGO DE CONDICIONES

Condiciones técnicas:

- OBRA CIVIL.
- Emplazamiento:

El lugar elegido para la construcción del centro debe permitir la colocación y reposición de todos los elementos del mismo concretamente los que son pesados y grandes, como transformadores. Los accesorios al centro deben tener las dimensiones adecuadas para permitir el paso de dichos elementos.

El emplazamiento del centro debe ser tal que esté protegido de inundaciones y filtraciones.

En el caso de terrenos inundables el suelo del centro debe estar, como mínimo, 0,20m por encima del máximo nivel de aguas conocido, o si no al centro debe proporcionarse una estanqueidad perfecta hasta dicha cota.

El local que contiene el centro debe estar constituido en su totalidad con materiales incombustibles.

- Excavación:

Se efectuará la excavación con arreglo a las dimensiones y características del centro y hasta la cota necesaria indicada en el proyecto. La carga y transporte a vertedero de las tierras sobrantes serán por cuenta del contratista.

- Cimientos:

Se realizarán de acuerdo con las características del centro; si la obra es de fábrica de ladrillo, tendrá normalmente una profundidad de 0,60m. Esta podrá reducirse cuando el centro se construya sobre un terreno rocoso. Por el contrario, si la consistencia del terreno lo exige, se tomarán las medidas convenientes para que quede asegurada la estabilidad de la edificación.

- Solera:

Los suelos serán de hormigón armado y estarán previstos para las cargas fijas y rodantes que implique el material.

Salvo en los casos que el centro prefabricado disponga del pavimento adecuado, se formará una solera de hormigón armado apoyada sobre las fundaciones y descansando sobre una capa de arena apisonada. Esta solera estará cubierta por una capa de arena apisonada. Esta solera estará cubierta por una capa de mortero de cemento ruleteado. El hormigón estará dosificado a razón de 250Kg/m³ y el mortero de la capa a razón de 600Kg/m³. Se Prohíbe el empleo de la arena de escorias.

Se preverá, en lugares apropiados del centro, orificios para el paso del interior al exterior de la caseta, de los cables destinados a la toma de tierra de masas y del neutro BT de los transformadores y cables de BT y MT. Los orificios estarán inclinados y desembocarán hacia el exterior a una

profundidad de 0,40 m del suelo como mínimo.

También se preverán los agujeros de empotramiento para herrajes del equipo eléctrico y el emplazamiento de

los carriles de rodamiento de los transformadores. Asimismo se tendrán en cuenta los pozos de aceite, sus conductos de drenaje, las tuberías de gres o similares para conductores de tierra, registros para las tomas de tierra y canales para los cables de AT y BT. En los lugares de paso los canales estarán cubiertos de losas amovibles.

Para el caso de centros de transformación no prefabricados se cumplirá para la solera:

– Salvo en los casos que el centro disponga del pavimento adecuado, se formará una solera de hormigón incluido mallazo de reparto apoyada sobre las fundaciones y descansando sobre una base de grava. Esta solera estará cubierta por una capa de mortero de cemento ruleteado. El hormigón en masa será de 150 Kg /m² de resistencia característica. Se prohíbe el empleo de arena de escorias.

- Muros exteriores:

Los muros podrán de ser de hormigón armado, prefabricados, constituidos por paneles convenientemente ensamblados, o bien formando un conjunto con la cubierta y la solera.

Si la obra es de fábrica de ladrillo macizo tendrá un espesor mínimo de 15 cm, revestido interiormente con mortero de cemento Portland.

El acabado exterior del centro será normalmente liso y preparado para ser recubierto por pinturas de la debida calidad y del color que mejor se adapte al medio ambiente. Cualquier otra terminación: canto rodado, recubrimientos especiales, etc., podrá ser aceptada.

Cuando los muros estén formados por elementos prefabricados,

deberán estar engastados y sellados entre sí, con la solera y con la cubierta de forma que impida totalmente el riesgo de filtraciones.

- Cubierta:

La cubierta estará debidamente impermeabilizada de forma que no quede comprometida su estanqueidad, ni haya riesgo de filtraciones. Su cara interior podrá quedar como resulte después del desencofrado. No se efectuará en ella ningún empotramiento que comprometa su estanqueidad.

La cubierta estará calculada para soportar la sobrecarga que corresponda a su destino.

La cubierta, en el caso de casetas independientes, será de hormigón armado de 0,08 m de espesor como mínimo, sin contar la capa impermeabilizante. Sobresaldrá 15 cm por los lados del edificio y 25 cm en el caso de CT en edificio no prefabricado. Tendrá la pendiente necesaria para permitir el deslizamiento de las aguas de lluvia. Debajo de la placa de hormigón se construirán dispositivos que eviten la adherencia del agua (goterón). La cubierta se calculará para una sobrecarga de 100 Kg/m². En regiones de grandes nieves será conveniente prever una capa de aislante térmico (por ejemplo lana de vidrio) que evite la formación por condensación de gotas de agua.

En caso de una cubierta terminada con tejas o pizarra, bordes de estas piezas se recibirán con mortero de cemento con el fin de evitar su desplazamiento bajo la acción del viento.

- Tabiques:

Serán de hormigón armado y se construirán de forma que sus cantos queden terminados con perfiles en U empotrados en los muros y en el suelo. En los CT en edificio no prefabricado los tabiques podrán ser también

de ladrillo de 8 cm de espesor como mínimo

Al ejecutar los tabiques se tomarán las disposiciones convenientes para prever los emplazamientos de los herrajes o el paso de canalizaciones.

– Enlucido y pintura:

En los tabiques, los orificios para empotramiento se efectuarán antes de dar el enlucido. Si es necesario, los muros interiores recibirán un enlucido con mortero de cemento.

Se prohíben los enlucidos de yeso. Las puertas y recuadros metálicos estarán protegidos contra la oxidación.

– Evacuación y extinción del aceite aislante:

Las paredes y techos de las celdas que han de alojar aparatos con baño de aceite, deberán estar construidas con materiales resistentes al fuego, que tengan resistencia estructural adecuada para las condiciones de empleo. Con el fin de permitir la evacuación y extinción del aceite aislante se podrán prever pozos a fondo perdido o con revestimiento estanco. Se tendrá en cuenta para estos últimos el volumen de aceite que puedan recibir. En todos los pozos se preverán apagafuegos superiores, tales como lechos de gujarros de 5 cm de diámetro aproximadamente, sifones en caso de varios pozos con colector único, etc.. Se recomienda que los pozos sean exteriores a la celda y además inspeccionables.

Cuando se empleen aparatos en baño de líquidos incombustibles, podrán disponerse en celdas que no cumplan la anterior prescripción.

– Ventilación:

Normalmente se recurrirá a la ventilación natural que consistirá en una o varias tomas de aire del exterior, situadas a 0,20 m del suelo como mínimo y en la parte opuesta una o varias salidas, situadas lo más altas posible. Podrá utilizarse también la ventilación forzada.

Las aberturas no darán sobre locales a temperatura elevada o

que contengan polvo perjudicial, vapores o polvos inflamables.

Las aberturas superiores de ventilación llevarán una persiana que impida la entrada de agua y junto a la misma, un dispositivo que impida el paso de insectos.

Las aberturas inferiores llevarán, además, una contrapersiana y se situarán preferentemente en las celdas de los transformadores de potencia.

– Puertas:

Las puertas de acceso al centro desde el exterior serán incombustibles y suficientemente rígidas y abrirán hacia afuera de forma que puedan abatirse sobre el muro de fachada.

• **Instalación eléctrica:**

– Alimentación subterránea:

Los cables de alimentación subterránea entrarán en el centro, alcanzando la celda que corresponda, por un canal o tubo. Las secciones de estos canales y tubos permitirán la colocación de los cables con la mayor

facilidad posible. Los tubos serán de superficie interna lisa, siendo su diámetro 1,6 veces el diámetro del cable como mínimo, y preferentemente de 15 cm. La disposición de los canales y tubos serán como mínimo igual a 10 veces su diámetro, con un mínimo de 0,60 m.

Después de colocados los cables se obstruirá el orificio de paso por un tapón al que, para evitar la entrada de roedores, se incorporarán materiales duros que no dañen el cable.

En el exterior del centro los cables estarán directamente enterrados, excepto si atraviesan otros locales, en cuyo caso se colocarán en tubos o canales. Se tomarán las medidas necesarias para asegurar en todo momento la protección mecánica de los cables y su fácil identificación. Por otra parte se tendrá en cuenta, para evitar los riesgos de corrosión de la envuelta de los cables, la posible presencia de sustancias que pudieran perjudicarles.

- **Alumbrado:**

El alumbrado artificial, siempre obligatorio, será de incandescencia.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de manera que los aparatos de seccionamiento no queden en una zona de sombra; permitirán además la lectura correcta de los aparatos de medida. Se situarán de tal manera que la sustitución de lámparas pueda efectuarse sin necesidad de interrumpir la media tensión y sin peligro para el operario.

Los interruptores de alumbrado se situarán en la proximidad de las puertas de acceso.

- **Embarcados de MT:**

Los embarcados y conexiones de media tensión estarán constituidos en general por conductores desnudos o cubiertos, soportados por aisladores de apoyo. Los aisladores de apoyo soportarán una carga mínima de ensayo a flexión de 160 daN.

Las conexiones, derivaciones y empalmes se harán con elementos apropiados, que para conductores de cobre de sección circular se recomienda sean de apriete concéntrico. Los elementos de apriete con tornillos estarán provistos de dispositivos que impidan el giro de los mismos y no constituirán puntos débiles a efectos de calentamiento y esfuerzo mecánicos.

– **Conexión de BT:** Las conexiones de baja tensión se ajustarán a lo dispuesto en el Reglamento Electrotécnico para baja tensión.

Ningún circuito de BT se situará sobre la vertical de los circuitos de MT ni a menos de 45 cm en otro caso, excepto si se instalan tubos o pantallas metálicas de protección.

- **Puestas a tierra:**

Las puestas a tierra se realizarán en la forma indicada en el proyecto, debiendo cumplirse estrictamente lo referente a separación de circuitos, forma de constitución y valores deseados para las puestas a tierra.

- **Las condiciones de los circuitos de puesta a tierra son.**

– No se unirán al circuito de puesta a tierra, ni las puertas de acceso ni las ventanas metálicas de ventilación del centro.

– La conexión del neutro a su toma se efectuará, siempre que sea posible, antes del dispositivo de seccionamiento de BT.

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

2.1. INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN.

En un sistema trifásico, la intensidad primaria I_p viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

U = Tensión compuesta primaria en kV = 20 kV.

I_p = Intensidad primaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del

transformador I_p

(kVA) (A)

630 18.19

630 18.19

siendo la intensidad total primaria de 36.37 Amperios.

2.2. INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN.

En un sistema trifásico la intensidad secundaria I_s viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S - W_{fe} - W_{cu}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro.

W_{cu} = Pérdidas en los arrollamientos.

U = Tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios = 0.4kV.

Is = Intensidad secundaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del

transformador Is

(kVA) (A)

630 898.07

630 898.07

2.3. CORTOCIRCUITOS.

2.3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 500 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Compañía suministradora.

2.3.2. Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito.

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las expresiones:

– Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

U = Tensión primaria en kV.

I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

– Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de baja tensión:

No la vamos a calcular ya que será menor que la calculada en el punto anterior.

– Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión):

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} * \frac{U_{cc}}{100} * U_s}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

U_{cc} = Tensión porcentual de cortocircuito del transformador.

U_s = Tensión secundaria en carga en voltios.

I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

2.3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente con:

$S_{cc} = 500 \text{ MVA.}$

$U = 20 \text{ kV.}$

y sustituyendo valores tendremos una intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de A.T. de:

$I_{ccp} = 14.43 \text{ kA.}$

2.3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente y sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del

transformador U_{cc} I_{ccs}

(kVA) (%) (kA)

630 4 22.73

630 4 22.73

Siendo:

- U_{cc} : Tensión de cortocircuito del transformador en tanto por ciento.
- I_{ccs} : Intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de baja tensión.

2.4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

El embarrado de las celdas SM6 está constituido por tramos rectos de tubo de cobre recubiertas de aislamiento termorretráctil.

Las barras se fijan a las conexiones al efecto existentes en la parte superior del cárter del aparato funcional (interruptor–seccionador o seccionador en SF6). La fijación de barras se realiza con tornillos M8.

La separación entre las sujeciones de una misma fase y correspondientes a dos celdas contiguas es de 375 mm. La separación entre barras (separación entre fases) es de 200 mm.

Características del embarrado:

- Intensidad nominal 400 A.
- Límite térmico 1 seg. 16 kA ef.
- Límite electrodinámico 40 kA cresta.

Por tanto, hay que asegurar que el límite térmico es superior al valor eficaz máximo que puede alcanzar la intensidad de cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

2.4.1. Comprobación por densidad de corriente.

Para la intensidad nominal de 400 A el embarrado de las celdas SM6 es de tubo de cobre de diámetro exterior de 24 mm. y con un espesor de 3 mm., lo que equivale a una sección de 198 mm².

La densidad de corriente es:

$$d = \frac{400}{198} = 2,02 \text{ A/mm}$$

Según normativa DIN se tiene que para una temperatura ambiente de 35°C y del embarrado a 65°C, la intensidad máxima admisible es de 548 A para un diámetro de 20 mm. y de 818 A para diámetro de 32 mm, lo cual corresponde a las densidades máximas de 3,42 y 2,99 A/mm² respectivamente. Con estos valores se obtendría una densidad máxima admisible de 3,29 A/mm² para el embarrado de diámetro de 24, valor superior al calculado (2,02 A/mm²). Con estos datos se garantiza el embarrado de 400 A y un calentamiento de 30°C sobre la temperatura ambiente.

2.4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

Para el cálculo consideramos un cortocircuito trifásico de 16 kA eficaces y 40 kA cresta.

El esfuerzo mayor se produce sobre el conductor de la fase central, conforme a la siguiente expresión:

$$F = 13,85 \cdot 10^{-7} \cdot f \cdot \frac{I_{cc}^2}{d} \cdot L \cdot \sqrt{1 + \frac{d^2}{L^2} \cdot \frac{d}{L}}$$

Siendo:

F = Fuerza resultante en Nw.

f = coeficiente en función de cos δ, siendo f=1 para cos δ =0.

I_{cc} = intensidad máxima de cortocircuito = 16.000 A eficaces.

d = separación entre fases = 0,2 metros.

L = longitud tramos embarrado = 375 mm.

y sustituyendo, F = 399 Nw.

Esta fuerza está uniformemente repartida en toda la longitud del embarrado, siendo la carga:

$$q = \frac{F}{L} = 0,108 \text{ kg/mm}$$

Cada barra equivale a una viga empotrada en ambos extremos, con carga uniformemente repartida.

El momento flector máximo se produce en los extremos, siendo:

$$M_{m \text{ x}} = \frac{q \cdot L^2}{12} = 1.272 \text{ kg.mm}$$

El embarrado tiene un diámetro exterior $D=24 \text{ mm}$. y un diámetro interior $d=18 \text{ mm}$.

El módulo resistente de la barra es:

$$W = \frac{\pi}{32} \frac{D^4 - d^4}{D} = \frac{\pi}{32} \frac{24^4 - 18^4}{24} = 927 \text{ mm}^3$$

La fatiga máxima es:

$$r_{m \text{ x}} = \frac{M_{m \text{ x}}}{W} = \frac{1.272}{927} = 1,37 \text{ kg/mm}$$

Para la barra de cobre deformada en frío tenemos:

$$r = 19 \text{ kg/mm}^2. \gg r_{m \text{ x}}$$

o'2

y por lo tanto, existe un gran margen de seguridad.

El momento flector en los extremos debe ser soportado por tornillos M8, con un par de apriete de 2,8 m.Kg., superior al par máximo ($M_{m \text{ x}}$).

2.4.3 Cálculo por sollicitación térmica. Sobreintensidad térmica admisible.

La sobreintensidad máxima admisible durante un segundo se determina de acuerdo con CEI 298 de 1981 por la expresión:

$$S = \frac{I}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{t}{\delta \Theta}}$$

Siendo:

S = sección de cobre en $\text{mm}^2 = 198 \text{ mm}^2$.

δ = 13 para el cobre.

t = tiempo de duración del cortocircuito en segundos.

I = Intensidad eficaz en Amperios.

$\delta = 180^\circ$ para conductores inicialmente a t^a ambiente.

Si reducimos este valor en 30°C por considerar que el cortocircuito se produce después del paso permanente de la intensidad nominal, y para $I = 16 \text{ kA}$:

$$\delta\theta = 150 .$$
$$t = \delta\theta * \frac{S * \alpha^2}{I}$$

y sustituyendo:

$$t = 150 * \frac{198 * 13^2}{16.000} = 3,88 \text{ s.}$$

Por lo tanto, y según este criterio, el embarrado podría soportar una intensidad de 16 kA eficaces durante más de un segundo.

2.5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

* ALTA TENSIÓN.

Los cortacircuitos fusibles son los limitadores de corriente, produciéndose su fusión, para una intensidad determinada, antes que la corriente haya alcanzado su valor máximo. De todas formas, esta protección debe permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío, soportar la intensidad en servicio continuo y sobrecargas eventuales y cortar las intensidades de defecto en los bornes del secundario del transformador.

Como regla práctica, simple y comprobada, que tiene en cuenta la conexión en vacío del transformador y evita el envejecimiento del fusible, se puede verificar que la intensidad que hace fundir al fusible en 0,1 segundo es siempre superior o igual a 14 veces la intensidad nominal del transformador.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia del transformador a proteger.

Potencia del Intensidad nominal

transformador del fusible de A.T.

(kVA) (A)

630 40

630 40

* BAJA TENSION.

En el circuito de baja tensión del transformador se instalará un Cuadro de Distribución modelo CBT-4S, acorde con la norma RU 6302 A, con posibilidad de extensionamiento, que se equipará con los fusibles adecuados para la protección de cada una de las líneas de salida previstas, en función de la potencia demandada para cada una de ellas. Dicho cuadro estará homologado por la Compañía Suministradora.

Potencia del N° de Salidas

transformador en B.T.

(kVA)

630 4

630 4

2.6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL C.T.

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire utilizaremos la siguiente expresión:

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0,24 * K * \sqrt{h * \Delta t^3}}$$

Siendo:

W_{cu} = Pérdidas en cortocircuito del transformador en kW.

W_{fe} = Pérdidas en vacío del transformador en kW.

h = Distancia vertical entre centros de rejillas = 2 m.

Δt = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, considerándose en este caso un valor de 15°C.

K = Coeficiente en función de la reja de entrada de aire, considerándose su valor como 0.6.

S_r = Superficie mínima de la reja de entrada de ventilación del transformador.

Sustituyendo valores tendremos:

Potencia del Pérdidas S_r

transformador $W_{cu} + W_{fe}$ mínima

(kVA) (kW) (m²)

630 7.8 0.66

630 7.8 0.66

Se dispondrá, para cada transformador, de 2 rejillas de ventilación para la entrada de aire situadas en la parte lateral inferior de dimensiones 960 x 707 mm. cada una, consiguiendo así una superficie de ventilación para cada transformador de 1,34 m². Para la evacuación del aire se dispondrá de una rejilla frontal superior, otra posterior superior y 2 rejillas laterales superiores para cada transformador tal y como puede verse en el plano correspondiente. Las rejillas de entrada y salida de aire irán situadas en las paredes a diferente altura, siendo la distancia medida verticalmente de separación entre los puntos medios de dichas rejillas de 2 m., tal como ya se ha tenido en cuenta en el cálculo anterior.

2.7. DIMENSIONES DEL POZO APAGAFUEGOS.

El foso de recogida de aceite tiene que ser capaz de alojar la totalidad del volumen de agente refrigerante que contiene el transformador en caso de su vaciamiento total.

Potencia del Volumen mínimo

transformador del foso

(kVA) (litros)

630 540

630 540

Dado que el foso de recogida de aceite del prefabricado será de 760 litros para cada transformador, no habrá ninguna limitación en este sentido.

2.8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

2.8.1. Investigación de las características del suelo.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial = 300 Ω m.

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

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora (Compañía Sevillana de Electricidad (C.S.E.)), el tiempo máximo de eliminación del defecto es de 1 s. Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según MIE-RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la Compañía son:

$K = 78.5$ y $n = 0.18$.

Por otra parte, los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro, corresponden a:

$R_n = 40 \Omega$ y $X_n = 0 \Omega$. con

$$|Z_n| = \sqrt{R_n^2 + X_n^2}$$

La intensidad máxima de defecto se producirá en el caso hipotético de que la resistencia de puesta a tierra del Centro de Transformación sea nula. Dicha intensidad será, por tanto igual a:

$$I_d(m) = \frac{20.000 \text{ V}}{\sqrt{3} * |Z_n|}$$

con lo que el valor obtenido es $I_d = 288.68 \text{ A}$.

2.8.3. Diseño preliminar de la instalación de tierra.

* TIERRA DE PROTECCIÓN.

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones y procedimientos según el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes:

Para la tierra de protección optaremos por un sistema de las características que se indican a continuación:

– Identificación: código 5/62 del método de cálculo de tierras de UNESA.

– Parámetros característicos:

$$K_r = 0.073 \delta / (\delta * m).$$

$$K_p = 0.012 \text{ V} / (\delta * m * A).$$

– Descripción:

Estará constituida por 6 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 15 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros K_r y K_p de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

* TIERRA DE SERVICIO.

Se conectarán a este sistema 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 de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección. La configuración escogida se describe a continuación:

– Identificación: código 5/62 del método de cálculo de tierras de UNESA.

– Parámetros característicos:

$$K_r = 0.073 \, \Omega/(\Omega \cdot m).$$

$$K_p = 0.012 \, V/(\Omega \cdot m \cdot A).$$

– Descripción:

Estará constituida por 6 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 15 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros K_r y K_p de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω . Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA., no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 Voltios ($=37 \times 0,650$).

Existirá una separación mínima entre las picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión. Dicha separación está calculada en el apartado 2.8.8.

2.8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierras.

* TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro (R_t), intensidad y tensión de defecto correspondientes (I_d , U_d), utilizaremos las siguientes fórmulas:

– Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t :

$$R_t = K_r \cdot .$$

– Intensidad de defecto, I_d :

$$I_d = \frac{20.000 \text{ V}}{\sqrt{3} \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

– Tensión de defecto, Ud:

$$U_d = I_d * R_t .$$

Siendo:

$$= 300 \text{ } \Omega .$$

$$K_r = 0.073 \text{ } \Omega / (\Omega \text{ m}).$$

se obtienen los siguientes resultados:

$$R_t = 21.9 \text{ } \Omega$$

$$I_d = 186.54 \text{ A.}$$

$$U_d = 4085.3 \text{ V.}$$

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del C.T. deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (Ud), por lo que deberá ser como mínimo de 6000 Voltios.

De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del centro, y por ende no afecten a la red de Baja Tensión.

Comprobamos asimismo que la intensidad de defecto calculada es superior a 100 Amperios, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

* TIERRA DE SERVICIO.

$$R_t = K_r * = 0.073 * 300 = 21.9 \text{ } \Omega .$$

que vemos que es inferior a 37 Ω .

2.8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, por la expresión:

$$U_p = K_p * * I_d = 0.012 * 300 * 186.54 = 671.6 \text{ V.}$$

2.8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

El piso del Centro estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del Centro. Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, está sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm. de espesor como mínimo.

El edificio prefabricado de hormigón EHC estará construido de tal manera que, una vez fabricado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldadura eléctrica.

Esta armadura equipotencial se conectará al sistema de tierras de protección (excepto puertas y rejillas, que como ya se ha indicado no tendrán contacto eléctrico con el sistema equipotencial; debiendo estar aisladas de la armadura con una resistencia igual o superior a 10.000 ohmios a los 28 días de fabricación de las paredes).

Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo.

No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión:

$$U_p \text{ acceso} = U_d = R_t * I_d = 21.9 * 186.54 = 4085.3 \text{ V.}$$

2.8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro, emplearemos las siguientes expresiones:

$$U_p(\text{exterior}) = 10 \frac{K}{t^n} \left(1 + \frac{6 * \sigma}{1.000} \right)$$

$$U_p(\text{acceso}) = 10 \frac{K}{t^n} \left(1 + \frac{3 * \sigma + 3 * \sigma_h}{1.000} \right)$$

Siendo:

U_p = Tensiones de paso en Voltios.

$K = 78.5$.

$n = 0.18$.

t = Duración de la falta en segundos: 1 s.

σ = Resistividad del terreno.

σ_h = Resistividad del hormigón = 3.000 $\Omega \cdot m$.

obtenemos los siguientes resultados:

$$U_p(\text{exterior}) = 2198 \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acceso}) = 8556.5 \text{ V.}$$

Así pues, comprobamos que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles:

– en el exterior:

$$U_p = 671.6 \text{ V.} < U_p(\text{exterior}) = 2198 \text{ V.}$$

– en el acceso al C.T.:

$$U_d = 4085.3 \text{ V.} < U_p(\text{acceso}) = 8556.5 \text{ V.}$$

2.8.8. Investigación de tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima $D_{mín}$, entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión:

$$D_{mín} = \frac{\sigma \cdot I_d}{2.000 \cdot \pi}$$

con:

$$= 300 \text{ } \Omega \cdot \text{m.}$$

$$I_d = 186.54 \text{ A.}$$

obtenemos el valor de dicha distancia:

$$D_{mín} = 8.91 \text{ m.}$$

2.8.9. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirían estas mediante la disposición de una alfombra aislante en el suelo del Centro, o cualquier otro medio que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

Cambio de condiciones 15 a -5°C.

En primer lugar debemos calcular en vano de regulación (α_r).

$$\alpha_r = \left(\frac{\alpha_{r3}}{\alpha_r} \right)$$

$$\alpha_r = (1003+1003+1003+1003+1003+1003+1003+1003+1203+1203+1203/1160)$$

$$\alpha_r = (8 \cdot 1003 + 3 \cdot 1203 / 1160) = 106,6 \text{ m.}$$

Para un conductor LA-56, según tabla I; su peso propio $P_p = 0,189 \text{ Kg/m}$, y peso por viento en terreno de clase A ($P_v = 0,567 \text{ Kg/m}$).

Por lo tanto, estamos preparado para comenzar los cálculos:

$$P_{t1} 0,189 \text{ Kgf/m}$$

$$m_1 = m_1 = 1$$

$$P_p 0,189 \text{ Kgf/m}$$

$$P_t = (P_{v2} + P_{p2}) = (0,5672 + 0,1892) = 0,597 \text{ Kgf/m}$$

$$P_{t2} 0,597 \text{ Kgf/m}$$

$$m_2 = m_2 = 3,16$$

$$P_p 0,189 \text{ Kgf/m}$$

$$a_{r2} + m_{12}$$

$$A = [K_1 - K_2 (-)]$$

$$\hat{E}$$

Preparación para el cálculo.

Los valores de K_1 y K_2 se toman según la tabla N° IV, Pero antes hemos de calcular el valor de , teniendo en cuenta en valor de T_1 según tabla III para los valores correspondientes a la temperatura inicial de 15°C.

$$T_1 185 \text{ Kgf/m}$$

$$= = 3,39$$

$$S 54,5 \text{ mm}^2$$

$$K_1 = 0,00404$$

$$K_2 = 0,15471$$

Ahora ya estamos preparados para aplicar la fórmula de A para el cambio de condiciones.

$$106,62 \cdot 12$$

$$A = [0,00404 \cdot - 3,39 - 0,15471 (15 - (-5))]$$

$$3,392$$

$$A = (3,99 - 6,48) = -2,48$$

$$B = K_1 \cdot a_{r2} \cdot m_{22} = 0,00404 \cdot 106,62 \cdot 3,162 = 458,4$$

$$\hat{O} (- A) = B \quad \hat{O} - \hat{O} \cdot A = B$$

$$" 6,95$$

Ahora estamos en disposición de calcular T2 y las distintas flechas (f1 y f2).

Por lo tanto:

$$T2 = S \cdot \sigma = 54,5 \text{ mm}^2 \cdot 6,95 = 378,7 \text{ Kgf.}$$

$$P_{t1} = \sigma \cdot A = 106,62 \cdot 0,189 \text{ Kgf/m}$$

$$f1 = \frac{P_{t1} \cdot L^2}{8 \cdot T1} = 1,45 \text{ m.}$$

$$T1 = 185 \text{ Kgf}$$

$$P_{t2} = \sigma \cdot A = 106,62 \cdot 0,597 \text{ Kgf/m}$$

$$f2 = \frac{P_{t2} \cdot L^2}{8 \cdot T2} = 2,23 \text{ m}$$

$$T2 = 378,7 \text{ Kgf}$$

Para calcular el coeficiente de seguridad (n) necesitamos saber cuál es la carga de rotura para el tipo de conductor seleccionado LA-56, que en este caso, según la tabla II, ($F_r = 1666 \text{ Kgf}$).

$$F_r = 1666 \text{ Kgf}$$

$$n1 = \frac{F_r}{T1} = 9.$$

$$T1 = 185 \text{ Kgf}$$

$$F_r = 1666 \text{ Kgf}$$

$$n2 = \frac{F_r}{T2} = 4,4.$$

$$T2 = 378,7 \text{ Kgf}$$

Cambio de condiciones 15 a 40°C.

Para un conductor LA-56, según tabla I; su peso propio $P_p = 0,189 \text{ Kgf/m}$, y peso por viento en terreno de clase A ($P_v = 0,567 \text{ Kgf/m}$).

Por lo tanto, estamos preparado para comenzar los cálculos:

$$P_{t1} = 0,189 \text{ Kgf/m}$$

$$m1 = \frac{P_{t1}}{P_p} = 1$$

$$P_p = 0,189 \text{ Kgf/m}$$

$$P_{t2} = (P_v + P_p) = (0,567 + 0,189) = 0,756 \text{ Kgf/m}$$

$$P_{t2} = 0,756 \text{ Kgf/m}$$

$$m2 = \frac{P_{t2}}{P_p} = 4,0$$

Pp 0,189 Kgf/m

ar² + m¹²

A = [K1 - - K2 (-)]

Ê

Preparación para el cálculo.

Los valores de K1 y K2 se toman según la tabla N° IV, Pero antes hemos de calcular el valor de , teniendo en cuenta en valor de T1 según tabla III para los valores correspondientes a la temperatura inicial de 15°C.

T1 185 Kgf/m

= = = 3,39

S 54,5 mm²

K1 = 0,00404

K2 = 0,15471

Ahora ya estamos preparados para aplicar la fórmula de A para el cambio de condiciones.

106,62 · 12

A = [0,00404 · - 3,39 - 0,15471 (15 - 40)]

3,392

A = (3,99 - 0,477) = 3,51

B = K1 · ar² · m²² = 0,00404 · 106,62 · 3,162 = 458,4

Ò (- A) = B Ó - Ò · A = B

" 9,08

Ahora estamos en disposición de calcular T2 y las distintas flechas (f1 y f2).

Por lo tanto:

T2 = S · = 54,5 mm² · 9,08 = 494,8 Kgf.

ar² · Pt1 106,62 · 0,189 Kgf/m

f1 = = = 1,45 m.

8 · T1 8 · 185 Kgf

ar² · Pt2 106,62 · 0,597 Kgf/m

f2 = = = 1,7 m

8 · T2 8 · 494,8 Kgf

Para calcular el coeficiente de seguridad (n) necesitamos saber cuál es la carga de rotura para el tipo de conductor seleccionado LA-56, que en este caso, según la tabla II, (Fr = 1666 Kgf).

Fr 1666 Kgf

n1 = = = 9.

T1 185 Kgf

Fr 1666 Kgf

n2 = = = 3,36.

T2 494,8 Kgf

CIMENTACIONES

CIMENTACIONES PARA APOYOS METALICOS

ESFUERZO	ALTURA	TERRENO			
UTIL					
(daN)	H (m)	NORMAL (K=12)	a (m)	V (m3)	
1000	20	1,50	1,18	4,05	
2000	12	1,10	2,10	2,54	
		14	1,20	2,20	3,17
		16	1,30	2,20	3,72
		18	1,40	2,20	4,31
		20	1,50	2,20	4,95
	3000	12	1,10	2,40	2,90
		14	1,20	2,40	3,46
		16	1,30	2,40	4,06
		18	1,40	2,50	4,90
		20	1,50	2,50	5,63

Para denominación c- 2000.

d = 0,1 m.

Comprobación por cálculos mecánicos

Mo = Momento estabilizador del terreno.

a = lado de la base de hormigón (m)

hc =Profundidad de la cimentación (m).

M_b = momento de las cargas verticales o momento estabilizador.

p = peso del apoyo en toneladas.

M_v = momento de vuelco de todas la fuerzas exteriores ($m \cdot t$).

H = altura sobre el terreno hasta el punto de aplicación de F_f (m).

F_f = Fuerza flectora resultante que actúa sobre el apoyo.

$M_o = 0,2777 \cdot K \cdot a \cdot hc^3 = 0,2777 \cdot 8 \cdot 1,2 \cdot 2,3 = 32,43 \text{ t/m.}$

$M_b = 0,4 \cdot p \cdot a = 0,4 \cdot 1,5 \cdot 1,2 = 0,72 \text{ t/m.}$

$M_v = F_f (H + hc) = 0,494 (11,7 + 2,3) = 6,14 \text{ t/m.}$

$M_o + M_b = 32,43 + 0,72$

$M_v = 22,1 > 6,14$

1,5 1,5

Por lo que el terreno aguanta perfectamente los esfuerzos.

Finalmente calculamos el coeficiente de seguridad obtenido:

22,1 t/m

$n = 3,6 > 1,5$

6,14 t/m

Al ser superior el coeficiente mínimo que se pedía (1,5) se confirma nuestra elección.