

ANEXO COMPLEMENTARIO

ASUNTO: Acometida subterránea de Alta Tensión a 20 KV D/C de 11+11 metros con conductor HEPRZ1 12/20 KV 3x240 mm² Al, centro de seccionamiento interior en edificio prefabricado 3L1A y transformador de 50 KVA para servicios auxiliares.

FINALIDAD: Suministro de energía para industria de secado, manipulación y almacenamiento de ajos.

EMPLAZAMIENTO: Ctra Madrid-Alicante, 25 de El Provencio (Cuenca)

REFERENCIA: AM/am 162402-06445

D^a M. Nieves Galindo Castillo, Ingeniera Técnica Industrial, Colegiada N^o 1671 del COITIAB como Técnica Redactora y Directora del proyecto referenciado, adjunto la siguiente documentación complementaria:

1.- CARACTERÍSTICAS DE LA ACOMETIDA AÉREO- SUBTERRÁNEA DE ALTA TENSIÓN EN DOBLE CIRCUITO A C.S. DE 11 + 11 ML A CEDER A IBERDROLA:

- Acometida de Alta Tensión en doble circuito, de 11+11 metros de longitud con conductor HEPRZ1 12/20 KV sección 3x240 mm² Al en instalación aéreo-subterránea.
- La acometida partirá del apoyo N^o 3279 propiedad de Iberdrola, según plano de planta, donde se realizará el entronque aéreo-subterráneo y desde este punto discurrirá subterránea en bucle hasta el Centro de Seccionamiento. La conexión se realizará en la LÍNEA 08 ST 3569.
- El trazado de esta acometida discurre por el camino de las hoyuelas y por terrenos privados propiedad del titular, que serán cedidos a la compañía.

2.- ENTRONQUE AÉREO-SUBTERRÁNEO

El entronque Aéreo- Subterráneo se realizará según lo establecido en la MT 2.31.01., lo cual se indica en el Plano N° 5.

Las tres fases del cable subterráneo en el tramo aéreo de subida hasta la línea aérea irán protegidas con un tubo de acero galvanizado, a fin de evitar el calentamiento producido por las corrientes inducidas. El interior del tubo será liso para facilitar la instalación o sustitución del cable averiado.

El tubo de acero galvanizado, se obturará por la parte superior para evitar la entrada de agua, y se empotrá en la cimentación del apoyo, sobresaliendo por encima del nivel del terreno 2,5 metros mínimo. El diámetro del tubo será como mínimo de 1,5 veces el diámetro de la terna de cables.

Se instalarán sistemas de protección de los cables contra sobretensiones mediante pararrayos de óxidos metálicos. El drenaje de estos se conectará a las pantallas metálicas de los cables, la conexión será lo más corta posible y sin curvas pronunciadas, garantizándose el nivel de aislamiento del elemento a proteger. Todo ello queda detallado en el Plano N° 5 adjunto.

3.- CONDICIONES DE INSTALACIÓN DE LA ACOMETIDA DE A.T. A 20 KV DE 2X11 ML DE 3 X240 mm² HEPRZ1 12/20 KV AL.

Los cables de la acometida de A.T. a 20 KV de 2x11 ML de 3x240 mm² HEPRZ1 12/20 KV de Al, se instalarán según Normas de la Compañía Iberdrola (MT.2.31.01), **directamente enterrados**, ya que la instalación se realiza en suelo rústico (zona no urbana).

Los cables se alojarán en una zanja con profundidad mínima de 0,80 m y anchura de 0,50 m. Si la canalización se realizara con medios manuales, debe aplicarse la normativa vigente para permitir desarrollar el trabajo de las personas en el interior de la zanja.

El lecho de la zanja debe ser liso y estar libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se colocará una capa de arena o material de características equivalentes de espesor mínimo 5 cm y exenta de cuerpos extraños sobre la que se depositarán los cables a instalar. Los laterales de la zanja han de ser compactos y

no deben desprender piedras o tierra. La zanja se protegerá con estribas u otros medios para asegurar su estabilidad, conforme a la normativa de riesgos laborales. Por encima de los cables se dispondrá otra capa de arena de idénticas características y de 10 cm de espesor y sobre esta se instalará una protección mecánica a todo lo largo del trazado del cable, esta protección consistirá en una placa cubrecables, las características de las placas cubrecables serán las establecidas en las NI 52.95.01. En este caso al tratarse de un circuito doble se instalarán dos placas cubrecables.

A continuación se tenderá una capa de tierra procedente de la excavación y con tierras de préstamo de arena, todo-uno o zahorras, de 0,25 m de espesor, apisonada por medios manuales. Se cuidará que esta capa de tierra esté exenta de piedras o cascotes. Sobre esta capa de tierra, y a una distancia mínima del suelo de 0,10 m y 0,30 m de la parte superior del cable se colocará una cinta de señalización como advertencia de la presencia de cables eléctricos, las características, color, etc., de esta cinta serán las establecidas en la NI 29.00.01, todo ello queda especificado en el plano N° 5.

4.- CÁLCULOS DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO

Se adjuntan cálculos del Centro de Seccionamiento, incluyendo detalles de la instalación de puesta a tierra.

5.- ORGANISMOS AFECTADOS POR LA INSTALACIÓN

Los organismos afectados por la instalación son:

- Ayuntamiento de El Provencio (Cuenca)

6.- TRANSFORMADOR PARA SERVICIOS AUXILIARES EN CS

El CS dispone de un transformador para servicios auxiliares de 50 KVA.

Y para que así conste y surta los efectos oportunos, se expide el presente
Anexo Complementario en Las Pedroñeras a 10 de Febrero de 2023.

LA INGENIERA TÉCNICA INDUSTRIAL

Fdo: M. Nieves Galindo Castillo

COLEGIADA N° 1671 COITIAB

CALCULOS CENTRO DE SECCIONAMIENTO

1 CÁLCULOS

1.1 Intensidad de Media Tensión

Al no incluirse transformadores en este Centro, la intensidad de MT considerada es la del bucle, que en este caso es 400 A.

1.2 Intensidad de Baja Tensión

Al no haber transformadores en esta aplicación, no hay BT de potencia.

1.3 Cortocircuitos

1.3.1 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.

1.3.2 Cálculo de las intensidades de cortocircuito

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

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

donde:

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

1.3.3 Cortocircuito en el lado de Media Tensión

Utilizando la expresión 2.3.2.a, en el que la potencia de cortocircuito es de 350 MVA y la tensión de servicio 20 kV, la intensidad de cortocircuito es :

$$\cdot I_{ccp} = 10,1 \text{ kA}$$

1.3.4 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión

Al no haber transformadores en esta aplicación, no hay BT de potencia.

1.4 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.

1.4.1 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.

1.4.2 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:

$$\cdot I_{cc(din)} = 25,3 \text{ kA}$$

1.4.3 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:

$$I_{cc(ter)} = 10,1 \text{ kA.}$$

1.5 Protección contra sobrecargas y cortocircuitos

Al no haber transformadores en esta aplicación, no hay protección de transformador en MT o en BT.

1.6 Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación.

Al no incluirse transformadores en esta aplicación, no es necesario que se disponga de ventilación adicional en el Centro.

1.7 Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra

1.7.1 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 150 Ohm·m.

1.7.2 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.

Intensidad máxima de defecto:

$$I_{d \max \text{ cal.}} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_n^2 + X_n^2}} \quad (2.9.2.a)$$

donde:

U_n Tensión de servicio [kV]
 R_n Resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]
 X_n Reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]
 $I_{d \max \text{ cal.}}$ Intensidad máxima calculada [A]

La $I_{d \max}$ en este caso será, según la fórmula 2.9.2.a :

$$I_{d \max \text{ cal.}} = 461,88 \text{ A}$$

Superior o similar al valor establecido por la compañía eléctrica que es de:

$$I_{d \max} = 400 \text{ A}$$

1.7.3 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.

1.7.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio: $U_r = 20 \text{ kV}$

Puesta a tierra del neutro:

- Resistencia del neutro $R_n = 0 \text{ Ohm}$
- Reactancia del neutro $X_n = 25 \text{ Ohm}$
- Limitación de la intensidad a tierra $I_{dm} = 400 \text{ A}$

Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:

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

Características del terreno:

- Resistencia de tierra $R_o = 150 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$
- 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:

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

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:

$$I_d = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \quad (2.9.4.b)$$

donde:

U_n tensión de servicio [V]
 R_n resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]
 R_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
 X_n reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]
 I_d intensidad de falta a tierra [A]

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

$$\cdot I_d = 230,94 \text{ A}$$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

$$\cdot R_t = 43,3 \text{ Ohm}$$

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:

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_o} \quad (2.9.4.c)$$

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 Seccionamiento

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

- $K_r \leq 0,2887$

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 20-20/5/42
- Geometría del sistema: Anillo rectangular
- Distancia de la red: 2.0x2.0 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,5 m
- Número de picas: cuatro
- Longitud de las picas: 2 metros

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia $K_r = 0,135$
- De la tensión de paso $K_p = 0,0335$
- De la tensión de contacto $K_c = 0,0723$

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:

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

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 Seccionamiento:

- $R'_t = 20,25 \text{ Ohm}$

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

- $I'_d = 358,91 \text{ A}$

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

La tensión de defecto vendrá dada por:

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

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 Seccionamiento:

$$\cdot V'_d = 7267,94 \text{ V}$$

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:

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

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 Seccionamiento:

$$\cdot V'_c = 3892,38 \text{ V}$$

1.7.6 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:

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

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:

- $V_p = 1803,52 \text{ V}$ en el Centro de Seccionamiento

1.7.7 Cálculo de las tensiones aplicadas

- Centro de Seccionamiento

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

- $t = 0,2 \text{ seg}$

Tensión de paso en el exterior:

$$(2.9.7.a) \quad U_p = 10 * U_{ca} \left[1 + \frac{2 * R_{a1} + 6 * R_0}{1000} \right]$$

donde:

U_{ca} valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta

R_0 resistividad del terreno en $[\text{Ohm} \cdot \text{m}]$

R_{a1} Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc. $[\text{Ohm}]$

por lo que, para este caso

- $V_p = 31152 \text{ V}$

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$(2.9.7.b) \quad U_{pacc} = 10 * U_{ca} \left[1 + \frac{2 * R_{a1} + 3 * R_0 + 3 * R'_0}{1000} \right]$$

donde:

V_{ca} valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta

R_o resistividad del terreno en $[Ohm \cdot m]$

R'_o resistividad del hormigón en $[Ohm \cdot m]$

R_{a1} Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc. $[Ohm]$

por lo que, para este caso

$$\cdot V_{p(acc)} = 76296 \text{ V}$$

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

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$\cdot V'_p = 1803,52 \text{ V} < V_p = 31152 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$\cdot V'_{p(acc)} = 3892,38 \text{ V} < V_{p(acc)} = 76296 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$\cdot V'_d = 7267,94 \text{ V} < V_{bt} = 10000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$\cdot I_a = 50 \text{ A} < I_d = 358,91 \text{ A} < I_{dm} = 400 \text{ A}$$

1.7.8 Investigación de las tensiones transferibles al exterior

En este caso no se separan las tierras de protección y de servicio al ser la tensión de defecto inferior a los 1000 V indicados.

En el Centro de Seccionamiento no existe ninguna tierra de servicios luego no existirá ninguna transferencia de tensiones.

1.7.9 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 "Kr" 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.

Las Pedroñeras, 26 de Enero de 2023
LA INGENIERA TÉCNICA INDUSTRIAL

Fdo: M. Nieves Galindo Castillo
Colegiada Nº 1.671COITIAB

