

15436 Parque de Bomberos nº 4
en Casetas (Zaragoza)– Fase 1
AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA

PROYECTO DE EJECUCION
ANEJO MEDIA TENSION
CALCULOS

ÍNDICE

2. CÁLCULOS

2.1 CÁLCULO DE LA LÍNEA DE INTERCONEXIÓN SUBTERRÁNEA DE M.T.	2
2.2 CÁLCULO DEL CENTRO SECCIONAMIENTO, TRANSFORMACIÓN Y MEDIDA	4
2.3 RED DE TIERRAS	6

2.1 CÁLCULO DE LA LÍNEA DE INTERCONEXIÓN SUBTERRÁNEA DE M.T.

Los cables de conexión con las redes de distribución de la Compañía Eléctrica que alimentarán nuestro Centro de Seccionamiento, Transformación y Medida han sido indicados por la Compañía Eléctrica en sus Condiciones de Suministro, siendo éste de aluminio RHZ1 12/20 kV 3x1x400 mm².

Las características del cable se resumen a continuación:

Tensión nominal:	12/20 KV
Intensidad máxima admisible directamente soterrados:	445A.
Intensidad máxima admisible en tubular soterrada:	415A.
Naturaleza del conductor:	Al
Aislamiento:	XLPE (5,5mm espesor)
Cubierta color rojo:	Poliolefina (2 mm espesor)
Diámetro nominal exterior:	42,8 mm
Radio mínimo de curvatura:	658 mm
Resto de características mínimas:	S/NORMA GE DND001

La capacidad de transporte de la nueva línea eléctrica de media tensión será, para $U=15$ kV:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot 15000 \cdot 415 = 10782 \text{ kVA}$$

▪ Cálculo de la Intensidad Nominal

La instalación cuenta con un transformador de 400 KVA por lo que la potencia máxima será de 400 KVA. Por su parte, la intensidad máxima que soporta el cable de aluminio RHZ1 12/20 kV 3x1x400 mm² es de 415 A. superior a la nominal que es:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 15} = 15,39 \text{ A}$$

Donde:

I_p : corriente nominal de primario (A).

S: Potencia aparente del transformador (kVA).

U: Tensión nominal de la red (kV).

La densidad de corriente resultante será $d = 15,4 \text{ A} / 400 \text{ mm}^2 = 0,0385 \text{ A/mm}^2$ inferior a la máxima admisible de $1,04 \text{ A/mm}^2$.

▪ Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito, se supone como dato de partida la potencia de cortocircuito en la red de media tensión, suministrado por la compañía suministradora ERZ Endesa, siendo esta de 500 MVA. La intensidad de cortocircuito en el lado de alta tensión en el supuesto más desfavorable será:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_{cc}} = \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 15} = 19,25 \text{ kA}$$

Donde:

I_{ccp} : Corriente de cortocircuito en primario (kA).

U : Tensión de primario (kV).

S_{cc} : Potencia de cortocircuito de la red (MVA).

Teniendo en cuenta que la Compañía Suministradora nos da como dato un tiempo de desconexión de un segundo de las protecciones en la subestación, la intensidad de cortocircuito máxima admisible por el conductor, vendrá dada por la siguiente expresión:

$$I_{cc} = \frac{S \cdot K}{\sqrt{t_{cc}}} = \frac{400 \cdot 94}{\sqrt{1}} = 37,6 \text{ kA}$$

Donde:

I_{cc} : Corriente de cortocircuito (kA) máxima soportada por el cable.

S : Sección del conductor (mm^2).

K : Densidad de corriente en cortocircuito (A/mm^2). Según la tabla 26 de la ITC-LAT 06, RD 223/2008, para conductores de aluminio y aislamiento XLPE.

t_{cc} : Tiempo de duración del cortocircuito (s). Según ERZ ENDESA, $t_{cc}=1\text{s}$.

La corriente de corto circuito soportada por el cable durante un segundo ($I_{cc}=37,6\text{kA}$) es mayor que la máxima esperada en ese punto ($I_{ccp}=19,25\text{ kA}$) , por lo que se considera adecuado.

2.2. CÁLCULO DEL CENTRO SECCIONAMIENTO, TRANSFORMACIÓN Y MEDIDA

El cable seleccionado para interconexión de la Celda de medida con el transformador es de aluminio RHZ1 12/20 kV 3x1x95 mm², contando con una longitud aproximada de 5 m. Se instalará al aire mediante abrazaderas y soportes adecuados.

Las características del cable se resumen a continuación:

Tensión nominal:	12/20 KV
Intensidad máxima admisible instalados al aire:	335A.
Naturaleza del conductor:	Al
Aislamiento:	XLPE (5,5mm espesor)
Cubierta:	Poliolefina (2 mm espesor)
Diámetro nominal exterior:	29,5 mm
Radio mínimo de curvatura:	480 mm
Resto de características mínimas:	S/NORMA GE DND001



▪ Cálculo de la Intensidad Nominal

La instalación cuenta con un transformador de 400 KVA por lo que la potencia máxima será de 400 KVA. Por su parte, la intensidad máxima que soporta el cable de aluminio RHZ1 12/20 kV 3x1x95 mm² es de 335 A. superior a la nominal que es:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 15} = 15,39 A$$

Donde:

I_p : corriente nominal de primario (A).

S: Potencia aparente del transformador (kVA).

U: Tensión nominal de la red (kV).

La densidad de corriente resultante será $d = 15,4 A / 95 mm^2 = 0,162 A/mm^2$ inferior a la máxima admisible de 1,63 A/mm².

▪ Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito, se supone como dato de partida la potencia de cortocircuito en la red de media tensión, suministrado por la compañía suministradora ERZ Endesa, siendo esta de 500 MVA. La intensidad de cortocircuito en el lado de alta tensión en el supuesto más desfavorable será:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_{cc}} = \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 15} = 19,25kA$$

Donde:

I_{ccp} : Corriente de cortocircuito en primario (kA).

U : Tensión de primario (kV).

S_{cc} : Potencia de cortocircuito de la red (MVA).

La intensidad de cortocircuito máxima admisible por el conductor, vendrá dada por la siguiente expresión:

$$I_{cc} = \frac{S \cdot K}{\sqrt{t_{cc}}} = \frac{95 \cdot 133}{\sqrt{0,3}} = 23,07kA$$

Donde:

I_{cc} : Corriente de cortocircuito (kA) máxima soportada por el cable.

S : Sección del conductor (mm²).

K : Densidad de corriente en cortocircuito (A/mm²). Según la tabla 26 de la ITC-LAT 06, RD 223/2008, para conductores de aluminio y aislamiento XLPE.

t_{cc} : Tiempo de duración del cortocircuito (s).

El cable a emplear en la acometida es RHZ1 12/20 kV 3x1x95 mm² en Aluminio, el cual soporta una corriente de corto circuito de 23,07kA durante 0,3 segundos, por lo que se considera adecuado, ya que los dispositivos de protección actúan en un tiempo inferior a 0,3 seg.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión consideraremos la potencia del transformador a instalar, 400 KVA, así como la tensión de cortocircuito de éste, 6%. Con lo cual tendremos:

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot \frac{U_{cc}}{100} \cdot U_s} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \frac{6}{100} \cdot 400} = 9,62kA$$

Donde:

I_{ccs} : Corriente de cortocircuito en secundario (kA).

S : Potencia del transformador (kVA).

U_{cc} : Potencia de cortocircuito % características transformador.

U_s : Tensión nominal de secundario (V).

2.3. RED DE TIERRAS

El cálculo se ha realizado de acuerdo al “Método de Cálculo y Proyecto de Instalaciones de Puesta a Tierra para Centros de Transformación conectados a redes de Tercera Categoría” elaborado por UNESA.

Se supone para el cálculo una resistividad del terreno de 150 Ohm.m.

El electrodo diseñado se ha descrito en el apartado 1.7 “Red de Tierras”. Seguidamente se justifican los cálculos del mismo.

15436 Parque de Bomberos nº 4
en Casetas (Zaragoza)– Fase 1
AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA

PROYECTO DE EJECUCION
ANEJO MEDIA TENSION
CALCULOS

JUSTIFICACION DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA SELECCIONADO

(NEUTRO AISLADO)

0.- REFERENCIA DEL C.T.

* Código: C.T. PARQUE DE BOMBEROS

* Población : ZARAGOZA

1.- DATOS DE PARTIDA

1. 1. Características iniciales

* Tensión de servicio.	U = 15000 V
* Red aérea	
- Longitud total	$L_a = 0 \text{ km}$
- Capacidad	$C_a = 0,006 \text{ microF/km}$
* Red subterránea	
- Longitud total	$L_o = 2 \text{ km}$
- Capacidad	$C_o = 0,25 \text{ microF/km}$
* Duración de la falta	

Desconexión inicial

Relé a tiempo independiente	$t' = 0,25 \text{ sg}$
-----------------------------	------------------------

Nivel de aislamiento de las instalaciones de B.T. en el Centro de Transformación	$V_{bt} = 3000 \text{ V}$
---	---------------------------

1. 2. Características del C.T.

- Aislado	
- Dimensiones del local	$a = 8,00 \text{ m}$ $b = 3,00 \text{ m}$

2.- CARACTERISTICAS DEL TERRENO

* Resistividad del terreno	$p = 150 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$
----------------------------	--------------------------------------

3.- OBSERVACIONES

4.- CALCULO

4. 1. Resistencia máxima de la P.T. de las masas del C.T. (R_t) e intensidad de defecto (I_d)

$$I_d \times R_t \leq V_{bt}$$

$$I_d = \frac{\text{raiz}(3) \times U \times (2 \times 3,14 \times 50) \times (C_a \times L_a + C_o \times L_o)}{\text{raiz}(1 + (2 \times 3,14 \times 50)^2 \times (C_a \times L_a + C_o \times L_o)^2 \times (3 \times R_t)^2)}$$

por tanto, $I_d = 3,83 \text{ A}$

$R_t = 783,65 \text{ Ohm.}$

4. 2. Selección del electrodo tipo.

* "Valor unitario" máximo de la resistencia de puesta a tierra del electrodo

$$K_r \leq R_t / p \quad K_r \leq 5,2243 \text{ Ohm/Ohm-m}$$

* Dimensiones horizontales del electrodo

$$\begin{aligned} a' &= 8,00 \text{ m} \\ b' &= 4,00 \text{ m} \end{aligned}$$

* Picas NO alineadas

* Sección del conductor de cobre desnudo 50 mm^2

* Profundidad del electrodo horizontal $0,50 \text{ m}$

- Número de picas 8

- Longitud de las picas (L_p) 2 m

* Electrodo seleccionado. Código de la configuración $80 - 30 / 5 / 82$

- Parámetros característicos del electrodo :

- De la resistencia $K_r = 0,0690 \text{ Ohm/Ohm-m}$

- De la tensión de paso $K_p = 0,0145 \text{ V/Ohm-m-A}$

- De la tensión de contacto exterior $K_o = 0,0303 \text{ V/Ohm-m-A}$

4. 3. Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores se adoptan las siguientes medidas de seguridad :

* Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar sometidas a tensión debido a defectos o averías.

* En el piso del CT se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm conectado a la puesta a tierra de protección del CT.

4. 4. Valores de resistencia de puesta a tierra (R'_t), intensidad de defecto (I'_d) y tensiones de paso V'_p y $V'_{p(ACC)}$ del electrodo tipo seleccionado para la resistividad del terreno medida (p)

* Resistencia de puesta a tierra ($R'_t \leq R_t$)

$$R'_t = K_r \times p \quad \begin{array}{l} K_r = 0,0690 \\ p = 150 \end{array} \quad \begin{array}{l} R'_t = 10,35 \text{ Ohm.} \\ R_t = 783,65 \text{ Ohm.} \end{array}$$

* Intensidad de defecto

$$I'_d = \frac{\text{raiz}(3) \times U \times (2 \times 3,14 \times 50) \times (C_a \times L_a + C_c \times L_c)}{\text{raiz}(1 + (2 \times 3,14 \times 50)^2 \times (C_a \times L_a + C_c \times L_c)^2 \times (3 \times R'_t)^2)} =$$

$$= \frac{1,732 \times 10^{-8} \times (1,9 \times L_a + 78,5 \times L_c) \times U}{\text{raiz}(1 + [10^{-8} \times (1,9 \times L_a + 78,5 \times L_c)]^2 \times 9 \times (R'_t)^2)} = \frac{4,07886}{1,00001}$$

por tanto, $I'_d = 4,079 \text{ A}$

* Tensión de paso en el exterior

$$V'_p = K_p \times p \times I'_d \quad \begin{array}{l} K_p = 0,0145 \\ p = 150 \end{array} \quad \text{por tanto, } V'_p = 8,87 \text{ V.}$$

* Tensión de paso en el acceso al C.T.

$$V'_{p(ACC)} = V'_c = K_c \times p \times I'_d \quad \begin{array}{l} K_c = 0,0303 \\ p = 150 \end{array} \quad \text{por tanto, } V'_{p(ACC)} = 18,54 \text{ V.}$$

* Tensión de defecto

$$V'_d = R'_t \times I'_d \quad \begin{array}{l} R'_t = 10,35 \\ I'_d = 4,079 \end{array} \quad \text{por tanto, } V'_d = 42,22 \text{ V.}$$

4. 5. Duración total de la falta.

* Desconexión inicial:

- Relé a tiempo independiente $t' = 0,25 \text{ sg.}$
- Reenganche a tiempo independiente $t'' = 0,5 \text{ sg.}$

Duración total $t = t' + t'' = 0,75 \text{ sg.}$

4. 6. Separación entre los sistemas de puesta a tierra de protección (masa) y de servicio (neutro de B.T.)

- Sistemas de puesta a tierra separados e independientes.

* Distancia mínima de separación,

$$D = p \times I_d / 2000 \times 3,14$$

$$\begin{aligned} p &= 150 \\ I_d &= 4,079 \end{aligned} \quad D \geq 0,10 \text{ m.}$$

5.- VALORES ADMISIBLES

Como se cumple ($0,9 \geq t > 0,1$), los valores de K y n son los siguientes:

$$\begin{aligned} t &= 0,75 \quad \text{sg} & K &= 72,00 \\ & & n &= 1,00 \end{aligned}$$

* Tensión de paso en el exterior

$$V_p = \frac{10 \times K}{t^n} \left(1 + \frac{6 \times p}{1000} \right) \quad V_p = 1824,00 \text{ V.}$$

* Tensión de paso en el acceso al C.T.

$$V_{p(\text{acc})} = \frac{10 \times K}{t^n} \left(1 + \frac{3 \times p + 3 \times p'}{1000} \right) \quad V_{p(\text{acc})} = 10032,00 \text{ V.}$$

6.- COMPROBACION DE QUE LOS VALORES CALCULADOS SATISFACEN LAS CONDICIONES EXIGIDAS.

6.1. Tensiones de paso y contacto en el interior

Se han adoptado las medidas de seguridad "b" o "c" del aptdo. 4.3.1, o la "a" o "b" del aptdo. 4.3.2., por lo que no será preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior, ya que éstas serán prácticamente cero.

6.2. Tensiones de contacto exterior

Se ha adoptado la medida de seguridad "a" del aptdo. 4.3.1., por lo que no será preciso calcular la tensión de contacto exterior, ya que ésta será prácticamente cero.

6.3. Tensiones de paso en el exterior y de paso en el acceso al CT

- Tensión de paso en el exterior: V_p (calculado) = 8,87 V.
 V_p (admisible) = 1824,00 V.
- Tensión paso en acceso a CT: $V_{p(acc)}$ (calculado) = 18,54 V.
 $V_{p(acc)}$ (admisible) = 10032,00 V.
- Tensión de defecto: V_d (calculado) = 42,22 V.
 V_{bt} (admisible) = 3000,00 V.

LOS CALCULOS HAN SIDO ESTUDIADOS SIGUIENDO EL METODO HOWE
SEGUN LA PUBLICACION DE UNESA.