

## Treball final de grau

**Estudi:** Grau en Enginyeria Elèctrica

**Títol:** Disseny d'una subestació elèctrica AT/MT de 132/25kV

**Document:** 1. Memòria

**Alumne:** Sergio Guzmán Corro

**Tutor:** Fernando Cruz Sánchez

**Departament:** Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

**Àrea:** Enginyeria de Sistemes i Automàtica

**Convocatòria (mes/any):** setembre/2015

1.	INTRODUCCIÓ .....	5
1.1.	Antecedents.....	5
1.2.	Objecte .....	5
1.3.	Especificacions i abast .....	5
2.	PETICIONARI.....	6
3.	EMPLAÇAMENT .....	7
4.	CLASSIFICACIÓ DE L'ACTIVITAT .....	8
5.	ABAST DE LA INSTAL·LACIÓ .....	9
5.1.	Connexió a la xarxa .....	9
5.2.	Configuració .....	9
5.2.1.	Parc de AT 132kV .....	9
5.2.2.	Parc de MT 25kV .....	9
5.2.3.	Transformació.....	9
5.2.4.	Sistema de control i proteccions .....	10
5.2.5.	Sistema de mesura.....	10
5.2.6.	Sistema de serveis auxiliars .....	10
5.2.7.	Sistema de telecomunicacions .....	10
5.2.8.	Sistema de posada a terra.....	10
5.2.9.	Sistemes de seguretat .....	11
5.3.	Paràmetres bàsics de disseny .....	11
5.4.	Obra civil, edifici i estructures metàl·liques .....	12
6.	SUBESTACIÓ .....	13
6.1.	PARC DE 132KV .....	13
6.1.1.	Posició de línia .....	13
6.1.2.	Posició de transformador .....	15
6.1.3.	Barres i conductors.....	15
6.2.	TRANSFORMACIÓ .....	16
6.3.	PARC DE MT .....	20
6.3.1.	Cel·la MT de transformador de potència.....	21

6.3.2.	Cel·la de sortida de línia .....	22
6.3.3.	Cel·la d'acoblament transversal.....	22
6.3.4.	Cel·la per transformador MT/BT de serveis auxiliars .....	23
6.3.5.	Cel·la de remuntador amb interruptor (instal·lació futura) .....	23
6.3.6.	Cel·la d'acoblament longitudinal (instal·lació futura) .....	23
6.3.7.	Cel·la de bateria de condensadors .....	23
6.3.8.	Cel·la de mesura .....	24
6.3.9.	Barres col·lectores.....	25
6.3.10.	Condicions de servei .....	25
6.3.11.	Edifici.....	25
6.4.	SISTEMA DE CONTROL.....	26
6.5.	SISTEMA DE PROTECCIONS.....	26
6.5.1.	Posició de línia Alta Tensió.....	26
6.5.2.	Posició de Transformador Alta Tensió .....	28
6.5.3.	Sistemes de comanament i protecció Mitja Tensió .....	30
6.6.	SISTEMES DE MESURA .....	30
6.7.	SISTEMES DE SERVEIS AUXILIARS.....	31
6.7.1.	SSAA de corrent continu .....	31
6.7.2.	SSAA de corrent alterna .....	34
6.8.	TELECOMUNICACIONS.....	34
6.9.	SISTEMA DE POSADA A TERRA.....	35
6.9.1.	Protecció superficial.....	35
6.9.2.	Protecció atmosfèrica .....	37
6.10.	SISTEMA D'ENLLUMENAT.....	38
6.11.	VENTILACIÓ .....	40
6.12.	SISTEMES DE SEGURETAT.....	40
6.12.1.	Sistemes de detecció contra incendis.....	40
6.12.2.	Murs tallafocs .....	41
6.12.3.	Sistema de vídeo-vigilància i contra intrusisme.....	41

6.12.4.	Sistemes de recuperació i recollida d'oli .....	42
6.12.5.	Canalitzacions de cables .....	43
6.12.6.	Vallat .....	43
7.	NORMATIVA APLICADA .....	44
7.1.	Parc de 132kV .....	44
7.2.	Transformació.....	45
7.3.	Parc de MT .....	47
8.	RESUM DEL PRESSUPOST.....	49
9.	CONCLUSIONS .....	50
10.	RELACIÓ DE DOCUMENTS .....	51
11.	BIBLIOGRAFIA.....	52
12.	GLOSSARI .....	53
A.	PLACA DE CARACTERÍSTIQUES TRANSFORMADOR .....	54
B.	CÀLCULS .....	55
B.1.	Distàncies mínimes .....	55
B.1.1.	Distàncies fase-terra i entre fases.....	55
B.1.2.	Distància en passadissos de servei i zones de protecció.....	56
B.1.3.	Protecció contra contactes accidentals des de l'exterior .....	56
B.2.	Càlcul de posada a terra .....	57
B.2.1.	Càlcul resistència de malla .....	58
B.2.2.	Resistència de p.a.t. dels suports .....	58
B.2.3.	Resistència total de la P.A.T.....	59
B.2.4.	Càlcul de corrent de P.A.T.....	59
B.2.5.	Tensió de malla .....	61
B.2.6.	Secció mínima del conductor .....	61
B.2.7.	Tensions de pas i contacte .....	62
B.2.8.	Tensions de pas i contacte de referència.....	63
B.3.	Serveis auxiliars CC.....	65
B.3.1.	Càlculs escomesa d'alimentació a barres de l'armari de SSAA .....	66

B.3.2.	Bateria 1. Comanament i protecció 1 AT. Circuit Q1 .....	67
B.3.3.	Bateria 1. Comanament i protecció 1 MT. Circuit Q2 .....	70
B.3.4.	Bateria 1. Enclavaments MT. Circuit F4.....	73
B.3.5.	Bateria 2. Senyals AT. Circuit Q3 .....	74
B.3.6.	Bateria 2. Senyals MT. Circuit Q4.....	77
B.3.7.	Bateria 2. Motors AT. Circuit Q5 .....	79
B.3.8.	Bateria 2. Motors MT. Circuit Q6.....	82
B.4.	Serveis auxiliars CA .....	84
B.4.1.	Càlcul escomesa d'alimentació a barres de l'armari SSAA .....	84
B.4.2.	Càlcul dels circuits F1, F2, F3, F4 i F5. Alimentació rectificadors de bateries .	85
B.4.3.	Càlculs dels circuits F6, F7, F8 i F9. Escomeses d'alimentació a trafo. ....	87
B.4.4.	Càlcul dels circuits F10 i F11. Alimentacions del parc AT. ....	87
B.4.5.	Càlcul dels circuits F12, F13 i F14. Alimentació de les comunicacions. ....	88
B.4.6.	Càlcul dels circuits F18. Centralita antiintrusisme. ....	89
B.4.7.	Càlcul dels circuits F19. Alimentació UCS. ....	90
C.	CODI ANSI/IEEE .....	92
D.	EQUIPS UTILITZATS .....	95

## **1. INTRODUCCIÓ**

La distribució elèctrica és la part del sistema de subministrament elèctric que té com a objectiu proveir d'electricitat als consumidors. Aquesta funció va des de la subestació fins a l'usuari final.

### **1.1. Antecedents**

Avui en dia l'energia elèctrica es troba tant endinsada en la societat que fa impensable viure sense ella. Aquesta és una necessitat bàsica i, per tant, que arribi a totes les persones és molt important. Aquest fet implica que la xarxa estigui patint variacions contínuament per tal de poder suportar la potència demandada.

### **1.2. Objecte**

Es realitzarà el disseny d'una subestació elèctrica amb l'objectiu de millorar la qualitat del subministrament elèctric als consumidors i descarregar altres parts de la xarxa. Dintre del disseny es tindrà en compte el seu emplaçament i l'aparellatge (elements de maniobra, protecció, mesura, etc.). Aquesta subestació serà AT/MT amb una tensió de 132/25kV amb dos interconnexions i un embarrat.

### **1.3. Especificacions i abast**

La subestació tindrà dues posicions transformadores amb un sol transformador de 40MVA cadascun. S'utilitzaran les normes tècniques particulars de la distribuïdora responsable de la zona on s'ubiqui la subestació.

## **2. PETICIONARI**

La propietària de la nova instal·lació és l'empresa ENDESA Distribución Eléctrica S.L. (a partir d'ara EDE o ENDESA) amb CIF – B82846817 i domicili social a Avinguda Vilanova, 12 – Barcelona. Aquesta empresa es dedica al transport i distribució de l'energia elèctrica.

### 3. EMPLAÇAMENT

La subestació s'ubicarà al terme municipal de Fornells de la Selva, segons s'indica al plànol de situació.

L'àrea de la parcel·la on es construirà la subestació és rectangular amb una superfície de 7.000m<sup>2</sup>, amb una amplada i llargada de 100m i 70m respectivament. La parcel·la està envoltada per arbres, excepte la zona nord que hi ha un camí rural el qual s'utilitzarà per a l'accés a la subestació.

Actualment, la superfície esmentada és una zona rural on hi ha arbres. L'àrea marcada en taronja de la Figura 1 correspon a la parcel·la descrita.



Figura 1. Parcel·la Subestació



#### **4. CLASSIFICACIÓ DE L'ACTIVITAT**

Segons la classificació de l'institut d'estadística de Catalunya, la classificació catalana d'activitats econòmiques (CCAIE-2009) és la següent:

Grup D: Subministrament d'energia elèctrica, gas, vapor i aire condicionat.

35: Subministrament d'energia elèctrica, gas, vapor i aire condicionat.

351: Producció, transport i distribució d'energia elèctrica.

3513: Distribució d'energia elèctrica

## **5. ABAST DE LA INSTAL·LACIÓ**

La descripció de la instal·lació es detalla a continuació, on s'explica la connexió a la xarxa, la configuració de la subestació, i els paràmetres bàsics de disseny.

### **5.1. Connexió a la xarxa**

La connexió a la xarxa es farà mitjançant un enllaç entrada-sortida a 132kV en aeri amb una de les línies que passa per la zona prèvia a la subestació.

### **5.2. Configuració**

La subestació està formada per diferents parts que s'aniran detallant en el següents apartats. Aquestes parts són: el parc de 132kV, la transformació de tensió 132/25kV, la sala de 25kV, el sistema de control i proteccions, el sistema de mesura, el sistema de serveis auxiliars, el sistema de telecomunicacions, el sistema de posada a terra i el sistema de seguretat.

#### **5.2.1. Parc de AT 132kV**

El parc de 132kV serà de tipus exterior híbrida, mixta entre convencional i blindada (AIS-GIS), en SF<sub>6</sub>, amb barra senzilla de dos posicions de línia (entrada i sortida), una posició transformadora 132kV/25kV.

#### **5.2.2. Parc de MT 25kV**

El parc de 25kV serà de tipus cabines interior blindades aïllades en SF<sub>6</sub> (GIS) en doble barra.

#### **5.2.3. Transformació**

L'estació transformadora estarà formada per dos transformadors trifàsics de potència i distribució de 40MVA amb tensions 132/26,4kV 50Hz, amb neutre accessible a la part d'alta tensió.

#### 5.2.4. Sistema de control i proteccions

La subestació serà telecomandada des del centre de control de Barcelona.

S'instal·larà un sistema integrat de control (UCS) que integrarà les funcions de control local, proteccions i telecontrol.

#### 5.2.5. Sistema de mesura

Els serveis de mesura es faran en la zona de 132kV, transformadors i línies de 25kV. Es farà per dur a terme les lectures dels paràmetres nominals per poder operar a la xarxa.

#### 5.2.6. Sistema de serveis auxiliars

El sistema de serveis auxiliars està constituït per dos transformadors de potència i distribució de 160kVA.

En els serveis auxiliars s'instal·laran comptadors per poder mesurar el consum de la instal·lació de baixa tensió.

#### 5.2.7. Sistema de telecomunicacions

El sistema de telecomunicacions es realitza mitjançant fibra òptica a través del conductor de telecomunicacions de les torres d'alta tensió.

#### 5.2.8. Sistema de posada a terra

El disseny del sistema de posada a terra està sotmès al compliment de la instrucció de la MIE-RAT 13.

El sistema de posada a terra es dimensionarà seguint les següents dades: resistivitat del terreny, resistivitat superficial, intensitat de defecte 11,2kA, la durada de defecte 0,5s, el tipus d'elèctrode serà de mallat i el material conductor serà de coure de 95mm<sup>2</sup>.

A més a més, totes les estructures metàl·liques del parc de 132kV aniran connectades a la xarxa de p.a.t. mitjançant una derivació doble (pujada-baixada) d'aquesta xarxa.

La posada a terra per a protecció atmosfèrica es farà amb parallamps connectats en l'estructura AT a 14m d'alçada.

#### 5.2.9. Sistemes de seguretat

El sistema de seguretat està format per detecció contra incendis i contra intrusisme.

### 5.3. Paràmetres bàsics de disseny

Característiques	Und.	Pos. 132kV	Pos.25 kV
Tensió de servei	kV	132	25
Tensió nominal	kV	145	36
Freqüència nominal	Hz	50	50
Tensió suportada f.i.	kV	230	70
Tensió suportada llamp	kV	650	170
Connexió del neutre	-	A terra	Reactància limitadora
Línia de fuga aïlladors	mm	3625	900
Intensitat nominal barres	A	2000	1250-1600-2000
Intensitat nominal pos. Línia	A	2000	1250-1600-2000
Intensitat nominal pos. Transf.	A	2000	1250-1600-2000
Intensitat màxima de defecte trifàsic	kA	10	25-31,5
Durada del defecte trifàsic	s	1	1

Taula 1. Paràmetres bàsics de disseny

#### **5.4. Obra civil, edifici i estructures metàl·liques**

Tota la part d'execució de l'obra civil i estructures metàl·liques que componen la subestació són responsabilitat d'empreses externes.

## 6. SUBESTACIÓ

En aquest apartat es detalla el disseny de les diferents parts de la subestació com són el parc de 132kV, la transformació, el parc MT amb tots els sistemes encarregats de controlar, protegir, regular, comunicar i vigilar.

### 6.1. PARC DE 132KV

El parc de 132kV està constituït per la posició de línia, posició de transformador i, barres i conductors.

#### 6.1.1. Posició de línia

La posició de línia és la part de la subestació del parc de 132kV que s'encarrega de fer la connexió entre les línies aèries que arriben a la subestació i l'embarrat.

En la posició de línia es troba un mòdul híbrid de 145kV i corrent nominal de 2000A, amb envoltant metàl·lic, de simple barra i aïllament de SF<sub>6</sub> de instal·lació exterior. Té una capacitat d'obertura de 40kA a 50Hz. Aquest mòdul és l'encarregat de fer la connexió de la línia aèria amb les barres de la subestació. Està constituït per l'aparellatge següent: dos seccionadors de tres posicions combinades de barres i de sortida i de posada a terra amb un únic accionament tripolar elèctric i manual per poder obrir el circuit sense càrrega i poder-lo connectar a terra, un interruptor automàtic amb accionament elèctric tripolar, entre els dos seccionadors, per poder obrir el circuit en càrrega, dotze transformadors de intensitat toroïdals (4 per fase) per al comptatge, mesura i protecció, 6 aïlladors passatapes tipus SF<sub>6</sub>-aire per les connexions a línia aèria i barres i sis detectors de tensió (un per fase) per a la condició de connexió dels seccionadors.

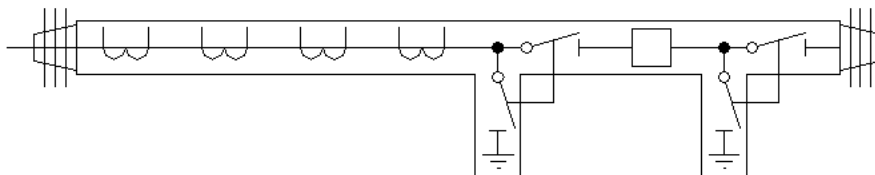


Figura 2. Esquema unifilar del mòdul híbrid

Els transformadors de intensitat toroïdals estan col·locats en els aïlladors passatapes. Aquests transformadors tenen les potències, classes de precisió, factor de seguretat i factor límit de precisions de la taula següent:

Relació	Potència	Classe	Ús
1000-2000 / 5A	10 VA	Classe 0,2	Comptatge
1000-2000 / 5A	20 VA	Classe 0,5	Mesura
1000-2000 / 5A	20 VA	5P 20	Protecció
1000-2000 / 5A	20 VA	5P 20	Protecció

Taula 2. Característiques dels transformadors de corrent toroïdals

L'interruptor automàtic que disposa el mòdul està constituït per tres pols, cada pol disposa d'una sola cambra d'extinció amb gas SF<sub>6</sub>. El mecanisme d'accionament és electromecànic. També disposa de circuits auxiliars de senyalització elèctrics i mecànics i un bastidor comú pels tres pols i mecanisme d'accionament.

En la següent taula es pot observar les característiques funcionals del dispositiu.

Característiques	Und.	Valor
Número de pols	-	3
Tensió assignada ( tensió més elevada)	kV	145
Tensió suportada impuls tipus llamp, a terra, entre pols i entre bornes d'un mateix pol amb interruptor obert (valor de cresta)	kV	650
Tensió suportada a freqüència industrial, sota pluja, a terra, entre pols i entre bornes d'un mateix pol amb interruptor obert	kV	275
Freqüència assignada	Hz	50
Intensitat assignada en servei continu	A	2000
Intensitat de curta duració admissible assignada	kA	31,5
Valor de cresta de la intensitat admissible assignada	kA	80
poder de tall assignat en curtcircuit	kA	31,5
Tensió transitòria de restabliment assignada per a defectes en bornes (valor de cresta)	kV	249
Poder de tall assignat en curtcircuit (Valor de cresta)	kA	80
Seqüència de maniobres assignada(*)		O-0,3s-CO-1min-CO
Poder de tall assignat de línies en buit	A	50
Poder de tall assignat de cables en buit	A	160
Factor del primer pol		1,5
Tensió assignada dels dispositius de tancament i obertura i de circuits auxiliars	Vcc	125

Taula 3. Característiques funcionals

(\*) O representa una maniobra d'obertura i CO representa una maniobra de tancament seguida immediatament, i sense retard intencional, d'una maniobra d'obertura.

A més a més, hi ha 3 transformadors de tensió ALSTOM OTEF145, un per a cada fase, els quals s'encarreguen de mesurar la tensió de línia. També es troben 3 autovàlvules d'òxid de zinc per a servei exterior, AREVA VARISIL HI132 de classe 2 i equipats amb els comptadors AREVA MDC-3.

L'aparellatge que s'ha esmentat en aquest apartat només fa referència a una línia. En el disseny d'aquesta subestació hi ha, en total, dos línies. Per tant, l'aparellatge utilitzat serà el doble.

#### 6.1.2. Posició de transformador

La posició de transformador està composta per un mòdul híbrid, el mateix equip que la posició de línia, amb la diferència de que el mòdul per a aquesta posició només necessita un seccionador i no utilitza transformadors de tensió externs per fase. En aquest punt de la instal·lació es produeix la connexió entre l'embarat i el transformador de potència.



Figura 3. Mòdul Híbrid

#### 6.1.3. Barres i conductors

Les barres són un conjunt de conductors elèctrics que s'utilitzen com a connexió comú dels diferents circuits que formen una subestació i es considera el punt frontera amb l'exterior de la xarxa elèctrica d'alta tensió.



En una subestació es pot tenir un o varis jocs de barres que agrupen diferents circuits en un o varis nivells de voltatge, depenent del propi disseny de la subestació. En aquest cas, el parc de 132kV només té un joc de barres d'una sola diferència de potencial. Per tant, la subestació segueix els criteris per a simple barra en AT.

Aquesta part de la subestació està formada per conductors elèctrics, aïlladors (que serveixen tant com aïllants elèctrics com de suports mecànics de suspensió) i connectors.



Figura 4. Sistema de simple barra

El tub utilitzat és d'alumini de 100mm amb conductor de 20mm de diàmetre antivibratori a l'interior. A més a més, també té un transformador de tensió i un interruptor tripolar automàtic per poder separar les línies des de barres.

## 6.2. TRANSFORMACIÓ

La zona de transformació està dissenyada per a tres transformadors de potència, tal i com obliga la norma de criteris de disseny de subestacions d'Endesa. No obstant, la subestació estarà composta per dos transformadors de 40MVA cadascun de 145kV en alta i 36kV en mitja (tensions nominals) amb freqüència de 50Hz. Aquestes màquines tenen la capacitat de ser regulables. Són les encarregades d'alimentar tot el parc de 25kV.

En alta tensió, la connexió del transformador de potència, es realitza sempre en estrella. D'aquesta manera es facilita el retorn cap a les centrals generadores, de qualsevol fuga de corrent que pugui haver-hi en el transport, en el cas que hi hagi. Amb aquesta configuració, existeix un factor de  $\sqrt{3}$  (1,73 aproximadament) respecte la configuració triangle. Tot i que la intensitat és més gran amb aquest mètode, la capacitat que té l'aparellatge per suportar les intensitats de defecte és molt millor que la capacitat de suportar les sobretensions, ja que per suportar-les caldria equips amb un aïllament major, a causa de la tensió composta, i, per tant, molt més costosos.

En mitja tensió, la connexió és en triangle. Amb aquesta, les corrents de defecte són pràcticament nul·les. Aquesta configuració comporta que si una de les fases falla, el sistema no quedi significativament afectat, donant-li una major fiabilitat a la xarxa. Tenint en compte que es pot tenir varis clients que estiguin connectats directament a la mitja tensió, s'evita que qualsevol defecte, produït per aquests, alteri la resta de la xarxa.

La configuració de connexió estrella-triangle és en YNd11, per tant, hi ha un desfase de  $-30^\circ$ , ja que l'alta tensió està avançada respecte a la mitja tensió. Aquesta configuració també disposa d'una separació galvànica fent que els circuits d'alta i mitja tensió estiguin separats físicament i elèctricament. Això comporta que la fallada no repercuteixi sobre l'altre circuit, en cas d'averia.

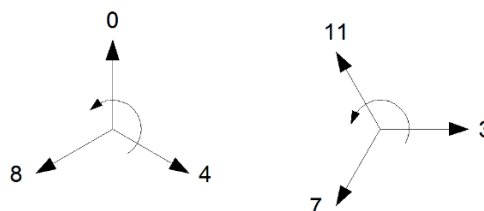


Figura 5. Desfasament de les connexions de transformació

Com s'ha comentat anteriorment, entre configuració estrella i triangle existeix un factor de 1,73 que repercuteix en les característiques de les línies de mitja tensió. Per reduir aquest factor, s'utilitza un transformador Zig-Zag amb reactància limitadora. Amb aquest transformador es genera un neutre artificial el qual redueix el factor fins a 1,4, fent possible una major reducció en els valors de sobretensió que es puguin crear i generant una intensitat màxima de curtcircuit de 500A al sistema.

Els dos transformadors han de ser totalment idèntics per tal de poder-los acoblar en cas de ser necessari de manera permanent. De la mateixa manera que els transformadors, la reactància del transformador Zig-Zag també ha de ser idèntica. En el cas de que s'acoblin, una de les reactàncies s'ha de desconnectar, ja que si no la reactància equivalent es reduiria a la meitat, a causa de que es trobarien connectades en paral·lel.



Figura 6. Transformador 40MVA 132kV/25kV (dreta) i transformador Zig-Zag (esquerra)

La impedància limitadora de la reactància del transformador Zig-Zag està connectada directament a terra i té un valor de  $22\Omega$ . A més a més, aquest transformador porta incorporat un seccionador unipolar de dues posicions (aïllat i neutre a terra).

Cadascun dels transformadors de potència disposa d'un reductor de tensió, un dipòsit d'expansió (la capacitat del dipòsit d'oli és de 21.000kg d'oli), relé Buchholz amb contactes, un relé Buchholz-Jansen, dessecador de silicagel, termòmetre d'esfera amb màxima i dos contactes (alarma i desconnexió), vàlvula de sobrepressió, nivell magnètic de màxim i mínim.

Els relés Buchholz són els encarregats de vigilar sobre possibles moviments i gasos. Aquests moviments o sotragades són les que pugui patir el transformador per qualsevol defecte, com pot ser, per exemple, una arc elèctric produït internament entre les espines o per el deteriorament de l'aïllament, la qual cosa també generarà un deteriorament en l'oli del transformador i, conseqüentment, gas.



Figura 7. Relé Buchholz

Els relés Buchholz-Jansen s'utilitza per als moviments o sotragades produïdes en el moment de la regulació en el canvi de tomes en càrrega.

La capacitat del dipòsit, com s'ha dit abans, és de 21.000kg. Per tant, els dipòsits tenen un volum d'oli de 23.863m<sup>3</sup>. En cas d'accident, es contempla la probabilitat de que només es vessi un sol dipòsit d'un transformador alhora. Tenint en compte que el dipòsit recol·lector d'oli i aigua està pensat perquè pugui emmagatzemar tot l'oli d'un dipòsit i aquest només ompli un 66% de la seva capacitat, la capacitat del dipòsit recol·lector serà de 36m<sup>3</sup>.

A més a més, la zona de transformació disposa de sis autovàlvules, tres per a cada transformador, una per fase.

Anteriorment, s'ha comentat que aquests transformadors tenien la capacitat de ser regulats. Això es degut a que d'aquesta manera es pot jugar amb la relació de transformació per tal de poder ajustar la tensió de sortida.

Els debanats d'AT han de disposar de tomes de regulació que permetin la variació de la tensió en buit en un  $\pm 15\%$  de la tensió nominal mitjançant  $\pm 12$  esglaonaments de 1,25%. La regulació s'ha de realitzar al centre del debanat d'AT i amb connexió estrella. La regulació de tomes s'ha d'obtenir mitjançant commutador sota càrrega.

La regulació es realitza a la part d'alta tensió del trafo perquè d'aquesta manera el valor de la intensitat és molt menor respecte la part de mitja i, per tant, hi ha menys risc de que es pugui produir defectes mecànics pels arcs elèctrics que es puguin generar.

A l'annex B és pot observar la placa de característiques dels transformadors de potència escollits.

### 6.3. PARC DE MT

Aquest parc està compost per un equip blindat amb envoltent metàl·lic de doble barra amb aïllament d'hexaflorur de sofre ( $\text{SF}_6$ ) de 36kV per a servei inferior de 2000A i 31,5kA.

L'equip constarà d'un número determinat de cel·les disposades de forma contigua, una al costat de l'altra, formant una sola fila o dues files separades. En qualsevol cas, haurà de permetre una ampliació futura per ambdós extrems, en el cas d'aquesta subestació només existeix una direcció per ampliar.



Figura 8. Cel·les MT

El parc de 25kV està format per dotze cel·les de línia (L), dues cel·les de serveis auxiliars (SA), dues cel·les de transformació (T), una cel·la de bateries de condensador (BC), una cel·la d'acoblament transversal (AT) i una cel·la de mesura (M).

En el cas d'una futura ampliació de l'estació amb un tercer transformador, s'ha d'afegir, als equipaments existents, les següents cel·les: una cel·la d'acoblament longitudinal, una cel·la amb autoproductor, una cel·la d'acoblament transversal, sis cel·les de línia, una cel·la de transformació, una cel·la de bateries de condensadors i una cel·la de mesura.

La col·locació de les cel·les sempre es farà, mirant cap als transformadors de potència, d'esquerra a dreta.

En la Figura 10 es pot observar com és la distribució real de les cel·les dins del parc de MT.

AT	M	L	L	SA	L	T1	BC	L	L	L	L	L	SA	L	T2	L	L	L	AS	AS
□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
L	L	L	BC	T3	L	L	L	M	AT	AI	AI	

Figura 9. Distribució de cel·les. Les cel·les en vermell mostren una futura ampliació.

### 6.3.1. Cel·la MT de transformador de potència

La cel·la de transformació és la que s'encarrega de connectar la sortida del transformador de potència a les barres col·lectores del parc de MT i, per tant, alimentar totes les cel·les connectades.

Aquesta està composta per dos trams tripolars de barres, un seccionador tripolar de connexió a barres, un seccionador tripolar de tres posicions (connexió i desconexió a barres i posada a terra), un interruptor tripolar automàtic, tres o sis o nou connectors endollables per connexió de cable sec de fins  $1 \times 630 \text{mm}^2$ , tres transformadors de tensió, tres transformadors d'intensitat toroïdal amb tres secundaris (un per comptatge o mesura i dos per protecció), tres detectors monofàsics de presència de tensió amb indicadors lluminosos d'estat sòlid i un compartiment per a elements de control i comanament i per equips electrònics de comptatge.

### 6.3.2. Cel·la de sortida de línia

Les línies de mitja tensió que s'encarreguen d'alimentar tots els centres de transformació de la xarxa de distribució surten de les cel·les de línia.

La composició d'aquest tipus de cel·la és de dos trams tripolars de barres, un seccionador tripolar de tres posicions (connexió i desconexió a barres i posada a terra), un interruptor tripolar automàtic, tres connectors endollables per a connexió de cable de fins a  $1 \times 400 \text{mm}^2$ , tres transformadors de intensitat de fase toroïdal amb un secundari per a protecció, tres detectors monofàsics de presència de control i comanament, i per equips electrònics de control i protecció, un relé multifunció, un transformador de intensitat homopolar toroïdal de relació apropiada per a la protecció de neutre sensible.

### 6.3.3. Cel·la d'acoblament transversal

En aquest projecte, les cel·les són de doble barra per poder alimentar amb dos transformadors a la vegada. Com que hi ha la possibilitat de que un transformador estigui inoperatiu, es necessita la cel·la d'acoblament transversal per connectar en sèrie les dues barres en cas que sigui necessari i així poder alimentar totes les cel·les.

La cel·la d'acoblament transversal està constituïda per dos trams tripolars de barres, dos seccionadors tripolars de tres posicions (connexió i desconexió a barres i posada a terra), un interruptor tripolar automàtic, un compartiment per elements de control i comanament, i per equips electrònics de control i dos relés multifunció.

#### 6.3.4. Cel·la per transformador MT/BT de serveis auxiliars

Les cel·les auxiliars tenen la funció d'alimentar tots els sistemes de la subestació, tant de protecció com de llum i força.

Aquesta es compon per dos trams tripolars de barres, un seccionador tripolar d'acoblament de barres, un seccionador tripolar de tres posicions (connexió i desconnexió a barres i posada a terra), un ruptor-fusible i tres connectors endollables per a connexió de cable.

#### 6.3.5. Cel·la de remuntador amb interruptor (instal·lació futura)

La composició d'aquest tipus de cel·la és de dos trams tripolars de barres, un seccionador tripolar de tres posicions (connexió i desconnexió a barres i posada a terra), un interruptor tripolar automàtic, sis o nou connectors endollables per a connexió de cable de fins a  $1 \times 630 \text{mm}^2$ , tres detectors monofàsics de presència de tensió amb indicadors lluminosos d'estat sòlid, un compartiment per a elements de control i comanament i per equips electrònics de comptatge i un relé multifunció.

#### 6.3.6. Cel·la d'acoblament longitudinal (instal·lació futura)

L'acoblament longitudinal es fa servir, en cas que es fes l'ampliació d'un tercer transformador a la SSEE, per fer la unió física del segon bloc de cel·les. Es necessita una cel·la per barra.

Aquestes cel·les estan formades per un tram tripolars de barres cadascuna, un seccionador tripolar de tres posicions (connexió i desconnexió a barres i posada a terra), un interruptor tripolar automàtic, un acoblament mitjançant les pròpies barres per a connexió lateral, un compartiment per elements de control i comanament, i per equips electrònics de control i un relé multifunció.

#### 6.3.7. Cel·la de bateria de condensadors

Aquestes cel·les permeten modificar la potència reactiva del sistema injectant, o no, potència capacitiva.



La composició d'aquest tipus de cel·la és de dos trams tripolars de barres, dos seccionadors tripolars de tres posicions (connexió i desconnexió a barres i posada a terra), dotze connectors per a connexió dels cables, sis detectors monofàsics de presència de tensió amb indicadors lluminosos d'estat sòlid, un compartiment per a elements de control i comanament i per equips electrònics de comptatge i dos relés multifunció (un per a cada bateria).

Aquestes cel·les estan preparades per connectar fins a dos bateries per cel·la.

En la Figura 11 es poden observar les bateries de condensadors que es connecten en les cel·les.



Figura 10. Bateries condensadors.

#### 6.3.8. Cel·la de mesura

Les cel·les de mesura són les que s'encarreguen de convertir les magnituds en valors raonables i/o manejables per als equips de mesura per tal de poder conèixer els valors de tensió i intensitat.

Aquestes estan formades per dos trams tripolars de barres, dos seccionadors tripolars de tres posicions (connexió i desconnexió a barres i posada a terra), sis detectors monofàsics de presència de tensió amb indicadors lluminosos d'estat sòlid, tres connectors per barra per a connexió de transformadors de mesura i un compartiment per a elements de control i comanament i per equips electrònics de comptatge.

### 6.3.9. Barres col·lectores

Les barres col·lectores, són barres que estan blindades dins de cada cel·la i que a través d'aquestes les cel·les es connecten entre si. Tenen una intensitat nominal de 2000A. En aquest cas estan aïllades amb SF<sub>6</sub> i tenen connectat tres transformadors de tensió, un per cada fase. Les mesures es mostren a la cel·la de mesura juntament amb la senyalització de pressió del SF<sub>6</sub> de barres.

### 6.3.10. Condicions de servei

Les condicions de servei que ha de complir el parc de MT són les que s'especifiquen a la Taula 4.

<b>Instal·lació</b>	<b>Interior</b>
Classe de servei	Continu
Altitud	Fins 1000m
Temperatura aire ambient	-5/40°C
Radiació solar	Despreciable
Polució aire ambient	Despreciable
Condicions humitat	UNE-EN 62271-1

Taula 4. Condicions de servei

### 6.3.11. Edifici

La nau on està instal·lat el parc de 25kV és 12m d'ample per 26,5m de llarg amb una àrea de 318m<sup>2</sup>. Aquesta nau té dues plantes: la planta subterrània, per on entren les línies, i la planta baixa, on estan ubicades les cel·les i tota l'electrònica de control.

La nau està construïda amb murs prefabricats de formigó. Les parets exteriors són de 20cm de gruix i les interiors de 15cm. Aquesta disposa de canalització per aigües blanques a les façanes.

El terra està pintat amb pintura antilliscant; les parets no estan tractades. Les finestres seran totes del material PVC de doble vidre. Les portes suportaran RF90 minuts de foc.

#### **6.4. SISTEMA DE CONTROL**

El sistema de control a implementar constarà d'una unitat central de protecció (d'ara endavant UCP) i d'una unitat central de subestació (d'ara endavant UCS) que centralitzarà les ordres i senyals provinents de totes les unitats de control local de cada una de les posicions de la subestació. S'instal·larà en un armari de serveis generals juntament amb els concentradors de comunicacions necessaris.

La telecomunicació i control de la subestació està a càrrec del centre de control d'ENDESA a Barcelona.

#### **6.5. SISTEMA DE PROTECCIONS**

Per als sistemes de protecció es dotarà d'armaris de control i protecció per a les dues posicions de línia, transformadors (TR-1 i TR-2) i acoblament de barres, essent cinc armaris en total.

També, s'inclouran les proteccions de comanament i protecció de MT.

##### **6.5.1. Posició de línia Alta Tensió**

S'instal·larà una protecció diferencial de línia com a protecció principal i s'utilitzarà la unitat de control i protecció com a protecció secundària. Els equips seran de tecnologia digital.

Com a protecció a destacar en aquesta part de la subestació, existeix la 21 que consisteix en llegir el valor de l'admitància, impedància o reactància del circuit i detectar si aquests valors augmenten o disminueixen a uns límits preestablerts. Aquesta protecció mira cap a barres i cap a la línia i si detecta qualsevol tipus de fallada, entre fases o fase i terra, obre el circuit. Si la fallada es produeix fora de la subestació la protecció intentarà rearmar automàticament després d'un temps determinat. Però si la fallada es produeix a barres el sistema de rearmat queda bloquejat.

La funció protegeix en tres rangs diferents. El primer rang protegeix el 80% de la distància entre una subestació i l'altra. El segon rang s'encarrega de protegir el 100% de la distància, és a dir, des de la posició de línia i el tercer, i últim, rang s'encarrega de protegir el 120%, és a dir, fins a barres de l'altre subestació. D'aquesta manera, la protecció la línia d'AT queda protegida des de dos punts.

La funció 87L s'instal·la en els extrems que es vol mesurar. Entre els dos punts s'aplica un diferencial, que si supera uns valors predeterminats obre el circuit. La comunicació entre els extrems es fa mitjançant la fibra òptica.

També cal destacar la protecció 67N que s'encarrega de detectar i eliminar les fallades que es puguin ocasionar al neutre, amb una direcció donada de la intensitat, i les fallades que no siguin detectades per la funció 21 i 87L. No es possible la reconexió automàtica.

La funció 25 disposa d'una entrada específica de tensió simple per a la comprovació del sincronisme amb la lectura de l'amplitud mínima, diferència modular, freqüència i fase.

La reconexió automàtica es produeix gràcies a la funció 79 sempre i quan la causa o el protocol de seguretat de la UCS ho permeti.

A més a més, també existeixen algunes més com es pot observar a la taula 5.

Protecció	ANSI/IEEE	Descripció
Relé 1 (A1)	67N	Sobreintensitat direccional de neutre
	21F/21N	Protecció de distància de fases i de neutre
	79	Reconexió automàtica
	25	Comprovació sincronisme
	LOC	Localitzador de falta
	OSC	Oscil·lografia de tecnologia digital
Relé 2 (A2)	21F/21N	Protecció de distància de fases i de neutre
	87L	Protecció diferencial de línia (diferencial longitudinal)
	LOC	Localitzador de falta
	OSC	Oscil·lografia de tecnologia digital
	DP	Discordància de pols
	SCD	Supervisió circuits de dispar
	25	Comprovació sincronisme
	79	Reconexió automàtica

Taula 5. Funcions de protecció. Posicions de línia Alta Tensió.

Les funcions esmentades es verificaran mitjançant dos relés multifunció, configurant-se un sistema de protecció per a AT redundat i compacte.

La comunicació dels dos extrems de la protecció diferencial serà a través de fibra òptica multiplexada.

#### 6.5.2. Posició de Transformador Alta Tensió

S'instal·larà una protecció diferencial de transformador com a protecció principal i la UCP com a protecció secundària. Els equips seran de tecnologia digital i inclouran les funcions que es detallen en la següent taula.

En aquesta posició es troba la protecció 87T que s'encarrega de detectar i eliminar qualsevol defecte, entre fases o fase i terra, que es pugui ocasionar entre el primari i el secundari aplicant una diferència ( $I = 0$ ). La actuació és instantània.

Les proteccions 50/51 s'encarreguen de detectar les sobrecàrregues o curtcircuits que es puguin ocasionar al transformador de potència i la xarxa adjacent.

La funció 49G té com objectiu detectar les intensitats persistents circulants per impedàncies posades a terra neutre MT, que puguin sobrepassar les característiques tèrmiques d'aquestes.

A la següent taula es troben totes les proteccions d'aquesta part de la subestació.

ANSI/IEEE	Descripció
87T	Protecció diferencial de transformador
50/50N AT	Sobreintensitat instantània de fases i de neutre
51/51N AT	Sobreintensitat a temps dependent de fases i de neutre
51 MT	Sobreintensitat a temps dependent
51G MT	Sobreintensitat a temps dependent (toroïdal)
49G( $Z_{pat}$ MT)	Imatge tèrmica impedància pat neutre MT
OSC	Oscil·lografia de tecnologia digital
SCD	Supervisió circuits de dispar

Taula 6. Funcions de protecció. Posicions de Transformador.

Les funcions esmentades es verificaran mitjançant dos relés multifunció, configurant-se un sistema de protecció per a transformacions redundants i compactes com s'observa a la figura següent.

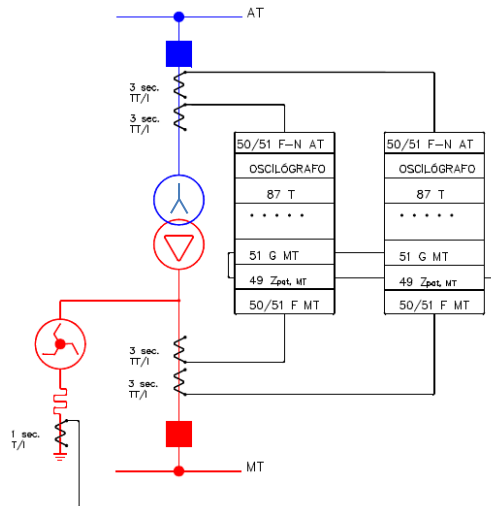


Figura 11. Aplicacions de les proteccions Transformador.

A més a més, les màquines que s'instal·lin hauran de tenir com a mínim les següents proteccions pròpies.

Protecció	ANSI/IEEE	Descripció
Pròpies màquines	63B	Buchholz Transformador
	63BJ	Buchholz-Jansen canviador de tomes
	63L	Sobrepressió cuba
	26	Temperatura

Taula 7. Proteccions pròpies Transformadors de potència.

S'instal·laran relés mestres de tipus basculant per al bloqueig del tancament dels interruptors davant d'una actuació de les proteccions pròpies del transformador.

També, s'instal·larà un relé específic de tecnologia digital per a la regulació de la tensió. Aquest relé s'encarregarà de mesurar la tensió comparant-la amb un valor de consigna ajustat. Quan la diferència entre el valor mig i el valor de consigna sigui superior al grau de sensibilitat s'enviarà al canviador de tomes per tal de pujar o baixa la toma depenent del signe de la desviació de la tensió calculada. L'objectiu és sempre mantenir la tensió en les barres de mitja tensió a les que es connecta el secundari del transformador de potència.

### 6.5.3. Sistemes de comanament i protecció Mitja Tensió

Aquest sistema anirà protegit amb un únic relé de protecció i control en cada cel·la blindada que servirà de UCP per a la posició corresponent, i que realitzarà les següents funcions.

Cal destacar la protecció 50/51N que s'encarrega, en el cas de la 50, de desconnectar instantàniament si detecta un valor excessiu de velocitat d'augment de la intensitat, i, en el cas de la 51, de desconnectar quan la intensitat d'un circuit de C.A. sobrepassa un valor donat, és a dir, selectivitat aigües avall.

ANSI/IEEE	Descripció
50/51N	Protecció de sobreintensitat direccional de 3 fases, neutre i neutre aïllat
3x27	Mínima tensió de fases
3x59	Màxima tensió de fases
81m	Mínima freqüència (Condicionada al sistema)
79	Reconnexió automàtica

Taula 8. Funcions de protecció. Cel·les blindades d'interior.

## 6.6. SISTEMES DE MESURA

En el cas que hi hagués posició de client, o frontera, dintre de la subestació les característiques del sistema de mesura són les següents.

Les posicions de transformador hauran de disposar de comptador electrònic tant al costat d'alta tensió com en el secundari. El comptador registrarà la potència activa en ambdós sentits i la potència reactiva en els quatre quadrants, amb objecte de mesurar les pèrdues de la xarxa i realitzar els corresponents balanços d'energia. Igualment s'instal·laran comptadors de les mateixes característiques en les posicions de línia a alta tensió.

Els equips de mesura aniran instal·lats dintre d'un armari específic destinat exclusivament a ells a la sala de control de l'edifici. Aquest armari albergarà comptadors de classe 0,2, mòdems, regletes de verificació i demés material auxiliar necessari per a la interconnexió amb els transformadors de mesura.

En el cas d'aquesta subestació, és la mateixa empresa elèctrica la que és la propietària de la subestació. Per tant, en aquest cas no hi ha necessitat de instal·lar els comptadors de potència activa.

## 6.7. SISTEMES DE SERVEIS AUXILIARS

Els sistemes auxiliars són els encarregats d'alimentar tots els sistemes de control, protecció i telecomunicació en C.C. i la regulació, ventilació, il·luminació i força en C.A.

Per poder aconseguir una tensió adequada per els dispositius dels que es disposa es necessita dos transformadors trifàsics, reductors de tensió, amb neutre accessible al secundari i tensió en aquest de 400V, per servei interior i refrigeració natural per circulació d'aire ambient.

També es necessita carregadors-bateries de 125Vcc de tensió d'entrada de 400V trifàsica, amb carregador de 30A, com a màxim, en 3+2 mòduls.

Per poder variar la tensió continua es necessita un convertidor DC/DC amb tecnologia commutada per 125Vcc a 48Vcc 10A de sortida.

### 6.7.1. SSAA de corrent continu

Les càrregues que s'han d'alimentar dels serveis auxiliars de corrent continua segons els criteris funcionals són: Circuits comanats, de indicació de posicions i alarmes, els circuits de protecció de primer nivell, els circuits de protecció de segon nivell, els circuits d'energia per a motors d'accionament elèctric d'aparellatge i els circuits de comunicació i telecontrol.

Per tal d'assegurar l'alimentació de tots els circuits i poder dotar a tots els equips de la subestació que ho requereixin d'un doble circuit de font d'alimentació de la protecció bobina dispar, les càrregues es repartiran entre dos distribucions de corrent, denominades Bateria1 i Bateria2.



La distribució és la següent:

<b>Bateria 1</b>	<b>Bateria 2</b>
Proteccions nivell 1	Proteccions nivell 2
Circuits de dispar 1	Circuits de dispar 2
Comanament de la subestació	Motors de seccionadors
Alarmes i indicacions de posició	Motors de tensat de ressorts
Telecomandament (UCS)	d'interruptors
Equips de comunicació	Equips de comunicació

Taula 9. Distribució dels equips en bateries

Segons la configuració de la subestació d'aquest projecte, els serveis auxiliars es dissenyaran per una configuració: 3 línies + 3 trafo + acoble + 33 cel·les MT.

Aquesta configuració estableix unes càrregues permanents de 21 per a la bateria1 i de 3,6 per a la bateria2.

Les característiques elèctriques de la tensió, la bateria i el rectificador es mostra en la següent taula.

<b>Característiques elèctriques</b>	<b>Valors</b>
<b>Tensió</b>	
Tensió nominal	125V
Tensió màxima	137,5V
Tensió mínima	106,25V
<b>Bateria</b>	
Elements de plaques Ni-Cd	92
Tensió de càrrega per element	1,495V
Tensió de descàrrega per element	1,15V
Capacitat nominal, en règim 5h	100Ah
<b>Rectificador</b>	
Alimentació Trifàsica	400V
Freqüència	50Hz
Intensitat nominal sortida	30A
Tensió de càrrega de flotació	$1,4 \times 92 = 128,8V$
Tensió de càrrega ràpida	$1,495 \times 92 = 137,5V$
Sistema de font	Commutada

Taula 10. Característiques elèctriques

El contenidor serà un armari metàl·lic de 2000x800x600mm, accessible per davant.



Figura 12. Armaris

Les bateries estarà composta per elements de vasos de plàstic, distribuïts en tres nivells, amb safates extraïbles per facilitar el manteniment. El rectificador estarà situat a la part superior del contenidor, en rack normalitzat de 19" i de 6 unitats d'altura.

El temps d'emergència, sense corrent altern, l'equip subministrarà la intensitat de descàrrega de la subestació, dintre dels límits de tensió establerts per a  $C = 100\text{Ah}$ .

L'energia acumulada, amb una tensió de 1,495V durant 15h es de 0,88C. L'energia cedida per la bateria amb una tensió final per element de 1,15V és el 95% de l'energia acumulada. Per tant, l'energia cedida durant la descàrrega és de 0,836C. Sabent que C és 100Ah i tenint en compte que el temps establert en estat d'emergència és de 10 i 12 hores, es determina una intensitat permanent de 6,96A en 12h.

Segons normativa, es considera que una pèrdua de capacitat per envelliment de la bateria al voltant d'un 10%. Si sabent això, es fixa una intensitat permanent de 7A, el temps en que la bateria podrà subministrar la intensitat fixada serà de 10,74h. Temps que està dintre del rang entre 10 i 12 hores.

### 6.7.2. SSAA de corrent alterna

La funció dels serveis auxiliars de corrent altern en una subestació és el de garantir el subministrament d'energia elèctrica en baixa tensió, necessari per a l'exploració i manteniment de tots els equips.

Aquesta energia és aportada per dos transformadors MT/BT amb una potència de 160kVA cadascun. No obstant, existeix un sistema de commutació automàtica en baixa tensió que garanteix el subministrament solament amb un transformador en servei.

La tensió nominal serà trifàsica, amb neutre accessible, de 400V entre fases amb un marge de  $\pm 10\%$  i una freqüència de 50Hz. La intensitat nominal permanent per fase serà de 250A de manera que es pugui evacuar tota la potència del transformador. Tant les tres fases com el neutre estaran aïllats del terra i entre sí mitjançant aïllament superior a 100M $\Omega$ . El neutre del transformador estarà connectat rígidament al terra, però es distribuirà com cable aïllat, com les fases, per poder connectar les càrregues fase-neutre. Els interruptors generals d'entrada i els quadres de distribució seran de tall trifàsic i amb possibilitat d'ajustatge del dispar tèrmic i magnètic. El poder de tall ha de ser igual o superior a 10kA.

Les càrregues que es connecten al quadre de baixa tensió és l'enllumenat, tant interior com exterior, la climatització i les tomes de petita força, la refrigeració dels transformadors, els rectificadors de càrrega de les bateries, la calefacció de l'aparellatge i les bombes de protecció contra incendis (en el cas d'aquesta subestació no hi ha).

## 6.8. TELECOMUNICACIONS

El sistema de comunicacions ha de permetre el comanament i la monitorització, de forma remota, de la subestació. Així com realitzar les tasques de telecomanament, telegestió i telemesura des del centre de control de Endesa.

A la sala de control de l'edifici, i juntament a l'armari de serveis generals, s'instal·larà l'armari de comunicacions. En aquest armari s'instal·larà els equips necessaris per l'enllaç entre la subestació i el centre de control.

La telecomunicació amb el Centre de Control es realitza a través de fibra òptica, el qual va per l'interior del cable de guarda de les torres d'alta tensió de les línies aèries.

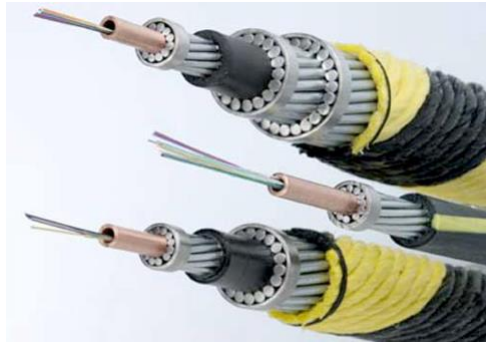


Figura 13. Cable de guarda

Tota la telecomunicació està gestionada mitjançant una unitat central amb teclat, pantalla i mòdem 3G en un armari, i per fibra òptica. S'utilitzen els dos sistemes per tal de que la telecomunicació sigui redundat.

## 6.9. SISTEMA DE POSADA A TERRA

La posada a terra és un dels mecanismes de seguretat que forma part de les instal·lacions elèctriques que impedeixen que un usuari tingui un pas de defecte per damunt dels paràmetres de seguretat. Tenint en compte les magnituds d'una subestació, la posada a terra és una necessitat vital.

### 6.9.1. Protecció superficial

Es connectaran a terra de protecció totes les parts metàl·liques de la instal·lació que no estiguin en tensió normalment però que puguin estar-ho a conseqüència d'averies, descàrregues atmosfèriques o sobretensions. Per tant, es connectaran tots els bastidors i xassís dels aparells de maniobra, els envolvents dels conjunts d'armaris metàl·lics, les portes metàl·liques de tot el recinte, les valles i cerques metàl·liques, els suports, les estructures i armadures metàl·liques de l'edifici, els blindatges metàl·lics de tots els cables, qualsevol tuberia i conducte metàl·lic i les tapes metàl·liques de les canals de cables prefabricats de formigó.

També, es connectaran a les terres de servei els elements de la instal·lació, i entre ells, els circuits de baixa tensió dels transformadors de mesura i els elements de derivació a terra dels seccionadors de posada a terra.

Las posades a terra de protecció i de servei de la subestació hauran de connectar-se entre sí.

La malla estarà enterrada, a 0,9m de profunditat, i formada per conductors transversals i longitudinals que s'aniran creuant cada 5m, formant àrees de 25m<sup>2</sup>. Aquests conductors, amb secció de 95mm<sup>2</sup>, estaran units mitjançant soldadura aluminotèrmica tipus Cadwell.

La xarxa de terres de la nau també estarà connectada a la malla de la subestació. Aquesta tindrà una xarxa perimetral per a cada sala.

Cada suport metàl·lic estarà connectat a la malla mitjançant una unió omega amb dues soldadures amb una separació de 1m. Si al suport hi ha instal·lat un transformador de tensió, intensitat o parallamps es realitzarà una tercera soldadura que es connectarà a l'aparellatge.

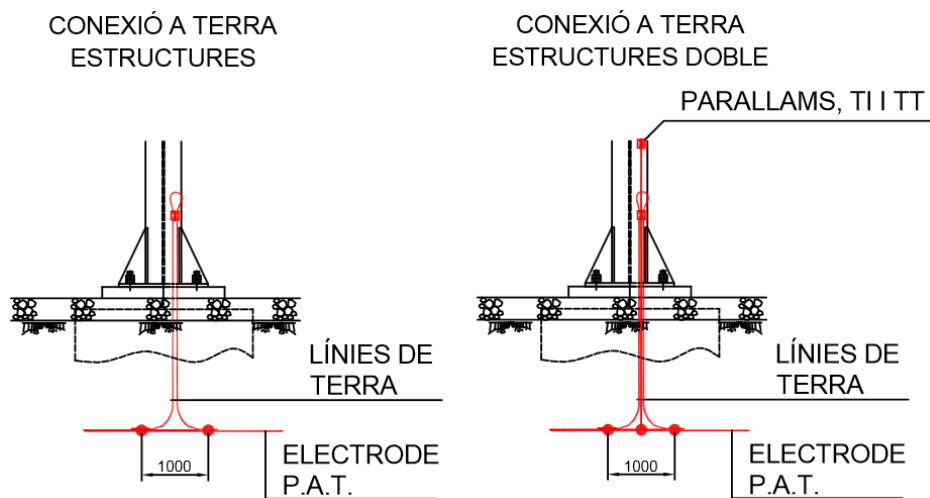


Figura 14. Connexió a terra de les estructures

Per augmentar la resistivitat del terreny i, per tant, millorar l'eficàcia de la xarxa de terres, es posarà una capa de 0,1m de grava.

Les característiques que té aquesta xarxa de terra no supera els valors màxims de tensió de contacte i de pas admissibles que marca el reglament d'alta tensió.

Paràmetres	Valor
Tensió nominal	132 kV
Resistivitat mitjana del terreny ( $\rho$ )	110 $\Omega \cdot m$
Resistivitat de la grava superficial ( $\rho_r$ )	3000 $\Omega \cdot m$
Espessor de la grava superficial	0,1 m
Temps de duració del defecte	0,5 s
Corrent de defecte aportat per línia 1	3,5 kA
Corrent de defecte aportat per línia 2	4,5 kA
Profunditat malla (h)	0,8 m
Separació entre conductors	5 m
Longitud conductors transversals	56 m
Longitud conductors horitzontals	71 m
Número de conductors transversals	17
Número de conductors horitzontals	14
Longitud conductors malla (L)	2000 m
Àrea coberta per la malla (A)	4047 m <sup>2</sup>

Taula 11. Paràmetres instal·lació malla terra

Tots els càlculs justificatius es troben a l'annex B (Càlculs) d'aquesta memòria.

#### 6.9.2. Protecció atmosfèrica

Per a la protecció atmosfèrica s'utilitzaran les puntes Franklin per a la captació de les descàrregues elèctriques. Aquestes estaran repartides estratègicament per tot el recinte, creant una zona de protecció per fenòmens elèctrics atmosfèrics a tota la subestació.

Segons norma IEC 62305-2, per a una protecció tipus 1, que és el nivell màxim de protecció, el radi per calcular la zona de protecció amb el mode esfera rodant és de 35m.

Amb aquest mètode és pot veure el gradient de protecció de les puntes Franklin.

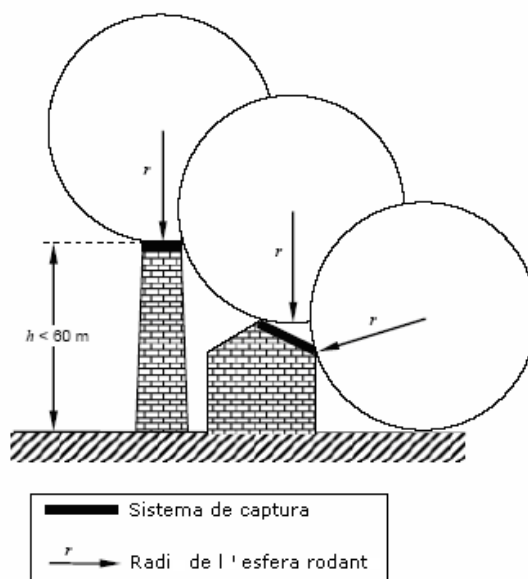


Figura 15. Esfera rodant

## 6.10. SISTEMA D'ENLLUMENAT

El nivell d'enllumenat per als vials serà de 15 lux amb un coeficient d'uniformitat mitjana de 0,25 per vials perimetrals (3m d'ample), i de 20 lux amb un coeficient de uniformitat mitjana de 0,3 per a vials principals (5m d'ample).

Per aconseguir aquests valors s'utilitzaran lluminàries esfèriques amb làmpades LED de 40W, 230Vca, muntades en columnes d'acer galvanitzat de, com a mínim, 3,5m d'alçada.

L'alimentació es realitzarà mitjançant el corrent altern procedent del quadre de corrent alterna de l'edifici, mitjançant circuits protegits per magnetotèrmics i diferencial. L'activació de la il·luminació exterior es podrà realitzar de manera manual o automàtica (mitjançant una cèl·lula fotoelèctrica instal·lada a l'exterior).

En aquelles zones on es realitzen les operacions de maniobra o manteniment de manera freqüent, com són els voltants dels transformadors de potència, s'instal·larà un sistema d'enllumenat intensiu que asseguri una il·luminació de 200 lux. Per a aquesta il·luminació s'utilitzarà làmpades de vapor de sodi d'alta pressió tubular de 90W i 230Vca, les quals estaran instal·lades en columnes d'acer galvanitzat a 1,2m d'alçada.

El control d'aquesta il·luminació intensiu es realitzarà des d'una caixa exterior que, a més a més, disposarà d'una toma de força trifàsica de 16A.

Per a la il·luminació interior, el control anirà dotat d'il·luminació normal a base de làmpades i lluminàries fluorescents distribuïdes en varis circuits. Aquestes lluminàries no estaran situades a una alçada superior a 3,5m del terra.

Amb una il·luminació amb coeficient de uniformitat del 0,5 hi haurà uns valors mínims de il·luminació de 600 lux per a la sala de control, de 300 lux per a la sala de les cel·les de MT i de 150 lux per a la resta de l'interior de l'edifici.

Les lluminàries seran de doble tub fluorescent de 36W. L'alimentació es realitzarà mitjançant corrent alterna procedent del quadre de corrent alterna de l'edifici, mitjançant circuits protegits per magnetotèrmics i diferencial.

En el cas de la il·luminació d'emergència, aquest estarà format per equips autònoms d'interior. Aquests equips estaran alimentats per un circuit de corrent altern procedent del quadre de corrent alterna de l'edifici.

S'instal·laran els equips necessaris per obtenir un mínim de 5 lux, tenint en compte que en cada sortida existirà un element.

Els equips han de tenir una autonomia de com a mínim una hora.



## 6.11. VENTILACIÓ

Amb la finalitat de mantenir la temperatura de l'edifici per sota dels valors recomanats, és necessari instal·lar un sistema de ventilació que asseguri la renovació de l'aire de forma que s'aconsegueixin les condicions ambientals òptimes per al funcionament dels equips electrònics.

A la sala de les cel·les, amb l'objectiu de renovar cíclicament l'aire de la sala, s'instal·larà un sistema de ventilació forçada composta, com a mínim, dos extractors axials murals amb motor monofàsic o trifàsic. Haurà de disposar d'un dispositiu que permeti la possibilitat de connectar-lo en mode manual o automàtic per a renovacions periòdiques de l'aire en la sala. Les portes de la sala disposaran de reixes per facilitar la ventilació natural.

Referent a la ventilació en mode automàtic, el sistema estarà programat per actuar quan les condicions de la sala sigui superior a 27°C i amb una humitat del 68%, sempre i quan a l'exterior no hi hagi uns valors de temperatura i humitat superiors als valors de consigna.

## 6.12. SISTEMES DE SEGURETAT

Les subestacions estan catalogades com a zona de risc, per tant, per tal de garantir el màxim possible la seguretat de les persones i la integritat de la instal·lació, aquesta està dotada de diferents sistemes de detecció contra incendis, intrusisme, fugues d'oli, etc.

### 6.12.1. Sistemes de detecció contra incendis

La finalitat del sistema d'incendis serà detectar de manera automàtica, precoç i sense intervenció humana, qualsevol incendi que es pugui produir en zones predeterminades amb la finalitat de senyalitzar mitjançant alarmes òptiques i acústiques locals i a distància. Per dur aquesta funció aquesta sistema estarà equipat amb detectors òptics en tota la subestació, detectors termovelocimètrics a les sales dels transformadors SSAA, un equip de control i senyalització, el qual estarà dintre d'un armari dintre l'edifici i altres components com pulsadors manuals d'alarma, sirenes, extintors polivalents, extintors de pols, etc.

No es considera necessària cap més mesura per la disponibilitat d'hidrants a la zona exterior de la subestació.

### 6.12.2. Murs tallafocs

Els transformadors estan envoltats, només per dos dels quatre costats, amb murs de formigó. D'aquesta manera si un transformador crema s'evita que el foc no es pugui propagar cap a un altre transformador o cap a l'exterior per un lateral.



Figura 16. Mur tallafoc amb extintor mòbil

Aquests murs són prefabricats (RF120) i estan subjectats al terra mitjançant les fonamentacions de les bancades dels transformadors. Les dimensions d'aquests murs són de 5,7x1,5x0,12m.

### 6.12.3. Sistema de vídeo-vigilància i contra intrusisme

Les subestacions s'exploten sense la presència de personal continu i aquesta situació genera l'existència d'actes vandàlics que fa necessari la instal·lació d'un sistema que permeti la vigilància remota i permanent a la subestació.

El sistema de vídeo-vigilància és sistema obert de lògica distribuïda, que integra tots els sistemes de la subestació relatius a la seguretat de les instal·lacions. Aquest sistema està compost per càmeres digitals d'alta resolució amb capacitat de visió nocturna i especificacions d'intempèrie extrema. Totes les càmeres estan connectades en una xarxa local mitjançant connexió IP i enregistren en temps real.

El sistema de seguretat per detecció d'intrusisme permetrà detectar una intrusió de persones no autoritzades i comunicar al centre d'alarma de Endesa les incidències que es puguin originar. Podrà ser activat/desactivat localment per personal autoritzat mitjançant codi de seguretat.

El sistema estarà format per detectors volumètrics duals (infrarojos i microones) i sirenes exteriors.

#### 6.12.4. Sistemes de recuperació i recollida d'oli

Els transformadors estan equipats amb un sistema de recollida de possibles fuites d'oli. Aquest sistema està format per un sistema automàtic de detecció instal·lat al transformador i un dipòsit acumulador d'aigua.

Com que els transformadors porten oli, existeix el perill de que hi pugui haver alguna fuga. Per tant, per poder solucionar aquest problema els transformadors també estan equipats amb un sistema de recollida d'oli. D'aquesta manera s'evita que l'oli es pugui filtrar al clavegueram.

Els transformadors estan instal·lats sobre una bancada de 7,5m x 5m amb una fondària de 1m. Aquesta bancada està recoberta de grava de 50 i 70mm. D'aquesta manera, l'oli que es pugui vessar es filtra fins el fons de la bancada, la qual està connectada mitjançant tubs de PVC a un dipòsit de recollida d'oli. Això també permet que si el transformador s'està cremant l'oli, al caure a la grava, es filtri i aquesta faci d'apagafocs.

#### 6.12.5. Canalitzacions de cables

La protecció envers els cables és molt important, i és per això que aquests estan instal·lats sota una xarxa de canals prefabricats. La secció d'aquests canals depèn de la quantitat de cables que passin per aquest.

#### 6.12.6. Vallat

Tota la subestació està tancada amb xarxa metàl·lica de simple torsió amb una alçada de 3m. L'únic accés a la subestació és a través d'una porta metàl·lica de 9m de pas, motoritzada, per permetre l'accés al personal i als vehicles. També disposa d'una sortida d'emergència a l'extrem oposat.

## 7. NORMATIVA APLICADA

La norma general d'Endesa utilitzada és la SFZ00100 Criterios de diseño de subestaciones. Tota aquesta norma, i les subjacents, es basen en les diferents normes UNE que es poden veure a continuació.

### 7.1. Parc de 132kV

IEC 60859	Cable connections for gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages of 72,5kV and above.
IEC 62305-2	Lightning protection standard
IEEE Standard 80-1986	Guide for Safety in AC substation Grounding.
MIE-RAT	Reglamento sobre Condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
UNE 20324	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
UNE 21110-2	Características de los aisladores de apoyo de interior y de exterior para instalaciones de tensión nominal superior a 1kV.
UNE-EN 50052	Recipientes bajo presión.
UNE-EN 50102	Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos.
UNE-EN 60044-1	Transformadores de medida y protección. Parte 1: Transformadores de intensidad.
UNE-EN 60044-2	Transformadores de medida y protección. Parte 2: Transformadores de tensión.

UNE-EN 60099-4	Pararrayos. Parte 4: Pararrayos de óxido metálico sin explosores para sistemas de corriente alterna.
UNE-EN 60129	Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
UNE-EN 60137	Aisladores pasantes para tensiones superiores a 1000V.
UNE-EN 60376	Especificaciones y recepción del hexafluoruro de azufre nuevo.
UNE-EN 60517	Aparamenta bajo envolvente metálica con aislamiento gaseoso para tensiones asignadas iguales o superiores a 72,5kV.
UNE-EN 60694	Estipulaciones comunes para las normas de aparamenta de Alta tensión.
UNE-EN 62271-100	Interruptores automáticos de corriente alterna para alta tensión.
UNE-EN 62271-102	Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna para alta tensión.
UNE-EN 62271-203	Aparamenta de maniobra con envolvente metálica con aislamiento de gas para tensiones nominales superiores a 52kV.

## **7.2. Transformació**

MIE-RAT	Reglamento sobre Condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
UNE 20-110	Guía de carga para transformadores sumergidos en aceite.
UNE 20-142	Guía de aplicación de los cambiadores de tomas en carga.

UNE 20-324/ EN 60529	Grados de protección proporcionados por las Envolvertes.
UNE 21-320/5	Fluidos para aplicaciones electrotécnicas. Prescripciones para aceites minerales aislantes nuevos para transformadores y aparata de conexión.
UNE 20158	Marcado de bornes y de tomas de los transformadores de potencia.
UNE 20175	Sistema de pintado para transformadores de potencia.
UNE 21428	Transformadores trifásicos sumergidos en aceite.
UNE 37507	Recubrimientos galvanizados en caliente de tornillería i otros elementos.
UNE 48103	Pinturas y barnices.
UNE-EN 60-551	Determinación del nivel de ruido de los transformadores y las reactancias.
UNE-EN 50180	Aisladores pasantes para transformadores.
UNE-EN 50216-2	Accesorios para transformadores de potencia y reactancias. Parte 2: relé con actuación por gas y aceite para transformadores y reactancias sumergidas en líquido aislante, con depósito de expansión.
UNE-EN 50216-4	Accesorios para transformadores de potencia y reactancias. Parte 4: accesorios básicos (terminales de puesta a tierra, dispositivo de llenado i vaciado, fundas para termómetro, ruedas).

UNE-EN 50216-5	Accesorios para transformadores de potencia y reactancia. Parte 5: indicadores de nivel de líquido aislante. Manómetros e indicadores de circulación de líquido aislante.
UNE-EN 50216-6	Accesorios para transformadores de potencia y reactancias. Parte 6: equipo refrigeración. Radiadores desmontables para transformadores sumergidos en aceite.
UNE-EN 60076-1	Transformadores de potencia. Generalidades.
UNE-EN 60076-2	Calentamiento.
UNE-EN 60076-3	Niveles de aislamiento y ensayos dieléctricos.
UNE-EN 60076-5	Aptitud para soportar cortocircuitos.
UNE-EN60137	Aisladores pasantes para tensiones alternas superiores a 1000V.
UNE-EN 60214	Cambiadores de tomas en carga.
UNE-EN 60694	Estipulaciones comunes para normas de Aparamenta de Alta Tensión.
UNE-EN 60947	Aparamenta para baja tensión.
UNE-EN 207005	Guía de aplicación para los transformadores de potencia.

### **7.3. Parc de MT**

MIE-RAT	Reglamento sobre Condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
---------	--



UNE 20324	Clasificación de los grados de protección proporcionado por las envolventes.
UNE-EN 50102	Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos.
UNE-EN 50181	Pasatapas enchufables de más de 1kV a 36kV y de 250 a 1250A para equipos que no sean transformadores sumergidos en líquido.
UNE-EN 60044-1	Transformadores de medida y protección. Parte 1: Transformadores de intensidad.
UNE-EN 60044-2	Transformadores de medida y protección. Parte 2: Transformadores de tensión.
UNE-EN 60376	Especificaciones para hexafluoruro de azufre (SF <sub>6</sub> ) de calidad técnica para uso en equipos eléctricos.
UNE-EN 60694	Estipulaciones comunes para las normas de aparata de alta tensión.
UNE-EN 62271-100	Aparata de alta tensión. Parte 100: Interruptores automáticos de corriente alterna para alta tensión.
UNE-EN 62271-102	Aparata de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
UNE-EN 62271-200	Aparata de alta tensión. Parte 200: Aparata bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1kV e inferiores o iguales a 52kV.

## **8. RESUM DEL PRESSUPOST**

La majoria dels aparells utilitzats en aquest projecte són de caràcter estratègic. Per tant, aquest pressupost està calculat amb les licitacions que té Endesa. El disseny d'una subestació elèctrica AT/MT de 132/25kV ascendeix a un cost de dos milions sis-cents setze mil nou-cents setanta-un euros amb vint-i-sis cèntims, sense IVA.

## 9. CONCLUSIONS

En aquest projecte s'ha dissenyat tota la part elèctrica d'una subestació elèctrica seguint les normes particulars de la companyia elèctrica Endesa, ja que és la companyia que opera en el municipi on es construeix la nova subestació elèctrica.

Amb la construcció d'aquesta nova subestació, la xarxa de la companyia elèctrica aconsegueix estar més mallada, la qual cosa implica una millora en la distribució de potència a la xarxa. Això també permet una nova reorganització energètica en les diferents línies de mitja tensió per tal de poder equilibrar molt millor la xarxa existent, i com a conseqüència, facilitar les actuacions de manteniment reduint els efectes als clients.

Cal tenir en compte, que les proteccions diferencials i longitudinals de les subestacions de Salt i de Juià s'han de reconfigurar, ja que el camp de visió i protecció de cada una queda solapat amb la nova instal·lació.

Sergio Guzmán Corro

Endesa distribució elèctrica S.L.P

Graduat en enginyeria elèctrica

Salt, 01 de Setembre de 2015

## **10. RELACIÓ DE DOCUMENTS**

Aquest projecte està constituït pels següents documents: memòria, plànols, plec de condicions, estat d'amidaments i pressupost.

## 11. BIBLIOGRAFIA

ACADEMIA. Apantallamiento contra descargas atmosféricas en subestaciones. ([http://www.academia.edu/9370182/Apantallamiento\\_contra\\_descargas\\_atmosf%C3%A9ricas\\_en\\_subestaciones](http://www.academia.edu/9370182/Apantallamiento_contra_descargas_atmosf%C3%A9ricas_en_subestaciones), 29 de maig del 2015).

CORTES CHERTA, MANUEL. Curso de aparamenta eléctrica. Editorial Groupe Schneider. Barcelona. 1990.

IDESCAT. Classificació catalana d'activitats econòmiques. (<http://www.idescat.cat/Classif/Classif/CIassif?TC=5&V0=1&V1=87&V2=2>, 21 de gener del 2015).

LATORRE USÁN, SOLEDAD. Instalaciones de enlace y centros de transformación. Editorial Ceysa. 2006.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO. Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de Seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. (<http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/legislacionNacionalGrupo.aspx?idregl=5>. 27 de desembre del 2014).

MORENO OSPINA, GERMÁN. Fundamentos e ingeniería de las puestas a tierra. Respuestas ante fallas elèctricas y rayos. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia. 2007.

SIMÓN COMÍN, PASCUAL. Cálculos y diseño de líneas eléctricas de alta tensión. Editorial Ibergarceta publicaciones S.L. Madrid. 2011.

## 12. GLOSSARI

AIS: Air Insulated Switchgear

AT: Alta Tensió

C.A: Corrent altern

C.C: Corrent continu

EDE: Endesa Distribución Eléctrica

GIS: Gas Insulated Switchgear

MT: Mitja Tensió

PAT: Posada a terra

SF<sub>6</sub>: Hexaflorur de sofre

SSAA: Serveis auxiliars

SSEE: Subestació elèctrica

TI: Transformador d'intensitat

TT: Transformador de tensió

UCP: Unitat de control de protecció

UCS: Unitat de control de subestació

**A. PLACA DE CARACTERÍSTIQUES TRANSFORMADOR**

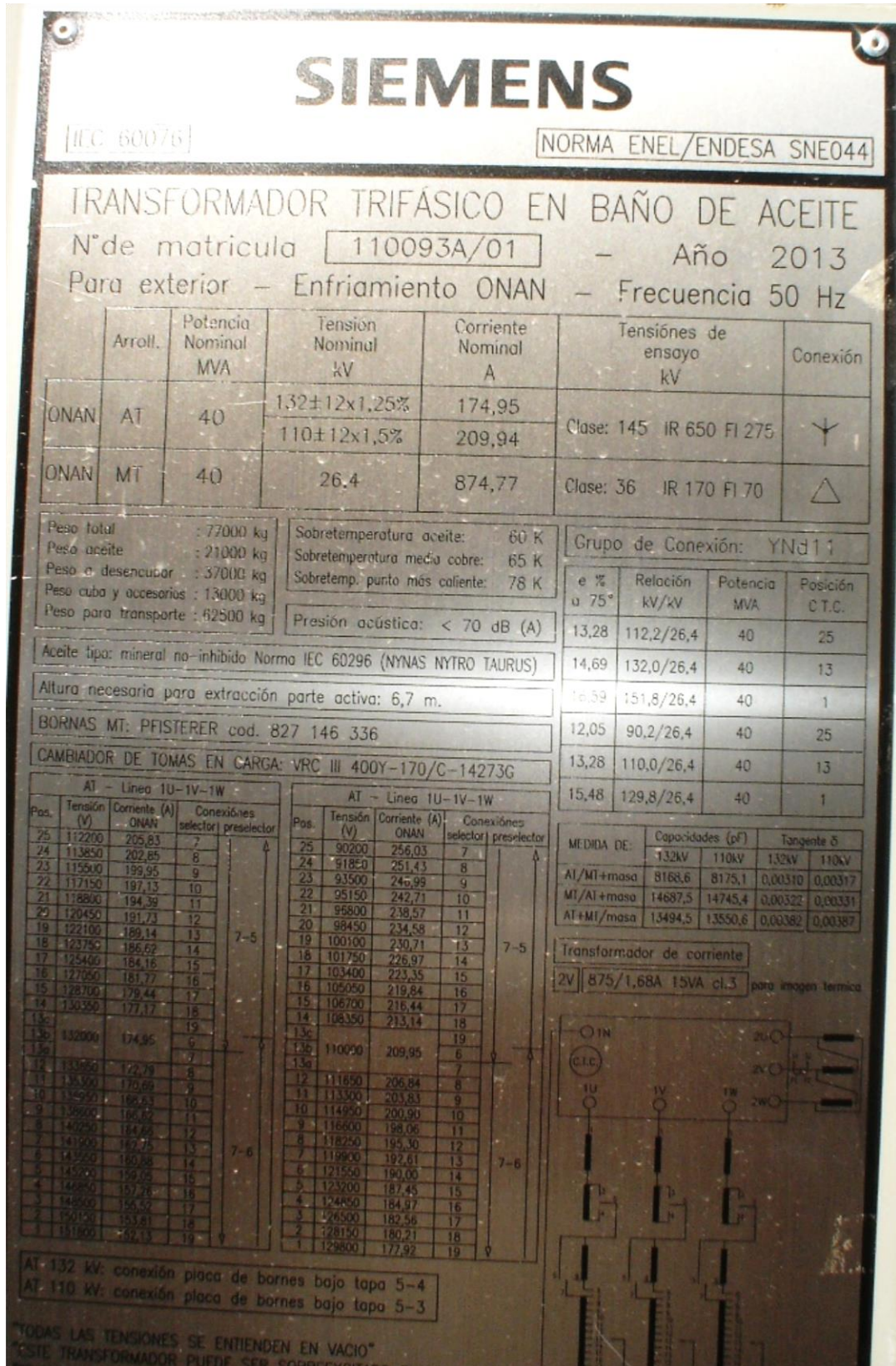


Figura 17. Placa de característiques del Transformador de potència

## B. CÀLCULS

El present document té per objecte establir els criteris de càlculs que s'han de tenir en compte a l'hora de dissenyar i dimensionar les instal·lacions que s'han fet referència.

Els nivells d'aïllament que s'han adoptat, segons la instrucció MIE-RAT 12, són els que corresponen a materials del grup A, tensions més elevades majors a 1kV i menor o igual a 36kV, i del grup B, tensions més elevades majors de 36kV i menor o igual a 245kV.

### B.1. Distàncies mínimes

En aquest apartat es mostren els càlculs realitzats per a determinar les distàncies entre fase-terra i entre fases, les distàncies en passadissos de servei i zones de protecció i les distàncies de protecció contra contactes accidentals des de l'exterior del recinte de la instal·lació que s'han fet servir per al disseny de les posicions dels equips i infraestructures.

#### B.1.1. Distàncies fase-terra i entre fases

D'acord amb el nivell d'aïllament adoptat i segons la taula nº12 de la instrucció MIE-RAT 12, la distància per al parc 132kV ( $U_m$  145kV) és de 1,3m per al cas més desfavorable.

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL ( $U_m$ ) (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (kV de cresta)	Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (mm)
52	95	250	480
72,5	140	325	630
123	185 230	450 550	900 1100
145	185 230 275	450 550 650	900 1100 1300
170	230 275 325	550 650 750	1100 1300 1500
245	325 360 395 460	750 850 950 1050	1500 1700 1900 2100

Taula 12. Distància fase-terra i entre fases



La distància adoptada en el disseny de la subestació és de 2,5m entre fases i entre fases i terra.

#### B.1.2. Distància en passadissos de servei i zones de protecció

Segons instrucció MIE-RAT 15 apartat 4.1.2, els elements en tensió no protegits que es troben sobre els passadissos, hauran d'estar a una alçada mínima "H" sobre el terra, mesurada en centímetres, igual a:

$$H = 250 + d \quad (\text{Eq. 1})$$

Sent "d" la distància expressada en centímetres de les taules 1,2 i 3 de la ITC-RAT-12, segons tensió.

Per tant,  $H = 380\text{cm}$ .

La distància adoptada en el disseny de la subestació en passadissos és, en el punt més desfavorable de la fletxa, de més de 5m d'alçada.

Per altra banda, tots els elements en tensió en les zones accessibles estaran situats a una alçada sobre el terra superior a 2,5m.

#### B.1.3. Protecció contra contactes accidentals des de l'exterior

La zona de protecció entre el vallat amb alçada  $>220\text{cm}$  i els elements en tensió ha de ser, segons MIE-RAT 15, superior a:

$$H_{\min} = 150 + d \quad (\text{Eq. 2})$$

En el cas més desfavorable al parc de 132kV on "d" és igual a 130cm. Per tant,  $H_{\min}$  és de 280cm.

L'alçada dels elements en tensió al terra quan existeix un encreuament o paral·lelisme amb el vallat del recinte, està determinada segons el reglament tècnic de línies elèctriques aèries d'alta tensió ITC-LAT.

Per tant, de la següent fórmula, obtenim el valor de l'alçada mínima.

$$H = D_{\text{add}} + D_{\text{el}} \quad (\text{Eq. 3})$$

On  $D_{\text{add}}$  és l'alçada d'aïllament addicional i té un valor de 5,3, segons reglament, i  $D_{\text{el}}$  és la distància d'aïllament en l'aire per prevenir una descàrrega disruptiva entre conductors de fase i objectes a potencial de terra.

Segons taula nº15 d'aquesta instrucció el valor de  $D_{\text{el}}$  és de 1,20.

Tensió más elevada de la red $U_s$ (kV)	$D_{\text{el}}$ (m)	$D_{\text{pp}}$ (m)
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,20
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33
36	0,35	0,40
52	0,60	0,70
72,5	0,70	0,80
123	1,00	1,15
145	1,20	1,40
170	1,30	1,50
245	1,70	2,00
420	2,80	3,20

Taula 13. Distància d'aïllament per evitar descàrregues

S'obté que l'alçada mínima és de 6,5m.

## B.2. Càlcul de posada a terra

La instal·lació de posada a terra està dissenyada seguint indicacions de la ICT MIE-RAT 13 del reglament sobre condicions tècniques i garanties de seguretat en centrals elèctriques, subestacions i centres de transformació.

Per fer el càlcul de la instal·lació es necessiten els següents paràmetres:

Paràmetres	Valor
Tensió nominal	132 kV
Resistivitat mitjana del terreny ( $\rho$ )	110 $\Omega \cdot m$
Resistivitat de la grava superficial ( $\rho_r$ )	3000 $\Omega \cdot m$
Espessor de la grava superficial	0,1 m
Temps de duració del defecte	0,5 s
Corrent de defecte aportat per línia 1	3,5 kA
Corrent de defecte aportat per línia 2	4,5 kA
Profunditat malla (h)	0,8 m
Separació entre conductors	5 m
Longitud conductors transversals	56 m
Longitud conductors horitzontals	71 m
Número de conductors transversals	17
Número de conductors horitzontals	14
Longitud conductors malla (L)	2000 m
Àrea coberta per la malla (A)	4047 m <sup>2</sup>

Taula 14. Paràmetres instal·lació malla terra

### B.2.1. Càlcul resistència de malla

$$R_g = \rho \left( \frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{(20 \cdot A)}} \cdot \left( 1 + \frac{1}{(1 + h \cdot \sqrt{(20 / A)})} \right) \right) \quad (\text{Eq. 4})$$

Un cop realitzat el càlcul s'obté que la resistència de la malla és de 0,808  $\Omega$ .

### B.2.2. Resistència de p.a.t. dels suports

La impedància en cadena  $Z_s$  del conjunt constituït per la posada a terra dels suports metàl·lics de les línies, es considera com a una resistència en paral·lel amb la malla de terra, i es determina segons la norma particular SDZ001000 de EDE, la qual exposa que quan el conductor utilitzat com a cable de guarda de les torres d'alta tensió és cable compost Terra-òptic OPGW-115, el valor que pren  $Z_s$  és de 2,1  $\Omega$  per a cada línia.

### B.2.3. Resistència total de la P.A.T.

El càlcul de la resistència total del sistema és la suma en paral·lel de les resistències.

$$1/R_e = 1/Z_s + 1/Z_s + 1/R_g \quad (\text{Eq. 5})$$

Per tant,  $R_e$  és igual a 0,457  $\Omega$ .

### B.2.4. Càlcul de corrent de P.A.T.

Per determinar el corrent de p.a.t., en cas de falla interna, es considera la subestació dintre d'una superfície tancada realitzant-se la suma de corrents entrants i sortints.

Com a corrents entrants es consideren els corrents homopolars aportades per totes les línies. Com a corrent sortints es considera el corrent de posada a terra i les que circulen per els cables de terra de les línies aèries.

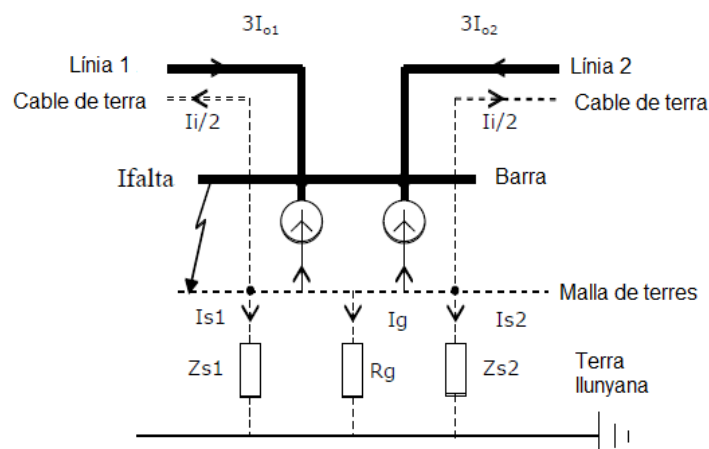


Figura 18. Esquema posada a terra

Per considerar augments futurs de la potència de curtcircuit de la xarxa, s'aplica un factor de 1,4 als corrents de curtcircuit de cada línia, per tant els valors de la línia 1 ( $I_{o1}$ ) i línia 2 ( $I_{o2}$ ) són de 6,3 i 4,9 respectivament.

A aquestes intensitats se'ls hi ha d'aplicar un coeficient reductor degut a l'existència d'un cable a terra del tipus Terra-òptic OPGW-115 en cada línia, com s'ha comentat anteriorment, de  $(1 - 0,69)$ , d'acord amb la norma particular.

Cable de tierra	Nº cables	Factor P
Acero recubierto de Al ARLE 9,78	1	0.87
Acero T70	1	0.88
Aluminio-Acero LA 125	1	0,83
Cable compuesto Tierra-Óptico OPGW-115	1	0,69

Taula 15. Factor reductor per línies 132kV per càlcul d'intensitat a terra

La intensitat que haurà de dissipar la xarxa de terres es ramificarà per la malla de terra i per els cables de terra de les línies de 132kV.

$$\sum I_0 = I_{01} + I_{02} \quad (\text{Eq. 6})$$

De l'equació 6 es troba una intensitat de curtcircuit total de 11,2 kA.

Si s'aplica el factor de reducció s'obté el següent:

$$\sum I_i = I_{01} \cdot (1-0,69) + I_{02} \cdot (1-0,69) \quad (\text{Eq. 7})$$

Per tant,  $\sum I_i = 3,472$  kA.

Restant els valors obtinguts en l'equació 7 amb l'equació 6 s'obté la intensitat dissipada per la xarxa de terres de 7,728 kA.

Per conèixer la repartició del corrent a la xarxa s'ha de calcular l'elevació del potencial de l'elèctrode de posada a terra i el corrent que passa a través de la residència a terra de l'elèctrode de posada a terra.

Per tant, l'elevació de corrent és:

$$E_e = R_e \cdot (\sum I_0 - \sum I_i) \quad (\text{Eq. 8})$$

Substituint els valors es troba una tensió de 3,532 kV.

El corrent que circula per l'elèctrode és:

$$I_g = E_e / R_g \quad (\text{Eq. 9})$$

Substituint els valors es troba una intensitat de 4,371 kA.

Per ser una instal·lació de tensió igual o superior a 110 kV, amb el neutre connectat rígidament a terra, es pot aplicar un coeficient reductor de 0,7 degut a l'escassa probabilitat de coincidència de les condicions més desfavorables, tal i com es contempla en el MIE-RAT-13.

$$I_g = 4,371 \cdot 0,7 = 3,060 \text{ kA}$$

#### B.2.5. Tensió de malla

En cas de defecte a terra, existirà una elevació del potencial de la xarxa de terres de:

$$E_p = I_g \cdot R_g \quad (\text{Eq. 10})$$

Substituint els valors es troba una tensió de 2,472 kV.

#### B.2.6. Secció mínima del conductor

La secció mínima es troba aplicant la fórmula recollida a la Standard 80 IEEE:

$$A = I \cdot \sqrt{(TC \cdot \alpha_r \cdot \rho_r \cdot 10000)} / \sqrt{(TCAP \cdot L_n ((K_0 + T_M)/(K_0 + T_A)))} \quad (\text{Eq. 11})$$

On: TC(s) és el temps de duració de la falta. Aquest temps no té perquè coincidir amb  $t_f$  (0,5), sol ser  $t_c > t_f$ , perquè per dimensionar la malla convé aplicar un criteri conservador. TC sol ser 1s.  $\alpha_r$  és el coeficient tèrmic de resistivitat a temperatura de referència i és de  $0,00397 \text{ } ^\circ\text{C}$ .  $K_0$  és la inversa del coeficient tèrmic de resistivitat a  $0^\circ\text{C}$  el qual és  $\alpha_0 = 0.00427^\circ\text{C}$ .  $\rho_r$  és la resistivitat del conductor de terra a la temperatura de referència  $1,72 \text{ } \mu\Omega\cdot\text{cm}$ . TCAP és el factor de capacitat tèrmica per Cu de  $3,42 \text{ J/cm}^3/^\circ\text{C}$ .  $T_M$  és la temperatura màxima admissible en  $^\circ\text{C}$ , la qual es considera  $200^\circ\text{C}$ .  $T_A$  és la temperatura ambient en  $^\circ\text{C}$ , es considera de  $25^\circ\text{C}$ . I és la intensitat màxima cap a la xarxa de terres en valor eficaç kA, per tant 8kA.

Així doncs, s'obté una secció de  $49,768 \text{ mm}^2$ .

Segons la MIE-RAT-13, no es pot superar els  $160 \text{ A/mm}^2$  de densitat de corrent.

$$j = I / s \quad (\text{Eq. 12})$$

Per tant, la secció mínima és de  $50 \text{ mm}^2$ .

Les normes tècniques particulars d'EDE obliguen a utilitzar com a secció més petita de  $95 \text{ mm}^2$ , per tant la secció a utilitzar serà la imposada per EDE.

### B.2.7. Tensions de pas i contacte

La tensió màxima de pas calculada és:

$$E_s = \rho_s \cdot K_s \cdot K_i \cdot I_g / L \quad (\text{Eq. 13})$$

On:  $\rho_s$  és la resistivitat mitjana del terreny.  $I_g$  és la intensitat que circula per la xarxa de terres de la subestació.  $K_s$  és el factor d'espai entre conductors per tensió de pas.  $K_i$  és el factor elevador per efecte de major densitat de corrent en els extrems de la xarxa. L és la longitud del conductor.

$$K_i = 0,644 + 0,148 \cdot n \quad (\text{Eq. 14})$$

$$K_s = (1 / (2h) + 1 / (D+h) + (1 - 0,5^{n-2}) / (D)) / \pi \quad (\text{Eq. 15})$$

Per tant, substituint valors obtenim que  $K_i$  és igual a 3,16,  $K_s$  és igual a 0,317 i la tensió de pas és igual a 168,59 V.

La tensió de contacte és:

$$E_s = \rho_s \cdot K_m \cdot K_i \cdot I_g / L \quad (\text{Eq. 16})$$

On:  $\rho_s$  és la resistivitat mitjana del terreny.  $I_g$  és la intensitat que circula per la xarxa de terres de la subestació.  $K_m$  és el factor d'espai entre conductors per tensió de contacte.  $K_i$  és el factor elevador per efecte de major densitat de corrent en els extrems de la xarxa.  $L$  és la longitud del conductor.

$$K_m = (L_n ( D^2 / (16hd) + (D+2h)^2 / (8Dd) - (h) / (4d) ) + (K_{ii} / K_h) \cdot L_n ( 8 / \pi(2n-1) )) / (2\pi) \quad (\text{Eq. 17})$$

On:  $d$  és el diàmetre del conductor.  $K_{ii}$  és igual a 1 ja que les piquetes estan localitzades en el perímetre.  $K_h$  és el factor de profunditat.

$$K_h = \sqrt{1 + h / h_0} \quad (\text{Eq. 18})$$

On:  $h_0$  és igual a 1.

Per tant, substituint valors obtenim que  $K_m$  és igual a 0,58,  $K_h$  és igual a 1,34 i la tensió de contacte és igual a 308,46 V.

#### B.2.8. Tensions de pas i contacte de referència

Segons el MIE-RAT-13, la tensió màxima aplicable al cos humà segueix la següent expressió:

$$V_{ca} = K / t^n \quad (\text{Eq. 19})$$

En el nostre cas, com que  $t = 0,5s$ , segons la taula de la instrucció 13  $K = 72$  i  $n = 1$ . Per tant la tensió és de 144 V.



D'acord també amb MIE-RAT-13 a efectes de càlcul de projecte i tenint en compte les caigudes de tensió que apareixen al considerar totes les resistències del circuit en que intervé el cos humà, es podrà utilitzar per a l'estimació de les tensions de pas i contacte les següents fórmules:

$$V_{pa} = 10 \cdot (K / t^n) \cdot (1 + (6 \cdot \rho / 1000)) \quad (\text{Eq. 20})$$

En el cas de la instal·lació que està dintre del recinte, on la superfície està coberta per una capa de grava de 0,1m, s'ha d'aplicar un coeficient reductor de 0,665 a la resistivitat d'aquesta.

Per tant,  $V_{pai} = 18,680 \text{ kV}$

En el cas de la instal·lació externa al recinte, la resistivitat és la del terreny. Per tant,  $V_{pae} = 2,304 \text{ kV}$ .

Per a la tensió de contacte admissible:

$$V_c = (K / t^n) \cdot (1 + (1,5 \cdot \rho / 1000)) \quad (\text{Eq. 21})$$

De la mateixa manera que amb la tensió de pas, també s'ha d'aplicar els mateixos criteris, respecte la resistivitat del terreny, tant en la part interior com exterior del recinte. Així doncs, s'obtenen uns valors de  $V_{cai} = 575 \text{ V}$  i  $V_{cae} = 166 \text{ V}$ .

Un cop realitzat els càlculs, es pot determinar que la tensió de contacte,  $E_m$ , i la tensió de pas,  $E_s$ , són menors que les tensions de contacte i de pas admissibles a l'interior de la instal·lació amb grava superficial.

$E_m = 308,46 < V_{cai} 575$  a l'interior de la xarxa de terres

$E_m = 308,46 \text{ no } < V_{cai} 166$  a l'exterior de la xarxa de terres

Per què la tensió de contacte compleixi en l'exterior del recinte s'instal·la un conductor soterrat, situat a 1m de distància amb respecte a tot el perímetre de la tanca, i connectat a la mateixa.

També, la tensió de pas calculada és menor que la tensió de pas admissible, amb o sense grava superficial.

$$E_s = 168,59 \text{ V} < V_{pai} 18,68 \text{ kV a l'interior de la malla}$$

$$E_s = 168,59 \text{ V} < V_{pae} 2,304 \text{ kV a l'exterior de la malla}$$

### B.3. Serveis auxiliars CC

Per realitzar el càlcul de la distribució d'energia en corrent continua a 125V s'ha de conèixer, prèviament, algunes dades.

Segons la norma SNC001 que aplica EDE, les dades són les que es poden veure a la següent taula:

Característiques	Valors
Tensió nominal bateries	125Vcc
Tensió màxima	138V
Tensió mínima	106,25V
Intensitat del rectificador	30A
Intensitat màxima permanent	7A
Autonomia	12h
Capacitat mitjana per bateria	100Ah
Resistència interna mitjana	1,2mΩ

Taula 16. Característiques rectificador-bateria segons norma SNC001

A més a més, cada bateria està formada per 92 elements de descàrrega mitjana.

Es realitzarà els càlculs de corrent de curtcircuit per a comprovar la selectivitat entre interruptors i la capacitat de tall d'aquests en l'eliminació de curtcircuits.

També s'efectuarà els càlculs de caiguda de tensió en els circuits escollits per verificar que no es supera el màxim de valor permès.

En aquests càlculs no es considera la residència de connexions de cables en bornes o barres de distribució.

Per al càlcul de les intensitats de curtcircuit es tindrà en compte el valor de la tensió màxima de la bateria (138V) i per a les caigudes de tensió (d'ara endavant CDT) el valor de la tensió mínima (106,25V).

Per a les càrregues, les tensions mínimes són les següents: Relés de protecció i motors és de un 80% de la tensió nominal ( $125 \cdot 0,8 = 100V$ ) i per a bobines d'accionament d'interruptors és de un 75% ( $125 \cdot 0,75 = 93,75V$ ).

Les CDT admissibles en la instal·lació per a cada cas (tenint en compte el valor mínim de tensió) no hauran de superar 6,25V per relés de protecció i motors i de 12,5 per a bobines d'accionament d'interruptors.

### B.3.1. Càlculs escomesa d'alimentació a barres de l'armari de SSAA

La resistència del cable de  $2 \times 35 \text{mm}^2$  des de l'armari de protecció fins a l'interruptor (10m)

$$R_{i_{\text{bat}}} = N^{\circ} \text{ elements} \cdot R_i = 92 \cdot 0,0012 = 0,1104\Omega \quad (\text{Eq. 22})$$

$$R_{\text{CAB}} = (2 \cdot L) / (S \cdot \varphi_{\text{CU}}) = (2 \cdot 10) / (35 \cdot 56) = 0,0102\Omega \quad (\text{Eq. 23})$$

La resistència aproximada del fusible d'entrada és de 0,4mΩ.

La CDT en barres de distribució, fixant una intensitat permanent de sortida de cada bateria de 7A, és la següent:

$$R_1 = R_{i_{\text{bat}}} \cdot R_{\text{CAB}} \cdot R_{\text{FUS}} = 0,1104 + 0,0102 + 0,0004 = 0,121\Omega \quad (\text{Eq. 24})$$

$$\text{CDT} = R_1 \cdot I_n = 0,121 \cdot 7 = 0,847V \quad (\text{Eq. 25})$$

Per tant, la tensió mínima en barres de distribució és:

$$U_{\text{min}} = 106,25 - 0,847 = 105,4V \quad (\text{Eq. 26})$$

El càlcul de la intensitat de curtcircuit en barres de distribució és:

$$I_{cc} = U_N / R_1 = 138 / 0,121 = 1140,5A \quad (\text{Eq. 27})$$

### B.3.2. Bateria 1. Comanament i protecció 1 AT. Circuit Q1

Tots els consums estan regularitzats per la distribuïdora elèctrica, d'aquesta manera el control de totes les subestacions alhora d'arreglar averies es simplifica molt més. Els consums en aquest cas és:

Descripció	Valors
Armari de trafo	200W (1,6A)
Armari de cable	160W(1,28A)
Armari d'acoble	120W(0,96A)

Taula 17. Consums

Per tant, tenim un consum total de 840W (6,72A).

Per als càlculs de la CDT, a més dels consums, s'ha de tenir en compte el dispar de protecció diferencial de barres sobre la meitat dels terminals de AT de la subestació. Per tant, es té que la bobina de dispar del interruptor consumeix 450W (3,6A). Com que en total hi ha dos bobines, es té un consum de 900W i (7,2A).

Amb tot, s'obté un consum total de 840W + 900W = 1740W (13,92A).

La resistència de l'interruptor de capçalera del bucle és el NZMB1-A63 de MOELLER, el qual té una dissipació tèrmica (3 pols) de 38W i el dispar tèrmic està regulat a 63A.

$$R_{MAGQ1} = P_J / I_N^2 = 38 / 63^2 = 9,6m\Omega. \quad (\text{Eq. 28})$$

La resistència del cable de 2x10mm<sup>2</sup>, tenint en compte la distància de l'armari de distribució fins l'armari de proteccions més llunyà (16m).

$$R_{CAB} = (2 \cdot L) / (2 \cdot S \cdot \varphi_{CU}) = (2 \cdot 16) / (2 \cdot 10 \cdot 56) = 0,0286\Omega \quad (\text{Eq. 29})$$

Amb el bucle obert a la capçalera:

$$R_{CAB}' = (2 \cdot L) / (2 \cdot S \cdot \varphi_{CU}) = (2 \cdot 16) / (10 \cdot 56) = 0,057\Omega \quad (\text{Eq. 30})$$

Tenint en compte la distància de l'armari de distribució fins l'armari de proteccions més proper (10m).

$$R_{CAB}'' = (2 \cdot L) / (2 \cdot S \cdot \varphi_{CU}) = (2 \cdot 10) / (2 \cdot 10 \cdot 56) = 0,01786\Omega \quad (\text{Eq. 31})$$

La resistència del cable de  $2 \times 2,5\text{mm}^2$  des de l'armari de protecció fins a l'interruptor (50m)

$$R_{CABB0B} = (2 \cdot L) / (2 \cdot S \cdot \varphi_{CU}) = (2 \cdot 50) / (2,5 \cdot 56) = 0,7\Omega \quad (\text{Eq. 32})$$

Per tant, la intensitat de curtcircuit a la sortida de l'interruptor de capçalera del bucle és:

$$I_{ccMAG} = U_N / ((R_1 / 3) + R_{MAGQ1}) = 138 / ((0,121 / 3) + 0,0096) = 2763,7A \quad (\text{Eq. 33})$$

La capacitat de tall de l'interruptor escollit és de 25kA i, per tant, superior a 2763,7A de  $I_{cc}$ . El dispar magnètic de l'interruptor Q1 estarà regulat a 500A per lo que la desconexió de la falta serà instantània.

Si es té en compte que el cas més desfavorable és amb el bucle obert en capçalera, llavors la  $I_{cc}$  és la següent:

$$I_{ccCAB} = U_N / ((R_1 / 3) + R_{MAGQ1} + R_{CAB}') \quad (\text{Eq. 34})$$

$$I_{ccCAB} = 138 / ((0,121 / 3) + 0,0096 + 0,057) = 1085,75A \quad (\text{Eq. 35})$$

El dispar magnètic de l'interruptor Q1 estarà regulat a 500A per lo que la desconexió de la falta serà instantània.

Si a més a més es considera la resistència interna del magnetotèrmic utilitzat (S202K4 de ABB), els càlculs es realitzen tenint en compte la distància més propera.

$$I_{ccCARR} = U_N / ((R_1 / 3) + R_{MAGQ1} + R_{CAB''} + R_{MAGPOS}) \quad (\text{Eq. 36})$$

$$I_{ccCARR} = 138 / ((0,121 / 3) + 0,0096 + 0,01786 + 0,240) = 448A \quad (\text{Eq. 37})$$

El temps de reacció segons corba del magnetotèrmic:

$$I_{ccMAG} / I_{nMAG} = 448 / 4 = 112 \rightarrow t_{df} = 0s \quad (\text{Eq. 38})$$

El valor de Icc en bornes de la càrrega només supera el valor de dispar instantani del magnetotèrmic de protecció, per tant hi ha selectivitat entre magnetotèrmics.

Tenint en compte el cas mes llunyà i el bucle obert en capçalera es té:

$$I_{ccBOB} = U_N / ((R_1 / 3) + R_{MAGQ1} + R_{CAB'} + R_{CABBBOB} + R_{MAGPOS}) \quad (\text{Eq. 39})$$

$$I_{ccCARR} = 138 / ((0,121 / 3) + 0,0096 + 0,057 + 0,7 + 0,240) = 131,8A \quad (\text{Eq. 40})$$

El temps de reacció segons corba del magnetotèrmic:

$$I_{ccMAG} / I_{nMAG} = 131,8 / 4 = 32,95 \rightarrow t_{df} = 0s \quad (\text{Eq. 41})$$

Per al càlcul de la CDT es considera el cas més desfavorable quan el bucle està obert en capçalera, quan la tensió de la bateria és igual a la tensió mínima, amb la distància més llunyana a l'armari de proteccions i amb un consum permanent.

La intensitat de càrrega per a tensió mínima és

$$I = P / V \quad (\text{Eq. 42})$$

$$I_c = 1740 / 106,25 = 16,37A \quad (\text{Eq. 43})$$

Per calcular la intensitat de posició s'utilitza la posició de trafo al ser la més desfavorable per a una tensió mínima de la bateria.

$$I_{POS} = P_{ARM} / U_{MIN} = (200+450) / 106,25 = 6,21A \quad (\text{Eq. 44})$$

La caiguda de tensió en bornes de la protecció és de:

$$CDT_{PROT} = ((R_1 / 3) + R_{MAGQ1} + R_{CAB'}) \cdot I_c + R_{MAGPOS} \cdot I_{POS} \quad (\text{Eq. 45})$$

$$CDT_{PROT} = ((0,121 / 3) + 0,0096 + 0,057) \cdot 16,37 + 0,240 \cdot 6,12 = 3,22V \quad (\text{Eq. 46})$$

La caiguda de tensió és menor a la indicada per als circuits d'alimentació de proteccions (CDT < 6,25V).

La CDT en bornes de la bobina de dispar de l'interruptor de AT és:

$$I_{BOB} = P_{ARM} / U_{MIN} = (450) / 106,25 = 4,24A \quad (\text{Eq. 47})$$

$$CDT_{BOB} = CDT_{PROT} + R_{CABBBOB} \cdot I_{BOB} = 3,22 + 0,7 \cdot 4,24 = 6,2V \quad (\text{Eq. 48})$$

La CDT és menor a la indicada per als circuits d'alimentació de bobines de interruptors (CDT < 12,5V).

### B.3.3. Bateria 1. Comanament i protecció 1 MT. Circuit Q2

Tenint 19 cel·les a la instal·lació i amb un consum per cel·la de 34W, hi ha un consum total de cel·les de 646W (5,168A). A més a més, hi ha una potència de 450W (3,6) per a cada bobina de dispar. Havent-hi tres de dispar, hi ha un total de 1350W (10,8).

Amb tot, el consum total és de 1986W (15,888A)

La resistència de l'interruptor de capçalera del bucle és el NZMB1-A63 de MOELLER, el qual té una dissipació tèrmica (3 pols) de 38W i el dispar tèrmic està regulat a 50A.

$$R_{MAGQ2} = P_J / I_N^2 = 38 / 50^2 = 15,2m\Omega. \quad (\text{Eq. 49})$$

La resistència del cable de  $2 \times 10 \text{mm}^2$ , tenint en compte la distància de l'armari de distribució fins l'armari de proteccions més llunyà (60m).

$$R_{\text{CAB}} = (2 \cdot L) / (2 \cdot S \cdot \varphi_{\text{CU}}) = (2 \cdot 60) / (2 \cdot 10 \cdot 56) = 0,107\Omega \quad (\text{Eq. 50})$$

Amb el bucle obert a la capçalera:

$$R_{\text{CAB}}' = (2 \cdot L) / (2 \cdot S \cdot \varphi_{\text{CU}}) = (2 \cdot 60) / (10 \cdot 56) = 0,214\Omega \quad (\text{Eq. 51})$$

Tenint en compte la distància de l'armari de distribució fins l'armari de proteccions més proper (30m).

$$R_{\text{CAB}}'' = (2 \cdot L) / (2 \cdot S \cdot \varphi_{\text{CU}}) = (2 \cdot 30) / (2 \cdot 10 \cdot 56) = 0,054\Omega \quad (\text{Eq. 52})$$

Per tant, la intensitat de curtcircuit a la sortida de l'interruptor de capçalera del bucle és:

$$I_{\text{ccMAG}} = U_N / ((R_1 / 3) + R_{\text{MAGQ2}}) = 138 / ((0,121 / 3) + 0,0152) = 2485\text{A} \quad (\text{Eq. 53})$$

La capacitat de tall de l'interruptor escollit és de 25kA i, per tant, superior a 2485A de  $I_{\text{cc}}$ . El dispar magnètic de l'interruptor Q2 estarà regulat a 500A per lo que la desconexió de la falta serà instantània.

Els càlculs corresponents a les posicions de trafo ja estan cobertes per els càlculs realitzats per al circuit Q1.

Si es té en compte que el cas més desfavorable és amb el bucle obert en capçalera i més llunyà, llavors la  $I_{\text{cc}}$  és la següent:

$$I_{\text{ccCAB}} = U_N / ((R_1 / 3) + R_{\text{MAGQ2}} + R_{\text{CAB}}') \quad (\text{Eq. 54})$$

$$I_{\text{ccCAB}} = 138 / ((0,121 / 3) + 0,0152 + 0,214) = 511,1\text{A} \quad (\text{Eq. 55})$$

El dispar magnètic de l'interruptor Q2 estarà regulat a 500A per lo que la desconexió de la falta serà instantània.



Si a més a més es considera la resistència interna del magnetotèrmic utilitzat (S202K3 de ABB), els càlculs es realitzen tenint en compte la distància més propera.

$$I_{ccCARR} = U_N / ((R_1 / 3) + R_{MAGQ2} + R_{CAB''} + R_{MAGPOS}) \quad (\text{Eq. 56})$$

$$I_{ccCARR} = 138 / ((0,121 / 3) + 0,0152 + 0,054 + 0,330) = 313,97A \quad (\text{Eq. 57})$$

El temps de reacció segons corba del magnetotèrmic:

$$I_{ccMAG} / I_{nMAG} = 313,97 / 3 = 104,65 \rightarrow t_{df} = 0s \quad (\text{Eq. 58})$$

El valor de Icc en bornes de la càrrega només supera el valor de dispar instantani del magnetotèrmic de protecció, per tant hi ha selectivitat entre magnetotèrmics.

Tenint en compte el cas mes llunyà i el bucle obert en capçalera es té:

$$I_{ccBOB} = U_N / ((R_1 / 3) + R_{MAGQ2} + R_{CAB'} + R_{MAGPOS}) \quad (\text{Eq. 59})$$

$$I_{ccCARR} = 138 / ((0,121 / 3) + 0,0152 + 0,214 + 0,330) = 230,18A \quad (\text{Eq. 60})$$

El temps de reacció segons corba del magnetotèrmic:

$$I_{ccMAG} / I_{nMAG} = 230,18 / 3 = 76,72 \rightarrow t_{df} = 0s \quad (\text{Eq. 61})$$

Per al càlcul de la CDT es considera el cas més desfavorable quan el bucle està obert en capçalera, quan la tensió de la bateria és igual a la tensió mínima, amb la distància més llunyana a l'armari de proteccions i amb un consum permanent.

La intensitat de càrrega per a tensió mínima és, utilitzant l'equació 42:

$$I_c = 1986 / 106,25 = 18,69A \quad (\text{Eq. 62})$$

Es calcula la intensitat de posició.

$$I_{POS} = P_{ARM} / U_{MIN} = (34+450) / 106,25 = 4,55A \quad (\text{Eq. 63})$$

La caiguda de tensió en bornes de la protecció és de:

$$CDT_{PROT} = ((R_1 / 3) + R_{MAGQ2} + R_{CAB}') \cdot I_C + R_{MAGPOS} \cdot I_{POS} \quad (\text{Eq. 64})$$

$$CDT_{PROT} = ((0,121 / 3) + 0,0152 + 0,214) \cdot 18,69 + 0,330 \cdot 4,55 = 6,54V \quad (\text{Eq. 65})$$

Tot i que la caiguda de tensió és una mica superior a la indicada per als circuits d'alimentació de proteccions ( $CDT < 6,25V$ ), es pot donar com a bona, ja que segons criteris de la norma SPC01700 de Endesa, a l'haver sigut calculada per al cas més desfavorable i, a més a més, per no haver tingut en compte que en tots els trams de cable fins la cel·la més llunyana, la intensitat que circula no és la total per al consum de totes les cel·les.

La CDT és menor a la indicada per als circuits d'alimentació de bobines de interruptors ( $CDT < 12,5V$ ).

#### B.3.4. Bateria 1. Enclavaments MT. Circuit F4

Aquest circuit té un consum de 2,5W per cel·la, per tant, 47,5W (0,38A).

La resistència de l'interruptor de capçalera del S202MC4 de ABB és de 220mΩ (110mΩ per pol).

La resistència del cable de 2x2,5mm<sup>2</sup>, tenint en compte la distància de l'armari de distribució fins l'armari de proteccions més llunyà (60m).

$$R_{CAB} = (2 \cdot L) / (2 \cdot S \cdot \varphi_{CU}) = (2 \cdot 60) / (2,5 \cdot 56) = 0,857\Omega \quad (\text{Eq. 66})$$

$$I_{ccMAG} = U_N / ((R_1 / 3) + R_{MAGF4}) = 138 / ((0,121 / 3) + 0,220) = 530,09A \quad (\text{Eq. 67})$$

La capacitat de tall de l'interruptor d'enclavament MT és de 10kA, per tant, és molt superior als 530,09 del circuit F4.

El temps de reacció segons corba del magnetotèrmic:

$$I_{ccMAG} / I_{nMAG} = 530,09 / 4 = 132,5 \rightarrow t_{df} = 0s \quad (\text{Eq. 68})$$

La intensitat de curtcircuit a l'última cel·la és:

$$I_{ccCAB} = U_N / ((R_1 / 3) + R_{MAGF4} + R_{CAB}) = 138 / ((0,121 / 3) + 0,22 + 0,857) = 123,51A \quad (\text{Eq. 69})$$

El temps de reacció segons corba del magnetotèrmic:

$$I_{ccMAG} / I_{nMAG} = 123,51 / 4 = 30,8 \rightarrow t_{df} = 0s \quad (\text{Eq. 70})$$

Per al càlcul de la CDT es considera el cas més desfavorable quan la tensió de la bateria és igual a la tensió mínima i amb la distància més llunyana a l'armari de proteccions.

La intensitat de càrrega per a tensió mínima és, utilitzant l'equació 42:

$$I_c = 47,5 / 106,25 = 0,45A \quad (\text{Eq. 71})$$

La caiguda de tensió en bornes de cel·la més llunyana:

$$CDT_{PROT} = ((R_1 / 3) + R_{MAGF4} + R_{CAB}) \cdot I_c \quad (\text{Eq. 72})$$

$$CDT_{PROT} = ((0,121 / 3) + 0,22 + 0,857) \cdot 0,45 = 0,503V \quad (\text{Eq. 73})$$

### B.3.5. Bateria 1. Senyals AT. Circuit Q3

El consum del mòdul de senyals de AT és de 150W (1,2A)

La resistència de l'interruptor de capçalera del bucle és el NZMB1-A63 de MOELLER, el qual té una dissipació tèrmica (3 pols) de 38W i el dispar tèrmic està regulat a 50A.

$$R_{MAGQ3} = P_J / I_N^2 = 38 / 50^2 = 15,2m\Omega. \quad (\text{Eq. 74})$$

La resistència del cable de  $2 \times 10 \text{mm}^2$ , tenint en compte la distància de l'armari de distribució fins l'armari de proteccions més llunyà (50m).

$$R_{\text{CAB}} = (2 \cdot L) / (2 \cdot S \cdot \varphi_{\text{CU}}) = (2 \cdot 50) / (2 \cdot 10 \cdot 56) = 0,089\Omega \quad (\text{Eq. 75})$$

Amb el bucle obert a la capçalera:

$$R_{\text{CAB}'} = (2 \cdot L) / (2 \cdot S \cdot \varphi_{\text{CU}}) = (2 \cdot 16) / (10 \cdot 56) = 0,179\Omega \quad (\text{Eq. 76})$$

Tenint en compte la distància de l'armari de distribució fins l'armari més proper (16m).

$$R_{\text{CAB}''} = (2 \cdot L) / (2 \cdot S \cdot \varphi_{\text{CU}}) = (2 \cdot 16) / (2 \cdot 10 \cdot 56) = 0,0286\Omega \quad (\text{Eq. 77})$$

Per tant, la intensitat de curtcircuit a la sortida de l'interruptor de capçalera del bucle és:

$$I_{\text{ccMAG}} = U_N / ((R_1 / 2) + R_{\text{MAGQ3}}) = 138 / ((0,121 / 2) + 0,0152) = 1823\text{A} \quad (\text{Eq. 78})$$

La capacitat de tall de l'interruptor escollit és de 25kA i, per tant, superior a 1823A de  $I_{\text{cc}}$ . El dispar magnètic de l'interruptor Q3 estarà regulat a 450A per lo que la desconexió de la falta serà instantània.

Si es té en compte que el cas més desfavorable és amb el bucle obert en capçalera i més llunyà, llavors la  $I_{\text{cc}}$  és la següent:

$$I_{\text{ccCAB}} = U_N / ((R_1 / 2) + R_{\text{MAGQ3}} + R_{\text{CAB}'}) \quad (\text{Eq. 79})$$

$$I_{\text{ccCAB}} = 138 / ((0,121 / 2) + 0,0152 + 0,179) = 541,81\text{A} \quad (\text{Eq. 80})$$

El dispar magnètic de l'interruptor Q6 estarà regulat a 450A per lo que la desconexió de la falta serà instantània.

Si a més a més es considera la resistència interna del magnetotèrmic utilitzat (S202K2 de ABB), els càlculs es realitzen tenint en compte la distància més propera.

$$I_{ccCARR} = U_N / ((R_1 / 2) + R_{MAGQ3} + R_{CAB''} + R_{MAGPOS}) \quad (\text{Eq. 81})$$

$$I_{ccCARR} = 138 / ((0,121 / 2) + 0,0152 + 0,0286 + 0,920) = 134,73A \quad (\text{Eq. 82})$$

El temps de reacció segons corba del magnetotèrmic:

$$I_{ccMAG} / I_{nMAG} = 131,52 / 2 = 65,75 \rightarrow t_{df} = 0s \quad (\text{Eq. 83})$$

El valor de Icc en bornes de la càrrega només supera el valor de dispar instantani del magnetotèrmic de protecció, per tant hi ha selectivitat entre magnetotèrmics.

El càlcul de la intensitat de curtcircuit en bornes del motor de l'interruptor és:

$$I_{ccSENYAL} = U_N / ((R_1 / 2) + R_{MAGQ3} + R_{CAB'} + R_{MAGPOS}) \quad (\text{Eq. 84})$$

$$I_{ccSENYAL} = 138 / ((0,121 / 2) + 0,0152 + 0,179 + 0,920) = 140,36A \quad (\text{Eq. 85})$$

El temps de reacció segons corba del magnetotèrmic:

$$I_{ccMAG} / I_{nMAG} = 140,36 / 2 = 70,18 \rightarrow t_{df} = 0s \quad (\text{Eq. 86})$$

Per al càlcul de la CDT es considera el cas més desfavorable quan el bucle està obert en capçalera, quan la tensió de la bateria és igual a la tensió mínima i amb la distància a la cel·la més llunyana.

La intensitat de càrrega per a tensió mínima és, utilitzant l'equació 42:

$$I_c = 225 / 106,25 = 2,12A \quad (\text{Eq. 87})$$

La caiguda de tensió en bornes de la protecció és de:

$$CDT_{MOT} = ((R_1 / 2) + R_{MAGQ6} + R_{CAB'} + R_{MAGPOS}) \cdot I_c \quad (\text{Eq. 88})$$

$$CDT_{MOT} = ((0,121 / 2) + 0,0152 + 0,179 + 0,920) \cdot 2,12 = 2,49V \quad (\text{Eq. 89})$$

La caiguda de tensió és menor a la indicada per als circuits d'alimentació de motors (CDT < 6,25V).

### B.3.6. Bateria 1. Senyals MT. Circuit Q4

El consum del mòdul de senyals de MT és de 50W (0,4A)

La resistència de l'interruptor de capçalera del bucle és el NZMB1-A63 de MOELLER, el qual té una dissipació tèrmica (3 pols) de 38W i el dispar tèrmic està regulat a 50A.

$$R_{MAGQ4} = P_J / I_N^2 = 38 / 50^2 = 15,2m\Omega. \quad (\text{Eq. 90})$$

La resistència del cable de 2x10mm<sup>2</sup>, tenint en compte la distància de l'armari de distribució fins l'armari de proteccions més llunyà (56m).

$$R_{CAB} = (2 \cdot L) / (2 \cdot S \cdot \varphi_{CU}) = (2 \cdot 56) / (2 \cdot 10 \cdot 56) = 0,1\Omega \quad (\text{Eq. 91})$$

Amb el bucle obert a la capçalera:

$$R_{CAB}' = (2 \cdot L) / (2 \cdot S \cdot \varphi_{CU}) = (2 \cdot 16) / (10 \cdot 56) = 0,2\Omega \quad (\text{Eq. 92})$$

Tenint en compte la distància de l'armari de distribució fins l'armari més proper (16m).

$$R_{CAB}'' = (2 \cdot L) / (2 \cdot S \cdot \varphi_{CU}) = (2 \cdot 16) / (2 \cdot 10 \cdot 56) = 0,0286\Omega \quad (\text{Eq. 93})$$

Per tant, la intensitat de curtcircuit a la sortida de l'interruptor de capçalera del bucle és:

$$I_{ccMAG} = U_N / ((R_1 / 2) + R_{MAGQ4}) = 138 / ((0,121 / 2) + 0,0152) = 1823A \quad (\text{Eq. 94})$$

La capacitat de tall de l'interruptor escollit és de 25kA i, per tant, superior a 1823A de I<sub>cc</sub>. El dispar magnètic de l'interruptor Q5 estarà regulat a 450A per lo que la desconexió de la falta serà instantània.

Si es té en compte que el cas més desfavorable és amb el bucle obert en capçalera i més llunyà, llavors la  $I_{cc}$  és la següent:

$$I_{ccCAB} = U_N / ((R_1 / 2) + R_{MAGQ4} + R_{CAB}') \quad (\text{Eq. 95})$$

$$I_{ccCAB} = 138 / ((0,121 / 2) + 0,0152 + 0,2) = 500,54A \quad (\text{Eq. 96})$$

El dispar magnètic de l'interruptor Q4 estarà regulat a 450A per lo que la desconexió de la falta serà instantània.

Si a més a més es considera la resistència interna del magnetotèrmic utilitzat (S202K2 de ABB), els càlculs es realitzen tenint en compte la distància més propera.

$$I_{ccSENYALMT} = U_N / ((R_1 / 2) + R_{MAGQ3} + R_{CAB}'' + R_{MAGPOS}) \quad (\text{Eq. 97})$$

$$I_{ccSENYALMT} = 138 / ((0,121 / 2) + 0,0152 + 0,0286 + 0,920) = 134,73A \quad (\text{Eq. 98})$$

El temps de reacció segons corba del magnetotèrmic:

$$I_{ccMAG} / I_{nMAG} = 134,73 / 2 = 67,37 \rightarrow t_{df} = 0s \quad (\text{Eq. 99})$$

El valor de  $I_{cc}$  en bornes de la càrrega només supera el valor de dispar instantani del magnetotèrmic de protecció, per tant hi ha selectivitat entre magnetotèrmics.

El càlcul de la intensitat de curtcircuit en bornes del motor de l'interruptor és:

$$I_{ccSENYAL} = U_N / ((R_1 / 2) + R_{MAGQ43} + R_{CAB}' + R_{MAGPOS}) \quad (\text{Eq. 100})$$

$$I_{ccCARR} = 138 / ((0,121 / 2) + 0,0152 + 0,2 + 0,920) = 115,41A \quad (\text{Eq. 101})$$

El temps de reacció segons corba del magnetotèrmic:

$$I_{ccMAG} / I_{nMAG} = 115,41 / 2 = 57,75 \rightarrow t_{df} = 0s \quad (\text{Eq. 102})$$

Per al càlcul de la CDT es considera el cas més desfavorable quan el bucle està obert en capçalera, quan la tensió de la bateria és igual a la tensió mínima i amb la distància a la cel·la més llunyana.

La intensitat de càrrega per a tensió mínima és, utilitzant l'equació 42:

$$I_c = 225 / 106,25 = 2,12A \quad (\text{Eq. 103})$$

La caiguda de tensió en bornes de la protecció és de:

$$CDT_{MOT} = ((R_1 / 2) + R_{MAGQ6} + R_{CAB}' + R_{MAGPOS}) \cdot I_c \quad (\text{Eq. 104})$$

$$CDT_{MOT} = ((0,121 / 2) + 0,0152 + 0,2 + 0,920) \cdot 2,12 = 2,53V \quad (\text{Eq. 105})$$

La caiguda de tensió és menor a la indicada per als circuits d'alimentació de motors ( $CDT < 6,25V$ ).

### B.3.7. Bateria 2. Motors AT. Circuit Q5

El consum d'un motor d'interruptor AT és de 1175W (9,4A)

La resistència de l'interruptor de capçalera del bucle és el NZMB1-A63 de MOELLER, el qual té una dissipació tèrmica (3 pols) de 38W i el dispar tèrmic està regulat a 50A.

$$R_{MAGQ5} = P_J / I_N^2 = 38 / 50^2 = 15,2m\Omega. \quad (\text{Eq. 106})$$

La resistència del cable de  $2 \times 16mm^2$ , tenint en compte la distància de l'armari de distribució fins l'armari de proteccions més llunyà (60m).

$$R_{CAB} = (2 \cdot L) / (2 \cdot S \cdot \varphi_{CU}) = (2 \cdot 60) / (2 \cdot 16 \cdot 56) = 0,067\Omega \quad (\text{Eq. 107})$$

Amb el bucle obert a la capçalera:

$$R_{CAB}' = (2 \cdot L) / (2 \cdot S \cdot \varphi_{CU}) = (2 \cdot 60) / (16 \cdot 56) = 0,134\Omega \quad (\text{Eq. 108})$$



Tenint en compte la distància de l'armari de distribució fins l'armari de proteccions més proper (54m).

$$R_{CAB''} = (2 \cdot L) / (2 \cdot S \cdot \varphi_{CU}) = (2 \cdot 54) / (2 \cdot 16 \cdot 56) = 0,0602\Omega \quad (\text{Eq. 109})$$

La resistència del cable de  $2 \times 10 \text{mm}^2$  des de l'armari de centralització de posició AT fins a l'interruptor (5m)

$$R_{CABMOT} = (2 \cdot L) / (2 \cdot S \cdot \varphi_{CU}) = (2 \cdot 5) / (10 \cdot 56) = 0,018\Omega \quad (\text{Eq. 110})$$

Per tant, la intensitat de curtcircuit a la sortida de l'interruptor de capçalera del bucle és:

$$I_{ccMAG} = U_N / ((R_1 / 2) + R_{MAGQ5}) = 138 / ((0,121 / 2) + 0,0152) = 1823A \quad (\text{Eq. 111})$$

La capacitat de tall de l'interruptor escollit és de 25kA i, per tant, superior a 1823A de  $I_{cc}$ . El dispar magnètic de l'interruptor Q5 estarà regulat a 630A per lo que la desconexió de la falta serà instantània.

Si es té en compte que el cas més desfavorable és amb el bucle obert en capçalera i més llunyà, llavors la  $I_{cc}$  és la següent:

$$I_{ccCAB} = U_N / ((R_1 / 2) + R_{MAGQ5} + R_{CAB'}) \quad (\text{Eq. 112})$$

$$I_{ccCAB} = 138 / ((0,121 / 2) + 0,0152 + 0,134) = 658,08A \quad (\text{Eq. 113})$$

El dispar magnètic de l'interruptor Q1 estarà regulat a 630A per lo que la desconexió de la falta serà instantània.

Si a més a més es considera la resistència interna del magnetotèrmic utilitzat (S202K6 de ABB), els càlculs es realitzen tenint en compte la distància més propera.

$$I_{ccCARR} = U_N / ((R_1 / 2) + R_{MAGQ5} + R_{CAB''} + R_{MAGPOS}) \quad (\text{Eq. 114})$$

$$I_{ccCARR} = 138 / ((0,121 / 2) + 0,0152 + 0,0602 + 0,104) = 575,24A \quad (\text{Eq. 115})$$

El temps de reacció segons corba del magnetotèrmic:

$$I_{ccMAG} / I_{nMAG} = 575,24 / 6 = 95,9 \rightarrow t_{df} = 0s \quad (\text{Eq. 116})$$

El valor de  $I_{cc}$  en bornes de la càrrega només supera el valor de dispar instantani del magnetotèrmic de protecció, per tant hi ha selectivitat entre magnetotèrmics.

El càlcul de la intensitat de curtcircuit en bornes del motor de l'interruptor és:

$$I_{ccMOTOR} = U_N / ((R_1 / 2) + R_{MAGQ5} + R_{CAB'} + R_{CABMOT} + R_{MAGPOS}) \quad (\text{Eq. 117})$$

$$I_{ccCARR} = 138 / ((0,121 / 2) + 0,0152 + 0,134 + 0,18 + 0,104) = 279,52A \quad (\text{Eq. 118})$$

El temps de reacció segons corba del magnetotèrmic:

$$I_{ccMAG} / I_{nMAG} = 279,52 / 6 = 46,6 \rightarrow t_{df} = 0s \quad (\text{Eq. 119})$$

Per al càlcul de la CDT es considera el cas més desfavorable quan el bucle està obert en capçalera, quan la tensió de la bateria és igual a la tensió mínima i amb la distància més llunyana de l'armari de distribució a l'armari de centralització AT.

La intensitat de càrrega per a tensió mínima és, utilitzant l'equació 42:

$$I_c = 1175 / 106,25 = 11,05A \quad (\text{Eq. 120})$$

La caiguda de tensió en bornes de la protecció és de:

$$CDT_{MOT} = ((R_1 / 2) + R_{MAGQ5} + R_{CAB'} + R_{MAGPOS} + R_{CABMOT}) \cdot I_c \quad (\text{Eq. 121})$$

$$CDT_{MOT} = ((0,121 / 2) + 0,0152 + 0,134 + 0,104 + 0,18) \cdot 11,05 = 5,45V \quad (\text{Eq. 122})$$

La caiguda de tensió és menor a la indicada per als circuits d'alimentació de motors ( $CDT < 6,25V$ ).

## B.3.8. Bateria 2. Motors MT. Circuit Q6

El consum d'un motor d'interruptor AT és de 225W (1,8A)

La resistència de l'interruptor de capçalera del bucle és el NZMB1-A63 de MOELLER, el qual té una dissipació tèrmica (3 pols) de 38W i el dispar tèrmic està regulat a 50A.

$$R_{MAGQ6} = P_J / I_N^2 = 38 / 50^2 = 15,2m\Omega. \quad (\text{Eq. 123})$$

La resistència del cable de  $2 \times 10mm^2$ , tenint en compte la distància de l'armari de distribució fins l'armari de proteccions més llunyà (60m).

$$R_{CAB} = (2 \cdot L) / (2 \cdot S \cdot \varphi_{CU}) = (2 \cdot 60) / (2 \cdot 10 \cdot 56) = 0,107\Omega \quad (\text{Eq. 124})$$

Amb el bucle obert a la capçalera:

$$R_{CAB}' = (2 \cdot L) / (2 \cdot S \cdot \varphi_{CU}) = (2 \cdot 60) / (10 \cdot 56) = 0,214\Omega \quad (\text{Eq. 125})$$

Tenint en compte la distància de l'armari de distribució fins la cel·la de MT més propera (30m).

$$R_{CAB}'' = (2 \cdot L) / (2 \cdot S \cdot \varphi_{CU}) = (2 \cdot 30) / (2 \cdot 10 \cdot 56) = 0,0536\Omega \quad (\text{Eq. 126})$$

Per tant, la intensitat de curtcircuit a la sortida de l'interruptor de capçalera del bucle és:

$$I_{ccMAG} = U_N / ((R_1 / 2) + R_{MAGQ6}) = 138 / ((0,121 / 2) + 0,0152) = 1823A \quad (\text{Eq. 127})$$

La capacitat de tall de l'interruptor escollit és de 25kA i, per tant, superior a 1823A de  $I_{cc}$ . El dispar magnètic de l'interruptor Q5 estarà regulat a 450A per lo que la desconexió de la falta serà instantània.

Si es té en compte que el cas més desfavorable és amb el bucle obert en capçalera i més llunyà, llavors la  $I_{cc}$  és la següent:

$$I_{ccCAB} = U_N / ((R_1 / 2) + R_{MAGQ6} + R_{CAB}') \quad (\text{Eq. 128})$$

$$I_{ccCAB} = 138 / ((0,121 / 2) + 0,0152 + 0,214) = 476,35A \quad (\text{Eq. 129})$$

El dispar magnètic de l'interruptor Q6 estarà regulat a 450A per lo que la desconexió de la falta serà instantània.

Si a més a més es considera la resistència interna del magnetotèrmic utilitzat (S202K2 de ABB), els càlculs es realitzen tenint en compte la distància més propera.

$$I_{ccCARR} = U_N / ((R_1 / 2) + R_{MAGQ6} + R_{CAB}'' + R_{MAGPOS}) \quad (\text{Eq. 130})$$

$$I_{ccCARR} = 138 / ((0,121 / 2) + 0,0152 + 0,0536 + 0,920) = 131,52A \quad (\text{Eq. 131})$$

El temps de reacció segons corba del magnetotèrmic:

$$I_{ccMAG} / I_{nMAG} = 131,52 / 2 = 65,75 \rightarrow t_{df} = 0s \quad (\text{Eq. 132})$$

El valor de Icc en bornes de la càrrega només supera el valor de dispar instantani del magnetotèrmic de protecció, per tant hi ha selectivitat entre magnetotèrmics.

El càlcul de la intensitat de curtcircuit en bornes del motor de l'interruptor és:

$$I_{ccMOTOR} = U_N / ((R_1 / 2) + R_{MAGQ6} + R_{CAB}' + R_{MAGPOS}) \quad (\text{Eq. 133})$$

$$I_{ccCARR} = 138 / ((0,121 / 2) + 0,0152 + 0,214 + 0,920) = 114,08A \quad (\text{Eq. 134})$$

El temps de reacció segons corba del magnetotèrmic:

$$I_{ccMAG} / I_{nMAG} = 114,08 / 2 = 57,04 \rightarrow t_{df} = 0s \quad (\text{Eq. 135})$$

Per al càlcul de la CDT es considera el cas més desfavorable quan el bucle està obert en capçalera, quan la tensió de la bateria és igual a la tensió mínima i amb la distància a la cel·la més llunyana.

La intensitat de càrrega per a tensió mínima és, utilitzant l'equació 42:

$$I_c = 225 / 106,25 = 2,12A \quad (\text{Eq. 136})$$

La caiguda de tensió en bornes de la protecció és de:

$$CDT_{MOT} = ((R_1 / 2) + R_{MAGQ6} + R_{CAB'} + R_{MAGPOS}) \cdot I_c \quad (\text{Eq. 137})$$

$$CDT_{MOT} = ((0,121 / 2) + 0,0152 + 0,214 + 0,920) \cdot 2,12 = 2,56V \quad (\text{Eq. 138})$$

La caiguda de tensió és menor a la indicada per als circuits d'alimentació de motors ( $CDT < 6,25V$ ).

#### B.4. Serveis auxiliars CA

En aquest apartat es mostren tots els càlculs de corrent de curtcircuit de tots els circuits de distribució per comprovar la selectivitat entre interruptors, i la capacitat de tall d'aquests.

També es mostren els càlculs realitzats per a la caiguda de tensió en tots els circuits per verificar que no superen el màxim permès.

En tots els càlculs realitzats no es considera la impedància entre les connexions dels cables i bornes o barres de distribució.

##### B.4.1. Càlcul escomesa d'alimentació a barres de l'armari SSAA

Càlcul dels valors d'intensitat nominal, de curtcircuit i impedància del trafo de SSAA.

$$I_N = P_s / (\sqrt{3} \cdot U_N) = 250000 / (\sqrt{3} \cdot 400) = 360,84A \quad (\text{Eq. 139})$$

$$I_{CC} = (100 / \epsilon_{cc}) \cdot I_N = (100 / 4) \cdot 360,84 = 9021,09A \quad (\text{Eq. 140})$$

$$Z_{CC} = U_N / (\sqrt{3} \cdot I_{CC}) = 400 / (\sqrt{3} \cdot 9021,01) = 0,0256\Omega \quad (\text{Eq. 141})$$

Càlcul d'impedància del cable 4x150mm<sup>2</sup> de 4m del trafo de SSAA fins caixa de protecció i mesura del trafo.

$$Z_{CAB1} = L / ( \varphi_{cu} \cdot S ) = 4 / ( 56 \cdot 150 ) = 0,0004\Omega \quad (\text{Eq. 142})$$

Càlcul d'impedància del cable 4x150mm<sup>2</sup> de 15m que uneix el fusible de la caixa de protecció i mesura amb l'interruptor d'entrada al quadre de SSAA de CA.

$$Z_{CAB2} = L / ( \varphi_{cu} \cdot S ) = 15 / ( 56 \cdot 150 ) = 0,0017\Omega \quad (\text{Eq. 143})$$

Càlcul valor intensitat curtcircuit en la sortida de l'interruptor general de SSAA de CA. Valor impedància interna interruptor Tmax T5N de ABB (catàleg) de 0,5mΩ. Valor impedància interna interruptor fusible SLP K3 de ABB (catàleg) de 0,3mΩ.

$$I_{CCint} = U_N / ( \sqrt{3} \cdot ( Z_{CC} + Z_{CAB1} + Z_{FUS1} + Z_{CAB2} + Z_{INT} ) ) \quad (\text{Eq. 144})$$

$$I_{CCint} = 400 / ( \sqrt{3} \cdot ( 0,0256 + 0,0004 + 0,0003 + 0,0017 + 0,0005 ) ) = 8103,16A \quad (\text{Eq. 145})$$

La intensitat de curtcircuit de l'interruptor Tmax T5N de ABB (catàleg) és de 36kA. Per tant, la capacitat de tall és suficient, ja que és molt superior als 8,1kA calculats.

La CDT de sortida BT de trafo a barres de l'armari és:

$$Z_{SSAA} = Z_{CAB1} + Z_{FUS1} + Z_{CAB2} + Z_{INT} + Z_{FUS2} \quad (\text{Eq. 146})$$

$$Z_{SSAA} = 0,0256 + 0,0004 + 0,0003 + 0,0017 + 0,0005 + 0,0003 = 0,0032\Omega \quad (\text{Eq. 147})$$

$$CDT_{FUS2} = ( \sqrt{3} \cdot ( Z_{SSAA} \cdot I_N ) ) = ( \sqrt{3} \cdot ( 0,0032 \cdot 360,84 ) ) = 1,99V = 0,49\% < 4,5\%. \quad (\text{Eq. 148})$$

#### B.4.2. Càlcul dels circuits F1, F2, F3, F4 i F5. Alimentació rectificadors de bateries

Al ser cinc circuits iguals, es realitza el càlcul pel cas més desfavorable segons la distribució dels equips. En aquest cas el circuit F5 és el que està més llunyà a l'armari de CA.

La intensitat nominal del rectificador és de 30A. La intensitat estimada de consum és de 2x16A i la impedància interna del magnetotèrmic S202PC16 de ABB és de 9,7mΩ.

El càlcul de la impedància del cable de 2x6mm<sup>2</sup> de 10m des de SSAA fins a CA és:

$$Z_{CAB3} = L / ( \varphi_{cu} \cdot S ) = 10 / ( 56 \cdot 6 ) = 0,0297\Omega \quad (\text{Eq. 149})$$

El càlcul de la intensitat de càrrega i curtcircuit en aquest circuit és:

$$I_{CC3carga} = U_N / ( Z_{CC} + Z_{SSAA} + Z_{MAG} + Z_{CAB3} ) \quad (\text{Eq. 150})$$

$$I_{CC3carga} = 230 / ( 0,0256 + 0,0032 + 0,0097 + 0,0297 ) = 3372,43A \quad (\text{Eq. 151})$$

$$I_{CC3MAG} = U_N / ( Z_{CC} + Z_{SSAA} + Z_{MAG} ) \quad (\text{Eq. 152})$$

$$I_{CC3carga} = 230 / ( 0,0256 + 0,0032 + 0,0097 ) = 5974,02A \quad (\text{Eq. 153})$$

La intensitat calculada és de 5,9kA i la intensitat de curtcircuit del magnetotèrmic escollit és de 25kA.

La màxima intensitat de càrrega que pot suportar aquest circuit és:

$$I_{caRECT} = ( V_{CC} \cdot I_{CC} ) / ( V_{CAX} \cdot \eta ) \quad (\text{Eq. 154})$$

$$I_{caRECT} = ( 141 \cdot 30 ) / ( 230 \cdot 0,65 ) = 28,29A \quad (\text{Eq. 155})$$

La caiguda de tensió és la següent:

$$Z_{RECT} = Z_{MAG} + Z_{CAB3} = 0,0097 + 0,0297 = 0,0394\Omega \quad (\text{Eq. 156})$$

$$CDT_{RECT} = CDT_{FUS2} + Z_{RECT} \cdot I_N = 1,99 + 0,0394 \cdot 32 = 3,25V = 0,81\% < 6,5\%. \quad (\text{Eq. 157})$$

#### B.4.3. Càlculs dels circuits F6, F7, F8 i F9. Escomeses d'alimentació a trafo.

La intensitat estimada de consum per aquests circuits és de 12,5A i la impedància interna del magnetotèrmic S204PK25 de ABB és de 5,6mΩ.

El càlcul de la impedància del cable de 4x10mm<sup>2</sup> de 150m des de SSAA fins a CA és:

$$Z_{CAB4} = L / (\varphi_{cu} \cdot S) = 150 / (56 \cdot 10) = 0,2678\Omega \quad (\text{Eq. 158})$$

El càlcul de la intensitat de càrrega i curtcircuit en aquest circuit és:

$$I_{CC4carga} = U_N / (\sqrt{3} \cdot (Z_{CC} + Z_{SSAA} + Z_{MAG} + Z_{CAB4})) \quad (\text{Eq. 159})$$

$$I_{CC4carga} = 400 / (\sqrt{3} \cdot (0,0256 + 0,0032 + 0,0056 + 0,2678)) = 764,19A \quad (\text{Eq. 160})$$

$$I_{CC4MAG} = U_N / (\sqrt{3} \cdot (Z_{CC} + Z_{SSAA} + Z_{MAG})) \quad (\text{Eq. 161})$$

$$I_{CC4carga} = 400 / (\sqrt{3} \cdot (0,0256 + 0,0032 + 0,0056)) = 6713,37A \quad (\text{Eq. 162})$$

La intensitat calculada és de 6,7kA i la intensitat de curtcircuit del magnetotèrmic escollit és de 25kA.

La caiguda de tensió és la següent:

$$Z_{TR} = Z_{MAG} + Z_{CAB4} = 0,0056 + 0,2678 = 0,2734\Omega \quad (\text{Eq. 163})$$

$$CDT_{TR} = CDT_{FUS2} + \sqrt{3} \cdot (Z_{TR} \cdot I_N) \quad (\text{Eq. 164})$$

$$CDT_{TR} = 1,99 + \sqrt{3} \cdot (0,2734 \cdot 12,5) = 7,9V = 1,99\% < 6,5\%. \quad (\text{Eq. 165})$$

#### B.4.4. Càlcul dels circuits F10 i F11. Alimentacions del parc AT.

La intensitat estimada de consum per aquests circuits és de 1,26A i la impedància interna del magnetotèrmic S204PC25 de ABB és de 5,6mΩ.



El càlcul de la impedància del cable de  $4 \times 10 \text{mm}^2$  de 100m des de SSAA fins a CA i, tenint en compte que al ser un bucle la longitud és al punt més llunyà i amb secció doble, és:

$$Z_{\text{CAB5}} = L / (\varphi_{\text{cu}} \cdot 2 \cdot S) = 100 / (56 \cdot 2 \cdot 10) = 0,0892\Omega \quad (\text{Eq. 166})$$

El càlcul de la intensitat de càrrega i curtcircuit en aquest circuit és:

$$I_{\text{CC5carga}} = U_N / (\sqrt{3} \cdot (Z_{\text{CC}} + Z_{\text{SSAA}} + Z_{\text{MAG}} + Z_{\text{CAB5}})) \quad (\text{Eq. 167})$$

$$I_{\text{CC5carga}} = 400 / (\sqrt{3} \cdot (0,0256 + 0,0032 + 0,0056 + 0,0892)) = 1868,44\text{A} \quad (\text{Eq. 168})$$

$$I_{\text{CC5MAG}} = U_N / (\sqrt{3} \cdot (Z_{\text{CC}} + Z_{\text{SSAA}} + Z_{\text{MAG}})) \quad (\text{Eq. 169})$$

$$I_{\text{CC5carga}} = 400 / (\sqrt{3} \cdot (0,0256 + 0,0032 + 0,0056)) = 6713,37\text{A} \quad (\text{Eq. 170})$$

La intensitat calculada és de 6,7kA i la intensitat de curtcircuit del magnetotèrmic escollit és de 25kA.

La caiguda de tensió és la següent:

$$Z_{\text{AT}} = Z_{\text{MAG}} + Z_{\text{CAB5}} = 0,0056 + 0,0892 = 0,0948\Omega \quad (\text{Eq. 171})$$

$$\text{CDT}_{\text{AT}} = \text{CDT}_{\text{FUS2}} + \sqrt{3} \cdot (Z_{\text{AT}} \cdot I_N) \quad (\text{Eq. 172})$$

$$\text{CDT}_{\text{AT}} = 1,99 + \sqrt{3} \cdot (0,0948 \cdot 1,26) = 2,19\text{V} = 0,54\% < 6,5\% \quad (\text{Eq. 173})$$

B.4.5. Càlcul dels circuits F12, F13 i F14. Alimentació de les comunicacions.

La intensitat estimada de consum per aquests circuits és de 16A i la impedància interna del magnetotèrmic S204PC32 de ABB és de 4,1mΩ.

El càlcul de la impedància del cable de  $4 \times 10 \text{mm}^2$  de 10m des de SSAA fins a CA és:

$$Z_{\text{CAB5}} = L / (\varphi_{\text{cu}} \cdot S) = 10 / (56 \cdot 10) = 0,0178\Omega \quad (\text{Eq. 174})$$

El càlcul de la intensitat de càrrega i curtcircuit en aquest circuit és:

$$I_{CC6carga} = U_N / (\sqrt{3} \cdot (Z_{CC} + Z_{SSAA} + Z_{MAG} + Z_{CAB6})) \quad (\text{Eq. 175})$$

$$I_{CC6carga} = 400 / (\sqrt{3} \cdot (0,0256 + 0,0032 + 0,0041 + 0,0178)) = 4555,03A \quad (\text{Eq. 176})$$

$$I_{CC6MAG} = U_N / (\sqrt{3} \cdot (Z_{CC} + Z_{SSAA} + Z_{MAG})) \quad (\text{Eq. 177})$$

$$I_{CC6carga} = 400 / (\sqrt{3} \cdot (0,0256 + 0,0032 + 0,0041)) = 7019,45A \quad (\text{Eq. 178})$$

La intensitat calculada és de 7,1kA i la intensitat de curtcircuit del magnetotèrmic escollit és de 25kA.

La caiguda de tensió és la següent:

$$Z_{COM} = Z_{MAG} + Z_{CAB6} = 0,0056 + 0,0892 = 0,0948\Omega \quad (\text{Eq. 179})$$

$$CDT_{COM} = CDT_{FUS2} + \sqrt{3} \cdot (Z_{COM} \cdot I_N) \quad (\text{Eq. 180})$$

$$CDT_{COM} = 1,99 + \sqrt{3} \cdot (0,0219 \cdot 16) = 2,5V = 0,64\% < 6,5\% \quad (\text{Eq. 181})$$

#### B.4.6. Càlcul dels circuits F18. Centraleta antiintrusisme.

La intensitat estimada de consum per aquests circuits és de 0,2A i la impedància interna del magnetotèrmic S202PC6 de ABB és de 61mΩ.

El càlcul de la impedància del cable de 2x2,5mm<sup>2</sup> de 20m des de SSAA fins a CA i, , tenint en compte que al ser un bucle la longitud és al punt més llunyà i amb secció doble, és:

$$Z_{CAB7} = L / (\varphi_{cu} \cdot S) = 20 / (56 \cdot 2 \cdot 2,5) = 0,0714\Omega \quad (\text{Eq. 182})$$

El càlcul de la intensitat de càrrega i curtcircuit en aquest circuit és:

$$I_{CC7carga} = U_N / (\sqrt{3} \cdot (Z_{CC} + Z_{SSAA} + Z_{MAG} + Z_{CAB7})) \quad (\text{Eq. 183})$$

$$I_{CC7carga} = 230 / (\sqrt{3} \cdot (0,0256 + 0,0032 + 0,061 + 0,0714)) = 1426,79A \quad (\text{Eq. 184})$$

$$I_{CC7MAG} = U_N / (\sqrt{3} \cdot (Z_{CC} + Z_{SSAA} + Z_{MAG})) \quad (\text{Eq. 185})$$

$$I_{CC7carga} = 400 / (\sqrt{3} \cdot (0,0256 + 0,0032 + 0,061)) = 2561,245A \quad (\text{Eq. 186})$$

La intensitat calculada és de 2,56kA i la intensitat de curtcircuit del magnetotèrmic escollit és de 25kA.

La caiguda de tensió és la següent:

$$Z_{INT} = Z_{MAG} + Z_{CAB7} = 0,061 + 0,0714 = 0,1324\Omega \quad (\text{Eq. 187})$$

$$CDT_{INT} = CDT_{FUS2} + \sqrt{3} \cdot (Z_{INT} \cdot I_N) \quad (\text{Eq. 188})$$

$$CDT_{INT} = 1,99 + (0,1324 \cdot 0,2) = 2,01V = 0,5\% < 6,5\% \quad (\text{Eq. 189})$$

#### B.4.7. Càlcul dels circuits F19. Alimentació UCS.

La intensitat estimada de consum per aquests circuits és de 6A i la impedància interna del magnetotèrmic S202PK16 de ABB és de 8,2mΩ.

El càlcul de la impedància del cable de 2x4mm<sup>2</sup> de 2m des de SSAA fins a CA és:

$$Z_{CAB8} = L / (\varphi_{cu} \cdot S) = 2 / (56 \cdot 4) = 0,0089\Omega \quad (\text{Eq. 190})$$

El càlcul de la intensitat de càrrega i curtcircuit en aquest circuit és:

$$I_{CC8carga} = U_N / (Z_{CC} + Z_{SSAA} + Z_{MAG} + Z_{CAB8}) \quad (\text{Eq. 191})$$

$$I_{CC8carga} = 230 / (0,0256 + 0,0032 + 0,0082 + 0,0089) = 5010,89A \quad (\text{Eq. 192})$$

$$I_{CC8MAG} = U_N / (Z_{CC} + Z_{SSAA} + Z_{MAG}) \quad (\text{Eq. 193})$$

$$I_{CC8carga} = 230 / ( 0,0256 + 0,0032 + 0,0082 ) = 6216,2A \quad (\text{Eq. 194})$$

La intensitat calculada és de 6,21kA i la intensitat de curtcircuit del magnetotèrmic escollit és de 25kA.

La caiguda de tensió és la següent:

$$Z_{UCS} = Z_{MAG} + Z_{CAB8} = 0,0082 + 0,0089 = 0,0171\Omega \quad (\text{Eq. 195})$$

$$CDT_{UCS} = CDT_{FUS2} + ( Z_{UCS} \cdot I_N ) \quad (\text{Eq. 196})$$

$$CDT_{UCS} = 1,99 + \sqrt{3} \cdot ( 0,0171 \cdot 6 ) = 2,09V = 0,52\% < 6,5\% \quad (\text{Eq. 197})$$

### C. CODI ANSI/IEEE

- 21U: Protecció distància de dispar unipolar. Aquesta protecció funciona quan l'admitància, impedància o reactància del circuit disminueix o augmenta a uns límits preestablerts en una fase.
- 21T: Protecció distància de dispar tripolar. Aquesta protecció funciona quan l'admitància, impedància o reactància del circuit disminueix o augmenta a uns límits preestablerts a les tres fases.
- 25: Comprovador de sincronisme o posada en paral·lel. Funciona quan dos circuits d'alterna estan dintre dels límits desitjats de tensió, freqüència o angle de fase, el qual permet o causa la posada en paral·lel d'aquests circuits
- 27: Subtensió. Serveix per detectar quan la tensió descendeix de un valor predeterminat
- 49: Protecció tèrmica. Aquest relé funciona quan la temperatura de la màquina, aparell o transformador excedeix un valor fixat.
- 50: Sobreintensitat de fases a temps independent (instantani): És el que funciona instantàniament amb un valor excessiu de velocitat d'augment de la intensitat.
- 50BF: Protecció de fallada interruptor: Actua quan l'interruptor encarregat de protegir la velocitat d'augment de la intensitat falla.
- 50N: Sobreintensitat de neutre a temps independent: Quan el relé detecta intensitat o un valor excessiu de velocitat d'augment de la intensitat en el neutre. Acció instantània.
- 51: Sobreintensitat de fases a temps dependent (Temporitzat): Aquest relé té la característica de temps invers o de temps fixe que funciona quan la intensitat d'un circuit de C.A. sobrepassa un valor donat.
- 51N: Sobreintensitat de neutre a temps dependent: Té la mateixa funció que la 51 però en amb actuació en el neutre.

- 59: Sobretensió: Actua quan detecta un valor de sobretensió.
- 59N: Sobretensió homopolar: Actua quan detecta un valor de sobretensió en una fase.
- 64: Protecció de terra: És el que funciona amb la fallada a terra de l'aïllament d'una màquina, transformador o altres aparells, o per contornejament d'arc a terra d'una màquina de C.C. Aquesta funció s'aplica només a un relé que detecti el pas de corrent des de l'armadura d'una màquina, caixa protectora o estructura d'una peça d'aparells, a terra, o que detecti una terra en un bobinat o circuit normalment no posat a terra.
- No s'aplica a un dispositiu connectat en el circuit secundari o en el neutre secundari d'un transformador o transformadors de intensitat, connectats en el circuit de potència d'un sistema posat normalment a terra.
- 67: Sobreintensitat direccional de fases: Funciona amb un valor desitjat de circulació de sobreintensitat de C.A. en una direcció donada.
- 67N: Sobreintensitat direccional de neutre: Té la mateixa funció que el direccional de fases però aquest està dedicat exclusivament al neutre.
- 79 Reenganxament tripolar: Aquest relé s'encarrega de controlar el reenganxament d'enclavament d'un interruptor de C.A.
- 79U Reenganxament unipolar-tripolar: Aquest relé s'encarrega de controlar el reenganxament d'enclavament de manera independent les fases d'un interruptor de C.A.
- 81 Sobre i subfreqüència: Funciona amb un valor donat de la freqüència o per la velocitat de variació de la freqüència.
- 85 Teleprotecció: Aquest és accionat o frenat per una senyal i s'usa en combinació amb protecció direccional que funcioni amb equips de transmissió d'ona portadora o fils pilots de C.C.

- 87T Protecció diferencial de transformadors: Funciona sobre un percentatge o angle de fase o altre diferència quantitativa de dos intensitats o algunes altres quantitats elèctriques.
- 87B Protecció diferencial de barres: Actua contra les fallades que es puguin produir en les posicions de barres.
- 87L Protecció diferencial longitudinal: Funciona per protegir i supervisar zones de les línies de transport. Estan situats en cada extrem de les zones que es desitgen controlar. Segons el diferencial de la mesura d'una distància controlada actuarà un o l'altre o els dos.

## D. EQUIPS UTILITZATS

Per dur a terme el disseny de la subestació s'ha utilitzat diferents equips, els quals els preus estan licitats per la companyia elèctrica, i, que per tant, és material estratègic. Tot seguit es mostra una taula amb la marca i model de cada tipus.

Descripció	Marca	Model
Posició blindada SF6 132kV Línia/Barres	ABB	PASS MO SBB
Posició blindada SF6 132kV Barres/Trafo	ABB	PASS MO SBB
Parallamps 132kV Trafo	AREVA	VARISIL HI132
Trafo de Potència 132kV/MT 40 MVA	SIEMENS	110093A
Transformador de mesura TT	ALSTOM	OTEF145
Cabina de línia 36kV	MESA	CBGS-1L
Cabina de transformador 36kV	MESA	CBGS-1TR
Cabina de bateria condensadors 36kV	MESA	CBGS-1BC
Cabina de serveis auxiliars 36kV	MESA	CBGS-1SA
Cabina d'acoblament transversal 36kV	MESA	CBGS-1T
Cabina de mesura 36kV	MESA	CBGS-1M
Bateries de condensadors 25kV 6 MVar	ABB	EMPAC
Equip carregador-bateria	SAFT	SAMI
Transformador SSAA 36 kV 160 kVA	TMC	TR. SECO ENCAPSULADO
Relés principals línies 110-132 kV	ABB	REL 511
Relés principals trafos 110-132/MT	ARTECHE	PL50IT
Integració SSAA	MERLIN GERIN	SF1G
Integració cel·les MT	SCHNEIDER	SEPAM S80
Equip comptadors AT/MT	AREVA	MDC-3
Transformador Zig-Zag	ALKARGO	RT 458/36

Taula 18. Marca i model de l'equip estratègic

Al ser licitació els preus estan fixats i la companyia pot canviar-los per uns altres que tingui a disposició.