

Xarxes elèctriques en mitjana tensió

Desenvolupament de xarxes elèctriques i centres de transformació

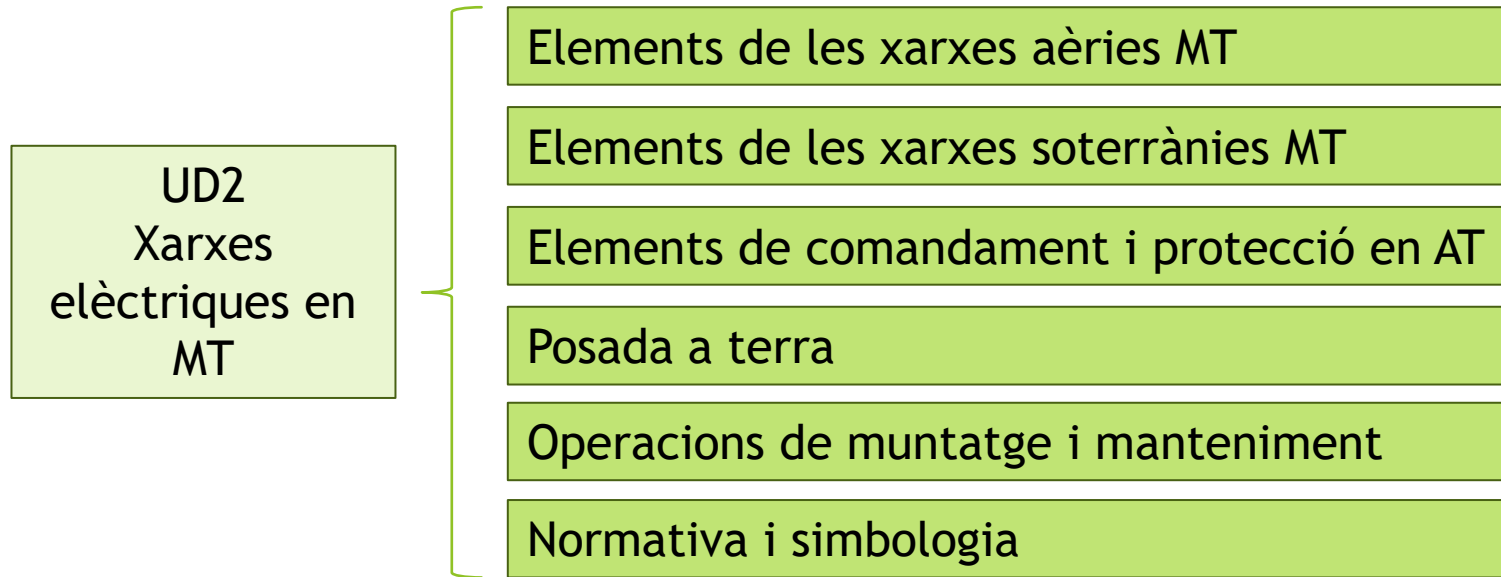
CFGS Sistemes electrotècnics i automatitzats

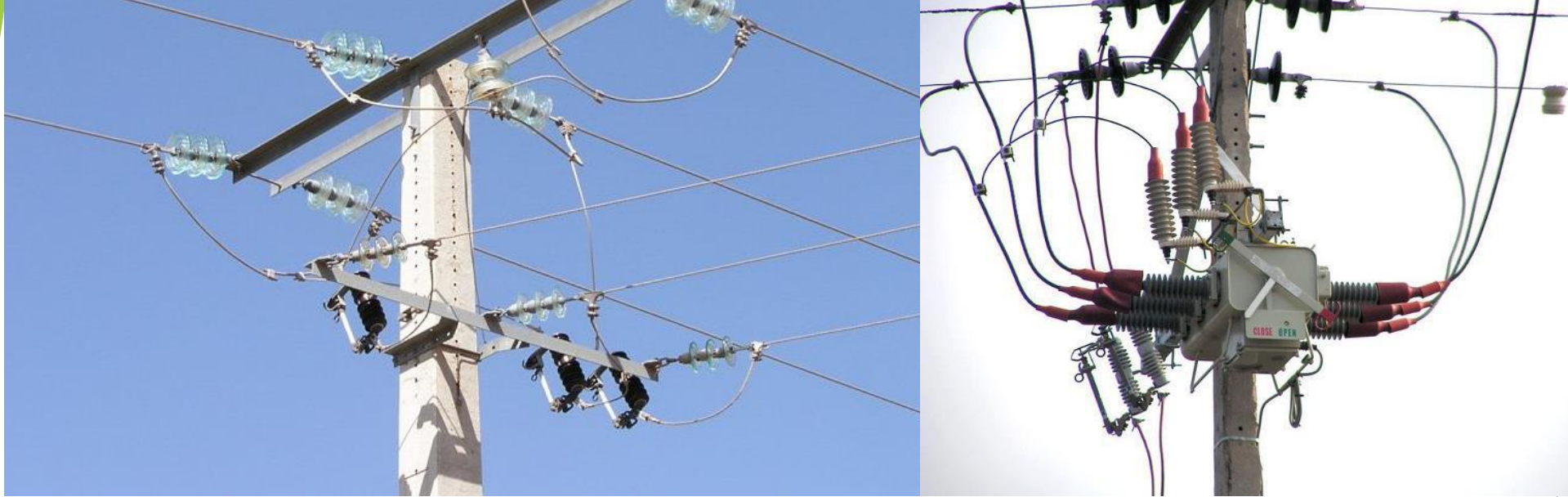


Pau Casesnoves

Centre Integrat de Formació Professional

Esquema de la unitat





Elements de maniobra i protecció de MT

Serveixen per protegir contra sobreintensitats (sobrecàrregues i curtcircuits) i també contra sobretensions.

A més permeten realitzar maniobres de connexió i desconnexió.

Proteccions de línies elèctriques MT

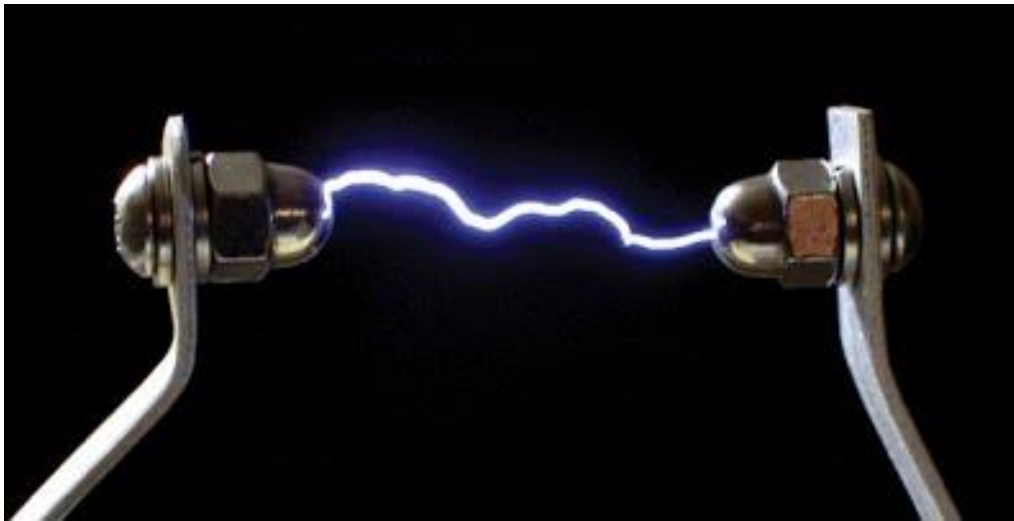
- ▶ Les sobreintensitats provoquen que per la línia hi circuli un corrent superior al nominal. Poden ser de dos tipus:
 - ▶ **Curtcircuit.** És un defecte produït per la posada en contacte directe amb resistència molt baixa de dos punts de la instal·lació que es troben a diferent potencial (fase-fase o fase-terra). Provoca una intensitat molt elevada de forma instantània que s'ha d'interrompre immediatament obrint el circuit.
 - ▶ **Sobrecàrrega.** És un defecte de duració limitada provocat pel pas d'una intensitat major a la que la instal·lació pot suportar. Provoca el sobreescalfament dels elements i s'ha d'interrompre abans de causar desperfectes.
- ▶ Les sobretensions provoquen una pujada de tensió per sobre de la nominal de la línia, i estan provocades per descàrregues atmosfèriques o maniobres en la xarxa.

Interruptor automàtic

- ▶ Un interruptor automàtic és un dispositiu capaç d'establir, mantenir i interrompre el corrent que circula en condicions normals per la línia (corrent de servei).
- ▶ A més permeten interrompre de forma automàtica corrents elevats com curtcircuits. Per tant, és un element de protecció contra sobreintensitats i a més serveix per realitzar les maniobres de connexió i desconnexió de circuits en càrrega.
- ▶ Aquests dispositius són de dispar independent de l'acció de l'operador. Van equipats amb una molla que emmagatzema energia. Aquesta energia és alliberada per un mecanisme quan és necessari obrir el circuit. A més, han d'indicar clarament les posicions d'obert i tancat.

Interrupctor automàtic - Extinció de l'arc (1)

- ▶ Quan els contactes es separen durant una obertura, sempre que hi circuli corrent, es formarà un arc elèctric que s'ha d'extingir.
- ▶ Aquest arc es forma perquè es supera la rigidesa dielèctrica de l'aire, degut a l'elevada tensió nominal i al caràcter inductiu de la càrrega. L'arc s'extingeix quan el corrent passa per zero, però hem d'evitar que es torni a encendre. És per aquesta raó que els interruptors automàtics necessiten un dispositiu per controlar i extingir l'arc.
- ▶ Vídeo arc elèctric: <https://www.youtube.com/watch?v=TVm-0TaZelQ>



Interruptor automàtic - Extinció de l'arc (2)

- ▶ A cada pas per zero l'arc s'apaga i queda obert el circuit. En aquest moment la tensió entre contactes fix i mòbil creix ràpidament fins arribar al màxim.
- ▶ D'altra banda, en extingir-se l'arc, l'espai entre contactes fix i mòbil es refreda i per tant es desionitza per la qual cosa augmenta també ràpidament la rigidesa dielèctrica del mitjà aïllant entre contactes (aire, oli, SF₆, buit, etc.).
- ▶ Es produeix doncs com una "carrera" entre l'augment de la tensió entre contactes i l'augment de la rigidesa dielèctrica entre aquests.

Interrupctors automàtics - Sistemes d'extinció de l'arc (1)

- **Aire.** Era el tipus més comú d'interruptor per a tensions mitjanes, degut al seu baix cost. Aquests dispositius es refrigeren per l'aire ambient. Els contactes estan muntats en un braç que pivota per obrir o tancar l'interruptor. L'arc creat es va estirant fins que finalment s'extingeix.

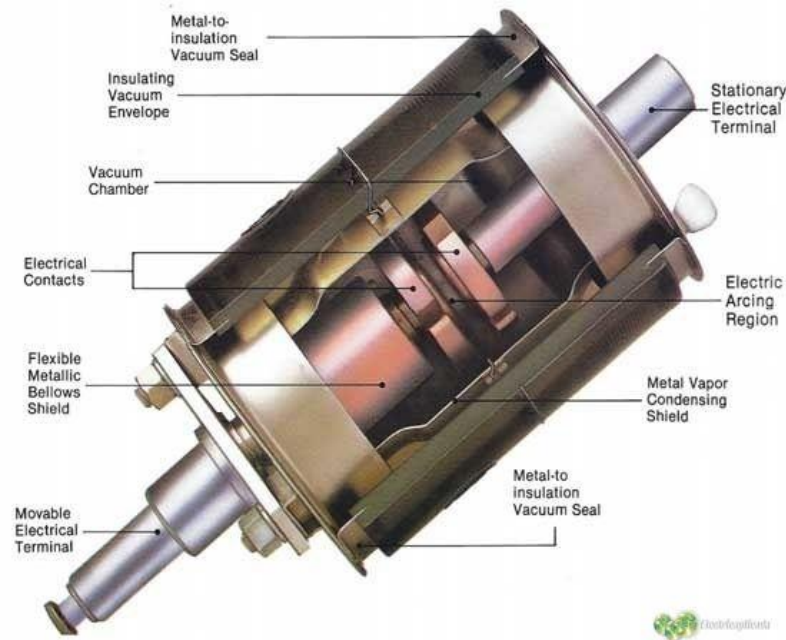


Interrupctors automàtics - Sistemes d'extinció de l'arc (2)

- ▶ **Oli i altres dielèctrics líquids.** Actualment en desús. Són similars als d'aire, però el conjunt de contactes es troben submergits en oli, ja que té una major rigidesa dielèctrica que l'aire i permet una millor refrigeració de l'arc, fet que provoca una extinció més ràpida i major poder de tall que els d'aire. Per contra tenen l'inconvenient que l'oli és combustible i que degut a les altes temperatures de l'arc, l'oli es va descomponent i s'ha de arribar a reemplaçar.
 - ▶ Rigidesa dielèctrica d'un material: és el valor límit del camp elèctric (kV/mm) en el qual un material perd la seva propietat aïllant i passa a ser un conductor.

Interrupctors automàtics - Sistemes d'extinció de l'arc (3)

- **Buit.** S'utilitzen molt actualment ja que tenen unes dimensions més compactes i major fiabilitat que els d'aire. Els contactes s'allotgen a dins d'una botella on s'hi ha fet el buit. L'arc elèctric generat s'extingeix ràpidament, abans del pas per zero, fet que pot provocar l'aparició de sobretensions en la xarxa. Tenen major durabilitat que els d'aire ja que els contactes s'erosionen menys, i menys manteniment ja els contactes es troben dins una botella estanca. També presenten una menor resistència de contacte que els d'aire. Com a inconvenient tenim el seu elevat preu i les sobretensions que poden provocar.



Interrupctors automàtics - Sistemes d'extinció de l'arc (3)

- **Hexafluorur de sofre (SF₆).** Són pareguts als de buit, amb la diferència de que la botella es troba pressuritzada i amb SF₆, un gas amb elevada rigidesa dielèctrica. Com a avantatge tenen que extingeixen l'arc en el pas per zero, fet que limita les sobretensions a la xarxa. Com a inconvenient tenen que el gas es va degradant degut a les altes temperatures de l'arc, i que aquest gas és molt perjudicial per al medi ambient. Un kg d'aquest gas provoca el mateix efecte hivernacle que 23 tones de CO₂.



Interrupctors automàtics - Accionament (1)

- ▶ **L'accionament** dels interruptors automàtics es refereix al dispositiu que provoca el dispar del mecanisme utilitzat per alliberar l'energia de la molla. Es pot fer de diverses formes:
 - ▶ **Disparadors directes o primaris.** Els disparadors són recorreguts per la intensitat que circula per la línia a protegir. Actuen quan es supera un valor de corrent determinat, per tant protegeixen contra sobreintensitats. Poden ser de dos tipus:
 - ▶ **Tèrmics**, utilitzats per protegir contra sobrecàrregues. Disparen per l'escalfament i deformació que pateix una làmina de dos materials diferents, quan és recorreguda per corrent elèctric. La làmina és deforma degut al diferents coeficients de dilatació dels materials. Són de temps invers, és a dir, com major és la sobrecàrrega menys tarden a disparar.
 - ▶ **Electromagnètics**, utilitzats per disparar ràpidament en cas de curtcircuits, ja que els tèrmics tardarien massa. Funcionen amb un electroimant que provoca el dispar quan es sobrepassa un cert valor de corrent. El temps de dispar és constant i sol ser inferior a 0,1 segons.

Interrupctors automàtics - Accionament

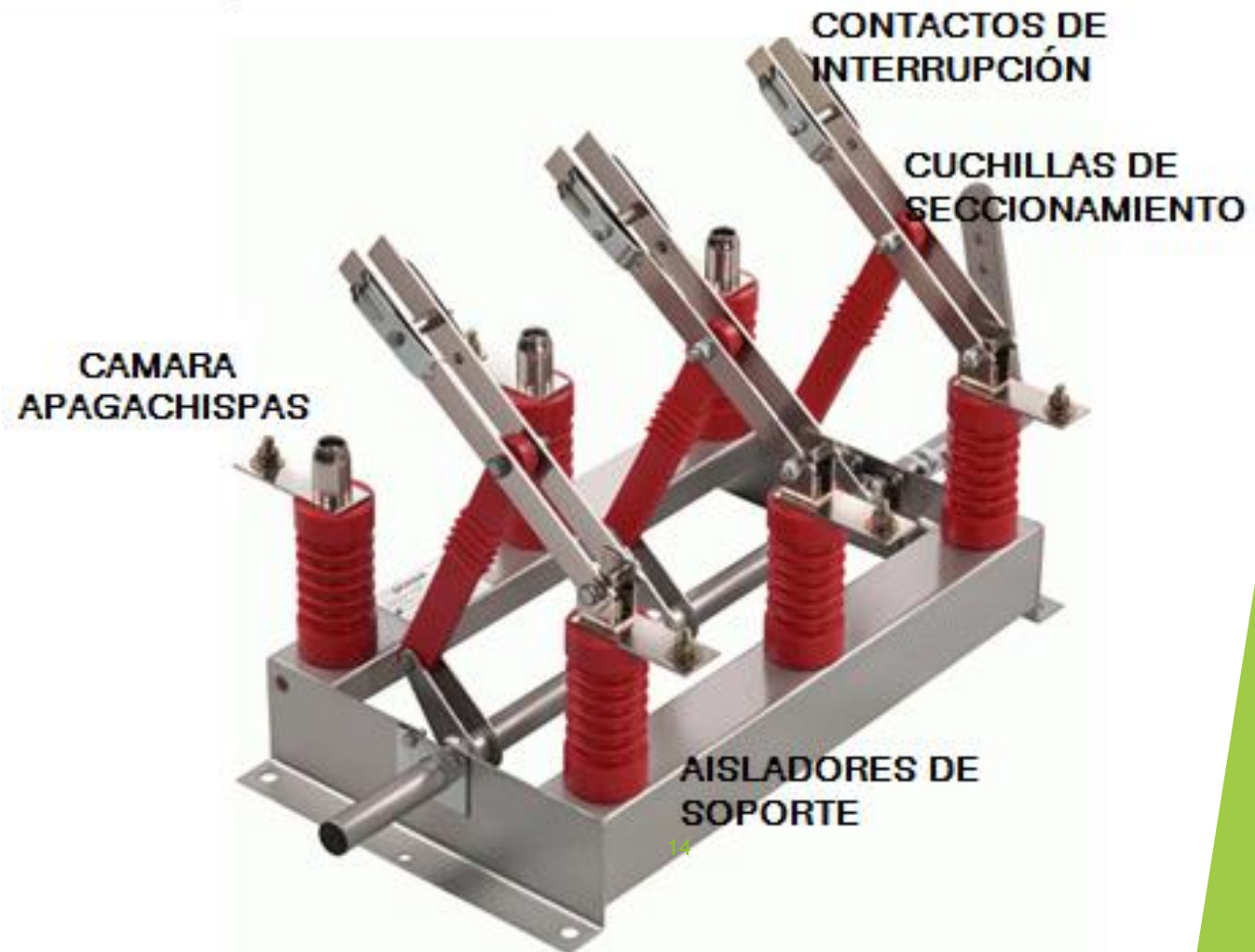
(2)

- ▶ **Disparadors indirectes o secundaris.** Els disparadors no són recorreguts per la intensitat que circula per la línia, sinó per un circuit auxiliar que funciona amb una tensió i corrent menors. El que provoca el dispar pot ser un actuador manual, a voluntat de l'operari, o un relé de protecció. El relé pot disparar en detectar una sobreintensitat, un corrent de defecte a terra excessiu, etc.
- ▶ Després de disparar, per a tornar carregar la molla i tancar el circuit es fa necessari la intervenció d'un operari (a través d'una palanca o manovella) o la incorporació d'un dispositiu de reenganxament automàtic (amb l'ajuda d'un motor elèctric).

Seccionadors

Un seccionador és un aparell mecànic de connexió que en posició d'obert assegura una distància de seccionament suficient per seguretat. Només és capaç d'obrir i tancar quan no circula corrent per la línia (menys de 0,5 A). La seva posició s'ha de poder comprovar a simple vista (obrin de forma visible). A més solen permetre l'enclavament, és a dir, s'han de poder bloquejar en posició d'obert, per poder realitzar operacions de manteniment i reparació amb seguretat. Més que un element de protecció, és un element de maniobra o de seguretat, fent visible l'apertura de les línies.

S'han de muntar de tal forma que no es puguin tancar de forma imprevista per gravetat o vibracions. En les derivacions de línia, com a regla general, s'instal·larà un seccionador que s'ubicarà en el propi suport o en un suport pròxim, sempre que estigui a menys de 50 m de la derivació.



Seccionadors - Tipus (1)

- ▶ Segons la seva ubicació:
 - ▶ **Interiors.** Per a la seva utilització dins d'un centre de transformació.
 - ▶ **Exteriors o d'intempèrie.** Estaran situats a una altura superior a cinc metres.
- ▶ Segons la seva construcció:
 - ▶ **Unipolars.** Hi ha un seccionador per a cada fase, que s'han d'accionar de forma individual, normalment amb perxa. Només es permeten en mitjana tensió (fins a 30 kV).
 - ▶ **Tripolars.** Un únic seccionador obri o tanca a la vegada les tres fases, per tan tenen un únic accionador.

Seccionadors - Tipus (2)

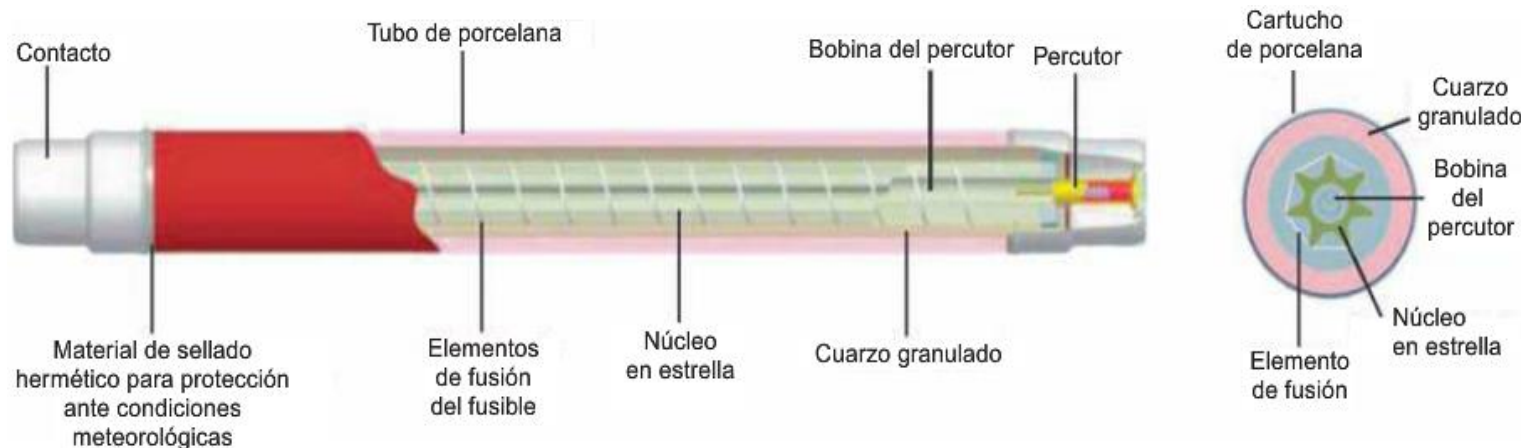
- ▶ Segons la seva funció:
 - ▶ **Seccionadors.** Permeten obrir o tancar de forma visible sense càrrega.
 - ▶ **Interruptors-seccionadors.** A més de complir les condicions dels seccionadors, permeten realitzar les maniobres en càrrega, però no quan hi circula una sobreintensitat, ja que no té poder de tall més enllà de la corrent nominal.
 - ▶ **Seccionadors de posada a terra (pat).** A més de complir les condicions del seccionadors, tenen una tercera posició (a més d'obert o tancat) que permet curtcircuitar les fases i connectar-les a terra.
- ▶ Segons el seu funcionament:
 - ▶ De fulles lliscants.
 - ▶ De fulles giratòries.
 - ▶ Etc.

Seccionadors - Comandament

- ▶ De forma manual i directa amb una **perxa** aïllant, actuant sobre les fulles. Només es permet en els unipolars.
- ▶ De forma manual i indirecta actuant sobre una **palanca** o manovella situada a certa distància del seccionador, i connectada mecànicament a l'eix del seccionador.
- ▶ A través d'un **servomotor**, situat a certa distància del seccionador i connectat mecànicament. Permet l'accionament tan manual com automàtic.

Fusibles (1)

- ▶ Un fusible és un element que serveix per protegir contra sobreintensitats, sobretot contra curtcircuits, degut al seu alt poder de tall, però no serveix per protegir contra petites sobrecàrregues.
- ▶ Estan formats internament per un o varis conductors, normalment enrotllats sobre un element ceràmic aïllant anomenat travesser. Aquest conductor es fon per efecte Joule, quan hi circula una sobreintensitat, i és l'encarregat d'interrompre el circuit. Externament estan formats per un cilindre ceràmic aïllant i buit, on en els extrems hi ha unes cassoles metàl·liques conductores on s'hi connecta el fil conductor interior. L'espai entre el conductor i el cilindre exterior s'omple de sílice que servirà com a dissipador de calor quan es produeixi la fusió i facilitarà l'apagat de l'arc elèctric.



Fusibles (2)



- ▶ El fusible es col·loca en el conjunt portador o portafusibles, un element que subjecta el fusible i assegura un bon contacte elèctric amb les cassolotes. A més disposa dels elements per realitzar la connexió amb el circuit exterior.
- ▶ Els fusibles de mitjana tensió poden dur percutor, que és un element que és alliberat quan es fon el fusible, moment en que sobresurt degut a la força d'una molla. Quan el percutor s'allibera acciona una palanca que provoca l'apertura d'un interruptor, que pot provocar el tall d'una fase o de les tres.

Fusibles (3)

- ▶ El temps que tarda en fondre's depèn del valor del corrent, de forma que com més alta és la sobreintensitat menys tardarà. Quan circula corrent per l'element fusible aquest dissipa energia per efecte Joule, fet que eleva la seva temperatura. Segons el corrent que hi circuli poden passar dues coses. El conductor pot arribar a una temperatura d'equilibri, ja que el calor generat és igual al dissipat a l'exterior, i seguirà en aquest estat d'equilibri sense fondre's. O pot ser que a mesura que augmenti la temperatura s'arribi al punt de fusió.
- ▶ Si s'arriba al punt de fusió, el conductor comença a fondre's i s'inicia un arc elèctric que s'allarga ràpidament, produint un gran augment de la temperatura. La funció de l'arena de sílice, o d'altres materials extintors, consisteix en condensar els vapors metàl·lics i refredar l'arc, facilitant l'extinció i dificultant l'encesa de l'arc després del pas per zero.

Fusibles - Tipus

- ▶ **Tipus g.** Són d'ús general, ja que poden tallar corrents per damunt de la seva intensitat de fusió i fins al seu poder de tall. Per tant serveixen per protegir contra sobrecàrregues moderades i curtcircuits.
- ▶ **Tipus a.** Són d'acompanyament, ja que només tallen corrents varis cops per damunt de la seva intensitat nominal. Per tant, només serveixen per protegir contra curtcircuits.
- ▶ **Limitadors.** Funcionen limitant el valor del corrent de curtcircuit, amb temps de fusió inferiors a 5 ms.
- ▶ **D'expulsió.** Són fusibles que s'instal·len a l'exterior. Quan es fonen, els vapors que generen son expulsats a través d'una càpsula ejectable, que provoca el gir del portafusible de forma similar a quan s'obri un seccionador. Per tant, quan es fonen obren amb tall visible. Tenen un ganxo per poder obrir i tancar el circuit amb una perxa, i també per substituir-los.

Relé (1)



- ▶ Els relés són els elements encarregats de detectar defectes en la línia i provocar l'apertura dels interruptors automàtics. Es poden classificar en directes i indirectes.
- ▶ **Relés directes.** Son recorreguts per la intensitat que circula per cada fase a protegir. Si la intensitat és superior a un cert valor provoquen el dispar de l'interruptor associat. Els relés directes es solen usar per protegir contra sobrecàrregues, acompanyats de fusibles per protegir contra curtcircuits. Avui en dia estan en desús a favor dels indirectes.

Relé (2)

- ▶ **Relés indirectes.** Són recorreguts per una intensitat reduïda, proporcional a la intensitat que circula per la línia de mitjana tensió. Per aconseguir-ho utilitzen transformadors d'intensitat o captadors toroidals. Actualment són com a petits ordinadors programables, de forma que es poden aconseguir proteccions de diversos tipus:

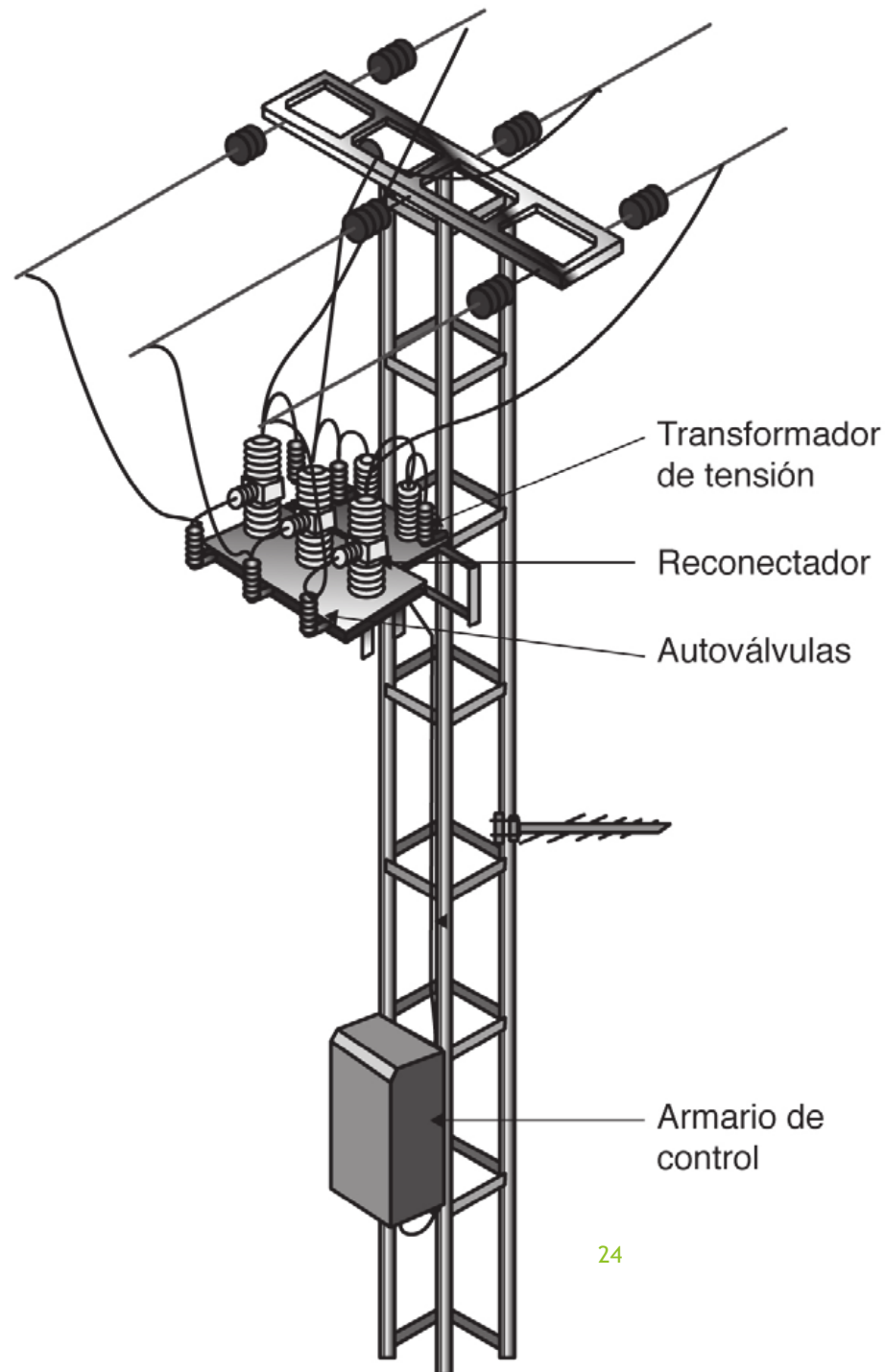
- ▶ Contra curtcircuits i sobrecàrregues.
- ▶ De temps d'actuació constant o invers.
- ▶ Contra derivacions a terra.
- ▶ Contra pujades o baixades de freqüència.
- ▶ Etc.

A més dels relés i transformadors, també es necessita una font auxiliar d'alimentació, composta d'un acumulador i un carregador.



Reenganxador

- Un reenganxador o reconnectador és un dispositiu capaç de restablir el funcionament de la línia quan, després d'haver saltat una protecció, el defecte que ha provocat el tall de la línia ha desaparegut.
- És un interruptor amb reconnexió automàtica. És capaç de detectar un defecte, obrir la línia i reconnectar-la automàticament. Disposa d'un sistema de control que li permet realitzar diverses reconnexions successives, podent variar l'interval i la seqüència de les reconnexions, a més de telegestionar-lo.



Autovàlvules i explosors (1)

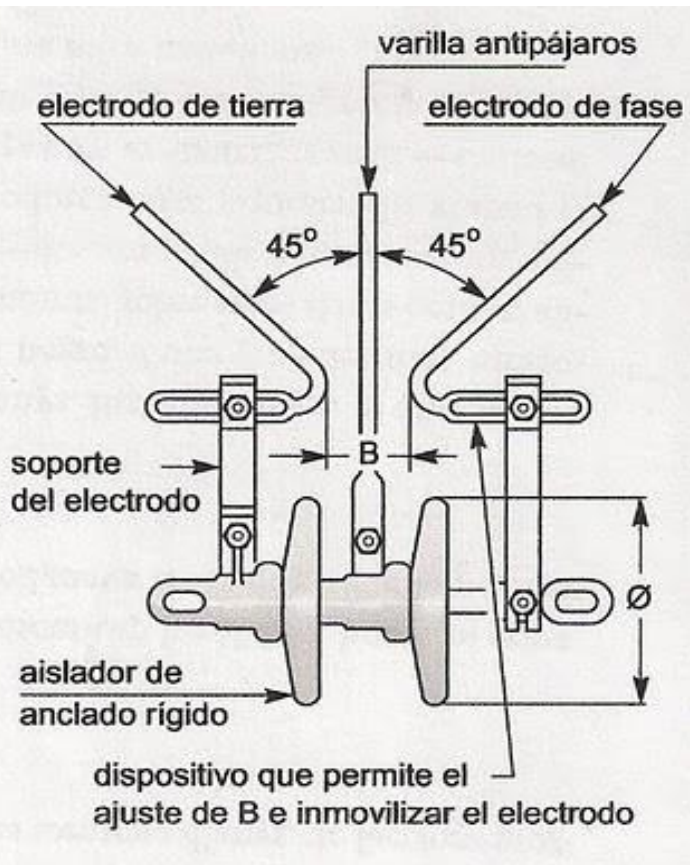
- Les autovàlvules i explosors serveixen per protegir contra sobretensions, tant d'origen atmosfèric com degut a maniobres en la xarxa. Així limiten el valor de tensions que podrien ser perilloses tant pels aïllaments com pels receptors. Es connecten entre fase i terra, i funcionen derivant a terra les sobreintensitats causades per sobretensions.



Autovàlvules i explosors (2)

► Explosors:

- És el sistema més senzill i econòmic, ja que consisteix en dues varetes o elèctrodes de les quals una es connecta a fase i l'altre a terra. Aquestes dues varetes estan separades una certa distància, de forma que quan hi ha una sobretensió s'inicia un arc elèctric que curtcircuita la fase amb terra, limitant les sobretensions.
- La forma que tenen les varetes fa que l'arc s'allargui i s'extingeixi. Tenen com a inconvenient que no actuen contra sobretensions petites.
- Solen incorporar una tercera vareta, enmig de les altres dues, per tal d'evitar que hi pugui quedar atrapat algun ocell, que quedaria electrocutat provocant un curtcircuit.



Autovàlvules i explosors (3)



- ▶ Autovàlvules:
 - ▶ Són elements que presenten una resistència variable depenent de la tensió (varistors), fabricats amb òxid de zinc (ZnO).
 - ▶ Per a valors de tensió nominals presenten una resistència alta, tot i que sempre circularà un cert corrent de fuga cap a terra. En canvi, quan estan sotmeses a sobretensions la seva resistència baixa, derivant el corrent cap a terra i limitant el valor de la sobretensió.
 - ▶ Han de disposar d'un sistema de desconexió a terra si la intensitat que hi circula és superior per a la que estan construïdes. En cas contrari quedarien curtcircuitades provocant un curtcircuit fase-terra.

Senyalització (1)

- ▶ Esfera de abalisament diürn: s'empra en fils de guarda o de terra. Són dos semiesferes pintades amb forats per poder evacuar l'aigua condensada.
- ▶ Existeix la versió de radio balisa que emet senyals que detecten els avions.



Senyalització (2)

- ▶ Balisa aèria per conductor:
 - ▶ S'empra al costat dels aeroports i en valls i embocadures per l'abalisament nocturn de línies aèries d'AT.
 - ▶ Està formada per una balisa amb una llum de neó.



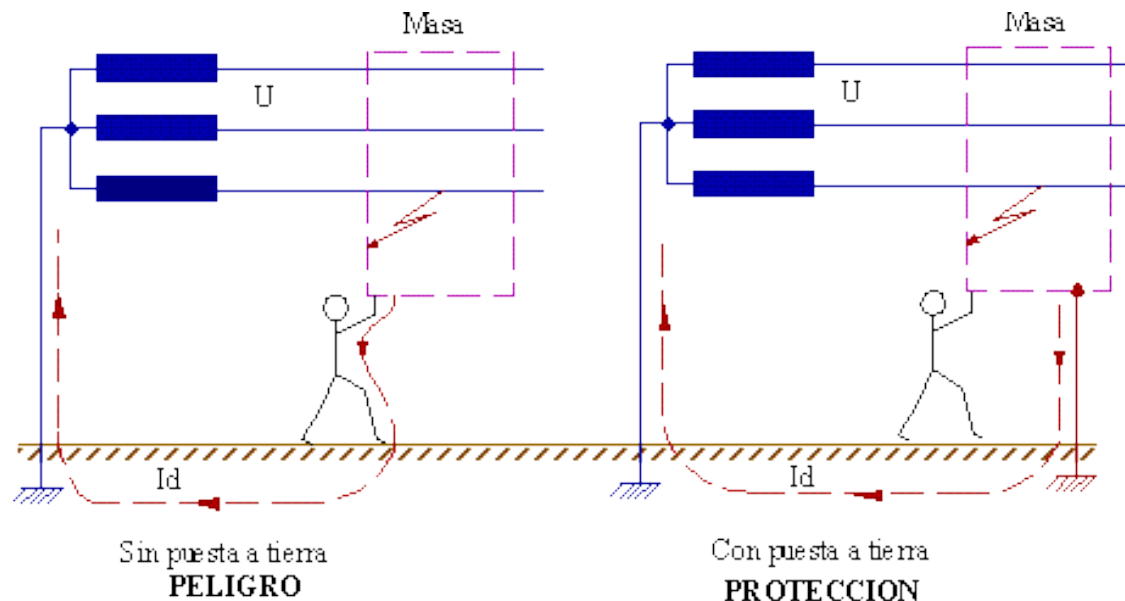


Posada a terra

Per protegir contra contactes indirectes.
Per connectar-hi les proteccions contra sobretensions.

Posada a terra - Introducció

- La posada a terra serveix per unir elèctricament totes les parts metàl·liques no destinades a conduir electricitat (masses) i que puguin ser accessibles per humans (o animals) a terra. També s'hi pot connectar el conductor neutre.
- D'aquesta forma si hi ha una fallada en l'aïllament d'una part activa (conductors que en condicions normals estan en tensió) impedeix que cap part conductora accessible pugui presentar una tensió perillosa.



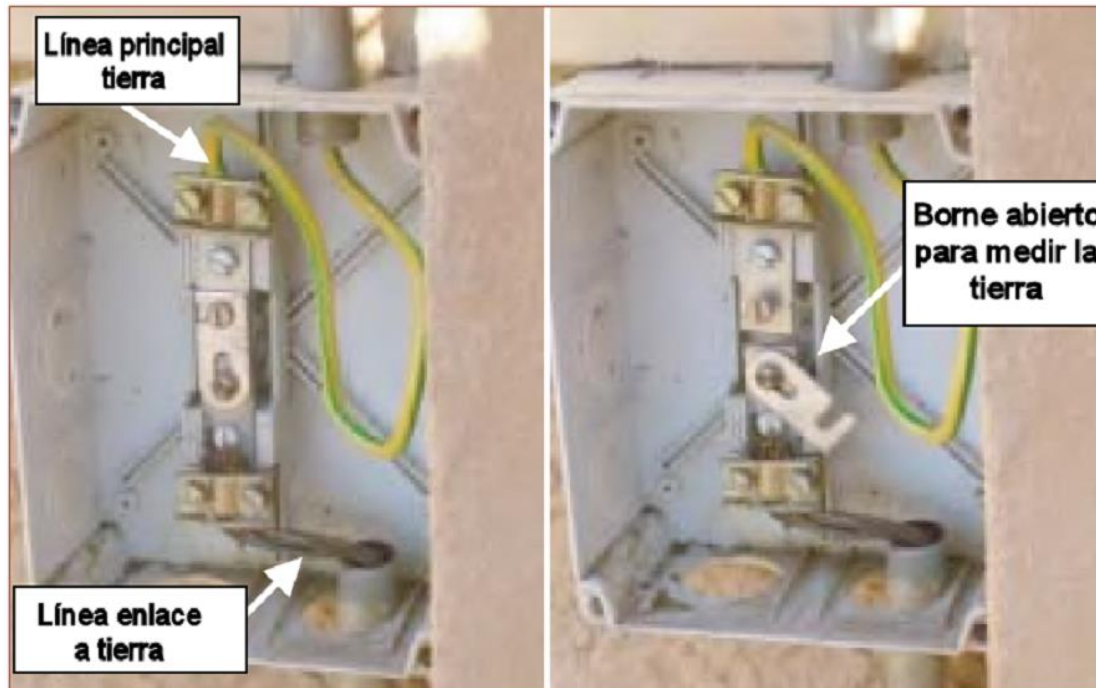
Posada a terra - Definicions (1)

- ▶ **Instal·lació de posada a terra.** És el conjunt format pels elèctrodes de terra i les línies de terra.
- ▶ **Elèctrode de terra.** És el conductor o conjunt de conductors nus que es troben enterrats per a establir una connexió elèctrica amb la terra. Generalment s'utilitzen piquetes de coure de 14 mm de diàmetre, cable nuu o plaques de coure enterrades.



Posada a terra - Definicions (2)

- **Línia de terra.** És el conductor o conductors que uneixen l'elèctrode de terra amb una part de la instal·lació que s'ha de connectar a terra, sempre que estiguin fora del terreny o aïllats.
- **Masses.** Conjunt de les parts metàl·liques que en condicions normals estan aïllades de les parts en tensió.



Posada a terra - Que hi connectam?

- ▶ Tots els suports de línies elèctriques de material conductor:
 - ▶ Torres i suports metàl·lics.
 - ▶ Suports de formigó.
 - ▶ Suports de les xarxes soterrades.
- ▶ Pantalles metàl·liques dels cables aïllats.
- ▶ Dispositius de protecció contra sobretensions.
- ▶ A més de la resta d'elements que siguin conductors:
 - ▶ Relés de protecció.
 - ▶ Transformadors de mesura.
 - ▶ Dispositius de transmissió d'informació i telecomandament.
 - ▶ Etc.

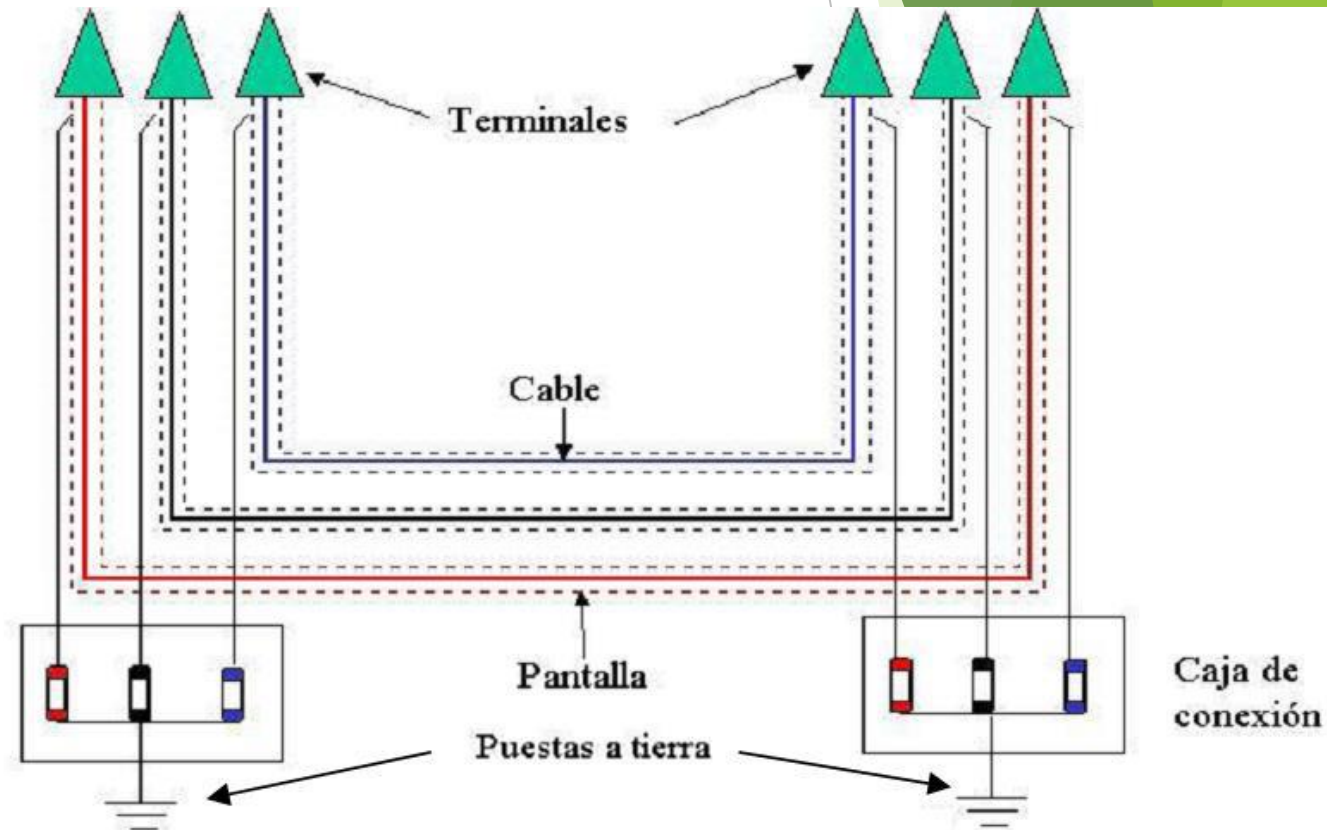
Posada a terra - Connexió de les pantalles dels cables (1)

- ▶ La normativa d'Endesa (document KRZ001) admet varies formes de connectar les pantalles dels cables a terra:
 - ▶ Connexió rígida.
 - ▶ Connexió en un sol punt.
 - ▶ Connexió en el punt mig.
 - ▶ Creuament de pantalles.

Posada a terra - Connexió de les pantalles dels cables (2)

► Connexió rígida.

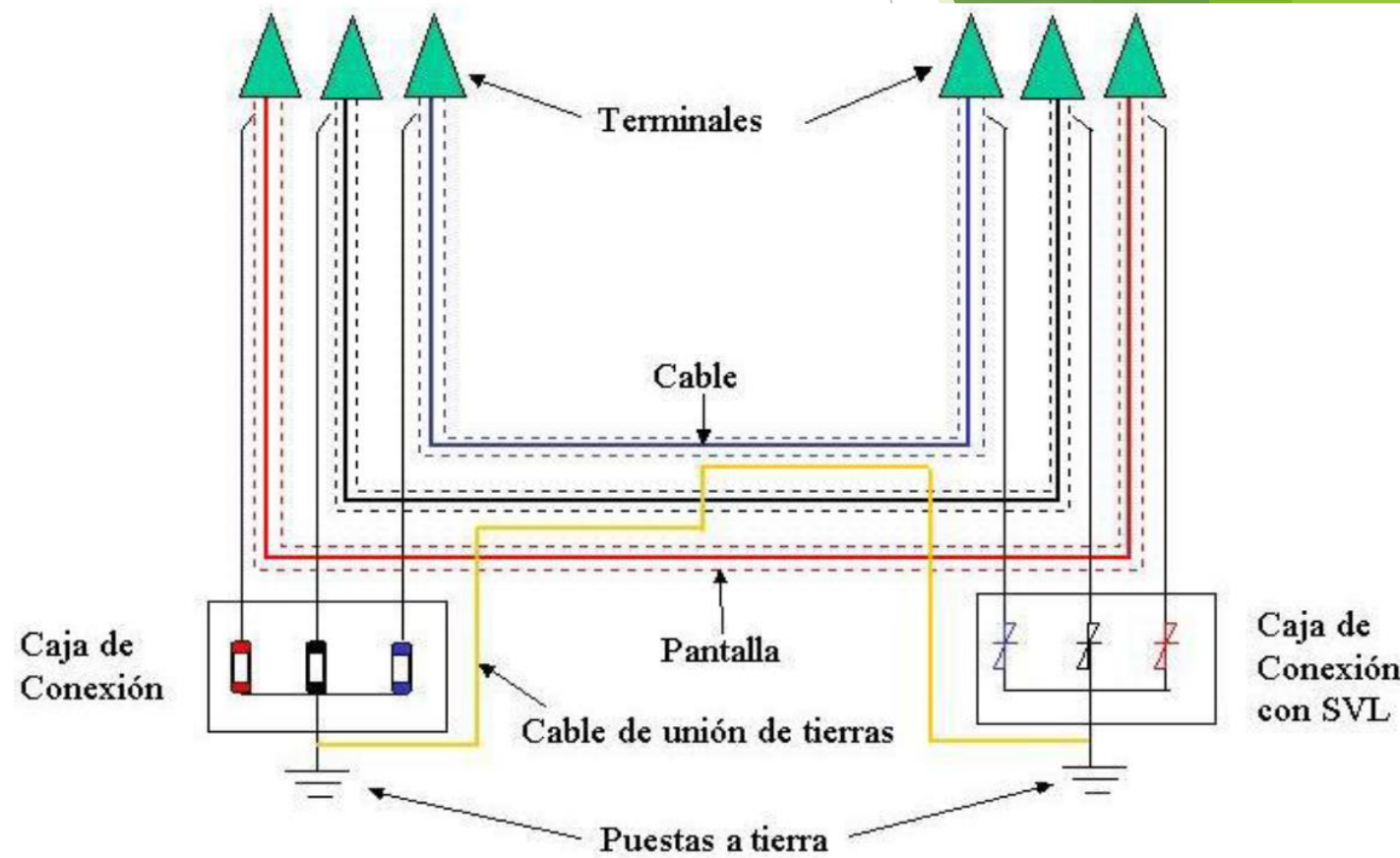
- Consisteix realitzar la connexió a terra de la pantalla als dos extrems de la línia (generalment en els centres de transformació).
- D'aquesta manera es forma un bucle de terra tancat, que per la inducció dels conductors provoca que circuli corrent per les pantalles.
- Aquesta corrent fa que el cable s'escalfi i es redueixi la intensitat admissible.



Posada a terra - Connexió de les pantalles dels cables (3)

► Connexió en un sol punt.

- Només es connecta la pantalla a terra en un extrem de la línia.
- Com que queda el circuit obert no pot circular corrent per la pantalla, així no disminueix la intensitat admissible del cable.
- Però apareix un voltatge induït en la pantalla, proporcional a la longitud, que arriba al seu màxim en l'extrem no connectat a terra.
- Per tant s'ha de limitar la longitud de la línia.



Posada a terra - Connexió de les pantalles dels cables (4)

► Connexió en el punt mig.

- És com el sistema anterior, però la connexió es fa el punt mig de la línia.
- Com que el voltatge induït creix de forma proporcional a la longitud, ara la longitud màxima podrà ser del doble.

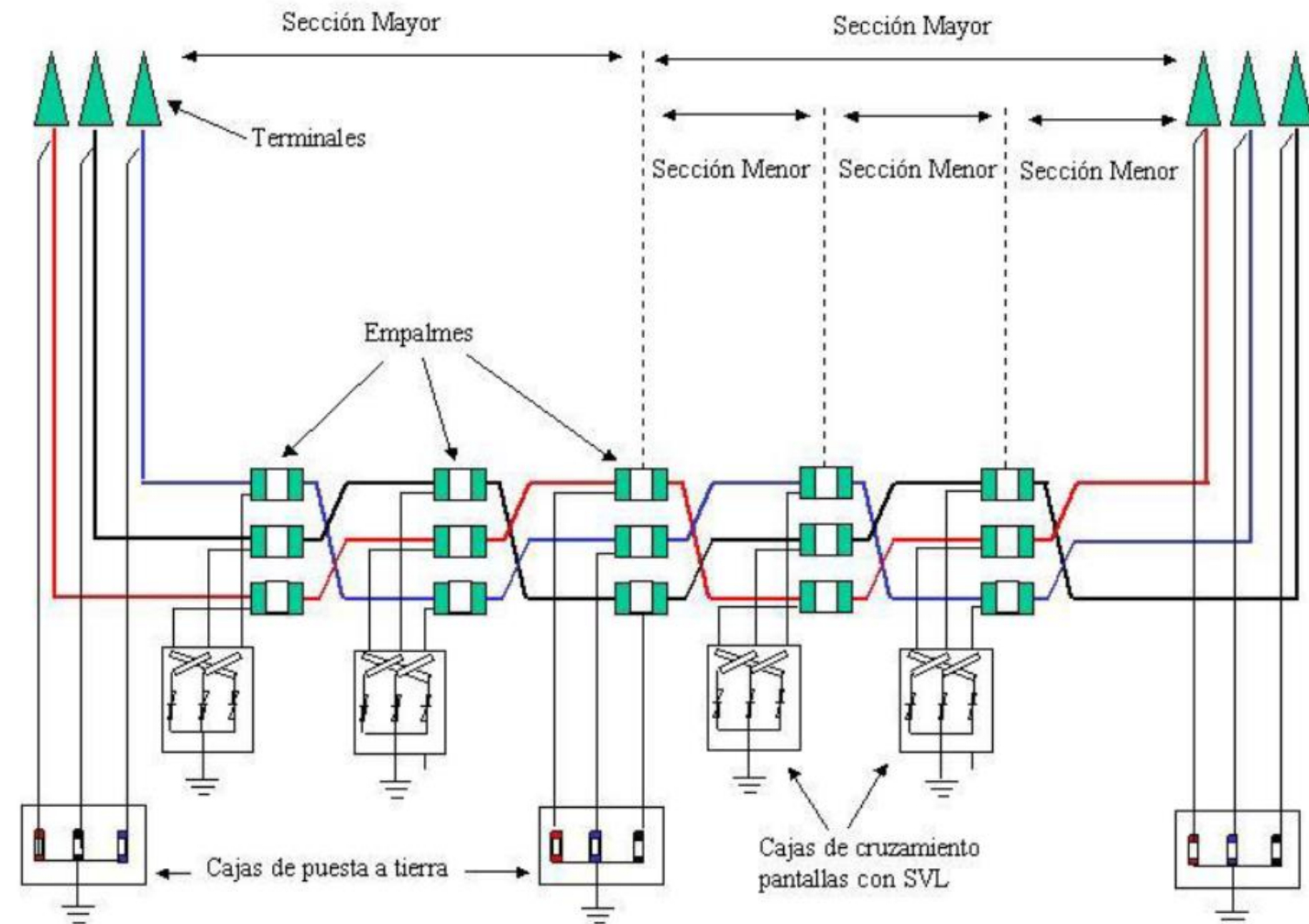
Tabla 17: Longitudes máximas permitidas para conexiones "mid point bonding"

<i>Tensión</i>	<i>Sección</i>	1 circuito por zanja		2 circuitos por zanja	
		Tensión inducida	Longitud máxima permitida	Tensión inducida	Longitud máxima permitida
45 kV	400 mm ² Al	64,5 V/km	2.015 m	54,6 V/km	2.382 m
	800 mm ² Al	88,7 V/km	1.474 m	77,5 V/km	1.678 m
	1000 mm ² Al	92,9 V/km	1.400 m	77,3 V/km	1.682 m
66 kV	630 mm ² Al	74,8 V/km	1.737 m	62,9 V/km	2.068 m
	1000 mm ² Al	88,7 V/km	1.466 m	74,1 V/km	1.755 m
132 kV	630 mm ² Al	73,8 V/km	1.762 m	61,5 V/km	2.113 m
	1200 mm ² Al	93,5 V/km	1.391 m	76,9 V/km	1.691 m

Posada a terra - Connexió de les pantalles dels cables (5)

► Creuament de pantalles.

- Consisteix en anar creuant les pantalles de tal forma que els voltatges induïts es contrarestin.
- D'aquesta forma es podrà connectar la pantalla a terra, sense provocar la circulació de corrent, en els punts on el voltatge induït sigui zero.



Posada a terra - Connexió dels suports

- ▶ La normativa d'Endesa (document LRZ001) admet varies formes de realitzar la posada a terra dels suports:
 - ▶ **Elèctrodes de difusió.** Consisteix en clavar piquetes de coure de 2 m de llarg i 14 mm de diàmetre, a una profunditat mínima de 0,8 m, fins a tenir la resistència a terra desitjada. Les piquetes s'han d'interconnectar amb cable de coure nuu de 95 mm². És el sistema obligatori en zones poblades.
 - ▶ **Posada a terra profunda.** Es farà una perforació de 85 mm de diàmetre i uns 12 o 14 m de profunditat, que s'omplirà d'una cadena de barres de grafit de 55 mm de diàmetre per 1 m de llarg, i es farcirà de grafit en pols. En cas de no obtenir la resistència a terra desitjada es realitzaran més perforacions.