

TECNOLOGÍA ELÉCTRICA. UNIDAD DIDÁCTICA 10

CONCEPTOS BÁSICOS A RETENER Y PROBLEMAS RESUELTOS

1.- PROTECCIONES EN LAS INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN

Las instalaciones eléctricas de baja tensión deben cumplir una serie de requisitos para:

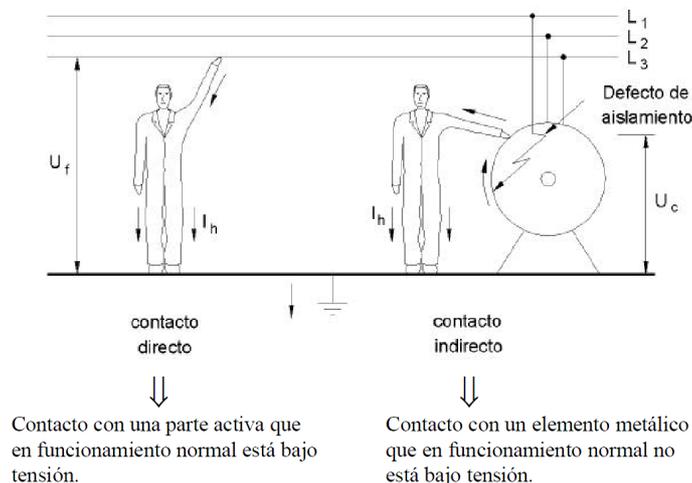
- garantizar la seguridad de los usuarios
- minimizar el daño en las instalaciones en caso de fallo

En el primero de los casos hay que proteger a las instalaciones frente a contactos directos o indirectos, es decir contra choques eléctricos, tal y como se especifica en la ITC-BT-24 (y en el capítulo 12 de Manual).

En el segundo caso, hay que proteger a las instalaciones frente a sobrentensidads (sobrecargas y cortocircuitos) y sobretensiones, como se detalla en las ITC-BT-22 e ITC-BT-23 (y en el capítulo 11 del Manual).

La protección frente a cortocircuitos, se analizó en la Unidad Didáctica 7 al estudiar los interruptores automáticos y los fusibles. En esta Unidad Didáctica se analizará cómo proteger a las instalaciones eléctricas de baja tensión frente al resto de fenómenos.

2.- PROTECCIONES FRENTE A CONTACTOS DIRECTOS O INDIRECTOS



Definición de contacto directo e indirecto. Fuente: Tecnología eléctrica Editorial Síntesis

La protección frente a **contactos directos** consiste en evitar el contacto con las partes activas de la instalación, es decir, con aquellos elementos que en funcionamiento normal se encuentran a una tensión superior a la tensión de contacto máxima permitida. Para ello se utilizan los siguientes métodos de protección:

- *protección mediante envolventes*: armarios, cuadros, etc cuyo nivel de protección está normalizado y

clasificado según el código IP XX (EN 60526 (UNE 20324)). Las XX son dos cifras, la primera de ellas representa el grado de protección frente a la penetración de cuerpos sólidos y la segunda frente a líquidos. Cuanto mayor sea el valor de la cifra mayor será el grado de protección

- *protección por puesta fuera del alcance u obstáculos*: verjas o barreras que permitan acceder sólo al personal autorizado

- *protección mediante aislamiento*: en general, todos los equipos de baja tensión presentan un nivel de aislamiento correspondiente a una sobretensión de 1000 V o incluso mayores como los cuadros de baja tensión de los centros de transformación

- *protección contra tensiones residuales*: cuando en la instalación se almacena energía en condensadores es necesario disponer de circuitos de descarga para evitar tensiones elevadas

- *protección por uso de muy baja tensión de seguridad*: en general, se basa en utilizar como tensión de operación del equipo eléctrico una tensión inferior a 50 V

La protección frente a **contactos indirectos** consiste en garantizar la seguridad aún cuando se produzca un fallo en el aislamiento principal del equipo o instalación. Se utilizan los siguientes métodos de protección:

- *protección por puesta a tierra y desconexión automática de la alimentación*: tal y como se estudió en la Unidad Didáctica 8, se debe cumplir que la resistencia de puesta a tierra sea lo suficientemente baja para que la tensión de contacto máxima no supere la establecida por el REBT. Este sistema de protección se aplica en los esquemas TT y TN.

- *protección por separación eléctrica de la alimentación*: este tipo de protección se emplea en los esquemas IT y en aquellas instalaciones de equipos cuya continuidad de funcionamiento sea crítica, por lo que utilizan un transformador separador entre el equipo y la instalación, teniendo aisladas de tierra todas las fases en el secundario.

- *protección por doble aislamiento*: este método consiste en el uso de doble aislamiento entre las partes activas y las partes accesibles, se puede emplear tanto en el conjunto de la instalación como en determinadas partes de la misma. Los aparatos que emplean doble aislamiento para la protección contra contactos indirectos se denominan de Clase II a diferencia de los de Clase I que sólo tienen aislamiento en la parte principal y partes conductoras accesibles puestas a tierra.

3.- PROTECCIONES FRENTE A SOBRECARGAS Y SOBRETENSIONES

Se considera que un circuito o una parte de una instalación está sometida a una **sobrecarga** cuando durante cierto tiempo es recorrido por una corriente mayor que la corriente admisible sin que exista ningún tipo de avería en la instalación. Las sobrecargas pueden ser:

- previsibles (momentáneas): debidas por ejemplo al arranque de motores o a picos de demanda de la instalación. Son conocidas por el proyectista de la instalación y deben ser soportadas por la instalación sin producir la actuación de ningún tipo de protección.

- no previsibles: debidas fundamentalmente a la sobreutilización de la instalación o de las cargas

La principal característica de un dispositivo que proteja frente a sobrecargas es que su tiempo de actuación sea menor que el tiempo de calentamiento admisible del conductor o, lo que es lo mismo, que la curva It de las características admisibles del conductor esté por encima de la curva It de disparo del dispositivo para todas las corrientes de sobrecarga posibles.

Los dispositivos de protección frente a sobrecargas son:

- interruptores magnetotérmicos

- interruptores automáticos con disparador directo de sobreintensidad de tiempo inverso o con disparador indirecto asociado a un relé térmico

- fusibles
- contactor combinado con relé térmico.

La norma UNE 20-460 (parte 4-43) considera que un dispositivo de protección protege de modo efectivo a un conductor si se verifican las dos condiciones siguientes:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45I_z$$

donde

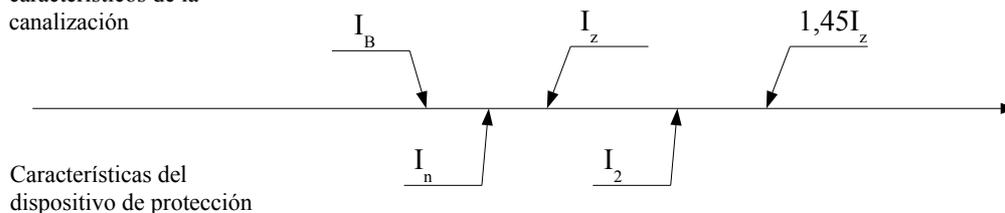
I_B es la intensidad de diseño del cable

I_n es la intensidad nominal o de regulación del dispositivo de protección

I_2 es la intensidad convencional de funcionamiento del dispositivo de protección

I_z es la intensidad máxima admisible del conductor

Valores
característicos de la
canalización



Características del
dispositivo de protección

Representación de las condiciones prácticas de protección frente a sobrecargas

En los fusibles gG normalizados se cumple la siguiente condición $I_2 = 1,6I_n$ y en los interruptores magnetotérmicos normalizados la siguiente $I_2 = 1,45I_n$, luego es más adecuado seleccionar un magnetotérmico que un fusible en los casos en los que el calibre del fusible es próximo a la intensidad admisible del conductor.

Ejemplo Protección de un cable trifásico de tensión nominal $U_n = 750 V$, aislado en PVC, instalado en tubo en montaje superficial, con una intensidad de diseño $I_B = 16 A$.

Consultando la tabla de intensidades admisibles (ICT-BT-19) para la instalación de tipo B2 (un cable multiconductor instalado en tubo) y aislamiento de PVC, debe tener una sección de $2,5 \text{ mm}^2$ y una intensidad máxima admisible $I_z = 17,5 A$. Luego:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$16 \leq I_n \leq 17,5$$

La intensidad normalizada de los dispositivos de protección en ese rango es $16 A$. Si seleccionamos un fusible normalizado:

$$I_2 = 1,6I_n = 1,6 \cdot 16 = 25,6 A \text{ no se cumple la segunda condición de protección}$$

$$I_2 \leq 1,45I_z \quad 25,6 \leq 25,37 A \text{ y tendríamos que ir a la sección superior de } 4 \text{ mm}^2 \text{ e } I_z = 23 A \text{ para que se}$$

cumpliera.

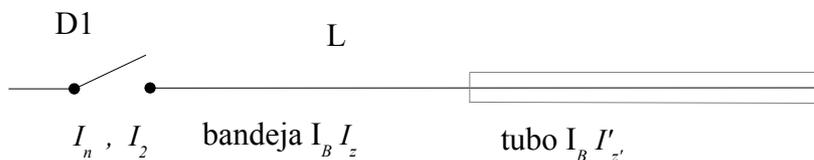
Si se selecciona un interruptor magnetotérmico como cumple que $I_2 = 1,45I_n$ si que se verifica la segunda condición sin aumentar la sección del cable

$$I_2 \leq 1,45I_z \quad 23,2 \leq 25,37 A$$

En los circuitos en los que la sección del conductor neutro es igual o equivalente a la sección de los conductores de fase no es necesario prever ningún dispositivo de protección frente a sobrecargas para el conductor neutro. Si la sección del neutro es menor se instalará un dispositivo que cumpla las condiciones anteriores referidas a este conductor.

Los dispositivos de protección frente a sobrecargas se instalan en el origen de los circuitos, en el interior de los cuadros de distribución, y se recomienda su instalación en todos los puntos donde se produzca una reducción de la intensidad admisible aunque se puede prescindir de esta segunda protección si se garantiza que el dispositivo en el origen protege a toda la instalación.

Ejemplo La figura representa una línea protegida frente a sobrecargas mediante el dispositivo D1 instalado en su origen, con unos valores I_n e I_2 determinados. La línea está dimensionada para una intensidad I_B . En un primer tramo la línea se tiene sobre bandeja perforada (intensidad admisible I_z) y en la parte final de su recorrido se instala bajo tubo (intensidad admisible $I'_z < I_z$).



En este caso no es necesario instalar un segundo dispositivo de protección cuando cambia el tipo de instalación si D1 cumple

$$I_B \leq I_n \leq I'_z$$

$$I_2 \leq 1,45I'_z$$

Los efectos de las **sobretensiones** en los circuitos eléctricos pueden ser diversos, diferenciándose por su amplitud, duración y forma de propagación por las líneas. Las principales causas que originan estas sobretensiones son:

- *descargas atmosféricas*: caída de rayos en las líneas de transporte y distribución, en el terreno circundante a la instalación o en pararrayos cercanos.
- *maniobras en las redes de transporte y distribución*: variaciones bruscas de la carga en las líneas de transporte y distribución debidas a desconexiones y reenganches.
- *maniobras en la instalación de usuario*: debidas al arco eléctrico producido por la apertura de circuitos inductivos (motores de inducción, lámparas de descarga, equipos de soldadura, etc).
- *sobretensiones de servicio*: las causas de sobretensiones comentadas hasta ahora producen fenómenos de tipo transitorio, es decir, de duración del orden del mili o microsegundo. Sin embargo, cuando se producen fenómenos como un defecto a tierra en instalaciones IT, la rotura de un neutro en instalaciones

trifásicas y cargas desequilibradas, la conexión de cargas capacitivas a un transformador, etc pueden producirse sobretensiones más prolongadas (durante segundos o minutos) aunque de menor valor que se denominan sobretensiones de servicio.

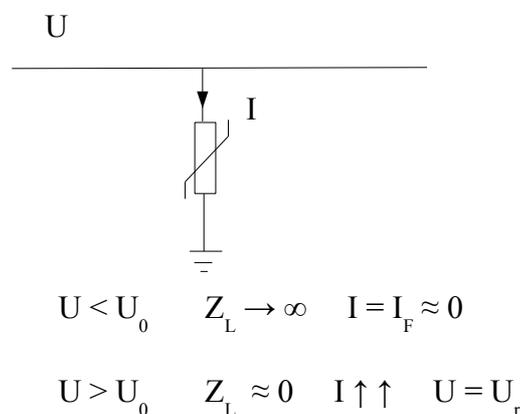
Los efectos que producen las sobretensiones en la instalación son los siguientes:

- perforación de aislantes
- averías en equipos electrónicos
- averías en los equipos de consumo por sobrecargas, al obligarlos a funcionar con tensiones superiores a la nominal

Los sistemas de protección frente a las sobretensiones son los siguientes:

- *protección frente a sobretensiones transitorias*: la protección se realiza mediante limitadores de sobretensión como pararrayos, supresores o autoválvulas colocados entre el elemento a proteger y tierra.

El funcionamiento de estos dispositivos es el siguiente: cuando la tensión aplicada entre sus extremos es menor que un valor umbral U_0 (parámetro característico del dispositivo), el limitador presenta una impedancia muy elevada, derivándose a tierra una corriente de fugas muy pequeña. Cuando la tensión supera el valor umbral, el limitador pasa al estado de conducción de forma casi instantánea, comportándose como una resistencia no lineal de pequeño valor. En estas condiciones, entre los extremos del limitador se mantiene una tensión residual U_r que depende de las características del limitador, de la resistencia de puesta a tierra a la que está conectado y de la amplitud y evolución en el tiempo de la sobretensión original.



Para proteger eficazmente una instalación o aparato de tensión nominal U_n y rigidez dieléctrica U_{ais} , el limitador debe cumplir las siguientes condiciones:

$$U_n < U_0 < U_{ais}$$

$$U_r < U_{ais}$$

La última condición es difícil de garantizar por las variables que influyen en la tensión residual.

- *protección frente a sobretensiones de servicio*: se realiza mediante relés de sobretensión que vigilan la tensión entre fases o entre las fases y el neutro provocando la apertura de un interruptor automático cuando la tensión supera un determinado valor durante cierto tiempo y desconectando la instalación o equipo protegido.

4.- PROBLEMAS RESUELTOS

PI.- Se desea iluminar una sala con 56 tubos fluorescentes de 36 W. Determinar:

- Sección mínima de la línea monofásica de alimentación a la instalación (220 V), de 15 metros de longitud para la que se admite una caída de tensión del 1,5% como máximo considerando que la intensidad de diseño de la línea es 1,8 veces la intensidad necesaria para alimentar a las luminarias.
- Caída de tensión en la línea
- ¿Qué interruptor automático debería colocarse para proteger la línea frente a sobrecargas?

a) *Determinamos la intensidad que debe alimentar a los tubos fluorescentes, en este caso el consumo es monofásico ($U=220\text{ V}$).*

$$P = UI \quad P = 56 \cdot 36 = 2016 \text{ W} = 220 \cdot I \quad I = 9,16 \text{ A}$$

y la intensidad de diseño será:

$$I_B = 1,8 \cdot 9,16 = 16,5 \text{ A}$$

Considerando cables de cobre instalados en tubos empotrados en paredes aislantes (aislamiento del cable de PVC), es decir, una instalación tipo A tenemos (tabla pag. 307 Manual) una intensidad admisible de:

$$I_z = 17,5 \text{ A para una sección de } 2,5 \text{ mm}^2$$

Comprobamos la caída de tensión:

$$\Delta U/U_{nom} (\%) = 100 \cdot (I \cos \varphi / U_{nom}) \cdot (\rho 2l/S) = 100 \cdot (17,5 \cdot 1 / 220) \cdot (0,018 \cdot 2 \cdot 20 / 2,5) = 1,89\% \text{ por lo que no es válida la sección}$$

Se ha considerado $\rho_{Cu a 40^\circ} = 0,0018 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m}$ y $\cos \varphi = 1$

Aumentamos la sección a 4 mm^2 con la intensidad admisible de 23 A

$$b) \Delta U/U_{nom} (\%) = 100 \cdot (I \cos \varphi / U_{nom}) \cdot (\rho 2l/S) = 100 \cdot (23 \cdot 1 / 220) \cdot (0,018 \cdot 2 \cdot 15 / 4) = 1,41\% < 1,5\%$$

y en voltios es: $1,41 \cdot 220 / 100 = 3,1 \text{ V}$

c) *El interruptor automático debe cumplir:*

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

$$16,5 \leq I_n \leq 23$$

por lo que se puede seleccionar uno cuya intensidad nominal sea 20 A , la segunda condición la cumplirá al ser normalizado $I_2 = 29 \text{ A}$