UF0995: Montaje de redes eléctricas subterráneas de alta tensión

Certificado de Profesionalidad

ELEE0209 - Montaje y mantenimiento de redes eléctricas de alta tensión de segunda y tercera categoría y centros de transformación

ELEE0209 > MF1178_2 > UF0995

ic editorial

Montaje de redes eléctricas subterráneas de alta tensión. ELEE0209

Aída Carrasco Valencia

ic editorial

Montaje de redes eléctricas subterráneas de alta tensión. ELEE0209
Autora: Aída Carrasco Valencia

1ª Edición
© IC Editorial, 2013
Editado por: IC Editorial
C.I.F.: B-92.041.839
Avda. El Romeral, 2. Polígono Industrial de Antequera
29200 ANTEQUERA, Málaga
Teléfono: 952 70 60 04
Fax: 952 84 55 03
Correo electrónico: iceditorial@iceditorial.com
Internet: www.iceditorial.com

IC Editorial ha puesto el máximo empeño en ofrecer una información completa y precisa. Sin embargo, no asume ninguna responsabilidad derivada de su uso, ni tampoco la violación de patentes ni otros derechos de terceras partes que pudieran ocurrir. Mediante esta publicación se pretende proporcionar unos conocimientos precisos y acreditados sobre el tema tratado. Su venta no supone para **IC Editorial** ninguna forma de asistencia legal, administrativa ni de ningún otro tipo.

Reservados todos los derechos de publicación en cualquier idioma.

Según el Código Penal vigente ninguna parte de este o cualquier otro libro puede ser reproducida, grabada en alguno de los sistemas de almacenamiento existentes o transmitida por cualquier procedimiento, ya sea electrónico, mecánico, reprográfico, magnético o cualquier otro, sin autorización previa y por escrito de INNOVACIÓN Y CUALIFICACIÓN, S. L.; su contenido está protegido por la Ley

vigente que establece penas de prisión y/o multas a quienes intencionadamente reprodujeren o plagiaren, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica.

ISBN: 978-84-15942-29-0

Nota de la editorial: IC Editorial pertenece a Innovación y Cualificación S. L.

Presentación del manual

El **Certificado de Profesionalidad** es el instrumento de acreditación, en el ámbito de la Administración laboral, de las cualificaciones profesionales del Catálogo Nacional de Cualificaciones Profesionales adquiridas a través de procesos formativos o del proceso de reconocimiento de la experiencia laboral y de vías no formales de formación.

El elemento mínimo acreditable es la **Unidad de Competencia**. La suma de las acreditaciones de las unidades de competencia conforma la acreditación de la competencia general.

Una **Unidad de Competencia** se define como una agrupación de tareas productivas específica que realiza el profesional. Las diferentes unidades de competencia de un certificado de profesionalidad conforman la **Competencia General**, definiendo el conjunto de conocimientos y capacidades que permiten el ejercicio de una actividad profesional determinada.

Cada **Unidad de Competencia** lleva asociado un **Módulo Formativo**, donde se describe la formación necesaria para adquirir esa **Unidad de Competencia**, pudiendo dividirse en **Unidades Formativas**.

El presente manual desarrolla la Unidad Formativa **UF0996: Mantenimiento de redes eléctricas subterráneas de alta tensión**,

perteneciente al Módulo Formativo **MF1178_2: Montaje y mantenimiento de redes eléctricas subterráneas de alta tensión**,

asociado a la unidad de competencia **UC1178_2: Montar y mantener redes eléctricas subterráneas de alta tensión de segunda y tercera categoría**,

del Certificado de Profesionalidad **Montaje y mantenimiento de redes eléctricas de alta tensión de segunda y tercera categoría y centros de transformación**.

Índice

Portada

Título

Copyright

Presentación del manual

Índice

Capítulo 1 Conductores, empalmes y accesorios para líneas subterráneas de alta tensión

1. Introducción
2. Terminología
3. Tipos y características. De aislamiento seco y papel impregnado
4. Conexiones y empalmes. Tipos y características
5. Accesorios (terminales, conectores, empalmes, cintas, etc.)
6. Realización de conexiones y empalmes. Equipos y herramientas
7. Conexiones aero-subterráneas. Elementos auxiliares
8. Tomas de tierra
9. Equipos de seguridad
10. Resumen

Ejercicios de repaso y autoevaluación

Capítulo 2 Montaje de líneas subterráneas de alta tensión

1. Introducción

2. Autorizaciones administrativas previas (estatales, autonómicas y locales)
3. Acopio de materiales
4. En zanjas sobre lecho directamente enterradas o entubada
5. Cables tendidos en galerías
6. Puesta a tierra (pantallas, bandejas, etc). Formas de ejecución. Continuidad
7. Elementos auxiliares, herramientas y equipos necesarios
8. Ejemplo de instalación
9. Equipos de seguridad
10. Resumen

Ejercicios de repaso y autoevaluación

Capítulo 3 Puesta en servicio de las líneas subterráneas de alta tensión

1. Introducción
2. Procedimientos de la puesta en servicio. Tipos de conexiones. Descargos
3. Autorizaciones administrativas previas (estatales, autonómicas, locales)
4. Normas de la compañía suministradora
5. Procedimiento de inspección inicial. Comprobación de continuidad y orden de fases entre otros
6. Mediciones y comprobaciones previas reglamentarias
7. Herramientas, equipos y medios técnicos auxiliares (telurómetros, medidores de aislamiento, etc.)
8. Concepto de *Electrical Treening*
9. Reglamentación eléctrica y de seguridad
10. Resumen

Ejercicios de repaso y autoevaluación

Bibliografía

Capítulo 1

Conductores, empalmes y accesorios para líneas subterráneas de alta tensión

1. Introducción

Una vez diseñado un proyecto de línea subterránea de alta tensión y validado por el organismo oficial correspondiente se va a proceder a la ejecución del mismo, es decir, al proceso de montaje de todas las partes que componen dicho proyecto para su futura puesta en servicio.

En este primer capítulo se van a estudiar los elementos que componen ese montaje y las maniobras más usuales para este tipo de redes.

Hoy en día existe en el mercado una amplia gama de accesorios y kits de montaje para este tipo de líneas, pero en todo momento se usarán los estipulados en el proyecto que a su vez deben cumplir las Normas UNE, el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias (en particular, la ITC-LAT-06) y las normas particulares de la compañía suministradora de la comunidad autónoma correspondiente.

2. Terminología

Antes de avanzar en la materia conviene recordar algunos conceptos claves.

- **Aislamiento de un cable.** Conjunto de materiales que forman parte de un cable y cuya función específica es soportar la tensión.
- **Alta tensión.** Se considera alta tensión (A. T.) toda tensión nominal superior a 1 kV.
- **Armadura de un cable.** Revestimiento constituido por flejes o alambres, destinado generalmente a proteger al cable de los efectos mecánicos exteriores.
- **Autoseccionador (seccionalizador).** Seccionador que corta un circuito automáticamente en condiciones predeterminadas, cuando dicho circuito está en tensión y también con carga.
- **Cable o cable aislado.** Conjunto constituido por:
    - Uno o varios conductores aislados.
    - Su eventual revestimiento individual.
    - La eventual protección del conjunto.
    - El o los eventuales revestimientos de protección que se dispongan.
- **Cable de tierra (en redes subterráneas).** Es la malla de protección que llevan los conductores entre la capa semiconductora interna y la cubierta exterior.
- **Canalización o conducción eléctrica.** Es cómo van a discurrir los cables por una instalación. Se habla de una instalación con canalización entubada, p. ej., cuando los cables discurren bajo tubo.
- **Cebado.** Régimen variable durante el cual se establece el arco o la chispa.
- **Centro de transformación.** Instalación provista de uno o varios transformadores reductores de alta a baja tensión con la aparamenta y obra complementaria precisa.

- **Circuito.** Conjunto de materiales eléctricos (conductores, aparamenta, etc.) alimentados por la misma fuente de energía y protegidos contra las sobreintensidades por él o por los mismos dispositivos de protección. No quedan incluidos en esta definición los circuitos que forman parte de los aparatos de utilización o receptores.
- **Conductor de un cable.** Parte de un cable que tiene la función específica de conducir la corriente.
- **Conductores activos.** En toda instalación se consideran como conductores activos los destinados normalmente a la transmisión de energía eléctrica. Esta consideración se aplica a los conductores de fase y al conductor neutro.
- **Conductor aislado.** Conjunto que comprende el conductor, su aislamiento y sus eventuales pantallas.
- **Conductor cableado.** Conductor constituido por una serie de alambres individuales en el que todos, o alguno de ellos, generalmente tienen la forma helicoidal.
- **Contactos directos.** Contactos de personas y animales con partes activas.
- **Contactos indirectos.** Contactos de personas o animales con partes que se han puesto bajo tensión como resultado de un fallo de aislamiento.
- **Corriente de contacto.** Corriente que pasa a través del cuerpo humano o de un animal cuando está sometido a una tensión eléctrica.
- **Corriente de defecto o de falta.** Corriente que circula debido a un defecto de aislamiento.
- **Corriente de defecto a tierra.** Es la corriente que en el caso de un solo punto de defecto a tierra, se deriva por el citado punto desde el circuito averiado a tierra o a partes conectadas a tierra.
- **Defecto a tierra (o masa).** Defecto de aislamiento entre un conductor y tierra (o masa).

- **Corriente de puesta a tierra.** Es la corriente total que se deriva a tierra a través de la puesta a tierra. La corriente de puesta a tierra es la parte de la corriente de defecto que provoca la elevación de potencial de una instalación de puesta a tierra.
- **Cubierta de un cable.** Revestimiento continuo y uniforme, de material no metálico, generalmente, extruído y que constituye la protección exterior del cable.
- **Empalme.** Accesorio que garantiza la conexión entre dos cables para formar un circuito continuo.
- **Impedancia.** Cociente de la tensión en los bornes de un circuito entre la corriente que fluye por ellos. Esta definición solo es aplicable a corrientes sinusoidales.
- **Instalación eléctrica.** Conjunto de aparatos y de circuitos asociados, previstos para un fin particular: producción, conversión, rectificación, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica.
- **Intensidad de defecto.** Valor que alcanza una corriente de defecto.
- **Interruptor.** Aparato de conexión capaz de establecer, de soportar y de interrumpir las corrientes en las condiciones normales del circuito, que pueden incluir las condiciones especificadas de sobrecarga en servicio, así como de soportar durante un tiempo especificado las corrientes en las condiciones anormales especificadas del circuito, tales como las de cortocircuito.
- **Interruptor automático.** Aparato de conexión capaz de establecer, de soportar y de interrumpir las corrientes en las condiciones normales del circuito, así como de establecer, de soportar durante un tiempo determinado y de interrumpir corrientes en condiciones anormales especificadas del circuito, tales como las del cortocircuito.

- **Línea de enlace con el electrodo de tierra.** Cuando existiera punto de puesta a tierra, se denomina línea de enlace con el electrodo de tierra a la parte de la línea de tierra comprendida entre el punto de puesta a tierra y el electrodo, siempre que el conductor esté fuera del terreno o colocado aislado del mismo.
- **Línea de tierra.** Es el conductor o conjunto de conductores que unen el electrodo de tierra con una parte de la instalación que se haya de poner a tierra, siempre y cuando los conductores estén fuera del terreno o colocados en él, pero aislados del mismo.
- **Masa de un aparato.** Conjunto de las partes metálicas de un aparato que, en condiciones normales, están aisladas de las partes activas.
- **Nivel de aislamiento.** Para un aparato o material eléctrico determinado, característica definida por un conjunto de tensiones especificadas de su aislamiento.
  Para materiales cuya tensión más elevada para el material sea menor que 300 kV, el nivel de aislamiento está definido por las tensiones soportadas nominales a los impulsos de tipo rayo y las tensiones soportadas nominales a frecuencia industrial de corta duración. Para materiales cuya tensión más elevada para el material sea igual o mayor que 300 kV, el nivel de aislamiento está definido por las tensiones soportadas nominales a los impulsos de tipo maniobra y rayo.
- **No propagación de la llama.** Cualidad de un material por la que deja de arder en cuanto cesa de aplicársele la llama que provoca su combustión.
- **Pantalla de un cable.** Capa o capas conductoras cuya función es la de configurar el campo eléctrico en el interior del aislamiento. También tiene la función de conducir las corrientes de defecto a tierra que puedan circular a través de ella.
- **Poner o conectar a masa.** Unir eléctricamente un conductor al armazón de una máquina o a una masa

metálica.

- **Poner o conectar a tierra.** Unir eléctricamente con la tierra una parte del circuito eléctrico o una parte conductora no perteneciente al mismo, por medio de la instalación de tierra.
- **Reactancia.** Es un dispositivo que se aplica para agregar a un circuito inductancia, con distintos objetos, por ejemplo: arranque de motores, conexión en paralelo de transformadores o regulación de corriente. Reactancia limitadora es la que se usa para limitar la corriente cuando se produzca un cortocircuito.
- **Reenganche automático.** Secuencia de maniobras por las que, a continuación de una apertura, se cierra automáticamente un aparato mecánico de conexión después de un tiempo predeterminado.
- **Resistencia de tierra.** Es la resistencia entre un conductor puesto a tierra y un punto de potencial cero.
- **Seccionador.** Aparato mecánico de conexión que, por razones de seguridad, en posición abierto asegura una distancia de seccionamiento que satisface unas condiciones específicas de aislamiento. Trabajan sin carga y con tensión.

Nota

Un seccionador es capaz de abrir y cerrar un circuito cuando es despreciable la corriente a interrumpir o a establecer, o bien cuando no se produce un cambio apreciable de tensión en los bornes de cada uno de los polos del seccionador. Es también capaz de soportar corrientes de paso, en las condiciones normales del circuito, así como durante un tiempo especificado en condiciones anormales, tales como las de cortocircuito.

- **Sobretensión.** Tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior al valor máximo que puede existir entre ellos en servicio normal.
- **Sobretensión tipo maniobra.** Es la sobretensión entre fase y tierra o entre fases en un lugar determinado de la red debida a una maniobra, defecto u otra causa y cuya forma puede asimilarse, en lo relativo a la coordinación de aislamiento, a la de los impulsos normalizados utilizados para los ensayos de impulso tipo maniobra.
- **Sobretensión tipo rayo.** Es la sobretensión entre fase y tierra o entre fases, en un lugar determinado de la red, debida a una descarga atmosférica u otra causa y cuya forma puede asimilarse, en lo relativo a la coordinación de aislamiento, a la de los impulsos normalizados utilizados para los ensayos de impulso tipo rayo.
- **Tensión.** Diferencia de potencial entre dos puntos. En los sistemas de corriente alterna se expresará por su valor eficaz, salvo indicación en contra.
- **Tensión a tierra o con relación a tierra.** Es la tensión existente entre un elemento conductor y la tierra.

  En instalaciones trifásicas con neutro no unido directamente a tierra, se considerará como tensión a tierra la tensión entre fases.

  En instalaciones trifásicas con neutro unido directamente a tierra, se considerará como tensión a tierra la tensión entre fase y neutro.
- **Tensión de defecto.** Tensión que aparece a causa de un defecto de aislamiento, entre dos masas, entre una masa y un elemento conductor o entre una masa y tierra.
- **Tensión de puesta a tierra.** Tensión que aparece a causa de un defecto de aislamiento, entre una masa y

tierra (ver tensión de defecto).

- **Tensión de servicio.** Es el valor de la tensión realmente existente en un punto cualquiera de una instalación, en un momento determinado.
- **Tensión de suministro.** Es el valor o valores de la tensión que constan en los contratos que se establecen con los usuarios y que sirven de referencia para la comprobación de la regularidad en el suministro. La tensión de suministro puede tener varios valores distintos, en los diversos sectores de una misma red, según la situación de estos y demás circunstancias.
- **Tensión nominal.** Valor convencional de la tensión con la que se denomina un sistema o instalación y para el que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento.
- **Tensión soportada.** Es el valor de la tensión especificada que un aislamiento debe soportar sin perforación ni contorneamiento, en condiciones de ensayo preestablecidas.
- **Terminal de cable.** Dispositivo montado en el extremo de un cable para garantizar la unión eléctrica con otras partes de una red y mantener el aislamiento hasta el punto de conexión.
- **Tierra.** Es la masa conductora de la tierra en la que el potencial eléctrico en cada punto se toma, convencionalmente, igual a cero, o todo conductor unido a ella por una impedancia despreciable.
- **Zona de protección.** Es el espacio comprendido entre los límites de los lugares accesibles, por un lado, y los elementos que se encuentran bajo tensión, por otro.

Todos estos conceptos van a estar apareciendo constantemente en el mundo de la electricidad y, aunque parezcan iguales la gran mayoría, no lo son. Así que, partiendo de que ya se sabe que un conductor aislado es el que tiene un revestimiento aislante exterior y que entre el conductor y ese revestimiento tiene más capas y que las

tomas de tierra en subterráneas se harán a través de la malla de protección que llevan los conductores entre la capa semiconductora interna y la cubierta exterior... Se puede empezar a ver los componentes básicos que son, a su vez, indispensables en una instalación de una red subterránea de alta tensión.

3. Tipos y características. De aislamiento seco y papel impregnado

Toda instalación eléctrica comparte un elemento común, el conductor. Los hay desnudos, aislados... En subterránea los que se van a emplear son los aislados, ya que al estar enterrados interviene mucho la humedad del terreno, lo que puede provocar el deterioro del conductor con bastante rapidez. Por consiguiente, dependiendo de ese tipo de aislamiento que va a recubrir el cable (para evitar la corrosión) se puede hacer distinción entre dos tipos: cables de aislamiento seco y cables de aislamiento de papel impregnado.

3.1. Cables de aislamiento seco

Los cables aislados con polietileno reticulado (XLPE) y los aislados con una mezcla de goma etileno propileno de alto módulo (HEPR), cubren todas las aplicaciones de los cables de alta tensión de 3 a 500 kV.

Arriba, cable de aislamiento de etileno propileno de alto módulo (HEPR), reticulado en atmósfera de nitrógeno seco; abajo, cable con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), reticulado en atmósfera de nitrógeno seco.

Los cables XLPE tienen como propiedades:

- Una marcada estabilidad al envejecimiento.
- Elevada resistencia a la humedad y a las descargas parciales.
- Una elevada resistencia a los fenómenos de ionización.
- La posibilidad de un elevado transporte de corriente.
- Diámetros de cables más reducidos.
- Pesos más ligeros.

Las pantallas de los cables serán conectadas a tierra en todos los puntos accesibles a una toma que cumpla las condiciones técnicas especificadas en los reglamentos en vigor.

Composición

Los cables aislados que se utilizan en subterráneo están compuestos de conductor, capa semiconductora interna, aislamiento.

Conductor

Constituido por cuerdas redondas normales o compactas de aluminio o cobre recocido. La siguiente tabla muestra las intensidades máximas admisibles de cada cable dependiendo de su aislamiento.

Sección (mm^2)	XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al
25	130	100	135	105
35	155	120	160	125
50	180	140	190	145
70	225	170	235	180
95	265	205	280	215
120	300	235	320	245
150	340	260	360	275
185	380	295	405	315
240	440	345	470	365
300	490	390	530	410
400	560	445	600	470

Capa semiconductora interna

Recubre al conductor y tiene doble función:

1. Impedir la ionización del aire que se encontraría entre el conductor metálico y la capa aislante (efecto corona).
2. Mejorar la distribución del campo eléctrico en la superficie del conductor.

Aislamiento

El aislamiento HEPR de los cables es una mezcla a base de polímero sintético etileno propileno (EPR) de alto módulo.

El aislamiento XLPE está constituido por polietileno químicamente reticulado. Dicho aislamiento es un material termoestable que tiene buena rigidez dieléctrica, bajo factor de pérdidas, y una excelente resistencia de aislamiento.

Pantallas sobre aislamiento

Esta, a su vez, comprende varias capas:

- **Capa semiconductora externa.** Los cables con HEPR, para 3,6/6 kV, y los cables con XLPE a partir de 1,8/3 kV deben ir apantallados. Los HEPR de tensión 1,8/3 y 3,6/6 kV y con XLPE de tensión 1,8/3 kV pueden fabricarse con o sin apantallar.
- **Triple extrusión.** Proceso de fabricación por el cual se aplica la capa semiconductora sobre el conductor y el aislamiento o bien la capa semiconductora sobre aislamiento.
- **Pantalla metálica.** Está constituida por hilos de cobre dispuestos helicoidalmente y las funciones que realiza son confinar el campo eléctrico en el interior del cable, conseguir una distribución simétrica y radial del esfuerzo eléctrico en el aislamiento, limitar la influencia mutua entre cables eléctricos y evitar/reducir el riesgo de electrocuciones...

Identificación de almas

Se usan tiras de distinto color (amarillo, verde y marrón) aplicadas en sentido longitudinal entre la capa conductora externa y la pantalla metálica.

Rellenos

En los cables tripolares, los conductores aislados y apantallados se cablean. Para dar forma al conjunto se aplica un relleno y algunas veces una capa de un material que se pueda quitar fácilmente cuando se tenga que hacer un empalme o un terminal.

Protecciones externas

Actualmente, este tipo de cable, tiene tres tipos de protecciones que se aplican gradualmente desde el interior hacia el exterior:

- **Cubierta de separación.** Se usa para separar la pantalla de la armadura cuando están construidas de materiales diferentes.
- **Armadura.** Están constituidas por flejes o alambres metálicos colocados sobre un asiento apropiado y bajo la cubierta exterior, quedando así la armadura protegida de corrosiones químicas/electrolíticas.
- **Cubierta exterior.** Es una mezcla termoplástica, que normalmente pierden sus cualidades plásticas por debajo de los 0º, así que evitaremos realizar el tendido de la línea con temperaturas inferiores a 0º. Esta cubierta exterior tiene que ser no propagadora de llama, no propagadora del incendio, reducción de emisión de humos, baja emisión de gases tóxicos, libre de halógenos y baja corrosividad de los humos (normas UNE).

3.2. Cables con aislamiento de papel impregnado (desuso)

Es un tipo de cable que se usa cada vez menos en las instalaciones de alta tensión por la presencia de plomo en su cubierta, aunque dispone de grandes ventajas frente a los de aislamiento seco, como que tienen una elevada resistencia al envejecimiento y a la ionización y una resistencia elevada a la humedad. La capa de plomo en la cubierta influye negativamente a la hora del tendido del cable, y esto lo convierte en un cable muy rígido y pesado, por lo que no se emplea para canalizaciones donde se prevén cambios en el trazado de la red.

Composición

Los cables de aislamiento de papel impregnado están compuestos de conductor, aislamiento, rellenos, cubierta metálica y protecciones externas.

Conductor

Los conductores de estos cables son de cobre recocido o aluminio, normalmente de cuerdas compactas. Con ello, se reduce el diámetro del cable, lo que conlleva también una considerable reducción del peso y del coste.

Aislamiento

La envoltura aislante está formada por varias capas de papel cometidas a una operación previa de secado y otra de impregnación al vacío con una mezcla aislante no migrante.

Rellenos

En los cables con cubierta única de plomo, los espacios vacíos que quedan entre las almas cableadas se rellenan con papel aislante para dar forma cilíndrica al conjunto.

Importante

Los cables con aislamiento de papel impregnado están en la actualidad en desuso. Por su composición en plomo son desaconsejables en instalaciones donde exista posibilidad de modificar el trazado y, también, porque en las instalaciones eléctricas se tienen que tomar conductores libres de halógenos, que no sean propagadores de llama y no tóxicos.

Cubierta metálica

Es una envoltura metálica continua que está formada por un tubo de aleación de plomo, estudiada especialmente para conseguir una mayor dureza y mejor resistencia a las vibraciones y fatigas que el metal puro.

Protecciones externas

Para proteger dicho tubo de plomo contra agentes químicos se recubre este con una capa de mezcla adhesiva y densa de betunes y se termina con una cubierta de material termoplástico. Para darle a este una mayor rigidez mecánica, antes de la capa de mezcla se envuelve el cable con flejes de alambres de hierro y posteriormente se aplica la mezcla de betunes.