

MF1161_3: Electrotecnia para
instalaciones térmicas

Elaborado por: M^a Jesús Guerrero Fernández

Edición: 5.0

EDITORIAL ELEARNING S.L.

ISBN: 978-84-16492-38-1

No está permitida la reproducción total o parcial de esta obra bajo cualquiera de sus formas gráficas o audiovisuales sin la autorización previa y por escrito de los titulares del depósito legal.

Impreso en España - Printed in Spain

Presentación

Identificación del Módulo Formativo

Bienvenido al Módulo Formativo **MF1161_3: Electrotecnia para instalaciones térmicas**. Este módulo formativo pertenece a los certificados de profesionalidad **IMAR0109: Desarrollo de proyectos de instalaciones de climatización y ventilación-extracción** y **IMAR0209: Desarrollo de proyectos de instalaciones frigoríficas**, que pertenecen a la familia de **Instalación y Mantenimiento**.

Presentación de los contenidos

La finalidad de este Módulo Formativo es enseñar al alumno a determinar las características de instalaciones eléctricas auxiliares de instalaciones térmicas.

Para ello, en primer lugar se analizarán los sistemas de distribución de energía eléctrica monofásicos y trifásicos, las máquinas eléctricas en instalaciones térmicas y los sistemas de alimentación y potencia en instalaciones térmicas. También se estudiarán los sistemas de automatización y de telegestión, y por último, se profundizará en la selección de equipos y materiales, la regulación, el control y la normativa de aplicación y documentación técnica.

Objetivos del Módulo Formativo

- Identificar y caracterizar las máquinas eléctricas empleadas en instalaciones térmicas, describiendo sus elementos constructivos y su funcionamiento.
- Identificar y caracterizar los sistemas de alimentación, protección, arranque y regulación de máquinas eléctricas de una instalación térmica, determinando los circuitos y elementos que los configuran y describiendo la función que realizan.
- Identificar los sistemas automáticos y de regulación y control empleados en las instalaciones térmicas, determinando su funcionamiento, describiendo su constitución, las relaciones y dependencias funcionales que existen entre los subsistemas, partes y elementos de los mismos.
- Identificar los sistemas de telegestión, empleados en las instalaciones térmicas.

Índice

UD1. Sistemas de distribución de energía eléctrica monofásicos y trifásicos.....	9
1.1. Sistemas de distribución TT, TN (TN-S, TN-C y TN-C-S) y sistema IT	11
1.2. Magnitudes eléctricas en sistemas monofásicos y trifásicos ..	54
1.3. Factor de potencia y su corrección.....	71
1.4. Análisis básico de circuitos eléctricos monofásicos y trifásicos ...	78
UD2. Máquinas eléctricas en instalaciones térmicas	95
2.1. Transformadores	97
2.1.1. Transformadores monofásicos	99
2.1.2. Transformadores trifásicos	101
2.1.3. Funcionamiento y aplicaciones y esquema de conexiónado.....	104
2.2. Máquinas eléctricas de corriente alterna.....	124
2.2.1. Motores asíncronos y síncronos	139
2.2.2. Métodos de arranque de motores.....	149
2.2.3. Métodos de regulación de velocidad. Conmutación de polos. Variadores de velocidad por frecuencia y tensión .	157
2.2.4. Funcionamiento, aplicaciones y esquemas de conexiónado.....	162

UD3. Sistemas de alimentación y potencia en instalaciones térmicas.....	181
3.1. Planos y esquemas eléctricos normalizados.....	183
3.2. Instalaciones eléctricas de baja tensión.....	192
3.3. Protecciones	200
3.3.1. Tipos y características	204
3.3.2. Aplicaciones	222
3.3.3. Selección	226
3.3.4. Montaje y conexionado	231
3.4. Conductores eléctricos	240
3.4.1. Clasificación y aplicaciones	245
3.4.2. Canalizaciones eléctricas.....	249
3.4.3. Selección y montaje	250
3.5. Cuadros eléctricos.....	256
3.5.1. Morfología y característica. Campos de aplicación.....	262
3.5.2. Planificación y montaje del cuadro	265
UD4. Sistemas de automatización empleados en instalaciones térmicas	277
4.1. Fundamentos de regulación	279
4.2. Lazos de regulación. Características y variables	282
4.3. Tipos de regulación.....	288
4.3.1. Todo-nada.....	290
4.3.2. Proporcional	291
4.3.3. Proporcional integral	294
4.3.4. Proporcional integral derivativo	295
4.4. Equipos, elementos y dispositivos de tecnología de regulación ..	304
4.4.1. Autómatas. Convencionales y específicos.....	306
4.4.2. Reguladores específicos de temperatura, nivel y presión	309

Índice

4.5. Equipos, elementos y dispositivos de campo	315
4.5.1. Sondas y sensores	315
4.5.2. Válvulas, compuertas y sus actuadores.....	321
4.5.3. Equipos de medida. Registradores	326
4.5.4. Equipos electrónicos de regulación específicos.....	336
4.6. El autómata programable como elemento de control	341
4.6.1. Estructuras y características de los autómatas pro-gramables	346
4.6.2. Entradas y salidas: digitales, analógicas y especiales.	351
4.6.3. Programación de autómatas en instalaciones térmicas ..	352
4.7. Los sistemas preprogramados como elemento de control...	354
4.7.1. Estructura y características de los elementos pre-programados	356
4.7.2. Ajuste de parámetros y secuencias preprogramadas.	362
UD5. Sistemas de telegestión.....	375
5.1. Arquitectura de sistema. Variables a controlar	377
5.2. Redes locales y externas (Internet).....	382
5.3. Programas de telegestión y su adaptación	387
5.4. Sistemas de vigilancia vía telefonía inalámbrica.....	395
UD6. Selección de equipos y materiales que componen las instalaciones eléctricas y de regulación y control	403
6.1. Esquemas eléctricos, diagramas de flujos del automatismo de control y maniobra, planos de distribución de compo-nentes y conexionado de cuadros eléctricos	405
6.2. Interpretación de la documentación técnica dada por el fabricante.....	422
6.3. Cálculo de las magnitudes o parámetros básicos de una instalación	423
6.4. Selección de máquinas y líneas eléctricas.....	434
6.5. Selección de cuadros eléctricos y dispositivos de protección ..	439
6.6. Selección los equipos de control y elementos que compo-nen la instalación de regulación y control	450

UD7. Normativa de aplicación y documentación técnica.....	463
7.1. Reglamento electrotécnico para baja tensión	465
7.2. Normativa sobre riesgos eléctricos	467
7.3. Seguridad personal y de equipos en instalaciones eléctricas .	472
7.4. Elaboración del cuaderno de cargas.....	481
7.5. Elaboración del informe-memoria de las actividades desarro- lladas y de los resultados obtenidos	482
Glosario	491
Soluciones	493
Anexo	495

UD1

Sistemas de distribución
de energía eléctrica
monofásicos y trifásicos

MF1161_3: Electrotecnia para instalaciones térmicas

- 1.1. Sistemas de distribución TT, TN (TN-S, TN-C y TN-C-S) y sistema IT
- 1.2. Magnitudes eléctricas en sistemas monofásicos y trifásicos
- 1.3. Factor de potencia y su corrección
- 1.4. Análisis básico de circuitos eléctricos monofásicos y trifásicos

1.1. Sistemas de distribución TT, TN (TN-S, TN-C y TN-C-S) y sistema IT

La ley universal de conservación de la energía, fundamento del primer principio de la termodinámica nos viene a decir “La energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma”. Esto es así, es sistemas aislados en los que no existen perdidas.

La energía en función del origen de la misma puede clasificarse en energía electromagnética (asociada a ondas electromagnéticas), energía cinética (asociada al movimiento de las partículas), calorífica (a la combustión), solar (su origen en el sol), hidráulica...

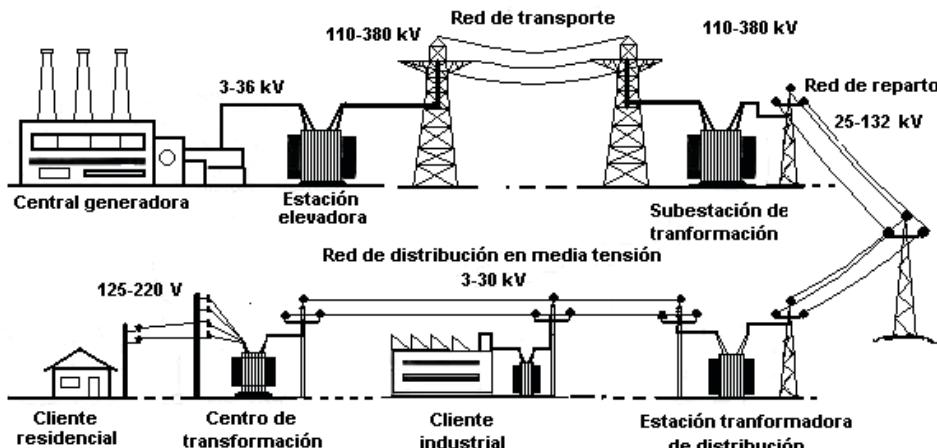
En ocasiones, esta energía no puede ser “consumida” allí donde es generada, tal es el caso de la energía eléctrica.



La **energía eléctrica** es aquella energía que se debe a la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, la cual permite establecer una corriente eléctrica entre ambos, cuando estos puntos son conectados a través de un conductor eléctrico.

Esta energía, que como hemos dicho puede ser definida como el movimiento de electrones entre dos puntos que se encuentran a distinto potencial tiene como característica que no puede ser almacenada y que normalmente no se consume allí donde es producida.

Finalmente diremos que la energía eléctrica tiene su origen en distintas fuentes de energía como puede ser la energía solar, hidráulica, eólica,... o incluso a partir de combustibles fósiles.



Elementos que integran un sistema de suministro eléctrico

En cualquier país:

Generación + Transporte + Distribución = Esquema eléctrico

La energía eléctrica puede generarse (producirse) en las centrales eléctricas.



Una **central eléctrica** es una instalación donde una fuente de energía (energía primaria) gira una turbina, la cual a su vez mueve un alternador, generándose así la electricidad.



La energía eléctrica no puede ser almacenada.

Puesto que la energía eléctrica no puede ser almacenada, tiene que consumirse en el momento en que es generada. Por ello, para adaptarse a las variaciones de la demanda, y poder así, afrontar las puntas de consumo con una potencia suficiente, se requiere disponer de capacidades con una elevada producción de potencia.

Por esta misma razón, los operadores de red han de garantizar un equilibrio entre la oferta y la demanda en permanencia. Si se produjese un desequilibrio entre oferta y demanda puede ocurrir uno de estos fenómenos.

El consumo supera la producción	“Apagón” por perdida de sincronismo de los alternadores
La producción es superior al consumo	“Apagón” por aceleración de los generadores que producen la electricidad.

En ocasiones se recurre a una interconexión entre las redes eléctricas de distintos países con objeto a minimizar el riesgo de estos apagones en territorios interconectados.



La **red de transporte** es la responsable de enlazar las centrales de producción con los puntos de utilización de energía eléctrica.

Una utilización racional de la electricidad requiera que las líneas de transporte se encuentren interconectadas entre sí, con una estructura que se dice malla (porque su forma recuerda a una malla). Se pretende así conseguir el transporte de electricidad entre puntos muy alejados, en cualquier sentido y con las menores pérdidas posibles.

Las **subestaciones** son plantas transformadoras de energía que se localizan bien junto a las centrales generadoras (estaciones elevadoras), o bien en la periferia de las distintas zonas de consumo enlazadas entre estas por la red de transporte. En estas últimas, se produce una reducción de tensión desde la tensión de transporte a la tensión de distribución.

En muchas ocasiones, tal y como se ha dicho esta energía es producida para ser no consumida en el mismo punto en que es generada, se habla así de los **sistemas de distribución eléctricos**.



Los **sistemas de distribución de eléctricos**, pueden ser definidos como el conjunto de elementos que integran un sistema de distribución (reparto).

En otras palabras, el conjunto de elementos cuya función es suministrar la energía desde la estación de distribución hasta los usuarios finales.

Se trata pues de líneas (aéreas o subterráneas) responsabilidad de la compañía suministradora, efectuadas a distintas tensiones así como una serie de instalaciones en las cuales la tensión es reducida hasta valores utilizables por los usuarios.

Los equipos integrantes de las redes de distribución son los siguientes:

Equipos de transformación

Conductores

Torres eléctricas

Equipos de protección



Centro de transformación aéreo en proceso de montaje. Autor: Usuario: Gengiskanhg

En los **centros de transformación, en adelante CT**, (donde existen transformadores o autotransformadores) se produce la última reducción de tensión, desde la tensión de suministro de la Compañía Distribuidora (usualmente 20KV) , hasta la tensión utilización por parte del usuario final (230V entre fase y neutro o 400V entre fases).

El conjunto de elementos que conectan la red de distribución con las instalaciones interiores propiedad de los clientes se denominan **instalaciones de enlace** y usualmente están constituidas por una acometida, una caja general de protección, una o varias líneas repartidoras y derivaciones individuales.

Este transformador antes referido, (CT) tiene como entrada una tensión de 20KV y como salida una de 400v entre fases, en líneas de distribución de 4 hilos. Esto es, el CT, puede ser considerado como la frontera entre AT y BT.



El **esquema de conexión a tierra** (régimen de neutro) especifica la manera en la que se efectúa las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación por un lado, y de las masas de la instalación receptora, por otro.

Según el reglamento electrotécnico de baja tensión de 2002 ITC -08:

“La determinación de las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobreintensidades, así como de las especificaciones de la aparamenta encargada de tales funciones, será preciso considerar el esquema de distribución empleado”.

Los esquemas de conexión a tierra se nombran con dos letras:

Primera letra	<ul style="list-style-type: none"> · Situación de la alimentación respecto a tierra · T: Conexión directa de un punto de la alimentación a tierra. · I: Aislamiento de todas las partes activas de la alimentación respecto a tierra o conexión de un punto a tierra a través de una impedancia.
Segunda letra	<ul style="list-style-type: none"> · Hace referencia a las masas de la instalación receptora respecto a tierra. · T: conexión directamente a tierra, con independencia de la eventual puesta a tierra de la alimentación. · N: las masas se encuentran conectadas directamente al punto de alimentación puesto a tierra, que en el caso de la corriente alterna normalmente es el neutro.

Otras letras:

Eventualmente pueden aparecer otras letras con las que se hará referencia a la situación relativa de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra.

- **S:** las funciones de neutro y protección, se encuentran aseguradas por conductores separados.

- **C:** las funciones de neutro y protección, se hallan combinadas en un mismo conductor.

Las normas españolas representan al conductor de protección con las siglas CP, mientras que las europeas lo representan como PE.

Tomando en consideración lo dicho anteriormente, podemos efectuar las siguientes combinaciones de esquemas:

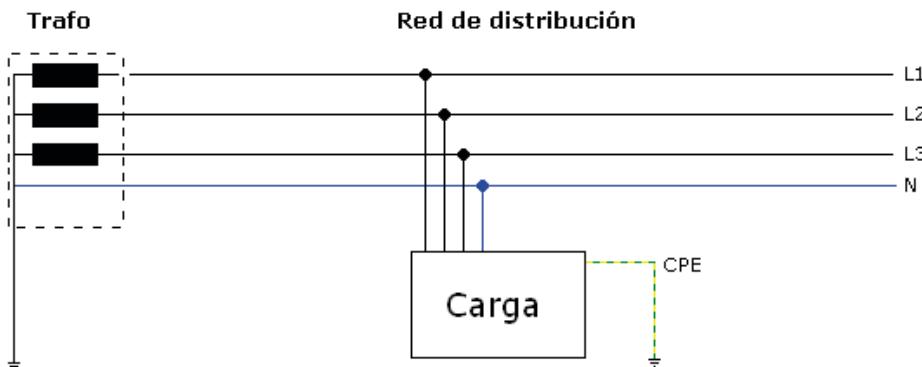
- **TT:** este esquema es, como ya hemos dicho, el utilizado en España por parte de las compañías eléctricas. Consta de un punto de alimentación, el neutro generalmente, conectado directamente a tierra, y las masas de la instalación receptora se encuentran conectadas a una segunda toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación.
- **TN** que a su vez puede derivarse en tres TN-S, TN-C y TN-C-S
- **IT.**

Veamos ahora con más detalle cada uno de estos esquemas:



El REBT-2002 en su ITC 08 define el **esquema de conexión TT** como aquel esquema que *“tiene un punto de alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación”*

En este esquema de conexión a tierra, es el más empleado en la mayoría de las instalaciones ya que presenta unas excelentes características de proyección a las personas y equipos, efectuándose esta por medio de dispositivos diferenciales residuales (DDR). Adicionalmente posee una gran economía de explotación.



Esquema de conexión TT

En la conexión TT como hemos visto, tanto el neutro de la alimentación se encuentra conectado como las masas receptoras se encuentran conectadas directamente, sin elemento de protección alguno, a tomas de tierra separadas.

En caso de que se produzca un defecto a masa, circula una corriente a través del terreno hasta el punto neutro del transformador, provocando esta una diferencia de potencial entre los conductores de fase y neutro. Esta corriente es detectada por el interruptor diferencial, que efectúa la desconexión automática de la alimentación.

$$V_{\text{defecto}} = (R_t + R_{\text{cpe}}) * I_{\text{defecto}}$$

Dónde:

V_{defecto} : Tensión generada en el fallo.

R_t : Resistencia de la toma de tierra.

R_{cpe} : Resistencia del conductor.

I_{defecto} : intensidad de defecto.

Durante el fallo, la tensión de defecto queda limitada por la toma de tierra del receptor, cuyo valor será como máximo será el producto de la resistencia de puesta a tierra por la intensidad de defecto.

En este tipo de sistemas la utilización de interruptores diferenciales se hace esencial para garantizar tensiones de defecto pequeñas y reducir así el riesgo de incendio.



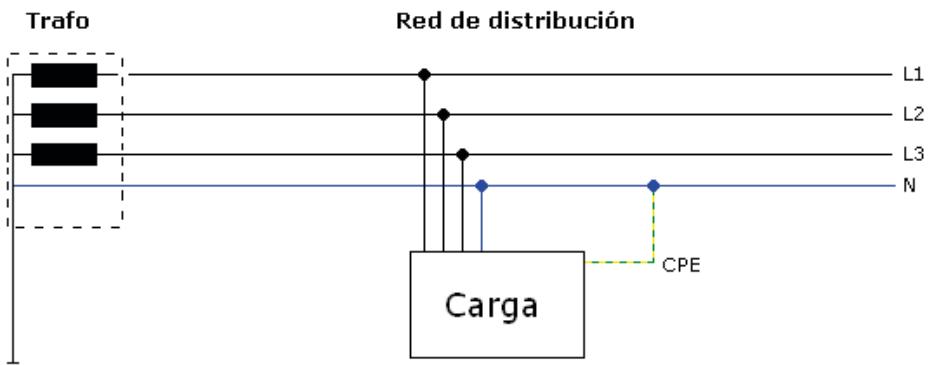
El REBT 2002 en su ITC-08 define los **esquemas TN** como aquellos que “tienen un punto de alimentación, generalmente el neutro o compensador conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora conectadas a dicho punto mediante conductores de protección”.

Se trata del sistema de conexión menos utilizado, que prácticamente se limita a la utilización temporal de grupos electrógenos (generadores diésel). Por otro lado los costes de explotación de este tipo de sistema son sensiblemente mayores que los del esquema TT, puesto que requiere de revisiones periódicas.

La mayor desventaja de este tipo de sistemas es que requiere un cálculo de impedancias en todos los puntos de la línea así como del diseño de protecciones para cada protector de un modo individual. En el caso de líneas muy largas o con poca sección puede suceder que la corriente de defecto no sea lo suficientemente alta como para que las protecciones se disparen.

Veamos ahora los esquemas derivados de esta conexión.

En el **esquema de protección TN-C** los conductores de protección quedan directamente conectados al conductor neutro. Dicho de otro modo, las funciones de neutro y protección se encuentran combinadas en un solo conductor en todo el esquema.

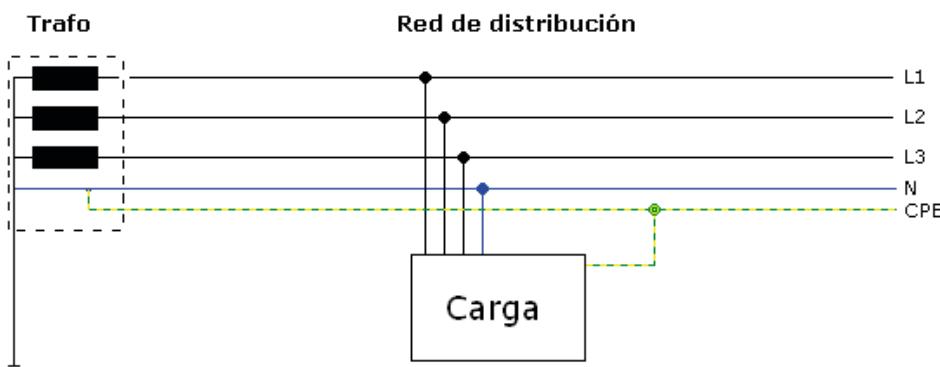


Esquema de conexión TN-C



En España, si la sección del conductor neutro es inferior a 16 mm² está conexión no se puede utilizar.

El **esquema TN-S** es un esquema TN en el que los conductores neutro y de protección son diferentes en todo el esquema.



Esquema de conexión TN-S

Esquema TN-C-S

Se trata de una combinación de los dos esquemas anteriores. En este caso las funciones de neutro y protección aparecen combinadas sólo en una parte del esquema. Este tipo de esquema se utiliza cuando la sección del conductor del neutro no es suficiente como para ser utilizado como conductor de protección.

Según el REBT 2002 en su ITC 08:

“El esquema IT no tiene ningún punto de la alimentación conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están puestas directamente a tierra”

En este tipo de esquemas la intensidad resultante de un primer defecto fase-masa o fase-tierra presenta un valor lo suficientemente bajo como para que