

# ÍNDICE

|                        |    |
|------------------------|----|
| <i>Preámbulo</i> ..... | 13 |
|------------------------|----|

## PARTE PRIMERA TEORÍA DE CIRCUITOS

|   |    |
|---|----|
| <b><i>Tema 1. INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS GENERALES</i></b> .....    | 17 |
| 1.1. Dipolo eléctrico .....                                       | 17 |
| 1.2. Corriente de un dipolo .....                                 | 19 |
| 1.3. Diferencia de potencial entre los terminales de un dipolo .. | 20 |
| 1.4. Potencia de un dipolo .....                                  | 22 |
| a) Criterio receptor .....  | 23 |
| b) Criterio generador .....                                       | 23 |
| c) Medida de la potencia .....                                    | 24 |
| 1.5. Cortocircuito y circuito abierto .....                       | 25 |
| 1.6. Ejercicios .....   | 26 |
| <b><i>Tema 2. COMPONENTES ELEMENTALES</i></b> .....               | 27 |
| 2.1. Definición de circuito eléctrico .....                       | 27 |
| 2.2. Elementos activos .....                                      | 28 |
| a) Fuente de tensión .....  | 29 |
| b) Fuente de intensidad o de corriente .....                      | 31 |
| 2.3. Elementos pasivos .....                                      | 33 |
| a) Resistencia .....  | 34 |
| b) Inductancia o bobina .....                                     | 36 |
| c) Condensador .....  | 41 |
| 2.4. Elementos activos. Modelos más próximos a la realidad ..     | 45 |
| <b><i>Tema 3. LEYES DE KIRCHHOFF</i></b> .....                    | 47 |
| 3.1. Definición de nudo y malla .....                             | 48 |
| 3.2. Ley de nudos o 1. <sup>a</sup> Ley de Kirchhoff .....        | 51 |

|   |            |
|---|------------|
| 3.3. Ley de mallas o 2. <sup>a</sup> Ley de Kirchhoff .....                     | 53         |
| 3.4. Asociación de elementos pasivos .....                                      | 58         |
| a) Asociación de resistencias en serie: Divisor de tensión ...                  | 59         |
| b) Asociación de resistencias en paralelo: Divisor de intensidad .....          | 61         |
| 3.5. Asociación de elementos activos .....                                      | 63         |
| a) Fuentes de tensión: Conexión en serie .....                                  | 63         |
| b) Fuentes de tensión: Conexión en paralelo .....                               | 64         |
| c) Fuentes de intensidad: Conexión en serie .....                               | 64         |
| d) Fuentes de intensidad: Conexión en paralelo .....                            | 65         |
| e) Asociación en paralelo de fuentes de tensión con elementos pasivos .....     | 65         |
| f) Asociación en serie de fuentes de intensidad con elementos pasivos .....     | 66         |
| 3.6. Conversión de fuente de tensión en fuentes de intensidad y viceversa ..... | 67         |
| 3.7. Ejercicios .....   | 70         |
| <b>Tema 4. ANÁLISIS DE CIRCUITOS LINEALES .....</b>                             | <b>77</b>  |
| 4.1. Método general .....   | 77         |
| 4.2. Análisis de circuitos eléctricos utilizando el método de mallas .....      | 83         |
| 4.3. Análisis de circuitos eléctricos utilizando el método de nudos .....       | 93         |
| 4.4. Ejercicios de autocomprobación .....                                       | 104        |
| <b>Tema 5. TEOREMAS FUNDAMENTALES DEL ANÁLISIS DE CIRCUITOS ...</b>             | <b>107</b> |
| 5.1. Principio de superposición .....   | 108        |
| 5.2. Teorema de sustitución .....   | 112        |
| 5.3. Dipolo equivalente Thévenin y dipolo equivalente Norton ..                 | 113        |
| a) Cálculo del valor de la fuente de tensión del equivalente Thévenin .....     | 114        |
| b) Cálculo de la intensidad del circuito equivalente Norton .....               | 115        |
| c) Cálculo de la resistencia de los equivalentes Thévenin y Norton .....        | 115        |
| d) Concordancia de los equivalentes Thévenin y Norton ..                        | 117        |
| 5.4. Ejercicios de autocomprobación .....                                       | 126        |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Tema 6. MAGNITUDES SINUSOIDALES</i> .....  | 129 |
| 6.1. Introducción .....   | 130 |
| 6.2. Valor eficaz .....   | 133 |
| 6.3. Notación compleja .....  | 134 |
| 6.4. Leyes de Kirchhoff .....   | 141 |
| 6.5. Notación compleja con valores eficaces .....   | 144 |
| 6.6. Ejercicios de autocomprobación .....   | 145 |
| <br>  |     |
| <i>Tema 7. COMPORTAMIENTO DE LOS ELEMENTOS IDEALES EN</i><br><b>CORRIENTE ALTERNA</b> ..... | 147 |
| 7.1. Resistencia .....  | 148 |
| 7.2. Bobina .....   | 150 |
| 7.3. Condensador .....  | 152 |
| 7.4. Impedancia compleja .....  | 155 |
| a) Impedancia inductiva: Circuito <i>RL</i> serie .....                                     | 156 |
| b) Impedancia capacitiva: Circuito <i>RC</i> serie .....                                    | 159 |
| c) Admitancia .....   | 162 |
| 7.5. Asociación de impedancias en serie: Divisor de tensión ..                              | 163 |
| 7.6. Asociación de impedancias en paralelo: Divisor de<br>intensidad .....                  | 164 |
| 7.7. Circuito <i>RLC</i> serie .....  | 166 |
| 7.8. Análisis de circuitos en corriente alterna .....                                       | 172 |
| a) Método general o aplicación de las leyes de<br>Kirchhoff .....                           | 172 |
| b) Método de mallas .....   | 173 |
| c) Análisis de circuitos eléctricos utilizando el méto-<br>do de nudos .....                | 174 |
| 7.9. Teoremas .....   | 178 |
| a) Principio de superposición .....   | 178 |
| b) Teorema de sustitución .....   | 183 |
| c) Dipolo equivalente Thévenin y dipolo equivalente<br>Norton .....                         | 183 |
| 7.10. Ejercicios de autocomprobación .....  | 183 |
| <br>  |     |
| <i>Tema 8. POTENCIA EN CORRIENTE ALTERNA</i> .....  | 185 |
| 8.1. Potencia instantánea y activa consumida .....  | 186 |
| 8.2. Potencia compleja .....  | 187 |

|  |            |
|--|------------|
| 8.3. Potencia alterna en los elementos: Resistencia .....  | 189        |
| 8.4. Potencia alterna en los elementos: Bobina .....   | 190        |
| 8.5. Potencia alterna en los elementos: Condensador .....  | 192        |
| 8.6. Potencia alterna en los elementos: Impedancia .....   | 194        |
| 8.7. Balance de potencias .....  | 197        |
| 8.8. Factor de potencia .....  | 200        |
| 8.9. Ejercicios de potencia .....  | 201        |
| <b>Tema 9. SISTEMAS TRIFÁSICOS .....</b>   | <b>217</b> |
| 9.1. Definición .....  | 218        |
| 9.2. Circuitos trifásicos equilibrados .....   | 222        |
| 9.3. Valores de fase o simples y valores de línea o compuestos   | 223        |
| a) Conexión en estrella .....  | 225        |
| b) Conexión en triángulo .....   | 228        |
| 9.4. Solución de circuitos trifásicos equilibrados .....   | 230        |
| 9.5. Conversión estrella-triángulo .....   | 236        |
| 9.6. Ejercicios sobre sistemas trifásicos .....  | 239        |
| <b>Tema 10. POTENCIA EN SISTEMAS TRIFÁSICOS EQUILIBRADOS .....</b>   | <b>243</b> |
| 10.1. Potencia instantánea .....   | 243        |
| 10.2. Potencia trifásica en función de los valores de fase .....   | 244        |
| 10.3. Potencia trifásica en función de los valores de línea o compuestos .....   | 245        |
| a) Conexión en estrella .....  | 246        |
| b) Conexión en triángulo .....   | 47         |
| c) Ejemplo .....   | 248        |
| 10.4. Compensación del factor de potencia .....  | 251        |
| a) ¿Por qué compensar el factor de potencia? .....   | 251        |
| b) Corrección del factor de potencia en un circuito monofásico .....   | 255        |
| c) Compensación del factor de potencia en un circuito trifásico. Batería de condensadores conectada en triángulo ..... | 257        |
| d) Compensación del factor de potencia en un circuito trifásico. Batería de condensadores conectada en estrella .....  | 259        |
| e) Ejemplo .....   | 260        |
| 10.5. Medida de la potencia en sistemas trifásicos .....   | 261        |
| 10.6. Ejercicios de autocomprobación .....   | 267        |

PARTE SEGUNDA  
MÁQUINAS ELÉCTRICAS E INSTALACIONES

|  |         |
|--|---------|
| <i>Tema 11. PRINCIPIOS GENERALES DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS</i> ...                                | 283     |
| 11.1. Introducción .....   | 283     |
| 11.2. Definiciones .....   | 284     |
| 11.3. Clasificación general de las máquinas eléctricas .....                                       | 289     |
| 11.4. Elementos constructivos básicos. Núcleo ferromagnético: estator, rotor. Arrollamientos ..... | 289     |
| a) Colector de delgas y el colector de anillos .....   | 292     |
| 11.5. Balance energético y rendimiento. Pérdidas en el cobre, en el hierro y mecánicas .....       | 295     |
| a) Potencia asignada o nominal .....   | 296     |
| b) Rendimiento .....   | 297     |
| 11.6. Valores nominales y placa de características .....   | 298     |
| <br><i>Tema 12. TRANSFORMADORES</i> .....  | <br>299 |
| 12.1. Introducción .....   | 299     |
| 12.2. Constitución y formas constructivas .....  | 300     |
| 12.3. Transformador ideal .....  | 301     |
| 12.4. Magnitudes referidas .....   | 303     |
| 12.5. El transformador como adaptador de impedancias .....   | 304     |
| 12.6. Circuito equivalente del transformador real .....  | 308     |
| 12.7. Ensayos de vacío y cortocircuito .....   | 311     |
| a) Ensayo de vacío .....   | 311     |
| b) Ensayo de cortocircuito .....   | 314     |
| 12.8. Funcionamiento en carga: Caída de tensión interna. Rendimiento y regulación .....            | 317     |
| 12.9. Transformadores trifásicos .....   | 318     |
| a) Índice horario .....  | 318     |
| b) Condiciones de conexión en paralelo de transformadores .....                                    | 319     |
| 12.10. Ejercicios .....  | 319     |
| <br><i>Tema 13. MÁQUINAS ASÍNCRONAS</i> .....  | <br>323 |
| 13.1. Introducción .....   | 323     |
| 13.2. Constitución física .....  | 324     |
| 13.3. Campo magnético giratorio. Principio de funcionamiento .....                                 | 326     |

|  |     |
|--|-----|
| 13.4. Circuito equivalente simplificado .....  | 328 |
| 13.5. Ensayo en cortocircuito .....  | 331 |
| 13.6. Ensayo en vacío .....  | 333 |
| 13.7. Curvas características .....   | 335 |
| 13.8. Balance de potencias .....   | 339 |
| 13.9. Arranque de motores de inducción trifásicos: Arranque directo. Arranque por autotransformador. Arranque estrella-triángulo. Arranque mediante resistencias rotóricas ..... | 339 |
| 13.10. El motor monofásico .....   | 341 |
| 13.11. Descripción de otros tipos de máquinas eléctricas ....  | 342 |
| 13.12. Ejemplos de máquinas asíncronas .....   | 343 |
| <br>   |     |
| <b>Tema 14. PROTECCIONES ELÉCTRICAS EN LAS INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN</b> .....   | 351 |
| 14.1. Introducción .....   | 351 |
| 14.2. Generalidades .....  | 353 |
| 14.3. Elementos con función de mando y maniobra .....  | 356 |
| a) Interruptores .....   | 356 |
| b) Contactor .....   | 358 |
| c) Disyuntores o interruptor de corte automático .....   | 359 |
| d) Seccionador .....   | 360 |
| 14.4. Elementos de protección .....  | 360 |
| a) Fusibles .....  | 360 |
| b) Relé y disparador .....   | 361 |
| 14.5. Tipos de disposición de neutro .....   | 364 |
| a) Neutro a tierra sistema TT .....  | 366 |
| b) Puesta a tierra esquemas TN .....   | 368 |
| c) Neutro aislado. Sistema IT .....  | 370 |
| 14.6. Protección contra contactos directos .....   | 371 |
| 14.7. Protección contra contactos indirectos .....   | 372 |
| <br>   |     |
| <b>Tema 15. INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b> .....   | 375 |
| 15.1. Introducción .....   | 375 |
| 15.2. Instalaciones receptoras en Baja Tensión .....   | 376 |
| 15.3. El conductor .....   | 376 |
| 15.4. Cálculo de las secciones de los conductores eléctricos .....   | 377 |

|  |     |
|--|-----|
| 15.5. Esquema general de una instalación .....                                     | 386 |
| 15.6. Instalaciones individuales .....   | 388 |
| 15.7. Facturación de energía eléctrica en Baja Tensión .....                       | 390 |
| <i>Bibliografía</i> .....  | 393 |
| <i>Anexo I.</i> Leyenda de tipos de instalación recogidos en la<br>Tabla 2.4 ..... | 395 |
| <i>Anexo II.</i> Álgebra de números complejos .....                                | 397 |
| <i>Anexo III.</i> Trigonometría .....  | 401 |

TEMA 14

# PROTECCIONES ELÉCTRICAS EN LAS INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN

14.1. Introducción

14.2. Generalidades

14.3. Elementos con función de mando y maniobra

- a) Interruptores
- b) Contactor
- c) Disyuntores o interruptor de corte automático
- d) Seccionador

14.4. Elementos de protección

- a) Fusibles
- b) Relé y disparador

14.5. Tipos de distribución del neutro

- a) Neutro a tierra sistema TT
- b) Puesta a tierra esquemas TN
- c) Neutro aislado. Sistema IT

14.6. Protección contra contactos directos

14.7. Protección contra contactos indirectos

## 14.1. INTRODUCCIÓN

En estos apuntes se ofrece una visión de los elementos y de las partes que componen una instalación eléctrica de baja tensión. Todas las definiciones aquí recogidas y la terminología utilizada se encuentra en los reglamentos y en las normas de aplicación promulgadas por los distintos organismos competentes y, muy especialmente, en el «Reglamento



Electrotécnico para Baja Tensión» (a partir de ahora le llamaremos por sus siglas RBT) del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto publicado en el boletín oficial del estado número 224 de 18 de septiembre de 2002).

El bloque está formado por el reglamento técnico para baja tensión y las instrucciones técnicas complementarias (a partir de ahora ITC) que desarrollan las distintas partes del reglamento. Además, para apoyar la aplicación práctica del reglamento, el ministerio ha publicado la guía técnica de aplicación del reglamento para baja tensión.

En este curso nos dedicaremos en especial, a las instalaciones de baja tensión de uso industrial que podrá servir para la realización del proyecto eléctrico de una pequeña instalación.

Como especifica el RBT en su artículo 1 su finalidad es la de preservar la seguridad de las personas y los bienes, así como asegurar el buen funcionamiento de dichas instalaciones y prevenir las perturbaciones en otras instalaciones y servicios. Además con su aplicación se contribuye a la fiabilidad técnica y a la eficiencia económica de las instalaciones.

En este capítulo nos dedicaremos a la descripción de los elementos básicos que forman la instalación eléctrica, los elementos de protección, dejaremos para el próximo capítulo la descripción de la instalación en su conjunto.

Según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (RBT) son instalaciones eléctricas de baja tensión todas aquellas instalaciones que utilizan tensiones de hasta 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. En particular se denominan según la siguiente tabla.

**Tabla 14.1 Definición de baja tensión**

| Denominación     | Valores límite                      |  |
|------------------|-------------------------------------|--|
|                  | Corriente alterna<br>(valor eficaz) | Corriente continua<br>(valor medio aritmético) |
| Muy Baja Tensión | $U_n < 50V$                         | $U_n \leq 75V$                                 |
| Tensión usual    | $50 < U_n \leq 500V$                | $75 < U_n \leq 750V$                           |
| Tensión especial | $500 < U_n \leq 1000V$              | $750 < U_n \leq 1500V$                         |

Las tensiones nominales usualmente utilizadas en las distribuciones de corriente alterna son:

- 230 V entre fases, para las redes trifásicas de tres conductores (de estas prácticamente solo quedan barrios residuales).
- 230 V entre fase y neutro y 400 V entre fases, para las redes trifásicas de cuatro conductores (antes eran 220/380, pero el cambio implicó una ligera subida de tensiones asumible perfectamente por el material aislante en estas condiciones).

Si en alguna instalación no se puede utilizar alguna de las tensiones normalizadas anteriores, deberán estar preparadas para su utilización en un futuro.

La frecuencia normalizada es fija y de valor 50 Hz.

## 14.2. GENERALIDADES

Toda instalación eléctrica ha tener un sistema de regulación, mando, control y protección tanto de las instalaciones como de los usuarios. Es por ello que el RBT incluye una serie de normativa a cumplir, y se definen en los artículos 15, 16, 17 y 18, y en las correspondientes ITC que los desarrollan.

**La función de mando**, o de maniobra, consiste en la puesta en servicio o fuera de servicio de un aparato para su utilización o de una parte de una instalación. Esta función se realiza bien manualmente, mediante unos aparatos llamados **interruptores** o conmutadores (por ejemplo un interruptor de la luz), o bien a distancia, con ayuda de los llamados contactores que accionarán a su vez a los interruptores (por ejemplo el elemento que se aprieta para apagar un ordenador).

**La función de protección** consiste en evitar poner en peligro o dañar a las personas que utilizan la instalación eléctrica y a los equipos que están conectados a ella. Se distinguen tres tipos de funciones de protección:

- *Función de corte de urgencia.* Así se llama a la protección contra las sobrintensidades (sobrecargas y cortocircuitos). Las protec-

ciones contra las sobreintensidades tienen por objeto evitar que un aumento anormal de la corriente que recorre un conductor o un aparato, se caliente en exceso y pueda deteriorarse el aislamiento del conductor o los circuitos internos del aparato. Para el cálculo de los elementos necesarios para realizar la función de corte de urgencia y proteger una instalación o un elemento, se distingue generalmente entre:

- **Los cortocircuitos**, con valores de intensidad de corriente muy elevados de varias veces la intensidad máxima del elemento, que resultan de contactos de impedancia despreciable entre conductores activos a potenciales diferentes. La sobreintensidad producida por el cortocircuito ha de eliminarse lo más rápidamente posible ya que los calentamientos que produce en los cables puede llegar a producir incendios o dañar de forma perenne tanto el aislamiento como el sistema de chapas que forman los circuitos magnéticos.
- **Las sobrecargas**, resultantes del aumento de la carga de los motores o de la conexión de nuevos consumidores adicionales sobre una línea. Con valores superiores a los conocidos como valores nominales o máximos de la instalación en unas decenas por encima del 100%, y aunque no tan rápidamente como los cortocircuitos, las sobrecargas han de ser eliminadas en un tiempo corto. El calentamiento producido por una sobrecarga es lento por lo que el aparato eléctrico puede funcionar sin temor a ser dañado durante un cierto tiempo. Este tiempo dependerá básicamente del nivel de sobrecarga y del tipo de aparato que sufre la sobrecarga. Un ejemplo de sobrecargas habituales en los motores son las corrientes de arranque, que en condiciones normales, disminuyen muy rápidamente y además, obviamente, los motores están diseñados para aguantarlas. No obstante, en el caso de que duren más de lo previsto (por ejemplo si el rotor está trabado) pueden dañar el aislamiento y, en este caso, es necesario desconectar el motor de su alimentación... Por tanto, se han de seleccionar los elementos de protección de forma que admitan un determinado nivel de sobrecarga, pero sólo durante un cierto tiempo. Esto se consigue normalmente retardando el tiempo de actuación.

- *Función de protección contra contactos directos o indirectos.* Estas protecciones tienen por objeto evitar el choque eléctrico que se produciría al entrar en contacto una persona con una masa (parte metálica de un aparato que, en condiciones normales, está aislada de las partes activas) puesta accidentalmente bajo tensión.
- *Y la función de protección contra sobretensiones transitorias,* que son aparatos de protección de la instalación contra sobretensiones de gran magnitud (como las producidas por el impacto de un rayo en el sistema eléctrico) que se transmiten por la red de distribución. Estos impulsos se deben fundamentalmente a la caída de rayos en las líneas eléctricas o en sus proximidades, induciendo pulsos de tensión en las redes de distribución de amplitud elevada (de 2 a 8 kV) y pequeña duración (1,2 ms de subida y 50 ms de bajada), pero con energía suficiente para destruir circuitos electrónicos y afectar a los aislamientos eléctricos.

Aunque hemos separado en nuestra clasificación las funciones de protección y mando, no siempre las ejecutan elementos diferentes, es decir, para aislar del exterior nuestra casa (y dar un apagón en nuestro hogar) lo podremos hacer activando el llamado Interruptor de Control de Potencia (IPC), cuya misión básica no es la de mando.

Siguiendo este criterio analizaremos los elementos según para lo que se utilice, así veremos los elementos de protección con función de mando y maniobra (por ejemplo el ICP), los elementos de protección con función sólo de protección (por ejemplo los característicos fusibles), y terminaremos analizando cómo se puede hacer para la proteger una instalación contra contactos directos e indirectos —realmente para protegernos de un contacto con un elemento a tensión.

**La puesta o conexión a tierra.** La reglamentación española exige las instalaciones la realización de un circuito eléctrico aislado del resto y directamente conectado a tierra mediante un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo con una resistencia máxima establecida. Este sistema se utiliza con el fin de evitar que aparezcan tensiones elevadas peligrosas en las proximidades del terreno y permitan el paso a tierra de las corrientes de fallo o las provenientes de una descarga atmosférica.

A su vez los aparatos eléctricos de una determinada potencia deben tener una conexión de las partes metálicas exteriores con el circuito de tierra, a esta conexión de los elementos se les llama masa<sup>1</sup> (si por ejemplo, el frigorífico de casa tiene una deriva, al estar la carcasa del frigorífico conectada a tierra, esta deriva nos evitará un calambre cuando tocamos el frigorífico y además hace funcionar la protección correspondiente).

En algunos casos específicos la reglamentación exige una instalación particular para algún elemento determinado, independiente del resto de puestas a tierra de las instalaciones. Veremos en el epígrafe 14.5 la interacción de esta red con el neutro de la instalación.

Veremos en el siguiente capítulo cómo se instalan y dónde se instalan estos elementos de protección pero antes de comenzar a analizar cómo funcionan los elementos recordemos que el sistema de alimentación general es trifásico, que en general se dispone de corriente trifásica a la entrada del domicilio, taller... La alimentación a cada centro de consumo vivienda, o comercio... se realiza normalmente en corriente monofásica a no ser que la potencia instalada supere los 14.500 vatios, en cuyo caso la alimentación deberá realizarse obligatoriamente en corriente trifásica. En todos los casos una vez dentro de la instalación los circuitos individuales que necesiten corriente monofásica se alimentarán entre fase y neutro.

### **14.3. ELEMENTOS CON FUNCIÓN DE MANDO Y MANIOBRA**

Son elementos de protección con función de mando y maniobra, los interruptores, los disyuntores o interruptores automáticos de corte, los contactores, y los seccionadores.

#### **a) Interruptores**

El interruptor es un aparato mecánico de mando manual directo, capaz de establecer, de soportar y de interrumpir la intensidad de co-

---

<sup>1</sup> Masa. Es cualquier parte conductora accesible de un aparato o instalación eléctrica, que en condiciones normales está aislado de las partes activas, pero que es susceptible de ser puesto bajo tensión como consecuencia de un fallo en las disposiciones tomadas para asegurar su aislamiento.

riente asignada, en las condiciones normales del circuito, y cumplir eventualmente las condiciones específicas de sobrecarga en servicio y cortocircuito.

Según el número de polos (conductores activos) que contiene se habla de interruptores (ver figura 234):

- unipolares (abren o cierran una fase),
- bipolares (abren o cierran dos fases, normalmente una fase y el neutro),
- tripolares (abren o cierran las tres fases) y
- tetrapolares (abren o cierran las tres fases y el neutro). Cuando el interruptor abre todos los conductores activos (fases y neutro) de una instalación se dice que el corte es omnipolar.

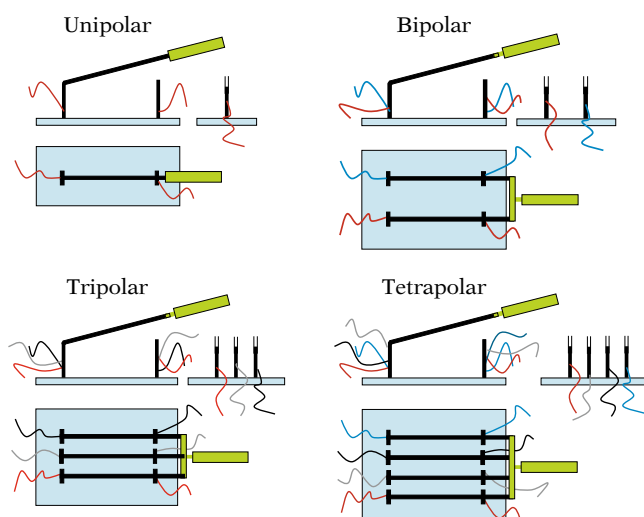


Figura 234. Esquemas básicos de cuatro interruptores de cuchilla en función del número de circuitos que corta (se ha representado para cada uno la planta, el alzado y la vista lateral).

Los interruptores de los aparatos o de los circuitos de distribución de baja tensión alimentados en corriente monofásica son en la mayoría de los casos unipolares (por ejemplo, el caso de pequeños interruptores que cortan el suministro de un pequeño motor o los interruptores de la luz en las viviendas). En estos casos es necesario colocar el interruptor sobre

el conductor de la fase, ya que si se coloca sobre el hilo del neutro puede haber en el aparato una tensión con respecto a tierra que de lugar a una corriente que circule a través del cuerpo humano en caso de contacto.

Un interruptor viene caracterizado por la tensión nominal, por la intensidad nominal de trabajo, y por el poder de cortocircuito. El poder de cortocircuito es el valor de la intensidad de cortocircuito que puede interrumpir sin deterioro de cualquiera de sus partes.

Los interruptores que además tienen como función la separación de circuitos con fines de garantizar el aislamiento efectivo del circuito separado se conocen con el nombre de interruptores-seccionadores y deben cortar todas las fases, incluyendo el neutro en algún tipo de instalaciones y deben ser conformes a la norma UNE-EN 60947-3.

## b) Contactor

El contactor es un aparato mecánico de conexión y desconexión eléctrica que tiene una función idéntica a la de un interruptor: capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, incluso las de sobrecarga, pero a diferencia de los interruptores, está accionado por cualquier forma de energía, **menos manual**, y sus elementos móviles de contacto están mantenidos contra los elementos fijos o separado de ellos por la acción de un circuito magnético.

El contactor tiene una posición mecánica de reposo, que corresponde a la que tienen sus contactos cuando el circuito de la bobina está abierto y la bobina, por lo tanto, sin tensión. En la figura 236 se muestran los dos tipos de contactores en posición normal cerrado a) y en posición normal abierto b).

En la figura 235 se muestra esquemáticamente cómo está constituido. Cuando la bobina se pone en tensión (circula intensidad por ella), se produce una fuerza en el circuito magnético que lo hace desplazarse para cerrarlo y anular el entrehierro, el contactor cambia la posición (en el caso de la figura 235 se cierra) de sus contactos respecto a la de reposo; cuando se interrumpe la corriente en la bobina, el circuito magnético se abre y el contactor vuelve a la posición de reposo, ya sea de cierre o de apertura. Este elemento permite realizar la función de mando a distancia, manual o automáticamente, según se actúe sobre el circuito de la bobina.

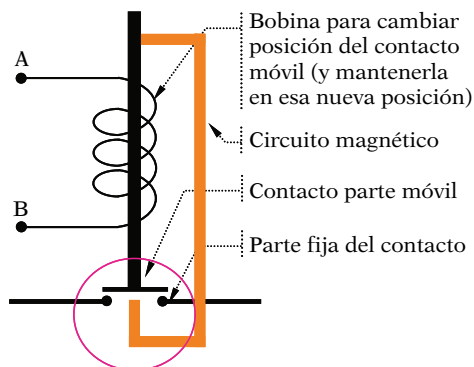


Figura 235. Esquema básico de un contactor.

Mecánicamente los contactores están contruidos para efectuar un número de maniobras muy grande. Su poder de corte y de cierre es muy elevado, normalmente 10 veces su intensidad asignada, lo que le permite absorber, por ejemplo, la punta de arranque de un motor asíncrono.

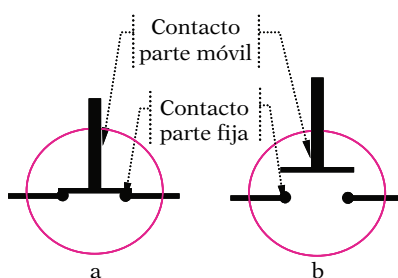


Figura 236. Tipos de contactores.

### c) Disyuntores o interruptor de corte automático

El disyuntor o interruptor de corte automático, es un aparato de mando, generalmente manual. Se utiliza principalmente para controlar los circuitos principales de una instalación eléctrica, y no para el mando de una máquina de uso intensivo.

En reposo, los contactos móviles están separados de los contactos fijos. El accionamiento de un pulsador o de una palanca provoca el cierre de los contactos al mismo tiempo que la deformación de un resorte que permanece comprimido mientras dura el cierre de los contactos del aparato. La apertura de los contactos se provoca por el accionamiento de





Figura 236. Disyuntor.

una bieleta, que libera bruscamente la energía almacenada en el resorte, produciendo la separación rápida de los contactos. Esta rapidez de apertura, que no se produce en los contactores, confiere a estos aparatos un poder de corte mucho más elevado que el de los contactores. De este tipo son los generales de una vivienda, en donde manualmente se cierran y se abren apretando un pulsador, o se utiliza la propia palanca para cerrar.

#### **d) Seccionador**

El seccionador permite poner fuera de tensión la instalación, o una parte de la misma, para realizar trabajos de reparación en ella. A esta funcionalidad se la denomina función de seccionamiento y consiste en la puesta fuera de tensión de todos los elementos activos.

A diferencia del interruptor, el seccionador no tiene poder de corte, es decir, no debe ser maniobrado en carga (esto es, cuando circula corriente) ya que no puede interrumpir la corriente que lo atraviesa. Solo se utilizan seccionadores sin otra función en sistemas a tensiones elevadas. No se utilizan en las viviendas o instalaciones de pequeño tamaño, en estos casos su función va unida a la del interruptor.

### **14.4. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN**

#### **a) Fusibles**

Estos aparatos son los encargados de vigilar la magnitud de las corrientes que circulan por los equipos o instalaciones que protegen y de hacer funcionar una alarma o provocar la apertura del circuito en caso

de defecto. El fusible más común, y del que deriva su nombre, abre, por fusión de uno o varios de sus elementos fusibles colocados y calibrados para este efecto, el circuito o los circuitos donde ha sido insertado, cuando la corriente que lo atraviesa supera un valor determinado, durante un tiempo también determinado.

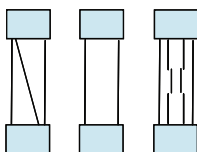


Figura 237. Fusibles.

Se distinguen dos tipos de fusibles: los de uso industrial, que tienen un alto poder de corte (superior a los 50.000 A) y los de uso doméstico, de menor poder de corte y de acción rápida por lo que protegen a la vez contra sobrecargas y contra cortocircuitos.

Ciertos fusibles sometidos a intensidades del orden de 10 veces su intensidad asignada pueden asegurar la protección contra los cortocircuitos teniendo en cuenta su rapidez de funcionamiento.

Los fusibles pueden estar combinados con seccionadores y deben ser conformes a la serie de normas UNE-EN 60269 o con interruptores siendo entonces conformes a la norma UNE-EN 60947-3.

## b) Relé y disparador

Estos aparatos son los encargados de vigilar la magnitud de las corrientes que circulan por los equipos o instalaciones que protegen, son la «inteligencia de los circuitos de protección» y su misión es la de dar una orden (bien de apertura, cierre, alarma o señalización) y no la de efectuarla (para eso están los interruptores).

La diferencia entre el relé y el disparador radica en la forma en la que actúa sobre el dispositivo de salida. Así, el disparador actúa mecánicamente sobre los aparatos de interrupción de la corriente a los que está asociado (interruptores automáticos y contactores). Por el contrario, el relé actúa eléctricamente sobre el circuito de mando del aparato encargado de interrumpir la corriente anormal.