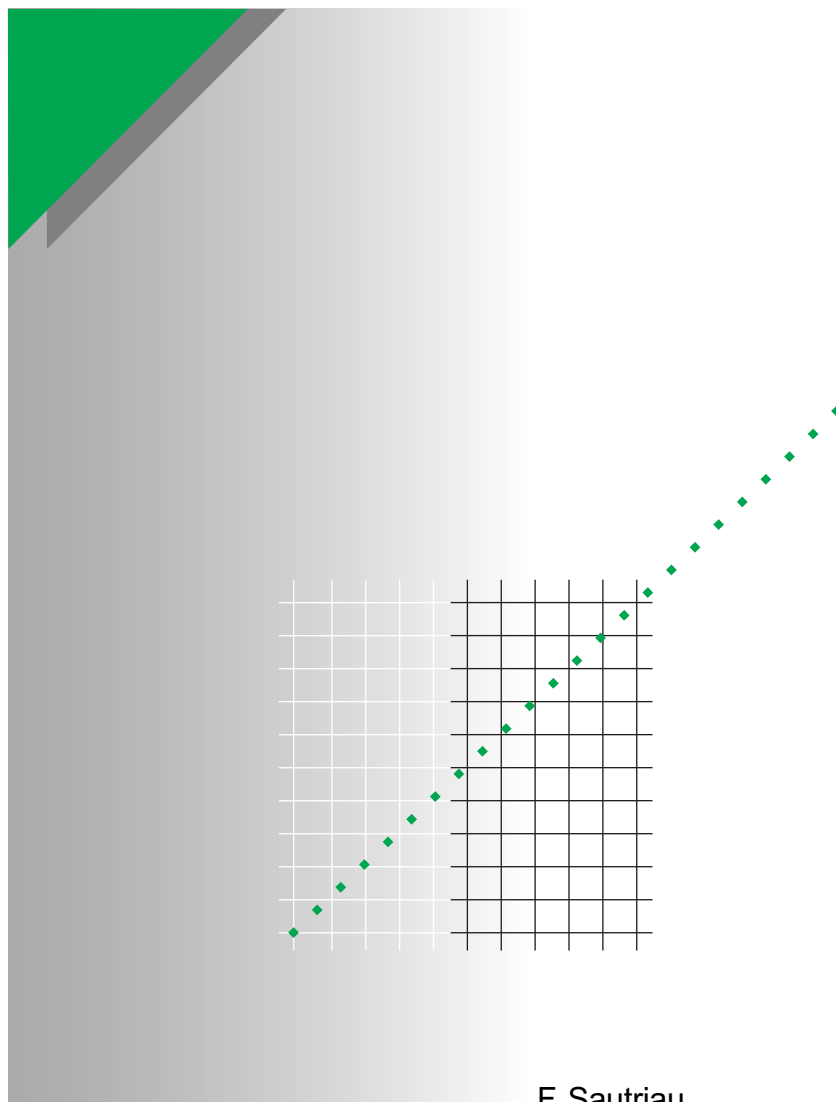


Cuaderno Técnico nº 002

Protección de redes por el sistema de selectividad lógica



F. Sautriau

Merlin Gerin

Modicon

Square D

Telemecanique

Schneider
 **Electric**

La **Biblioteca Técnica** constituye una colección de títulos que recogen las novedades electrotécnicas y electrónicas. Están destinados a Ingenieros y Técnicos que precisen una información específica o más amplia, que complemente la de los catálogos, guías de producto o noticias técnicas.

Estos documentos ayudan a conocer mejor los fenómenos que se presentan en las instalaciones, los sistemas y equipos eléctricos. Cada uno trata en profundidad un tema concreto del campo de las redes eléctricas, protecciones, control y mando y de los automatismos industriales.

Puede accederse a estas publicaciones en Internet:

<http://www.schneiderelectric.es>

Igualmente pueden solicitarse ejemplares en cualquier delegación comercial de **Schneider Electric España S.A.**, o bien dirigirse a:

Centro de Formación Schneider
C/ Miquel i Badia, 8 bajos
08024 Barcelona

Telf. (93) 285 35 80

Fax: (93) 219 64 40

e-mail: formacion@schneiderelectric.es

La colección de **Cuadernos Técnicos** forma parte de la «Biblioteca Técnica» del **Grupo Schneider**.

Advertencia

Los autores declinan toda responsabilidad derivada de la incorrecta utilización de las informaciones y esquemas reproducidos en la presente obra y no serán responsables de eventuales errores u omisiones, ni de las consecuencias de la aplicación de las informaciones o esquemas contenidos en la presente edición.

La reproducción total o parcial de este Cuaderno Técnico está autorizada haciendo la mención obligatoria: «Reproducción del Cuaderno Técnico nº 002 de Schneider Electric».



François SAUTRIAU

Se diplomó como Ingeniero ESE en 1968. En 1970 entró en Merlin Gerin. Después de haberse dedicado al estudio de redes y de protecciones, pasó a responsabilizarse de la oficina de estudios de realización de conjuntos industriales y a continuación de equipos destinados a la marina.

Actualmente es consejero en el servicio de marketing del Departamento de Protección y de Control y Mando.

cuaderno técnico nº 002

Protección de redes por el Sistema de Selectividad Lógica

Por: F. Sautriau

Trad.: Dr. M. Cortes; M. Plà.

Edición francesa: setiembre 1 990

Versión española: marzo 2 000

Merlin Gerin

Modicon

Square D

Telemecanique

Schneider
 **Electric**

Terminología

SSL: Sistema de Selectividad Lógica, patente de Merlin Gerin nº 1 421 236, que permite garantizar una selectividad total entre todos los circuitos de una red de distribución.

Protección de redes por el Sistema de Selectividad Lógica

Índice

1	Procedimientos clásicos de selectividad y sus límites	La selectividad amperimétrica	p. 6
		La selectividad cronométrica	p. 6
2	La selectividad lógica	Principio del sistema de selectividad lógica	p. 8
		Aplicación de la selectividad lógica a la gama VIGIRACK	p. 9
		Aplicación de la selectividad lógica al SEPAM	p. 9
		Puesta en servicio de la selectividad lógica	p. 10
		Algunos esquemas de aplicación de la selectividad lógica	p. 12
3	Ventajas de la selectividad lógica		p. 13

Un defecto producido en un punto cualquiera de una red de distribución no debe, de ninguna manera, dejar sin corriente eléctrica el conjunto de una instalación. De esta premisa resulta la necesidad de aislar rápidamente la zona afectada por el defecto, manteniendo el suministro de energía eléctrica al resto de usuarios.

Esto constituye el principio de selectividad de las desconexiones. Debe funcionar el elemento de protección (interruptor automático o fusible), y únicamente él, colocado inmediatamente aguas arriba del circuito donde se ha producido el defecto. Las demás protecciones no se deben desconectar. Los procedimientos clásicos de selectividad, amperimétrica o cronométrica, permiten con cierto grado de fiabilidad cumplir esta exigencia.

El Sistema de Selectividad Lógica, SSL (patente de Merlin Gerin) permite obtener una selectividad total entre todos los eslabones de una red de distribución eléctrica, industrial o terciaria, desde los de alta a los de baja tensión. Además, permite aislar el defecto en un tiempo muy reducido e independiente del punto donde se haya producido el incidente.

1 Procedimientos clásicos de selectividad y sus límites

La selectividad amperimétrica

Este sistema utiliza aparataje de protección de respuesta instantánea, como son interruptores automáticos rápidos o fusibles.

Se basa en el hecho de que la intensidad de cortocircuito es más alta cuanto más próximo está el defecto de la fuente. Se parte del principio $I_{rD2} > I_{rD1}$. En consecuencia se emplea básicamente en baja tensión donde las impedancias de conexión no son despreciables.

En el esquema de la **figura 1**, se designan por I_r los valores de regulación de la intensidad de disparo instantáneo y por I_{ccA} el valor máximo de la corriente de cortocircuito que se puede establecer en el punto A, sabiendo que únicamente se produce el disparo cuando $I_{defec} > I_r$, y resultando:

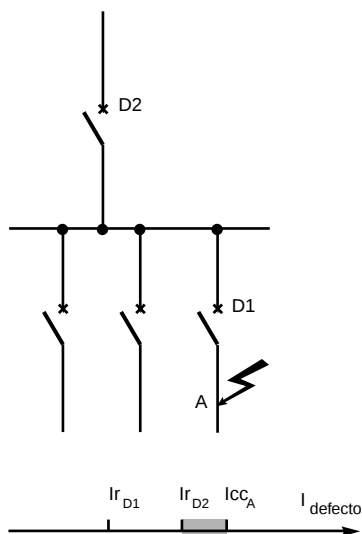
- selectividad total si $I_{rD2} > I_{ccA} > I_{rD1}$
- y si $I_{ccA} > I_{rD2}$, la selectividad amperimétrica no es total, denominándose selectividad parcial, puesto que el funcionamiento será selectivo únicamente cuando $I_{defec} < I_{rD2}$.

La selectividad cronométrica

La selectividad cronométrica consiste en temporizar la protección aguas arriba para que la protección aguas abajo tenga tiempo de aislar la zona del defecto.

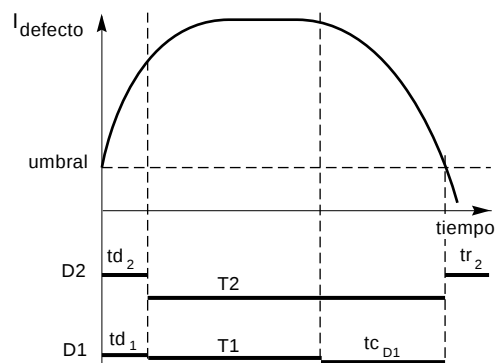
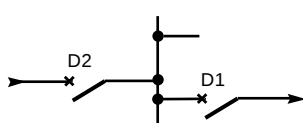
El salto de temporización entre dos protecciones sucesivas corresponde al tiempo de corte del interruptor automático aguas abajo, sumado al tiempo de desexcitación de la protección aguas arriba (**figura 2**).

Así, la selectividad total sólo se puede obtener retrasando las



- selectividad garantizada si $I_{rD1} < \text{intensidad del defecto} < I_{rD2}$
- selectividad no garantizada cuando $I_{rD2} < \text{intensidad del defecto} < I_{ccA}$

Fig. 1: Ejemplo de selectividad amperimétrica parcial.



td_1 , td_2 , = tiempo de recepción de las protecciones nº 1 y nº 2,
 T_1 , T_2 = temporización (retardo) de las protecciones nº 1 y nº 2,
 tc_{D1} = tiempo de apertura del interruptor automático D1,
 tr_2 , = tiempo de caída (desexcitación) de la protección nº 2,
selectividad cronométrica $\Rightarrow T_2 - tr_2 \geq T_1 + tc_{D1}$,
intervalo de temporización $\Rightarrow T_2 - T_1 \geq tc_{D1} - tr_2$.

Fig. 2: Principio de la selectividad cronométrica.

protecciones mediante temporizaciones más largas a medida que la aparamenta se encuentra más próxima a la fuente de energía.

En el ejemplo de la **figura 3**, los interruptores automáticos D1 no tienen retardo alguno en el disparo (instantáneos), los interruptores automáticos D2 tienen un retardo de 0,3 s, D3 de 0,6 s, y los D4 de 0,9 s.

Una consecuencia nefasta de estas temporizaciones escalonadas es un retardo excesivo en la abertura del circuito producida por un defecto aguas arriba de la instalación; en el ejemplo precedente: es de 0,9 s en el nivel A. En la fuente el retardo resulta excesivo y presenta múltiples inconvenientes:

- es generalmente incompatible con las exigencias del distribuidor de energía, que solicita una temporización muy corta a nivel de interruptor automático de cabecera o principal de suministro;
- impone un sobredimensionado de los cables y de los cuadros por efectos térmicos,
- incrementa considerablemente los riesgos de destrucción producidos por el arco en el punto de defecto.

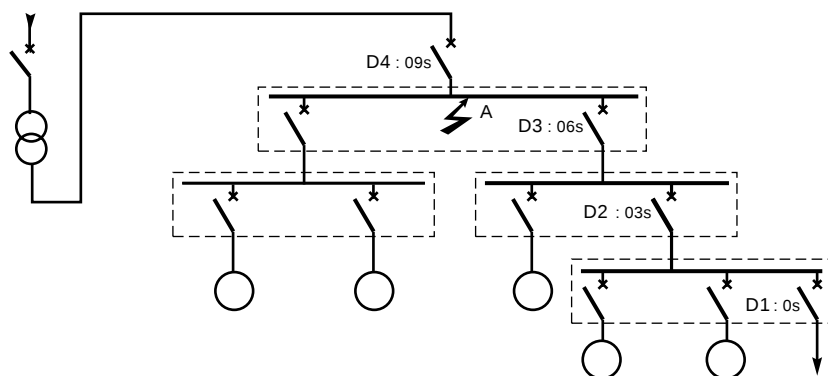


Fig. 3: Distribución en antena con utilización de la selectividad crométrica.

2 La selectividad lógica

La selectividad amperimétrica y cronométrica tienen, como acabamos de exponer, sus puntos débiles. Los técnicos eléctricos han aprendido a sortearlas, a menudo en detrimento de la propia selectividad.

El Sistema de Selectividad Lógica ha sido desarrollado con objeto de poner remedio a estos inconvenientes; permitiendo obtener una selectividad de desconexión perfecta, y en consecuencia una reducción considerable del retardo del disparo de los interruptores automáticos más próximos a la fuente.

Principio del sistema de selectividad lógica

Cuando se produce un defecto en una red de distribución en antena, la intensidad de la corriente producida recorre el circuito situado entre la fuente y el punto de defecto, con las consiguientes consecuencias:

- son solicitadas las protecciones aguas arriba del defecto;
- las protecciones aguas abajo del defecto no se ven afectadas;
- únicamente debe actuar la primera protección situada aguas arriba del defecto.

Cada interruptor automático tiene asociada una protección lógica, apta para emitir y recibir una orden de espera. Cuando una protección se activa, solicitada por una corriente de defecto:

- emite una orden lógica de espera;
- provoca el disparo del interruptor automático asociado.

La **figura 4** representa de forma simplificada una distribución en antena (con un solo interruptor automático por cada cuadro).

Funcionamiento cuando el defecto aparece en el punto A de la **figura 4**

- las protecciones Nº 1, Nº 2, Nº 3 a Nº (n), son solicitadas;

■ la protección Nº 1 emite una orden de espera lógica aguas arriba y una orden de disparo del interruptor automático D1;

■ las protecciones Nº 2, Nº 3...Nº (n) emiten una orden de espera lógica desde aguas abajo dirigida aguas arriba, a la vez que reciben una señal lógica que les induce a dar la orden de disparo de los disyuntores D2, D3...D(n) asociados (este proceso lógico se interrumpe cuando la protección Nº (n) tiene un reglaje tal que la intensidad del defecto resulta inferior a su umbral de regulación Ir).

El disyuntor D1 elimina el defecto A al cabo de:

$$tc_{D1} = T^1_1 + t_1$$

siendo:

tc_{D1} : tiempo de apertura del interruptor automático D1,

T^1_1 = temporización (retardo) de la protección Nº 1,

t_1 = tiempo propio de apertura de D1, incluido tiempo del arco.

Funcionamiento cuando el defecto aparece en el punto B de la **figura 4**

■ la protección Nº 1 no está solicitada;

■ las protecciones Nº 2, Nº 3...Nº (n) están solicitadas y emiten una orden de espera lógica aguas arriba;

■ únicamente el interruptor automático Nº 2 no recibe la orden de espera lógica y emite la señal de corte.

El disyuntor D2 elimina el defecto B al cabo de:

$$tc_{D2} = T^1_2 + t_2$$

siendo:

tc_{D2} : tiempo de apertura del interruptor automático D2,

T^1_2 = temporización (retardo) de la protección Nº 2

t_2 = tiempo propio de apertura de D2, incluido tiempo del arco.

El mismo razonamiento puede ser aplicado a cualquiera de los

interruptores automáticos integrados en la red de distribución.

Las temporizaciones T^1_1 , T^1_2 , $T^1_{(n)}$ de las protecciones Nº 1, Nº 2,...Nº (n) no intervienen en la selectividad y solo están concebidas para la función de protección: los reglajes pueden ser tan cortos como requiera la protección y la transitoriedad de la puesta en carga (motores, transformadores).

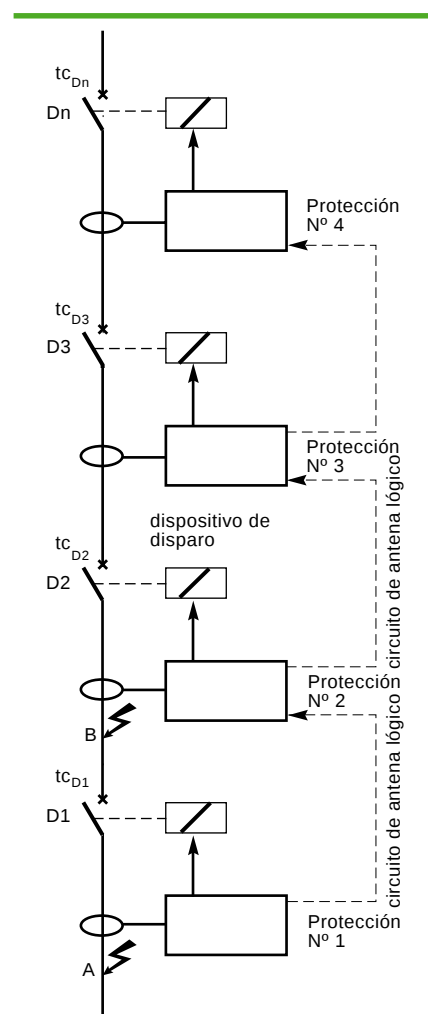


Fig. 4: Distribución en antena con utilización de la selectividad lógica.

Con el sistema de selectividad lógica el tiempo de eliminación de los defectos puede ser así muy reducido y ser independiente del número de etapas. Así es posible obtener la selectividad entre una protección instantánea aguas arriba y una protección temporizada aguas abajo, para prever por ejemplo una temporización más reducida en la fuente de energía que cerca de los receptores.

Observación:

La función «espera lógica» corresponde al aumento de la temporización propia de los relés aguas arriba. Por cuestión de seguridad, la duración de la espera debe ser limitada, ya que la protección ha de permitir el funcionamiento en socorro aguas arriba aislando la zona aguas abajo del defecto.

El sistema de selectividad lógica se aplica a las protecciones:

- con tecnología estática analógica de la gama Vigirack,
- con tecnología numérica con microprocesador, Sepam.

Aplicación de la selectividad lógica a la gama VIGIRACK

La gama Vigirack está constituida por módulos o racks de tarjetas electrónicas conectables correspondientes a las funciones de protección de la red y de los receptores eléctricos.

Para obtener las ventajas de la selectividad lógica, es suficiente:

- implantar la tarjeta electrónica de lógica Vigirack en el panel que contiene las tarjetas Vigirack de protección de sobreintensidad;
- realizar el cableado de los circuitos de espera lógica entre los paneles de protección de disyuntores del cuadro y entre los cuadros.

Funcionamiento, figuras 5 y 6

El sobrepasar el umbral de un de las tarjetas electrónicas de protección de sobreintensidad de un panel, provoca:

- la emisión instantánea de una orden de espera lógica de duración limitada T^2 ,

- la interrupción de la orden de espera lógica después del disparo del disyuntor asociado a las tarjetas electrónicas de protección, es decir después de $T^1 + T^3$.

La recepción por una tarjeta electrónica de Selectividad Lógica de una orden de espera lógica retrasa el arranque de la temporización de las funciones de protección (amperimétrica y/o homopolar) que le están asociados.

Aplicación de la selectividad lógica al SEPAM

Sepam es una unidad programable que asegura las funciones de medida, protección, automatismo y comunicación para el control de mando de las redes eléctricas.

Está compuesto de un cartucho de memoria enchufable que contiene los parámetros de las protecciones y el programa de los automatismos.

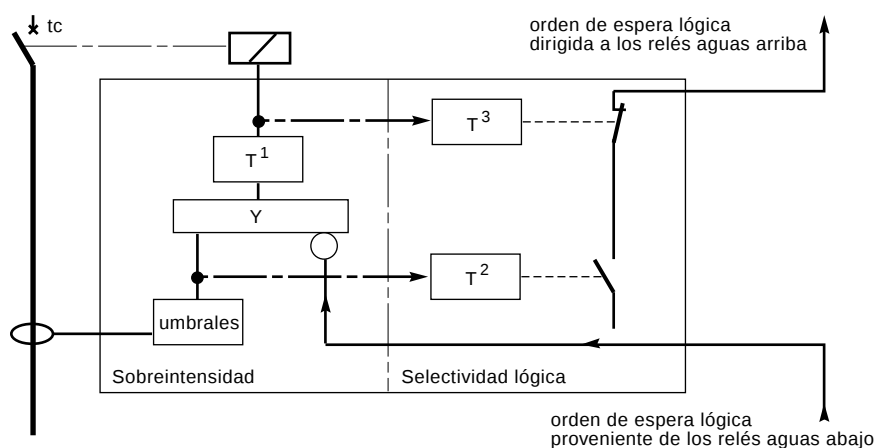


Fig. 5: Sinóptico de la tarjeta de selectividad lógica Vigirack.

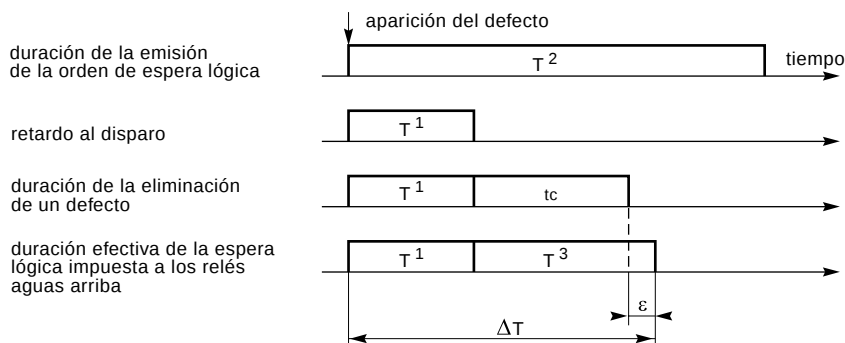


Fig. 6: Representación gráfica de la intervención de diversas «temporizaciones».

Para obtener las ventajas de la selectividad lógica, es suficiente:

- programar las instrucciones lógicas en el automatismo del Sepam (**figura 7**),
- realizar el cableado de los circuitos de espera lógica entre el Sepam de protección de disyuntores del cuadro y entre los cuadros.

Funcionamiento (**figura 7**)

La solicitud de una protección de sobreintensidad de un Sepam, provoca:

- la emisión instantánea de una orden de espera lógica,
- la interrupción de la orden de espera lógica después del disparo del disyuntor asociado al Sepam.

La recepción por un Sepam de una orden de espera lógica provoca durante un periodo de tiempo limitado, un retraso del disparo por las funciones de sobreintensidad del Sepam.

Puesta en servicio de la selectividad lógica

Principio del cableado de los circuitos de espera lógica. (Figura 8)

Determinación de los reglajes de las temporizaciones

■ de protección

La temporización T^1 de cada protección se determina para franquear las sobreintensidades normales o inevitables (puesta en carga de transformadores, arranque de motores) y para eliminar los defectos lo más rápidamente posible.

La preocupación de una selectividad (cronométrica) no afecta la elección de la temporización; por ejemplo una protección de cortocircuito instantáneo puede ser utilizada en un panel donde las salidas hacia los receptores precisan de protecciones contra cortocircuito que sean temporizadas,

■ de selectividad lógica

Esta supone 2 temporizaciones:

- T^2 corresponde a la duración máxima de espera lógica, hasta su llegada; T^2 debe estar regulada con

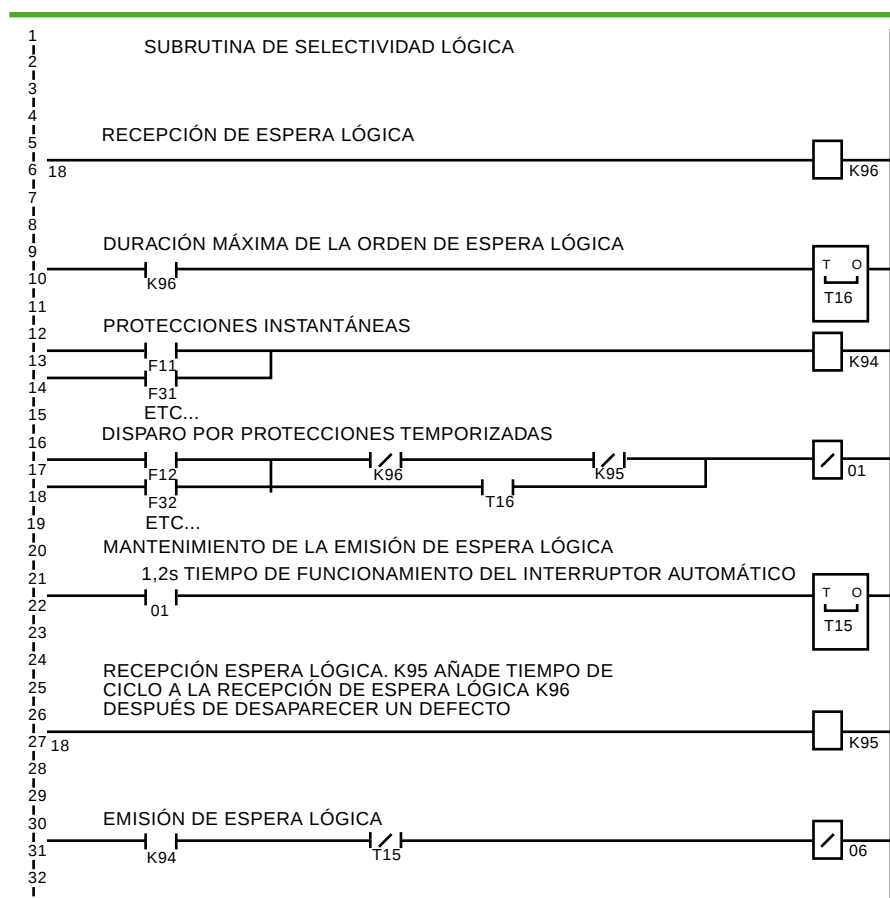


Fig. 7: Ejemplo de selectividad amperimétrica parcial.

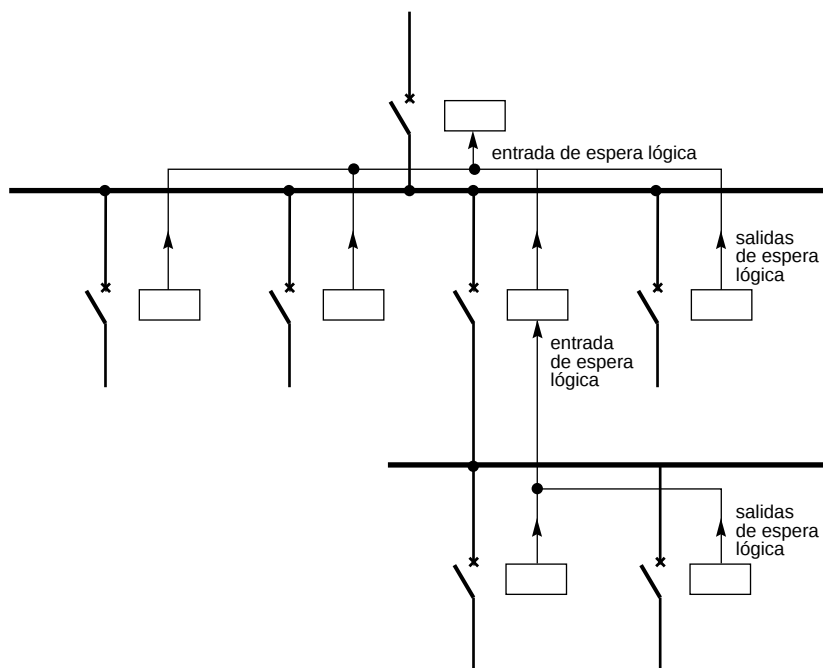


Fig. 8: Principio del cableado de los circuitos de espera lógica.

un valor igual a 2 veces el tiempo más largo de eliminación del defecto aguas abajo;

■ T^3 corresponde al tiempo durante el cual se mantiene la espera lógica después del funcionamiento de la protección, T^3 debe estar regulada con un valor ligeramente superior al tiempo de funcionamiento del aparato de corte (disyuntor o contactor) asociado a la protección.

Observación:

La limitación de la duración máxima T^2 de la espera lógica puede hacerse

■ por la protección que emite la orden de espera en la solución Vigirack,

■ por la protección que recibe la orden de espera en la solución Sepam.

Empleo del sistema de selectividad lógica (figura 9)

La selectividad lógica puede ser aplicada:

■ para las protecciones de corto circuito y de defecto homopolar,

■ en toda la extensión de una red, desde la alta tensión justo en las ramificaciones principales en baja tensión,

■ solamente sobre un elemento de la red, por ejemplo en un panel, la selectividad es parte integrante del equipo construido y ensayado en fábrica.

En función de las necesidades del usuario y de las circunstancias de la realización del tendido eléctrico, la aplicación de la selectividad lógica puede ser:

■ puntual en un puesto,

■ progresiva extendiéndose de un puesto a otro aprovechando los planes de actuación de mantenimiento de la red,

■ global si se prevé desde el proyecto de concepción de la red.

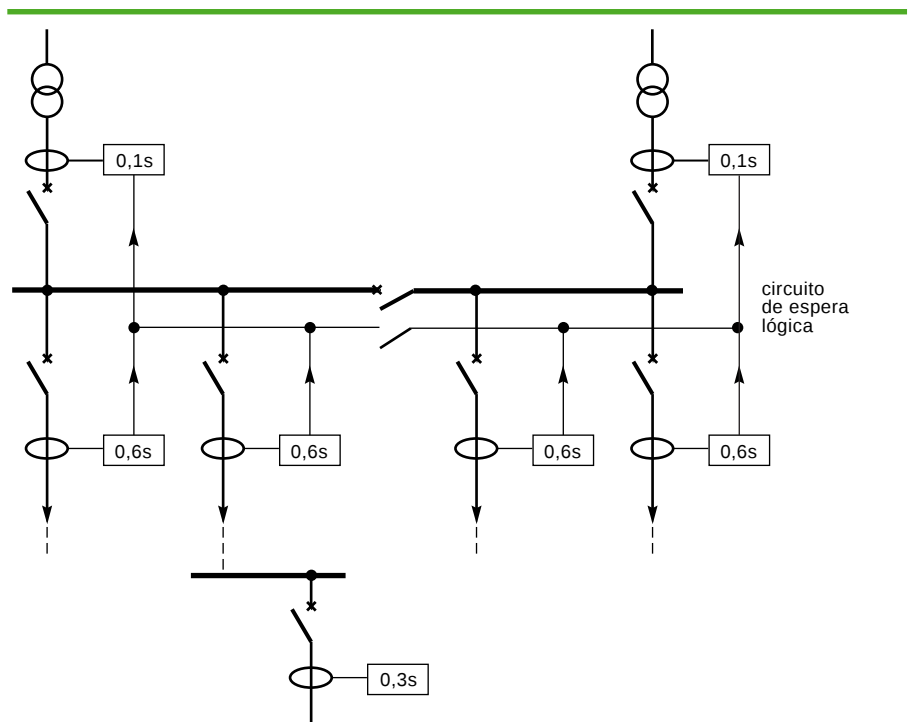


Fig. 9: Ejemplo de reglaje de las temporizaciones, aplicando la selectividad lógica en un panel.

Algunos esquemas de aplicación de la selectividad lógica

El principio ha sido expuesto para su aplicación de las redes en antena, pero otros esquemas pueden beneficiarse de la selectividad lógica: tendidos en paralelo y distribución en anillo cerrado o bucle.

Tendidos en paralelo

El esquema de la **figura 10** representa dos centros conectados por 2 cables en paralelo.

Si se produce un corto circuito en el punto A, es necesario que los interruptores automáticos D2 y D4, y sólo ellos se desconecten, aislando así al conductor afectado por el defecto y permitiendo de continuar la alimentación del centro.

Para que la selectividad se realice es necesario orientar las ordenes de espera lógica mediante relés direccionales.

El examen del esquema nos muestra que los las protecciones asociadas a los interruptores automáticos D0 a D4 «ven» todas el defecto: emitiendo, pues, todas ellas una orden de espera lógica.

Cuando el relé direccional asociado a D4 ha basculado, hace que las ordenes de espera lógicas sean bifurcadas de tal forma que únicamente se desconecten los interruptores automáticos D2 y D4.

Distribución en bucle

El esquema de la **figura 11** describe el principio de utilización del sistema de selectividad lógica en una distribución en anillo cerrado o bucle, empleando relés direccionales asociados.

Observación:

El termino «relé direccional» designa:

- o bien una tarjeta electrónica de la gama Vigirack de tecnología estática analógica,
- o bien una función programada de Sepam de tecnología numérica con microprocesador.

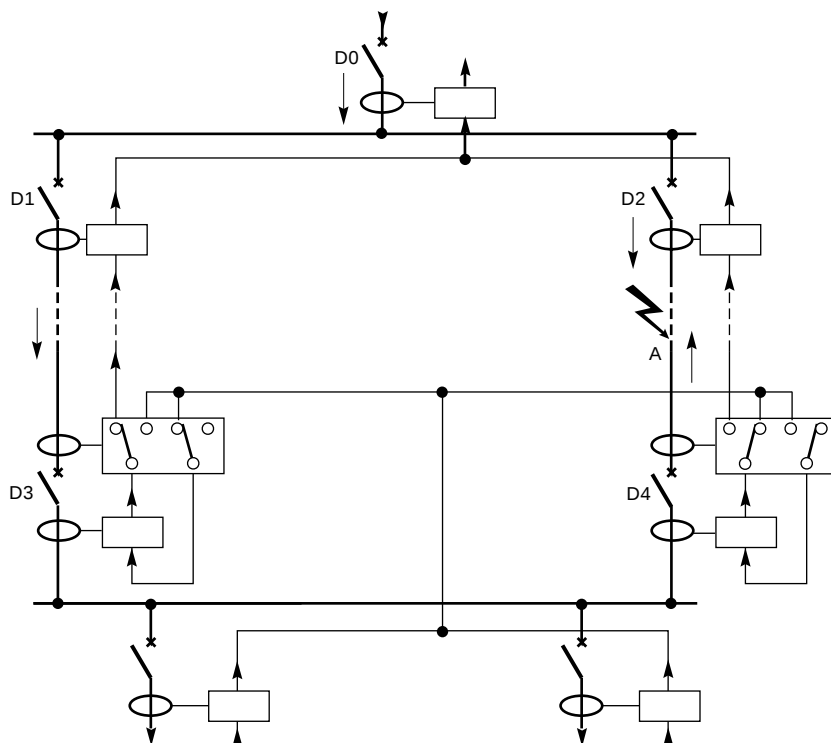


Fig. 10: Cableado en paralelo, con cortocircuito en A.

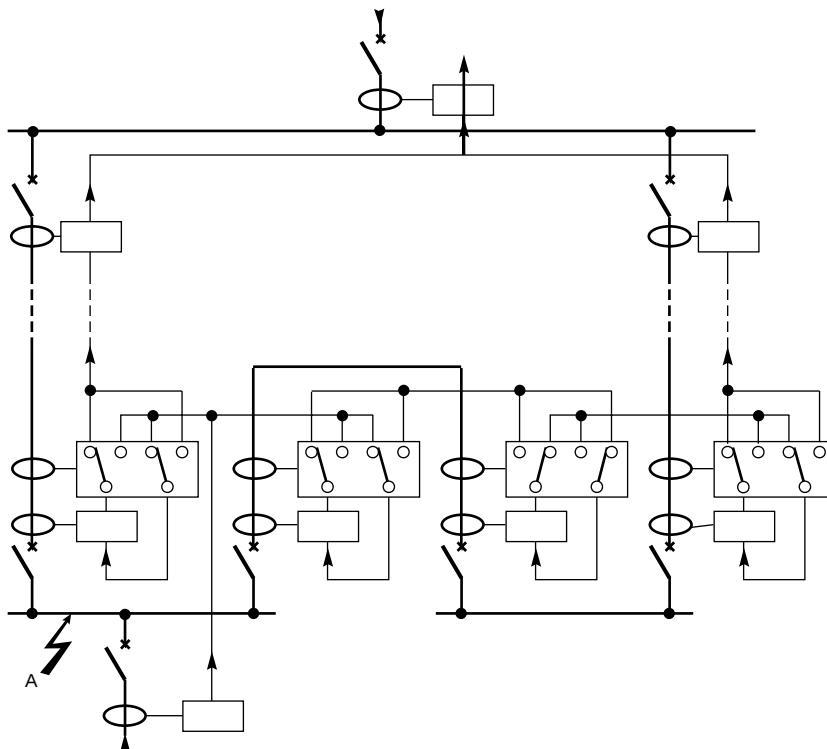


Fig. 11: Distribución en anillo cerrado, con cortocircuito en A.

3 Ventajas de la selectividad lógica

Aparte la selectividad de la protección, que es una función primordial del sistema, la rapidez de los disparos que se obtiene permite reducir las exigencias a la sollicitación por cortocircuito de las canalizaciones, de la aparamenta, de los transformadores de corriente, etc.; en proporciones apreciables económicamente.

Esta actuación, de gran fiabilidad, se basa como hemos visto, en la posibilidad que tiene el relé aguas abajo, de aumentar inteligentemente la temporización propia de relé aguas arriba.

Un fallo no puede, en ningún caso, afectar el conjunto de las protecciones. Aunque ciertamente utiliza la selectividad amperimétrica, presenta la innegable ventaja de permitir tiempos de disparo no acumulativos. Con ello, es posible resolver el problema de la selectividad de los disparos sobre el conjunto de la red, desde las principales ramificaciones de baja tensión hasta la alta tensión.

La puesta en servicio de esta protección ofrece poca complejidad; se adapta sin dificultad tanto en los nuevos proyectos como en las

instalaciones existentes. Permite las ampliaciones sin modificar las regulaciones y no necesita más que un simple enlace, por hilo piloto, entre los cuadros aguas abajo y el cuadro aguas arriba para la transmisión de las informaciones lógicas.

Además, al ser el sistema independiente del número de etapas protegidas, la concepción de las redes se hace en función de las necesidades reales del usuario y no en función de las exigencias del distribuidor.