

Protecciones en la red

Interruptores automáticos NZM para garantizar las medidas de protección

Los Interruptores automáticos (MCCB¹) de la gama NZM se pueden emplear como interruptores automáticos de entrada hasta 1600 A y también de salida a partir de 15 A con varias opciones de protección, en todos los sistemas de distribución de energía de baja tensión.

En el área de distribución de energía los interruptores automáticos son generalmente los aparatos de protección más importantes. Empleando los interruptores automáticos en lugar de la protección con fusibles se obtienen unas características de restablecimiento de servicio muy rápidas siendo esta una de sus principales ventajas, especialmente en aquellas aplicaciones que es crítico el suministro de energía eléctrica para la alimentación de fábricas o zonas urbanas. Algunas de las ventajas de los interruptores automáticos, particularmente cuando se compara con los fusibles, son las características de desconexión omnipolar, las posibilidades de diagnóstico de la causa de una avería, así como la posibilidad de un reinicio remoto si lo permite la avería producida. Protección discriminativa (selectividad), a varios niveles de red garantiza un alto nivel de sistema y proceso de disponibilidad operacional.

Los interruptores automáticos NZM de Eaton tienen características de interruptor general integral y de aislamiento, son adecuados a lo indicado en la norma IEC/EN 60204-1 [1] (Figura 1) debido a sus mandos bloqueables. Si se usa como dispositivo general de parada de emergencia, el mando debe ser de color rojo sobre fondo amarillo (Figura 2).

El interruptor automático NZM de Eaton abarca los cuatro campos generales de aplicación:

- Protección de circuito de distribución
- Protección de motor
- Protección del transformador
- Protección del generador (Figura 3).

La protección de circuito de distribución abarca el área de protección de cables así como la protección del embarrado. El embarrado es de particular importancia en sistemas de conmutación para distribución de energía. El término de protección de circuito de distribución también implica la protección del equipo instalado en sistemas de conmutación tales como aparatos de protección, de control y sistemas de automatización (PLC's, etc.).

En adición a estas aplicaciones que se concentran mayormente en la protección de bienes, las demandas que se cumplen en el área de protección personal no deberían ser ignoradas. La protección personal es implementada como la protección contra el choque eléctrico, por el rápido corte automático de tensiones de contacto peligrosas, y adicionalmente por la función opcional de intensidad de defecto o defecto a tierra y también con el aislamiento de seguridad y la protección contra el reinicio automático. Una función adicional de protección de caída de tensión puede ser implementada en los interruptores automáticos cuando están equipados con un disparador de mínima tensión.

Medidas de protección

El término “medidas de protección” esta definido ampliamente en las normas actuales. Las medidas de protección actuales no son solo para la protección contra choque electrico, sino también para:

- Protección contra influencias térmicas,
- Protección del cableado contra sobreintensidad ,
- Protección contra sobretensiones,
- Protección con caídas de tensión,
- Aislamiento y conexión,
- Aplicación de medidas de protección,
- Selección medidas de protección dependiendo de influencias externas.

Estos están incorporados en el capítulo 41 hasta 48 de la IEC / EN 60 364 y partes 410 hasta 480 de la normativa DIN VDE 0100. Así, toda la parte 4 de esta norma IEC o de la totalidad del grupo 400 del DIN VDE 0100 hacen frente a las medidas de protección.

Protección contra el choque eléctrico

Protección contra el choque eléctrico debe ser garantizada por:

- El equipamiento, o
- implementación de las medidas de protección durante la instalación, o
- una combinación de ambos.

Las medidas de protección para la “protección contra choque eléctrico” están estandarizadas en IEC / EN 60 364-4-41 o en la normativa alemana DIN VDE 0100-410 [2]. La DIN VDE 0100-410 es una función piloto para una especificación básica para la protección contra descarga eléctrica.

Las siguientes protecciones son medidas para la protección contra el choque electrico:

- protección contra contacto tanto directo como indirecto (protección básica y de defecto)
- protección contra contacto directo (protección básica)
- protección contra contacto indirecto (protección de defecto)
- protección con el contacto directo (protección adicional).

La Tabla 1 indica la manera en que las medidas de protección se implementan. El problema con las medidas de protección es que sólo muy pocas son las que se pueden aplicar universalmente. La mayoría de las medidas de protección están sujetas a las limitaciones de rendimiento o relacionadas con el espacio. Las medidas de protección, que son la mayoría de aplicadas universalmente en la Tabla 2, se suele introducir en el suministro eléctrico y las redes de distribución de energía, así como en las instalaciones de los consumidores. Las limitadas medidas que se utilizan en su mayoría se encuentran en las instalaciones de los consumidores.

Protección mediante corte automático

El corte automático (independiente) del suministro de energía es requerido según IEC / EN 60 364-4-41 o DIN VDE 0100-410 [2], cuando un defecto puede conllevar el riesgo a un efecto fisiológico peligroso con una persona debido a la magnitud y duración del contacto con tensión. Las medidas de seguridad para la “protección mediante corte automático de la fuente de energía” necesitan una coordinación del tipo de continuidad de tierra y las características de los cables y aparatos de protección.

Las medidas de protección pueden ser seleccionadas para toda una instalación, para una parte de esta o para partes del equipo. Otras partes de la instalación o del resto del equipo pueden ser asignadas con otras medidas. Es permisible combinar varias medidas de seguridad cuando no tienen influencias negativas. Si ciertas condiciones no pueden ser realizadas con estas medidas, se deberán combinar medidas suplementarias con tal de conseguir el mismo nivel de seguridad que se consigue con una implementación completa de una medida de protección.

No todos los aparatos de seguridad de conexión pueden ser usados en todos los sistemas de distribución de energía (previamente: configuraciones de red). La **Tabla 3** identifica los dispositivos de seguridad permitidos para el corte automático con varios sistemas de distribución de energía. Los interruptores automáticos están permitidos en todos los sistemas de distribución de energía de acuerdo con el método de puesta a tierra.

Protección del cableado

La protección del cableado (embarrado) es una tarea importante para el interruptor automático. En este caso, la protección está prevista con el corte automático de la fuente de energía. El cableado debe ser protegido con dispositivos de protección contra sobreintensidades para prevenir sobrecalentamiento, el cual puede proceder de una sobrecarga ó de un cortocircuito. Las canalizaciones eléctricas prefabricadas, utilizadas como alternativa al cableado, también requieren protección contra sobreintensidades. Si los interruptores automáticos se utilizan con protección de sobreintensidad, pueden ser asignados con una función de protección contra sobrecarga y cortocircuito. Las corrientes de sobrecarga pueden ocurrir en circuitos libres de fallos. Una sobrecarga es un estado operativo donde la máxima capacidad de intensidad es excedida, por ejemplo, si la carga en un interruptor automático de salida es demasiado elevada ó bien hay demasiadas cargas conectadas. Las corrientes de cortocircuito ocurren en circuitos con fallos. En este capítulo, nos encargamos sobretodo de la protección de los cables y canalizaciones. Si la aparamenta y el equipo han de estar protegidos además del cableado el mismo dispositivo de protección, se requiere una coordinación adicional.

Un alto grado de protección y un alto grado de eficiencia son requeridos para los dispositivos de protección. Un alto grado de protección es entendido como la interrupción del circuito más rápida posible en caso de una condición de fallo con la sobrecarga mas baja posible del conductor. Un alto grado de eficiencia significa que la capacidad de soportar corriente del conductor instalado es usada al mejor grado posible, y los picos de corriente relacionados (intensidades de arranque de motor) y corrientes intempestivas no causan un disparo innecesario del interruptor automático. En este artículo, no es posible hacer frente a todos los detalles, por ejemplo, tipo de cables o la reducción de factores asociados con el tendido de cables.

Tablas detalladas son necesarias para el diseño de la ingeniería. Las tablas para carga de conductores consideran los siguientes parámetros:

- tipo de cable y conductor
- referencia al tipo de instalación de cable
- agrupación de cables y conductores
- número de núcleos
- aislamiento del material
- conductividad del material
- temperatura ambiente

Protección de sobrecarga

Cualquier corriente eléctrica que es conducida a través de resistencias (por ejemplo; como cables, sistemas de canalizaciones prefabricadas o equipamiento) genera calor. Esta pérdida de calor y el efecto de calentamiento del conductor aumentan con el cuadrado de la corriente para DC y AC. Este calentamiento debe ser limitado ya que la vida útil del aislamiento se reducirá mediante factores de fragilización y hay un peligro de incendio. La protección de sobrecarga en primer lugar sirve como protección contra el fuego y previene el peligro de una lesión por tocar las partes calientes. Protección contra sobrecarga es implementada a partir de interruptores automáticos de protección que detectan corrientes de sobrecarga en el circuito, y que realizan un disparo (desconexión) antes de que el calor pueda causar daño al aislamiento del conductor, a los terminales de conexión y las uniones al igual que al entorno del cableado. Diferentes accesorios están disponibles para que el cableado se corresponda con los requisitos operativos correspondientes, por ejemplo, con respecto a las condiciones ambientales y las posibilidades de instalación del cableado.

Las siguientes condiciones deben ser cumplidas en IEC / EN 60 364-4-43, DIN VDE 0100-430 [5, 6] para protección contra sobrecarga para cableado (**Figura 4**):

- $I_b \leq I_n \leq I_z$ (condición intensidad nominal)
- $I_2 \leq 1.45 I_z$ (condición de disparo)

Donde se considera:

- I_b = intensidad de empleo prevista del circuito,
- I_z = carga admisible de intensidad del conductor ó cable.
- I_n = intensidad asignada del dispositivo de protección.
- I_2 = intensidad que provoca un disparo seguro del dispositivo de protección, en las condiciones establecidas en las especificaciones del aparato.

La regla de la intensidad asignada proporciona las suposiciones que son relevantes cuando se ha de dimensionar la intensidad de empleo prevista del circuito I_b . La intensidad asignada y la intensidad de ajuste del dispositivo de protección I_n debe ser mayor o igual de la intensidad de empleo prevista. Ambas corrientes deben ser menores que la carga permitida del conductor I_z , teniendo todos los factores de reducción en consideración.

De acuerdo con la regla de disparo, la intensidad I_2 en el cable protegido provoca que haya un disparo seguro en el dispositivo, puede ser como máximo un 45% mayor que la capacidad de carga del conductor. Esta sobrecarga puede ocurrir por un corto periodo (durante el disparo del aparato protector) sin causar daños permanentes en el cableado. El factor 1,45 es un factor decidido por varios comités de normas. Los interruptores automáticos no requieren todo el rango de este factor – se detallara más adelante.

La correcta estimación y selección hecha por proyectistas y planificadores es decisiva aquí. Sobreintensidades bajas con largas duraciones que no provocan un disparo del aparato protector, pero que puede dañar el aislamiento del conductor, debe ser prevenidas con dispositivos protectores adecuados. Sobrecargas en el 25 o 30 % son particularmente peligrosas.

La intensidad I_2 corresponde, en fusibles y pequeños interruptores automáticos, a la corriente de disparo convencional de estos aparatos. Interruptores automáticos siempre cumplen la condición $I_2 \leq 1,45 I_n$ ya que se deben disparar como máximo a $1,3 \times I_n$ según IEC / EN 60 947-2 [6]. Por este motivo, se cumple la siguiente norma:

- $I_b \leq I_n \leq I_z$ (interruptores automáticos según IEC / EN 60 947-2 [6])

En la práctica, esto quiere decir que la carga admisible de intensidad del conductor ó cable puede ser siempre usada con interruptores automáticos ajustables ($I_r = I_z$), mientras que los dispositivos de protección con valores estándar fijos (no ajustables) solo pueden aproximarse a la carga admisible de intensidad del conductor. Por lo tanto, cuando se usan interruptores automáticos seleccionados según las tablas de sección de los conductores, es posible seleccionar 1 o 2 pasos más pequeños que para un dispositivo protector con valores estándar fijos de la corriente I_n . Esto es un aspecto económico significativo para la consideración de grandes intensidades y mayores secciones de conductor. Además, el efecto protector del interruptor automático es mayor, ya que la máxima intensidad de disparo de $1,3 \times I_n$ no utiliza completamente el valor 1,45 el cual lleva a reducir la carga térmica de los cables.

Protección de cortocircuito

Si dos o más conductores, con diferentes potenciales, son conectados con resistencia insignificante hay un cortocircuito y se produce una intensidad de cortocircuito. Los más frecuentes son cortocircuitos por arco de defecto donde se produce un cortocircuito en el punto de unión. Con mayor intensidad de cortocircuito, mayores niveles de carga térmica y dinámica que afectan a todos los cables así como a todo el equipo del circuito.

La protección contra cortocircuitos debe ser implementada con dispositivos con un poder de corte que corresponda como mínimo a la mayor intensidad de cortocircuito posible en la instalación. El aparato de protección debe tener una capacidad cierre suficiente ya que hay peligro de conexión a un circuito con cortocircuito existente (conexión en cortocircuito). Los interruptores automáticos son particularmente ventajosos aquí dado a su elevadas capacidades de conexión.

El tiempo de corte admisible t para cortocircuitos en cualquier punto en el circuito de distribución de corriente puede ser de hasta 5 s (máx. tiempo de corte²). Puede ser aproximado para este periodo de tiempo con la siguiente fórmula:

$$\bullet \quad t = \left(k \times \frac{S}{I} \right)^2 \quad \text{or} \quad I^2 \times t = k^2 \times S^2$$

Donde:

t = tiempo de corte admisible en caso de cortocircuito en s

S = sección del conductor en mm²

I = intensidad en caso de cortocircuito en A

k = constantes con los valores en $A \cdot \sqrt{s} / \text{mm}^2$, si no hay otros valores especificados por el fabricante

- 115 con conductores de cobre aislados con PVC
- 74 con conductores de aluminio aislados con PVC
- 135 con conductores de cobre aislados con goma
- 87 con conductores de aluminio aislados con goma

Con tiempos de corte admisibles muy cortos (< 0.1 s) el producto resultante de la ecuación de $k^2 \times S^2$ ha de ser superior al valor de la energía de paso $I^2 \times t$ especificada por el fabricante del aparato de protección. Si el tiempo de corte es mayor, examinar la característica de disparo.

Protección del neutro

Generalmente, el neutro no requiere protección contra sobreintensidades. Solamente es necesario proporcionar dispositivos de protección de sobreintensidad si hay alguna posibilidad de sobrecarga del neutro debido a la carga capacitiva o inductiva. El neutro no debe ser desconectado sin las respectivas fases ni tampoco debe desconectarse antes que las fases. Durante la conexión, el neutro debe ser conectado antes ó al mismo tiempo que las fases. Los interruptores automáticos NZM cumplen estas condiciones. Los diferentes sistemas de distribución de energía con varios métodos de toma de tierra (configuraciones de red) requieren diferentes medidas relacionadas con la detección de intensidad y con la desconexión.

Sistemas de protección TN y TT

Si la sección del neutro es menor que la de la fase, debe implementarse detección de sobreintensidad adecuada en el neutro. Esta detección de sobreintensidad debe provocar la desconexión de los polos principales (fases).

² El tiempo de corte con interruptores automáticos es siempre en el rango de ms.

La detección de sobreintensidad en el neutro es innecesaria si

- el neutro está protegido por un dispositivo de protección del circuito general en caso de cortocircuito
- la mayor intensidad que puede fluir a través del neutro es significativamente menor que el valor de la carga admisible de intensidad del conductor ó cable (este requerimiento se cumple cuando la carga es distribuida lo más uniformemente posible en las fases).

Sistemas de protección IT

Si es necesario acoplar el neutro, este debe ser provisto con una detección de sobreintensidad en cada circuito, lo cual causa la desconexión de cada circuito respectivamente (incluyendo el neutro). Es posible ignorar este paso si el neutro en consideración está protegido contra cortocircuito por un dispositivo de protección situado aguas arriba.

Protección del conductor de protección

Dispositivos de protección de sobreintensidad no deben ser instalados en el conductor de protección (tierra).

Protección de cables conectados en paralelo

Generalmente es permisible proteger los cables conectados en paralelo con un mismo dispositivo de protección. No obstante, es importante asegurar que hay una distribución de intensidad uniforme en estos cables. Los cables deben tener la misma resistencia para cumplir este propósito- Los prerrequisitos para esto son:

- misma sección de los cables
- el mismo material conductor
- la misma longitud de cable
- el mismo método de tendido de cable
- la misma temperatura ambiente
- sin ramificación de cable.

Con esta medida, también es necesario observar el tiempo de desconexión necesario considerando el método de toma de tierra del sistema de distribución de energía.



Figura 1: Los interruptores automáticos NZM 1 hasta NZM 4 de Eaton están disponibles además como interruptores seccionadores N o PN.



Figura 2: Una importante área de aplicación para interruptores automáticos compact es el uso como interruptores generales (aparatos de desconexión) y dispositivos de paro de emergencia (parada en emergencias, desconexión de emergencia).

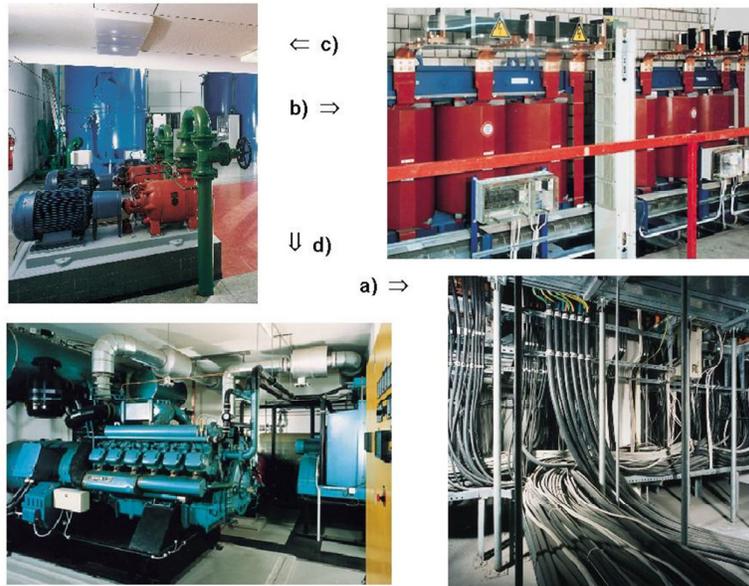


Figura 3: Las cuatro áreas generales para la aplicación del interruptor automático *NZM*:

- a) protección del circuito de protección / protección de la línea
- b) protección del transformador
- c) protección del motor
- d) protección del generador

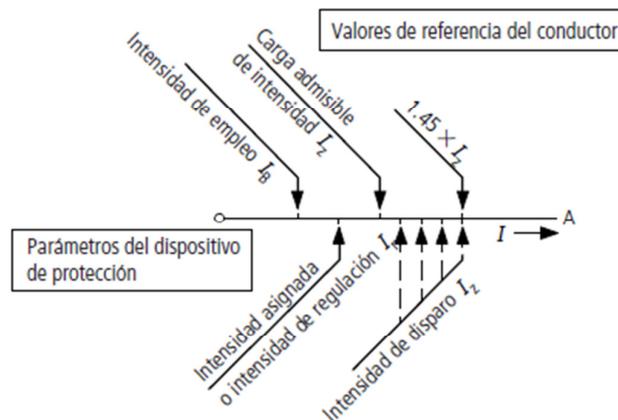


Figura 4: Representación de las relaciones de corrientes a ser consideradas con protección de cables para sobrecargas.

Medida de protección	Aplicación de la medida de protección
Protección contra contacto directo e indirecto	<ul style="list-style-type: none"> • Protección por baja tensión SELV, PELV • Protección por limitación de contacto y carga
Protección contra contacto directo (protección básica)	<ul style="list-style-type: none"> • Protección por aislamiento de partes activas • Protección por recintos • Protección por obstáculos • Protección por espacios libres
Protección con contacto directo (protección adicional además de la básica)	<ul style="list-style-type: none"> • Protección por RCCBs (corriente residual interruptor automático)
Protección contra contacto indirecto (protección de fallo)	<ul style="list-style-type: none"> • Protección por desconexión automática de la fuente de alimentación • Protección mediante uso de material de clase II o similar • Protección por zonas no conductoras • Protección por conexiones equipotenciales no conectadas a tierra • Protección por separación eléctrica

Tabla 1: Las medidas de protección contra descargas eléctricas según IEC / EN 60 364-4-41, DIN VDE 0100-410 [2]

Medidas de protección para aplicación universal	Medidas de protección con aplicación limitada
<ul style="list-style-type: none"> • Protección por aislamiento de las partes activas (B) • Protección por desconexión automática de la fuente de alimentación (F) preferible: <ul style="list-style-type: none"> – Protección por fusibles – Protección por PIAs – Protección por interruptor automático de protección del motor – Protección por interruptor automático – Protección por dispositivo de protección de corriente de defecto • Protección por espacios libres (B) preferible: <ul style="list-style-type: none"> – En sistemas generales 	<ul style="list-style-type: none"> • Protección por recinto (B) • Protección por obstáculos (B) • Protección por espacios libres (B) • Protección por baja tensión SELV, PELV (B)+(F) • Protección por limitación de contacto y carga (B)+(F) • Protección por uso de material clase II o similar (F) • Protección mediante zonas no conductoras (F) • Protección por conexiones equipotenciales no conectadas a tierra (F) • Protección por desconexión automática de la fuente de alimentación (F) Preferible: <ul style="list-style-type: none"> – Protección por aislamiento de los dispositivos de control – Aparatos de protección de intensidad residual en cajas especiales • Protección por módulos de intensidad residual de alta sensibilidad (RCDs) (Z)

Tabla 2: Clasificación (por el autor) de las medidas de protección contra descargas eléctricas según posibilidades de aplicación práctica.
(B) = protección básica, (F) = protección de defecto, (Z) = protección adicional

Protección sistema de distribución del método de toma de tierra	Dispositivos de protección admisibles para “Protección por desconexión automática de la fuente de alimentación ”
Sistema TN	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos de protección de sobreintensidad <ul style="list-style-type: none"> – fusibles – pequeño interruptor automático – interruptor automático – interruptor automático de protección del motor • Dispositivos de protección de intensidad residual (RCDs) (RCD puede no ser usado en el sistema TN-C. En el sistema TN-C-S, un conductor PEN puede no ser usado en el lado de carga del RCD. La conexión entre el conductor de protección y el conductor PEN debe hacerse en el lado de alimentación del RCD.)
Sistema TT	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos de protección de corriente residual (RCDs) • Dispositivos de protección de sobreintensidad <ul style="list-style-type: none"> – fusibles – pequeños interruptores automáticos – interruptor automático – interruptor automático de protección de motor <p>(Dispositivos de protección de sobreintensidad solo son adecuados para protección contra contacto indirecto en sistemas TT si el valor de R_A es muy pequeño.) 1)</p>
Sistema IT	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos de protección de corriente residual 2) • Dispositivos de protección de sobreintensidades <ul style="list-style-type: none"> – fusibles – pequeño interruptor automático – interruptor automático – interruptor automático de protección de motor • Dispositivos de protección de corrientes residuales (RCDs)

Tabla 3: Asignación de los tipos de dispositivos de protección permisibles en los diferentes sistemas de distribución (red de configuración).

- 1) R_A = suma de las resistencias de tierra y las del conductor de protección del cuerpo.
- 2) Un dispositivo de vigilancia del aislamiento es obligatorio en sistemas IT.